

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY**

DISTRIBUOVANÉ SYSTÉMY RIADENIA

Ján Jadlovský
Matej Čopík
Peter Papcun

2013

Anotácia

Učebnica poskytuje komplexný pohľad na riadenie výrobného podniku s praktickou podporou pri návrhu a realizácii riadiaceho systému ako celku. Poskytuje prierezové informácie o celej škále úloh spojených s budovaním komplexného informačného a riadiaceho systému výrobnej organizácie.

Učebnica je prioritne určená študentom inžinierskeho a doktorandského štúdia študijného odboru Kybernetika a informačno-riadiace systémy. Študentom inžinierskeho štúdia poskytuje určitý metodický rámec pre aplikáciu a integráciu získaných vedomostí z oblasti teórie riadenia, hardvérových, softvérových a sieťových prostriedkov počítačov pre postupné budovanie informačných a riadiacich systémov v praxi. Pre študentov doktorandského štúdia vytvára rámec pre zaradenie výsledkov výskumu do informačného a riadiaceho systému s perspektívou praktického využitia výsledkov. Taktiež je učebnica určená pracovníkom z praxe, hlavne projektantom, analytikom a tvorcom informačných a riadiacich systémov pre výrobné podniky. Vzhľadom na široký záber prostriedkov, poskytuje informácie o metodike a väzbách medzi technologicky odlišnými časťami.

Vydanie tejto vysokoškolskej učebnice bolo finančne podporené projektom:

Kega 034 TUKE – 4/2011: Vypracovanie moderných vysokoškolských učebníc pre ťažiskové jednotky nového transformovaného študijného programu „Kybernetika a informačno-riadiace systémy na druhom stupni štúdia“

Recenzenti:

doc. Ing. Ondrej Líška, CSc.

Ing. Miroslav Házy, CSc.

© Ján Jadlovský, Matej Čopík, Peter Papcun, 2013

ISBN 978-80-8086-227-5

EAN 9788080862275

Predhovor

Predkladaný učebný text poskytuje komplexný pohľad na riadenie výrobného podniku s praktickou podporou pri návrhu a realizácii riadiaceho systému ako celku. Zameriava sa na prierezové informácie o celej škále úloh spojených s budovaním komplexného informačného a riadiaceho systému výrobnjej organizácie. Jednotlivé časti nie sú detailne rozoberané, pretože dôraz je kladený na integráciu informačného a riadiaceho systému ako celku s možnosťou modifikácie jednotlivých častí (úrovni) riadenia podľa reálnych potrieb konkrétnej aplikácie.

Predkladaná metodika je postavená tak, že systémy sú navrhované a realizované postupne, aby boli voľne rozšíriteľné s aplikáciou najmodernejších metód a prostriedkov na báze technológie Internet, WEB technológií, technológie CASE, systémov rozpoznávania obrazov a sieťovej komunikácie na všetkých úrovniach riadenia. Metodika predpokladá použitie štandardných technických a programových prostriedkov od popredných svetových dodávateľov informačných technológií, a dodávateľov systémov riadenia a regulácie. Všetky úrovne riadenia a väzby medzi nimi je možné prakticky overiť pomocou vývojových a aplikačných prostriedkov, ktoré sú k dispozícii v rámci modelového pracoviska distribuovaného systému riadenia na Katedre kybernetiky a umelej inteligencie Fakulty elektrotechniky a informatiky Technickej univerzity v Košiciach .

Učebnica je prioritne určená pre študentov inžinierskeho a doktorandského štúdia. Sprievodný text sa opiera o modelové pracovisko funkčných aplikácií, zahŕňajúce súbor reálnych fyzikálnych modelov, zapojených v rámci pyramídového modelu distribuovaných systémov riadenia a bolo budované za podpory projektov:

Projekt podporovaný Agentúrou MŠ SR pre štrukturálne fondy EÚ č. 26220120020 (2009- 2011): „Centrum informačných a komunikačných technológií pre znalostné systémy“,

Projekt podporovaný Agentúrou MŠ SR pre štrukturálne fondy EÚ č. 26220120030 (2010- 2013): „Rozvoj Centra informačných a komunikačných technológií pre znalostné systémy“,

Operačný program Výskum a vývoj (2013 - 2015): „Univerzitný vedecký park Technicom pre inovačné aplikácie s podporou znalostných technológií“, kód ITMS 26220220182, spolufinancovaný zo zdrojov EFRR, aktivita 3.1. „Pracovisko pre nedeštruktívnu diagnostiku technologických procesov so štandardným softvérovým vybavením pre riadenie a komunikáciu“.

Autori

Obsah

Úvod.....	7
1 Základné riadiace štruktúry	8
1.1 Základne charakteristiky centralizovaných systémov riadenia	8
1.2 Decentralizované riadenie.....	9
1.3 Distribuované riadenie.....	10
1.4 Dekompozícia zložitej sústavy na technologické zóny a koordinácia činnosti distribuovaných prvkov riadenia.....	12
2 CIM - počítačmi integrovaná výroba.....	14
2.1 Definícia a charakteristiky konceptu CIM	14
2.2 Základné ciele a myšlienky konceptu CIM.....	15
2.3 Štrukturálny model konceptu CIM a jeho funkčných modulov.....	15
2.4 Aplikácia konceptu CIM svetovými firmami v oblasti automatizácie	18
2.4.1 5 – úrovňová distribuovaná riadiaca štruktúra	18
2.4.2 4 – úrovňová distribuovaná riadiaca štruktúra	20
2.4.3 3 – úrovňová distribuovaná riadiaca štruktúra	23
2.5 Aplikácia konceptu CIM na KKUI FEI TU.....	24
3 Tvorba distribuovaných systémov riadenia.....	27
3.1 Metodika tvorby distribuovaných systémov riadenia technologických procesov.....	27
3.2 Popis úloh pri tvorbe distribuovaných systémov riadenia technologických procesov.....	29
4 Aplikácia konceptu CIM v rámci KKUL.....	36
4.1 Prehľad komunikačných protokolov a sietí	39
4.1.1 Protokol HART	39
4.1.2 RS-232	40
4.1.3 RS-422	41
4.1.4 RS-485	42
4.1.5 I ² C	43
4.1.6 USB.....	43
4.1.7 Bluetooth.....	44
4.1.8 M-BUS.....	45
4.1.9 Sieť AS-i.....	46
4.1.10 Profibus	47
4.1.11 CAN	48
4.1.12 DeviceNet.....	48
4.1.13 LonWorks.....	49
4.1.14 Camera Link.....	50
4.1.15 Sieť Ethernet	51
4.1.16 Priemyselný Ethernet	52
4.1.17 Popis základných štandardov komunikačných protokolov	52
4.2 Nultá úroveň riadenia – modely, snímače a akčné členy	54
4.2.1 Snímače	56
4.2.2 Akčné členy.....	59
4.2.3 Softvérová podpora akčných členov a snímačov	64
4.3 Prvá úroveň riadenia – Technologická úroveň riadenia a regulácie	65
4.3.1 Realizácia prvej úrovne riadenia na báze programovateľných logických automatov.....	66
4.3.2 Realizácia prvej úrovne riadenia na báze počítača v priemyselnom vyhotovení.....	76

4.3.3	Realizácia prvej úrovne riadenia na báze jednočipového mikropočítača	85
4.3.4	Programovateľná riadiaca jednotka priemyselných robotov	89
4.4	Druhá úroveň riadenia – Úroveň SCADA/HMI a úroveň simulačných modelov.....	101
4.4.1	Lokálna vizualizácia.....	101
4.4.2	Sieťová vizualizácia – klient-server	102
4.4.3	Strojová vizualizácia	102
4.4.4	Supervízne riadenie a riadenie pod dohľadom.....	103
4.4.5	Charakteristika nástroja FactoryTalk View	104
4.4.6	Charakteristika nástroja InTouch	106
4.4.7	Akvízia dát	107
4.4.8	Matematické modely reálnych fyzikálnych systémov	108
4.5	Tretia úroveň riadenia – Úroveň základnej bunky, MES.....	110
4.5.1	Sklady	111
4.5.2	Výroba.....	112
4.5.3	Technická realizácia tretej úrovne.....	113
4.6	Štvrtá úroveň riadenia – Centrálna úroveň, MRP, ERP.....	113
4.6.1	Obchodno-marketingová činnosť.....	114
4.6.2	Plánovanie výroby.....	115
4.6.3	Predvýrobná príprava	115
4.6.4	Expedícia - odbyt	116
4.6.5	MRP/ERP.....	116
4.6.6	Technická realizácia štvrtej úrovne	117
4.7	Piata úroveň riadenia – Manažérska úroveň riadenia	118
4.7.1	Technická realizácia piatej úrovne	118
4.7.2	Technológia OLAP	119
5	Metodika tvorby informačného a riadiaceho systému.....	121
5.1	Analýza súčasného stavu a návrh koncepcie riešenia	121
5.1.1	Analýza a popis organizačnej štruktúry podniku alebo prevádzky	122
5.1.2	Analýza a popis materiálového toku výroby	123
5.2	Hĺbková analýza, vytvorenie funkčného, procesného a dátového modelu IaRS	124
5.2.1	Funkčný model IaRS.....	124
5.2.2	Procesný model	126
5.2.3	Dátový model.....	127
5.3	Návrh aplikačného programového vybavenia.....	128
5.3.1	Diagram navigácie	128
5.3.2	Popis grafického používateľského rozhrania	129
5.4	Systémová a užívateľská dokumentácia	130
5.5	Praktická ukážka tvorby IaRS.....	130
5.5.1	Organizačná štruktúra spoločnosti	131
5.5.2	Materiálový tok v spoločnosti	134
5.5.3	Funkčný model.....	136
5.5.4	Procesný model	137
5.5.5	Dátový model.....	140
5.5.6	Diagram navigácie	141
5.5.7	Popis obrazoviek grafického používateľského rozhrania.....	143
6	Aplikácia distribuovaného systému riadenia v priemysle	175
6.1	Popis flexibilného montážneho podniku.....	175
6.2	Úroveň snímačov a akčných členov	176
6.2.1	Snímače	176
6.2.2	Akčné členy.....	180
6.3	Technologická úroveň riadenia.....	184

6.3.1	PLC automat CompactLogix 1769-L32E.....	184
6.3.2	Riadiaca jednotka robota CR1D-700	185
6.3.3	Počítač s aplikáciou na rozpoznávanie obrazu	185
6.3.4	Medziúrovňová komunikácia	186
6.4	Úroveň SCADA a HMI	187
6.4.1	Modelovanie diskretných systémov	187
6.4.2	Lokálna vizualizácia.....	187
6.4.3	Vzdialená vizualizácia	188
6.4.4	Medziúrovňová komunikácia.....	189
6.5	Informačná úroveň riadenia	189
6.6	Manažérska úroveň riadenia	190
7	Systémy so zvýšenou spoľahlivosťou	191
7.1	Norma IEC 61508.....	191
7.1.1	Úroveň integrity bezpečnosti	193
7.2	Riadiaci systém RS-3.....	194
7.2.1	Riadiaca zostava.....	195
7.2.2	Zabezpečenie spoľahlivosti regulačných slučiek	196
7.3	Hardvérová realizácia systémov so zvýšenou spoľahlivosťou	197
7.4	Programová realizácia systémov so zvýšenou spoľahlivosťou.....	200
7.5	Sieťová realizácia systémov so zvýšenou spoľahlivosťou.....	202
	Zoznam použitých skratiek.....	204
	Zoznam obrázkov	207
	Zoznam tabuliek	212
	Zoznam použitej literatúry	214

Úvod

Predkladaná učebnica je zameraná na aplikáciu metodiky návrhu, projektovania, modelovania, technickej a programovej realizácií Informačného a riadiaceho systému výrobného podniku vo všetkých etapách jeho realizácie a na všetkých úrovniach od pripojenia a výrobných agregátov technologického procesu na riadiaci systém, cez priame riadenie výrobných agregátov, SCADA systém, tvorbu a aplikáciu modelov, systémy operatívneho riadenia výroby s riadením kvality výroby, evidencie výroby, riadenie údržby a skladov, plánovanie zdrojov výroby, nákupu, predaja, vývoja a inžinieringu ako aj integráciu ekonomických systémov podniku do výrobných systémov, až po strategické plánovanie.

Cieľom učebnice je poskytnúť komplexný pohľad na riadenie výrobného podniku s praktickým návodom na návrh a realizáciu riadiaceho systému. Poskytuje prierezové informácie o celej škále úloh spojených s budovaním komplexného informačného a riadiaceho systému výrobnjej organizácie.

Predkladaná metodika je postavená tak, že systémy sú navrhované a realizované tak, aby boli voľne rozširiteľné s aplikáciou najmodernejších metód a prostriedkov na báze technológie Internet, WEB technológií, technológie CASE, systémov rozpoznávania obrazov a sieťovej komunikácie na všetkých úrovni riadenia.

Učebný text je rozdelený do siedmich kapitol. Prvá kapitola predstavuje úvod do riadiacich systémov, kde je uvedené základné členenie riadiacich systémov s charakteristikou centralizovaných decentralizovaných a distribuovaných riadiacich systémov a spôsobu dekompozície technologického procesu na distribuované celky.

V druhej kapitole je popísaná koncepcia systému počítačmi integrovanej výroby (konceptu CIM) s uvedením pyramídálnych modelov významných svetových dodávateľov týchto systémov.

V tretej kapitole je popísaná metodika tvorby distribuovaných systémov riadenia v súlade s národnými a medzinárodnými normami a odporučeniami.

V štvrtej kapitole je charakteristika a popis jednotlivých úrovni distribuovaných systémov riadenia.

V piatej kapitole je uvedená metodika tvorby informačného systému s aplikáciou CASE technológie s využitím dátového a funkčného modelu a praktickou ukážkou realizácie Informačného a riadiaceho systému.

V šiestej kapitole je uvedená modelová aplikácia distribuovaného systému riadenia flexibilného montážneho podniku, ktorý bol vytvorený ako reálna aplikácia na Katedre kybernetiky a umelej inteligencie, Fakulty elektrotechniky a informatiky, Technickej univerzity v Košiciach pre overenie, aplikáciu a demonštráciu distribuovaného systému riadenia v celom jeho rozsahu s dôrazom na overenie kritických častí úrovňovej a medziúrovňovej komunikácie po logickej (štruktúrálnej), hardvérovej, softvérovej a sieťovo- komunikačnej stránke.

V siedmej kapitole sú popísané systémy so zvýšenou spoľahlivosťou. Pri popise vychádzame z medzinárodnej normy IEC 61508 s následným popisom základných vlastností systému so zvýšenou spoľahlivosťou po hardvérovej, softvérovej a sieťovej stránke na príklade staršieho systému RS-3 od firmy EMERSON. V následnosti na to je popísaný Safety systém od firmy Rockwell Automation, kde je popísaná architektúra safety PLC, programová a sieťová realizácia aplikácií na báze uvedenej architektúry.

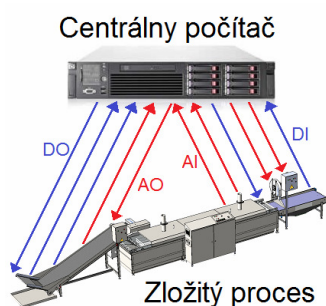
1 Základné riadiace štruktúry

História počítačom podporovanej výroby sa začína datovať od 50-tych rokov, kedy bol navrhnutý koncept číslicovo riadených strojov. Bol to prvý signál pre nástup elektroniky a neskôr výpočtovej techniky na podporu výroby.

Rozvojom mikroprocesorovej techniky bolo umožnené dekomponovať systémy riadenia technologických procesov na podsystémy a riadenie takéhoto systému realizovať s využitím rôznych riadiacich štruktúr. Postupne sa prechádzalo s centralizovaných na decentralizované a potom na distribuované riadiace systémy. Tento vývoj bol postupný a z každého druhu riadiaceho systému sa zachovali riadiace štruktúry, ktoré sú používané dodnes.

1.1 Základne charakteristiky centralizovaných systémov riadenia

Centralizované systémy riadenia sú typické pre prvé etapy riadenia a sú charakteristické tým, že riadenie technologického procesu je zabezpečené centrálnym počítačovým systémom, pričom všetky signály zo snímačov a akčných členov sú privedené do jedného centra po individuálnych vedeniach a riadené centrálnym počítačom. V ňom sú zhromaždené všetky regulátory a monitorovacie členy. Obdobie centralizovaného riadenia bolo v 50 – 60 rokoch 20-tého storočia. Schematické pripojenie výrobného procesu na centrálny počítač je ilustrované na Obr. 1.1.



Obr. 1.1 Centralizované riadenie

Prehľad jednotlivých signálov v obrázku je uvedený v Tab. 1.1.

Tab. 1.1 Označenie signálov

označenie	význam	popis
DI (digital input)	digitálny vstup	signál zo snímača (napr. snímač prítomnosti), ktorý predstavuje prítomnosť – log. 1 alebo neprítomnosť – log. 0 predmetu
DO (digital output)	digitálny výstup	signál do akčného člena (napr. ventil), ktorý zapína (log. 1) alebo vypína (log. 0) akčný člen
AI (analog input)	analogový vstup	signál zo snímača (napr. teplomer), ktorý mení hodnotu prúdu alebo napätia (v rozsahoch napr. 0-10V, 0-20mA)
AO (analog output)	analogový výstup	signál do akčného člena (napr. výhrevná špirála), ktorá sa zohrieva podľa veľkosti prúdu alebo napätia (v rozsahoch napr. 0-10V, 0-20mA)

Toto riadenie má zopár výhod avšak viacero nevýhod a to technických aj ekonomických.

Výhody:

- pri riadení je možné aplikovať jeden algoritmus vychádzajúci z matematického modelu riadenia celého technologického procesu,
- máme kompletne znalosti o chode systému na jedinom mieste,
- integrácia všetkých výrobných oblastí,
- vysoká transparentnosť vykonávaných procesov.

Nevýhody

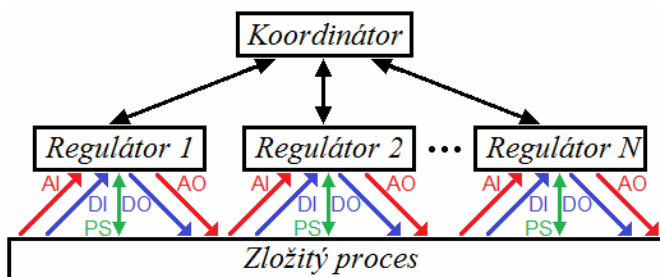
- veľa prírodných vedení, ktoré zabezpečujú privedenie všetkých signálov od snímačov a akčných členov technologického procesu do jedného centra,
- vysoká energetická náročnosť, kde prírodné vedenia môžu dosahovať až niekoľko kilometrov,
- poruchovosť, vplyvom rôznych vonkajších činiteľov (ľudské, prírodné, technologické),
- veľké množstvo vstupov a výstupov obmedzuje riadenie v reálnom čase,
- vysoká výkonnosť riadiaceho počítača,
- zvýšené náklady na vybudovanie centrálného systému,
- zložité plánovanie výroby,
- náročná reakcia na zmeny vo výrobnom systéme.

Paralelne s tým sa obyčajne využívali reléové systémy pre diskrétno riadenie. Pre spojitú riadenie sa využívali elektromechanické, hydraulické alebo pneumatické systémy.

1.2 Decentralizované riadenie

Decentralizované systémy sú systémy v rámci ktorých je riadenie technologických procesov realizované pomocou viacerých riadiacich počítačov, medzi ktorými sú vytvorené interaktívne väzby. Celý systém riadenia je rozdelený na menšie celky, kde signály sú privádzané do počítačov, ktoré sú v blízkosti technológie a tieto zabezpečujú lokálne riadenie. Sú vzájomne prepojené a komunikujú s nadradenými počítačmi, ktoré koordinujú ich činnosť.

Decentralizovaný systém riadenia sa od centralizovaného okrem iného odlišuje aj tým, že regulátor využíva jednak informáciu z lokálneho riadiaceho systému, ako aj informáciu z iných, obyčajne nadradených riadiacich systémov, a následne vypočíta akčné zásahy riadenia. Blokovo schéma decentralizovaného systému riadenia je blokovo zobrazená na Obr. 1.2 .



Obr. 1.2 Decentralizovaný systém riadenia

PS (Priemyselná Sieť) – označuje použitie rôznych priemyselných sietí na komunikáciu regulátora so snímačmi a akčnými členmi. Medzi priemyselné siete patria napríklad DeviceNet, Profibus, priemyselný Ethernet, AS-i (Actuator Sensor Interface), FireWire a iné, ktoré sú bližšie popísané v kapitole 4.1.

Niektoré výhody a nevýhody decentralizovaného riadenia sú nasledovné.

Výhody:

- technologické vstupy a výstupy sú sústredené na viacerých miestach a z toho dôvodu rozsah nákladov spojených s príivodom signálov k riadiacim jednotkám je podstatne nižší,
- počítačový výkon sa môže rozdeliť paralelne na viacero procesorov, ktoré umožňujú výraznú úsporu výpočtového času,
- rýchlejšia reakcia na zmeny výrobného procesu.

Nevýhody:

- pri návrhu kladie vyššie nároky na vytvorenie matematického modelu a je potrebné zohľadniť to, že niektoré signály technologických vstupov a výstupov sú privedené do jedného výpočtového prostriedku a iné technologické vstupy a výstupy do iného výpočtového prostriedku,
- pri určovaní postupnosti spracovania úloh nie sú zohľadnené nadväznosti medzi jednotlivými stupňami výroby,
- nekoordinované termíny výroby medzi výrobnými stupňami,
- nadbytočné čakanie a skladovanie medzi výrobnými stupňami.

1.3 Distribuované riadenie

Distribuovaný systém riadenia (DSR) je decentralizovaný systém riadenia realizovaný na báze mikroprocesorov. Distribuovaný systém riadenia je taký systém, ktorý zabezpečuje aby sa úlohy počítali paralelne, sumarizovali a posielali ďalej.

Rozlišujeme štyri typy distribúcie:

- a) logická distribúcia
- b) distribúcia na úrovni technických prostriedkov
- c) distribúcia na úrovni programových prostriedkov
- d) fyzická distribúcia, zahŕňa súčasne distribúciu na úrovni technických aj programových prostriedkov

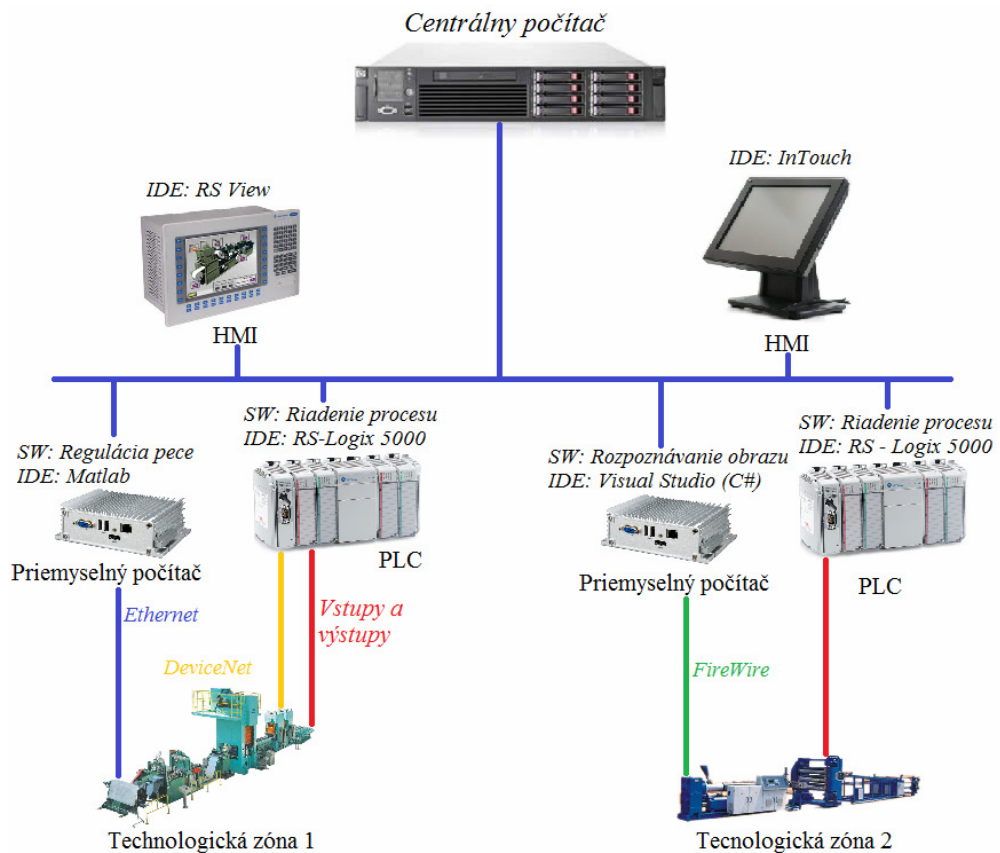
Logická distribúcia je taký typ distribúcie pri ktorom zložitý systém je rozdelený na nezávislé logické celky, ktoré môžu byť riadené aj centralizovaným systémom riadenia.

Distribúcia na úrovni technických prostriedkov je taký typ distribúcie pri ktorom, riadiaci systém je realizovaný nezávislými technickými prostriedkami (PLC (Programmable Logic Controller), počítače, snímače, akčné členy, servery) pripojenými do siete.

Distribúcia na úrovni programových prostriedkov je taký typ, kde jednotlivé procesy sú riadené nezávislými programovými modulmi, ktoré medzi sebou vzájomne komunikujú (vzájomne si vymieňajú informácie medzi sebou).

Fyzická distribúcia je taký typ distribúcie pri ktorom je súčasne aplikovaná distribúcia na úrovni technických prostriedkov aj distribúcia na úrovni programových prostriedkov. Predstavuje reálne umiestnenie rôznych riadiacich počítačov do rôznych technologických zón, na ktorých sú procesy riadené nezávislými programovými modulmi.

Jedným zo základných znakov distribuovaných systémov riadenia je fyzické umiestnenie mikropočítača v blízkosti procesu, vedľa akčných členov a snímačov príslušného regulačného obvodu. Tento mikropočítač pracuje nezávisle na činnosti centrálného počítača, je relatívne dobre chránený voči poruchám a šumom. Do centrálného počítača vysiela údaje o stavoch procesu a z neho dostáva informácie o parametroch riadenia. Takýmto spôsobom vzniká viac úrovňové riadenie, kedy nižšie úrovne predstavujú priame riadenie procesov a vyššie úrovne koordinujú ich činnosť. Na Obr. 1.3 je zobrazené prepojenie riadeného systému distribuovaným spôsobom.



Obr. 1.3 Distribuované riadenie

Distribuované systémy riadenia majú rovnako ako centralizované a decentralizované systémy svoje výhody a nevýhody.

Výhody:

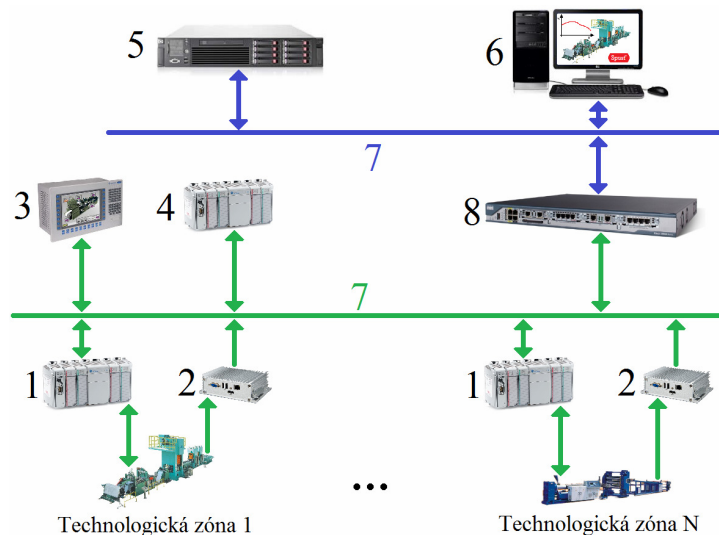
- zložitý proces je dekomponovaný na menšie technologické zóny, ktoré sú riadené nezávisle,
- na riadenie jednotlivých technologických zón je možné použiť rôzne riadiace prostriedky (PLC, priemyselné počítače, riadiace jednotky, ...),
- jednotlivé riadiace jednotky môžu komunikovať medzi sebou priamo alebo nepriamo cez nadradenú jednotku,
- široké využitie priemyselných sietí v rámci jednotlivých technologických zón,
- možnosť použitia rôznych vývojových a programových prostriedkov,
- prenos informácií medzi systémami iba v potrebnej miere,
- možnosť prispôbiť riadenie rýchlo sa meniacim požiadavkám,
- porucha jedného riadiaceho systému nemusí ovplyvniť činnosť ostatných,
- redukcia prívodných káblov od snímačov a akčných členov a tým zníženie rizika poruchy.

Nevýhody:

- náročné na prvotné vyhotovenie,
- jednotlivé riadiace systémy nevedia o činnosti alebo nečinnosti ostatných,
- potreba vytvárania komunikačných kanálov pre vzájomnú komunikáciu.

1.4 Dekompozícia zložitej sústavy na technologické zóny a koordinácia činnosti distribuovaných prvkov riadenia.

Riadenie technologického procesu reprezentované zložitým systémom používa niekoľko regulátorov, ktorých činnosť je koordinovaná koordinátorom. Takýto proces sa obvyčajne distribuuje na technologické zóny, pričom každá technologická zóna je riadená nezávislým regulátorom a súčinnosť celého technologického procesu je zabezpečená riadiacimi systémami na vyššej úrovni. V prípade zlyhania jedného regulátora má koordinátor možnosť urobiť také opatrenia, aby systém ako celok pracoval ďalej. Dekompozícia zložitej sústavy je znázornená na Obr. 1.4.



Obr. 1.4 Dekompozícia zložitého systému

Popis jednotlivých prvkov:

1. mikropočítač, ktorý uskutočňuje lokálne riadenie, napr. PID reguláciu a spracováva informácie len vo svojej technologickej zóne,
2. mikropočítač, ktorý zabezpečuje zber a prvotné spracovanie údajov z technologickej zóny a v predspracovanej forme ich posielajú pre potreby vyššej úrovne,
3. zariadenie, ktoré zabezpečuje interaktívnu komunikáciu obsluhy s technologickým procesom na najnižšej úrovni. Obyčajne je postavené na báze mikropočítača, obsahuje klávesnicu a obrazovky rôznej zložitosti,
4. koordinátor prvej úrovne riadenia, je to v podstate (mikropočítač, alebo PLC), ktorý zabezpečuje koordináciu riadiacich počítačov nižšej úrovne, posielajú údaje o stave technologického procesu vyšším i nižším úrovniam riadenia,
5. centrálny počítač, ktorý uchováva technické postupy a slúži na centrálny zber dát. Poskytuje parametre riadenia a archiváciu informácií. Dáta sú uložené pre centrálnu riadenie (Historian, SQL server),
6. pult riadenia, reprezentovaný fyzickým pultom alebo interaktívnu vizualizáciou umiestnený vo veľine,
7. zbernica prepájajúca jednotlivé zariadenia,
8. komunikačný smerovač (router) prípadne brána (gateway), zabezpečuje komunikáciu medzi riadiacou (technologickou) a informačnou úrovňou (napr. konverzia Profibus na Ethernet).

Trendom v oblasti riadenia je vytvárať informačné a riadiace systémy (IaRS), kde zmena riadenia je možná len zmenou programu.

2 CIM - počítačmi integrovaná výroba

V súvislosti s nasadzovaním decentralizovaných systémov riadenia v širšom rozsahu, predovšetkým v oblasti strojovej výroby dochádza k rozvoju mikropočítačových riadiacich prvkov ako súčasť strojov a zariadení. Tieto stroje môžu byť buď staticky umiestnené (napr.: CNC (Computer Numerical Control) stroje), alebo mobilné (priemyselné roboty). Tieto stroje z hľadiska riadenia môžu predstavovať viacúrovňové distribuované systémy, ktoré štandardným spôsobom môžu byť radené v rámci zložitejších decentralizovaných štruktúr. Svojou štruktúrou vytvárajú podmienky k tomu, aby bolo možné relatívne rýchlo, s minimálnymi nákladmi a plnoautomatizovanou formou meniť charakter a objem výroby. V takýchto prípadoch hovoríme o pružných výrobných systémoch.

S tvorbou decentralizovaných systémov riadenia v 70-tých rokoch bola vytvorená metodika umožňujúca postupné budovanie týchto systémov, pod názvom CIM – Computer Integrated Manufacturing (počítačom integrovaná výroba). Koncept CIM nevznikol jednorázovo, ale je výsledkom vývoja jednotlivých druhov riadenia, ktoré zapájali nové počítačové technológie do procesu výroby.

2.1 Definícia a charakteristiky konceptu CIM

V oblasti pružnej automatizovanej výroby, ktorá zahŕňa pružné výrobné bunky, systémy a moduly automatizácie inžinierskych prác, bol vypracovaný strategický koncept vysoko integrovanej a efektívnej strojárskej výroby. Koncept je v súčasnosti vyjadrovaný pojmom CIM. CIM treba chápať predovšetkým ako metodický rámec pre všetky postupy smerujúce k integrovaným pružným výrobným zoskupeniam. Ide o výrobné postupy a činnosti, kde sa počítačové technológie používajú na kontrolu celého výrobného procesu.

Zapojenie počítačov do procesu výroby so sebou prinieslo hneď niekoľko výhod:

- výrobky sú vyrobené rýchlejšie,
- výroba je menej náchylná k chybám,
- možnosť vytvoriť informačné a riadiace systémy.

Metodika koncepcie CIM zdôrazňuje jeho otvorenosť čo znamená, že systémy založené na tomto princípe je možné budovať postupne a prispôbovať ich impelentačným podmienkam. Z hľadiska technickej realizácie danej koncepcie sú nato určené výpočtové prostriedky rôznej zložitosti, ktoré sú zapájané distribuovaným spôsobom. Sú prepojené na úrovni počítačových sietí a určené pre špecifické rozhranie. Prakticky všetky významnejšie svetové firmy ponúkajú celý sortiment technických a programových prostriedkov pre vytváranie plnoautomatizovaných výrobných podnikov.

Vo všeobecnosti CIM reprezentuje integráciu výrobnéj a inžinierskej technológie s počítačovou technológiou, ktorá automatizuje všetky činnosti od tvorby výrobku, až po jeho expedíciu (konštruovanie výrobkov, zostavovanie technologických postupov, plánovanie výroby, operatívne riadenie výroby, výrobu súčiastok, kontrolu, montáž a expedíciu).

Na báze koncepcie CIM je možné vytvárať vysoko automatizované podniky, pretože CIM vytvára zastrešie pod ktorým sú rôzne komponenty automatizovaného podniku integrované, a pracujú s podstatne vyššou efektívnosťou. Významným prínosom CIM je veľká rýchlosť pri prenose informácií pri nízkych ekonomických nákladoch.

Informácie musia byť:

- jednoznačné,
- uložené na mieste kde vznikajú,
- prístupné v reálnom čase.

2.2 Základné ciele a myšlienky konceptu CIM

Významným prínosom koncepcie CIM je veľká rýchlosť pri prenose informácií pri malých ekonomických nákladoch. Uplatnenie progresívnych foriem informačných tokov v CIM optimalizuje výrobu v celom jej rozsahu. Integrácia sa pritom chápe ako súbor metód a prostriedkov, ktoré majú za úlohu naplniť ciele konceptu CIM s ohľadom na základné myšlienky tohto konceptu.

Ciele konceptu CIM:

- vyjadriť všetky rozhodovacie a procesné činnosti výrobného zoskupenia údajmi,
- zaviesť takéto údaje do formy, ktorá umožňuje ich generovanie, transformáciu, prenos a použitie počítačovou technológiou,
- zabezpečenie voľného prenosu potrebných údajov medzi subsystémami systému tak, aby boli kedykoľvek prístupné používateľom.

Koncept CIM má tri základné myšlienky:

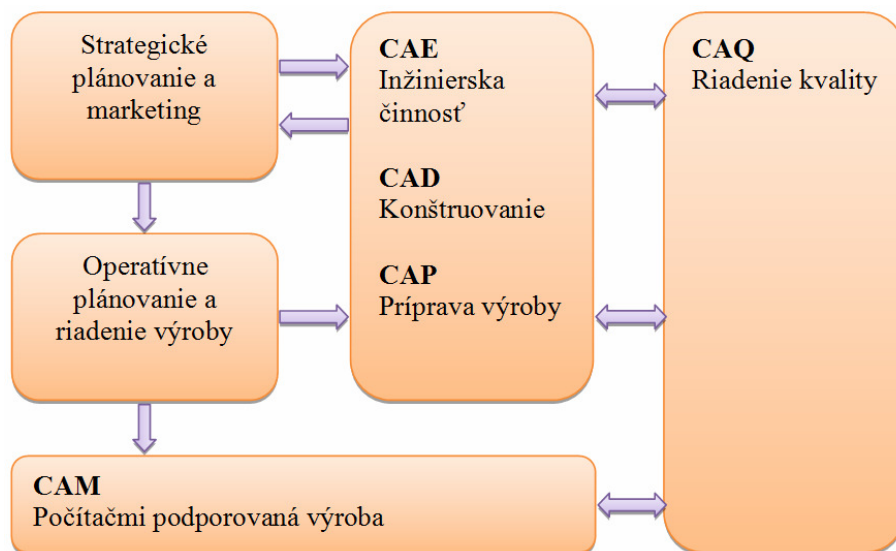
- tok materiálu sa vykonáva na základe výroby súboru podobných výrobkov v určenej výrobnjej sekvencii,
- využitie širokého spektra automatizovanej techniky (počítače, terminály, riadiace jednotky, PLC a podobne) v novom koncepte s integráciou údajov a kompatibilnou komunikáciou,
- štruktúra výroby je založená na pružných výrobných zariadeniach s možnosťou širokej rekonfigurácie funkcií podľa zmeny programov.

2.3 Štruktúrny model konceptu CIM a jeho funkčných modulov

Koncepcia CIM sa so zreteľom na jeho vývojový charakter interpretuje v rôznych formách. Veľmi často sa používajú referenčné modely, ktoré uplatňujú selektívny výber rozhodujúcich znakov štrukturalizácie CIM podľa zvoleného prístupu. Základným referenčným modelom CIM je model založený na štrukturalizácii hlavných zložiek (subsystémov), ktoré sa integrujú do celku.

Model zahŕňa hlavné činnosti, ktoré sa vo výrobnjej organizácii vyskytujú, sú rozčlenené do funkčných blokov, pričom každý blok využíva významnú počítačovú podporu.

V štruktúrnom referenčnom modeli CIM sa zvyrazňujú vzájomné väzby jednotlivých subsystémov, ktorým zodpovedá integrovaný komunikačný systém s príslušnou základňou údajov. So zreteľom na integračnú funkciu počítačového riadenia majú veľký význam referenčné modely, ktoré charakterizujú funkčnú hierarchiu riadenia. Štruktúrny referenčný model CIM je blokovo znázornený na Obr. 2.1.



Obr. 2.1 Štruktúrny model konceptu CIM

Strategické plánovanie a marketing

Predstavuje súbor počítačových prostriedkov a metód, ktoré zabezpečujú prieskum trhu a jeho aktívnu podporu. Na základe tohto prieskumu integruje informácie o potrebách trhu zo strednodobého a dlhodobého hľadiska. Integrovanie informácií o nových technológiách zabezpečuje prípravu stratégie pre zabezpečenie výroby z hľadiska objemu a sortimentu.

Operatívne plánovanie a riadenie výroby

Operatívne plánovanie predstavuje rozvrhovanie výroby tak, aby sa optimálne využili jednotlivé výrobné kapacity (výrobné agregáty, ľudské zdroje, energetické zdroje, skladové priestory a pod.), s cieľom splnenia dohodnutých termínov objednávok, pri minimalizácii ekonomických nákladov, dodržaniu technologických postupov a dodržaniu požadovaných parametrov kvality výrobkov.

Riadenie výroby je proces, ktorý sa orientuje na organizáciu, evidenciu a riadenie procesov výroby a s ním súvisiacich činností (príjem, výdaj a evidencia na sklade, tvorba výrobného príkazu, riadenie opráv, a pod.)

CAM – Computer Aided Manufacturing (počítačom podporovaná výroba)

CAM sa orientuje na výrobnú plochu (CNC stroje, roboty, pracovné stanice, výrobné bunky, pružné výrobné systémy a podobne). Reprezentujú používanie počítačov a technológie diskretného riadenia na generovanie výrobné orientovaných údajov a priame riadenie výrobného procesu.

CAE – Computer Aided Engineering (automatizácia inžinierskych činností)

CAE sa orientuje na analýzu, optimalizáciu, plánovanie a riadenie výroby ako celku. Informácie z centrálnej údajovej základne v CAE sa využívajú na analýzu funkčných charakteristík súčiastok a výrobkov, výrobných a inžinierskych subsystémov, na simuláciu ich činnosti v rôznych podmienkach. Sú to rôzne súbory algoritmov a programov. Z týchto súborov sú najznámejšie plánovanie výrobných zdrojov (MRP – manufacturing resource planning), plánovanie rozdeľovania zdrojov (DRP – distribution

resource planning), simulačné a optimalizačné programy, programy na podporu rozhodovania a plánovania.

- **MRP** je strategický nástroj riadenia a súčasne informačný systém výroby. Rozvrhuje a zhodnocuje výrobné operácie, zbiera výrobné údaje a umožňuje, aby jednotlivé operácie boli monitorované vo vzťahu k plánu. Zakladá sa na rozpise požiadaviek koncových položiek, a preto predpovedá výrobu do budúcnosti.
- **DRP** sa zaoberá rozdeľovaním výrobných zdrojov, ktoré sú k dispozícii. Na tento účel slúžia rôzne simulačné, optimalizačné a štatistické systémy.

CAD – Computer aided design (počítačmi podporované konštruovanie)

CAD sa orientuje nie len na konštruovanie súčiastok a výrobkov, ale aj iných druhov návrhárskych prác ako napríklad torbu prípravkov, nástrojov, výrobnéj techniky a podobne. Charakteristickým znakom je najmä spracovávanie geometrických informácií a interaktívna spolupráca počítača s konštruktérom so zreteľom na tvorivé zložky návrhárskej činnosti. Používané sú programy ako AutoCAD, Catia alebo SolidWorks.

CAP – Computer aided planning (počítačmi podporované plánovanie výroby)

CAP sa orientuje na automatizáciu zostavovania technologických postupov, generovanie riadiacich programov pre CNC stroje a roboty ako aj iné inžinierske činnosti súvisiace s technologickou prípravou výroby. Technologická príprava výroby zahŕňa postupy, ktoré presne definujú jednotlivé činnosti, ktoré si konkrétny výrobok vo výrobe vyžaduje s tým, že výstupom je časový rozpis na jednotlivé stroje a pracovníkov v rámci toku výroby prevádzky.

Súbor CAE/CAD/CAP sa súhrne označuje ako automatizácia inžinierskych prác alebo ako automatizácia predvýrobných etáp.

CAQ – Computer aided quality (počítačmi podporované riadenie kvality)

CAQ reprezentuje používanie meracej techniky, senzorov, počítačov, ale aj matematických metód na komplexné riadenie kvality výroby.

CAQ zahŕňa sledovanie a kontrolu kvality

- pred vstupom súčiastok do výroby,
- priamo vo výrobnom procese meraním parametrov (charakteristík) jednotlivých súčiastok,
- priamo vo výrobe kontrolou dodržiavania výrobného procesu meraním parametrov (charakteristík) jednotlivých operácií,
- vizuálna kontrola výrobkov,
- kontrola hotových výrobkov laboratórnymi alebo deštruktívnymi testami.

CAQ sa zaoberá aj sledovaním a riadením kvality ako celku pri zohľadnení parametrov ako sú morálna zastaranosť výrobkov, porovnanie výrobkov s konkurenciou, reálne potreby trhu, prieskum trhu a podobne.

Kontrola kvality je dôležitá súčasť systému CIM a zabezpečuje kontrolu výrobkov a služieb v celom rozsahu a ich uplatnenie sa na trhu. Sledovanie kvality sa vykonáva pomocou štatistických metód, ktoré vyhodnocujú jednotlivé parametre produkcie a sleduje sa odozva zákazníka. V každom podniku je útvar riadenia kvality, ktorý sleduje procesy v podnikoch a je zodpovedný za reklamácie. Väčšina organizácií podnikajúcich v oblasti výroby a služieb má zavedený systém manažérstva kvality podľa medzinárodných noriem napr. ISO 9001 (International Standards Organization).

Pre praktickú realizáciu systému CIM významní dodávatelia informačných a riadiacich systémov ponúkajú komplexné riešenie plne automatizovanej výroby zahŕňajúce všetky činnosti automatizácie tak, že je v tom začlenená metodika, technické a softvérové prostriedky ako aj väzby medzi jednotlivými modulmi. Takéto plne automatizované návrhy sú znázornené vo forme referenčných modelov, ktoré si jednotlivé firmy upravujú podľa ponúkaných balíkov a služieb. V kapitole 2.4 sú uvedené aplikácie systému CIM svetovými lídrami v oblasti automatizácie.

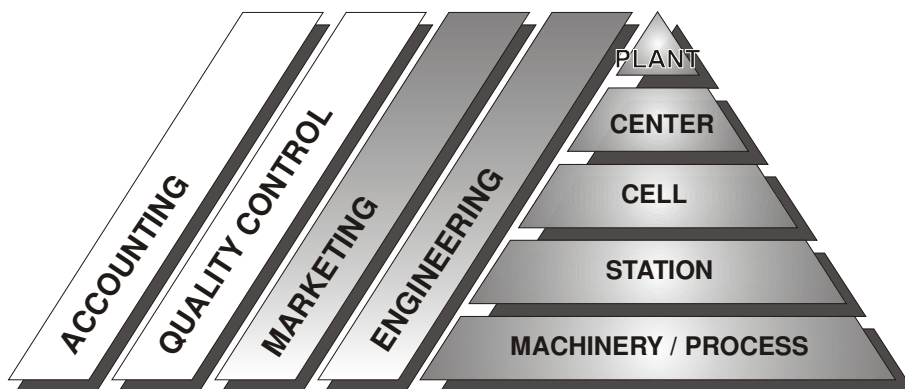
2.4 Aplikácia konceptu CIM svetovými firmami v oblasti automatizácie

V súčasnosti prakticky všetky popredné svetové firmy, ktoré sú zamerané na automatizáciu výroby (WESTINGHAUS, EMERSON, HONEYWELL, ROCKWELL AUTOMATION, SIEMENS, OMRON, SCHNEIDER ELECTRIC, atď.) majú vypracovaný vlastný systém komplexného riadenia výroby. V rámci tohto komplexného riadenia sa pridržiavajú konceptu CIM. Jednotlivé prístupy sa od seba odlišujú predovšetkým rozsahom distribúcie, rozsahom zálohovania, cenovou náročnosťou, komplexnosťou dodávky a mierou otvorenosti. V nasledujúcich podkapitolách budú prezentované niektoré prístupy svetových firiem.

2.4.1 5 – úrovňová distribuovaná riadiaca štruktúra

Metodicky najvšeobecnejším modelom sa javí systém americkej firmy Rockwell Automation, ktorého všeobecné zásady je možné aplikovať aj na báze technických a programových prostriedkov iných firiem napr. firmy SIEMENS.

V nasledujúcej časti bude podrobnejšie popísaný model riadenia plnoautomatizovaného výrobného procesu publikovaného firmou Rockwell Automation. Pyramídálny model daného systému je uvedený na Obr. 2.2.



Obr. 2.2 Pyramídálny model firmy Rockwell Automation

Jedná sa o decentralizovaný riadiaci systém, ktorý zahŕňa tieto úrovne:

- úroveň strojovej výroby (MACHINERY / PROCESS LEVEL),
- dispečerská úroveň (STATION LEVEL),
- úroveň základnej bunky (CELL LEVEL),
- centrálna úroveň (CENTER LEVEL),
- úroveň strategického plánovania (PLANT LEVEL).

5-úrovňový model DSR od firmy Rockwell Automation je podporovaný aj vrstvami:

- inžiniering (ENGINEERING),
- prieskum trhu (MARKETING),
- kontrola kvality (QUALITY CONTROL),
- účtovníctvo (ACCOUNTING).

Tento model zahŕňa komplexnú automatizáciu výroby. Je distribuovaný na jednotlivé úrovne takým spôsobom, že každá úroveň predstavuje činnosti jednotného zamerania a tieto činnosti sú automatizované technickými a programovými prostriedkami príslušného typu. Prepojenie a komunikácia medzi jednotlivými úrovňami sa realizuje na základe dvoch zásad.

1. zásada: prostriedky danej úrovne sú prepojené horizontálne s tým, že informácie sú integrované centrálné a vertikálne prepojenie medzi jednotlivými úrovňami sa realizuje minimálnym počtom ciest.

2. zásada: procesy na nižších vrstvách trvajú kratší čas, ale objem informácií je nižší, smerom hore, reálny čas a objem dát rastie.

Úroveň strojovej výroby tvorí základné rozhranie s výrobou a zahŕňa systém riadenia technologických zariadení vo výrobe. Predstavuje priame riadenie výroby pomocou PLC a priemyselných počítačov. Riadiace systémy sú pripojené na snímače a akčné členy, priamo alebo pomocou priemyselných sietí. Jednotlivé časti pracujú samostatne, ale vzájomne môžu komunikovať.

Základná bazová úroveň je určená pre implementáciu vyšších úrovní riadenia formou priameho deterministického riadenia jednotlivých výrobných celkov. Táto úroveň predstavuje úroveň kde sa realizuje buď supervízne riadenie (riadenie pod dohľadom), alebo riadenie na úrovni modelu. Akčné zásahy sa realizujú na nižšej úrovni, kde ako riadiace členy vystupujú riadiace automaty, ktoré riadia technologický proces ako celok buď priamym riadením alebo riadením s modelom.

Riadenie s modelom predstavuje také riadenie, kedy sa na základe vzťahu medzi požadovanými technickými parametrami výrobku (napr. mechanická pevnosť, rozmerové parametre a pod.) a technologickými parametrami výroby (napr. priebeh teploty kalenia) sa na úrovni modelu vypočítajú odpovedajúce krivky, ktoré sa posielajú do riadiaceho systému a ten zabezpečuje dodržanie požadovaného priebehu.

Úroveň základnej bunky zabezpečuje monitorovanie, koordináciu základných plánov a integráciu dát z vyšších úrovní potrebných pre fázu priameho riadenia. Zabezpečuje riadenie výroby na základe informácií z vyšších úrovní, tieto informácie sa týkajú najmä sortimentu výroby, časového harmonogramu výroby a technologických parametrov výrobkov. Základná bunka je základná jednotka, ktorá je schopná výrobnéj činnosti (prevádzka, podnik). Prevádzka je výrobné stredisko so skladmi, výrobnými linkami radenými za sebou so zložkami pre podporu výroby, servisné, kontrolné a baliace pracoviská. Základná bunka má zabezpečiť organizáciu výroby na úrovni prevádzky.

Centrálna úroveň zabezpečuje časový harmonogram výroby a to prostredníctvom lokálnej počítačovej siete a pripojených manažérskych počítačov. Rieši časový harmonogram výroby a to na základe požiadaviek o množstve a sortimente výrobkov. Získava informácie od obchodníkov vo forme objednávok ako aj z úrovne strategického plánovania, kde sú informácie potrebné pre výrobu, ktoré boli pripravené v predvýrobnej

etape (technologické postupy, detailná konštrukčná dokumentácia, zoznam výrobných zariadení, prípravkov, foriem, ...). Uvedené informácie sa rozpracovávajú do formy, na základe ktorej tretia úroveň vie zabezpečiť výrobu pre konkrétny čas.

Úroveň plánovania zabezpečuje komplexné plánovanie, ktoré určuje cieľ výroby, typ realizácie, postup pri realizácii a pod. Prijímajú sa informácie z podporných útvarov ako je inžiniering, marketing (prieskum trhu, má vytvárať také podmienky, aby sa vyrábalo to o čo je záujem, a aby sa to ľahko umiestnilo na trhu s maximálnym ziskom), systém kvality, ekonomické údaje a iné. Na základe týchto vstupov sa robia analýzy a alternatívne návrhy výroby zahrňujúce všetky časti vrátane obchodu, servisu, výroby, organizácie obchodu, organizácie výroby, komplexného plánovania, cieľa výroby, postupu realizácie, plánu aké výrobky sa budú vyrábať, podmienok výroby a iné.

Základným princípom realizácie je to, že príkazy na riadenie idú zhora nadol, ktoré sa musia deterministicky splniť. Strategický plán obsahuje komplexné plány, ktoré určujú charakter výrobkov, ktoré sa budú vyrábať.

Podporné vrstvy modelu zabezpečujú nasledovné činnosti.

Inžiniering zahŕňa komplexnú predvýrobnú prípravu v podmienkach strojárskych alebo elektrotechnickej výroby, sú to systémy CAD, CAP, CAE, optimalizácia a plánovanie výroby.

Marketing je útvar, ktorý má zabezpečiť aký výrobný sortiment sa má vyrábať, a koľko výrobkov sa má vyrábať pre jednotlivé typy výrobkov. Je spojený s obchodom, a vo všeobecnosti sa delí na časť, ktorá je v centrále a na tzv. externé pracoviská.

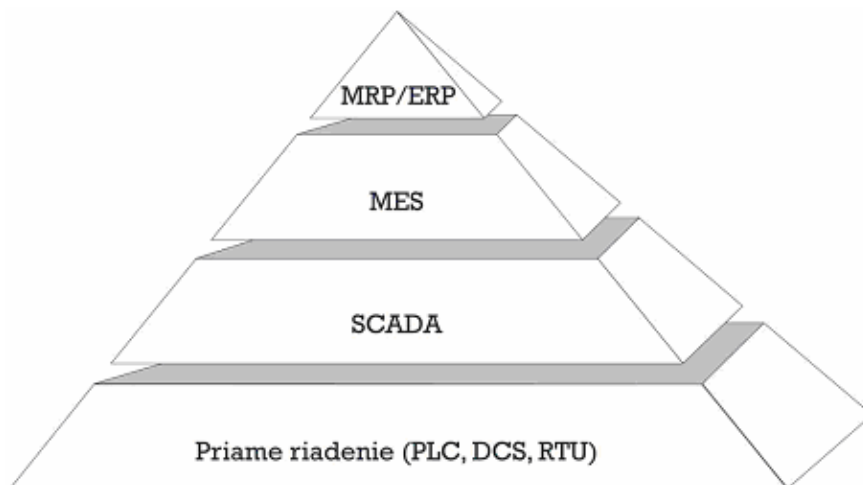
Kontrola kvality zabezpečuje sledovanie kvality a to na úrovni výroby a skladov, obyčajne meraním (on-line prepojenými prístrojmi alebo v laboratóriách pomocou deštrukčných skúšok) vybraných množstiev. Kontrola kvality sleduje kvalitu aj z globálneho hľadiska, kde sa sledujú potreby a zmeny na trhu, vplyv konkurencie, morálna zastaranosť výrobku. Pre sledovanie a vyhodnocovanie parametrov sa pracuje s metódami matematickej štatistiky.

Účtovníctvo zabezpečuje komplexnú účtovno-ekonomickú agendu podniku ako sú mzdy, personalistika, dane, objednávky, faktúry. Riešia sa ekonomické úlohy ako sú syntetika a analytika.

DSR musí pracovať v reálnom čase, aby sa zabezpečil správny výsledok a hlavne správny výsledok včas, aby bolo možné hovoriť o akčnom zásahu. Na technologickej úrovni môže byť reálny čas rádovo ns - ms, na úrovni supervízneho riadenia ms – s, na informačnej úrovni to môžu byť aj hodiny, dni, mesiace a roky, podľa potreby pre strategické rozhodnutia.

2.4.2 4 – úrovňová distribuovaná riadiaca štruktúra

Firma Wonderware prezentuje svoje produkty v rámci 4 úrovňového modelu a nemá ani podporné vrstvy. Model distribuovaného systému riadenia navrhnutého firmou Wonderware je zobrazený na Obr. 2.3.



Obr. 2.3 Pyramídálny model firmy Wonderware

Priame riadenie (PLC, DCS (Distributed Control Systems), RTU (Remote Terminal Units)) používa riadiace jednotky, ktorými môžu byť PLC automaty alebo priemyselné počítače, ku ktorým sú kabeľážou pripojené snímače a akčné členy bezprostredne pripojené na riadený systém. Pre pripojenie snímačov a akčných členov je možné použiť aj široké spektrum priemyselných sietí. Priame riadenie predstavuje riadenie v reálnom čase. Jednotlivé riadiace časti alebo celky sú vytvárané distribuovaným spôsobom, na základe rozdelenia uvedeného v kapitole 1.3. Medzi vzdialené jednotky alebo terminály je možné zaradiť napríklad čítačky čiarových kódov alebo čítačky magnetických kódov (RFID kódov).

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) slúži na supervízne riadenie a zber dát z riadeného systému. Supervízne riadenie je postavená na báze osobných počítačov alebo dotykových obrazoviek, ktorými je bezprostredne sledovaná a riadená výroba. Zber dát je realizovaný automatizovane do produkčných databáz. Zber dát môže byť v reálnom čase alebo s určitým časovým oneskorením, ak sú dáta ešte dodatočne spracované. Zároveň vytvára prepojenie úrovne priameho riadenia a úrovne riadenia podniku ako celku.

MES (Manufacturing Execution System) umožňuje detailne sledovať celú výrobu. Cieľom tejto úrovne je sprístupniť vedeniu podniku reálne údaje, ktoré môžu byť použité na plánovacie, obchodné a manažérske účely.

MES sú výrobné informačné systémy, ktoré tvoria väzbu medzi podnikovými informačnými systémami (MRP/ERP (Manufacturing / Enterprise Resource Planning)) a automatizačnými systémami (priame riadenie, SCADA).

Počiatkom 80. rokov 20. storočia sa začali tvoriť prvé koncepty definícií MES. Tieto definície vychádzali z prvých systémov určených pre zber výrobných dát. Následným vývojom týchto systémov v priebehu 90. rokov dochádzalo k rozširovaniu funkcionalít a ich prekrývaníu s ostatnými systémami. To viedlo organizáciu MESA (Manufacturing Enterprise Solutions Association) k vytvoreniu prvého MES funkcionálneho modelu, ktorý definoval základných 11 oblastí. Štandard ANSI/ISA-95 situuje MES do úrovne 3. Tento štandard ďalej definuje aktivity na 3. úrovni do štyroch základných oblastí a to: výroba, kvalita, logistika a údržba.

Behom celej histórie vývoja týchto systémov bolo definovaných niekoľko hlavných aktivít, ktoré tieto systémy zabezpečujú. Sú to napríklad: správa výrobných zdrojov, správa výrobných postupov, detailné plánovanie výroby, dispečerské riadenie, riadenie výroby, zber dát, sledovanie výrobkov a ich rodokmeňov, výkonnostné analýzy a iné.

Správa výrobných zdrojov zaisťuje pridelovanie a sledovanie zdrojov a kapacít potrebných pre výrobný proces. Týmito zdrojmi môžu byť osoby, materiál, zariadenie, nástroje, energie a podobne. Tieto informácie sú založené na aktuálnom stave a budúcich rezerváciách týchto zdrojov. Ďalej zaisťuje informácie o dostupnosti zdrojov pre priradené úlohy a požadované kvalifikácie (napríklad školenia).

Správa výrobných postupov zahŕňa evidenciu, správu verzií a výmenu kmeňových dát s okolitými systémami, ako sú výrobné pravidlá finálnych výrobkov, zoznam materiálov, výrobné zdroje a tak ďalej. Každá z týchto informácií slúži k definícii popisujúcej tvorbu finálneho produktu. Správa výrobných postupov môže byť súčasťou PLM (Product Lifecycle Management). Čo predstavuje manažovanie životného cyklu výrobku.

Detailné plánovanie výroby je kritickou súčasťou výroby a taktiež je dôležitou súčasťou výrobných informačných systémov. Existuje mnoho rôznych prístupov k plánovaniu výroby, ako napríklad dopredné a spätné plánovanie výroby, plánovanie založené na jednoduchých algoritmoch vychádzajúcich iba z priorit jednotlivých zákaziek, alebo veľmi komplexné plánovanie založené na genetických algoritmoch. Výsledkom plánovania výroby je zoznam prác v ktorom je definované poradie, v akom sa budú na výrobnom zdroji spracovávať jednotlivé výrobné príkazy. Tento zoznam prác je samozrejme tvorený s dôrazom na elimináciu zbytočného nastavovania strojov, spotreby energie, prestojov a tak ďalej.

Dispečerské riadenie je definované ako súhrn aktivít riadiacich tokov výroby priradzovaním práce jednotlivým zariadeniam a osobám, zaisťovaním potrebného množstva surovín a energie, sledovanie aktuálneho stavu výroby, operatívne riešenie výpadkov a tak ďalej. Finálny rozsah dispečerského riadenia je závislý na rozsahu aktivít zaisťovaných detailným plánovaním.

Riadenie výroby zaisťuje aktivity, ktoré riadia naplánovanú a špecifikovanú výrobu (front práce). Ak je samotné riadenie výroby zabezpečené v riadiacom systéme, výrobný informačný systém zaisťuje kontroly zdrojov a informuje okolité systémy o aktuálnom stave výroby (odvedené práce, zabezpečenie kontrolných krokov výroby, a iné). Riadenie výroby v MES systémoch sú veľmi dôležité vzhľadom k prepojeniu s ERP systémami a prípadným on-line sprístupnením informácií o rozpracovanej výrobe.

Zber dát zaisťuje zber a zálohovanie procesných a výrobných dát, stavov zariadení a podobne. Zber výrobných dát môže byť v každom type výroby veľmi rôznorodý. Od veľmi jednoduchých výrob, kde dochádza k zberu iba základných informácií (ako je napríklad výrobný cyklus stroja) až po veľmi automatizované výroby, kde dochádza k zberu tisícok hodnôt každú minútu.

Sledovanie výrobkov a ich rodokmeňov je definované, ako súhrn aktivít zaisťujúcich zhromažďovanie a poskytovanie informácií o zdrojoch (osoby, stroje,...) aktuálne použitých pre výrobu finálneho produktu, spotrebu materiálu, výrobu medziproduktov a podobne. Táto aktivita je veľmi dôležitá a to z dôvodu legislatívnych požiadaviek, z dôvodu auditov, prípadne riešenia reklamácií.

Výkonnostné analýzy sú výrobnými podnikmi používané k vyhodnocovaniu ich úspechu, prípadne k vyhodnocovaniu úspechu v jednotlivých oblastiach celého výrobného procesu. Všeobecne sa dá povedať, že pre každý podnik sú dôležité iné ukazovatele v závislosti na ich stanovené stratégie. Asi najznámejším ukazovateľom v oblasti výroby je OEE (Overall Equipment Effectiveness - celková efektívnosť zariadení). Tento ukazovateľ sa skladá z niekoľkých menších ukazovateľov a udáva hodnotu efektívneho využívania výrobných zariadení.

MRP/ERP je úrovňou plánovania výrobných zdrojov. Je to systém integrujúci riadenie organizácie ako celku, vrátane logistiky, financií, spracovanie objednávok, riadenie zásob, nákupy, a časové plánovanie výroby.

ERP je vnútropodnikový softvérový informačný systém používaný na správu a koordináciu všetkých zdrojov, pracovísk a funkcií biznis sféry prostredníctvom zdieľaných dátových skladov.

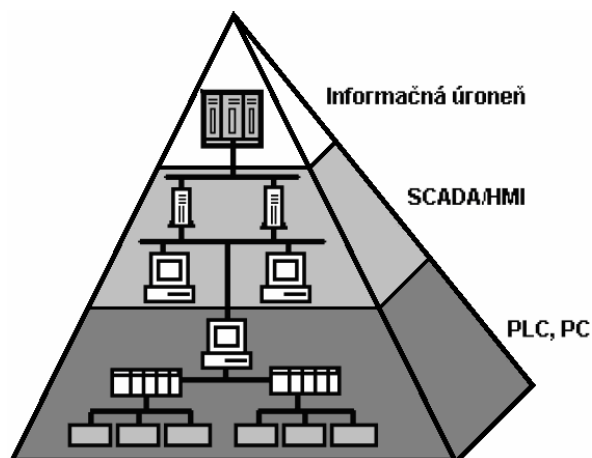
ERP systém pozostáva z modulových softvérových a hardvérových jednotiek, ktoré komunikujú na lokálnej sieti (LAN – Local Area Network). Modulový princíp dovoľuje podniku pridať alebo rekonfigurovať moduly (aj od rôznych dodávateľov), pričom sa zachováva integrita dát v rámci jednej zdieľanej databázy, ktorá je centralizovaná.

ERP je pôvodne odvodený z MRP II, ktoré je nástupcom MRP (Material Requirements Planning). ERP systémy sú zamerané na výrobu, logistiku, distribúciu, zásoby, fakturáciu a účtovníctvo podniku. ERP softvér má často dosah aj na ďalšie sféry biznisu ako je marketing alebo ľudské zdroje. Systémy boli masovo nasadzované koncom 90. rokov. Mnoho firiem využilo túto príležitosť, aby nahradilo svoj zastaraný podnikový informačný systém založený na odkazoch, novým prelomovým riešením na princípe zdieľania. Pokles predaja bol zaznamenaný až s blížiacim sa príchodom roku 2000, kedy väčšina spoločností už mala implementované vlastné riešenia.

ERP II, je pojem zavedený po roku 2000 a je používaný v súvislosti s nastupujúcou generáciou ERP systémov. Upravené riešenie je založené na webovom rozhraní, ktoré dovoľuje súčasne interným pracovníkom a externým zdrojom (dodávateľia, zákazníci), pristupovať v reálnom čase k dátam, uloženým v systéme. Nástupca je odlišný aj v spôsobe harmonizácie systému s biznis sférou. Kým prvé systémy boli navrhované bez ohľadu na podnikové fungovanie, v súčasnosti je trend opačný. Dôraz je pri vývoji informačného systému kladený najmä na to, ako podnik funguje. V súčasnosti toto riešenie poskytuje väčšina známych firiem, zaoberajúcich sa ERP systémami.

2.4.3 3 – úrovňová distribuovaná riadiaca štruktúra

Najjednoduchšou dekompozíciou DSR je model navrhnutý firmou Emerson, ktorá prezentuje rozdelenie systému do troch úrovni. Toto rozdelenie DSR zahŕňa technologickú úroveň riadenia, úroveň supervízneho riadenia a informačnú úroveň riadenia a je zobrazená na Obr. 2.4.



Obr. 2.4 Pyramidálny model firmy Emerson

Technologická úroveň riadenia je najnižšou úrovňou riadenia. Je to úroveň riadenia technologických procesov. Zahŕňa akčné členy (stroje, zariadenia, ...), snímače, technologické siete a riadiace jednotky, ktorými môžu byť PLC automaty, mikropočítače, priemyselné počítače, riadiace jednotky a iné.

Túto úroveň môžeme rozdeliť na dve základné časti:

- *úroveň strojovej výroby* tvorí základné rozhranie s výrobou, ktorá zahŕňa výrobné linky, stroje a zariadenia, v ktorých sú integrované snímače a akčné členy.
- *úroveň riadenia*, ktorá zahŕňa riadiace priemyselné počítače a PLC, ktoré sú s úrovňou strojovej výroby prepojené riadiacimi zariadeniami pomocou technologických sietí ako sú napr.: DeviceNet, Profibus, AS-i, priemyselný Ethernet, LonWorks, ControlNet, DH+, DH485.

Úroveň supervízneho riadenia je vyššou úrovňou riadenia, ktorá sa alternatívne nazýva aj ako úroveň SCADA/HMI (Human Machine Interface). SCADA predstavuje systémy pre supervízne riadenie a zber dát. HMI vytvára rozhranie medzi človekom a strojom, pomocou vizualizačných panelov a riadiacich pultov.

- Prvkami tejto úrovne sú prostriedky pre:
- monitorovanie a vizualizáciu výrobných procesov,
- operatívne riadenie výrobných procesov,
- prvotný zber, integrácia a spracovanie dát, ktoré sú ukladané v procesných databázach,
- vyhodnocovanie procesov.

Dáta získane z tejto úrovne sú ďalej použité na informačnej úrovni riadenia.

Informačná úroveň riadenia zastrešuje predchádzajúce vrstvy. Patria tu databázové prostriedky pre vyššie úrovne riadenia, informačné systémy (IS), systémy pre plánovanie, podporu rozhodovania a manažment.

Na tejto úrovni sa archivujú a spracúvajú dáta a takisto sa prijímajú dlhodobé strategické rozhodnutia pre výrobu. Dáta sú už z nižšej úrovne vyselektované a spracované za určitým špecifickým účelom. V dátovom sklade sú dostupné všetky potrebné údaje.

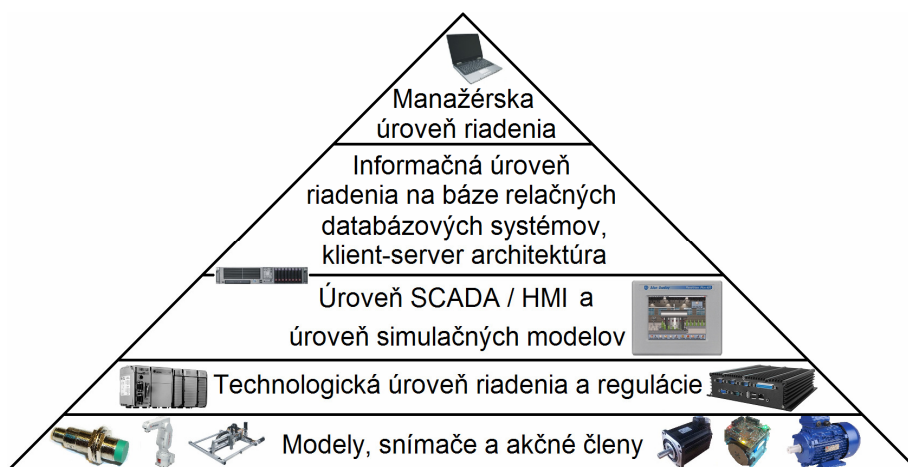
Informačná úroveň riadenia sa zameriava na informačný systém, ktorý umožňuje:

- prihlásenie a identifikáciu pracovnej pozície,
- príjem a spracovanie objednávok na výrobu,
- vytvorenie plánu výroby,
- sledovanie a riadenie výroby,
- kontrolu stavu skladov,
- analýzu dát,
- podporu rozhodovania,
- strategické plánovanie,
- a iné.

2.5 Aplikácia konceptu CIM na KKUI FEI TU

Metodika konceptu CIM bola aplikovaná aj pri tvorbe distribuovanej riadiacej štruktúry na Katedre kybernetiky a informatiky (KKUI) Fakulty elektrotechniky a informatiky (FEI) na Technickej univerzite (TU) v Košiciach. Podobne ako svetoví lídri v oblasti automatizácie aj tento model má pyramidálnu štruktúru. Riadiaca pyramída znázornená na Obr. 2.5 predstavuje infraštruktúru DSR KKUI FEI TU v Košiciach

ako modelu komplexného informačného a riadiaceho systému, ktorý je vybudovaný nad súborom reálnych fyzikálnych modelov, umožňujúcich modelovanie a experimentálne overenie širokej škály praktických úloh v podmienkach približujúcich sa podmienkam praxe v súlade s medzinárodnými štandardami a odporučeniami. Uvedená infraštruktúra bola budovaná postupne pracovníkmi katedry v rámci riešenia výskumných úloh katedry s podporou významných svetových firiem (Rockwell Automation, Oracle, Wonderware a ďalších) ako aj národných a medzinárodných projektov, napr. projektu podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja.



Obr. 2.5 Pyramídálny model na KKUI FEI TU

Tento pyramídálny model je rozdelený do piatich úrovní, z ktorých každá predstavuje samostatnú časť. Každá úroveň je špecifická svojim zámerom, použitým hardvérom, softvérom a sieťovým prepojením. Všetky úrovne sú vzájomne prepojené sieťovým rozhraním a vzájomne komunikujú. Pyramídálny model je postavený na báze fyzických modelov, modelov výrobných liniek a laboratórnych výukových modelov dynamických systémov (zložitejšie modely priemyselných výrobných liniek, model rotačného inverzného kyvadla, modely mobilných robotov Khepera III, a mnohé ďalšie), ktoré tvoria štruktúru DSR KKUI. Tieto modely boli vytvorené v rámci laboratórií katedry, alebo ich získanie bolo realizované z prostriedkov rôznych projektov (napríklad „Centra informačných a komunikačných technológií pre znalostné systémy“). Súbor týchto reálnych modelov fyzikálnych systémov predstavuje riadený technologický proces a predstavuje nultú úroveň pyramídy. Podrobnejšie informácie o týchto modeloch ako aj riadiacej štruktúre DSR na KKU je možné nájsť na web stránke www.kyb.fei.tuke.sk.

Systém riadenia je integrovaný do 5-úrovňovej pyramídovej architektúry DSR, ktorá umožňuje riešenie úloh v oblasti komplexného riadenia s dôrazom na väzby medzi jednotlivými úrovňami.

Nultá úroveň (úroveň modelov, snímačov a akčných členov)

Nultá úroveň zahŕňa strojné zariadenia (modely) v ktorých sú implementované snímače a akčné členy. Jednotlivé zariadenia sú skonštruované tak, aby ako celok vytvárali logickú časť, ktorú je možné nezávisle riadiť. Signáli zo snímačov a akčných členov sú privádzané do prvej úrovne.

Prvá úroveň (technologická úroveň riadenia a regulácie)

Prvá úroveň predstavuje súbor prostriedkov riadenia a regulácie na báze PLC a technologických počítačov. Prostriedky tejto úrovne zabezpečujú riadenie a reguláciu modelov, pričom snímače a akčné členy modelov sú pripojené buď štandardne cez technologické rozhrania (analogový V/V, digitálny V/V, alebo frekvenčný V/V), alebo s využitím technologických sietí (Asi, DeviceNet, Profibus, priemyselný Ethernet a ďalšie).

Druhá úroveň (úroveň SCADA/HMI a úroveň simulačných modelov)

Druhá úroveň zahŕňa SCADA HMI a súbor modelov, ktoré boli vytvorené pre podporu riadenia na prvej úrovni. SCADA HMI, zabezpečuje supervízne riadenie, zber a archiváciu údajov z výrobného procesu. Väzba na prvú úroveň riadenia je realizovaná obvyčajne rozhraním Ethernet TCP/IP (Transmission Control Protocol/ Internet Protocol), prípadne iným technologickou sieťou (Profibus, ControlNet a pod.) Väzba na PLC je riešená s využitím OPC (OLE (Object Linking and Embedding) for Process Control) servera. Väzba na vyššie informačné úrovne riadenia je realizovaná rozhraním Ethernet TCP/IP s využitím ODBC (Open Database Connectivity) komunikácie.

Úroveň modelov je realizovaná buď v programovom prostredí simulačného jazyka Matlab/Simulink so súborom aplikačných Toolboxov a podporných komunikačných prostriedkov zabezpečujúcich rozhranie s prostriedkami SCADA, PLC, RDBS (Relačný Databázový Systém), alebo modely sú vytvárané priamo v prostredí Visual C++, kde sú využívané knižnice pre samotnú funkcionálnosť modelov ako aj komunikáciu s inými subsystémami.

Tretia úroveň (informačná úroveň riadenia na báze relačných databázových systémov, klient-server architektúra)

Tretia úroveň predstavuje úroveň MES. Je určená pre riešenie a realizáciu úloh zabezpečenia výroby, ktoré zahŕňajú funkcie riadenia a evidenciu výroby, riadenie skladov, operatívne plánovanie, resp. rozvrhovanie výroby, riadenie kvality a riadenie opráv. Je realizovaná na báze relačných databázových systémov s pripojenými klientskymi stanicami, ktoré sú realizované na báze WEB technológií.

Tretia úroveň zabezpečuje aj funkcie ERP/MRP. Ktoré sú zamerané na plánovanie výrobných a podnikových zdrojov. Tieto nástroje štandardne využívajú RDBS Oracle.

Štvrtá úroveň (manažérska úroveň riadenia)

Najvyššia úroveň v rámci hierarchickej štruktúry je manažérska úroveň riadenia realizovaná na báze multidimenzionálnych databáz s využitím OLAP (Online Analytical Processing) technológie. Nástroje na tejto úrovni poskytujú manažérovi okrem systémov na analýzu dát aj systémy pre strategické plánovanie a podporu rozhodovania.

3 Tvorba distribuovaných systémov riadenia

Požiadavky zvyšovania kvality, nové legislatívne predpisy spojené s dôsledným sledovaním obchodu, daňových povinností, preukázateľných meraní ekologických parametrov výroby, počítačového merania spotreby energií vo väzbe na bilančné systémy a ekonomiku ako aj požiadavky komplexnej automatizácie výroby vytvárajú objektívne podmienky k tomu, aby výrobné podniky zavádzali IaRS do výroby v stále väčšej miere.

Súčasný obdobia je charakterizované podstatným rozvojom informačných technológií, kde dominantnú úlohu zohrávajú prostriedky internetu a intranetu. Veľká modularita technických prostriedkov a štandardného programového vybavenia, vysoké prenosové rýchlosti počítačových sietí a užívateľský prístupné vývojové nástroje vytvárajú podmienky pri riešení problémov komplexnej automatizácie.

Z hľadiska praktického nasadenia IaRS sú zohľadňované viaceré komplexné činitele. Vo väčšine aplikácií, jedným z hlavných ukazovateľov, ktorý sa posudzuje pri rozhodovaní o nasadení riadiaceho systému je ekonomická návratnosť systému. Preto pre investorov je výhodné, aby riadiaci systém sa zavádzal postupne pri začlenení existujúcich informačných a riadiacich prvkov.

Postupná výstavba informačných a riadiacich systémov, pri zachovaní požadovanej kvality, vyžaduje dokonalé poznanie procesu riadenia, požiadaviek na jednotlivé prvky riadenia a prostriedkov riadenia, ktoré budú do procesu riadenia nasadené.

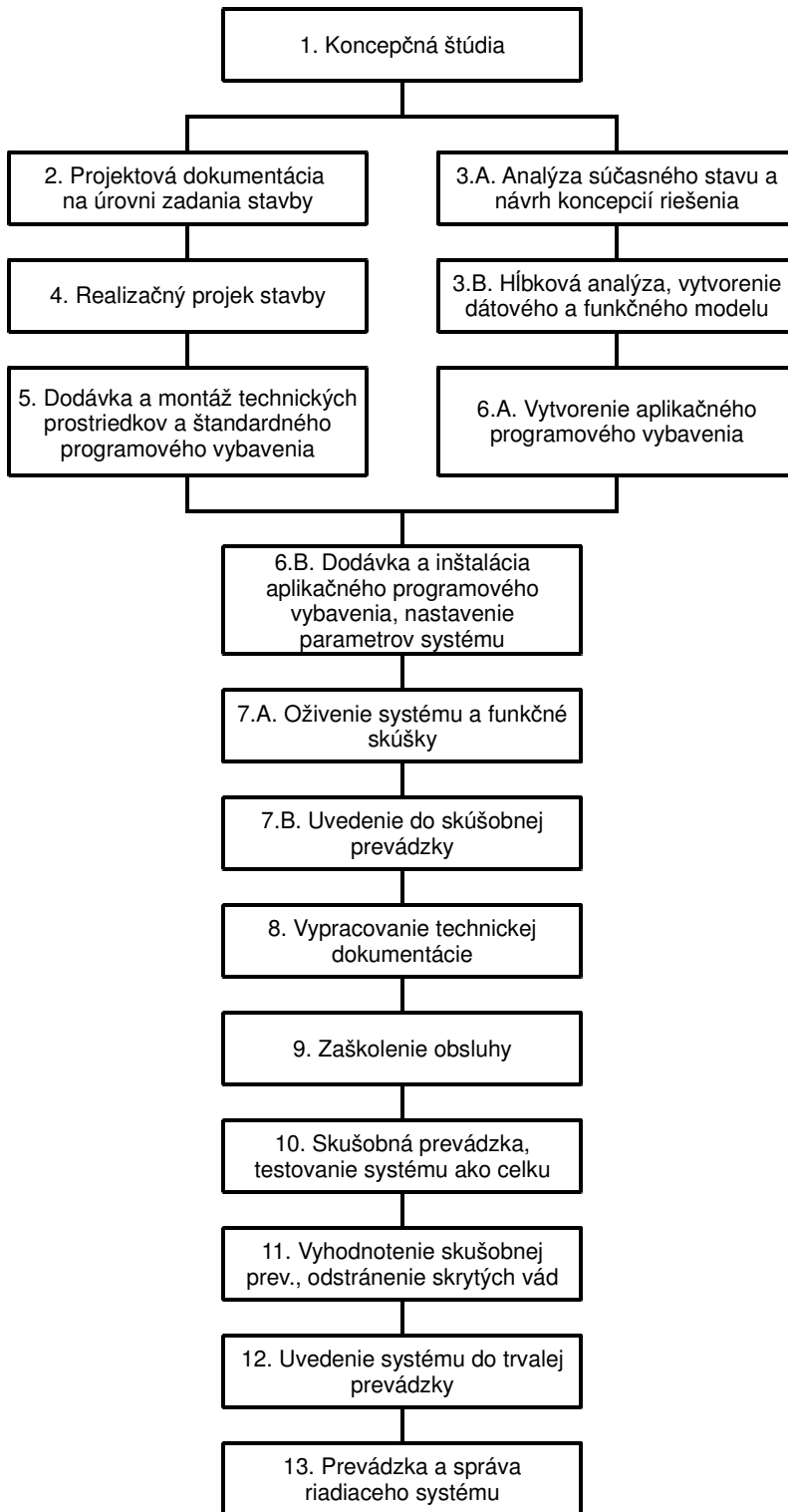
Zvládnutie vyššie uvedených činiteľov a ich zohľadňovanie v celom procese výstavby IaRS (od koncepcnej štúdie až po uvedenie systému do trvalej prevádzky) vytvára predpoklady pre realizáciu optimálneho systému a to z hľadiska ceny a z hľadiska požiadaviek zákazníka na aplikáciu nových prvkov informatiky.

Uvedená metodika zahŕňa všetky fázy riešenia riadiaceho systému od návrhu úvodnej štúdie až po uvedenie systému do trvalej prevádzky v zmysle platných predpisov a noriem. Pri návrhu sa vychádza z predpokladu, že riešenie riadiaceho systému z hľadiska technickej realizácie je rozdelené na tri základné úrovne a to informačnú, dispečerskú a technologickú úroveň riadenia. V rámci riešenia riadiaceho systému sa predpokladá logická, programová a technická distribúcia, čo umožňuje riešiť dodávku jednotlivých častí riadiaceho systému od rôznych dodávateľov etapovite s implementáciou aktuálneho stupňa informačných a riadiacich technológií.

3.1 Metodika tvorby distribuovaných systémov riadenia technologických procesov

Metodika tvorby DSR technologických procesov vychádza zo štandardného postupu budovania systémov IaRS, v rámci ktorého dôležitú úlohu zohráva modularita technických prostriedkov zapojených v sieti a dostupnosť programových prostriedkov umožňujúcich realizáciu všetkých fáz návrhu, vývoja a aplikácie riadiacich systémov do výroby. A v štádiu prevádzkovania systému pri jeho správe, diagnostike a modifikácií.

Na Obr. 3.1 je znázornená metodika v diagrame, ktorého bloky predstavujú jednotlivé činnosti. Jednotlivé činnosti na seba nadväzujú a detailnejšie sú popísané v jednotlivých bodoch pod obrázkom.



Obr. 3.1 Metodika tvorby DSR

Realizácia riadiaceho systému pozostáva z niekoľkých úloh, ktoré za sebou nasledujú v nasledovnej postupnosti:

1. Konceptná štúdia DSR - námet riešenia.
2. Projektová dokumentácia na úrovni zadania stavby.
3. Analýza úlohy riešenia:
 - A. analýza súčasného stavu a návrh koncepcií riešenia,
 - B. hĺbková analýza, vytvorenie dátového a funkčného modelu.
4. Realizačný projekt stavby.
5. Dodávka a montáž technických prostriedkov a štandardného programového vybavenia.
6. Aplikačné programové vybavenie:
 - A. vytvorenie aplikačného programového vybavenia,
 - B. dodávka a inštalácia aplikačného programového vybavenia, nastavenie parametrov systému.
7. Oživenie systému a uvedenie do skúšobnej prevádzky:
 - A. oživenie systému a funkčné skúšky,
 - B. uvedenie do skúšobnej prevádzky.
8. Vypracovanie technickej dokumentácie:
 - A. dokumentácia na úrovni technických prostriedkov,
 - B. systémová dokumentácia,
 - C. užívateľská dokumentácia.
9. Zaškolenie obsluhy.
10. Skúšobná prevádzka, testovanie systému ako celku.
11. Vyhodnotenie skúšobnej prevádzky, odstránenie skrytých väd.
12. Uvedenie systému do trvalej prevádzky.
13. Prevádzka a správa riadiaceho systému.

3.2 Popis úloh pri tvorbe distribuovaných systémov riadenia technologických procesov

1. **Konceptná štúdia** úlohy na základe zistenia a popisu skutkového stavu, všeobecných podmienok danej spoločnosti a požiadaviek investora rámcovo popisuje navrhovaný riadiaci systém, obyčajne v niekoľkých alternatívach. Konceptná štúdia slúži ako námet pre realizáciu riadiaceho systému.

Príklad obsahu koncepcnej štúdie:

- a. Úvod.
- b. Vymedzenie predmetu a cieľ štúdie.
- c. Popis súčasného stavu:
 - analýza súčasného stavu:
 - plánovanie výroby,
 - riadenie a evidencia výroby:
 - vstupné sklady,
 - výrobné linky alebo prevádzky,
 - výstupné sklady,
 - expedícia,
 - hodnotenie súčasného stavu.
- d. Návrh koncepcie riešenia IaRS výroby:
 - dekompozícia IaRS výroby:
 - subsystém operatívneho plánovania,

- subsystém evidencie a riadenia výroby,
- distribúcia funkcií na jednotlivé pracovné miesta.
- e. Návrh technického zabezpečenia.
- f. Návrh systémových, programových a podporných prostriedkov.
- g. Realizácia:
 - harmonogram realizácie,
 - etapy realizácie.
- h. Záver.

2. Projektová dokumentácia na úrovni zadania stavby predstavuje úvodný projekt, ktorý zahŕňa:

- a. popis technológie riadenia,
- b. členenie riadiaceho systému na prevádzkové súbory, prípadne čiastkové prevádzkové súbory,
- c. územno-priestorové umiestnenie stavby,
- d. požiadavky na spotrebu elektrickej energie, prípadne iných energií,
- e. vplyv na životné prostredie v priebehu výstavby riadiaceho systému, ako aj počas trvalej prevádzky,
- f. ekonomický rozpočet úlohy,
- g. harmonogram riešenia jednotlivých častí úlohy.

3. Analýza úlohy riešenia obsahuje hĺbkovú analýzu, výsledkom ktorej je vypracovanie detailných podkladov pre programovú realizáciu systému vrátane dátového a funkčného modelu. Je vypracovaná štruktúra dát na úrovni všetkých počítačových prostriedkov DSR a väzieb medzi položkami lokálnych databáz a vzájomných väzieb medzi databázami distribuovanej štruktúry. Pre riešenie úlohy na úrovni tejto etapy sa využívajú prostriedky CASE (Computer Aided Software Engineering), ktoré zefektívňujú prácu pri počítačom návrhu, ale predovšetkým v následných etapách riešenia pri správe a modifikácii dátového a funkčného modelu. Podrobnejší popis analýzy úlohy riešenia, ako aj praktická implementácia na reálnom príklade je popísaná v 5. kapitole.

4. Realizačný projekt stavby predstavuje fázu vytvorenia detailného projektu realizácie DSR, ktorý zahŕňa tieto súčasti:

A. Sprievodná správa:

- a. identifikačné údaje (základné údaje o investorovi a dodávateľovi),
- b. základné údaje charakterizujúce stavbu a prevádzku (užívanie) dokončenej stavby,
- c. prehľad východiskových podkladov,
- d. členenie stavby na prevádzkové súbory a stavebné objekty,
- e. vecné a časové väzby stavby na okolie a na súvisiace investície,
- f. prehľad prevádzkovateľov (užívateľov),
- g. lehota výstavby v mesiacoch,
- h. termíny začatia a dokončenia stavby,
- i. údaje o prípadnom postupnom uvádzaní častí stavby do prevádzky (užívania), alebo o prípadnom predčasnom prevádzkovaní (užívaní) častí stavby,
- j. skúšobná prevádzka a doba jej trvania vo vzťahu k dokončeniu a kolaudácii stavby,
- k. celkové náklady stavby.

B. Súhrnná technická správa a ekonomické zhodnotenie:

- a. charakteristika územia stavby,
- b. urbanistické, architektonické a stavebno-technické riešenie stavby,
- c. údaje o technologickej časti stavby,
- d. zemné práce,
- e. podzemná voda,
- f. kanalizácia,
- g. zásobovanie vodou,
- h. teplo a palivá,
- i. rozvod elektrickej energie,
- j. ostatná energia (solárna, technické plyny a podobne),
- k. verejné a vonkajšie osvetlenie,
- l. slaboprúdové rozvody,
- m. iné podzemné, prípadne nadzemné vedenia (pokiaľ prichádzajú do úvahy),
- n. požiadavky na nadväznú súčinnosť strojov a zariadení (nielen technologických),
- o. spôsob splnenia požiadaviek na stavbu vyplývajúcich z podmienok územného rozhodnutia.

C. Celková situácia stavby:

- a. spracovaný polohopis a výškopis územia stavby a jej najbližšieho okolia, vrátane pozemkového katastru a uvedenie výškového a súradnicového systému,
- b. polohové a výškové vyznačenie všetkých existujúcich stavieb alebo ich častí, t.j. vrátane podzemných inžinierskych sietí a iných zakrytých zariadení podľa údajov poskytnutých a overených ich správcami a vrátane názvov ulíc a iných pomenovaných priestorov,
- c. označenie ochranných pásiem a bezpečnostných vzdialeností,
- d. vyznačenie obvodu stavby a dočasného obvodu staveniska mimo územia stavby,
- e. vyznačenie plôch pozemkov odnímaných z poľno-hospodárskeho a lesného pôdneho fondu, s rozlíšením trvalého a dočasného záberu,
- f. vyznačenie demolácií a zrušených podzemných alebo nadzemných inžinierskych sietí, prípadne výrub vysokej zelene,
- g. polohové a výškové vyznačenie navrhovanej výstavby, vrátane jej pripojenia na existujúce stavby, prípadných preložiek podzemných alebo nadzemných rozvodových sietí, dopravných trás, prípadne tokov a novonavrhovanej zelene, s uvedením základných rozmerov určujúcich polohu a veľkosť navrhovaného zastavania vo vzťahu k vytyčovacej sieti,
- h. vyznačenie ochranných pásiem,
- i. vyznačenie sond vykonaného geologického prieskumu.
 - Celková situácia stavby sa vykonáva spravidla v mierke 1:500, výnimočne v mierke 1:1000. Pre osobitné prípady veľkoplošných stavieb a pre rozsiahle líniové stavby sa použije mierka zodpovedajúca povahe týchto stavieb, spravidla 1:2000 alebo 1:5000.

D. Koordinačný výkres stavby:

- a. koordinačný výkres vonkajších inžinierskych sietí a rozvodov,
- b. koordinačné výkresy vnútorných konštrukcií, zariadení a rozvodov.

E. Dokumentácia stavebných objektov:

- a. technická správa,
- b. výpočty,
- c. výkresy,
- d. výkazy,
- e. zoznamy a dokumentácie strojov a zariadení.

F. Projekt organizácie výstavby:

- a. technická správa,
- b. situácia zariadenia staveniska,
- c. časový plán výstavby.

G. Dokumentácia prevádzkových súborov:

- a. výrobné (prevádzkové) zariadenie,
- b. systém riadenia technologických procesov – merania a regulácie,
- c. napájací a prevádzkový rozvod silnoprúdu,
- d. prevádzkové potrubie,
- e. vzduchotechnické zariadenia,
- f. údržba hmotného investičného majetku,
- g. aktívna ochrana proti korózii,
- h. náklady na technologickú časť,
- i. doklady a výpočty.

H. Celkové náklady stavby:

- a. náklady na projektové a prieskumné práce,
- b. náklady na stroje, zariadenia a inventár, ktoré predstavujú prevádzkové súbory a po montáži vytvárajú hmotný investičný majetok, náklady na programové vybavenie IaRS,
- c. náklady na stavebné objekty a úpravy územia súvisiace s rekultiváciou, vrátane ozelenenia, náklady spojené s likvidáciou, prípadne presunom existujúceho hmotného investičného majetku, náklady na vyvolané investície, vrátane provízorných objektov a zariadení,
- d. náklady na nákup samotného hmotného investičného majetku, ktorý nevyžaduje montáž,
- e. náklady na zabudované umelecké diela, ktoré tvoria organickú a neoddeliteľnú súčasť architektonického riešenia stavby,
- f. vedľajšie náklady pokiaľ nie sú zahrnuté v iných častiach,
- g. náklady na práce vykonávané inými než stavebnými a montážnymi firmami, náklady na patenty a licencie,
- h. nepredvídané náklady,
- i. náklady na nákup existujúcich strojov, zariadení a objektov pokiaľ sa nebudú likvidovať, odvody za odňatie pôdy,
- j. príspevky iným investorom,
- k. náklady na prípravu a zabezpečenie výstavby, vnútorné vybavenie, programové vybavenie, náklady na biologickú rekultiváciu, odvody

a dane za využívanie prírodných zdrojov a za ochranu životného prostredia, úroky.

I. Doklady:

- záznamy z prerokovania projektu stavby počas vypracovania s dotknutými orgánmi a organizáciami a s účastníkmi investičnej výstavby.

Ak sa spomínané súčasti zhrnú a aplikujú na DSR tak realizačný projekt IaRS obsahuje:

- špecifikáciu inštalovaných technických prostriedkov s popisom ich technických parametrov, stupňom krytia, rozhraniami a pod.,
- topológiu rozmiestnenia technických prostriedkov,
- špecifikáciu štandardného programového vybavenia,
- štruktúru počítačových sietí,
- požadované stavebné úpravy,
- rozpis montážneho materiálu, spôsob montáže technických prostriedkov a sietí,
- špecifikáciu všetkých prác spojených s vytvorením aplikačného programového vybavenia, inštaláciou systému, uvedením systému do prevádzky, vrátane požadovaných revízií a iných činností, ktoré predpisuje platná legislatíva,
- detailný ekonomický rozpočet stavby,
- detailný harmonogram dodávok a prác.

Pre automatizáciu činnosti na úrovni realizačného projektu sú využívané prostriedky CAD.

5. Dodávka a montáž technických prostriedkov a realizácia počítačových sietí, predstavuje realizačnú fázu systému v rámci ktorej sa na základe realizačného projektu realizujú dodávky technických prostriedkov a inštalácie počítačových sietí. Počas celej doby dodávky a montáže sa vedie stavebný denník, kde sa podrobne popisuje vykonaná činnosť a kým táto činnosť bola vykonaná. Počas tejto činnosti sa vedú dôležité doklady ktorými sú:

- a. Protokol o prostredí (popis prostredia stavby),
- b. Protokol o zhode,
- c. Stavebný denník,
- d. Revízie systému,
- e. Úradné skúšky.

Po dodávke a montáži technických prostriedkov a počítačových sietí je potrebné spraviť autorizačné skúšky a revízie.

6. Aplikačné programové vybavenie predstavuje fázu programovania, v rámci ktorej na základe analytických podkladov vypracovaných vo fáze „Analýza úlohy riešenia“ je vytvorené aplikačné programové vybavenie na projektovaných technických prostriedkoch so špecifikovaným štandardným programovým vybavením. Nástroje a metodika pre tvorbu aplikačného programového vybavenia sú závislé od použitých technických prostriedkov a úrovne spracovania analytických podkladov. Čím je vyššia úroveň využitia CASE prostriedkov vo fáze analýzy, tým jednoduchšie môže programátor generovať číselníky, algoritmy, obrazovky a iné časti aplikačného programového vybavenia. Podrobnejší popis vytvárania aplikačného programového vybavenia je popísaný v 5. kapitole.

7. Oživenie systému a uvedenie do skúšobnej prevádzky predstavuje aplikačnú fázu realizácie systému v rámci ktorej po inštalácii technických prostriedkov, počítačových sietí, štandardného a aplikačného programového vybavenia prebieha „doladenie riadiaceho systému“ na konkrétne požiadavky investora tak, aby sa dosiahli projektované parametre riadiaceho systému, prípadne celého technologického celku. Počas oživovania a uvádzania systému do prevádzky sa zväčša robia merania. Ak pri tejto činnosti boli nutné merania, tak musí byť o týchto meraniach vypracovaný merací protokol. Taktiež pri oživovaní systému a uvádzaní do skúšobnej prevádzky je potrebné spraviť validáciu.

8. Vypracovanie technickej dokumentácie predstavuje veľmi dôležitú fázu riešenia úlohy, ktorá mnohými dodávateľmi riadiacich systémov je podceňovaná. V rámci tejto etapy je vypracovaná detailná dokumentácia skutočne vytvoreného diela na úrovni technických prostriedkov, systémovej správy ako aj obsluhy riadiaceho systému na všetkých úrovniach riadenia.

Dokumentácia na úrovni technických prostriedkov vychádza z projektu skutočne vytvoreného diela a poskytuje komplexný popis k údržbe, profylaktike a oprave technických prostriedkov v rámci počítačových sietí. Zvyčajne na úrovni IaRS dokumentácia obsahuje:

- výkresy,
- rozpis materiálov,
- funkčné schémy,
- blokové schémy,
- obvody schémy,
- obrazce plošných spojov,
- zoznamy vonkajších spojov,
- zoznam signálov na konektoroch,
- programovacie tabuľky,
- popis činností,
- oživovací predpis,
- rekapitulačný list,
- návod na použitie a sprievodnú správu.

Systémová dokumentácia predstavuje komplexnú programovú dokumentáciu na úrovni správcu systému zahŕňajúcu:

- návod na inštaláciu programového vybavenia na všetkých úrovniach,
- programovú správu systému (prideľovanie loginov, zálohovanie programových a dátových súborov a pod.),
- popis jednotlivých programových modulov na takej úrovni, aby pri rozšírení, resp. štruktúrnych zmenách bola možná modifikácia systému.

Užívateľská dokumentácia obsahuje komplexný návod obsluhy riadiaceho systému na všetkých úrovniach. V súlade s technicko-organizačnými smernicami a pracovnou náplňou pracovníkov. Dokumentácia je vypracovaná adresne pre každého pracovníka, ktorý bude realizovaný riadiaci systém využívať.

Technická dokumentácia je vypracovaná v písomnej forme a v elektronickej forme na úrovni pomocných nariadení.

9. Zaškolenie obsluhy zahŕňa komplexné školenie všetkých užívateľov systému v rozsahu ich kompetencií a to školenia na systémovej úrovni, ako aj školenia na technickú údržbu. Každé školenie musí byť dokladované prezenčnou listinou.

10. Skúšobná prevádzka predstavuje fázu odskúšania systému ako celku v prevádzkových podmienky pri zapojení obslužného personálu na všetkých úrovniach. Popri dodržaní projektovaných technologických parametrov systému, sa sleduje aj užívateľská prijateľnosť systému z hľadiska obsluhy, práce v reálnom čase, poruchovosti systému a pod. Pri väčšej decentralizácii systému sa kladie veľký dôraz v rámci skúšobnej prevádzky na praktické overenie väzieb medzi všetkými decentralizovanými časťami z hľadiska komunikácie na úrovni počítačových sietí, súčinnosti obsluhy z hľadiska vykonávania nevyhnutných operátorských činností ovplyvňujúcich činnosť iných decentralizovaných podsystémov.

11. Vyhodnotenia skúšobnej prevádzky a odstránenie skrytých väd nasleduje hneď po ukončení skúšobnej prevádzky, ktorá obyčajne trvá dva až tri mesiace. V rámci tejto etapy riešenia úlohy sa komplexne analyzuje a posudzuje priebeh skúšobnej prevádzky v rámci všetkých výrobných agregátov, funkčných miest a operátorských pracovísk na základe získaných výsledkov o technologických parametroch výroby, organizácie výroby, pružnosti personálu, dodržania normatív spotreby vstupných surovín, polotovarov a energií na výrobnú jednotku produkcie a podobne. Na základe získaných výsledkov o priebehu skúšobnej prevádzky sa vykonávajú úpravy technických častí zariadení. Napríklad úpravy programového vybavenia, prípadne zmeny na úrovni funkčných miest z hľadiska pracovnej náplne jednotlivých pracovníkov, vzhľadom na optimalizáciu ich činnosti v rámci decentralizovaného systému riadenia ako celku.

12. Uvedenie do trvalej prevádzky predstavuje fázu v rámci ktorej výroba prechádza do plnoautomatizovaného režimu, kde sa odstupuje od ručnej evidencie výroby a náhradných foriem riadenia. Pred uvedením do trvalej prevádzky je potrebné dielo odovzdať zákazníkovi. O tomto odovzdaní sa spíše „protokol o odovzdaní a prevzatí diela zákazníkom“.

13. Prevádzka a správa riadiaceho systému predstavuje etapu v rámci ktorej je riadiaci systém využívaný v procese riadenia. Počas prevádzky systému musí dodávateľ na určitú dobu ponúkať technickú podporu, záručný servis a konzultácie k danému systému.

4 Aplikácia konceptu CIM v rámci KKUI

Na KKUI FEI TU v Košiciach bol koncept CIM zavedený do výučby v roku 1994 a jeho výsledkom je pyramidálny model riadenia zložitého systému. Na Obr. 4.1 je znázornený pyramidálny model riadenia používaný na KKUI.

Aplikácie uvedeného modelu do pedagogiky a výskumu vychádza zo skutočnosti, že súčasný stav technických prostriedkov a úroveň poznania v oblasti komplexného riadenia vytvorili podmienky k tvorbe plne automatizovaných podnikov, v rámci ktorých všetky fázy riadenia od vytvorenia projektov a komplexného plánovania až po automatický systém výroby a predaja smeruje k plnej automatizácii, pričom sú vytvorené podmienky k tomu, aby zásah ľudského faktora do daného procesu sa minimalizoval.

DSR musí pracovať v reálnom čase, aby sa zabezpečil správny výsledok včas na mieste kde je požadovaný. Na technologickej úrovni môže byť reálny čas rádovo ns - ms, na úrovni supervízneho riadenia ms - s a na informačnej úrovni to môžu byť aj hodiny, dni, mesiace a roky, podľa potreby pre rozhodnutia.

Všetky vyššie uvedené úrovne predstavujú výpočtové systémy rôznej náročnosti, ktoré sú medzi sebou prepojené s využitím štandardných, alebo špeciálne navrhnutých sietí. Jednotlivé siete zabezpečujú komunikáciu medzi počítačmi v horizontálnom aj vertikálnom smere. Siete môžeme rozdeliť do niekoľkých skupín.

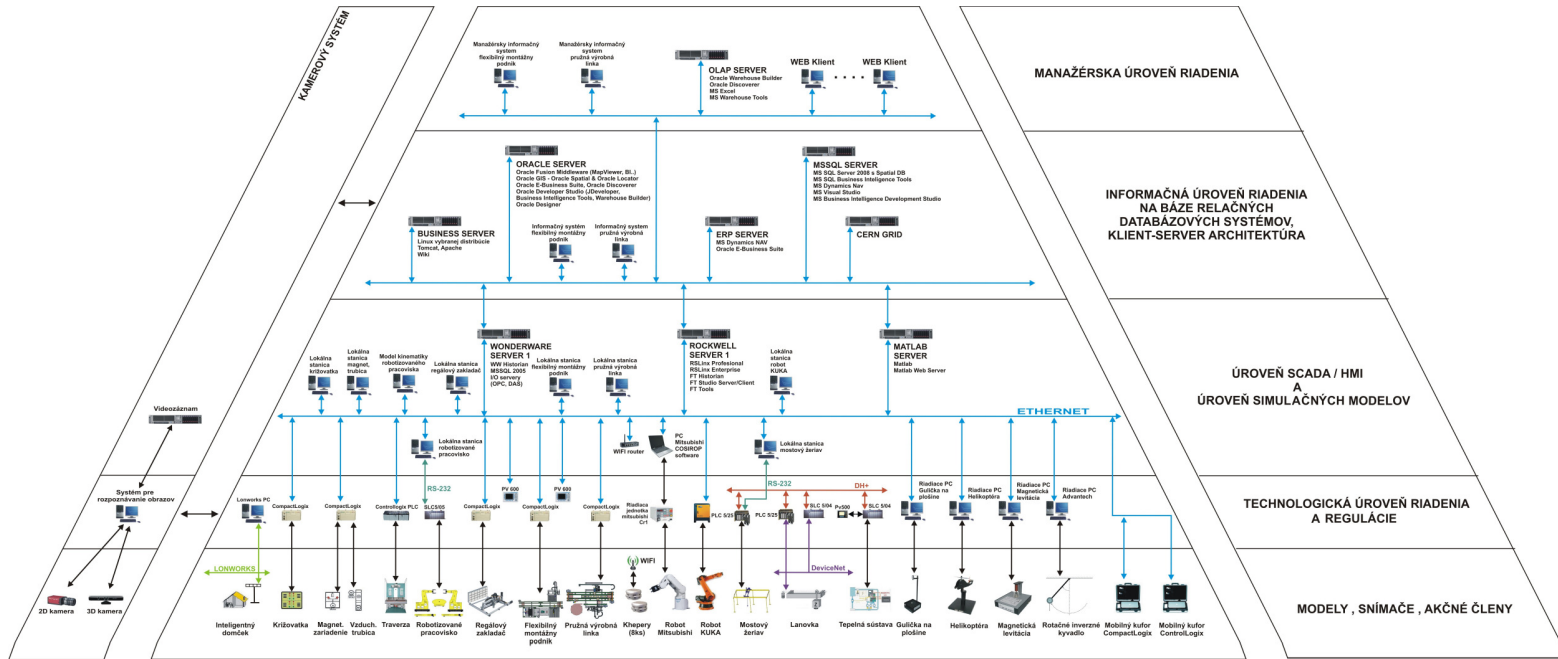
Každá skupina je charakterizovaná:

- stupňom odolnosti voči rušeniu vplyvom elektromagnetického poľa,
- maximálnou vzdialenosťou medzi počítačmi (uzlami v sieti), v rámci ktorej je zaručený spoľahlivý prenos,
- maximálna prenosová rýchlosť,
- maximálny počet počítačov (uzlov) pripojiteľných na danú sieť v horizontálnom aj vo vertikálnom smere,
- cena jednotlivých rozhraní a prenosových médií.

Riadiaca pyramída znázornená na Obr. 4.1. predstavuje infraštruktúru DSR KKUI FEI TU v Košiciach ako modelu komplexného informačného a riadiaceho systému, ktorý je vybudovaný nad súborom reálnych fyzikálnych modelov, umožňujúcich modelovanie a experimentálne overenie širokej škály praktických úloh v podmienkach približujúcich sa podmienkam praxe v súlade s medzinárodnými štandardami a odporúčaniami. Uvedená infraštruktúra bola budovaná postupne pracovníkmi katedry v rámci riešenia výskumných úloh katedry s podporou významných svetových firiem (Rockwell Automation, Oracle, Wonderware a ďalších) ako aj národných a medzinárodných projektov, napr. projektu podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Modelové pracovisko je postavené na báze fyzických modelov výrobných liniek, laboratórnych výukových modelov dynamických systémov zaradených do štruktúry DSR KKUI, ktoré boli vytvorené v rámci laboratórií katedry. V súčasnosti je existujúca množina modelov fyzikálnych systémov rozširovaná o nové modely (zložitejšie modely priemyselných výrobných liniek, model rotačného inverzného kyvadla). Súbor týchto reálnych modelov fyzikálnych systémov predstavuje riadený technologický proces a vytvára *nultú úroveň pyramídy*.

Celý systém riadenia je integrovaný do 5-úrovňovej pyramidovej architektúry DSR, ktorá umožňuje riešenie úloh v oblasti komplexného riadenia s dôrazom na väzby medzi jednotlivými úrovňami. Štruktúra distribuovaného systému na KKUI je znázornená na Obr. 4.1.



Obr. 4.1 Pyramídálny model KKUI FEI TU

Prvá úroveň predstavuje súbor prostriedkov riadenia a regulácie na báze PLC a technologických počítačov. Prostriedky tejto úrovne zabezpečujú riadenie a reguláciu modelov, pričom snímače a akčné členy modelov sú pripojené buď štandardne cez technologické rozhrania (analogových vstupov a výstupov, digitálnych vstupov a výstupov, alebo frekvenčných vstupov a výstupov), alebo s využitím technologických sietí (AS-i, DeviceNet, alebo Profibus).

Druhá úroveň zahŕňa systémy SCADA/HMI a taktiež súbor modelov, ktoré boli vytvorené pre podporu riadenia na prvej úrovni. SCADA a HMI, zabezpečujú zber a archiváciu údajov z výrobného procesu a supervízne riadenie. Väzba na prvú úroveň riadenia je realizovaná obvyčajne rozhraním Ethernet TCP/IP, prípadne inou technologickou sieťou (Profibus, ControlNet a pod.) Väzba na PLC je riešená s využitím OPC servera. Väzba na vyššie informačné úrovne riadenia je realizovaná rozhraním Ethernet TCP/IP s využitím ODBC komunikácie.

Úroveň simulačných modelov je realizovaná buď modelmi vytvorenými v programovom prostredí simulačného jazyka Matlab/Simulink so súborom aplikačných Toolboxov a podporných komunikačných prostriedkov zabezpečujúcich rozhranie medzi prostriedkami SCADA, PLC a RDBS. Popríklad sú modely vytvárané priamo v prostredí Visual C++, kde sú využívané knižnice pre samotnú funkcionálnosť modelov ako aj komunikáciu s inými subsystémami.

Tretia úroveň predstavuje úroveň MES. Je určená pre riešenie a realizáciu úloh zabezpečenia výroby, ktoré zahŕňajú funkcie riadenia a evidenciu výroby, riadenie skladov, operatívne plánovanie, resp. rozvrhovanie výroby, riadenie kvality a riadenie opráv. Je realizovaná na báze relačných databázových systémov s pripojenými klientskymi stanicami, ktoré sú realizované na báze WEB technológií.

Štvrtá úroveň zabezpečuje funkcie ERP/MRP. Keďže je realizovaná podobnou technológiou ako tretia úroveň, v rámci blokovej schémy infraštruktúry, obe tieto úrovne sú označené ako Informačná úroveň riadenia na báze relačných databázových systémov. Štandardne je využívaný RDBS Oracle.

Najvyššia úroveň v rámci hierarchickej štruktúry je Manažérska úroveň riadenia realizovaná na báze multidimenzionálnych databáz s využitím OLAP technológie. Paralelne s hlavnou pyramídou riadenia sú v štruktúre DSR systémy sledovania kvality na báze kamerových systémov, ktoré poskytujú podpornú činnosť na nižších úrovniach riadenia.

Z hľadiska funkčnosti a využitia sa dajú reálne modely fyzikálnych systémov rozdeliť do dvoch skupín.

Prvú skupinu tvoria priemyselné výrobné linky, ktoré zahŕňajú pneumatické a elektrické pohony, trojosé manipulátory, roboty, inteligentné snímače a akčné členy, kamerové systémy pre automatické sledovanie kvality produkcie, riadiace systémy na báze PLC, SCADA systémy a servery s inštalovanými databázovými systémami. Priemyselné výrobné linky na KKUI sú zostrojené tak, aby umožňovali vytvárať modelové situácie vo výrobe s overením riadenia na jednotlivých úrovniach a hlavne medziúrovňové komunikácie pre prácu v reálnom čase.

Druhú skupinu tvoria laboratórne výukové modely dynamických systémov (ako napríklad Gul'ôčka na ploche CE151, Helikoptéra CE150 a Magnetická levitácia CE152 od firmy Humusoft, laboratórny model Hydraulického systému, model rotačného inverzného kyvadla – FPM-210/211), ktoré umožňujú riešiť úlohy:

- realizácia laboratórnych výukových modelov pomocou metód analytickej a experimentálnej identifikácie s cieľom analyzovať dynamiku uvedených modelov nelineárnych mnoho-parametrových systémov pomocou ich naprogramovaných simulačných modelov v prostredí Matlab/Simulink,

- algoritmického vývoja programových modulov v simulačnom jazyku Matlab/Simulink na základe klasických a moderných metód teórie riadenia s cieľovým využitím na riešenie definovaných úloh riadenia simulačných a reálnych laboratórnych modelov v zvolených riadiacich štruktúrach,
- programového návrhu internetových aplikácií pre prezentáciu výsledkov definovaných úloh modelovania a riadenia simulačných a reálnych laboratórnych modelov a ich implementáciu do virtuálneho laboratória CyberEduCentre.

4.1 Prehľad komunikačných protokolov a sietí

Sieť je veľmi dôležitá na prepojenie jednotlivých prvkov riadenia vo vertikálnom i horizontálnom smere spomínanej pyramídy DSR, preto ešte pred rozobratím jednotlivých úrovní je prezentovaný prehľad niektorých komunikačných sietí. Kódovanie informácií v sieti môže byť rôzne, preto sa špecifikovali štandardy komunikačných protokolov, tým sa zvýšila aj kompatibilita medzi riadiacimi prvkami od rôznych firiem. Popis základných štandardov komunikačných protokolov je taktiež popísaný v tejto podkapitole.

Siete sa dajú kategorizovať podľa rôznych vlastností, ktorými sú napr. rozloha (LAN, MAN, WAN), topológia (zbernicová – bus, kruhová – ring, hviezda – star, stromová – tree), smer toku dát (simplex, half duplex, full duplex), prenosovej rýchlosti, prístup k médiu, atď. Rozlohovo veľké siete (MAN, WAN) sú už vo veľmi veľkej miere nahradené iba jednou sieťou ktorou je Ethernet. Niektoré siete ktoré sú uvedené v tejto podkapitole môžu mať akúkoľvek topológiu, preto nie je vhodné tieto siete rozdeliť podľa tejto vlastnosti. Spomínané siete prechádzali vývojom a smer toku dát sa pri niektorých menil, takže aj táto vlastnosť nie je vhodná na kategorizáciu. Maximálna prenosová rýchlosť je závislá na fyzikálnych vlastnostiach použitých médií a využitých protokoloch na vyšších vrstvách ISO/OSI modelu, takže táto hodnota je pri každej sieti rôzna, ale pri popise základných parametroch sietí je všade uvedená. Prístup k médiu je asi najlepší spôsob kategorizácie sietí, pretože táto vlastnosť sa vývojom sietí nemenila. Podľa prístupu k médiu vieme siete rozdeliť na:

- metódy s deterministickým prístupom:
 - centralizované (RS-485, USB, AS-i, atď.),
 - decentralizované (DeviceNet, Profibus, atď.),
- metódy s náhodným prístupom (Ethernet).

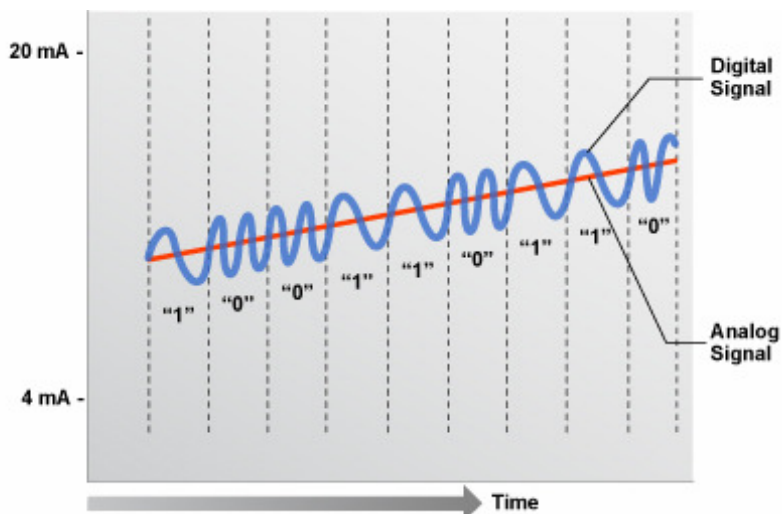
4.1.1 Protokol HART

V polovici 80. rokov 20. storočia bol tento protokol vyvinutý vo firme Rosemount Inc. ako proprietárny protokol inteligentných prevádzkových prístrojov. Vychádzal z protokolu Bell 202. Od roku 1986 je to otvorený protokol a odvtedy bol viackrát revidovaný, posledná revízia je 7.0. Od roku 2007 je štandardizovaný bezdrôtový HART (WirelessHART™). Protokol HART spĺňa medzinárodné normy IEC 61804 (International Electro-technical Commission), IEC 61158, IEC 61784.

Protokol bol vytvorený na dvojsmernú komunikáciu v nebezpečných prostrediach pomocou prúdovej slučky 4 – 20 mA pričom je systém kompatibilný s analógovými zariadeniami. Takže po komunikačnom kanály môžu zariadenia (snímače, akčné členy, riadiace jednotky) prijímať a odosielať naraz analógový aj digitálny signál. Na ovládanie zariadení po zbernici môžeme použiť 2 zariadenia a to konkrétne dve *ovládacie konzoly*, čo je najčastejšie počítač alebo terminál. Základné parametre protokolu HART sú v Tab. 4.1 a na Obr. 4.2 je zakreslený analógový signál v ktorom je zakódovaný digitálny signál.

Tab. 4.1 Základné parametre protokolu HART

Parameter	Hodnota
Maximálny počet uzlov	1000 uzlov
Maximálna vzdialenosť medzi uzlami	3 km
Maximálna prenosová rýchlosť	1200 b/s
Typ prenosového média	krútená dvojlinka



Obr. 4.2 Analógový signál v ktorom je zakódovaný digitálny signál

4.1.2 RS-232

RS-232 je rozhranie slúžiace na komunikáciu medzi počítačmi a medzi počítačmi a perifériami. Využitie RS-232 v osobných počítačoch na pripojenie periférnych zariadení je v súčasnosti minimálne, nakoľko štandard bol nahradený USB (Universal Serial Bus), avšak v priemyselných aplikáciách sa RS-232 a jeho modifikácie stále využívajú.

Jedná sa o sériovú komunikáciu, kedy sú dáta prenášané po jednotlivých bitoch po dvoch vodičoch (teda jeden v každom smere), pričom sa postupuje od najmenej dôležitého bitu po najdôležitejší. Logický stav 0 je reprezentovaný napätím od +3V do +25V (od +5 V do +15 V pri vysielači). Logický stav 1 je reprezentovaný napätím od -3V do -25V (od -5 V do -15V pri vysielači). Riadiace signály majú opačnú logiku (záporná hodnota napätia reprezentuje logický stav 0 – „off“ a kladná hodnota napätia logický stav 1 – „on“).

Klasické prenosové médium rozhrania RS-232, ktorým je 9 žilový medený kábel, s konektormi môžete vidieť na Obr. 4.3. Základné parametre rozhrania RS-232 sú v Tab. 4.2.

Tab. 4.2 Základné parametre rozhrania RS-232

Parameter	Hodnota
Maximálny počet uzlov	1 uzol (bez rozbočovača)
Maximálna vzdialenosť medzi uzlami	20 m
Maximálna prenosová rýchlosť	115,2 kb/s
Typ prenosového média	9 žilový medený kábel



Obr. 4.3 Kábel sériovej linky RS-232

4.1.3 RS-422

RS-422 (EIA-422) je štandard sériovej komunikácie určujúci elektrické vlastnosti digitálnych obvodov pre jeden symetrický signál. Rozmiestnenie pinov a protokoly sú definované v iných špecifikáciách. Mechanické pripojenia k tomuto rozhraniu sú špecifikované v EIA-530 (konektor DB-25) a EIA-449 (konektor DC-37), ale existujú aj zariadenia ktoré majú 4 pinovú skrutkovaciu svorkovnicu (napojenie vysielacích a prijímacích vodičov).

Štandard RS-422 k prenosu dát využíva rozdiel potenciálov medzi vodičmi. Štandard zaisťuje prenos dát pomocou jednosmerného diferenciálneho prenosu s terminovaným (uzemneným) alebo neterminovanými dvojbodovým spojom. RS-422 neumožňuje pripojenie viacero vysieláčov zároveň, iba zapojenie viacero prijímačov. EIA-422 používa napäťové úrovne od $-6V$ do $+6V$. Najčastejšie využívaným prenosovým médium RS-422 je krútená dvojlinka. Akákoľvek hotová inštalácia káblov a konektorov by mala byť označená špecifikáciou, definujúcu významy signálov a mechanickú dispozíciu konektorov (napr.: EIA-530, alebo EIA-449). Základne parametre štandardu RS-422 sú v Tab. 4.3.

Systémy môžu byť pripojené buď priamo cez RS-422, alebo pomocou prevodníka RS-422 pripojenému k zariadeniu s RS-232 rozhraním. RS-422 sa často používa pre predĺženie dosahu linky RS-232 (Obr. 4.4). Na platforme Macintosh sa vo veľkej miere používala RS-422 kompatibilná s RS-232, využívajúca konektor mini-DIN-8, dokiaľ ju v roku 1998 nenahradilo rozhranie USB.

Tab. 4.3 Základné parametre štandardu RS-422

Parameter	Hodnota
Maximálny počet uzlov	1 vysielateľ 10 prijímačov
Maximálna vzdialenosť medzi uzlami	1500 m
Maximálna prenosová rýchlosť	10 Mb/s (do 12 m) 100 kb/s (1500 m)
Typ prenosového média	Najčastejšie krútená dvojlinka



Obr. 4.4 Obojsmerný konvertor RS-232 / RS-422 určený na predĺženie dosahu RS-232

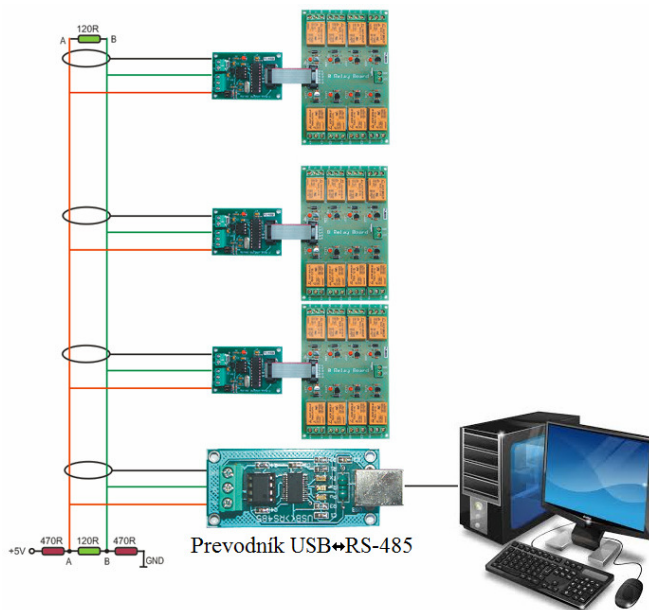
4.1.4 RS-485

RS-485 (EIA-485) je štandard sériovej komunikácie definovaný v roku 1983 združením EIA. Používa sa predovšetkým v priemyselnom prostredí. Štandard RS-485 je navrhnutý tak, aby umožňoval vytvorenie dvojvodičového poloduplexného viacbodového sériového spojenia. Výhodou RS-485 je aj to, že je možné ho vytvoriť zo štandardu RS-232 pomocou jednoduchých úrovňových prevodníkov.

Logické stavy sú reprezentované rozdielnym napätím medzi oboma vodičmi. Je to rozdiel oproti RS-232, kde sa úrovne stavov vzťahujú ku GND. Detekcia logického stavu založená na rozdielovom napätí medzi oboma vodičmi je výhodná najmä pre elimináciu indukovaného rušivého signálu, ktorý sa väčšinou pričíta rovnako k obom vodičom. Prijímač rozlišuje log. 1 pri rozdielovom napätí $A - B < -200 \text{ mV}$ (A, B – napätia na jednotlivých vodičoch). Log. 0 je pri rozdielovom napätí $A - B > +200 \text{ mV}$. Vysielač by mal na výstupe pri log. 1 generovať na vodiči A napätie -2 V , na vodiči B napätie $+2 \text{ V}$, pri log. 0 by mal na vodiči A generovať $+2 \text{ V}$, na vodiči B -2 V . Aj keď sa pracuje s rozdielovým napätím, pri spojení na dlhšiu vzdialenosť sa musí okrem signálových vodičov (RxTx+ a RxTx-) pripojiť aj GND komunikujúcich zariadení, pretože pri väčších vzdialenostiach môžu existovať značné rozdiely v potenciály GND. Preto je často dvojvodičová RS-485 v skutočnosti skôr trojvodičová. Existuje aj štvorvodičová verzia RS-485, ktorá je duplexná (obojsmerná), ak je pri tejto verzii nutná GND tak je päťvodičová. Základné parametre rozhrania RS-485 sú v Tab. 4.4 a príklad siete RS-485 je na Obr. 4.5

Tab. 4.4 Základné parametre rozhrania RS-485

Parameter	Hodnota
Maximálny počet uzlov	32 uzlov
Maximálna vzdialenosť medzi uzlami	1200 m
Maximálna prenosová rýchlosť	10 Mb/s (do 10 m)
Typ prenosového média	2 až 5 vodičové vedenie



Obr. 4.5 Sieť RS-485

4.1.5 I²C

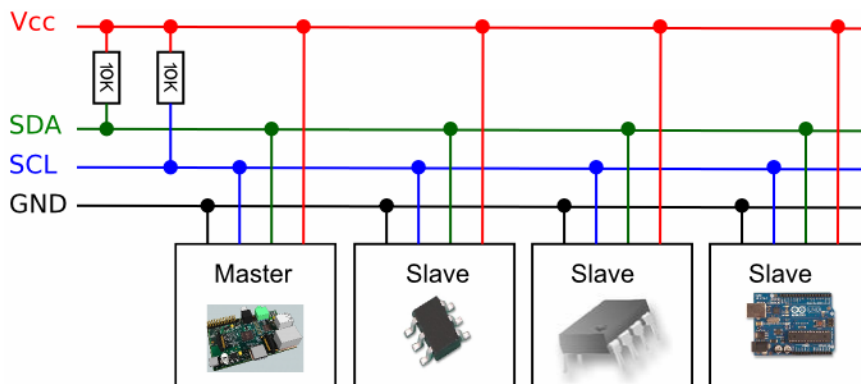
I²C (Inter-Integrated Circuit) je master-slave komunikačná sériová zbernica vyvinutá firmou Philips, ktorá je používaná k pripájaniu nízko-rýchlostných periférií k nadradenému systému. Zariadenia pripojené na zbernici sú rozdelené na riadiace (master – zahajuje a ukončuje komunikáciu) a riadené (slave – zariadenie adresované mastrom) zariadenie. Zbernica I²C sa vo veľkej miere používa v rôznych zariadeniach vrátane IBM PC (International Business Machines Corporation Personal Computer) kompatibilných počítačoch (správa PCI (Peripheral Component Interconnect), čítanie konfigurácií RAM (Random Access Memory), čítanie hodín reálneho času, atď.).

Rozhranie v základnej konfigurácii umožňuje prepojenie najviac 128 rôznych zariadení (7 bitová adresa), pri poslednej revízií sa adresa rozšírila až na 10 bitov (1008 zariadení). Komunikácia prebieha pomocou iba dvoch dátových vodičov. Jeden tvorí hodinový signál SCL (Synchronous Clock) a druhý dátový kanál SDA (Synchronous Data). Maximálna dĺžka vodičov je daná ich najvyššou prípustnou kapacitou 400 pF.

Na Obr. 4.6 je znázornený príklad pripojenia zariadenia typu slave (A/D - Analog/Digital prevodník, D/A – Digital/Analog prevodník, jednočipový mikropočítač) k zariadeniu typu master (mikropočítač).

Tab. 4.5 Základné parametre rozhrania I²C

Parameter	Hodnota
Maximálny počet uzlov	1008 uzlov
Maximálna vzdialenosť medzi uzlami	7 m
Maximálna prenosová rýchlosť	3,4 Mb/s
Typ prenosového média	2 obojsmerné vodiče



Obr. 4.6 Príklad zapojenia siete I²C

4.1.6 USB

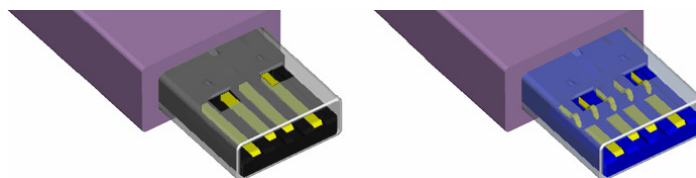
USB vzniklo za spolupráce firiem Hewlett-Packard, Intel, Lucent, NEC, Microsoft a Philips. Jeho dizajn je štandardizovaný spoločnosťou USB Implementers Forum, ktorej členmi sú práve všetky menované spoločnosti. USB vzniklo ako alternatíva pomalých sériových a paralelných portov a prinieslo vyššiu prenosovú rýchlosť a kompatibilitu. Hlavným zámerom vyvinutia USB bolo práve zbaviť sa všetkých predtým používaných sériových a paralelných portov, pretože neboli dostatočne štandardizované a vyžadovali množstvo ovládačov.

Verzia 0.7 vyšla v novembri 1994. V januári 1996 vyšla USB verzia 1.0 s maximálnou prenosovou rýchlosťou 12 Mb/s. Revízia 1.1 vydaná v septembri 1998 napravila niektoré problémy verzie 1.0 spojené hlavne s konektormi. Dlhoo očakávaný nástupca USB 2.0 s novými výhodami prišiel v apríli 2000. USB Implementers Forum ho štandardizovalo na konci roku 2001. Oproti staršej verzii má badateľné zrýchlenie, pričom kompatibilita s USB 1.0 zostala zachovaná. To umožnilo USB preniknúť aj do oblastí, ktoré boli dovtedy z dôvodu nedostatočnej prenosovej rýchlosti pre neho uzavreté. Najvyššia rýchlosť je 480 Mb/s. Novšia verzia USB 3.0 bola predstavená v novembri 2008 a dosahuje prenosovú rýchlosť 5Gb/s. V júli 2013 predstavil USB Implementers Forum USB 3.1, ktorý by sa mal dostať na trh v roku 2014.

Verzia USB 1.1 a USB 2.0 využíva na prenos dát 4-vodičový kábel. Dva vodiče sú napájacie (5V a GND) a dokážu napájať zariadenia s odberom prúdu 0,5A (2,5W), ak sú tieto vodiče napájané priamo zo zdroja počítača, tak tento prúd môže byť aj vyšší. Ďalšie 2 vodiče slúžia na prenos dát a príkazov (D+ a D-). Vysoké napätie na D+ a nízke napätie na D- reprezentuje logický stav 1, vysoké napätie na D- a nízke napätie na D+ reprezentuje logický stav 0. Keďže signál je kódovaný iba dvoma vodičmi v jednom smere (half-duplex), tak pri USB 3.0 sa rozšíril počet týchto vodičov na 4 (TX+,TX-, RX+, RX-) a pripojil sa k nim aj GND pre dáta (full-duplex). Pri USB 2.0 malo napájanie externých zariadení veľký význam, takže USB 3.0 si túto výhodu ponechalo. Aby bola zachovaná spätná kompatibilita, tak vodiče D+, D-, 5V a GND ponechali aj v tejto verzii, ako vyriešilo USB Implementers Forum kompatibilitu konektorov, ktoré je možné vidieť na Obr. 4.7. Pri ponechaní napájacích vodičov zvýšil aj odber prúdu na 0,9 A (4,5W). USB 3.1 bude mať odber prúdu zvýšený na 2A (10W) a možnosť napájania zariadení na 12V a 20V pri odbere prúdu 5A (60W a 100W). Základné parametre rozhrania USB sú v Tab. 4.6.

Tab. 4.6 Základné parametre rozhrania USB

Parameter	Hodnota
Maximálny počet uzlov	127 uzlov
Maximálna vzdialenosť medzi uzlami	5m (USB 2.0) 3m (USB 3.0)
Maximálna prenosová rýchlosť	10 Gb/s (USB 3.1)
Typ prenosového média	4-vodičový kábel (USB 2.0, USB 1.1) 9-vodičový kábel (USB 3.0)



Obr. 4.7 USB 2.0 konektor vľavo a USB 3.0 konektor vpravo

4.1.7 Bluetooth

Bluetooth je bezdrôtová komunikačná technológia pracujúca v pásme 2,4 GHz. Technológia Bluetooth je definovaná štandardom IEEE 802.15.1. Pomocou Bluetooth sa prepájajú elektronické zariadenia, ako napr. mobilný telefón, PDA, počítač, bezdrôtové slúchadlá, klávesnice, myši, atď. Vytvorený bol v roku 1994 firmou Ericsson a vytvorený bol ako bezdrôtová náhrada za sériové rozhranie RS-232.

Bluetooth využíva technológiu FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum), pri ktorej sa v krátkych časových úsekoch mení frekvencia nosného úzko-pásmového signálu pomocou pseudonáhodnej bitovej sekvencie. Prenášané dáta sú delené do paketov a tie sú prenášané na 79 kanáloch. Šírka jedného kanála je 1Mhz, pričom prvý začína na 2402Mhz a po 1Mhz krokoch pokračuje až do 2481Mhz. Takto fungujúce zariadenia s GFSK (Gaussov frekvenčný posun) disponujú rýchlosťou prenosu dát do 1Mb/s. Od verzie Bluetooth 2.0+ EDR (Enhanced Data Rate) sa používajú schémy $\pi/4$ -DPSK (Differential Phase-Shift Keying – diferenčný fázový posun) a 8-DPSK, pričom každá podporuje prenos rýchlosťou 2Mb/s až 3Mb/s. Zariadenia sa delia podľa výkonu do troch tried: Class 1 (100mW – 100m), Class 2 (2,5mW – 10m), Class 3 (1mW – 1m). Základné parametre rozhrania Bluetooth sú v Tab. 4.7. Okrem spomínaných zariadení môžu komunikovať pomocou Bluetooth aj vlastné zariadenia, ktoré sú vybavené Bluetooth modulom, jedným z príkladov Bluetooth modulu je HC-05, ktorý je na Obr. 4.8. Takýto modul je použitý aj na vyvíjanom modeli KKUI robotického futbalistu MiroSot.

Tab. 4.7 Základné parametre rozhrania Bluetooth

Parameter	Hodnota
Maximálny počet uzlov	1 master 7 slave zariadení
Maximálna vzdialenosť medzi uzlami	100m (Class 1 – vzdialenosť od master-a)
Maximálna prenosová rýchlosť	150 Mb/s (Bluetooth 4.0)
Typ prenosového média	vzduch (rádiové vlny 2,4GHz - 2,5GHz)



Obr. 4.8 Bluetooth modul HC-05, špecifikácia Bluetooth 2.0

4.1.8 M-BUS

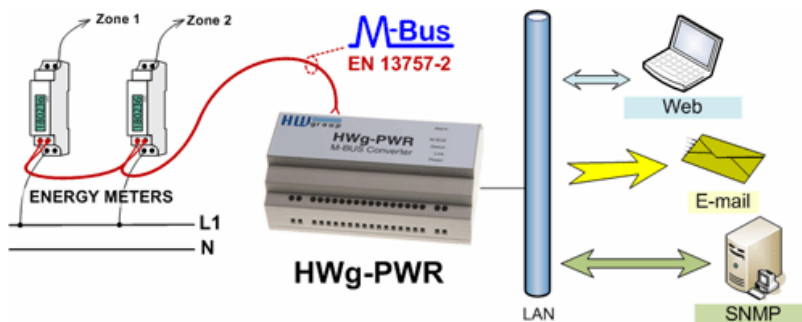
Tento priemyselný komunikačný protokol sa využíva najmä v energetike. Predovšetkým pre diaľkový odpočet hodnôt z meračov spotreby, kde príliš nezáleží na rýchlosti komunikácie ako skôr záleží na odolnosti proti rušeniu.

Komunikácia prebieha spôsobom Master – Slave. Po zbernici prebieha asynchrónna sériová 8 bitová komunikácia, kde si jednotlivé strany posielajú ucelené rámce. Táto sieť komunikuje na napätvej a aj prúdovej úrovni, pričom na napätvej úrovni komunikuje jedným smerom (napr. k riadiacemu členu) a na prúdovej úrovni druhým smerom (napr. od riadiaceho členu). Na napätvej úrovni využíva napätia 24V – 36V a na prúdovej 1,5mA – 20mA.

M-BUS je štandardizovaný komunikačný protokol podľa noriem STN EN 13757-2 (Slovenská Technická Norma Európska Norma) a STN EN 13757-3. V Tab. 4.8 sú základné parametre siete a na Obr. 4.9 je znázornená možnosť zapojenia M-BUS merača spotreby energie (HWq-PWR) do siete LAN.

Tab. 4.8 Základné parametre siete M-BUS

Parameter	Hodnota
Maximálny počet uzlov	250 uzlov
Maximálna vzdialenosť medzi uzlami	1000 m (300 b/s) 350 m (9600 b/s)
Maximálna prenosová rýchlosť	9600 b/s
Typ prenosového média	2 žily (telefónny kábel)



Obr. 4.9 Sieť M-BUS

4.1.9 Sieť AS-i

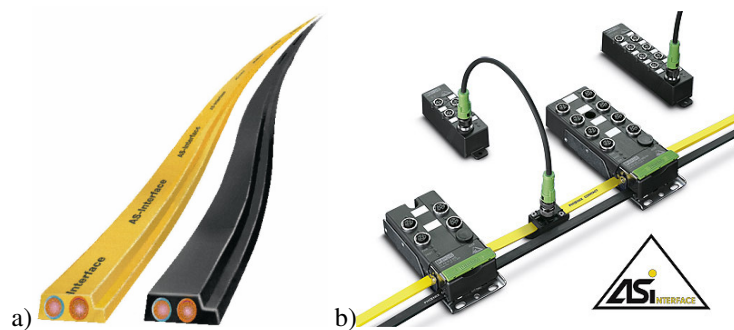
Táto sieť je primárne určená na prepájanie snímačov a akčných členov. Sieť AS-i vznikla v 90. rokoch minulého storočia na podnet firmy SIEMENS ako základná úroveň pre vyššie riadiace systémy, kompatibilné so systémom Profibus.

Na sieti je možný spoločný prenos dát s napájaním po jednej linke pri nízkom odbere (väčšinou sa to týka iba snímačov). Topológia siete môže byť ľubovoľná bez koncových terminátorov z vetvovej dvojlinky. Inštalácia je veľmi jednoduchá a to pomocou ASI plochého kábla s napájaním 24V. AS-i eliminuje problémy predchádzajúcich kabeláží, kde bol každý snímač a akčný člen pripojený k riadeniu samostatne. Komponenty sú priamo pripojené normovaným, netieneným 2-žilovým káblom AS-i. Výsledkom je vetvené pripojenie snímačov a akčných členov jedným centrálnym káblom.

AS-i moduly môžu byť spojené so všetkými bežnými snímačmi, ako napr.: indukčnými snímačmi, snímačmi pre pneumatikové valce, magnetickými snímačmi, optoelektronickými snímačmi. Moduly môžu byť napojené so všetkými akčnými členmi, ktoré potrebujú napájanie 24V, ich odber prúdu môže byť akýkoľvek, keďže na AS-i moduly je možné napájať externý zdroj elektrického prúdu (čierny AS-i kábel). V Tab. 4.9 sú základné parametre siete. Na Obr. 4.10 a) je prierez AS-i káblami a b) spôsob ich zapojenia k vstupno/výstupným modulom.

Tab. 4.9 Základné parametre siete AS-i

Parameter	Hodnota
Maximálny počet uzlov	62 staníc, alebo 124 AČ a 124 snímačov (AS-i 2.1)
Maximálna vzdialenosť medzi uzlami	100m, 300m s opakovačom
Maximálna prenosová rýchlosť	166 kb/s, odozva 5 ms
Typ prenosového média	2 žilový AS-i kábel
Cena	Nízka



Obr. 4.10 a) AS-i kábel a b) napojenie do modulov

4.1.10 Profibus

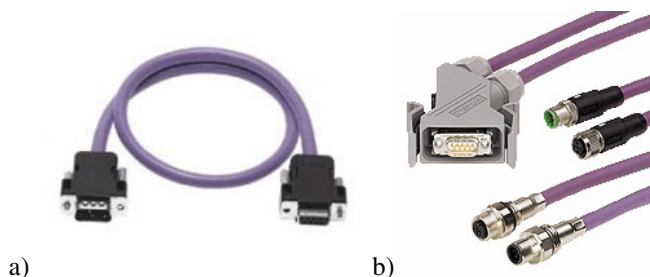
Profibus je komunikačný systém pre automatizačné technológie. Je lídrom svetového trhu prevádzkových digitálnych zberníc takzvaných FieldBus. Od roku 1989 sa rozšíril po všetkých kontinentoch a vo všetkých oblastiach priemyslu. Priemyselná sieť bola vyvinutá Federálnym ministerstvom pre vzdelanie a výskum v Nemecku (BMBF - Bundesministerium für Bildung und Forschung) a do praxe túto sieť zaviedla spoločnosť Siemens.

Toto rozhranie je univerzálny, multifunkčný systém, založený na dvojvodičovej zbernici alebo optickom vlákne, ktorý sa vie prispôbiť požiadavkám aplikácie. Profibus je normou definovaný otvorený štandard, použiteľný v rôznych aplikáciách, ako je priemyselná výroba, riadenie výrobných procesov, riadenie technológií, riadenie dopravy, zabezpečenie prevádzky budov a podobne.

Najčastejšie používaný variant fyzickej vrstvy siete Profibus je rozhranie RS – 485. Pre RS – 485 sa používa tieněný kábel s jednou medenou krútenou dvojlinkou. V inštaláciách, kde je možné vylúčiť elektromagnetické rušenie, je možné použiť netieněný kábel. Základné parametre siete sú v Tab. 4.10 a na Obr. 4.11 sú Profibus káble.

Tab. 4.10 Základné parametre siete Profibus

Parameter	Hodnota
Maximálny počet uzlov	32 staníc
Maximálna vzdialenosť medzi uzlami	100 m (12Mb/s), 1200 m (9,6 kb/s)
Maximálna prenosová rýchlosť	12 Mb/s
Typ prenosového média	RS – 485



Obr. 4.11 Profibus káble (RS485), a) kábel na prepojenie master - slave, b) káble na priame prepojenie s akčnými členmi a snímačmi

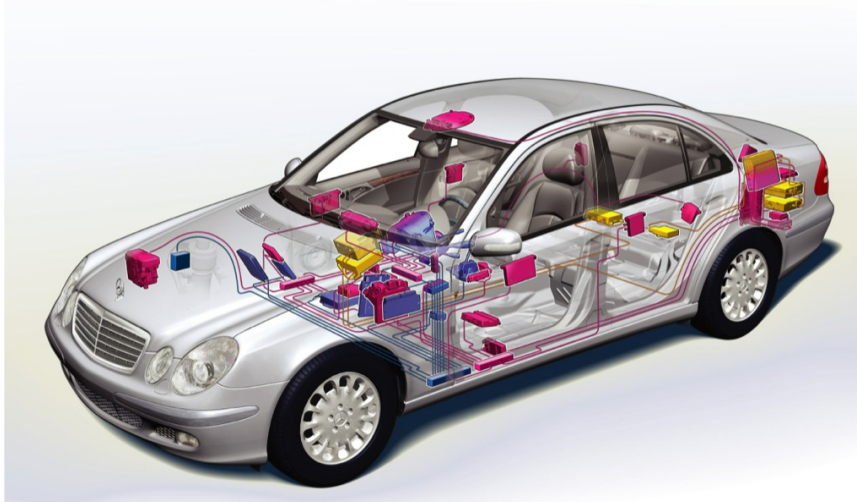
4.1.11 CAN

Sieť CAN (Controller Area Network) sa najčastejšie využíva ako komunikačná sieť medzi snímačmi a akčnými členmi v automobiloch. Takže pomocou tejto siete sa vo veľkej miere robí aj automobilová diagnostika. Túto sieť vyvinula firma Bosh a neskôr sa začala používať aj v priemyselnej automatizácii. Elektrické parametre fyzikálneho prenosu sú špecifikované normou ISO 11898.

CANopen je vyšší komunikačný protokol založený na sieti CAN. CANopen pridáva k protokolu CAN ďalšie pravidlá komunikácie (tzv. aplikačnú vrstvu, komunikačné profily a profily zariadení), ktoré dovoľujú implementovať komplexnú dátovú sieť s celou radou nových funkcií od rôzne rýchlych a rôzne zabezpečených prenosov dát, cez štandardizáciu pripojených zariadení, až po tzv. plug and work funkcie, ktoré dodávajú sieti vysokú flexibilitu. V Tab. 4.11 sú základné parametre siete a využitie komunikačnej siete CAN v automobile je možné vidieť na Obr. 4.12.

Tab. 4.11 Základné parametre siete CAN

Parameter	Hodnota
Maximálny počet uzlov	2 ¹¹ uzlov, 2 ²⁹ uzlov (CAN 2.0)
Maximálna vzdialenosť medzi uzlami	500 m (max 125 kb/s)
Maximálna prenosová rýchlosť	1 Mb/s (max 40 m)
Typ prenosového média	dvojitá tienená točená dvojlinka (RS-485)



Obr. 4.12 Snímače, akčné členy a riadiace jednotka v sieti CAN

4.1.12 DeviceNet

DeviceNet bol vyvinutý spoločnosťou Allen-Bradley (dnes Rockwell Automation). Táto sieť je vrcholom CAN technológie, vyvinutej spoločnosťou Bosch. Spoločnosť prispôbila svoj ControlNet, tak aby mohol využívať CAN s tradičným rozhraním RS-485. Sieť DeviceNet využíva štandard siete CAN.

V sieti sa používajú ploché káble s rýchlo spojovacími konektormi. Technológia podporuje komunikáciu maser – slave a peer – to – peer, ale väčšina zariadení pracuje master – slave. DeviceNet podporuje viac master zariadení na jednej logickej sieti. Sieťový kábel môže dodávať elektrický prúd pre zariadenia s menším odberom (napr.: koncové snímače). Zariadenia napojené na sieť môžu byť súčasne konfigurované a aj riadiť výrobný systém. Základné parametre siete sú v Tab. 4.12. Na Obr. 4.13 je prierez prenosovým médium RS-485 a vzhľad konektorov v sieti DeviceNet.

Tab. 4.12 Základné parametre siete DeviceNet

Parameter	Hodnota
Maximálny počet uzlov	64 uzlov
Maximálna vzdialenosť medzi uzlami	100 m, 250 m, 500 m
Maximálna prenosová rýchlosť	500 kb/s, 250 kb/s, 125kb/s
Typ prenosového média	Dvojitá tienená točená dvojlinka (RS-485)



Obr. 4.13 DeviceNet kábel

4.1.13 LonWorks

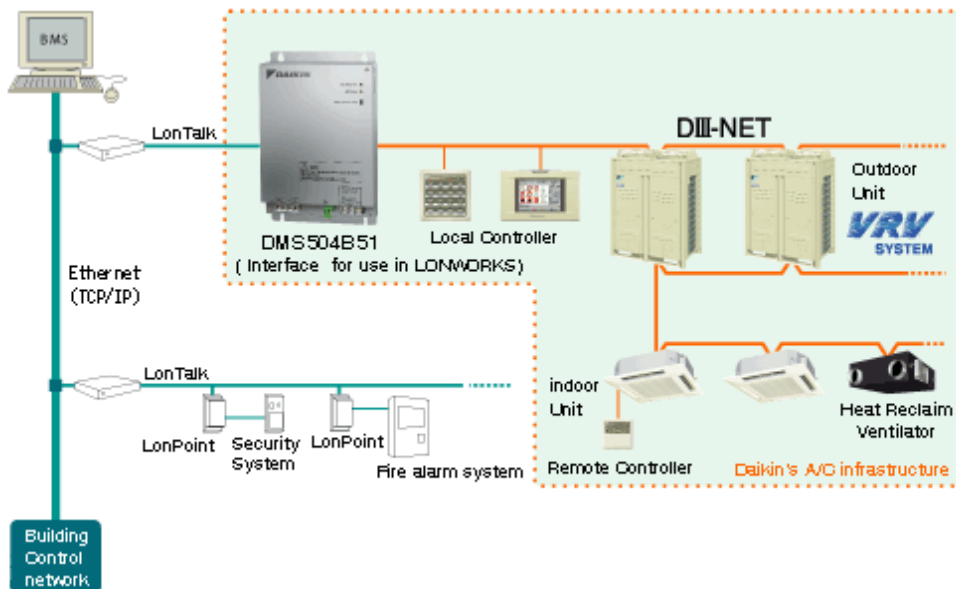
Skratka LON v slovnom spojení LonWorks znamená Local Operating Networks. Táto sieť využíva protokol LonTalk.

Sieť LonWorks môže používať rôzne typy prenosových médií ako RS-485, sieťový elektrický rozvod (230 V), televízny kábel (koaxiálny kábel). Táto sieť môže využívať tieto typy médií práve preto, lebo sa využíva najmä pri automatizácii budov a diaľkových odpočtov meračov energií. Táto sieť sa taktiež využíva v priemyselnej regulácii.

Sieť bola vyvinutá firmou Echelon v rokoch 1989 až 1992, pričom už v roku 1992 bola táto sieť sprístupnená na trhu. Táto sieť spĺňa normu STN EN 14908 a je štandardizovaná ako EIA (Electronic Industries Association) 709.1. Základné parametre siete sú v Tab. 4.13 a na Obr. 4.14 je zapojenie siete LonWorks, ktorá je v tomto prípade využitá pri automatizácii budovy.

Tab. 4.13 Základné parametre siete LonWorks

Parameter	Hodnota
Maximálny počet uzlov	255 podsietí po 127 uzlov
Maximálna vzdialenosť medzi uzlami	Podľa prenosového média
Maximálna prenosová rýchlosť	Podľa prenosového média
Typ prenosového média	RS-232, RS-485, elektrické vedenie, koaxiál, IR, RF, ...



Obr. 4.14 Sieť LonWorks s protokolom LonTalk

4.1.14 Camera Link

Camera Link je štandard sériového komunikačného protokolu, navrhnutého pre počítačové videnie. Protokol bol navrhnutý za účelom štandardizácie vedeckých a priemyselných video produktov (systémy určené k rôznym typom rozpoznávania obrazov). Štandard je udržiavaný a spravovaný medzinárodnou obchodnou skupinou Automated Imaging Association, táto skupina sa zaoberá strojovým videním.

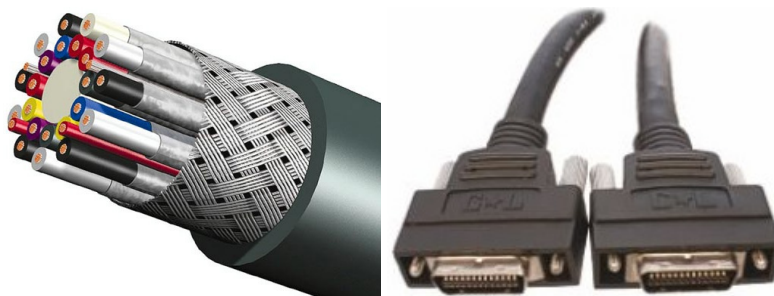
Komunikačné rozhranie Camera Link je jedno z najrýchlejších rozhraní, ktoré sa používa pre komunikáciu s rýchlymi digitálnymi kamerami. Pre komunikáciu je potrebná špeciálna prídavná karta do počítača a jeden alebo dva káble.

Framegrabbery National Instruments pre rozhranie Camera Link ponúka základnú (Base) konfiguráciu, až po plnú a dokonca rozšírenú variantu (Full/Extended) s prenosovou kapacitou až 850 MB/s táto karta je označená ako PCIe-1433.

Prenos informácií prebieha na 26 vodičoch z čoho vyplýva, že prenos nie je plne sériový. Dáta sú usporiadané do série v pomere 7:1, čo znamená, že jedným párom vodičov sa presunie 7 bitov pri informácií pre jeden pixel obrazu (pri 24 bitovom kódovaní obrazu). Vzhľad kábla a konektora môžete vidieť na Obr. 4.15. Základné parametre štandardu Camera Link sú v Tab. 4.14.

Tab. 4.14 Základné parametre štandardu Camera Link

Parameter	Hodnota
Maximálny počet uzlov	1 kamera, 1 počítač
Maximálna vzdialenosť medzi uzlami	10 m
Maximálna prenosová rýchlosť	850 MB/s (karta PCIe-1433)
Typ prenosového média	26 vodičový kábel



Obr. 4.15 Kábel a konektor (MDR-26) štandardu Camera Link

4.1.15 Sieť Ethernet

Ethernet s protokolom TCP/IP sa začal používať v 70. rokoch 20. storočia, prenosovým médiom bol koaxiálny kábel a dosahoval maximálnu prenosovú rýchlosť 2,94Mb/s. Neskôr sa ako prenosové média začali používať dnes známe UTP a STP káble. Ich prvá implementácia dosahovala prenosovú rýchlosť 10 Mb/s, druhá 100 Mb/s a posledná tretia 1 Gb/s. Neskôr sa vyvinuli aj iné technológie prenosu dát ako optické káble (10Mb/s až 100Gb/s) a bezdrôtové technológie (WiMax, WiFi).

Komunikácia medzi počítačmi nemusela byť tak rýchla ako komunikácia s výrobným systémom, preto sa Ethernet s TCP/IP ako komunikačný protokol medzi počítačmi začal v priemysle používať skôr ako priemyselný Ethernet. V dnešnej dobe je sieť Ethernet najrozšírenejšou sieťou na svete a na sieti Ethernet je založený celý Internet. Na Obr. 4.16 môžete vidieť prepojenie uzlov siete Internet medzi kontinentmi.

V priemysle sa používalo aj rozhranie RS-232 (vyvinuté v roku 1962) na komunikáciu medzi počítačmi ale maximálna prenosová rýchlosť dosahovala iba 115,2kb/s a komunikácia mohla bežať iba medzi dvoma počítačmi.

Táto sieť sa pre komunikáciu od druhej úrovni DSR používa najbežnejšie. Dôvod, prečo sa nepoužíva iná sieť je ten, že automatizácia na úrovniach DSR sa začala v dobe, keď už táto sieť bola bežne v priemysle používaná na komunikáciu medzi počítačmi. Základné parametre siete Ethernet sú v Tab. 4.15.



Obr. 4.16 Optické kabeláže pod oceánmi

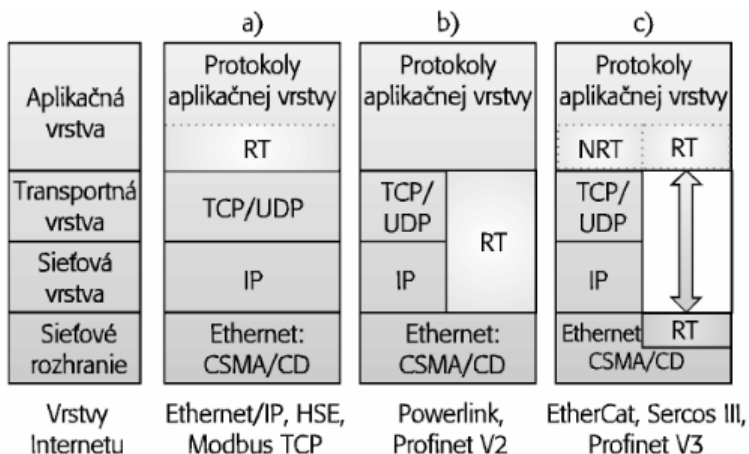
4.1.16 Priemyselný Ethernet

Ethernet sa v 90. rokoch 20. storočia začal veľmi rýchlo rozširovať ako sieť prepájajúca počítače a neskôr aj počítačové siete. V roku 1995 bol štandardizovaný Ethernet 100BASE-TX, ktorého prenosovým médium bol UTP (Unshielded Twisted Pair), alebo STP (Shielded Twisted Pair) kábel a prenosová rýchlosť bola 100 Mb/s, ale v tej dobe ešte bola sieť založená na opakovačoch (repeater) a rozbočovačoch (hub). Priemysel sa tým pádom o túto sieť až tak nezaujímal, keďže v sieti bolo veľa kolízií a niekedy vytvorenie spojenia istú dobu trvalo (v priemysle je potreba pracovať v reálnom čase, alebo s veľmi malým časovým oneskorením).

V dobe keď opakovače (repeater) a rozbočovače (hub) boli nahradené prepínačmi (switch) a smerovačmi (router), tak sa o túto sieť začali zaujímať aj firmy zaoberajúce sa automatizačnou technikou ako napríklad Rockwell Automation (Ethernet/IP) a Schneider Electric (Modbus TCP). Ďalšími protokolmi siete Ethernet sú napríklad HSE, Powerlink, ProfiNet, EtherCat, Sercos III. Základné parametre siete Ethernet sú v Tab. 4.15. Vrstvy priemyselnej siete Ethernet sú znázornené na Obr. 4.17.

Tab. 4.15 Základné parametre siete Ethernet

Parameter	Hodnota
Maximálny počet uzlov	$(2^{32} - 2)$ uzlov
Maximálna vzdialenosť medzi uzlami	100 m (UTP, STP), 70 km (Optický kábel)
Maximálna prenosová rýchlosť	100 Mb/s (UTP, STP), 1Gb/s (Optický kábel)
Typ prenosového média	UTP, STP, Optický kábel



Obr. 4.17 Vrstvy priemyselnej siete Ethernet

4.1.17 Popis základných štandardov komunikačných protokolov

Za účelom prepojenia jednotlivých programových modulov a ich vzájomnej komunikácie sa používajú štandardy komunikačných protokolov.

DDE (Dynamic Data Exchange)

DDE je komunikačný protokol vytvorený spoločnosťou Microsoft, ktorý umožňuje DDE citlivým aplikáciám v prostredí operačného systému Windows vytvárať komunikačný

kanál. Komunikácia sa realizuje typom klient-server. Aplikácia, ktorá je v danej komunikácii serverom, poskytuje údaje a prijíma požiadavky od akejkoľvek inej aplikácie zaujímajúcej sa o dáta, ktoré má server k dispozícii. Lubovoľná aplikácia, ktorá posiela požiadavky sa označuje ako klient. DDE sa často využíva na zhromažďovanie a následné distribuovanie „live“ údajov akými sú napríklad namerané hodnoty z nejakej prebiehajúcej výroby. Aplikácia, ktorá je v danej komunikácii klientom, môže používať DDE na jednorazový prenos dát, ale takisto aj na získavanie neustále sa meniacich dát, pričom aktualizácia hodnôt sa robí vždy, ako náhle dôjde k zmene hodnoty požadovanej informácie. DDE sa môže používať aj na odosielanie riadiacich inštrukcií pre automaty zapojené do nejakého procesu. Klient vytvára komunikačný kanál k serveru špecifikovaním dvoch vecí: „application name“ (meno aplikácie na serveri) a „topic name“ (predmet záujmu). Ďalej je potrebné definovať ešte „item name“, čo sú konkrétne položky, o ktoré má klient záujem. Takáto DDE komunikačná linka ostáva aktívna po celý čas od jej vytvorenia, ale k výmene dát medzi serverom a klientom dochádza len vtedy, keď sa zmení hodnota premennej špecifikovanej v „item name“, čo predstavuje výhodný spôsob komunikácie.

Ale na druhej strane existujú ešte ďalšie možnosti spôsobu komunikácie:

- horúce spojenie - hot link (automatic) - v prípade, že sa dáta na serveri menia, zmena sa automaticky preniesie na klienta
- teplé spojenie - warm link (notify) - pri zmene dát sprístupňovaných na serveri je klientovi zaslaná správa o zmene a ten má možnosť rozhodnúť sa, či zmenené dáta prijme (ak áno, vyžiada si ich od servera)
- studené spojenie - cold link (manual) - klient pošle žiadosť serveru pre prenos zmenených dát (pri zmene dát na serveri klient nie je upozornený a je plne zodpovedný za aktualizáciu svojich dát).

NetDDE (Network Dynamic Data Exchange)

Je aplikačný program od firmy Wonderware Corporation, ktorý rozširuje možnosti Windows DDE transparentne do sieťových prostredí. Pomocou NetDDE je možné vytvoriť mnohonásobné DDE prepojenie medzi programami pod operačným systémom Windows.

OLE (Open Linking and Embedding)

OLE technológia poskytuje služby, ktoré uľahčujú aplikáciám volať iné aplikácie pre editáciu dát. OLE komponent je jednotka, v ktorej je prístup k objektovým dátam archivovaný výlučne jedným, alebo viacnásobným nastavením príslušných funkcií, nazývaných interface (rozhranie). Základom OLE technológie je COM (Common Object Model). COM definuje a implementuje mechanizmus, ktorý umožňuje softvérovým komponentom (napr. aplikáciám, dátovým objektom, ovládacím prvkom a službám) vzájomne komunikovať ako objekty. Tento model je založený na komunikácii klient-server a používa objektovo orientovanú architektúru. Jeho rozšírením je distribuovaný model označovaný ako DCOM (Distributed COM). Tieto softvérové objekty nezahŕňajú len dáta, ale aj funkcie na sprístupnenie a používanie týchto dát.

OPC (OLE for Process Control)

OPC je štandardný mechanizmus pre komunikáciu a spoluprácu rôznych dátových zdrojov s klientskymi aplikáciami riadiacich systémov vo vyšších úrovniach DSR na riadenie technologického procesu. Dátové zdroje môžu byť reprezentované buď priamo priemyselnými zariadeniami (PLC, SLC a pod.), alebo databázovými a riadiacimi aplikáciami napr. SCADA systém. Klientske aplikácie môžu komunikovať s fyzickými zariadeniami, ako aj so SCADA systémami. OPC rozhranie je založené na Microsoft

OLE (prepájanie a vkladanie objektov). OPC technológia je tým pádom založená aj na COM technológii, ktorá umožňuje jednej aplikácii využívať rozhranie iných aplikácií (objektov) na získanie informácií a rôznych funkcií. OPC je založené na klient-server modeli, kde OPC klient poskytuje rozhranie k OPC objektom, čím dovoľuje klientskej stanici riadiť zariadenia a z nich získané údaje ďalej spracovávať. OPC spočíva v štandardnom nastavení rozhraní, vlastností a metód, ktoré sa používajú na riadenie procesov a „manufacturing – automation application“. Hlavnou úlohou OPC je sprístupňovať dáta z ľubovoľného dátového zdroja, alebo z databázy.

TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol)

Je jedným zo základných sieťových protokolov. TCP/IP je prenosový protokol orientovaný na virtuálne spoje / štandardný sieťový protokol orientovaný na odosielanie datagramov, na prenos dát po prenosovom médiu. Jedná sa teda o prenosový/sieťový protokol. Protokol TCP/IP nezaručuje len spojovaciu funkciu a spoľahlivosť prenosu dát, ale aj efektívne využitie prenosových kanálov má transparentný a plne duplexný prenos.

OCI (Oracle Call Interface)

OCI je obdobou rozhrania ODBC, špecifickou pre Oracle SQL Server. Je to rozhranie typu API (Application Programming Interface), ktoré umožňuje aplikáciám komunikovať s Oracle SQL Serverom. OCI umožňuje aplikáciám vykonávať všetky databázové operácie dostupné pre Oracle SQL Server, vrátane SQL príkazov.

ODBC (Open Database Connectivity)

ODBC je postavené na API rozhraní, jeho funkciou je umožnenie prístupu rôznych aplikácií k dátam na rôznych SQL serveroch (Oracle, Microsoft SQL Server, Microsoft Access a pod.). ODBC zabezpečuje použitie jednotnej syntaxe jazyka SQL a jednotnej funkčnej sady pre komunikáciu.

4.2 Nultá úroveň riadenia – modely, snímače a akčné členy

Nultá úroveň riadenia je úroveň technologických zariadení (výrobných agregátov) v rámci, ktorej sú zabudované snímače a akčné členy. Podľa typu technologického procesu je aj charakter snímačov a akčných členov.

Existujú rôzne typy snímačov, ako snímače polohy, otáčok, teploty, tlaku, prietoku a tak ďalej. Akčné členy môžu byť dopravníky, vyhrievacie telesá, dávkovače, pohony (elektrické, pneumatické, hydraulické). Niektoré akčné členy majú obyčajne špeciálne ovládacie prvky ako sú frekvenčné meniče (riadenie asynchrónnych elektrických pohonov), servo-riadenie, alebo polohovacie systémy pre riadenie pneumatických pohonov.

Snímače a akčné členy môžu mať tri rôzne charaktery vstupov a výstupov:

a) digitálne vstupy a výstupy (relátka) majú charakter:

1. jednosmerných napätí
 - pozitívna/negatívna logika
2. striedavých napätí
 - ~24 V, ~120 V, ~230 V, ~400 V

b) analógové vstupy a výstupy - na úrovni napäťových alebo prúdových vstupov a výstupov:

Snímače tohto typu sú charakterizované tým, že majú vstupný rozsah 4 – 20 mA pre rozsah meranej veličiny, tým že prúdový rozsah 0 – 4 mA slúži

pre diagnostiku, či nie je pretrhnuté vedenie medzi konkrétnym snímačom a snímacou jednotkou. Meraná hodnota nemusí byť len prúd, ale aj napätie. Medzi najpoužívanejšie rozsahy patrí 0V – 5V, 0V – 10V a -10V – 10V.

c) frekvenčné vstupy a výstupy - vstupy a výstupy sú digitálne, jednosmerné na úrovni:

1. TTL (Transistor-Transistor Logic) (0 = 0V a 1 = 5V)
2. pozitívnej logiky (0 = 0V a 1 = 24V)
3. negatívnej logiky (0 = 24V a 1 = 0V)

Súčasne s meranou veličinou napr. s prúdovým rozhraním 0 – 20 mA môže byť na meranú analógovú veličinu superponovaný digitálny signál, ktorého stredná hodnota je 0 V a tento signál umožňuje zabezpečiť komunikáciu medzi snímačmi alebo akčnými členmi a riadiacim systémom.

d) PWM (Pulse-Width Modulation, pulzovo-široková modulácia) vstupy a výstupy - modulácia periodického signálu zmenou striedy (šírky impulzu). Prenosový signál, ktorý nesie informáciu o prenášanej hodnote môže byť v dvoch stavoch (log. 0 a log. 1). Hodnota prenášaného signálu je v prenose zakódovaná ako pomer medzi stavmi log. 0 a log. 1. Tomuto pomeru sa hovorí strieda. Cyklu, keď dôjde k prenosu jednej striedy sa hovorí perióda. Obmedzením pre PWM je to, že prenos informácie je vždy obmedzený na relatívne vyjadrenie a to 0 až 100 %, to znamená, že musí byť známy pomer medzi skutočnou hodnotou a percentuálnym vyjadrením. Časové hodnoty striedy sa pohybujú v sekundách prípadne v milisekundách pre presnejšie riadenie. Perióda je vždy súčtom času trvania log. 0 a log. 1.

Snímače sa dajú rozdeliť do nasledujúcich kategórií:

1. Snímače prítomnosti:
 - indukčné (Omron E2A),
 - optické (Omron E3Z),
 - magnetické (SMC D-M9).
2. Snímače farby:
 - optické (KEYENCE CZ-H72, CZ-V20),
 - kamery (MARLIN F-131C).
3. Snímače tlaku:
 - pneumatické (SMC VJ114 – 5LOZ).
4. Snímače výšky:
 - odporové (GEFRAN),
 - inkrementálne (HSC (High-speed counter)).
5. Snímače polohy:
 - kamery (GUPPY F-503B, MARLIN F-131C),
 - inkrementálne (HSC).

Akčné členy môžu byť rozdelené takto:

1. Elektrické:
 - motory (DC (Direct Current), AC (Alternating Current), servo-pohony, motory s frekvenčným meničom),
 - priemyselné roboty a manipulátory,
 - úchopné hlavice,
 - špeciálne (Otočný tanier).

2. Pneumatické:
 - posuvné (SMC CD85),
 - výsuvné (SMC CD85, SMC MRQ),
 - otočné (SMC MRQ),
 - úchopné (prísavky, úchopné hlavice – SMC MHZ2),
 - kotviace (SMC CD85).
3. Hydraulické:
 - posuvné,
 - výsuvné,
 - otočné,
 - úchopné,
 - kotviace.

4.2.1 Snímače

Snímače prítomnosti

Indukčný snímač

Detekcia prítomnosti feromagnetických materiálov môže byť zabezpečená indukčnými snímačmi E2A (Obr. 4.18) od výrobcu Omron. E2A je priemyselný model s dvojnásobnou vzdialenosťou merania oproti základnej rade indukčných snímačov Omron až do vzdialenosti 4 mm. Snímače sú vybavené tieneným puzdrom z nehrdzavejúcej ocele, čo im zabezpečuje vysokú odolnosť voči elektromagnetickým šumom, mechanickému poškodeniu a kvapalinám.



Obr. 4.18 Indukčný snímač Omron E2A

Optické snímače

Optické snímače E3Z (Obr. 4.19) vyrába spoločnosť Omron. Model E3Z je tvorený dvojicou vysielač - prijímač. Pracuje na princípe optickej závohy. Pri prerušení laserového lúča medzi vysielačom a prijímačom sa zopne výstupný signál. E3Z je precízny model určený na priemyselné aplikácie. Dokáže pracovať aj v prašných a vlhkých podmienkach s minimálnym ovplyvnením výsledkov snímania. Maximálna efektívna vzdialenosť tohto snímania je až 30m.



Obr. 4.19 Optické snímače Omron E3Z

Magnetický snímač

Tento typ snímačov sa používa na detekciu permanentných magnetov v tesnej blízkosti. Používajú sa najmä na detekciu maximálnej a minimálnej polohy pneumatických valcov, alebo úchopných čeľustí. Jedným z takýchto príkladov sú snímače SMC D-M9, ktoré sú ilustrované na Obr. 4.20.



Obr. 4.20 Solid state auto snímač SMC D-M9

Snímače farby

Optický snímač (RGB snímač, KEYENCE CZ-H72, CZ-V20)

Tento RGB (Red, Green, Blue) snímač CZ-H72 (Obr. 4.21) sa spolu z vyhodnocovacou jednotkou CZ-V20 využíva na detekciu farby. Vyhodnocovacia jednotka dokáže identifikovať farbu pomocou 16 bitov, takže rozoznáva s presnosťou 65536 farieb. Výstupom vyhodnocovacej jednotky je 7 farieb, ktorých interval (spomedzi spomínaných 65536 farieb) sa dá nastaviť.



Obr. 4.21 RGB snímač KEYENCE

Priemyselná kamera

Priemyselné kamery sa využívajú na rôzne aplikácie rozpoznávaniu obrazov ako napríklad overovanie kvality výroby (kvalita potravín, kvalita plechu,...), detekcia polohy polotovaru (detekcia polohy paliet, podstáv,...), kontrola výroby (skontrolovanie výkovku, vyrobeného tovaru,...) a mnoho iných aplikácií. Taktiež je možné pomocou farebnej kamery zisťovať aj farbu a využiť ju s príslušnou aplikáciou rozpoznávania obrazov ako snímač farby. Príkladom čierno-bielej kamery je kamera GUPPY F-503B (Obr. 4.22).

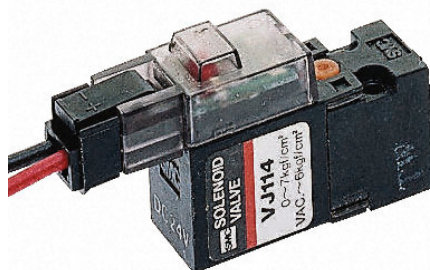


Obr. 4.22 Priemyselná čierno-bielej kamera GUPPY F-503B

Snímače tlaku

Pneumatický snímač (SMC VJ114 – 5LOZ)

Tento snímač (Obr. 4.23) sa používa na detekciu vytvoreného podtlaku. Väčšinou je pripojený priamo k pneumatickej jednotke (pneumatický akčný člen), kde zisťuje či bol podtlak vytvorený.



Obr. 4.23 Tlakový spínač SMC ZSE1

Snímače výšky

Lineárny potenciometer

Tento snímač (Obr. 4.24) je odporový, funguje ako reostat. Pomocou pružiny je nožička snímača v pokojnom stave maximálne vytlačená, ak narazí nožička na prekážku zatlačí sa a odpor sa na reostate zmení. Na tento snímač je privedené napätie, ktoré sa pomocou odporu na reostate mení.



Obr. 4.24 Lineárny potenciometer GEFAN

Inkrementálny snímač (HSC)

HSC je inteligentný modul, ktorý má svoj mikroprocesor a svoje vstupy a výstupy. Modul je výnimočný tým, že reaguje na vysokorýchlostne signály. Reaguje buď na 2 kanály z IRC snímača alebo na 4 kanály, kde sleduje počet privedených impulzov. Vstupné signály, s ktorým sa ďalej pracuje sú už filtrované, dekodované a spočítané. Potom ďalej na základe signálov sa generuje pomer a čas medzi dátami. Počet impulzov a pomer impulzov je potom možné použiť na aktiváciu výstupov.

Snímače polohy

Ako snímače polohy môžeme považovať priemyselné kamery s príslušným programom rozpoznávania obrazu k zisteniu danej polohy. Taktiež ako snímače polohy môžeme považovať inkrementálne snímače uložené v servo-pohonoch, ktoré zisťujú počet otáčok motora a na základe toho sa dá poloha vypočítať.

4.2.2 Akčné členy

Elektrické akčné členy - motory

AC Motory

Striedavé (AC) motory (Obr. 4.25) sa používajú na pohony dopravníkových pásov, výťahov, čerpadiel, pohon veľkých akčných členov, turbín, kompresorov, atď. AC motory môžu byť buď delené na synchronne a asynchrónne, alebo na jednofázové a trojfázové. Motory nízkych výkonov sú väčšinou len zopínané jednoducho pomocou relé, čiže je motor zapnutý, alebo vypnutý. Motory vyšších výkonov (približne nad 3 kW) by nemali byť zopínané len pomocou relé, nakoľko pri rozbiehaní motora by vysoký výkon spôsoboval vysoký odberový prúd, ktorý by mohol spôsobiť prehriatie vinutia motora. Preto sa pri motoroch vyšších výkonov musí používať štartér, alebo prepínač zapojenia fáz z hviezdy do trojuholníka. Ak je potrebné riadenie motora využíva sa frekvenčný menič (alebo PWM pri nízkych výkonoch) v tomto prípade nie je potrebný štartér a ani prepínač, nakoľko sa frekvencia privedená k motoru riadi (reguluje).



Obr. 4.25 AC motor

Motor s frekvenčným meničom

V prípade ak je potrebné riadiť AC motor, tak sa väčšinou využíva frekvenčný menič. Riadenie motora je potrebné ak je nutná regulácia rýchlosti dopravníkových pásov, alebo regulácia výkonu čerpadla, poprípade iné prípady kde je potrebné riadiť výkon motora (ako napr. aj motory vyšších výkonov, ak sa nepoužije štartér, alebo prepínač zapojenia fáz). Motor s frekvenčným meničom je na Obr. 4.26.



Obr. 4.26 Motor s frekvenčným meničom

DC Motory

Jednosmerné (DC) motory majú široké využitie od detských hračiek až po pohon električiek. Samozrejme majú tieto motory aj veľké využitie v priemysle. Používajú sa ako pohony dopravníkových pásov, ventilátorov chladenia, pohony niektorých akčných členov, atď. Jednoduchý DC motor je buď zopnutý, alebo vypnutý. V prípade keď je potrebné jednosmerný motor riadiť, tak sa na neho napojí PWM výstup z riadenia. Na Obr. 4.27 môžete vidieť DC motor s nízkym výkonom.



Obr. 4.27 DC motor

rokové motory

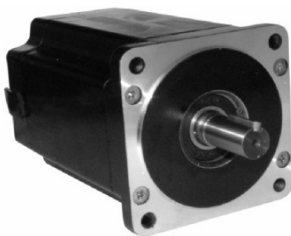
Fyzikálny princíp fungovania jednosmerných motorov sa rýchlo vyvinul a vznikli krokové motory (Obr. 4.28) a neskôr servo-pohony. Krokový motor je v podstate špeciálny synchronný motor, ktorého funkčný pohyb (otáčanie hriadeľa) nie je plynulý ale je zložený z čiastkových rovnako veľkých pohybov – krokov. Krokové motory umožňujú prenášať riadiacu informáciu – impulzy. Impulzy sa privádzajú k jednotlivým sekciám statorového vinutia. Frekvencii impulzu zodpovedá rýchlosť natáčania motora.



Obr. 4.28 Krokový motor

Servo-pohony

Servo-pohony sa využívajú ako pohony veľmi presných akčných členov ako sú manipulátory, polohovacie zariadenia, pohony obrábacích strojov, atď. Servo-pohony sú v podstate výkonné krokové motory s vlastnou riadiacou jednotkou. Na Obr. 4.29 je príklad motora so servo-pohonom.



Obr. 4.29 Krokový motor so servo-pohonom ILx2D

Elektrické akčné členy – priemyselné roboty a manipulátory

Priemyselné roboty majú v dnešnej dobe veľmi široké využitie. Éra priemyselných robotov začala v 60. rokoch v automobilkách, kde sa zväčša využívali na bodové zváranie a preberanie odliatok. Časom sa z automobilového priemyslu dostal robot do všetkých odvetví priemyslu. Vo všetkých prípadoch využitia nahrádza jednoduché a opakujúce sa úkony človeka. Priemyselný robot Mitsubishi RV-2SDB (Obr. 4.30) je jedným z nich.



Obr. 4.30 Priemyselný robot Mitsubishi RV-2SDB

Ďalšie elektrické akčné členy

Úchopné hlavice

Úchopné hlavice sa využívajú ako koncové body manipulátorov a priemyselných robotov. Tieto hlavice slúžia na prebratie telesa s ktorým daný manipulátor manipuluje. Príkladom takejto úchopnej hlavice je SMC LEHZ na Obr. 4.31.



Obr. 4.31 Úchopná hlavica SMC LEHZ

Špeciálne akčné členy – Otočný polohovací stôl

Ako príklad špeciálneho akčného člena sa dá uviesť otočný polohovací stôl Weiss (Obr. 4.32). Polohovací stôl je poháňaný jednosmerným motorom. Otočný stôl ma presne zadané polohy ktoré mení po prijatí nábežnej hrany signálu TTL. Dodávacia firma upraví firmware tohto stola, podľa požiadavky odberateľa, ktorý si určí počet polôh a uhol medzi jednotlivými polohami.



Obr. 4.32 Rotačný polohovací stôl WEISS

Pneumatické akčné členy

Posuvné akčné členy (pneumatický valec)

Dvojčinné pneumatické valce s magnetickým snímaním polohy piestu (napr. Obr. 4.33) sú jedným z najčastejšie sa vyskytujúcich prvkov výrobných systémov. Slúžia napríklad k vysúvaniu výrobných dielov zo zásobníkov, posúvaniu paliet z jedného miesta na ďalšie, kotvenie paliet s polotovarom pri výrobnom poste.



Obr. 4.33 Pneumatický valec SMC CD85

Otočné akčné členy (Rotačno-výsuvný pneumatický manipulátor)

Pneumatické manipulátory slúžia k premiestňovaniu polotovarov a výrobných dielov. Základom pri týchto manipulátoroch je to, že v každej osi má len 2 krajné polohy do ktorých sa vie dostať. Na Obr. 4.34 je rotačno-výsuvný manipulátor, takže tento manipulátor má možnosť byť iba v 4 stavoch.



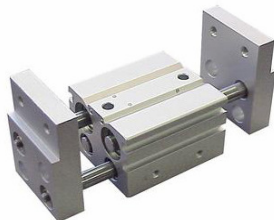
Obr. 4.34 Rotačno-výsuvný pneumatický manipulátor SMC MRQ

Výsuvné akčné členy

Výsuvný akčný člen môže byť aj pneumatický valec SMC CD85, ktorý je na Obr. 4.33, ak nebude jeho úlohou presúvanie, ale vysúvanie. Spomínaný pneumatický valec môže byť taktiež aj treťou osou manipulátora. Rotačno-výsuvný pneumatický manipulátor SMC MRQ (Obr. 4.34) má už v názve poznamenané to, že je aj výsuvným akčným členom.

Úchopné akčné členy

Tieto hlavice majú taký istý význam ako elektrické úchopné hlavice, len ich poháňacím médiom je stlačený vzduch. Jedným z príkladov úchopných hlavíc je úchopná hlavica SMC MHL2, ktorá je na Obr. 4.35.



Obr. 4.35 Úchopná hlavica SMC MHL2

Kotviace akčné členy

Pneumatiký valec (napríklad pneumatiký valec na Obr. 4.33) sa dá použiť aj ako kotviaci akčný člen, ak sa na jeho nožičku nasadí nejaký typ kotvy, ktorá sa bude pri kotvení vysúvať a tak ukotví polotovar o pevný doraz.

Hydraulické akčné členy

Hydraulické akčné členy fungujú na podobnom princípe ako pneumatiké akčné členy, lenže ich poháňacím médiom je kvapalina Na Obr. 4.36 je príklad hydraulického valca.



Obr. 4.36 Hydraulický valec SMC CHM

4.2.3 Softvérová podpora akčných členov a snímačov

Snímače a akčné členy z pohľadu nutnosti softvéru, sa dajú rozdeliť do troch skupín: jednoduché snímače a akčné členy, snímače a akčné členy ktoré pre svoj chod potrebujú firmware a tie ktoré pre chod potrebujú riadiacu jednotku.

Jednoduché snímače ktorých výstupom je digitálna hodnota 0 a 1 (indukčné a magnetické snímače prítomnosti, tlakový spínač, atď.), alebo analógová hodnota s neupravenou fyzikálnou charakteristikou snímača (lineárny potenciometer, atď.) nepotrebujú pre svoju funkčnosť žiaden softvér. Taktiež akčné členy ktoré sa zapínajú digitálnou hodnotou 1 a vypínajú hodnotou 0 (pneumatický valec, rotačno-výsuvný pneumatický manipulátor, atď.), alebo sa riadia priamo analógovým napäťovým výstupom (motory, špirály, atď.) nepotrebujú pre svoj beh softvér.

Ďalšou skupinou snímačov a akčných členov sú tie, ktoré pre svoj beh potrebujú takzvaný firmware. Firmware je program, ktorý nutne potrebujú inteligentné snímače a akčné členy pre svoju funkčnosť. Výstupom týchto snímačov môže byť konkrétna teplota, alebo kód farby (RGB snímač KEYENCE CZ-H72 a vyhodnocovacia jednotka KEYENCE CZ-V20). Vstupnou informáciou pre akčný člen môže byť rýchlosť, absolútny alebo relatívny posun (servo-pohony), alebo jednoduchý signál ktorým sa prikáže posun do ďalšej polohy (otočný polohovací stôl). V poslednom spomínanom prípade je signál jednoduchý, ale aby sa otočný stôl presne otočil je potrebný softvér, ktorý toto otočenie bude riadiť.

Poslednou skupinou snímačov a akčných členov sú také, ktoré majú vlastnú riadiacu jednotku, ale do programu tejto radiacej jednotky sa nezasahuje. Jedným z takých príkladov je motor s frekvenčným meničom. Frekvenčný menič je riadiaca jednotka motora a do programu tejto jednotky sa nezasahuje menia sa len niektoré parametre. Vstupom do frekvenčného meniča môže byť analógová alebo digitálna hodnota ktorá určuje hodnotu frekvencie motora a digitálne hodnoty na zopínanie motora a vybratie smeru otáčania motora. Medzi takýto typ snímača by sme mohli zahrnúť aj kamerový systém, ak by program rozpoznávania obrazu bol na nejakej riadiacej jednotke do ktorej by sa nezasahovalo a výstupom tejto jednotky by bola presná pozícia rozpoznávaného objektu, ale keďže v priemysle kamera môže rozpoznávať rôzne objekty a nedáva len informácie o pozícií (detekcia chýb, farieb, atď.), tak by toto riešenie nebolo pre priemysel praktické. Taktiež priemyselný robot s riadiacou jednotkou robota by mohol patriť do tejto skupiny, keby na vstup riadiacej jednotky postačovala poloha do ktorej sa má dostať a žiaden program pre túto jednotku by nebolo potrebné naprogramovať. Aj ten prístup v priemysle nie je dobrý, nakoľko priemyselné roboty mimo preberania predmetov aj zvrávajú, lepia, nitujú, osadzujú, a tak ďalej. Lepším prístupom je samotné programovanie priemyselných robotov.

4.3 Prvá úroveň riadenia – Technologická úroveň riadenia a regulácie

Táto úroveň má za úlohu priame riadenie a reguláciu technologických procesov. Väčšinou je realizovaná pomocou PLC, ktoré sú zapojené do počítačových sietí hierarchickým spôsobom. Technologická úroveň môže byť riešená takým spôsobom, že k priemyselnému počítaču prostredníctvom sietí sú pripojené jednotky vzdialených vstupov a výstupov, prípadne priamo inteligentné snímače a akčné členy. Táto úroveň zabezpečuje riadenie technologických procesov obyčajne v rámci uzavretých regulačných slučiek, zber údajov zo snímačov a akčných členov, diagnostiku snímačov a akčných členov, ich predspracovanie a sprístupnenie na vyššie úrovne riadenia.

Technologická úroveň riadenia a regulácie si vyžaduje také výpočtové prostriedky, ktoré by po technickej stránke umožňovali:

- analógový vstup/výstup na úrovni napäťových a prúdových signálov,
- číslicový (digitálny) vstup/výstup TTL, vstup/výstup technologickej úrovni $\pm 24V$, ako aj na úrovni vstupov/výstupov pre striedavé napätie 230 V pre rôzne výkony,
- frekvenčné vstupy/výstupy pre pripojenie inkrementálnych snímačov a akčných členov,
- Vstupy/výstupy pre pripojenie špeciálnych snímačov a akčných členov,
- pripojenie inteligentných strojov (napr. CNC – strojov, výkonových meničov a pod.),
- pripojenie klávesníc a zobrazovačov s rôznou náročnosťou z hľadiska funkčnosti (číselné, alfanumerické, grafické), a odolnosti voči prostrediu (prašnosť, vlhkosť, otrasy),
- vysoký stupeň krytia a schopnosť pracovať súčasne pri nízkych aj vysokých teplotách, pri otrasoch a pod.,
- modulárnu skladbu, ktorá by umožňovala ľubovoľnú modifikáciu vstupov/výstupov tak, aby pri projektovaní bolo možné optimalizovať cenu a po zavedení systému do prevádzky by ho bolo možné rozširovať len zakúpením nevyhnutných rozširujúcich vstupno/výstupných modulov,
- vytváranie lokálnych sietí s možnosťou pripojenia na vyššiu úroveň riadenia.

Z programového hľadiska a z hľadiska funkčnosti celého systému výpočtové prostriedky na tejto úrovni by mali umožňovať:

- jednoduchú tvorbu lokálnych regulačných slučiek (napr. inštrukcie PID regulácie),
- jednoduché programovanie vstupno/výstupných komunikácií,
- autodiagnostiku výpočtového systému ako celku,
- riešenie situácií v prípade zistenia alarmových stavov,
- programovanie v programovacom jazyku blízkom technologickému popisu,
- vytváranie a ladenie programov na báze komerčne dostupných výpočtových prostriedkov (počítač, notebook, tablet a pod.).

Priame riadenie strojovej výroby môže zabezpečovať:

- programovateľný logický automat (PLC),
- jednočipový mikropočítač,
- programovateľná riadiaca jednotka priemyselných robotov,
- priemyselný počítač.

4.3.1 Realizácia prvej úrovne riadenia na báze programovateľných logických automatov

Priame riadenie strojovej výroby je väčšinou realizované pomocou PLC automatov, ktoré sú zapojené do počítačových sietí. V súčasnosti prakticky každá väčšia firma zaoberajúca sa automatizáciou výroby má vo svojej ponuke automaty, ktoré spĺňajú vyššie uvedené technické a programové kritéria. Príkladmi takýchto automatov sú aj automaty rady CompactLogix (Obr. 4.37) americkej firmy Rockwell Automation alebo automaty rady SIMATIC nemeckej firmy SIEMENS.



Obr. 4.37 PLC automat rady CompactLogix od firmy Rockwell Automation

Z hľadiska programovania tieto automaty sú programované formou programových prostriedkov, určených pre automaty ako sú programové líniové schémy, logické schémy, štruktúrovaný text a pod. Najznámejšími vývojovými prostrediami PLC automatov sú RSLogix 5000 od firmy Rockwell Automation a STEP 7 od firmy Siemens.

PLC automaty sú prispôsobené tak, aby mohli komunikovať po všetkých známych technologických sieťach. Každý procesor má minimálne jedno komunikačné rozhranie na nahrávanie programu, ktoré zároveň môže slúžiť aj na iné účely. Vyššie rady procesorov majú zväčša viacero komunikačných rozhraní (RS-232, Ethernet, USB, atď.). Pripojenie ďalších priemyselných sietí je možné cez komunikačné karty, ktoré sa pridávajú k procesoru. Výrobcovia bežne dodávajú komunikačné karty na všetky bežné priemyselné siete (DeviceNet, Profibus, AS-i, atď.).

Pre podrobnejší popis PLC automatov a ich možnosti sa budú analyzovať produkty firmy Rockwell Automation. PLC automaty tejto firmy sú rozdelené do troch základných kategórií, z ktorých každá obsahuje viacero radov PLC automatov.

1. Programovateľný automatizačný automat (PAC - Programmable Automation Controllers):
 - CompactLogix,
 - ControlLogix,
 - FlexLogix,
 - SoftLogix.
2. Programovateľný logický automat (PLC):
 - MicroLogix,
 - Pico Controllers,
 - SLC500,
 - PLC-5.
3. Bezpečnostný programovateľný automat (Safety PLC):
 - GuardPLC,
 - GuardLogix,
 - SmartGuard.

Prvé dve skupiny PAC a PLC sa bežne nerozlišujú a označujú sa spoločným pojmom PLC. Bližšie budú popísané PLC automaty rady ControlLogix, CompactLogix a SLC500, ktoré sú k dispozícii aj v laboratóriách KKUI. Problematike Safety PLC sa podrobne venuje kapitola 7.

Hardvérová časť programovateľného logického automatu

PLC automat môže byť vyhotovený buď v kompaktnom, alebo modulárnom prevedení. Kompaktné prevedenie predstavuje kompletný celok, ktorý v sebe zahŕňa všetky základné časti (šasi, zdroj, procesor a pod.). Z hľadiska rozšírenia obyčajne umožňuje pripojiť obmedzený počet vstupných a výstupných kariet. Modulárne prevedenie PLC je navrhnuté tak, že jeho jednotlivé časti sú nezávislé moduly, čo umožňuje vytvoriť konfiguráciu PLC optimálne pre konkrétnu aplikáciu.

Vo všeobecnosti je možné hardvér PLC automatu rozdeliť do týchto častí:

- 1) šasi,
- 2) zdroj,
- 3) procesor,
- 4) vstupné a výstupné karty,
- 5) komunikačné karty,
- 6) špeciálne karty.

Šasi

Predstavujú vysokorýchlostnú zbernicu, ktorá prepája jednotlivé moduly PLC medzi sebou. K šasi sa pripája napájací zdroj a do vnútra sa vkladajú jednotlivé karty (procesor, vstupné a výstupné, komunikačné, ...). Šasi sú dostupné v klasickom prevedení alebo v prevedení do extrémneho prostredia. Klasické šasi sú dostupné vo veľkostiach 4, 7, 10, 13 a 17 slotov. Pre extrémne prostredie sú dostupné 4, 5 a 7 slotové. Jednotlivé karty je možné vkladať do ľubovoľných slotov. Na Obr. 4.38 sú zobrazené 13 slotové šasi pre PLC rady CompactLogix.



Obr. 4.38 Šasi pre PLC rady ControlLogix

Šasi pre PLC rady SLC500 a PLC-5 majú podobný princíp, ale ich vyhotovenie je iné. Pre PLC rady CompactLogix šasi nie sú potrebné, nakoľko jednotlivé moduly sa upevňujú priamo na DIN lištu a karty majú integrovanú zbernicu.

Zdroj

Zdroj cez šasi napája procesor a aj všetky karty v šasi. V prípade PLC rady CompactLogix napája procesor a všetky pripojené karty. Zdroje sú k dispozícii nie len v klasickom prevedení a do extrémneho prostredia, ale aj ako redundantné zdroje. Vstupné napätie zdroja pre PLC rady ControlLogix môže byť striedavé 120/230V

alebo jednosmerné 24, 48 a 125V. Výstupným napätím napája šasi v ktorých prenáša 1,2V, 3,3V, 5V a 24V. Napájacie zdroje pre radu SLC500 sú obdobné. Avšak napájacie zdroje pre PLC rady CompactLogix majú vstupné napätie striedavé 120/230V alebo jednosmerné 24V, a pre procesor a karty poskytujú jednosmerné napätie 5V a 24V. Na Obr. 4.39 je zobrazený zdroj pre PLC rady CompactLogix a ControlLogix.



Obr. 4.39 Zdroj pre PLC a) rady CompactLogix, b) ControlLogix

Procesor

Je najhlavnejšou časťou celého PLC. Okrem vlastnej architektúry, ktorá obsahuje samotný procesor, pamäť a zbernice, môže obsahovať aj komunikačné porty, záložnú batériu, vstup na pamäťovú kartu, USB port a iné. Procesory ktoré sú vkladané do šasi je možné vložiť do ľubovoľného slotu. V jednom šasi je možné mať aj viacero procesorov, ktoré môžu pracovať nezávisle. V závislosti od typu procesora je možné tento procesor programovať štandardnými vývojovými prostriedkami (rebríkové diagramy, funkčné blokové diagramy, sekvenčné funkčné diagramy alebo štruktúrovaný text). Procesory rady PLC-5 a SLC500 sa programujú v programovacom prostredí RSLogix 500 a procesory rady CompactLogix a ControlLogix v programovacom prostredí RSLogix 5000. V Tab. 4.16 sú porovnané vybrané parametre niektorých procesorov rady CompactLogix.

Tab. 4.16 Parametre procesorov rady CompactLogix

Procesor	1769-L23x	1769-L3x	1768-L4x
Pamäť	512 kB	0,5 – 1,5 MB	2 – 3 MB
Zabudované porty	A) Ethernet/IP+RS-232 B) 2 x RS-232	A) Ethernet/IP+RS-232 B) 2 x RS-232	RS-232
Komunikačné možnosti	Ethernet/IP DeviceNet	Ethernet/IP ControlNet DeviceNet	Ethernet/IP ControlNet DeviceNet
Počet rozširujúcich kariet	2 – 3	16 - 30	16 – 30

V Tab. 4.17 sú porovnané vybrané parametre niektorých procesorov rady ControlLogix.

Tab. 4.17 Parametre procesorov rady ControlLogix

Procesor	5560	5570
Pamäť	2 – 32 MB	2 - 32 MB
Zabudované porty	RS-232	USB
Komunikačné možnosti	Ethernet/IP ControlNet DeviceNet Data Highway Plus Remote I/O SynchLink	Ethernet/IP ControlNet DeviceNet Data Highway Plus Remote I/O SynchLink eNet
Rozširujúca pamäť	CompactFlash do 128 MB	SDRAM
Max. počet podporovaných jednotiek	250	500

Na Obr. 4.40 je zobrazený procesor pre PLC rady a) CompactLogix a b) ControlLogix.



Obr. 4.40 Procesor pre PLC a) rady CompactLogix, b) ControlLogix

Vstupné a výstupné karty

Predstavujú rozhrania pomocou ktorých sa k PLC pripájajú snímače a akčné členy. Tieto karty sa delia na digitálne a analógové v závislosti od typu spracovávaného signálu. Moduly môže byť buď lokálne pripojené k PLC, alebo sú distribuovaným spôsobom pripojené v druhom šasi. Každá karta má vstavanú odnímateľnú svorkovnicu, ktorá sa nachádza za dvierkami na prednej strane modulu. Medzi základné vstupné a výstupné karty patria:

- digitálna vstupná karta (8, 16, 32 vstupov pre rôzne striedavé a jednosmerné napätia),
- digitálna výstupná karta (8, 16, 32 výstupov pre rôzne striedavé a jednosmerné napätia),
- kontakťová výstupná karta (8, 16 výstupov pre rôzne striedavé a jednosmerné napätia),
- analógová vstupná karta (2, 4, 6, 8, 16 vstupov pre rozsahy 0-20mA, 4-20mA, ±10V, 0-10V so 16 – 21 bitovými prevodníkmi),

- analógová výstupná karta (4, 6, 8 výstupov pre rozsahy 0-20mA, 4-20mA, $\pm 10V$ s 13 – 16 bitovými prevodníkmi),
- analógová kombinovaná karta (4 vstupy pre rozsahy 0-20mA, $\pm 10V$, 0-10V a 2 výstupy, pre rozsahy 0-20mA, $\pm 10V$),
- analógová vstupná karta pre odporové snímače teploty (RTD - Resistance Temperature Detector) (6 vstupov pre rozsahy 1 - 4020W so 16 bitovým prevodníkom),
- analógová vstupná karta pre termočlánky (6 vstupov pre rozsahy -12 – 78mV so 16 bitovým prevodníkom).

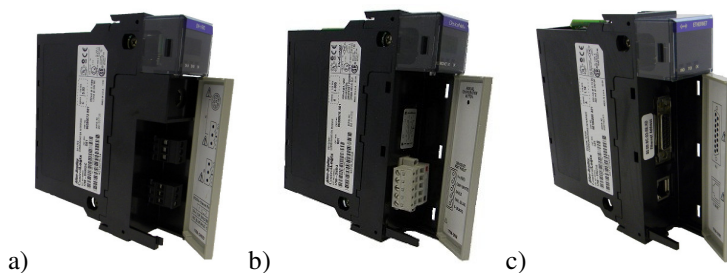
Komunikačné karty

Komunikačné karty slúžia hlavne na pripojenie vstupov a výstupov pomocou priemyselných sietí. Tiež sa využívajú na komunikáciu medzi riadiacimi prvkami (PLC, počítače, atď.). Všetky procesory obsahujú aspoň jedno komunikačné rozhranie, ktoré okrem konfigurácie a programovania môže slúžiť aj na pripojenie do siete. Samostatné komunikačné karty sú k dispozícii pre všetky bežne používané priemyselné siete (Ethernet/IP, ControlNet, DeviceNet, DH+, Remote I/O, FieldBus, RS-232, DH-485, Profibus, HART, a iné). V Tab. 4.18 sú uvedené prenosové rýchlosti a maximálny počet pripojených zariadení niektorých komunikačných kariet.

Tab. 4.18 Vybrané parametre komunikačných kariet

Názov siete	Prenosová rýchlosť	Počet pripojení
Ethernet/IP	10/100 Mb/s	128 - 256
ControlNet	5 Mb/s	99
DeviceNet	125 – 500 kb/s	64
DH+	57,6 – 230,4 kb/s	32
FieldBus	31,25 kb/s	16

Na Obr. 4.41 sú zobrazené komunikačné karty siete DH+, DeviceNet a Ethernet pre PLC rady ControlLogix.



Obr. 4.41 Komunikačné karty pre PLC rady ControlLogix, a)DH+ , b)DeviceNet, c)Ethernet

Špeciálne karty

Ako už hovorí názov, tieto karty sú využívané zriedka a na špeciálne účely. Medzi špeciálne karty patria karty pre počítanie impulzov, špecializované meracie a diagnostické karty a karty na ovládanie pohonov. Najznámejším zástupcom špeciálnych kariet je HSC karta, ktoré slúži na vysokorýchlostne počítanie impulzov zo snímačov. Najbežnejšie

použitie je pri počítaní otáčok na meranie rýchlosti motora alebo meranie dĺžky pásu. Medzi špeciálne karty patria:

- CFM (Configurable flow meter) na meranie prietoku,
- HSC (High-speed counter) na rýchle počítanie impulzov,
- LSC (Low Speed Counter) na pomalé počítanie impulzov, hlavne na kontrolu,
- PLS (Programmable limit switch) na pripojenie koncových spínačov,
- ASCII (American Standard Code for Information Interchange), obsahuje dve rozhrania na siete RS-232, RS-485, alebo RS-422,
- BOOLEAN, na programovanie logických operácií (AND, OR, NOT, ...),
- SM1 alebo SM2, na pripojenie frekvenčných meničov a ovládanie motorov,
- SERCOS, používa digitálnu optickú linku pre riadenie viacosých pohonov.

Na Obr. 4.42 sú zobrazené špeciálne karty HSC, SM- 1 a BOOLEAN pre PLC rady CompactLogix.



Obr. 4.42 Špeciálne karty pre PLC rady CompactLogix, a)HSC , b)SM-1, c)BOOLEAN

Softvérová časť programovateľného logického automatu

Softvérovú časť PLC automatu tvorí firmware a riadiaci program PLC. Firmware je základný program samotného procesora, ktorý je nahraný v pamäti procesora zväčša už od výroby. Firmware PLC je možné nahradiť novšou, ale i staršou verziou. Aktualizácia firmware-u je vyžadovaná zväčša pri prvom pripojení sa na procesor PLC. Proces nahrávania firmware je veľmi dôležitý, nakoľko počas neho nie je dovolený výpadok spojenia alebo napájania. Chyba počas nahrávania firmware môže spôsobiť nefunkčnosť procesora a náprava je zložitá (zväčša až u výrobcu). Riadiaci program má v sebe zahrnutú celkovú konfiguráciu PLC a slúži na samotné riadenie procesov pomocou vstupov a výstupov. Je vytváraný programátora v príslušnom programovacom jazyku v závislosti od typu a použitia PLC.

Prepojenie PLC a programátorského počítača je realizované pomocou OPC komunikácie, ktorá môže byť implementovaná v rámci vývojového prostredia, alebo ju sprostredkováva iná aplikácia.

V nasledujúci popis sa bude venovať programovému vybaveniu od firmy Rockwell Automation, ktoré sa používa na prácu s PLC od tejto firmy. Medzi základné softvérové produkty tejto firmy patria:

- 1) RSLogix 500, slúži na programovanie PLC rady SLC500,
- 2) RSLogix 5000, slúži na programovanie PLC rady Logix,
- 3) RSLinx, slúži na vytváranie OPC komunikácie medzi počítačom a PLC,
- 4) RSNetWorx, slúži na návrh a konfiguráciu priemyselných sietí.

RSLogix 500

Je softvérový balík na konfiguráciu a programovanie PLC rady SLC 500. Umožňuje vytvárať programy v jazyku rebríkových schém (ladder logic) alebo pomocou funkčných blokov. Jednotlivé časti programu sú prehľadne zobrazené v stromovej štruktúre. Vývojové prostredie je užívateľsky orientované, používa symbolické označenie, umožňuje „Drag and Drop“ editáciu a pridávanie položiek, poskytuje krížové referencie medzi podprogramy, automaticky diagnostikuje syntax a iné.

Softvérový balík RSLogix 500 na komunikáciu s PLC využíva komunikáciu OPC program RSLinx je dostupný v troch základných edíciách:

- Professional,
- Standard,
- Starter.

Premenné, ktoré sa používajú v programe, sa ukladajú do dátových súborov. Tieto obsahujú informácie o stave vstupov a výstupov a stave všetkých premenných, ktoré sa používajú v programe. Pamäť je rozdelená do dátových súborov, ktoré sú označené písmenom a číslom súboru. Písmeno označuje aký je typ premennej. Dátové súbory 0 – 7 sú preddefinované, súbor 8 je rezervovaný a súbory 9 – 255 si môže užívateľ definovať ľubovoľne. Detailnejšie sú dátové súbory popísané v tabuľke Tab. 4.19.

Tab. 4.19 Dátový súbor v RSLogix 500

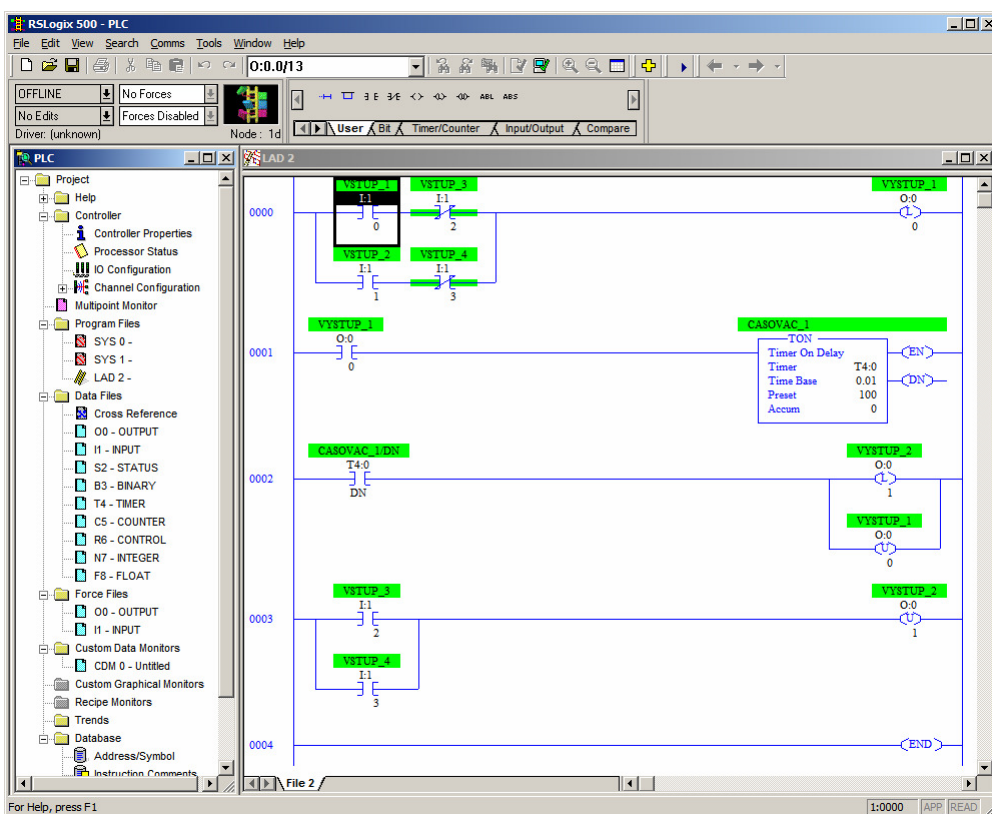
Typ súboru	Identifikátor	Číslo súboru
Výstupy	O	0
Vstupy	I	1
Stavy	S	2
Bity	B	3
Časovače	T	4
Čítač	C	5
Riadenie	R	6
Celé čísla	N	7
Rezervovaný		8
Používatel'om definované	(B, T, C, R, N)	9 – 255

Pre tvorbu programu sú dostupné sady inštrukcií ktoré sú rozdelené do nasledovných kategórií pre:

- binárnu logiku,
- časovače a čítače,
- porovnávanie,
- logické operácie,
- presun,
- prácu so súborom,
- riadenie programu,
- prácu s reťazcami,
- prácu s HSC modulom,
- matematické a trigonometrické operácie,
- špeciálne inštrukcie (PID).

Pracovné prostredie je prehľadne rozdelené a uľahčuje navigáciu medzi jednotlivými časťami. Na Obr. 4.43 je ukážka jednoduchého programu. Obrázok je rozdelený na päť hlavných častí.

1. Panel nástrojov, umožňuje konfiguráciu a prácu s programom.
2. On-line panel, nastavuje a zobrazuje stav procesora a komunikácie.
3. Panel inštrukcií, zobrazuje inštrukcie, ktoré je možné v programe použiť.
4. Strom programu, zobrazuje všetky časti programu usporiadané do stromovej štruktúry. Priečink „Controller“ obsahuje všetky informácie o procesore a konfigurácii celého PLC. Priečink „Program Files“ obsahuje hlavný samotný riadiaci program, ktorý môže byť zložený z viacerých podprogramov. Priečink „Data Files“ obsahuje dátové súbory, ktoré je možné použiť v programe.
5. Okno programu, obsahuje samotný rebríkový diagram programu.



Obr. 4.43 Pracovné prostredie RSLogix 500

RSLogix 5000

Ponúka vývojové prostredie pre PLC rady Logix (CompactLogix, ControlLogix, FlexLogix, SoftLogix). Umožňuje konfiguráciu PLC a samotné programovanie pomocou programovacích jazykov pre PLC, ktoré je možné v rámci programu ľubovoľne kombinovať:

- LD (Ladder Diagram) – rebríkové diagramy,
- FBD (Function Block Diagram) – funkčné blokové diagramy,
- SFC (Sequential Function Chart) – sekvenčné funkčné diagramy,
- ST (Structured Text) – štruktúrovaný text

RSLogix5000 je softvérový balík, ktorý v závislosti od edície obsahuje rôzne časti (napríklad použitie rôznych programovacích jazykov, podporované procesory, emulátor, podpora redundancie a iné.) RSLogix5000 je k dispozícii v týchto edíciách:

- Professional,
- Full,
- Standard/NetWorx,
- Standard,
- Lite,
- Mini,
- Service.

Premenné sú rozdelené do dvoch hlavných skupín. Prvá skupina sú premenné automatu „Controller Tags“, kde sú automaticky pridané všetky premenné vstupných a výstupných kariet PLC. Ďalšie premenné, ktoré je možné pridať je možné použiť vo všetkých programom môžu ich používať aj iné aplikácie (iným PLC, SCADA systém, a podobne). Druhú skupinu tvoria programové premenné „Program Tags“, v ktorých sú všetky premenné daného programu a môžu sa používať iba v rámci tohto programu. Ak je vytvorený nový program v PLC má vytvorené aj vlastné programové premenné avšak premenné automatu sú spoločné, čím sa môže zabezpečiť komunikácia alebo spolupráca medzi programami. Základné dátové typy sú uvedené v Tab. 4.20.

Tab. 4.20 Základné dátové typy RSLogix 5000

Typ	Význam
Bool	Premenné s hodnotou „0“ alebo „1“
Control	riadiace premenné
Counter	Premenná pre čítač
Dint	32 bitové pole s hodnotami $\pm 2\ 147\ 483\ 648$
Int	16 bitové pole s hodnotami $\pm 32\ 768$
Message	Premenná pre komunikáciu so zdieľanými PLC
PID	Premenná pre PID inštrukciu
Real	32 bitová reálna premenná s hodnotami $\pm 3.402823 \cdot 10^{38}$
Sint	8 bitová premenná s hodnotami -128 do 127
String	reťazec ASCII znakov
Timer	Premenná pre časovač

RSLogix 5000 však ponúka omnoho viac dátových typov pre rôzne oblasti použitia (reálne čísla, alarmy, pohony, práca s časom, ...). Navyše umožňuje vytváranie rôznych užívateľom definovaných dátových štruktúr.

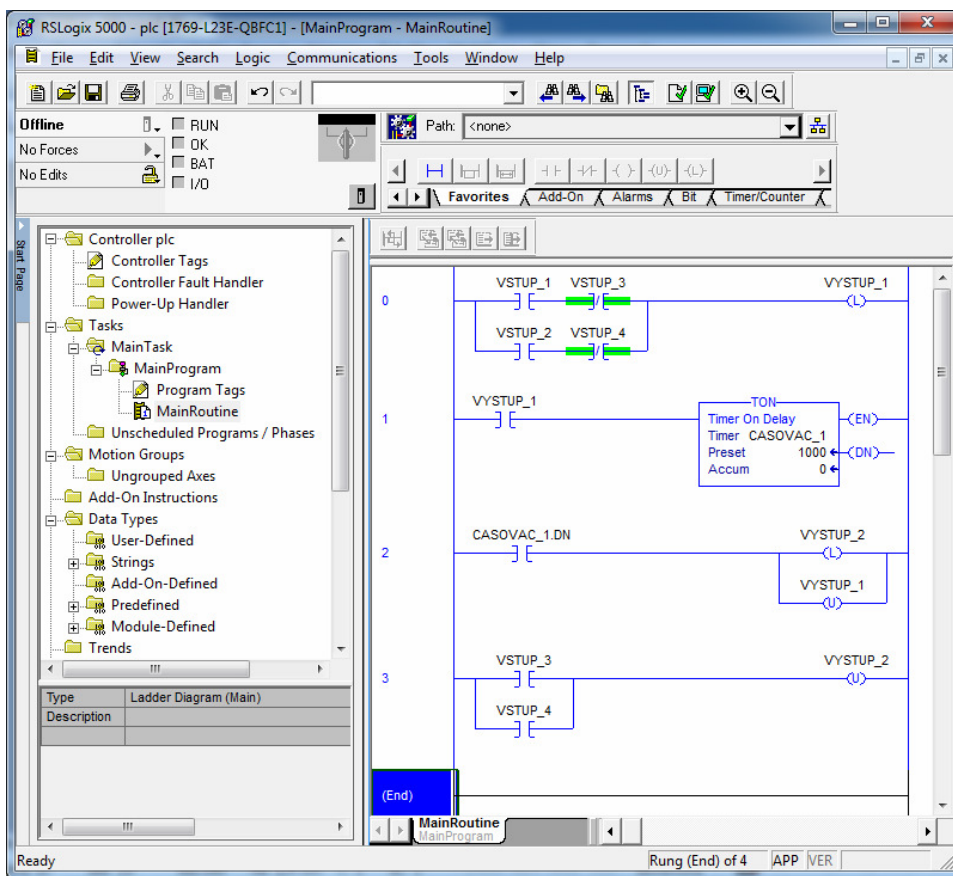
RSLogix 5000 má oproti RSLogix 500 omnoho viac inštrukcií, ktoré sú tiež rozdelené do skupín. Skupiny inštrukcií, ktoré boli uvedené v RSLogix 500 tu nebudú uvedené, avšak aj tie v RSLogix 5000 sú rozšírené o nové inštrukcie. Navyše RSLogix 5000 umožňuje užívateľom vytvárať nové (Add-On) inštrukcie, ktoré je možné exportovať a následne importovať do iného programu. Súbor inštrukcií je obohatený oproti RSLogix 500 o sadu inštrukcií pre:

- alarmy,
- špeciálne funkcie (PID),
- matematické konverzie,
- prácu s pohonmi (motion),
- ladenie programu.

Pracovné prostredie je podobne ako v RSLogix 500, avšak stromová štruktúra programu je značne obohatená. Okrem nastavenia PLC a tvorby samotného programu sa v nej nachádzajú priečky pre:

- prácu s pohonmi,
- užívateľom vytvorené funkcie,
- užívateľom vytvorené dátové typy.

Na Obr. 4.44 je ukážka jednoduchého programu v prostredí RSLogix 5000.



Obr. 4.44 Pracovné prostredie RSLogix 5000

RSLink

Vytvára rozhranie medzi PLC a počítačom, je súčasťou mnohých softvérových balíkov od spoločnosti Rockwell Automation vrátane RSLogix 500 a 5000. RSLink je k dispozícii v dvoch hlavných verziách Enterprise a Classic. RSLink Enterprise predstavuje dátový server, ktorý využíva vlastný komunikačný protokol typu klient-server. RSLink Classic je používaný ako komunikačný server v rôznych oblastiach automatizácie. Je ho možné použiť ako aplikáciu alebo ako službu, a jeho hlavnou úlohou je komunikácia s PLC. RS Link využíva štandardné komunikačné protokoly DDE (Dynamic Data Exchange) a OPC.

RSNetWorx

Je nástroj od spoločnosti Rockwell Automation pre návrh a správu konfigurácií priemyselných sietí ControlNet, DeviceNet a Ethernet/IP. Umožňuje definovať a konfigurovať zariadenia na pripojené k sieti pomocou jednoduchého grafického užívateľského rozhrania. Konfigurácia môže prebiehať off-line pomocou „drag and drop“ presunutia zariadení z dostupných knižníc priamo v programe, alebo on-line pomocou programu RSLinx automaticky prechádzať sieť a vyhľadať všetky zariadenia pripojené k sieti. Medzi hlavné výhody programu RSNetWorx patria:

- vytvorenie modelu siete a definovanie vstupov a výstupov, ktoré budú posielať po sieti,
- jedno tlačidlo pre „upload a download“ konfigurácie celej siete,
- plánovanie siete a výpočet šírky pásma pre komunikáciu,
- vytváranie a konfiguráciu podsietí,
- konfigurácia „Point and click“,
- knižnice zariadení,
- identifikácia konfliktov v konfiguráciách,
- automatické mapovanie vstupov, a výstupov sieťových zariadení,
- podpora automatickej výmeny zariadení v prípade potreby,
- široká kompatibilita s rôznymi výrobcami pomocou EDS (Electronic Data Sheet) súborov,
- možnosť konfigurácie off-line aj on-line,
- konfigurovanie sieťových parametrov (šírka pásma, rezervácia adres, čas aktualizácie, a iné),
- automatické prehľadávanie siete a detekcia nových zariadení,
- logovanie rôznych správ ohľadom zmien na sieti.

4.3.2 Realizácia prvej úrovne riadenia na báze počítača v priemyselnom vyhotovení

Priemyselný počítač sa nijako neodlišuje architektúrou od personálneho počítača, jediným a tým najdôležitejším rozdielom je odolnosť. Je známe, že počítač by nemal byť v prašnom a teplom prostredí, taktiež by mal byť v pokoji a nemala by naň pôsobiť žiadna vibrácia. Je veľmi malo priemyselných odvetví kde by normálny počítač mohol fungovať, aby naň nepôsobili spomínané vlastnosti prostredia. Preto sa pre počítače vymyslel obal ktorý odoláva týmto zlým vlastnostiam prostredia, nie sú to väčšinou všetky neduhy prostredia, ale obal počítača sa vytypuje pre konkrétne prostredie priemyslu v ktorom bude nasadený. Ukážka takéhoto počítača je zobrazená na Obr. 4.45.



Obr. 4.45 Jeden z mnohých príkladov priemyselného počítača

Keďže priemyselný počítač je klasickým počítačom tak musí obsahovať operačný systém. Tieto počítače okrem známych operačných systémov používajú aj real time operating systems (RTOS - OS pracujúci v reálnom čase). OS sa vyberá podľa úlohy ktorú budú spracovávať.

Takýto počítač na komunikáciu s prostredím používa známi Ethernet, ale napríklad s kamerou môže komunikovať pomocou rozhrania FireWire. USB sa v priemysle neodporúča nakoľko maximálna dĺžka prenosového média je len 5 m. Priemyselné počítače môžu obsahovať aj analógové a digitálne V/V karty na komunikáciu so snímačmi a akčnými členmi. Počítač komunikuje z nižšou úrovňou pomocou štandardných V/V rozhraní (RS-232, Centronics), priamych V/V, FireWire, Ethernet, atď. Komunikácia v rámci prvej úrovne je zväčša Ethernet, aby sa nekomplikovala architektúra počítača, ale môže sa použiť aj iné rozhranie. Komunikácia s vyššou úrovňou je sprostredkovaná sieťou Ethernet.

Priemyselné počítače ponúkajú všetky automatizačne firmy. Rockwell Automation ponúka počítače ako 650R, alebo 1450R, firma Siemens ponúka SIMATIC IPC 427C-RTX a 427C-HMI/RTX. Taktiež tieto firmy ponúkajú aj modulárne systémy priemyselných počítačov. V tejto podkapitole budú popísané priemyselné počítače od firmy Advantech.

Hardvérová časť priemyselných počítačov

Priemyselný počítač môže byť vyhotovený kompaktné, alebo modulárne. Firma Advantech ponúka kompaktné priemyselné počítače rady UNO a PEC.

Pre porovnanie najslabší kompaktný priemyselný počítač je UNO-1140 (Obr. 4.46) a najvýkonnejší z rady UNO je UNO-4683 (Obr. 4.47).

UNO-1140



Obr. 4.46 Priemyselný počítač UNO-1140 od firmy Advantech

CPU:	150 MHz
RAM:	64 MB
Pamäť:	CompactFlash konektor pre pamäť
OS:	Windows CE 5.0, alebo DOS
Rozhrania:	LAN (1x), Sériový port (4x), USB 2.0 (2x), VGA (1x)
Spotreba:	10 W

UNO-4683



Obr. 4.47 Priemyselný počítač UNO-4683 od firmy Advantech

CPU:	Intel Core i7 (4 jadrá) 2 GHz
RAM:	4 GB
Pamäť:	1 TB
OS:	Windows CE 6.0, alebo Windows XP SP2
Rozhrania:	LAN (6x), Sériový port (2x), USB 2.0 (6x), VGA (1x), Audio (1x), PCIe (1x), PCI (4x), DVI-I (1x), PS/2 (2x),
Spotreba:	45 W

Modulárne priemyselné počítače sa vyskladajú podobným spôsobom ako klasické počítače. Základné časti modulárneho počítača sú:

- šasi priemyselných počítačov,
- priemyselná matičná doska s CPU (Central Processing Unit),
- operačná pamäť RAM s triedou ochrany pre priemysel,
- pamäťové moduly,
- zdroj,
- priemyselné grafické karty (nie sú nutnou súčasťou priemyselného počítača),
- priemyselné zvukové karty (nie sú nutnou súčasťou priemyselného počítača),
- rozširujúce karty:
 - špeciálne karty:
 - moduly pre bezdrôtové rozhrania,
 - moduly pre dotykové rozhrania,
 - sieťová karta CAN,
 - rozbočovacie a rozširujúce karty,
 - karty určené pre získavanie dát a riadenie (Laboratórne karty):
 - multifunkčné karty,
 - karty analógového vstupu,
 - karty analógového výstupu,
 - karty neizolovaných digitálnych vstupov a výstupov,
 - karty izolovaných digitálnych vstupov a výstupov,
 - karty čítačov/časovačov.

Okrem rozširujúcich kariet a šasi priemyselných počítačov sú všetky súčasti počítača vzhľadovo aj funkčne rovnaké ako u klasických počítačoch (Obr. 4.48), jediný podstatný rozdiel je ten, že splňajú triedu ochrany pre priemysel.



Obr. 4.48 Časti priemyselného počítača: matičná doska, pamäťový modul (pevný disk), RAM, zdroj, zvuková a grafická karta

Šasi priemyselných robotov firma Advantech delí do dvoch skupín *šasi do rack-u* a *šasi upevniteľné na stenu alebo na podložku (desktop)*. Šasi do rack-u sú kategorizované podľa veľkosti od 1U (Obr. 4.49) až po 7U.



Obr. 4.49 Šasi priemyselného počítača ACP-1010 určeného do rack-u o veľkosti 1U

Šasi upevniteľné na stenu alebo na podložku sa delia podľa veľkosti matičnej dosky:

- šasi pre matičné dosky mini-ITX
- šasi pre matičné dosky micro-ATX
- šasi pre matičné dosky ATX (klasická veľkosť matičnej dosky, Obr. 4.50)
- šasi pre systém PICMG 1.0 a PICMG 1.3



Obr. 4.50 Šasi priemyselného počítača IPC-7120 pre matičné dosky ATX

Ďalej sa podkapitola bude venovať rozširujúcim kartám a to konkrétne modulom pre bezdrôtové rozhrania, modulom pre dotykové rozhrania, sieťovej karte CAN, rozbočovacím kartám a kartám určeným pre získavanie dát a riadenie. Karty pre získavanie dát a riadenie sa môžu nazvať aj laboratórne karty.

Moduly pre bezdrôtové rozhrania

Medzi bezdrôtové rozhrania od firmy Advantech patria: WiFi modul, modul WLAN, moduly mobilných sietí (GSM, GPRS, EDGE, atď.) a GPS moduly. Tieto moduly firma ponúka s ovládačmi (driver) a softvérmi pripravenými k použitiu s možnosťou pripojenia k aplikáciám DSR. S Advantech bezdrôtovými modulmi môžu firmy nasadzujúce automatizačnú techniku pomocou priemyselných počítačov ľahko implementovať mnoho bezdrôtových funkcií do svojich riadiacich systémov. Taktiež sa dajú tieto moduly využiť aj vo vyšších úrovniach v klasických počítačoch. Moduly poskytujú bezstarostnú integráciu do DSR. Na Obr. 4.51 je modul bezdrôtového rozhrania, konkrétne modul mobilnej siete typ EWM-C109F601E určený do konektora zbernice matičnej dosky PCIe (Peripheral Component Interconnect Express).



Obr. 4.51 Modul pre bezdrôtové rozhranie, konkrétne modul mobilnej siete EWM-C109F601E

Moduly pre dotykové rozhrania

Firma Advantech ponúka moduly pre tieto dotykové rozhrania: dotykové obrazovky, dotykové tabule a dotykové senzory. Všetky tieto moduly poskytujú vysokú spoľahlivosť, vysoké rozlíšenie a rýchlu odozvu. K týmto modulom okrem ovládača firma Advantech ponúka aj vlastnú aplikáciu TouchWare, ktorá znižuje integračné úsilie do IaRS. Dotykové obrazovky, tabule a senzory firmy Advantech používajú dve technológie a to technológiu povrchovej akustickej vlny (modul tejto technológie je na Obr. 4.52) a odporovú technológiu.



Obr. 4.52 Modul pre dotykové rozhrania technológie povrchovej akustickej vlny, typ ETM-SAW01C

Sieťová karta CAN

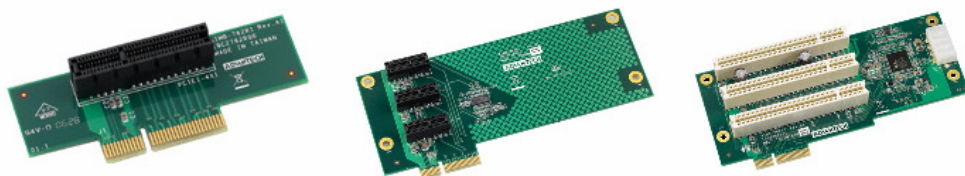
Okrem klasických sieťových kariet, firma Advantech ponúka aj sieťové karty priemyselných sietí, ktoré môžete zapojiť do priemyselného počítača (prípadne aj do klasického počítača). Všetky súčasne vyvíjané sieťové karty priemyselných sietí sú určené do zbernice matičnej dosky PCIe. V aktuálnej ponuke má sieťové karty pre sieť CAN, ktoré sú vyrobené v súlade s normami danej priemyselnej siete. Príkladom takej sieťovej karty je EMCB-200U, ktorá je na Obr. 4.53.



Obr. 4.53 Sieťová karta CAN, typ EMCB-200U určenej do konektora PCIe

Rozbočovacie a rozširujúce karty

Rozbočovacie a rozširujúce karty poskytujú škálovateľnosť a flexibilitu pre rozšírenie počtu PCIe slotov, alebo rozbočenie slotov na matičnej doske v úzkych šasi. Pomocou týchto kariet sa môžu vložiť rozširujúce karty rovnobežne s matičnou doskou a taktiež sa dá rozšíriť jeden slot na viacero slotov, poprípade spraviť konverziu s PCIe na PCI. Možnosti rozbočovacích a rozširujúcich kariet, ktoré boli uvedené sú na Obr. 4.54



Obr. 4.54 Rozbočovacie a rozširujúce karty

Karty určené pre získavanie dát a riadenie (Laboratórne karty)

Laboratórne karty sú určené pre získavanie dát a riadenie, pričom sa k nim pripájajú priame analógové vstupy, analógové výstupy, digitálne TTL vstupy, digitálne TTL výstupy, izolované digitálne vstupy, izolované digitálne výstupy. Taktiež niektoré laboratórne karty obsahujú relé, ktoré priamo spínajú. Za pomoci spomínaných vstupov a výstupov sa môžu robiť rôzne merania, získavať dáta a v neposlednom rade riadiť proces. Využitie laboratórnych kariet je rozsiahle od výskumu a laboratórií (fyzikálne merania), cez riadenie procesov, až po testovanie výrobkov v priemysle.

Prvá klasifikácia laboratórnych kariet bola uvedená v úvode podkapitoly bolo to podľa typu vstupu a výstupu danej laboratórnej karty. Ďalší spôsob delenia laboratórnych kariet je podľa rozhrania počítača ku ktorému sa daná karta pripája, tými zbernicami môžu byť PCIe, PCI a ISA (Industry Standard Architecture).

Označovanie laboratórnych kariet je podľa rozhrania počítača ku ktorému sa pripájajú. Značenie PCL označuje laboratórne karty pripojené cez zbernicu ISA, značenie PCI označuje laboratórne karty pripojené cez zbernicu PCI a značenie PCIE označuje karty pripojené cez zbernicu PCIe. Typ 730 je vyhotovený pre všetky 3 typy zbernic (PCIE-1730,

PCI-1730 a PCL-730). Najnovšou zbernicou matičnej dosky je zbernica PCIe a laboratórna karta s najväčšou funkcionalitou je multifunkčná karta typ 810 PCIe-1810. Tieto dve karty budú pre lepšiu ilustráciu popísané bližšie.

PCL-730 (Obr. 4.55), PCI-1730, PCIe-1730 karty obsahujú:

- 16 digitálnych izolovaných vstupov (logická 0: 1V-3V, logická 1: 10V-30V),
- 16 digitálnych izolovaných výstupov (logická 0: 1V-3V, logická 1: 10V-30V),
- 16 digitálnych TTL vstupov (logická 0: 0V až 0,8V, logická 1: 2V až 5V),
- 16 digitálnych TTL výstupov (logická 0: 0V až 0,8V, logická 1: 2V až 5V),
- konektory pre pripojenie vstupov a výstupov: 1x DB37, 4x 20-pin.



Obr. 4.55 Karta určená pre získavanie dát a riadenie (laboratórna karta) PCL-730 s konektorom ISA

PCIe-1810 (Obr. 4.56) karty obsahujú:

- 16 analógových 12-bitových vstupov,
- 2 analógové 12-bitové výstupy,
- podpora pre digitálny a analógový spúšťač merania analógového vstupu,
- 24 programovateľných digitálnych vstupov a výstupov,
- 2x 32-bitový programovateľný čítač/časovač,
- vstavaná FIFO pamäť pre 4000 vzoriek,
- možnosť automatického skenovania (vyčítavania) analógových vstupov,
- podpora firmy Advantech pre OS Windows 7 a Windows XP,
- konektor pre pripojenie vstupov a výstupov: 68-pin SCSI konektor (samička).



Obr. 4.56 Karta určená pre získavanie dát a riadenie (laboratórna karta) PCIe-1810 s konektorom PCIe

Softvérová časť priemyselných počítačov

V prípade keď riadenie preberá priemyselný počítač, je dobré rozmyslieť si aký *operačný systém* sa použije. Taktiež treba dbať nato, aby sa dalo pracovať so všetkými hardvérmí v tomto počítači, takže musia byť nainštalované správne *ovládače*. Ešte pred vývojom vlastného riadiaceho programu by bolo dobré hardvér, ktorý sa bude používať pri riadení, odskúšať nejakou *obslužnou aplikáciou*. Okrem ovládačov a obslužných aplikácií spoločnosť Advantech ponúka aj *knižnice* pre programovacie jazyky, ktoré uľahčujú programovanie ich zariadení. No a zabúdať netreba ani na *vývojové prostredie* v ktorom sa riadiaci program bude vyvíjať.

Operačné systémy

Firma Advantech neponúka žiaden vlastný OS, ale ponúka overené OS pri ktorých garantuje spoľahlivosť dodaného hardvéru. Týmito OS sú:

- Windows CE 5.0
- Windows CE 6.0
- Windows XP Service Pack 2

Spoločnosť Advantech neponúka žiaden RTOS, najskôr kvôli vlastnostiam ich automatizačných prvkov v priemyselnom počítači. Keďže priemyselný počítač je architektúrou rovnaký ako klasický počítač, tak sa naň môže nainštalovať akýkoľvek OS, ale zo strany firmy Advantech nemusí byť zabezpečená podpora (ovládače, obslužné aplikácie) ich vlastných produktov.

Ovládače

Napriek tomu, že do svojich priemyselných počítačov ponúkajú iba Windows CE 5.0, Windows CE 6.0 a Windows XP, tak ovládače ponúkajú aj pre Windows Vista, Windows 7 a Windows 8. Všetky ovládače poskytujú vo forme inštaláčnych balíkov, takže inštalácia je veľmi jednoduchá.

Knižnice

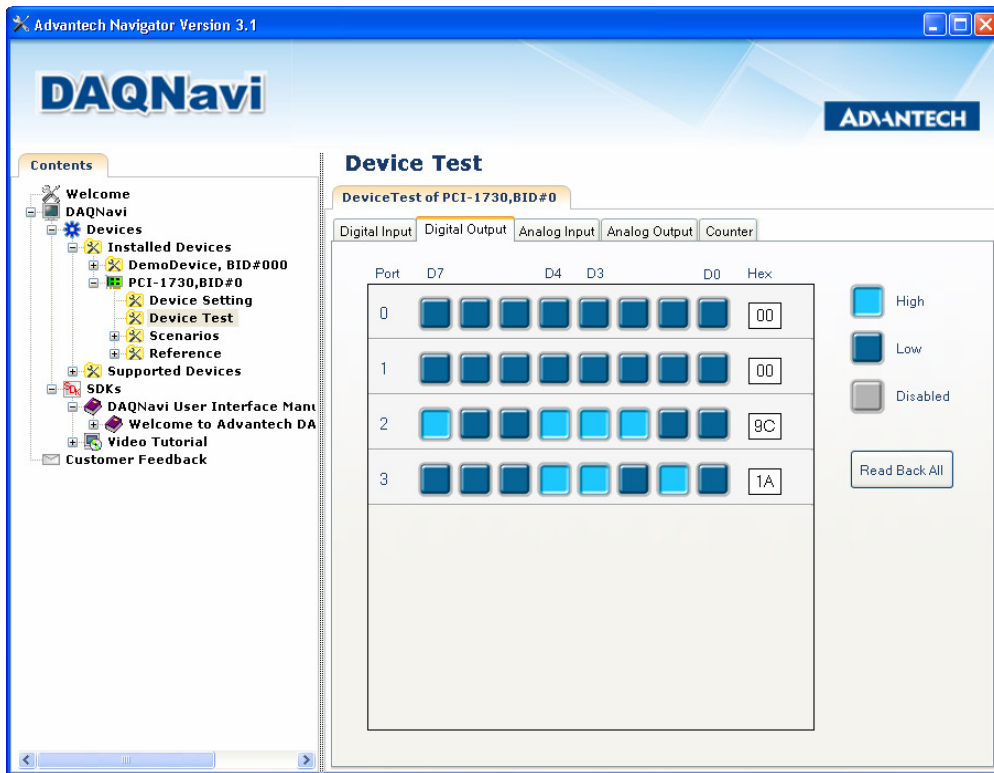
Spoločnosť Advantech ponúka ku svojim zariadeniam aj knižnice k programovaniu vlastných aplikácií. Väčšinou sú to knižnice pre programovacie jazyky C a C++, ale ponúkajú aj dynamické knižnice, čo otvára dvere aj iným programovacím jazykom. Všetky tieto knižnice sú súčasťou inštaláčneho balíka ovládača.

Obslužné aplikácie

Firma Advantech ponúka k všetkým laboratórnym kartám obslužnú aplikáciu DAQNaví (Obr. 4.57), pre odskúšanie funkčnosti danej karty. Pomocou tejto aplikácie sa dajú skontrolovať všetky vstupy a výstupy (digitálne aj analógové) laboratórnej karty.

DAQNaví je plný softvérový balík pre programátorov, ktorý vyvíjajú programy pre laboratórne karty (karty pre získavanie dát a riadenie) od firmy Advantech. Tento integrovaný softvérový balík obsahuje ovládače, sadu vývojových nástrojov (knižnice), príručky a vzorové aplikácie. S užívateľsky prívetivým (user-friendly) dizajnom aplikácie sa dá rýchlo zoznámiť a taktiež je veľkou pomocou pri oboznamovaní sa so samotným hardvérom (s laboratórnou kartou) a jeho programovaním. V balíku je množstvo vzorových aplikácií so zdrojovými kódmi pre rôzne vývojové prostredia a programovacie jazyky, čo podstatne uľahčí prácu programátorom riadiacich systémov.

V prípade keď sa nasadzujú do systému laboratórne karty, tak spoločnosť ktorá ich nasadzuje používa vlastné riadiace programy. Preto táto aplikácie má vo veľkej miere iba význam prvotného testovania zariadenia.



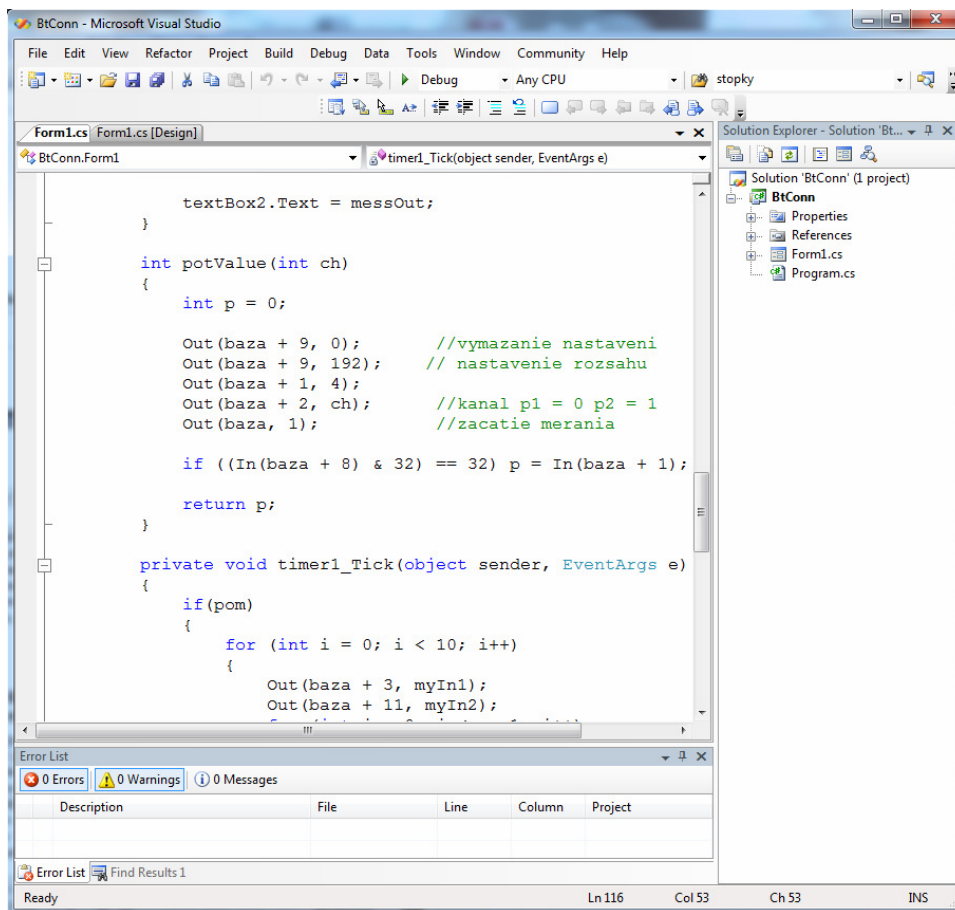
Obr. 4.57 Obslužná aplikácia DAQNavi, testovanie laboratórnej karty PCI-1730

Vývojové prostredie

Firma Advantech neponúka žiadne vývojové aplikácie, ale nakoľko celú podporu má založenú na operačných systémoch Windows, tak najideálnejším vývojovým prostredím je Microsoft Visual Studio. Najlepšie je použiť programovacie jazyky C a C++, pretože na týchto jazykoch je založená podpora, ale nič nebráni v použití iného programovacieho jazyka nakoľko aj aplikácia DAQNavi ponúka príručky a vzorové aplikácie so zdrojovými kódmi v iných programovacích jazykoch.

Používanie knižníc uľahčuje programátorovi prácu, no napriek tomu tieto knižnice nemusia byť použité. Všetky ovládače laboratórnych kariet určujú pre dané zariadenie základnú adresu registra (portu) na ktorú sa dajú zapisovať a vyčítavať hodnoty, takže knižnice v takomto prípade nie sú nutnosťou. Spoločnosť Advantech ponúka k obidvom prístupom programovania (pomocou knižníc, alebo priamym zápisom a čítaním z registrov) manuály a príručky. Programovanie priamym zápisom a čítaním z registrov je zložitejšie, ale to dáva programátorovi možnosť výberu akéhokoľvek programovacieho jazyka.

Na Obr. 4.58 je vývojové prostredie Microsoft Visual Studio s časťou kódu v programovacom jazyku C# pre laboratórnu kartu PCL-818, prístup programovania je založený na priamom zápise a čítaní z registrov.



Obr. 4.58 Vývojové prostredie Microsoft Visual Studio s programom pre laboratórnu kartu PCL-818

4.3.3 Realizácia prvej úrovne riadenia na báze jednočipového mikropočítača

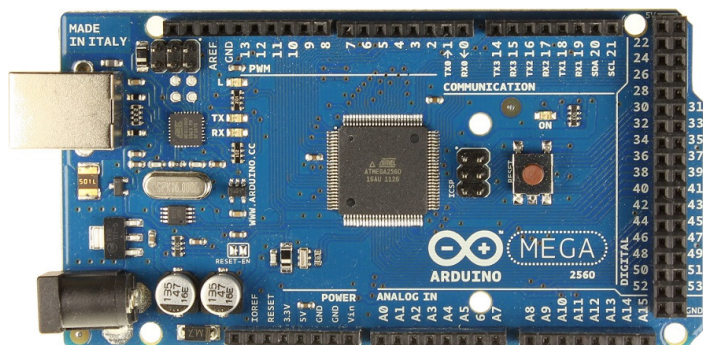
Jednočipové mikropočítače sa môžu v riadení technologických procesov použiť ako rozhranie (interface) medzi snímačmi, akčnými členmi a radiacim systémom, alebo ako samotná riadiaca jednotka. V prvom prípade slúži ako riadiaci prvok počítača (alebo PLC) a jednočipový mikropočítač sprostredkováva spojenie medzi touto riadiacou jednotkou a okolím. V takejto konfigurácii môžeme prirovnať jednočipový mikropočítač k laboratórnej karte, pričom ako komunikačné rozhranie medzi personálnym počítačom a jednočipovým mikropočítačom slúži napríklad rozhranie UART (Universal Asynchronous Receiver and Transmitter), USB, Ethernet, Bluetooth, atď. V druhom prípade je celý rozhodovací a riadiaci proces vykonávaný jednočipovým mikropočítačom a vyššie spomínaná komunikácia slúži pre účely SCADA/HMI.

Mohlo by sa zdať, že použitie jednočipových mikropočítačov v riadení je zbytočné, keďže namiesto nich sa dá použiť laboratórna karta alebo PLC, ich nesmiernou výhodou však je univerzálnosť, kompaktnosť a nízka cena. Nevýhodou však je nutnosť návrhu a výroby dosky plošných spojov (DPS) a zložitejšie programovanie ako pri programovaní rebríkových schém pre PLC.

Hardvérová časť jednočipových mikropočítačov

Na trhu existuje nesmierne množstvo typov jednočipových mikropočítačov, ktoré sa líšia počtom bitov, ktoré dokáže CPU spracovať v jednom čase (8-bitové, 16-bitové, 32-bitové), maximálnou taktovacou frekvenciou, veľkosťou pamäte ROM (Read Only Memory) a RAM, počtom V/V pinov, komunikačnými perifériami, atď.

Na Obr. 4.59 je znázornená vývojová doska Arduino Mega 2560 osadená 8-bitovým jednočipovým mikropočítačom ATmega2560 od firmy Atmel Corporation, ku ktorej sa dajú pomocou expanzných konektorov pripojiť snímače, akčné členy, displeje a iné periférne obvody.



Obr. 4.59 Vývojová doska Arduino Mega 2560

Štruktúra jednočipových mikropočítačov

Všetky jednočipové mikropočítače majú spoločné niekoľko vecí a to Harwardskú architektúru a každý z nich obsahuje nasledujúce základné prvky:

- CPU,
- pamäť (RAM, ROM),
- vstupno/výstupné porty (GPIO – General purpose input/output),
- prerošovací podsystem,
- čítače/časovače.

Podľa typu môžu navyše obsahovať napríklad watchdog, pamäť EEPROM (Electrically Erasable Programmable ROM), A/D, D/A prevodníky, PWM výstupy, rôzne komunikačné rozhrania, DMA (Direct Memory Access) jednotku, RTC (Real Time Clock) a iné.

Existuje veľa firiem zaoberajúcich sa výrobou a vývojom jednočipových mikropočítačov, pričom každý z nich vyrába jednočipové mikropočítače s inou vnútornou štruktúrou. Aj keď v základe sú si skoro všetky podobné, medzi značkami sa môžu líšiť napríklad inštrukčnou sadou alebo spôsobom programovania. Najväčšie firmy vyrábajúce jednočipové mikropočítače sú napríklad:

- Texas Instruments (MSP430, C2000, Tiva, Hercules),
- Microchip (PIC, dsPIC, PIC32),
- Atmel Corporation (ATtiny, ATmega, ATxmega, megaAVR),
- STMicroelectronics (STM8, STM32),
- Freescale Semiconductor (RS08, S08, S12, S12X, Qorivva).

Periférie jednočipových mikroočítačov

Na komunikáciu jednočipového mikroočítača s okolím, načítavanie údajov zo snímačov a riadenie akčných členov používa jednočipový mikroočítač takzvané periférie. Tieto periférie môžeme deliť nasledujúcim spôsobom:

- Vstupy/výstupy pre všeobecné použitie GIPO (General Purpose Input Output)
 - digitálne vstupy a výstupy,
 - analógové (A/D, D/A, PWM).
- Komunikačné periférie:
 - USART/UART (Universal Synchronous / Asynchronous Receiver and Transmitter),
 - SPI (Serial Peripheral Interface),
 - I²C,
 - USB,
 - CAN,
 - Ethernet.

GPIO piny sú jeho najzákladnejšie periférie jednočipového mikroočítača. Ich pomocou sa dá načítať hodnota napríklad zo snímačov, tlačidiel alebo potenciometra a ovládať napríklad LED diódy, displeje, motory a iné akčné členy. Komunikačné periférie slúžia napríklad na prenos dát medzi viacerými jednočipovými mikroočítačmi, medzi jednočipovým mikroočítačom a personálnym počítačom alebo medzi jednočipovým mikroočítačom, snímačmi a akčnými členmi, ktoré podporujú daný typ periférie.

Softvérová časť jednočipových mikroočítačov

Aby mohol jednočipový mikroočítač vykonávať nejakú činnosť, musí sa vytvoriť program a následne ho nahráť do mikroočítača. Podľa tohto programu sa bude mikroočítač správať. Tento program je vytváraný na počítači a následne nahratý do pamäte mikroočítača.

Programovanie jednočipového mikroočítača

Jednočipové mikroočítače je možné programovať v rôznych programovacích jazykoch, pričom najbližšie ku strojovému kódu je programovací jazyk ASSEMBLER. V dnešnej dobe sa najviac využívajú na programovanie jednočipových mikroočítačov programovacie jazyky ako napríklad C, C++, Basic, Pascal, atď. Aj keď sa v ASSEMBLERI zložitejšie programuje a výsledný kód je menej prehľadný, doteraz sa používa a to hlavne v aplikáciách v ktorých je zásadná rýchlosť a efektívnosť vykonávania programu.

Niektorí výrobcovia ponúkajú vlastné vývojové prostredie k svojim jednočipovým mikroočítačom (Microchip – MPLAB, Atmel Corporation – Atmel Studio), existujú však aj firmy, ktoré sa zaoberajú vývojom vývojových prostredí (Keil – uVision, MikroElektronika – mikroC, mikroBasic, mikroPascal). Po skompilovaní programu kompilátor vytvorí súbor .hex, .obj, ktorý je možné nahráť do pamäte jednočipového mikroočítača.

Nahrávanie programu do jednočipového mikroočítača

Skompilovaný program sa dá napáliť (nahrať) do pamäte jednočipového mikroočítača viacerými spôsobmi a to:

1. dedikovaným programátorom daného,
2. použitím bootloderu,
3. pomocou JTAG (Joint Test Action Group)/SWD (Serial Wire Debug) rozhrania.

V prvom prípade sa k napáleniu programu do pamäte jednočipového mikropočítača používa buď univerzálny programátor (napríklad programátor PRESTO, Uprog, atď.) alebo programátor určený priamo pre daný typ jednočipového mikropočítača (Pickit – Microchip, ST-Link – STMicroelectronics, atď.). Existujú dva spôsoby nahrávania programu týmito programátormi. V prvom prípade sa jednočipový mikropočítač musí vybrať zo zapojenia a pripojiť do päťice programátora, pričom v druhom prípade je ho možné programovať priamo v zapojení použitím ICSP (In Circuit Serial Programming). Niektoré typy programátorov umožňujú ladenie (debugovanie) vytvoreného programu priamo v zapojení.

V druhom prípade sa najskôr do pamäte jednočipového mikropočítača pomocou prvej metódy napáli malý program (bootloader), ktorý zabezpečuje komunikáciu s personálnym počítačom a prepisovanie pamäte programu na základe dát prijatých z počítača. Komunikácia jednočipového mikropočítača s počítačom je v tomto prípade realizovaná prostredníctvom rozhrania UART, SPI, Ethernet, CAN, USB, atď. Tento spôsob programovania používajú napríklad vývojové dosky typu Arduino, ktoré obsahujú jednočipový mikropočítač od firmy Atmel Corporation a k počítaču sa pripájajú pomocou rozhrania UART, ktoré je prevodníkom prevedené na rozhranie USB.

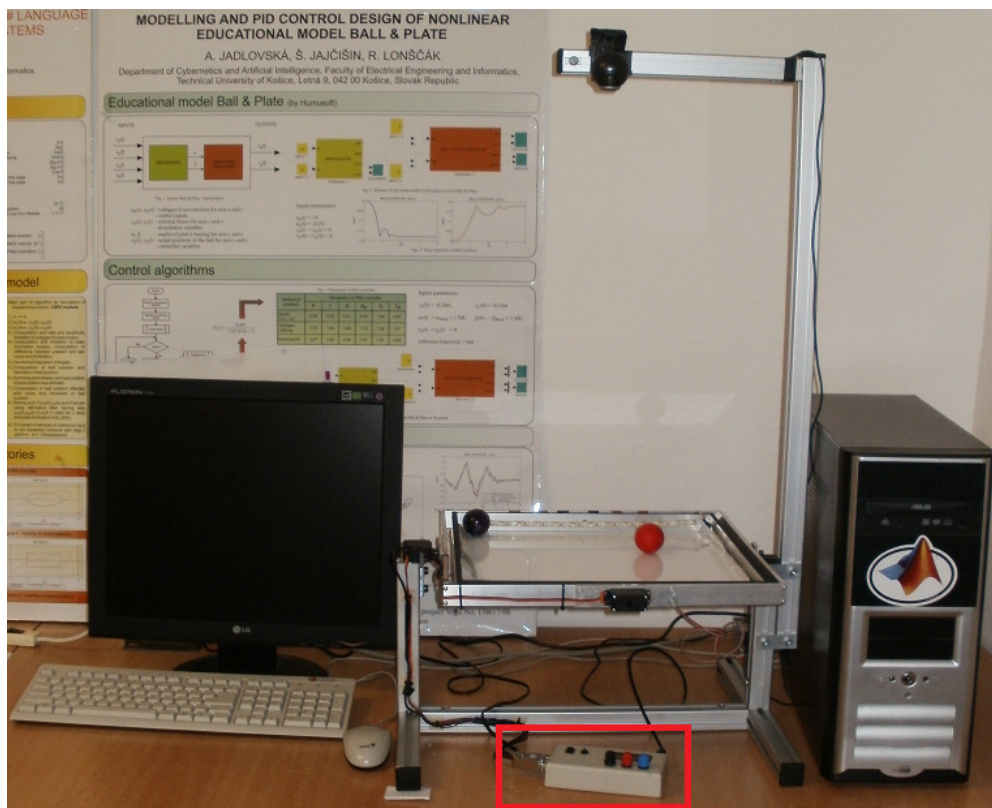
V treťom prípade je jednočipový mikropočítač programovaný JTAG/SWD programátorom, ktorý vo väčšine prípadov umožňuje debugovanie programu. Rozdiel tohto spôsobu programovania od prvého spôsobu je ten, že JTAG/SWD sú štandardizované rozhrania, čo umožňuje programovať jedným programátorom viacero typov súčiastok (nielen jednočipové mikropočítače). Rôzne typy programátorov sú ilustrované na



Obr. 4.60 Rôzne typy programátorov jednočipových mikropočítačov

Použitie mikropočítača ako rozhrania medzi počítačom a laboratórnym modelom

Za účelom výuky riadenia reálnych dynamických systémov bol vytvorený laboratórny model guľôčka na ploche riadený prostredníctvom počítača. Cieľom riadenia v tomto prípade je dostať guľôčku na požadované miesto na ploche, prípadne sledovať určitú referenčnú trajektóriu (kruh, štvorec, hviezdu, atď.). Model má dva stupne voľnosti v dvoch osiach, pričom akčnými členmi sú v tomto prípade modelárske servo-pohony, ktoré nakláňajú rovinu v osi X a Y. Servo-pohony sú riadené jednočipovým mikropočítačom použitím PWM, ktorou sa nastavuje požadovaný uhol natočenia servo-pohonu. Na rovine sa nachádza guľôčka, ktorej poloha je snímaná kamerou umiestnenou nad rovinou. Riadiaci počítač vypočíta pomocou regulátora z aktuálnej polohy guľôčky a z jej referenčnej trajektórie akčný zásah a prostredníctvom USB rozhrania pošle informáciu o požadovanom uhle natočenia do jednočipového mikropočítača. Ten informáciu prijme, spracuje a transformuje ju na zodpovedajúci PWM signál pre servo-pohony. Na Obr. 4.61 je znázornený laboratórny model guľôčky na ploche. Riadiaca jednotka servo-pohonov s jednočipovým mikropočítačom je zvýraznená červeným rámčekom.



Obr. 4.61 Laboratórny model guľôčky na ploche

4.3.4 Programovateľná riadiaca jednotka priemyselných robotov

Priemyselné roboty sú hlavnou súčasťou priemyselnej automatizácie. Prvé priemyselné roboty mali nárazkové polohovanie (bez servo-pohonu) v istých polohách boli stopéry, do ktorých robot narážal a to ho v krajnej polohe zastavilo. Neskôr vyvinuli priemyselné roboty programované (učené) pomocou point-to-point, kde sa robot dostával z bodu do bodu pričom programátor definoval tieto body. Neskôr keď už mali tieto roboty lepšie a rýchlejšie výpočtové jednotky tak mohlo byť týchto bodov viac a bližšie pri sebe a tak sa dala definovať aj trajektória pomocou mnohobodového (multi-point) riadenia. Neskôr vzniklo aj dráhové riadenie kde programátor zadal typ trajektórie medzi dvoma bodmi (lineárna trajektória, point-to-point trajektória) alebo troma bodmi (kružová trajektória).

Najnovšou generáciou priemyselných robotov sú tie, kde sa dá pohyb robota riadne programovať pomocou cyklov, podmienok a aritmetických funkcií pričom sa dajú používať interné aj externé premenné (z inej riadiacej jednotky – počítač, PLC, atď.).

Hardvérová časť programovateľnej riadiacej jednotky robota

Najznámejšími výrobcami priemyselných robotov sú firmy ABB, KUKA a Mitsubishi Electric. Každý výrobca používa vlastnú riadiacu jednotku robota (RJR) a k tejto jednotke má vlastné vývojové prostredie a vlastný programovací jazyk.

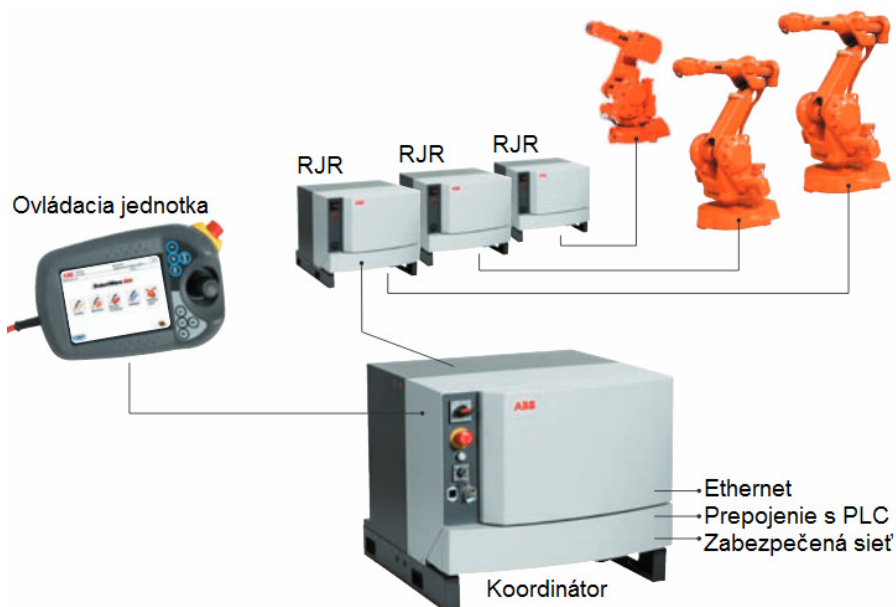
Najnovšie RJR od jednotlivých firiem:

- ABB: IRC5,
- KUKA: KR C4,
- Mitsubishi Electric: CR1DA, CR2DA, CR3D, CR750-D (Obr. 4.62).



Obr. 4.62 RJR od firmy Mitsubishi Electric

Každý priemyselný robot má vlastnú RJR. Každá firma väčšinou vyvíja jeden typ RJR a ten je vhodný pre všetkých priemyselných robotov, ktoré daná firma vyrába, ale napriek tomu každý jeden robot potrebuje vlastnú RJR. Práve tento dôvod poukazuje na potrebu koordinátora vo výrobnom procese. Týmto koordinátorom je vo vysokej miere PLC, ale niektoré firmy (napr. ABB) ponúkajú použitie ďalšej RJR ako koordinátora procesu v prípade ak koordinátor koordinuje iba priemyselných robotov (Obr. 4.63).



Obr. 4.63 RJR ako koordinátor priemyselných robotov

Tak ako pri PLC a priemyselných počítačoch aj pri RJR existujú kompaktné verzie, ktoré sú omnoho menšie a plne postačujú na riadenie priemyselného robota, ale ich veľkosť spôsobuje že sú obmedzené počtom slotov pre sieťové a vstupno/výstupné karty. Na Obr. 4.62 je zobrazená RJR CR1DA od firmy Mitsubishi Electric. Taktiež aj firma KUKA ma kompaktnú verziu RJR na Obr. 4.64 môžete vidieť porovnanie KR C4 a KR C4 compact.



Obr. 4.64 RJR KR C4 od firmy KUKA (vľavo klasická verzia a vpravo kompaktná)

Ďalším dôležitý hardvérom, ktorý ponúka každá firma vyrábajúca priemyselné roboty je zaučovacia jednotka (teaching pendant). Pomocou tejto jednotky (Obr. 4.65) je možné priemyselné roboty ovládať, učiť nové pohyby, programovať a nastavovať parametre.

Pri použití zaučovacej jednotky pri programovaní priemyselného robota, sa programovanie delí na *on-line* a *off-line* programovanie.

On-line programovanie je taký typ programovania, kde ovládaním robota zaučovacou jednotkou potvrdzujeme polohy, ktoré sa zapisujú do vytváraného programu a takýmto tvorením trajektórie robota vytvoríme celý program. Okrem polôh je možné pri on-line programovaní vyberať aj trajektóriu medzi zvolenými bodmi (polohami) a taktiež manipulovať s čeľušťami.

Off-line programovanie sa vykonáva vo vývojovom prostredí danej RJR, ktorá je popísaná nižšie. Niektoré zaučovacie jednotky dávajú možnosť písania programu prostredníctvom nej samej. Lenže takéto programovanie nie je možné odsimulovať, takže keď sa začne kontrolovať každá nová pozícia v programe, tak sa znovu stáva toto programovanie on-line programovaním.



Obr. 4.65 Ovládacia a zaučovací jednotka určená pre RJR firmy Mitsubishi Electric

Komunikácia s nulťou úrovňou (servo-pohony priemyselného robota) je tiež závislá od výrobcu. KUKA používa sieť InterBus a napríklad Mitsubishi Electric používa SSCNET III. Komunikácia v rámci prvej úrovne je už trochu zjednotená, keďže pri automatizácii priemyslu sa nemusí všetko nakupovať od jednej spoločnosti. Všetky spomínané firmy ponúkajú komunikáciu po sieťach Profibus alebo DeviceNet. KUKA a Mitsubishi Electric napríklad ponúka ešte aj ProfiNet, EtherCAT a Ethernet/IP (priemyselný Ethernet). Komunikáciu s vyššími úrovňami tieto spoločnosti riešia tiež, ale nakoľko je zrejme, že v priemysle nebude jediným automatizačným prvkom jeden priemyselný robot, tak s vyššou úrovňou bude komunikovať koordinátor, ktorý nemusí byť od danej firmy. Komunikácia medzi vývojovým prostredím a riadiacou jednotkou robota je poväčšine sprostredkovaná pomocou rozhrania Ethernet, ale používa sa aj RS-232 alebo USB.

Ak sa začleňuje priemyselný robot od firmy Mitsubishi Electric do IaRS, tak firma Mitsubishi Electric ponúka dva prístupy a to kompaktný prístup a modulárny prístup.

Kompaktný prístup (séria FD)

Kompaktný prístup je pomocou už prezentovaných RJR (CR1DA, CR2DA, CR3D, CR750-D). RJR disponujú základnými rozhraniami ktorými sú:

- USB (komunikácia s vývojárskym počítačom),
- RS-232 (sériová komunikácia s RJR, komunikácia s vývojárskym počítačom),
- Ethernet (pripojenie do siete automatizačného procesu).

K spomínaným RJR sa dajú pripojiť aj karty rôznych rozhraní, ale sú obmedzené počtom slotov a to nasledovne CR1DA a CR750-D majú 2 rozširujúce sloty a CR2DA, CR3D majú po 3 sloty. Rozširujúce karty, ktoré sa môžu zapojiť do slotov:

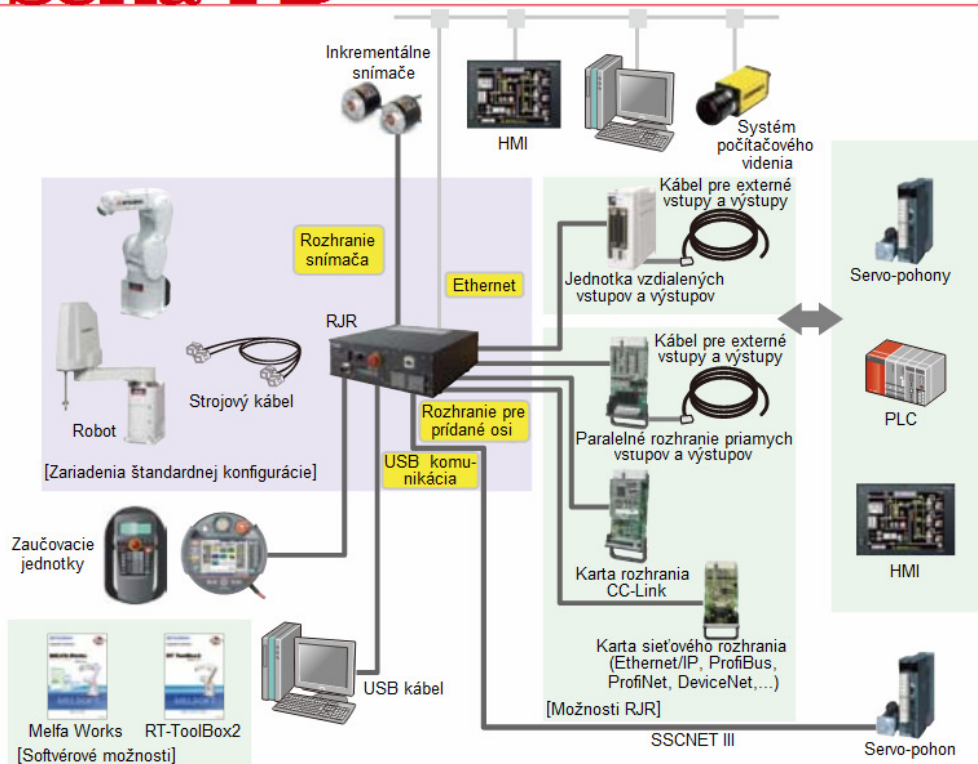
- CC-Link rozhranie,
- Paralelné rozhranie priamych vstupov a výstupov (On-board parallel input/output interface),
- Sieťové rozhranie (Network interface card): Ethernet/IP - Obr. 4.66, ProfiNet, Profibus, DeviceNet, atď.



Obr. 4.66 Sieťová karta rozhrania Ethernet/IP pre RJR firmy Mitsubishi Electric

Kompaktný prístup (séria FD) k riadeniu je možné vidieť na obrázku Obr. 4.67.

Séria FD

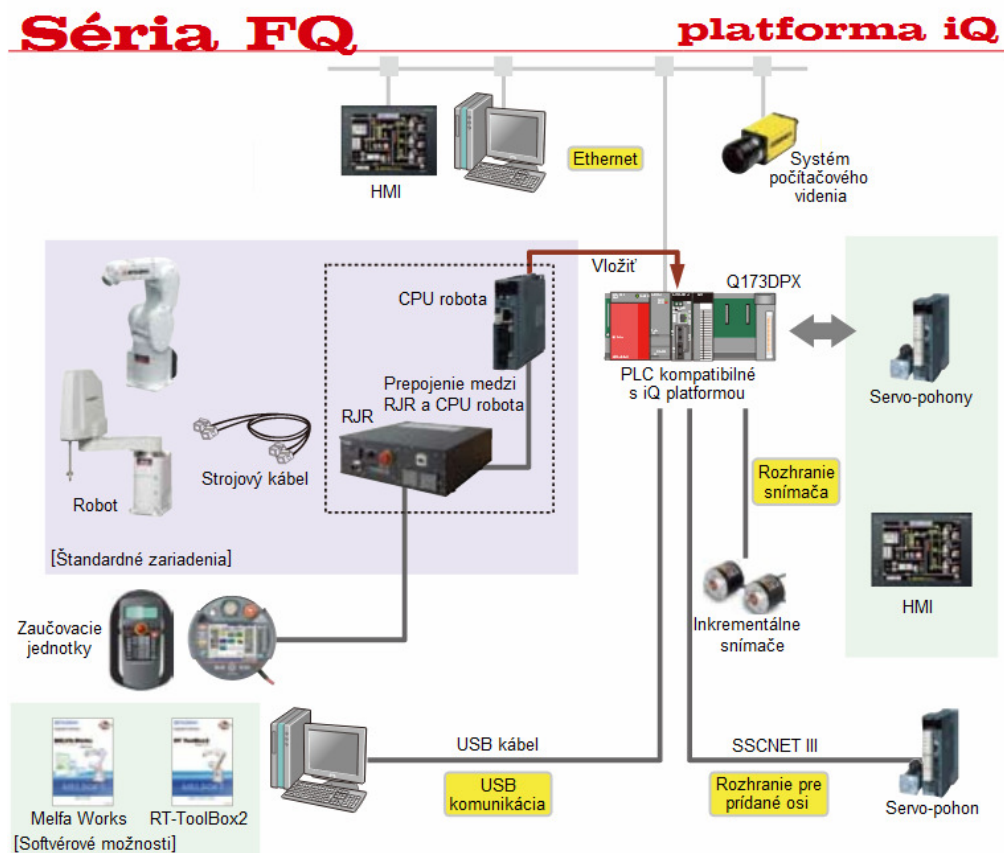


Obr. 4.67 Kompaktný prístup (séria FD) k riadeniu priemyselných robotov

Modulárny prístup (séria FQ)

Pri modulárnom prístupe sa využívajú RJR rady Q: CR1QA, CR2QA, CR3Q, CR750-Q. RJR vyzerajú rovnako ako v rade D, len fungujú ináč. Písmeno D pri kompaktnom prístupe znamenalo Direct, čiže priamo. Tým je myslené, že robot bol riadený priamo RJR. Písmeno Q značí, že RJR spĺňa platformu iQ, táto platforma je interná pre spoločnosť Mitsubishi Electric. Ak zariadenia spĺňajú platformu iQ a všetky

sú zapojené v šasi, tak vedia medzi sebou komunikovať. Modulárny prístup (séria FQ) je znázornený na Obr. 4.68.



Obr. 4.68 Modulárny prístup (séria FQ) k riadeniu priemyselných robotov

Podľa Obr. 4.68 je zjavné, že nutnosť pripájania externých kariet rôznych rozhraní k RJR nie je potrebná, pretože RJR je priamo pripojená do šasi PLC, kde je možné vložiť akúkoľvek inú komunikačnú, vstupno/výstupnú alebo špeciálnu kartu.

Softvérová časť programovateľnej riadiacej jednotky robota

Pre vývoj programu riadenia priemyselných robotov je potrebné vývojové prostredie a programovací jazyk. Priemyselné roboty KUKA používajú vývojové prostredie KUKA.WorkVisual a programovací jazyk KRL (KUKA robot language). Firma ABB používa prostredie ABB RobotStudio a jazyk RAPID. Spoločnosť Mitsubishi Electric používa pre svoje roboty prostredie RT-Toolbox 2 a jazyk Melfa V. Okrem vývojových prostredí existujú aj simulačné prostredia, kde je možnosť odsimulovať správanie sústav priemyselných robotov na základe ich riadiacich programov. Firma KUKA vyvinula simulačné prostredie KUKA.Sim a firma Mitsubishi Electric Melfa Works.

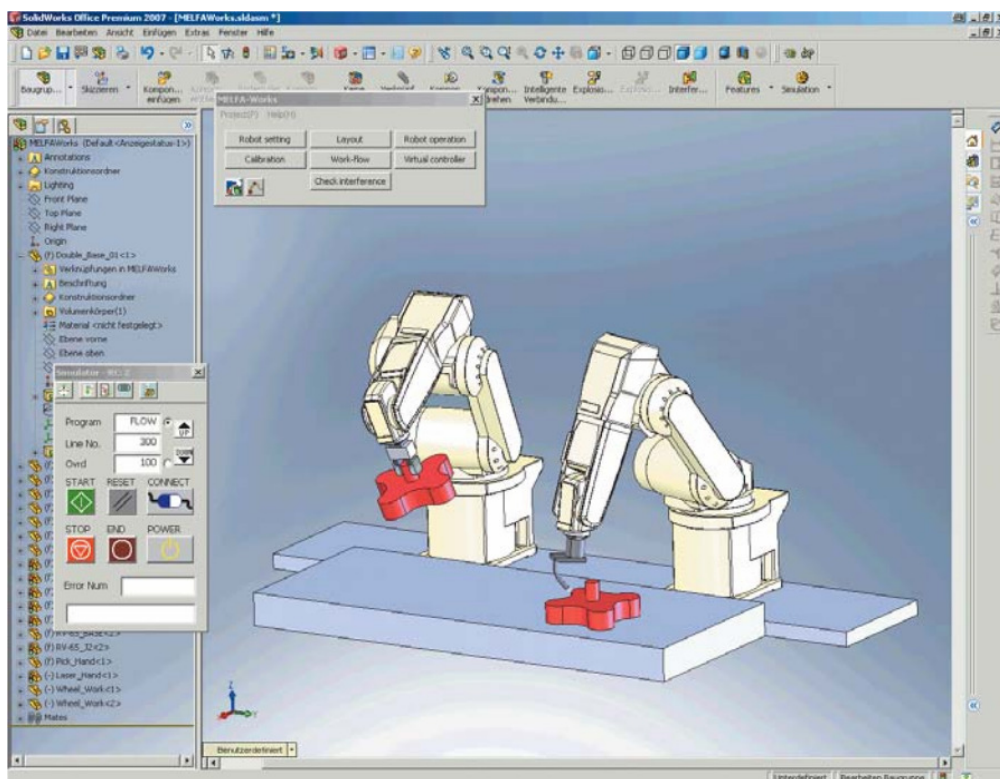
Táto časť sa bude venovať nástrojom firmy Mitsubishi Electric:

- Melfa Works,
- RT-Toolbox 2,
- Melfa V.

Melfa Works

Melfa Works je softwarový balík pre 3D simuláciu priemyselných robotov. Môže simulovať kompletne pracovisko, samotného robota, ako aj jeho interakciu s prostredím. Melfa Works je doplnok programu Solid Works a preto môže využiť všetky pokročilé funkcie tohto moderného 3D-CAD balíka. Môžu sa tak vybrať napríklad chápadla, senzory a iné komponenty z rozsiahlych knižníc a použiť ich priamo v Melfa Works.

Tento balík výkonných softwarových nástrojov pomôže pri procesoch plánovania, programovania a testovania projektov. Funkcia kontroly dosahu pomáha už v prvotnej fáze plánovania zvoliť najvhodnejší robotický systém pre danú úlohu. Behom simulácie existuje možnosť voľne premiestňovať robotov a ďalšie súčasti výrobné bunky a jednoducho tak optimalizovať celkový návrh systému. Vzhľad simulačného nástroja Melfa Works je zobrazená na Obr. 4.69.



Obr. 4.69 Melfa Works

Melfa Works využíva k programovaniu robotov v simulačnom prostredí strojové programovacie jazyky (Melfa V). To znamená, že pri prenose výsledného programu do robota nie je potrebné prevádzať žiaden prevod, ani iné kroky navyše. Taktiež je v programe k dispozícii komplexný systém on-line náповeđi. Ako náhle je program pre robota hotový, môže sa otestovať priamo v simulačnom prostredí, čím sa predíde náročnému premiestňovaniu výrobné bunky z procesu výroby, aby sa mohla otestovať.

Softwarové balíky RT-ToolBox2 a Melfa Works sú výkonné nástroje, ktoré poskytujú vysoko efektívnu a nenákladnú konfiguráciu. Nástroje umožňujú vysoko spoľahlivé plánovanie prevádzky systémov dokonca aj pred nákupom samotného hardvéru.

3D-CAD systém Solid Works ponúka celú radu konštrukčných nástrojov. Pomocou prídavného nástroje Melfa Works je možné implementovať plne funkčné CAD modely robotov do navrhovaného (tvoreného) systému a robiť simuláciu ich činnosti.

Inštalácia navrhnutých chápadiel alebo ATC (Auto Tool Changers – Automatické výmenníky nástrojov) a využitie externých vstupov a výstupov ponúka možnosť simulovať funkcie aplikácií takmer ako v skutočnosti. Vďaka tejto implementovanej virtuálnej RJR a využitiu parametrov robota pre výpočet doby cyklu je dosiahnutá vysoká presnosť simulácie.

S využitím nástroja pre priebeh procesu je možné presne spočítať cestu pohybu a to len zvolením hrany a odpovedajúcej plochy, a kompletný program pre pohyb robota bude vygenerovaný automaticky. Pre prenos vytvorenej virtuálnej cesty a jednotlivých pozícií do reality obsahuje Melfa Works inteligentný kalibračný nástroj, ktorý všetko prevedie s využitím iba troch pozícií (interpolácia pohybu). Okrem iného nástroj ešte ponúka aj implementovanú kontrolu rozhraní a video funkciu, ktorá ukladá záznam simulácie do video súboru.

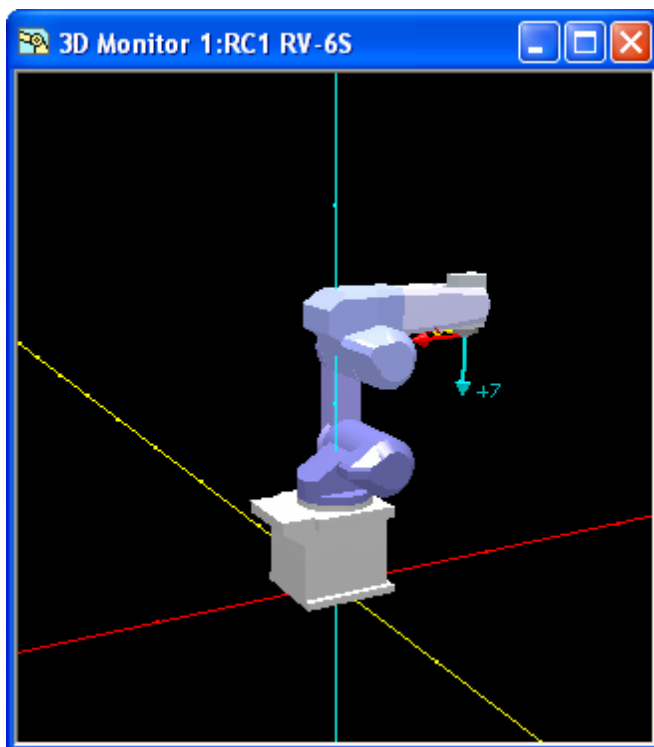
RT-Toolbox 2

RT-ToolBox2 je vývojové prostredie pre všetky roboty Mitsubishi Electric. Umožňuje v priebehu minút vytvoriť programy s použitím robotických jazykov Melfa V, alebo Melfa IV. Po odskúšaní a optimalizácii programu stačí iba niekoľko kliknutí myšou k jeho preneseniu do samotnej RJR prostredníctvom výkonného priameho prepojenia medzi počítačom a robotom cez sieť Ethernet, USB alebo sériové pripojenie. Štruktúra pracovného prostredia umožňuje súčasne pracovať až s 12 robotmi pomocou siete Ethernet. Taktiež prostredie ponúka on-line syntaktickú kontrolu. Počas programovania robota sa definujú aj základné polohy pohybu robota. Tieto polohy môžu byť zadané v karteziánskej sústave (súradnice v priestore), alebo pomocou natočenia jednotlivých kĺbov (hodnoty sa uvádzajú v stupňoch, alebo radiánoch). K dispozícii sú aj kontrolné a bezpečnostné funkcie ako aj funkcie spätného opravenia dát polohy, ktorá umožňuje rýchle uvedenie do prevádzky napríklad po výmene robota alebo čelustí. Okrem základnej funkcie vývojového prostredia, ktorou je programovanie, RT-ToolBox2 ešte ponúka:

- monitorovanie, zobrazovanie a simuláciu priemyselného robota v 3D grafike,
- nastavovanie parametrov priemyselného robota a RJR.

Monitorovanie, zobrazovanie a simuláciu priemyselného robota v 3D grafike:

Behom spúšťania programov je pomocou komplexných riadiacich a diagnostických funkcií aplikácie RT-ToolBox2 monitorovať a zobrazovať pohyb robota v 3D zobrazení pomocou nástroja 3D monitor (Obr. 4.70), ktorý je súčasťou RT-ToolBox2. Takto je možné získať výborný prehľad o aktuálnych informáciách týkajúcich sa rýchlosti danej osi, vstupných prúdov do servo-pohonov aj o stave všetkých vstupov a výstupov robota (to všetko v reálnom čase). Živé monitorovanie všetkých programov spustených z RJR zaručí pohodlne, rýchlo a spoľahlivo vyhľadať prípadné chyby v programovom kóde. Ako už bolo spomínané, že dá sa pracovať naraz z 12 robotmi v jednom prostredí, tak sa dá aj zobrazovať a monitorovať 12 priemyselných robotov v reálnom čase.



Obr. 4.70 Nástroj 3D Monitor vo vývojovom prostredí RT-ToolBox2

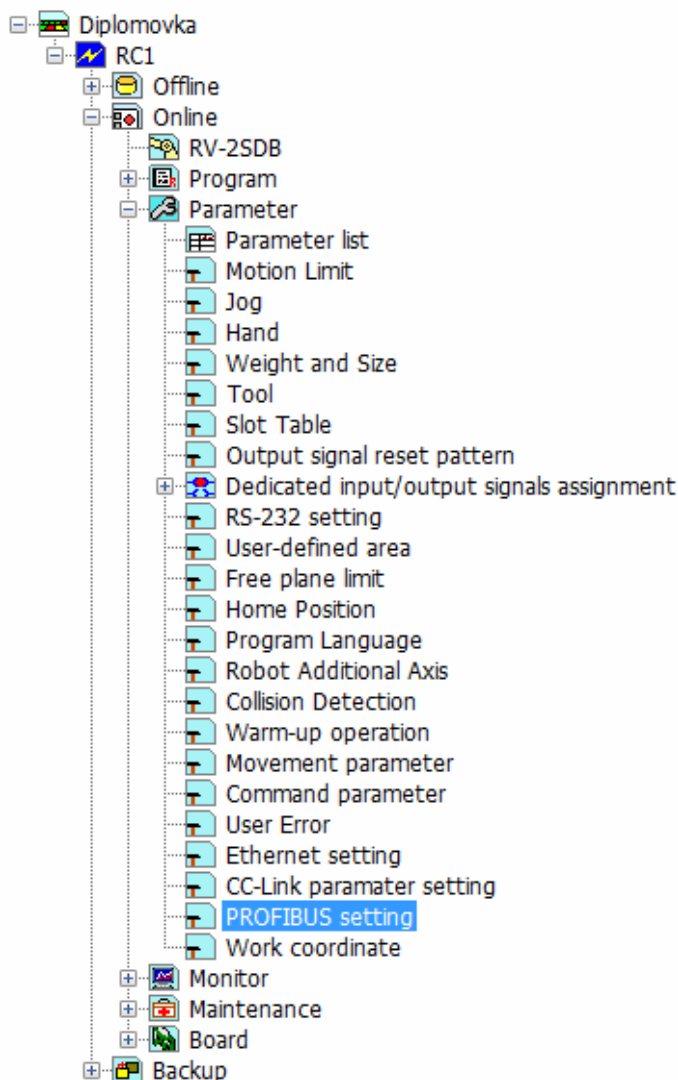
V simulačnom móde nástroj 3D monitor funguje ako simulátor, nástroj má rovnaké funkcie ako pri monitorovaní a zobrazovaní, ale celý pohyb je simulovaný. Nakoľko softvérový nástroj RT-Toolbox2 ponúka pokročilé programovacie a simulačné schopnosti, tak umožňuje navrhovať a testovať požadované aplikácie robota ešte pred zakúpením vlastného hardwaru. Nástroj 3D monitor v simulačnom móde obsahuje funkciu pre zobrazenie doby cyklu pohybu, vďaka tomu je možnosť optimalizovať program priamo v počítači, namiesto optimalizácie na skutočnom zariadení.

Nastavovanie parametrov priemyselného robota a RJR:

Tento softvér má možnosť štruktúrované nastavenia parametrov (Obr. 4.71). V tejto časti sa spomenú niektoré z týchto parametrov.

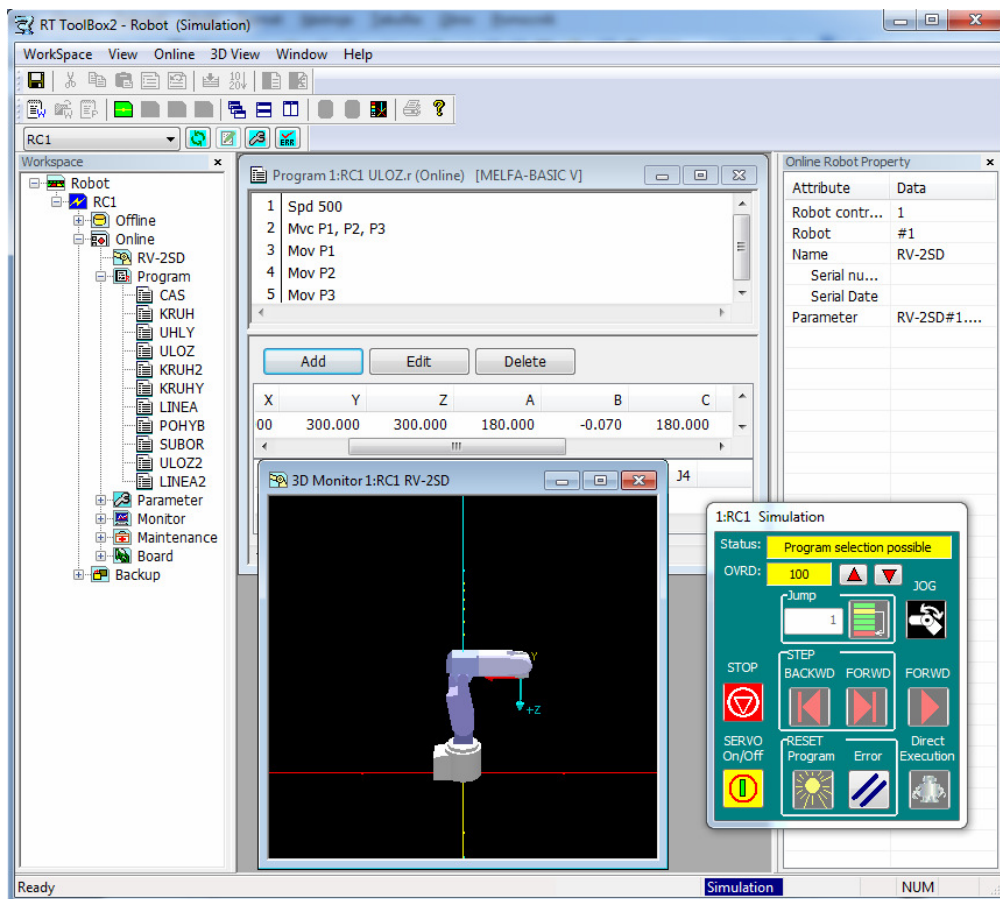
Dosah priemyselného robota sa môže pomocou parametrov znížiť. Parametrami sa môže zadať aj nový pracovný priestor (dvoma bodmi, ktoré sú krajnými bodmi uhlopriečky kocky a táto kocka sa stáva pracovným priestorom robota) a nastaviť obmedzenia pohybu. Operačný rozsah kĺbov robota sa môže tiež zmeniť, ale treba dať pozor na nastavované hodnoty, aby korešpondovali s realitou a nedošlo k havárii. Pre lepší vnútorný prepočet pohybu RJR, existuje možnosť zadať veľkosť úchopnej hlavice (kliešte, prísavky, nástroj) ako aj koncovú záťaž a veľkosť súčiastky, s ktorou robot pracuje. Parametrami sa nastavujete aj pozícia uloženia (Home Position) a pracovná poloha (Work Coordinate) priemyselného robota. Pri nastavovaní detekcie kolízie sa zadáva maximálna záťaž na jednotlivé motory v percentách, pričom 100 % je záťaž celého stroja (robota), nastavuje sa v rozsahu od 0 do 500 %. RJR má možnosť pracovať s rozhraniami RS-232, USB, Ethernet, Profibus a CC – Link, ktorých parametre je možné nastaviť. Parametrami sa nastavuje aj programovací jazyk robota (MELFA V, alebo MELFA IV). Dá sa vyviesť

výstupný signál označujúci reset (prípadne vypnutie), tento signál (bit) sa nastaví do jednotky (TRUE) a keď RJR „vypadne“ nastaví sa bit do nuly (FALSE), takýmto spôsobom sa dá ustrážiť výrobný proces. Pri programovaní je možné vytvárať vlastné chyby a varovania, ku ktorým sa bude RJR správať rovnako, ako k svojim interným. Zoznam všetkých parametrov je na Obr. 4.71.



Obr. 4.71 Parametre priemyselného robota a RJR

Prostredie softvéru RT-Toolbox2 je upravené tak, aby sa s ním pracovalo čo najľahšie. Základné okná v prostredí sú „Workspace“ a „Online Robot Property“, medzi týmito oknami je priestor, kde sa dajú otvárať okná s ktorými sa pracuje. Na Obr. 4.72 sú otvorené okna „Program“, „3D Monitor“ a „RC1 Simulation“.



Obr. 4.72 Vývojové prostredie RT-ToolBox2

Melfa V

Programovací jazyk sa vyznačuje svojou prehľadnosťou a pochopiteľnosťou. Štruktúra algoritmu je tvorená postupnosťou príkazov ako napríklad MOV ktorý slúži k programovaniu pohybu robota. Príklad programu RJR môžete vidieť na Obr. 4.72 v okne „Program.“ Vybraté príkazy programovacieho jazyka Melfa V:

Mov P1	posun na pozíciu P1 (spojito),
Mvs P1	posun na pozíciu P1 (lineárne),
Mvr P1, P2, P3	posun pozíciami P1,P2,P3 (cyklicky),
Mvr2 P1, P2, P3	posun z pozície P1 do P2 z vynechaním P3 (cyklicky),
Mvr3 P1, P2, P3	posun z pozície P1 do P2 pričom P3 je stredom cyklickej dráhy,
Mvc P1, P2, P3	posun pozíciami P1,P2,P3,P1 (cyklicky)
Accel	100% akcelerácia a deakcelerácia,
Accel X, Y	X% akcelerácia a Y% deakcelerácia,
Ovrd X	rýchlosť cyklického pohybu v percentách,
JOvrd X	rýchlosť spojitého pohybu v percentách,
Spd X	rýchlosť lineárneho pohybu v percentách,

Oadl ON	nastavenie optimálnej akcelerácie a deakcelerácie,
Dly X	pauza pri pohybe do ďalšej pozície v sekundách,
Wait MX=1	program počká kým MX sa nebude rovnať jednej,
Fine X	pri pohybe k ďalšiemu cieľu skontroluje riadiaca jednotka presnosť pohybu X pulzmi,
Prec ON	zapnutá vysoká presnosť dráhy,
Prec OFF	vypnutá vysoká presnosť dráhy,
HOpen	otvorenie klieští,
HClose	zatvorenie klieští.

Cykly:

For MX=1 To 10	
[časť kódu]	
Next	cyklus sa zopakuje 10x.
For MX=0 To 10 Step 2	
[časť kódu]	
Next	cyklus sa zopakuje 6x, pretože MX sa zvyšuje po 2.
While [podm]	
[časť kódu]	
Wend	cyklus s podmienkou (“kým”).

Podmienky:

If [podm] Then	
[časť kódu]	
Else	
[časť kódu]	
EndIf	rozpísaná podmienka,
Select MX	podmienky pre MX,
Case 10	
[časť kódu]	časť kódu ktorá sa vykoná ak MX=10,
Break	
Case IS 11	
[časť kódu]	ak MX=11,
Break	
Case IS <5	
[časť kódu]	ak MX je menšie ako 5,
Break	
Case 6 TO 9	
[časť kódu]	ak MX je medzi 6 a 9,
Break	
Default	
[časť kódu]	
Break	
End Select	ak nebola splnená žiadna podmienka.

4.4 Druhá úroveň riadenia – Úroveň SCADA/HMI a úroveň simulačných modelov

Táto úroveň zahŕňa SCADA systémy, prvky HMI a simulačné modely. Systémy na tejto úrovni zabezpečujú:

- supervízne riadenie – riadenie pod dohľadom,
- HMI – komunikáciu medzi človekom a strojom,
- akvizíciu dát (zber údajov z technologických procesov, ich integráciu, archiváciu a sprístupnenie vyššej úrovni),
- matematické modelovanie reálnych fyzikálnych systémov a ich simuláciu.

SCADA – vykonáva sledovanie a zber dát, spravovanie alarmových situácií a tiež riadenie procesov. Systém SCADA je nielen prostriedkom pre monitorovanie technologického procesu, ale taktiež nástrojom pre zjednotenie dát z rozdielnych zdrojov (senzory, PLC, databáza a pod.).

HMI – znázorňuje dosiahnuté informácie jednoducho v grafickej podobe, získané dáta ďalej ukladá a podľa nutnosti umožňuje technologický priebeh riadiť. Zabezpečuje vizualizáciu procesov a jeho vzájomné pôsobenie s operátorom.

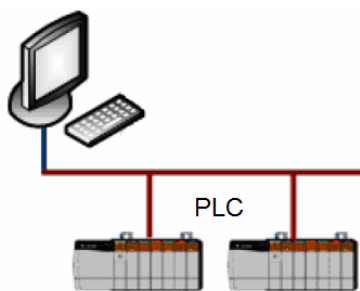
HMI aplikácie umožňujú prehľadné zobrazenie priebehu riadenej činnosti, zmenu jej parametrov, nastavenie prístupových práv, ale aj zobrazenie alarmových stavov. Toto všetko v grafickom prostredí a pri zachovaní prehľadnosti.

Pre vytváranie HMI aplikácií slúžia vizualizačné systémy, ktoré poskytujú nástroje pre vytváranie komplexných aplikácií. Rôznorodosť požiadaviek núti výrobcov prinášať rôzne druhy softvéru pre rôzne zameranie. Základným rozdelením z hľadiska architektúry je rozdelenie na:

- Lokálna vizualizácia (Local),
- Sieťová vizualizácia (Network),
- Strojová vizualizácia (Machine).

4.4.1 Lokálna vizualizácia

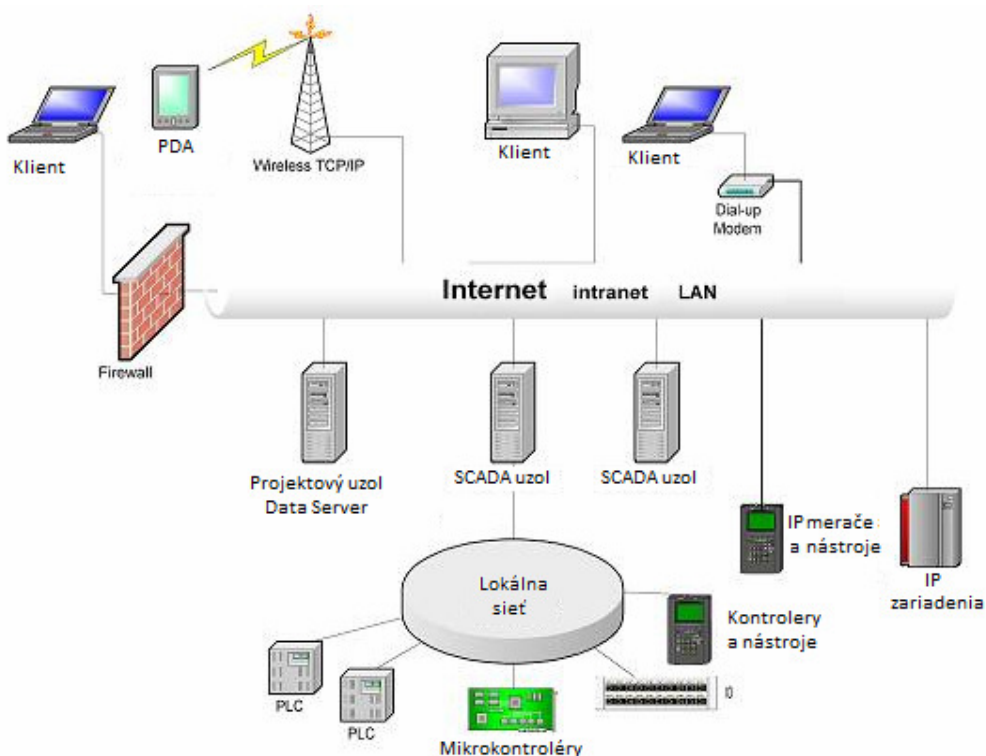
Lokálna vizualizácia, Obr. 4.73, je charakteristická tým, že všetky komponenty sú nainštalované a spustené na jednom počítači, pripojenom k riadenému systému. Výhodou tejto architektúry je jej jednoduchosť v navrhovaní aj spravovaní. Obsahuje plnohodnotný nástroj na vytváranie obrazoviek, reálnych trendov a alarmov. Súčasne obsahuje aj systém správy práv používateľa (security systém), v ktorom je možné definovať práva pre viacero užívateľov. Nevýhodou je hlavne nemožnosť pripojenia viacerých užívateľov a pri poruche riadiaceho počítača aj možný výpadok vo výrobe.



Obr. 4.73 Lokálna vizualizácia

4.4.2 Sieťová vizualizácia – klient-server

Sieťová architektúra HMI projektov je určená na riadenie veľkých, geograficky rozľahlých systémov, kedy je potrebné zhromažďovať dáta na jedno miesto. Zároveň je potrebné tieto údaje poskytovať viacerým užívateľom na rôznych úrovniach riadenia procesu. Jednotlivé súčasti vizualizácie sú uložené na samostatných počítačoch – serveroch, čo znižuje hardvérové nároky na klientske počítače. Všetky časti systému sú pravidelne zálohované a zmena, ktorú programátor vykoná sa po uložení prejaví na všetkých klientskych staniciach. Klientov môže byť pripojených viacero súčasne, pričom sa môžu pripájať z ktoréhokoľvek miesta v sieti ako je zrejmé na Obr. 4.74.



Obr. 4.74 Sieťová vizualizácia

4.4.3 Strojová vizualizácia

V niektorých prípadoch je nevyhnutné zabezpečiť vizualizáciu priamo vo výrobe v náročných podmienkach. V takomto prípade sa využívajú technologické panely s rôznym stupňom odolnosti v závislosti od požiadaviek prostredia. Vo väčšine prípadov sa tieto panely nachádzajú v blízkosti riadených strojov prípadne sú ich súčasťou. Základom sú hardvérové tlačidlá a rôzne signalizačné prvky avšak dnes sa často používajú samostatné dotykové jednotky (operátorské panely), na ktorých beží jednoduchšia vizualizácia Obr. 4.75. Takáto vizualizácia je taktiež určená na sledovanie a riadenie autonómnych systémov, pričom môže taktiež obsahovať rôzne animácie, alarmy a trendy.



Obr. 4.75 Strojová vizualizácia

4.4.4 Supervízne riadenie a riadenie pod dohľadom

Svetový výrobcovia poskytujú softvérové prostriedky na vývoj takýchto aplikácií. Pre systémy SCADA a HMI ponúka firma Wonderware nástroj InTouch, spoločnosť Rockwell Automation ponúka FTView, Siemens ponúka WinCC. Tieto systémy majú priamo rozhranie (komunikačné ovládače, pre štandardné priemyselné komunikačné protokoly), ktorým je možné sa pripojiť priamo na PLC automat. Tieto nástroje ďalej poskytujú možnosť komunikácie s OPC servermi alebo v minulosti aj so starším protokolom DDE.

Vo všeobecnosti nástroje od renomovaných firiem pôsobiacich v oblasti priemyselnej automatizácie poskytujú tieto funkcie:

1. zber údajov a komunikácia s riadením (s PLC),
2. rozhranie s obsluhou prostredníctvom klávesnice, myši, joystick-u a na druhej strane vizuálne zobrazenie technologických procesov vo forme:
 - a) animácie technologických procesov,
 - b) alarming – umožňuje nastavenie, zobrazenie a archiváciu alarmov,
 - c) trendové diagramy.

Vizualizačné počítače, lokálne stanice a operačné panely sú najpoužívanejším hardvérom pre túto činnosť.

Lokálne stanice a vizualizačné počítače sú počítače na ktorých je zväčša spustená vzdialená vizualizácia a je priamo napojená k PLC automatu (v prípade k priemyselnému počítaču), ktorý je koordinátorom celého riadeného systému. Vzdialená vizualizácia slúži na kontrolu a sledovanie priebehu riadenia reálneho systému (sledovanie výroby). Súčasťou vzdialenej vizualizácie by nemali byť prvky pre priame riadenie (tlačidlá, track-bar, atď.), nakoľko počítač môže byť uložený mimo riadeného procesu (výrobnej linky).

Operátorské panely prešli istým vývojom od množstva tlačidiel a svietielok až po dotykové obrazovky s lokálnou vizualizáciou. Lokálna vizualizácia je prostriedok pre operátora, takže pomocou tohto panelu by operátor nemal vedieť len sledovať a kontrolovať výrobu, ale aj priamo do nej zasahovať. Priamy zásah je potrebný

pri havarijných stavoch alebo pri servise. Taktiež ak výroba objednávok nie je na vyšších úrovniach zautomatizovaná, tak operátor by mal vedieť tieto objednávky pomocou panela zadávať a vkladať do výroby. Každá zo spomínaných automatizačných firiem ponúka vlastné prvky určené pre túto úroveň. Spoločnosť Rockwell Automation ponúka PanelView Plus (Obr. 4.76), firma Siemens ponúka Multi Panels, Basic Panels, Mobile Panels, atď.



Obr. 4.76 PanelView Plus 600 od firmy Rockwell Automation

Softvér je tiež podporovaný automatizačnými firmami. Rockwell Automation ponúka FactoryTalk View (FT View) a firma Siemens ponúka WinCC. Túto úroveň riadenia podporujú aj iné firmy. Jedným z príkladov je aj firma Wonderware so svojím softvérom InTouch. Všetky spomínané programy umožňujú vytváranie vzdialených aj lokálnych vizualizácií s alarmami a historianmi, taktiež podporujú akvizíciu dát (viď 4.4.7).

Dnes najčastejším komunikačným rozhraním s nižšími a vyššími úrovňami je Ethernet s protokolom TCP/IP, ale je možné použiť aj niektoré priemyselné siete ako napríklad Profibus, alebo priemyselný Ethernet.

4.4.5 Charakteristika nástroja FactoryTalk View

Vizualizačný nástroj FactoryTalk View je projektovaný pre širokú paletu operačných systémov od spoločnosti Microsoft, konkrétne Windows 2000 Professional, Windows 2000 Server, Windows XP Professional, Windows Server 2003, Windows Server 2008 a Windows Vista.

Výkonnosť FT View naprieč podnikom vyžaduje HMI riešenie, ktoré začína rozširiteľnou a flexibilnou architektúrou od tradičných, samostatných HMI systémov, až po vysoko distribuované systémy. FactoryTalk View Site Edition sa dodáva ako softvérový balík, ktorý poskytuje operátorom, supervízorom a manažérom prístup k dátam z riadiaceho systému podniku a vývojárom jednoduchú údržbu, modifikovateľnosť a správu aplikácie. Distribuovaná architektúra podporuje pripojenie súčasne viacerých používateľov, čím pomáha distribuovať serverovú aplikáciu, ktorá zabezpečí maximálnu kontrolu a prístup k informáciám.

FactoryTalk View Site Edition je súčasťou FactoryTalk View Enterprise Series rodiny produktov, ktoré poskytujú spoločné HMI riešenie pre strojové a supervízne aplikácie. Produkty FactoryTalk View Site Edition:

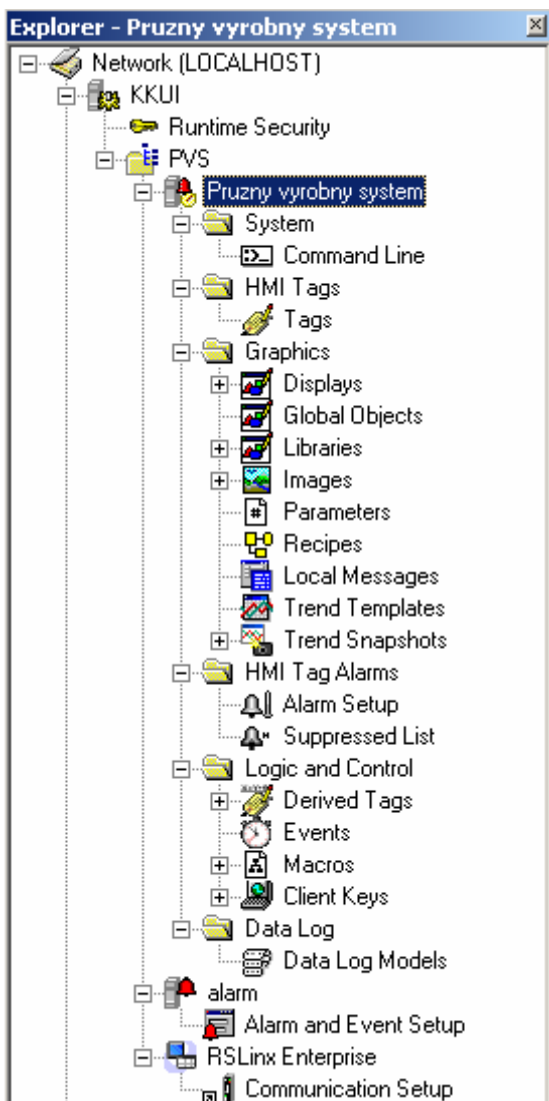
- **FactoryTalk View Studio** – konfiguračný softvér pre vývoj a testovanie aplikácií HMI, ktorý pozostáva z nástrojov potrebných pre tvorbu projektov, grafických displejov, objektov pre zobrazenie reálnych (historických) alarmov a trendov, ActiveX komponentov, originálneho zabezpečovacieho systému a pod.,
- **FactoryTalk View Site Edition Server** – zahŕňa HMI súčasti projektu (napr. grafické displeje, HMI server, OPC dátový server, „Tag Alarm and Event Server“) a slúži týmito komponentmi klientom,
- **FactoryTalk View Site Edition Client** – klientsky softvér pre prezeranie a interakciu so supervíznou úrovňou aplikácie vyvinutou za pomoci FT View Studio. Plná kontrola nad aplikáciou je klientom k dispozícii,
- **FactoryTalk View Site Edition Station** – predstavuje tradičné HMI riešenia, ktoré obsahujú balíky servera a klienta pre použitie na jednom počítači.

FactoryTalk View Site Edition dáva maximálnu kontrolu vo vývoji a nasadení multiklient-server aplikácie. FactoryTalk View Site Edition je softvér pre sledovanie, kontrolu a získavanie dát z výrobných prevádzok v celom podniku. Zároveň obsahuje:

- zjednodušený HMI vývoj obrazoviek so spoločným editorom pre FactoryTalk View Machine Edition a Site Edition,
- zdieľanie dát a bezproblémovú integráciu s ostatnými produktmi od spoločnosti Rockwell Software. FactoryTalk architektúra poskytuje spoločný servis ako je bezpečnosť, alarmový systém a diagnostiku v rámci produktov,
- optimálnu komunikáciu FactoryTalk dát a ich integráciu do riadiacich systémov od Rockwell Automation,
- maximalizáciu priameho prístupu premenných do riadiacich systémov, čo eliminuje potrebu vytvárať vnútorné HMI premenné,
- konfiguráciu aplikácie z ľubovoľného miesta v sieti a schopnosť vykonávať zmeny na bežiacom systéme so vzdialenými a viacpoužívateľskými konfiguračnými možnosťami,
- možnosť definovať grafické displeje raz a odkazovať sa na nich v distribuovanom systéme.

Aplikácia vyvíjaná v nástroji FactoryTalk View Studio zahŕňa oblasť projektu – „area“, do ktorej sa pridáva HMI, kde sú vytvorené grafické obrazovky a správa vizualizácie, viď Obr. 4.77. Následne je možné pre danú oblasť alebo každý HMI server zvlášť doplniť:

- Rockwell Automation Device Server (RSLinx Enterprise) – pre komunikáciu s automatmi firmy Rockwell,
- Tag Alarm and Event Server,
- OPC Data Server – komunikácia so zdrojmi dát od tretích strán.



Obr. 4.77 FactoryTalk View SE aplikácia

4.4.6 Charakteristika nástroja InTouch

InTouch od firmy Wonderware je svetovo najpoužívanejší softvérový produkt kategórie SCADA/HMI, pre vizualizáciu a supervízne riadenie výrobných technológií a procesov. Nástroj InTouch, rovnako ako ostatné nástroje z tejto kategórie, umožňuje operátorom, technológom, kontrolórom i manažérom v reálnom čase sledovať a reagovať na priebehy všetkých výrobných operácií prostredníctvom názorného grafického znázornenia ľubovoľných technologických procesov. Aplikáciu InTouch je možné prevádzkovať na operačných systémoch MS Windows Server 2003/2008/2008 R2 (vrátane podpory terminálových služieb), Windows XP, Windows Vista Business/Premium/Ultimate alebo Windows 7.

Pre zber dát z technologických procesov je k dispozícii rozsiahla ponuka komunikačných I/O serverov priamo od firmy Wonderware alebo od nezávislých softvérových firiem, podporovaná je samozrejme aj komunikácia s OPC servermi od ľubovoľných dodávateľov. Okrem nástrojov pre jednoduché vytvorenie grafických obrazoviek zobrazujúcich aktuálne stavy prevádzkovaných technológií je súčasťou systému InTouch aj správa distribuovaných historických dát umožňujúca aj spoluprácu s výkonnou databázou Wonderware Historian Server a správa distribuovaných alarmov (výstrah), ktoré možno ukladať do databázy MS SQL Server 2005 alebo MS SQL Server 2008. Pre dosiahnutie ľubovoľných funkčností aplikácií je k dispozícii výkonný skriptovací jazyk s množstvom vstavaných funkcií. InTouch tiež podporuje všeobecne používané technologické štandardy, ako napr. objekty ActiveX, .NET, komunikácia s relačnými databázami s využitím rozhrania ODBC a pod.

Štandardnou súčasťou SCADA systému InTouch sú aj rozširujúce moduly Recipe Manager, SQL Access, SPC (Statistical Process Control) a sady rozširujúcich FEI KKUI nástrojov zahŕňajúce knižnice objektov s rozmanitou funkčnosťou, vďaka ktorým je vývoj aplikácií ešte jednoduchší ako kedykoľvek predtým. K dispozícii sú aj systémy InTouch Runtime Read-only, čo sú aplikácie InTouch, ktoré za veľmi výhodnú cenu umožňujú najmä kontrolórom a manažérom len prezerat' prevádzkované výrobné procesy, t. j. bez možnosti priamych zásahov do riadenej technológie. Legendárna priateľskosť použitia a výkon nástroja InTouch podstatne znižuje celkové finančné náklady a čas pre vytváranie, zavádzanie a údržbu prevádzkovaných aplikácií.

4.4.7 Akvizícia dát

Pre zber a akvizíciu dát sa využívajú nástroje ako napríklad INSQL (Historian od firmy Wonderware) a FTHistorian (Historian od firmy Rockwell Automation). Tieto nástroje zabezpečujú zber dát z technologického procesu (z PLC) v definovaných časových intervaloch. Ukladanie dát môže byť riešené aj takým spôsobom, že sa neukladajú všetky údaje ale len údaje, ktoré sú mimo intervalu, alebo v rámci definovaného intervalu.

Hardvér, ktorý sa pre túto činnosť využíva je počítačový server (SCADA sever). Dáta môže dostávať priamo s vizualizačných systémov (lokálna a vzdialená vizualizácia ktorá podporuje akvizíciu dát), alebo priamo z výrobného procesu pomocou OPC komunikácie ktorú na servery sprostredkúva aplikácia. Rockwell Automation má na takýto typ komunikácie aplikáciu RSLinx, ktorá slúži na všetky typy komunikácie medzi počítačom a PLC. Okrem OPC komunikácie sa dá použiť aj DDE komunikácia.

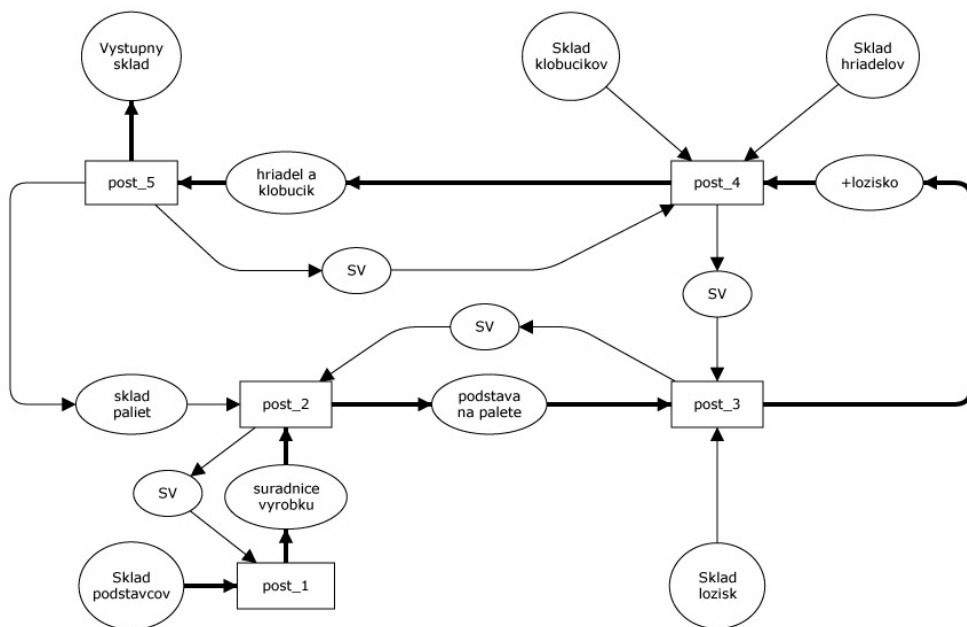
OPC je priemyselný štandardný mechanizmus pre komunikáciu a spoluprácu rôznych dátových zdrojov s klientskymi aplikáciami na riadenie technologického procesu. Dátové zdroje môžu byť reprezentované buď priamo priemyselnými zariadeniami, ako napríklad PLC, alebo databázami z riadiacich aplikácií SCADA systémov. Klientske aplikácie môžu komunikovať s fyzickými zariadeniami, ako aj so SCADA systémami. OPC rozhranie je založené na Microsoft OLE (prepájanie a vkladanie objektov). OLE komponent je jednotka, v ktorej je prístup k objektovým dátam archivovaný výlučne jedným, alebo viacnásobným nastavením príslušných funkcií, nazývaných interface (rozhranie). Základňou pre OLE je Component Object Model (COM - zložkový objektový model). Tento model je založený na komunikácii klient-server a používa objektovo orientovanú architektúru. Jeho rozšírením je distribuovaný model označovaný ako DCOM (Distributed COM). OPC spočíva v štandardnom nastavení rozhraní, vlastností a metód, ktoré sa používajú na riadenie procesov a „manufacturing – automation application“. OPC má obyčajný charakter komunikácie klient-server, ako už bolo uvedené vyššie. Hlavnou úlohou OPC je sprístupňovať dáta z ľubovoľného dátového zdroja, alebo z databázy.

OPC komunikáciu ako aj komunikáciu s vizualizáciou sprostredkúva sieť Ethernet s protokolom TCP/IP. Toto komunikačné rozhranie sa používa aj na komunikáciu s vyššími úrovňami a komunikácia väčšinou prebieha na úrovni dvoch SQL serverov.

4.4.8 Matematické modely reálnych fyzikálnych systémov

Matematické modely reálnych fyzikálnych systémov sú špeciálne aplikácie, ktoré sú navrhnuté pre konkrétny proces. Ich úlohou je vypočítať parametre pre off-line alebo on-line riadenie, napríklad výpočet časového priebehu teplôt, ktoré majú pôsobiť na zvitky plechov, aby sa dosiahli požadované mechanické vlastnosti plechov, alebo otáčky motorov, ktoré poháňajú postupnosť valcov, valcujúcich brány za tepla, aby sa dosiahla požadovaná hrúbka výsledného produktu.

Tieto modely sú zväčša aplikáciami na počítačoch (serveroch). Najpoužívanejším vývojovým prostredím pre modely spojitých systémov je Matlab, ale môžu sa použiť aj mnohé iné vývojové prostredia ako Visual Studio (C, C++, C#), Eclipse (Java). Matlab sa používa najmä pre svoj pokročilý matematický aparát. V ostatných vývojových prostrediach sa používajú programovacie jazyky kde treba detailne každý matematický úkon naprogramovať. Diskrétné systémy a udalosti sa modelujú najčastejšie v Petriho sieťach a najpoužívanejším prostredím pre vývoj týchto sietí je CPN Tools, ale taktiež môžu byť použité mnohé ďalšie vývojové prostredia. Jeden z mnohých príkladov modelu vytvoreného v Petriho sieťach je na Obr. 4.78, ktorý modeluje výrobnú linku s názvom flexibilný montážny podnik (FMP), ktorý je detailne opísaný v kapitole 6. Model modeluje materiálový tok vo FMP a produkčný čas FMP.



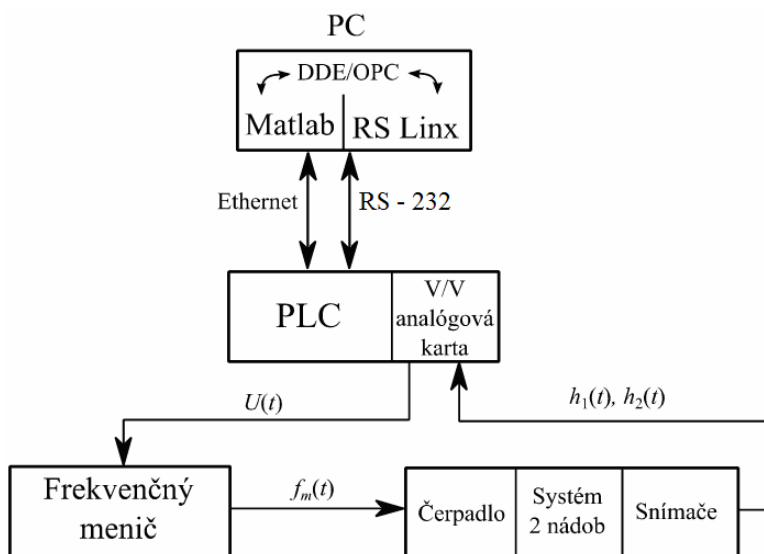
Obr. 4.78 Model výrobného systému v Petriho sieti

Model modeluje jednotlivé činnosti vykonávané na FMP a skladá sa z troch hlavných blokov.

1. kruh – modeluje sklad alebo zásobník. V modeli na Obr. 4.78 sú pomocou kruhov modelované zásobníky súčiastok, vstupný a výstupný sklad.
2. obdĺžnik – modeluje činnosť, ktorá sa vykonáva na výrobnjej linke. Ak je činnosť zložitá je možné túto činnosť detailnejšie modelovať pomocou submodelu. Submodel v hlavnom modeli vystupuje ako jedná činnosť, avšak samotný submodel môže byť zložitejší ako hlavný model. V modeli na Obr. 4.78 obdĺžniky modelujú činnosti na jednotlivých postoch FMP a zároveň predstavujú submodeli, ktoré detailnejšie modelujú činnosti na jednotlivých postoch.
3. elipsa – modeluje stav výrobku alebo výrobnjej linky. V modeli na Obr. 4.78 sú pomocou elipsy modelované stavy výrobku po jednotlivých operáciách a tiež spätné väzby medzi jednotlivými postami, keďže výroba ďalšieho výrobku je možná až po skončení predchádzajúceho.

Prepojenia medzi jednotlivými blokmi sú realizované orientovanými hranami, ktoré modelujú postupnosť vykonávania jednotlivých operácií. Zvýraznené hrany označujú priebeh samotnej výroby FMP. Každý činnosti je pridaný čas, ktorý predstavujú reálny čas danej operácie, podľa toho je možné analyzovať časové parametre výroby. Všetky komponenty potrebné na výrobu majú vlastné označenie, z čoho sa dá analyzovať priebeh výroby, správnosť vyrobených výrobkov prípadne modelovanie výroby špecifických výrobkov.

Takéto modely môžu pracovať off-line bez interakcie s reálnym systémom, alebo on-line s priamym prepojením na reálny systém. Off-line modelovanie sa používa najmä na testovanie a simuláciu procesu. Model na Obr. 4.78 sa používa ako off-line model, čiže iba na testovanie a simuláciu. Keď sa jedná o on-line modelovanie prípadne riadenie, tak je potrebné zabezpečiť komunikáciu s riadiacimi jednotkami procesu. Pre komunikáciu s riadiacimi jednotkami je možné použiť už spomínané OPC a DDE. Tiež je možné používať aj údaje z databáz alebo zo SCADA systémov. Príklad on-line riadenia s modelom je blokovo znázornený na Obr. 4.79, kde je možné vidieť schému prepojenia počítača s modelom v prostredí Matlab, reálneho systému a PLC automatu s riadiacim programom.



Obr. 4.79 Riadenie hybridného systému s využitím jeho matematického modelu

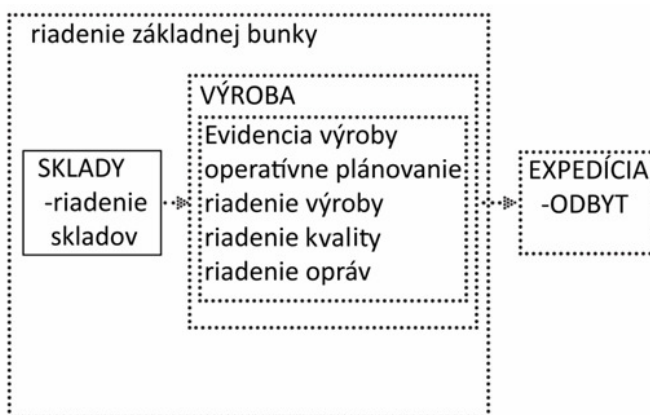
Reálny systém z Obr. 4.79 je hydraulická sústava dvoch spojených nádrží, ktorá pozostáva z čerpadla riadeného frekvenčným meničom (akčný člen), dvoch prepojených nádrží a snímačov výšky hladín v nádržiach. Signáli sú privedené do riadiaceho PLC automatu, ktorý komunikuje cez komunikačné rozhranie (Ethernet alebo RS-232) s počítačom na ktorom je v prostredí Matlab namodelovaný tento systém. Počítač zahráva aj úlohu OPC servera, ktorú realizuje program RSLinx. Riadenie realizuje buď samostatne PLC automat ktorý má vopred zadané parametre regulátora vypočítané z modelu, alebo PLC slúži iba ako rozhranie medzi reálnym modelom a programom v prostredí Matlab, ktorý zabezpečuje reguláciu. Ak je riadenie realizované z prostredia Matlab, tak v PLC je iba obslužný program, ktorý sníma vstupné hodnoty a zapisuje výstupné hodnoty. Matlab prostredníctvom programu RSLinx cez komunikáciu DDE alebo OPC načítava a zapisuje hodnoty do PLC a týmto spôsobom realizuje reguláciu.

4.5 Tretia úroveň riadenia – Úroveň základnej bunky, MES

Úroveň základnej bunky (základná výrobná jednotka) zabezpečuje riadenie výroby v rámci danej prevádzky a to po organizačnej, prevádzkovej, personálnej stránke a podobne. Táto úroveň využíva pre realizáciu svojich cieľov funkcionalitu nižších úrovní, s tým že materiálno-technicky ich zabezpečuje koordinuje ich činnosť z hľadiska operatívneho plánovania respektíve rozvrhovanie výroby, evidencia výroby, údržby, kontroly kvality vstupov a výstupov. Táto úroveň zabezpečuje operatívne riadenie výroby, čiže koordináciu výroby tak, aby výroba na úrovni jednotlivých agregátov prebiehala kontinuálne, t.j. aby stroje boli optimálne využívané v súlade s plánom výroby a jednotlivé činnosti boli realizované v plánovanom čase v súlade s plánom, pri zohľadnení rušivých vplyvov (poruchy strojov, výpadok obslužného personálu a zmeny termínov).

Najpoužívanejšie komunikačné rozhranie tejto úrovne je Ethernet s protokolom TCP/IP. Z funkčného hľadiska zabezpečuje úroveň základnej bunky (MES) tieto činnosti (Obr. 4.80):

- evidencia výroby,
- operatívne plánovanie výroby,
- riadenie výroby,
- riadenie kvality,
- riadenie opráv,
- riadenie skladov.



Obr. 4.80 Činnosti na úrovni riadenia základnej bunky

4.5.1 Sklady

Sklady zabezpečujú túto základnú funkcionalitu:

- 1) príjem na sklad,
- 2) evidencia na sklade,
- 3) presun v rámci skladu,
- 4) inventúra na sklade,
- 5) výdaj zo skladu.

Okrem tohto sklad plní aj tieto funkcie:

- 1) kontrola vstupného materiálu, ktorá sa deje buď meraním, vizuálne a pod.,
- 2) údržbárske práce, aby tovar nezmenil svoje parametre,
- 3) technické prostriedky na úrovni skladov, to sú systémy na podporu evidencie (čítačky čiarových kódov), prostriedky pre sledovanie kvality (váhy, laboratórne prístroje), manipulačné zariadenia (dopravníky, vysokozdvížné vozíky a pod.).

Sklady môžu byť:

- 1) plne automatizované,
- 2) polo automatizované,
- 3) bez automatizácie so zabudovaným IS.

Plne automatizované

V plne automatizovaných skladoch prebieha činnosť bez zásahu obsluhy. Samotné ovládanie skladu ako aj lokálna vizualizácia je riešená prostriedkami nulte, prvej a druhej úrovne. Tieto sklady majú pre spätnú väzbu zabudované snímače čiarového alebo magnetického kódu, prípadne kamery, ktoré umožňujú načítavať informácie o ukladaných položkách. Väzba na tretiu úroveň je riešená štandardným spôsobom prepojením druhej SCADA úrovne a tretej informačnej úrovne obyčajne ODBC rozhraním.

Polo automatizované

V polo automatizovaných skladoch pracujú operátori (obsluha skladu), ktorí majú k dispozícii prostriedky vybavené terminálmi pripojenými na IS a doplnené ďalšími perifériami (čítačka čiarového kódu, váhy). Operátor získava informácie z IS, kde mu prichádzajú pokyny aký materiál má vybrať, kde ho má uložiť, informácie o tom ako úkony boli vykonané. Operátor môže urobiť korekcie a má povinnosť vykonať kontrolné úlohy. Väzba na tretiu úroveň je realizovaná vo forme siete Ethernet. Na tretej úrovni informácie o sklade sú prezentované vo forme 3D mapy. IS poskytuje kompletné informácie o sklade.

Bez automatizácie so zabudovaným informačným systémom (IS)

Tento typ skladu je riešený vtedy, ak ešte nie je vytvorená dostatočná automatizácia, alebo charakter položiek neumožňuje automatizáciu. Vtedy technické prostriedky skladu sú špeciálne a zahŕňajú manipulačnú techniku, meraciu a testovaciu techniku (váhy, analyzátory, meracie prístroje). Materiál v sklade môže byť označený etiketou s čiarovými kódmi, magnetickým kódom. Samotný sklad súvisí s treťou a štvrtou úrovňou. Všetky činnosti sú vykonávané manuálne a sú evidované buď v papierovej forme (zápisom na predpripravené formuláre), alebo zápisom do IS (prostredníctvom klientskych staníc).

4.5.2 Výroba

Evidencia výroby

Evidencia výroby poskytuje informácie a stráži aktuálny stav rozpracovanej výroby a informácie o vstupe do a z výroby. Zabezpečuje zaevidovanie respektíve príjem vstupného materiálu do výrobných linky (výrobného procesu) ako aj evidenciu činnosti. Taktiež zabezpečuje evidovanie vstupov do výroby, evidenciu jednotlivých činností vo výrobe ako aj evidenciu výdaja ako výstupu z výrobných linky. Všetky tieto funkcionality sú riešené na úrovni IS s využitím relačnej databázy s tým, že samotná evidencia môže byť realizovaná automaticky alebo manuálne.

Operatívne plánovanie (rozvrhovanie výroby)

Operatívne plánovanie je činnosť v rámci úrovne MES, v rámci ktorej sa upresňuje výroba, kde sa zohľadňujú konkrétne špecifiká v danom čase. Špecifiká môžu byť napríklad poruchy agregátov, výpadok personálu, zmena plánu z dôvodu preklasifikovania vstupov, zmena priority dodávky pre odberateľov. Výsledkom operatívneho plánovania je obvyčajne výrobný príkaz, ktorý postupuje do výroby a určuje definitívny vstup do výroby.

Riadenie výroby

Riadenie výroby poskytuje informácie o výrobe a jeho funkcie sú:

- a) **výrobný príkaz** – je doklad, ktorý sa vydáva na určité obdobie (napr. zmena) a špecifikuje zoznam výrobkov a časovú postupnosť ako sa majú na danej linke realizovať.
- b) **prehľady o výrobe** – zahŕňajú tieto informácie:
 - kedy sa čo vyrobilo,
 - aké výrobky,
 - aká nepodarkovosť,
 - prehľady o sortimente.

Riadenie kvality

Riadenie kvality zabezpečuje sledovanie kvality na úrovni vstupov a výstupov medziproduktov. Cieľom riadenia kvality je **ustrážiť požadované parametre výrobku a následné zistenie a odstránenie väd**. Systém riadenia kvality zabezpečuje funkcie typu:

- *hold* – odstavenie rozpracovaného výrobku, ktorý nespĺňa kvalitatívne požiadavky a rozhodnutie o jeho ďalšom spracovaní,
- prehľady o kvalitatívnych parametroch výrobkov, ktoré boli zistené meraním,
- analytické výstupy príčin jednotlivých chýb.

Riadenie opráv

Riadenie opráv zahŕňa systém sledovania jednotlivých výrobných agregátov, prípadne nástrojov tak, aby bola zabezpečená ich spoľahlivá funkčnosť.

Typy opráv:

- plánované opravy:
 - denná profylaktika,
 - štvrťročná, mesačná oprava,
 - generálna oprava,
- neplánované opravy (prestoje):
 - opravy vyvolané poruchou z dôvodu odstránenia poruchy.

Úlohou IS je prehľad aké opravy sa majú na danom stroji vykonať a aké činnosti je potrebné v rámci opravy vykonať. Pri oprave sa môžu nájsť poruchy, ktoré sa zaznamenajú do IS. Okrem toho systém opráv v nadväznosti na druhú úroveň sleduje merateľné parametre jednotlivých agregátov a dáva odporúčania čo v rámci jednotlivých

opráv je potrebné vykonať. Evidencia opráv zahŕňa aj funkciu náhradných dielov (kedy je potrebné náhradné diely objednať, optimalizuje skladové zásoby).

4.5.3 Technická realizácia tretej úrovne

Technické prostriedky

Na tejto úrovni sa v súvislosti s evidenciou využívajú:

- servery na ktorých sú spustené hlavné aplikácie MES,
- počítače (stolové počítače, notebooky, tablety, smart phone) s klientskymi aplikáciami, ktoré sa pripájajú k serveru,

Vstupné periférie: čítačky čiarových a magnetických kódov,

Výstupné periférie: tlačiarne čiarových kódov, laserové popisovače, váhy, snímače, analyzátory,

Programové prostriedky

Aplikačný softvér typu MES na báze relačných databázových systémov, serverových a klientskych aplikácií.

Sieťové prostriedky

Tretia úroveň je prepojená na štvrtú úroveň ako väzba medzi dvoma relačnými databázovými systémami – t.j. na úroveň ODBC. S druhou úrovňou je naviazaná pomocou DDE, alebo OPC.

4.6 Štvrtá úroveň riadenia – Centrálna úroveň, MRP, ERP

Centrálna úroveň riadenia, označovaná tiež ako úroveň MRP/ERP v rámci päťúrovňovej pyramídy je logický umiestnená medzi úrovňou strategického plánovania a úrovňou základnej bunky (MES).

Z piatej úrovne centrálna úroveň získava informácie o sortimente výrobných výrobkov a služieb a kapacitných možnostiach danej organizácie, t.j. množstvo výrobkov a služieb, ktoré je dané organizácia schopná zabezpečiť za určité obdobie. Tieto informácie sú doložené detailným popisom. Získané strategické informácie poskytujú rámec.

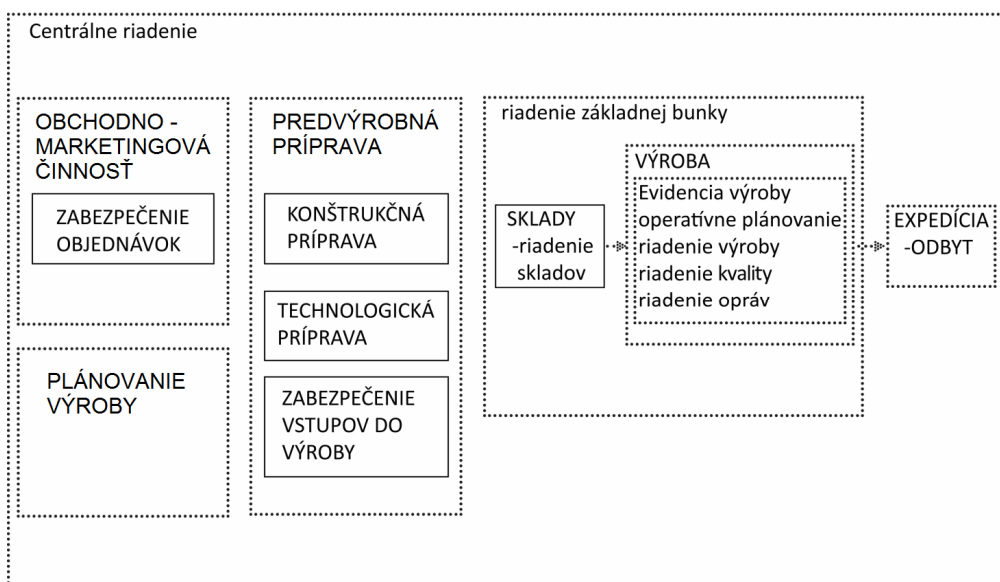
V súvislosti s uvedeným rámcom prostredníctvom marketingu a obchodu sa zabezpečuje výrobná náplň formou objednávok. Tie sa kumulujú a usporadúvajú podľa typov výrobkov a požadovaných, respektíve dohodnutých termínov dodávky. Na základe toho sa vypracujú plány tak, aby sa optimálne využívali všetky vytvorené zdroje a boli dodržané dohodnuté termíny dodávok pri zachovaní požadovanej kvality.

Popri spracovaní plánov výroby, na štvrtej úrovni sa spracováva a kompletizuje komplexná príprava výroby vo forme výrobných dokumentácií. Súčasne sa zabezpečujú aj vstupy do výroby v súlade s plánom výroby.

Takto skompletizované podklady štvrtej úrovne sú vstupom do tretej úrovne, kde sa organizačne a technologicky zabezpečuje výrobný proces so všetkými podpornými a kontrolnými činnosťami (ako je to uvedené v kapitole 4.5).

Výstupom úrovne základnej bunky je objednaná produkcia na expedičných skladoch v požadovanom sortimente a termíne. Kontrola komplexnosti a proces expedície vrátane požadovanej dokumentácie je predmetom štvrtej úrovne riadenia.

Postupnosť činnosti na štvrtej úrovni s integráciou tretej úrovne a vzťahmi na ňu sú znázornené na Obr. 4.81.



Obr. 4.81 Činnosti na úrovni centrálného riadenia

4.6.1 Obchodno-marketingová činnosť

Zabezpečenie objednávok

Na základe publicity dodávateľ dostane dopyt od potenciálnych odberateľov. V dopytovom konaní sú oslovení dodávateľa, aby dodali cenovú ponuku produktov a služieb. Po obdržaní dopytu dodávateľská organizácia vypracuje ponuku na dodávku dopytovaného tovaru resp. služby. V rámci ponuky sú uvedené tieto položky:

1. rozsah jednotlivých tovarov a služieb v takom rozpätí ako požaduje kupujúci,
2. ponuka zahŕňa technický popis resp. popis parametrov jednotlivých výrobkov a služieb (parametre daného tovaru nesmú byť horšie ako minimálne požiadavky klienta),
3. cena dodávok a služieb uvedená v položkách,
4. termíny dodávok,
5. záruky, garancie, podmienky dodania,
6. podmienky platby, fakturácie.

V súvislosti s vypracovaním ponuky sa musia vyjadriť všetky zložky (technolog, cenové oddelenie, vedúci výroby, atď.). Tento proces riadi modul informačného systému, ktorý sa zvykne označovať ako „kolečko“, v rámci ktorého sa vyjadrujú všetci kompetentní. Výsledkom vyjadrenia je cena a termín dodávky. Základom tejto činnosti je vypracovať ponuku na dodávku produktov. Postup pri vypracovaní takejto ponuky je nasledovný:

- daná organizácia preštuduje a vyhodnotí obdržané podklady, ktoré môžu byť vypracované na rôznej úrovni detailnosti,
- túto činnosť prípravy ponuky zabezpečuje funkcia zvaná „kolečko“,
- v rámci neho sa oslovujú s dopytom všetky zainteresované strany,
- každý zo zainteresovaných sa vyjadří z hľadiska technických parametrov, časových termínov, cenových nákladov,
- všetky tieto materiály sú dôverné,

- výsledkom je komplexný materiál zvaný ponuka a zahŕňa tieto tri základné časti:
 - technické parametre,
 - termín realizácie,
 - cena,
- takáto ponuka sa dáva dopytovateľovi - ten vyhodnotí ponuky,
- vybraný obdrží objednávku,
- objednávka sa stáva záväzná keď ju potvrdí odberateľ,
- detaily objednávky sú chránené obchodným zákonníkom,
- zmluva o dielo, ktorá zahŕňa všetky detaily,
- ustanovenia uvedené v zmluve ak nie sú totožné s ustanoveniami v obchodnom zákonníku majú vyššiu prioritu.

Takto spracovaná ponuka sa posieľa odberateľovi. Tento urobí výberové konanie, v rámci ktorého vyberie potenciálneho dodávateľa. Po vyhodnotení výberového konania pošle odberateľ objednávku, kde vyzve na dodávku a špecifikuje rozsah dodávky. Dodávku dostane potenciálny dodávateľ, ktorý ju podpíše a späťne doručí objednávateľovi. Po podpísaní objednávky je realizácia záväzná pre obe strany. Odstúpenie je možné vzájomnou dohodou. Ak je odstúpenie jednostranné, odstupujúca strana znáša náklady spojené so stratami druhej strany.

Objednávka je podklad pre vypracovanie zmluvy, v ktorej sú špecifikované detaily dodávok.

4.6.2 Plánovanie výroby

V súvislosti s prípravou výroby vstupujú tieto činnosti:

- konštrukčná a technologická príprava výroby,
- obchodno-technické zabezpečenie materiálu a nástrojov na vstupný sklad,
- rozpis výroby v súvislosti s realizáciou objednávky tak, aby jednotlivé stroje a zariadenia boli maximálne využívané.

Funkcionalita plánovania na úrovni MRP zahŕňa kumuláciu objednávok v danom čase pre výrobné zariadenia/personál tak, aby sa optimalizovala výroba z hľadiska nastavovania jednotlivých zariadení, prísunu materiálu, medzi-operačných presunov.

Výstupom plánovania je plán výroby zahŕňajúci krátkodobé a strednodobé plánovanie. Takto pripravená dokumentácia plánu výroby je vstupom do tretej úrovne. Výstupy z tretej úrovne sú vyrobené a zaevidované produkty v skladoch, ktoré idú do expedičného skladu kde nastupuje funkcionalita štvrtej úrovne a zabezpečuje sa komplexná expedícia výroby.

V súvislosti s dopravou sa vytvárajú ložné listy v nich je uvedené ako sa jednotlivé výrobky nakladajú do dopravného prostriedku.

4.6.3 Predvýrobná príprava

Konštrukčná príprava

Konštrukčná príprava výroby zahŕňa predovšetkým vypracovanie technickej dokumentácie konkrétnych výrobkov (môže ju zabezpečiť dodávateľ alebo objednávateľ).

Technologická príprava

Technologická príprava výroby vytvára rozpis činností na jednotlivé stroje a zariadenia v súlade s kapacitnými možnosťami výrobcu.

Zabezpečenie vstupov do výroby

Predstavuje zabezpečenie materiálno-technologickej podpory, ktorá pozostáva z objednania všetkých surovín a polotovarov, ktoré v súvislosti s plnením objednávky budú potrebné. Proces zabezpečenia surovín a vstupných polotovarov sa deje tak, že sa oslovia potenciálni dodávatelia a urobí sa výber obdobne ako vyššie.

Po týchto predvýrobných činnostiach pokračuje proces zabezpečenia a realizácie výroby a to takto:

- na základe potrebných objednávok budú zabezpečené vstupné suroviny do vstupných skladov v dohodnutých termínoch, množstve a kvalite,
- technická dokumentácia zahŕňajúca konštrukčné zostavy, technologické postupy vrátane detailného popisu jednotlivých činností.

4.6.4 Expedícia - odbyt

Expedičná činnosť zahŕňa kompletizáciu všetkých položiek objednávky a vypracovanie dokumentácie, ktorá je kompletizáciou sprievodnej dokumentácie k výrobku a zahŕňa užívateľskú dokumentáciu, servisnú dokumentáciu, certifikáty a osvedčenia.

Súčasťou expedície je aj logistika expedičných skladov – riadenie prepravy tovaru zákazníčkovi. Preprava môže byť realizovaná internými dopravnými službami alebo nakupovanými prepravnými službami. V prípade rozsiahlych skladov s veľkou frekvenciou kamiónov, resp. vlakových súprav, je nevyhnutnou podmienkou informačného systému aj presné riadenie poradia prepravných prostriedkov. Naplánuje sa presný harmonogram pohybu prepravných prostriedkov v podniku (príchod, pristavenie, nakladanie, opustenie areálu) tak, aby bol pohyb dopravných prostriedkov plynulý a aby postačovali kapacity parkovacích plôch.

Pre každý prepravný prostriedok je nevyhnutné vytvoriť:

- zoznam nakladaného tovaru,
- požadovaný dátum a čas pristavenia dopravného prostriedku,
- požadovaný dátum a čas ukončenia nakladania,
- požadovaný dátum a čas opustenia areálu podniku,
- vytvorenie sprievodnej dokumentácie:
 - ložný list,
 - dodací list
 - servisná a používateľská dokumentácia, certifikáty, osvedčenia, atď.
 - dokumenty vyžadované štátnymi a medzinárodnými autoritami pre prepravu (napr.: jednotná colná deklarácia).

Požiadavky na riadenie prepravy tovaru zákazníkovi vzrastajú v prípade čoraz rozšírenejších požiadaviek na dodávky Just-In-Time, kde odberateľ presne definuje časové okno, v ktorom je potrebné dodať objednanú dodávku tovarov.

Logistiku expedičných skladov je potrebné prepojiť s plánovaním výroby tak, aby nevznikli také časové intervaly, v ktorých by nepostačovala kapacita expedičných skladov, ale súčasne aby boli splnené všetky požiadavky obchodu na realizáciu dodávok pre zákazníkov v požadovaných časových termínoch.

4.6.5 MRP/ERP

MRP/ERP sú moduly v IS ktorých úlohou je plánovanie výrobných zdrojov. Sú to systémy integrujúce riadenie organizácie ako celku, vrátane logistiky, financií, spracovanie objednávok, riadenie zásob, nákupy, a časové plánovanie výroby.

ERP je vnútropodnikový softvérový, informačný systém používaný na správu a koordináciu všetkých zdrojov, pracovísk a funkcií biznis sféry prostredníctvom zdieľaných dátových skladov.

ERP systém pozostáva z modulových softvérových a hardvérových jednotiek, ktoré komunikujú na sieti LAN. Modulový princíp dovoľuje podniku pridať alebo prekonfigurovať moduly (aj od rôznych dodávateľov), pričom sa zachováva integrita dát v rámci jednej zdieľanej databázy, ktorá je centralizovaná.

ERP je pôvodne odvodený z MRP II, ktorý je nástupcom MRP. ERP systémy sú zamerané na výrobu, logistiku, distribúciu, zásoby, fakturáciu a účtovníctvo podniku. ERP softvér má často dosah aj na ďalšie sféry biznisu ako je marketing alebo ľudské zdroje. Systémy boli masovo nasadzované koncom 90. rokov v súvislosti s Y2K problémom. Mnoho firiem využilo túto príležitosť, aby nahradilo svoj zastaraný podnikový informačný systém založený na odkazoch, novým prelomovým riešením na princípe zdieľania. Pokles predaja bol zaznamenaný až s blížiacim sa príchodom roku 2000, kedy väčšina spoločností už mala implementované svoje riešenie Y2K problému.

ERP je často nesprávne označované ako „back office systems“, čo znamená, že nedochádza k priamemu kontaktu so zákazníkom, na rozdiel od CRM (Customer Relationship Management), SRM (Supplier Relationship Management) riešení, či e-Business systémov (eCommerce, eGovernment, eTelecom, eFinance).

ERP II, pojem zavedený po roku 2000 je používaný v súvislosti s nastupujúcou generáciou ERP systémov. Upravené riešenie je založené na webovom rozhraní, ktoré dovoľuje súčasne interným pracovníkom a externým zdrojom (dodávateľia, zákazníci), pristupovať v reálnom čase k dátam, uloženým v systéme. Nástupca je odlišný aj v spôsobe harmonizácie systému s biznis sférou. Kým prvé systémy boli navrhnuté bez ohľadu na podnikové fungovanie, v súčasnosti je trend opačný, pričom dôraz je pri vývoji informačného systému kladený najmä na to, ako podnik funguje. V súčasnosti toto riešenie poskytuje väčšina známych firiem, zaoberajúcich sa ERP.

4.6.6 Technická realizácia štvrtej úrovne

Technické prostriedky

Na tejto úrovni sa využívajú:

- servery na ktorých sú spustené hlavné aplikácie MRP/ERP,
- počítače (stolové počítače, notebooky, tablety, smart phone) s klientskymi aplikáciami, ktoré sa pripájajú k serveru.

Programové prostriedky

Špecializovaný aplikačný softvér pre:

- plánovanie (MS Project),
- účtovnícky softvér (SAP),
- špecializovaný softvér pre dodávateľsko-odberateľské vzťahy,
- a iné.

Sieťové prostriedky

Štvrtá úroveň je prepojená na piatu úroveň ako väzba medzi relačnými databázovými a multidimenzionálnymi databázovými systémami pomocou protokolu ODBC, pričom sa využíva technológia OLAP. S treťou úrovňou je to komunikácia medzi dvoma relačnými databázami pomocou protokolu ODBC.

Komunikácia s klientskymi aplikáciami na tejto úrovni okrem protokolu ODBC využíva aj protokol TCP/IP.

4.7 Piata úroveň riadenia – Manažérska úroveň riadenia

Manažérska úroveň riadenia je vrcholovou úrovňou v hierarchii 5-úrovňového modelu distribuovaných systémov riadenia výrobného podniku.

Na tejto úrovni sa rozhoduje o zaradení novej produkcie (hardvérovej alebo softvérovej) do výroby a predaja, na základe počítačovo spracovaných podkladov, o inovácii a rozširovaní výroby pre výrobky, o ktoré je rastúci záujem, o zriaďovaní distribučných, školiacich a servisných stredísk v rámci vzdialených pracovísk, o množstve prostriedkov investovaných do reklamy v rámci jednotlivých regiónov, prostriedkov investovaných do regionálnych výskumných stredísk, vysokých škôl a pod.

Na tejto úrovni sa operuje s informáciami získanými z nižších vrstiev modelu a z podporných útvarov a to za účelom zosumarizovania informácií strategických plánov, ktorý má definovať podmienky, smerovanie a charakteristiky podnikovej výroby. Strategický plán má zaručiť dlhodobý rozvoj a rast podniku a to prostredníctvom udržiavania strategickej rovnováhy medzi cieľmi a možnosťami organizácie vo vzťahu k meniacim sa trhovým príležitostiam.

Strategický plán výroby je tak výsledkom rozmanitých analýz, ktoré sú založené na údajoch získavaných z nižšie položených vrstiev. Tieto údaje sa následne filtrujú na základe požiadaviek potrebných pre vykonanie potrebnej analýzy. Extrahované údaje často pochádzajú z útvarov, ako účtovníctvo, marketing či kontrola kvality. Následne, na základe týchto poskytnutých vstupov a vykonaných rozborov sa vyhotovujú alternatívne návrhy pre modifikáciu výroby, prípadne zmenu distribúcie zdrojov a podobne.

Samotné strategické plánovanie pozostáva z dvoch hlavných častí:

- výskum podmienok trhu, potrieb a želaní zákazníka, identifikáciu silných a slabých stránok, špecifikáciu sociálnych, politických a legislatívnych podmienok podnikania,
- určenie disponibilít zdrojov, ktoré môžu znamenať pre podnik jeho príležitosť, resp. hrozbu.

Úroveň strategického plánovania je z hľadiska technických prostriedkov realizovaná prostredníctvom databázových serverov, pracovných staníc a sietí typu LAN a WAN (Wide Area Network). Tieto prvky vystupujú ako uzly siete a sú prepojené do jedného integrovaného a kompaktného celku a dovoľujú im vzájomnú výmenu informácií, nevyhnutnú pre fungovanie aplikácii, ktoré tieto technické prostriedky podporujú.

Z hľadiska programových prostriedkov je úroveň strategického plánovania realizovaná prostredníctvom manažérskych informačných systémov, ktoré zahŕňajú systémy Business Intelligence.

4.7.1 Technická realizácia piatej úrovne

Technické prostriedky

Využívajú sa hlavne servery a osobné počítače. Servery sú vo veľkej miere databázové (Oracle server), ale dnes tieto servery majú podporu aj pre web, čiže obsahujú aplikácie pre vykresľovanie internetových (webových) stránok a spracúvajú požiadavky klienta zadané cez internetový prehliadač. Na osobných počítačoch bežia klientske aplikácie podporujúce Business Intelligence (BI), prostredníctvom ktorých sa je možné pripojiť na databázové servery a umožňujú intuitívnu prácu s údajmi. V prípade použitia databázových serverov, ktoré majú podporu pre web, tak osobnému počítaču postačuje webový prehliadač.

Programové prostriedky

Aplikácie podporujúce BI čo je všeobecné označenie pre informačné technológie, ktorých účelom je vykonávanie operácií s podnikovými dátami (zber, normalizácia a analýza) a podpora procesov rozhodovania a plánovania v rámci organizácie. BI majú dôležité miesto v modernom podnikovom manažmente, keďže priamo prostredníctvom týchto aplikácií môže podnik bezprostredne spracovávať, identifikovať a klasifikovať podnikové údaje dôležité v procesoch strategického manažmentu. Príkladmi takýchto nástrojov sú Oracle Business Intelligence Discoverer a Oracle Analytic Workspace Manager.

Oracle Business Intelligence Discoverer je intuitívny ad-hoc dotazovací, ohlasovací, analytický a internetovo publikačný nástroj, ktorý umožňuje používateľom okamžitý prístup k informáciám na všetkých úrovniach organizácie z dátových skladov, on-line systémov spracúvajúcich transakcie a Oracle E-Business Suite.

Oracle Analytic Workspace Manager (AWM) je nástroj na vytváranie dátových kociek (dimenzií, úrovni, hierarchií, ...) z relačných databáz a ich následnú analýzu. Silnou stránkou tohto nástroja je spracovanie faktov, kde si môžete nastaviť v každej kocke ako chcete fakt spracovávať (priemer, súčet, minimum, maximum, atď.).

Sieťové prostriedky

Najvyššia úroveň na komunikáciu využíva Ethernet v LAN a WAN sieťach. Najvyužívanejšie protokoly pri komunikácii v rámci piatej úrovne sú ODBC s využitím technológie OLAP (aplikácie rozdelené na klientske a serverové) a TCP/IP (webové aplikácie). Komunikáciu s nižšími úrovňami sprostredkúva protokol ODBC.

4.7.2 Technológia OLAP

Tento termín zaviedol Dr. E. F. Cood na popis technológie slúžiacej na preklopenie medzery medzi využitím osobných počítačov a riadením podnikových dát. Pre OLAP existuje viacero rôznych definícií napr. **voľne definovaný rad princípov, ktoré poskytujú dimenzionálny rámec pre podporu rozhodovania.**

OLAP je technológia uloženia dát v databáze, ktorá umožňuje usporiadať veľké objemy dát tak, aby boli dáta prístupné a zrozumiteľné používateľom zaoberajúcim sa analýzou týchto údajov. Dovoľujúcej analytikom, manažérom a riadiacim pracovníkom porozumieť dátam pomocou rýchleho, konzistentného a interaktívneho prístupu k širokému spektru možných pohľadov na informácie, ktoré boli transformované zo surových dát, aby odrážali skutočný rozmer podniku, tak ako je chápaný z pohľadu používateľa.

Funkcionalita OLAP zahŕňa:

- modelovanie a výpočty naprieč členmi, dimenziami a hierarchiami dimenzií,
- analyzovanie trendov vzhľadom na časové postupnosti,
- rozdeľovanie do podmnožín pre zobrazovanie,
- pohyb medzi úrovňami konsolidácie (drill-down a drill-up),
- približovanie do rôznej detailnej úrovne dát,
- rotácie pre porovnanie.

Okrem jednej definície pojmu OLAP uvediem tzv. „dvanásť“ pôvodných pravidiel OLAP od Dr. E. F. Cooda.

1. **Multidimenzionálny konceptuálny pohľad:** OLAP by mal poskytovať užívateľovi multidimenzionálny model odpovedajúci podnikateľským problémom a jeho použitie by malo byť intuitívne analytické.

2. **Transparentnosť:** Technológia systému OLAP, podriadená databáze a architektúra výpočtov a ich heterogenosť vstupných dát by mali byť pre užívateľov transparentné, aby si udržal a svoju produktivitu a odbornosť pri použití front – end nástrojov a prostredí.
3. **Dostupnosť:** Systém OLAP by mal pristupovať len k tým dátam, ktoré sú potrebné pre analýzu. Systém by mal byť navyše schopný pristupovať k dátam zo všetkých heterogénnych podnikových zdrojov dát potrebných pre analýzu.
4. **Konzistentné vykazovanie:** Aj keď počet a veľkosť databázy rastie, užívateľ by nemal pocítiť podstatné zníženie výkonu.
5. **Architektúra klient – server:** Systém OLAP musí zodpovedať princípom architektúry klient – server s prihliadnutím na maximálnu cenu a výkon, flexibilitu a interoperabilitu.
6. **Generická dimenzionalita:** Každá dimenzia dát musí byť ekvivalentná v štruktúre i v operačných schopnostiach.
7. **Dynamické ošetrenie riedkych matíc:** Systém OLAP by mal byť schopný adaptovať svoju fyzickú schému na konkrétny analytický model, ktorý optimalizuje ošetrenie riedkych matíc, pričom dosiahne a udrží požadovanú úroveň výkonu.
8. **Podpora pre viacerých užívateľov:** Systém OLAP musí byť schopný podporovať pracovnú skupinu užívateľov pracujúcich súčasne na konkrétnom modeli.
9. **Neobmedzené krížové dimenzionálne operácie:** Systém OLAP musí dokázať rozoznať dimenzionálne hierarchie a automaticky previesť asociované kumulované kalkulácie v rámci dimenzií aj medzi nimi.
10. **Intuitívna manipulácia s dátami:** Konsolidované preorientovanie ciest na detailnú úroveň a späť ako aj iné manipulácie by sa mali previesť priamo spôsobom „ukázať a kliknúť, zachytiť a premiestniť“ v bunkách kocky.
11. **Flexibilné vykazovanie:** Musí existovať schopnosť usporiadať riadky, stĺpce a bunky spôsobom, ktorý umožní intuitívnu analýzu pomocou vizuálnej prezentácie analytických zostáv.
12. **Neobmedzené dimenzie a úrovne agregácie:** V závislosti na požiadavkách podnikania môže mať analytický model viac dimenzií, pričom každá môže mať viacúrovňové hierarchie. Systém OLAP by nemal zapríčiniť žiadne umelé obmedzenie počtu dimenzií alebo úrovne agregácie.

5 Metodika tvorby informačného a riadiaceho systému

Metodika tvorby IaRS je iba jednou časťou metodiky tvorby DSR, ktorá bola stručne popísaná v kapitole 3. Poznanie metodiky tvorby IaRS je veľmi nápomocná pri tvorbe IaRS v praxi. Táto kapitola sa zameriava na teoretický základ pri tvorbe IaRS, ktorý je uvedený v kapitolách 5.1 až 5.4. Podkapitola 5.5 sa venuje praktickej ukážky použitia uvedenej metodiky. IaRS je veľmi výhodný hlavne pre väčšie výrobné podniky a jeho funkcia je väčšinou viazaná na konkrétny podnik a na použitie pri špecifických funkciách daného podniku. Takýto systém umožňuje hlavne:

- sledovanie skladov,
- sledovanie a riadenie výroby,
- kontrolu kvality.

Navyše môže vykonávať aj rôzne prídavné funkcie ako:

- príjem a spracovanie objednávok,
- tvorba objednávok,
- účtovníctvo,
- plánovanie,
- analýzy a ďalšie.

Metodický postup pri tvorbe a realizácii IaRS zahŕňa tieto kroky:

1. analýza súčasného stavu a návrh koncepcie riešenia:
 - 1.1. analýza a popis organizačnej štruktúry podniku alebo prevádzky,
 - 1.2. analýza a popis materiálového toku výroby,
2. hĺbková analýza, vytvorenie funkčného, procesného a dátového modelu IaRS:
 - 2.1. funkčný model, ktorý je reprezentovaný diagramom dekompozície procesov,
 - 2.2. procesný model, ktorý je reprezentovaný data flow diagramom (diagram, ktorý definuje vzťah medzi jednotlivými procesmi),
 - 2.3. dátový model, ktorý predstavuje súbor entít, ktoré sú zdrojom dát pre IaRS,
3. návrh aplikačného programového vybavenia (grafického používateľského rozhrania):
 - 3.1. diagram vnárania obrazoviek popisuje ako sú do seba jednotlivé obrazovky vnárané,
 - 3.2. popis grafického používateľského rozhrania,
4. systémová dokumentácia, v ktorej je popísané ako sa o vytvorený program treba starať,
5. užívateľská dokumentácia, ktorá hovorí o tom, ako je možné daný systém používať.

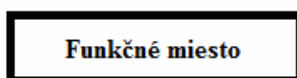
5.1 Analýza súčasného stavu a návrh koncepcie riešenia

Analýza súčasného stavu a návrh koncepcie riešenia sa predovšetkým zameriava na samotný proces výroby, materiálový tok výroby, organizačnú štruktúru a pracovnú náplň jednotlivých funkčných miest v procese výroby. Jej úlohou je zosumarizovať tie poznatky z technológie výroby a organizácie práce, ktorých správne pochopenie je nevyhnutné pre návrh IaRS.

5.1.1 Analýza a popis organizačnej štruktúry podniku alebo prevádzky

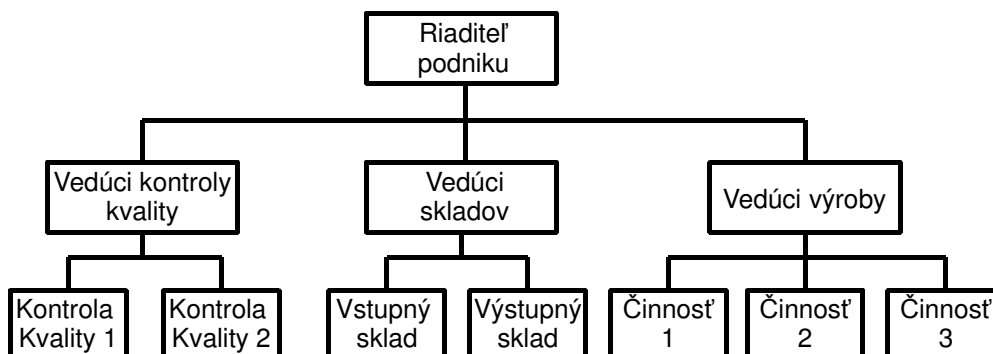
Organizačná štruktúra znázorňuje všetky funkčné miesta, ktoré môžu pristupovať do IaRS podniku. Funkčné miesto môže zahŕňať aj viac pracovníkov, ktorý sa musia v IaRS rozlišovať. Organizačná štruktúra je zväčša hierarchická, kde najvyššiu pozíciu má najvyšší riadiaci pracovník, ktorý organizuje vedúcich pracovníkov na nižšej úrovni. Vedúci pracovníci majú často dosah až na koncových pracovníkov, avšak hierarchia riadenia môže byť ďalej rozvetvená.

a) v rámci organizačnej štruktúry je potrebné vytvoriť blokovú schému organizačnej štruktúry, ktorú predstavuje unárny strom, ktorý pokrýva rozdelenie právomocí jednotlivým pracovníkom, kde v koreni stromu je najvyšší riadiaci pracovník. Každé funkčné miesto je definované obdĺžnikom, v ktorom je napísaný názov funkčného miesta. Blok funkčného miesta je zobrazený na Obr. 5.1.



Obr. 5.1 Označenie funkčného miesta

Väzby medzi jednotlivými funkčnými miestami sú znázorňované neorientovanými čiarami. Funkčné miesta na rovnakých úrovniach riadenia sú umiestnené vedľa seba a funkčné miesta na rôznych úrovniach sú umiestnené pod sebou, tak ako je to zobrazené na Obr. 5.2.



Obr. 5.2 Väzby medzi pracovníkmi

b) popis informácií a činností jednotlivých funkčných miest.

Základné informácie o funkčnom mieste sú:

- názov funkčného miesta
- telefónne číslo (na pracovisko, firemný mobilný telefón, atď.),
- umiestnenie (kancelária, výrobná hala, sklad, kabína stroja, atď.),
- počet pracovníkov (1, 2, atď.),
- počet zmien (1, 2, atď.),
- pracovné podmienky (izbové, hluk, prach, nebezpečné, klimatizované, atď.).

c) Popis činnosti funkčných miest:

- náplň práce príslušného funkčného miesta,
- kto je jeho nadradený a kto sú jeho podradený,
- čo v rámci IaRS môže vykonávať.

d) popis dokumentov, s ktorými daný pracovník pri vykonávaní svojej činnosti prichádza do styku, a uvádza sa:

- zdroj tohto dokumentu,
- komu tento dokument odovzdáva,
- aké záznamy musí pracovník vyplniť.

5.1.2 Analýza a popis materiálového toku výroby

Materiálový tok (MT) znázorňuje jednotlivé časti výrobného procesu od vstupného skladu cez samotnú výrobu až po výstupný sklad. Uvádza sa vo forme blokovej schémy postupností, ktoré znázorňujú pohyb materiálu v rámci prevádzky.

a) Diagram materiálového toku sa skladá z:

- Štvorec na Obr. 5.3 - predstavuje agregát, výrobnú linku, technologický proces, prípadne inú činnosť, ktorá sa vykonáva s výrobkom,



Obr. 5.3 Symbol procesu v diagrame MT

- Elipsa na Obr. 5.4 – predstavuje sklad, medzisklad alebo miesto v sklade,
-



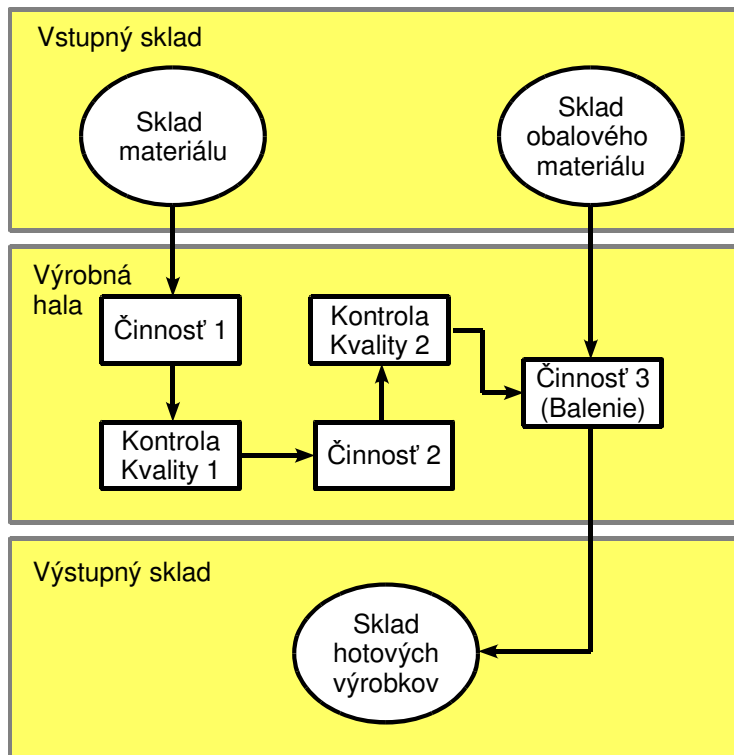
Obr. 5.4 Symbol skladu v diagrame MT

- Šípka na Obr. 5.5 – predstavuje tok materiálu v prevádzke.



Obr. 5.5 Symbol toku materiálu v diagrame MT

Jednotlivé prvky môžu byť uzavreté v rámci jedného bloku (veľký obdĺžnik), ktorý predstavuje ucelený priestor (výrobná hala, sklad, ...), táto časť je tiež pomenovaná o aký blok ide. Rozdelenie výroby do viacerých blokov je zobrazené na Obr. 5.6.



Obr. 5.6 MT v prevádzke

b) **Bloková schéma** MT je následne podrobne popísaná s dôrazom na činnosti, ktoré budú v rámci IaRS zaznamenávané.

5.2 Hĺbková analýza, vytvorenie funkčného, procesného a dátového modelu IaRS

Funkčný, procesný a dátový model predstavujú návrh architektúry systému, na základe ktorej bude vytvorený IaRS podniku. Funkčný model je reprezentovaný diagramom dekompozície procesov, ktorý rozdeľuje procesy v podniku do skupín. Tieto skupiny sa následne delia na podprocesy, ktoré predstavujú jednotlivé činnosti v podniku. Procesný model je reprezentovaný data flow diagramom (DFD), ktorý znázorňuje prepojenie medzi jednotlivými procesmi a popisuje ich vzájomné prepojenie. Dátový model (DM) predstavuje súbor použitých tabuliek a vzťahov medzi nimi, ktoré sú uložené v databáze a IaRS ich využíva.

5.2.1 Funkčný model IaRS

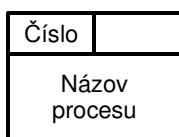
Funkčný model IaRS je reprezentovaný diagramom dekompozície procesov (DDP) a jeho úlohou je znázorniť hierarchickú dekompozíciu funkčného modelu vo forme stromovej štruktúry. Táto štruktúra sa člení na „n“ úrovní, ktoré poukazujú na rozklad jednotlivých procesov, ktoré sú súčasťou celej výroby. Jednotlivé úrovne dekompozície

poukazujú na väzby medzi jednotlivými funkciami výrobného procesu. Hovorí o väzbách od tej najvyššej úrovni až po väzby medzi elementárnymi procesmi. Prostredníctvom tohto diagramu sa je možné lepšie orientovať medzi jednotlivými procesmi.

Každý z procesov je charakterizovaný svojim číslom a názvom. Tieto údaje sú uvedené vo vnútri symbolu znázorňujúceho proces. Hlavné procesy sú radené pod sebou a podprocesy sú radené vpravo od rodičovského procesu. Podprocesy dedia číslo rodičovského procesu a číslo podprocesu sa oddeľuje bodkou (napr. 2.3). Podproces je s hlavným procesom spojený pokračovacím symbolom. Ak hlavný proces nie je z hľadiska funkčnosti IaRS nutné dekomponovať tak sa ukončí ukončovacím symbolom. Podprocesy, ktoré sa už ďalej nedajú deliť sa označia ako elementárne procesy.

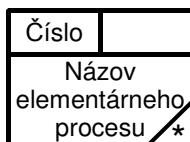
DDP pozostáva z nasledujúcich komponentov:

a) **Hlavný proces** zobrazený na Obr. 5.7 , ktorý je možné ďalej dekomponovať,



Obr. 5.7 Blok hlavného procesu v DDP

b) **Elementárny proces** zobrazený na Obr. 5.8, ktorý už nie je možné ďalej dekomponovať,



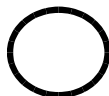
Obr. 5.8 Blok elementárneho procesu v DDP

c) **Riadiaci tok** zobrazený na Obr. 5.9, prepája jednotlivé symboly v DDP,



Obr. 5.9 Riadiaci tok v DDP

e) **Pokračovací symbol** zobrazený na Obr. 5.10, sa používa pri dekompozícii hlavného procesu na podprocesy,



Obr. 5.10 Pokračovací symbol v DDP

d) **Ukončovací symbol** zobrazený na Obr. 5.11, sa používa pri procesoch, ktoré nie je potrebné dekomponovať.



Obr. 5.11 Ukončovací symbol v DDP

5.2.2 Procesný model

Procesný model je spracovaný technikou diagramov dátových tokov (DFD). Jednotlivé procesy boli navrhnuté analýzou a zovšeobecnením činností vykonávaných na jednotlivých pracovných pozíciách prevádzky.

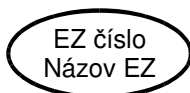
DFD umožňuje:

- zachytiť komunikáciu medzi systémom a jeho okolím,
- špecifikovať externé objekty, ktoré nie sú súčasťou systému, ale s ním komunikujú,
- popísať dátové objekty, ktoré systém využíva,
- zachytiť toky dát vo vnútri systému,
- špecifikovať rozklad zložitých procesov na jednoduchšie, a následne až na elementárne procesy.

DFD predstavuje stručný spôsob zachytenia toku informácií v systéme a pozostáva z nasledujúcich komponentov:

- externý zdroj alebo príjemca dát,
- proces,
- dátový súbor,
- dátový tok.

Externý zdroj alebo príjemca dát (EZ) označuje zdroj alebo príjemcu informácie s ktorou systém pracuje a ktorý je externý vzhľadom k systému. Blok EZ je umiestnený vždy mimo obdĺžnika označujúceho hranice systému. Každý EZ je charakterizovaný svojim identifikačným číslom a názvom, ako je možné vidieť na Obr. 5.12. V prípade rozsiahlych systémov a množstva používateľov, je možné uviesť iba číslo EZ bez názvu. V takomto prípade je nutné pred prvým diagramom uviesť zoznam všetkých čísel EZ s príslušným názvom EZ.



Obr. 5.12 Blok externého zdroja alebo príjemcu dát v DFD

Proces, rovnako ako v DDP sa delia na hlavné a elementárne procesy. Proces transformuje alebo manipuluje s dátami v rámci IaRS. Blok procesu je znázornený na Obr. 5.13 (a) hlavný proces, b) elementárny proces).



Obr. 5.13 Bloky procesu v DFD

Blok procesu charakterizuje:

1. **Číslo procesu** – slúži ako jednoznačný identifikátor procesu. Každý proces vnútri hraníc systému na nižšej úrovni DFD je identifikovaný desiatinným rozlíšením identifikátora odpovedajúceho procesu vyššej úrovne.

2. **Názov procesu** – jednoduchý jazykový výraz, ktorý čo možno najviac vystihuje činnosť, ktorá sa daným procesom realizuje.
3. **Popis procesu** – každý proces, ktorý sa ďalej dekomponuje, má svoj popis. Tento popis je zároveň popisom diagramu znázorňujúceho rozdelenie príslušného procesu. Popisy sú uvedené aj pre elementárne procesy.

Dátový súbor (DS), predstavuje miesto uloženia údajov, respektíve dokladov. Na najvyššej úrovni procesného modelu vystupuje len niekoľko DS. Tie sa v procesoch na nižších úrovniach rozdeľujú. Takto vzniknuté DS majú rovnaké číslo ako rodičovský DS avšak odlišujú sa sufixom. Tým je umožnené tzv. zakrývanie lokálne používaných DS, ktoré sa objavajú až na nižšej úrovni rozdelenia procesov.

Typ	Odkaz	Názov dátového súboru
číslo	sufix	

Obr. 5.14 Blok dátového súboru v DFD

Blok DS je zobrazený na Obr. 5.14 a charakterizuje ho:

1. **Typ** – vo všetkých prípadoch sa využíva typ **D** – stály dátový súbor v počítači. Predstavuje nejakú množinu entít.
2. **Odkaz na proces** – je číslo procesu, ktoré obsahuje daný DS.
3. **Meno** – je jednoznačné v rámci celého procesného modelu a stručne charakterizuje DS.
4. **Číslo** – jednoznačne identifikuje DS v rámci celého DFD. DS, ktoré vzniknú rozdelením iného DS sú chápané ako ten istý DS, teda preberajú číslo svojho rodiča.
5. **Sufix** – uvádza sa v prípade rozdelených DS. Tie na nižšej úrovni rozdelenia preberajú číslo svojho rodiča, pričom sa odlišujú sufixom.

Dátový tok (DF – data flow), znázorňuje smer a obsah toku informácií vo vnútri systému, aj medzi systémom a jeho okolím. Ako je vidieť na Obr. 5.15, tak DF môže byť a) jednosmerný, alebo b) obojsmerný. DF sa rozkladajú, to znamená, že na vyššej úrovni popisu môže byť použitý jeden všeobecný tok, ktorý v sebe zahŕňa niekoľko elementárnych.



Obr. 5.15 Blok dátového súboru v DFD


5.2.3 Dátový model

DM predstavuje súbor entít s príslušnými atribútmi a záznamami, ktoré sú zdrojom dát pre IaRS. V súčasnosti sa na uchovávanie údajov presadzuje využívanie databázových systémov namiesto ukladania dát do súborov v počítači. Entita v databázovom systéme predstavuje tabuľku, atribút je stĺpec v tabuľke a záznam je údaj v tabuľke. Jeden z najrozšírenejších databázových systémov vo svete je databázový systém Oracle. Oracle ponúka širokú škálu nástrojov, ktoré je možné pri práci s databázou použiť. Medzi najpoužívanejšie patria Oracle SQL Developer a SQL Developer Data Modeler.

Oracle SQL Developer voľne dostupné integrované vývojové prostredie, ktoré zjednodušuje vývoj a správu databáz Oracle. SQL Developer ponúka kompletný end-to-end vývoj PL / SQL aplikácií, pracovný list pre spúšťanie dotazov a skriptov, databázovú konzolu pre správu databázy, kompletne riešenie pre modelovanie dát a migračné platformu pre presúvanie iných databáz do databázy Oracle.

Oracle SQL Developer Data Modeler je samostatný produkt, ktorý je zameraný na modelovanie dát pre databázových architektov a dizajnérov. Oracle SQL Developer Data Modeler je nástroj, podporujúci návrh logických schém a relačných modelov. Umožňuje importovať a exportovať modely z a do rôznych zdrojov nielen pre databázu Oracle. SQL Developer Dáta Modeler poskytuje užívateľom jednoduchý a rýchly spôsob, ako vytvárať a zobrazovať dátové štruktúry. Umožňuje vytvoriť dátový model databázového systému, ktorý pozostáva z entít, atribútov a ich vzájomného prepojenia. Z výsledného modelu je možno vygenerovať skript na vytvorenie databázového modelu v databáze. Tento skript je možné spustiť napríklad v Oracle SQL Developer.

Ukážku tabuľky namodelovanej v nástroji SQL Developer Data Modeler je na Obr. 5.16. Tabuľka (entita) je jednoznačne definovaná menom tabuľky, stĺpcami (atribútmi) tabuľky a dátovým typom jednotlivých stĺpcov. Stĺpec tabuľky môže tiež predstavovať primárny kľúč tabuľky, ktorý je unikátny, a na základe ktorého je možné rýchlejšie vyhľadávanie v tabuľke.

TABULKA		
P *	STLPEC_1	NUMBER
	STLPEC_2	DATE
	STLPEC_3	VARCHAR2 (50)
 TABULKA_PK		

Obr. 5.16 Tabuľka namodelovaná v nástroji SQL Developer Data Modeler

Ako bolo na začiatku uvedené, dátový model predstavuje súbor entít, takže súbor tabuliek. Dátový model pre IaRS môže byť jednoduchý, ktorý bude pozostávať iba z pár samostatných tabuliek, ale môže byť aj zložitý s veľkým počtom tabuliek a vzájomného prepojenie medzi tabuľkami.

5.3 Návrh aplikačného programového vybavenia

Návrh aplikačného programového vybavenia (GUI - grafické používateľské rozhranie) predstavuje návrh grafického rozhrania IaRS. Návrh grafického rozhrania spoločne s funkčným a procesným modelom tvoria základ pre realizáciu samotného IaRS. Návrh GUI musí byť pred samotnou realizáciou schválený. Prechod medzi jednotlivými obrazovkami je znázornený pomocou diagramu navigácie a jednotlivé obrazovky sú podrobne popísané.

5.3.1 Diagram navigácie

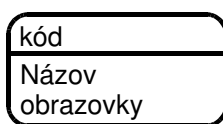
Diagram navigácie slúži k jednoznačnej orientácii a pohybu v IaRS. Je tvorený obrazovkami a riadiacimi tokmi. Úlohou diagramu navigácie je schematický znázorniť postupnosť volania obrazoviek v smere zľava doprava, čiže z ľavej obrazovky sa dá dostať priamo do pravej obrazovky.

Diagram navigácie je uvedený komplexne, neuvažuje sa v ňom prístupnosť či neprístupnosť obrazoviek pre jednotlivé funkčné miesta. Názvy a počet obrazoviek v diagrame navigácie presne odpovedá navrhovanému grafickému rozhraniu.

Pri tvorbe diagramu navigácie sa využívajú symboly:

- obrazovka,
- riadiaci tok,
- pokračovací symbol.

Obrazovka – predstavuje samostatnú obrazovku, ktorá je jednoznačne definovaná jedinečným kódom a názvom. Kód obrazovky začína písmenom „S“ (screen) a za ním nasleduje číslo obrazovky. Obrazovky ktoré sú volané z niektorej inej obrazovky preberajú číslo rodičovskej obrazovky a cez bodku sa doplnia o ďalšie číslo, podobne ako pri diagrame dekompozície procesov. Symbol obrazovky v diagrame dekompozície je na Obr. 5.17.



Obr. 5.17 Symbol obrazovky v diagrame navigácie

Riadiaci tok – vyjadruje cesty odovzdávania si riadenia medzi obrazovkami. To znamená, ktoré ďalšie obrazovky môžu byť bezprostredne volané z práve aktuálnej obrazovky. Pritom platí, že riadiaci tok znázornený vľavo od obrazovky ukazuje na volajúcu obrazovku (odkiaľ sa prišlo do príslušnej obrazovky) a tok vpravo od obrazovky ukazuje na volané obrazovky (kam sa dá dostať z aktuálnej obrazovky). Symbol riadiaceho toku je znázornený na Obr. 5.18.



Obr. 5.18 Symbol riadiaceho toku v diagrame navigácie

Pokračovací symbol – vyjadruje možnosť volania ďalšej obrazovky z aktuálnej obrazovky. Z obrazovky za ktorou už nenasleduje pokračovací symbol nie je možné volať ďalšiu obrazovku. Pokračovací symbol je zobrazený na Obr. 5.19 má dve varianty. Variant a) označuje bezprostredné pokračovanie diagramu a variant b) označuje pokračovanie diagramu na inej strane.



Obr. 5.19 Pokračovací symbol v diagrame navigácie

5.3.2 Popis grafického používateľského rozhrania

Popis grafického používateľského rozhrania sa realizuje už pred samotným naprogramovaním a pred realizáciou musí byť schválený. Je to zväčša najrozsiahlejšia časť,

nakoľko popis obrazoviek je značne rozsiahly. Každá obrazovka je jednoznačne popísaná, pričom sa uvádza:

- názov obrazovky,
- kód obrazovky,
- náhľad obrazovky,
- popis (funkcionalita) obrazovky,
- objekty obrazovky (typ objektu a názov objektu),
- použité tabuľky,
- vstupné premenné,
- výstupné premenné,
- globálne premenné,
- inicializácia,
- popis algoritmu, alebo názov algoritmu (ak bude algoritmus popísaný v samostatnej časti),
- spracovanie udalostí.

Každá obrazovka nemusí mať popísanú, každú položku. Niektoré obrazovky sú iba informačné, iné iba prehľadové. Popis grafického používateľského rozhrania je dôležitý aj preto, lebo na jeho základe sa realizuje samotné vytvorenie (programovanie) IaRS a vypracováva sa systémová a používateľská dokumentácia.

5.4 Systémová a užívateľská dokumentácia

Zahŕňa komplexnú projektovú dokumentáciu, ktorej jednotlivé časti sú popísané v kapitole 3.1 odsek 8.

5.5 Praktická ukážka tvorby IaRS

V tejto kapitole bude prezentovaná praktická ukážka, ako by mala vyzeráť dokumentácia k IaRS pre fiktívnu spoločnosť, ktorá vyrába hygienické potreby.

Charakteristika spoločnosti

Súkromná spoločnosť je globálna hygienická spoločnosť, ktorá vyvíja a vyrába výrobky pre osobnú hygienu. Špecializuje sa na produkty ako toaletný papier, hygienické vreckovky, servítky, kuchynské utierky, obrúsky, detské plienky a výrobky pre dámsku hygienu. Ukážka produktov je zobrazená na Obr. 5.20. Spoločnosť bola založená v roku 2000 so sídlom v Bratislave. Predaj výrobkov sa uskutočňuje vo viacerých predajniach. Spoločnosť má mnoho známych značiek.



Obr. 5.20 Vyrobené produkty v baleniach pre rôzne značky

Poslaním spoločnosti je poskytovať produkty, ktoré zlepšujú kvalitu každodenného života. Snažiť sa vytvoriť väčšiu hodnotu, dosiahnuť lepšie výsledky a pozitívne prispieť

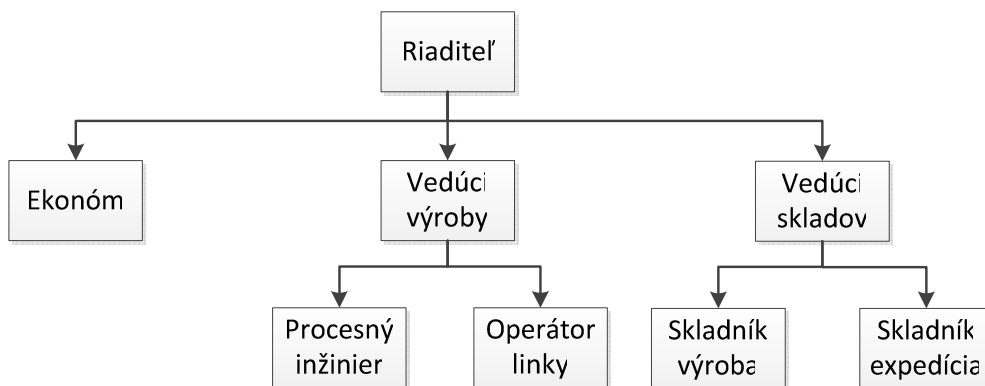
s jej produktmi k životu každého jednotlivca v každej spoločnosti. Neustále sa rozvíjať pri dodržaní vysokých ekonomických a environmentálnych štandardov.

Hlavným cieľom spoločnosti Hygiene Products je dosiahnutie dlhodobej konkurencieschopnosti produktov pomocou znižovania nákladov, zvýšením účinnosti, inovácie a nestáleho rastu. Stať sa vedúcou spoločnosťou na trhoch. Posilniť si svoju pozíciu na trhu a presadzovať sa aj na rozvíjajúcich sa trhoch.

V najbližšom období je cieľom spoločnosti zaviesť nové produkty a služby. Vytvoriť silné značky, ktoré je možné ponúknuť existujúcim zákazníkom, a pomocou nich prilákať nových zákazníkov.

5.5.1 Organizačná štruktúra spoločnosti

Organizačná štruktúra zamestnancov firmy sa skladá z troch vrstiev. Na najvyššej vrstve sa nachádza riaditeľ spoločnosti. Pod ním sa nachádzajú vedúci jednotlivých útvarov (ekonomika, výroba a sklady). V poslednej tretej vrstve sa nachádzajú zamestnanci ktorí prichádzajú priamo do kontaktu s výrobkami a výrobnými zariadeniami. Organizačná štruktúra uvažovanej spoločnosti je zobrazená na Obr. 5.21.



Obr. 5.21 Organizačná štruktúra spoločnosti

Základné informácie o funkčných miestach spoločnosti.

Riaditeľ

Funkčné miesto: Riaditeľ

Telefónne číslo: 0554812256

Umiestnenie: kancelária 105 v administratívnej budove

Počet pracovníkov: 1

Počet zmien: 1

Pracovné podmienky: izbové, klimatizované

Zodpovedá za chod podniku a plní kontrolnú funkciu nad celým podnikom. Reprezentuje firmu a podieľa sa na získavaní zákaziek. Jeho cieľom je dosiahnutie dlhodobej konkurencieschopnosti produktov pomocou znižovaním nákladov, zvýšením účinnosti, inovácie a nestáleho rastu okruhu zákazníkov. Má najvyššie postavenie v rámci spoločnosti a jeho priamy podriadený sú ekonom, vedúci skladov a vedúci výroby. V rámci IaRS vykonáva dohľad nad celým systémom a má prístup ku všetkým častiam IaRS.

Má k dispozícii všetky právne dokumenty spoločnosti a prístup k dokumentácii

na akejkoľvek funkčnej pozícii v spoločnosti. Taktiež právo prijímať nových, či prepúšťať pôvodných zamestnancov. Dokumenty mu pripravujú jeho priamy podriadený a rovnako aj im ich odovzdáva. V dokumentoch vyplňa príslušné požadované údaje.

Ekonom

Funkčné miesto: Ekonom
Telefónne číslo: 0554823598
Umiestnenie: kancelária 93 v administratívnej budove
Počet pracovníkov: 1
Počet zmien: 1
Pracovné podmienky: izbové, klimatizované

Má na starosti objednávky. Od zákazníkov prijíma požiadavky a zapisuje ich do databázy prostredníctvom informačného systému. Jeho priamym nadriadeným je riaditeľ a nemá žiadnych podriadených. V rámci IaRS vykonáva ekonomickú agendu.

Prichádza do styku s dokumentáciou týkajúcou sa ekonomických záležitostí, ako sú fakturácia, finančné úhrady, spracovanie dodacích listov a pod. Taktiež koordinuje spravovanie personálnych záležitostí, ako aj mzdové ohodnotenie ostatných pracovníkov spoločnosti. Dané dokumenty prína od zákazníkov a vedúceho skladov a za pomoci IaRS ich poskytuje vedúcemu výroby a riaditeľovi spoločnosti. V záznamoch vyplňa príslušné údaje podľa typu dokumentu.

Vedúci výroby

Funkčné miesto: Vedúci výroby
Telefónne číslo: 0554823669
Umiestnenie: kancelária 23 vo výrobnej hale
Počet pracovníkov: 1
Počet zmien: 1
Pracovné podmienky: izbové, hluk

Na základe prijatých objednávok zostavuje plány výroby. Za týmto účelom musí zabezpečiť všetky potrebné suroviny pre výrobu. Do skladu prostredníctvom informačného systému odosiela požiadavku na dodanie surovín potrebných pre výrobu. Jeho priamym nadriadeným je riaditeľ a má dvoch poriadenejších pracovníkov. V rámci IaRS kontroluje stav objednávok a výroby.

Príma dokumenty od ekonóma a pripravuje výrobné plány pre pracovníkov na dielni. V plánoch presne špecifikuje pracovné činnosti pre jednotlivých pracovníkov na dielni. Na základe objednávok vytvára zoznamy požadovaného materiálu pre vedúceho skladov.

Vedúci skladov

Funkčné miesto: Vedúci skladov
Telefónne číslo: 0554823648
Umiestnenie: kancelária 25 vo výrobnej hale
Počet pracovníkov: 1
Počet zmien: 1
Pracovné podmienky: izbové, hluk

Dozerá na plnenie úloh zamestnancami skladov a kontroluje pohyby materiálu po sklade, pomocou IaRS sa snaží o čo najmenšie zásoby surovín pri plnom chode výroby

bez zbytočných prestojov. Tým pádom minimalizuje finančné prostriedky ktoré by boli uložené v uskladnených zásobách. Jeho priamym nadriadeným je riaditeľ a má dvoch poriadeneých pracovníkov. V IaRS sleduje stav skladov a stav objednávok.

Na základe dokumentov od vedúceho výroby buď vytvára objednávky na potrebný materiál, ktoré odosiela ekonómovi, alebo dáva pokyn skladníkovi výroby na prípravu a dodávku materiálu pre výrobu. V prípade expedície výrobkov dáva pokyn skladníkovi expedície na expedíciu tovaru.

Procesný inžinier

Funkčné miesto: Procesný inžinier
Telefónne číslo: 0554821277
Umiestnenie: výrobná hala
Počet pracovníkov: 1
Počet zmien: 1
Pracovné podmienky: hluk, nebezpečné

Dohliada na proces výroby a zabezpečuje dodržiavanie kvality, výrobných postupov a noriem. Vykonáva náhodnú kontrolu kvality výrobkov. Jeho priamym nadriadeným je vedúci výroby a nemá žiadnych podriadených. Do IaRS zapisuje údaje o parametroch výroby a záznamy o kontrolách kvality.

Vytvára dokumenty, na ktorých zaznamenáva výsledky kontrol a odovzdáva ich vedúcemu výroby.

Operátor linky

Funkčné miesto: Operátor linky
Telefónne číslo: 0554821259
Umiestnenie: výrobná hala
Počet pracovníkov: 1
Počet zmien: 1
Pracovné podmienky: hluk, nebezpečné

Na základe plánu výroby a dodaných surovín vyrába na linke produkty spoločnosti určené pre expedíciu. Hotové výrobky posiela do expedičného skladu. Jeho priamym nadriadeným je vedúci výroby a nemá žiadnych podriadených. Do IaRS zapisuje údaje o počte vyrobených výrobkoch za zmenu.

Príma plán výroby od vedúceho výroby, a dopĺňa ho o skutočný stav výroby po každej zmene. Vyplnený dokument vracia späť vedúcemu výroby.

Skladník výroba

Funkčné miesto: Skladník výroba
Telefónne číslo: 0554823569
Umiestnenie: sklad
Počet pracovníkov: 1
Počet zmien: 1
Pracovné podmienky: nebezpečné

Na základe požiadaviek od vedúceho skladov pripravuje a dodáva materiál ku výrobnej linke. Jeho priamym nadriadeným je vedúci skladov a nemá žiadnych podriadených. V IaRS vykonáva zmenu stavu materiálu na sklade.

Príma výdajky zo skladu a na ich základe zásobuje výrobnú linku. Pri dodaní nového tovaru vytvára príjemky na sklad a posieľa ich vedúcemu skladov.

Skladník expedícia

Funkčné miesto: Operátor - zväračka

Telefónne číslo: 0554823669

Umiestnenie: sklad

Počet pracovníkov: 1

Počet zmien: 1

Pracovné podmienky: nebezpečné

Na základe požiadaviek od vedúceho skladov pripravuje výrobky na expedíciu. Jeho priamym nadriadeným je vedúci skladov a nemá žiadnych podriadených. V IaRS vykonáva zmenu stavu výrobkov na sklade.

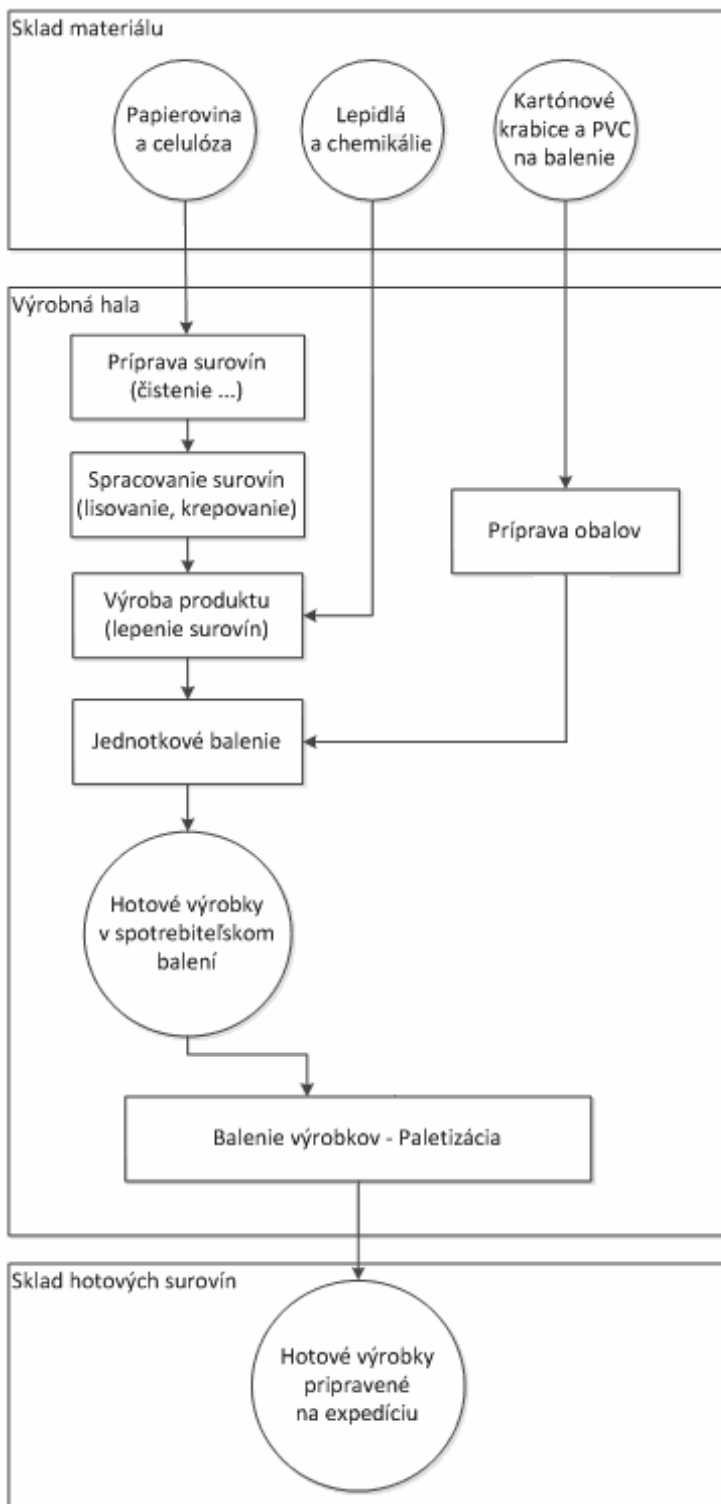
Príma výdajky zo skladu a na ich základe expeduje výrobky zo skladu. Po výrobe a uskladnení výrobkov vytvára príjemky na sklad a posieľa ich vedúcemu skladov.

5.5.2 Materiálový tok v spoločnosti

Materiálový tok predstavuje činnosti súvisiace s výrobou produktov v jednotlivých oddeleniach spoločnosti. Tie sú reprezentované ako jednotlivé celky v ktorých prebiehajú nasledovne činnosti znázornené pomocou blokov.

Výroba prebieha na jednej plnoautomatizovanej linke, ktorá potrebuje iba obsluhu a zásobovanie potrebným materiálom na výrobu.

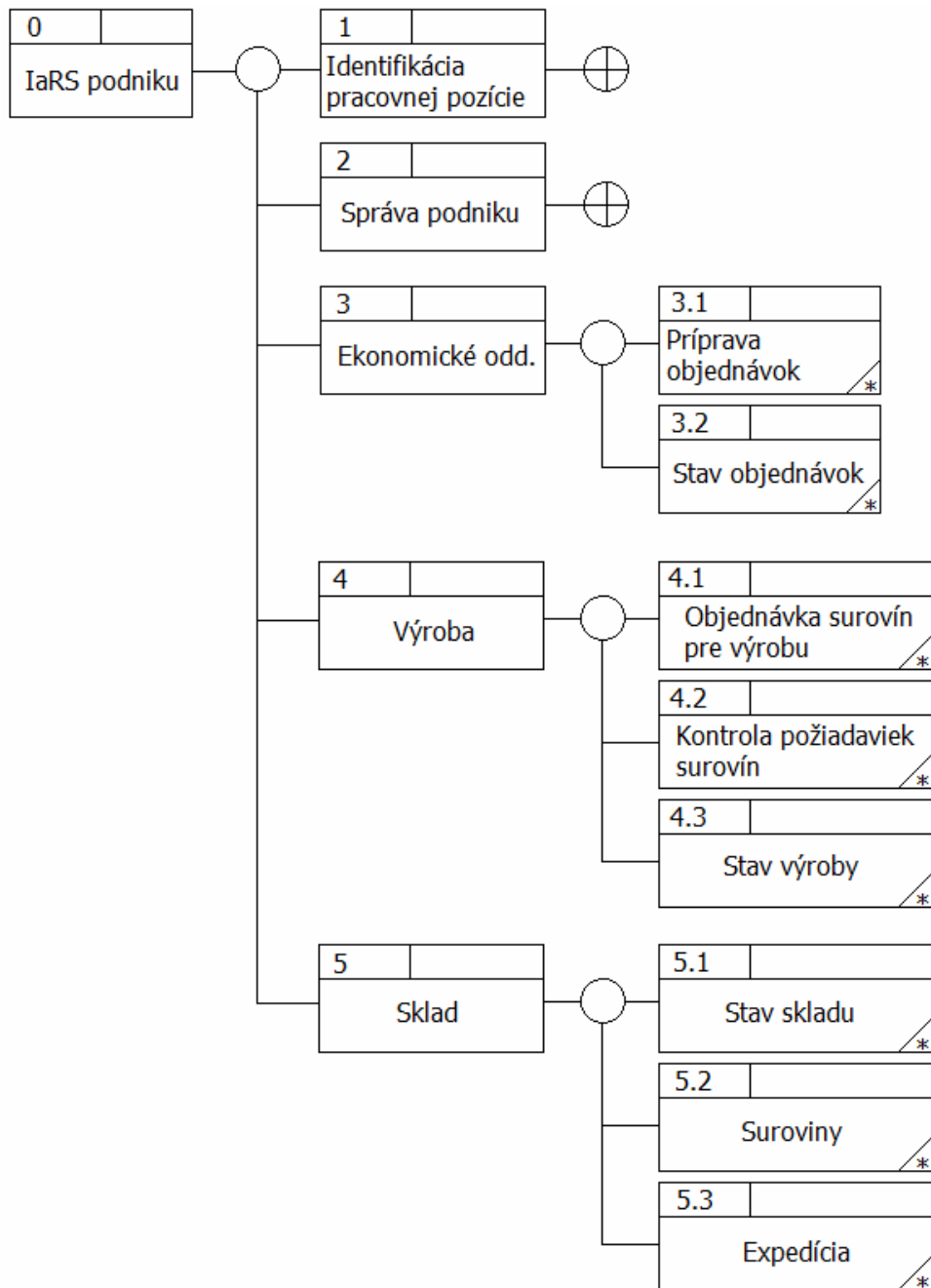
Najskôr sa pripraví papier a celulóza na výrobu a to čistením alebo praním. Spracovanie surovín prebieha lisovaním alebo krepovaním. Do predspracovaní produktu sa v konečnej fáze pridávajú rôzne lepidlá a chemikálie zo skladu surovín. Výroba spravidla prebieha lepením alebo lisovaním viacerých vrstiev. V rovnakom čase prebieha príprava obalov do ktorých sa hotové výrobky zabalia a uložia na medzisklade. Na základe objednávok sa následne ešte balia hotové výrobky podľa požadovanej objednávky a ukladajú na sa expedičný sklad. V sklade sú potom výrobky pripravené na expedíciu. Diagram materiálového toku v spoločnosti je zobrazený na nasledujúcom Obr. 5.22.



Obr. 5.22 Materiálový tok spoločnosti

5.5.3 Funkčný model

Funkčný model IaRS je reprezentovaný diagramom dekompozície procesov a znázorňuje dekompozíciu procesov, ktoré budú realizované v rámci IaRS. Diagram dekompozície navrhovaného IaRS pre fiktívnu spoločnosť je znázornený na Obr. 5.23.



Obr. 5.23 Diagram dekompozície procesov spoločnosti

Popis jednotlivých blokov diagramu dekompozície.

0 IaRS podniku – predstavuje IaRS ako celok, ktorý sa ďalej dekomponuje. Popisuje základnú štruktúru IaRS kde popisuje jednotlivé vstupy a výstupy procesov.

1 Identifikácia pracovnej pozície – slúži na identifikáciu prihláseného užívateľa a miesta odkiaľ sa prihlásil. Podľa toho, ktorý používateľ sa prihlási ma definované práva na prácu v rámci IaRS. Na základe prístupových práv sa otvorí príslušná obrazovka a povolia príslušne možnosti na prácu.

2 Správa systému – slúži pre administrátora systému na možnosť zmeny v systéme, údržbu a možné rozšírenie systému.

3 Ekonomické oddelenie – prijíma objednávky na základe požiadaviek zákazníkov a zapisuje ich do informačného systému. Má na starosti správu objednávok od zákazníkov a správu objednávok na materiál do výroby.

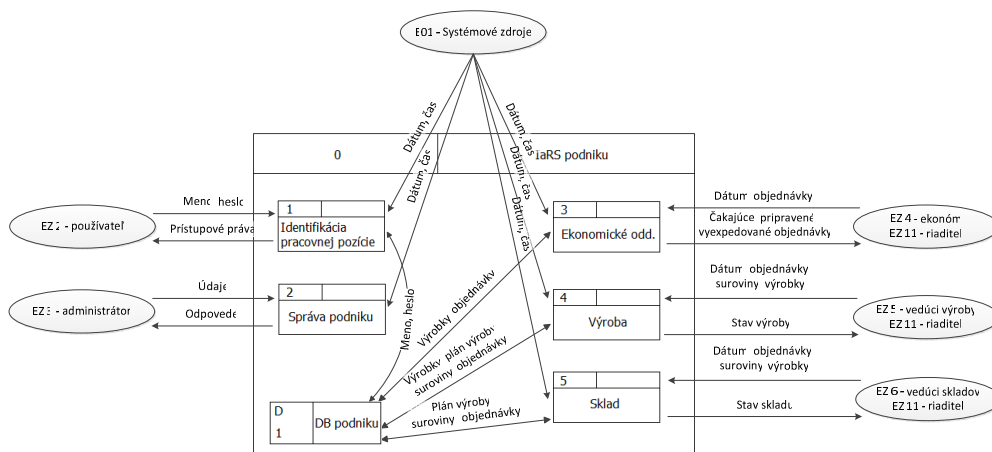
4 Výroba – na základe objednávok stanoví výrobný plán výroby. Na základe stavu materiálu na sklade a materiálu potrebného na výrobu, vytvára zoznam potrebného materiálu na objednanie. Po príchode surovín do výroby sa operatívne riadi výroba pre dosiahnutie požadovaného množstva na expedičnom sklade.

5 Sklady – sú určené hlavne pre skladníkov, ktorý majú za úlohu kontrolovať stav surovín a expedovať pripravené výrobky. Prijímajú požiadavky na suroviny z výroby a po ukončení výroby na základe výrobného planu uskladňujú hotové produkty na expedičnom sklade. Po potvrdení sa tieto výrobky vyexpedujú.

5.5.4 Procesný model

Procesný model je reprezentovaný DFD, ktoré znázorňujú komunikáciu v rámci systému a popis prenášaných dát. DFD sa vytvárajú iba pre neelementárne procesy, pričom pre procesy ktoré sa nedekomponujú sa DFD nevytvárajú.

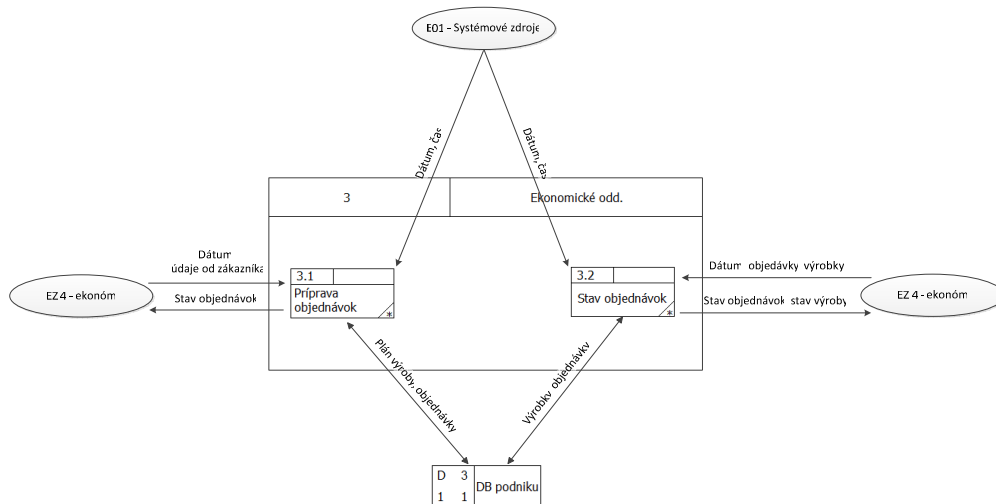
Najhlavnejší je diagram celého IaRS, ktorý predstavuje základnú funkcionlitu systému. DFD celého IaRS podniku je zobrazený na Obr. 5.24.



Obr. 5.24 DFD IaRS podniku

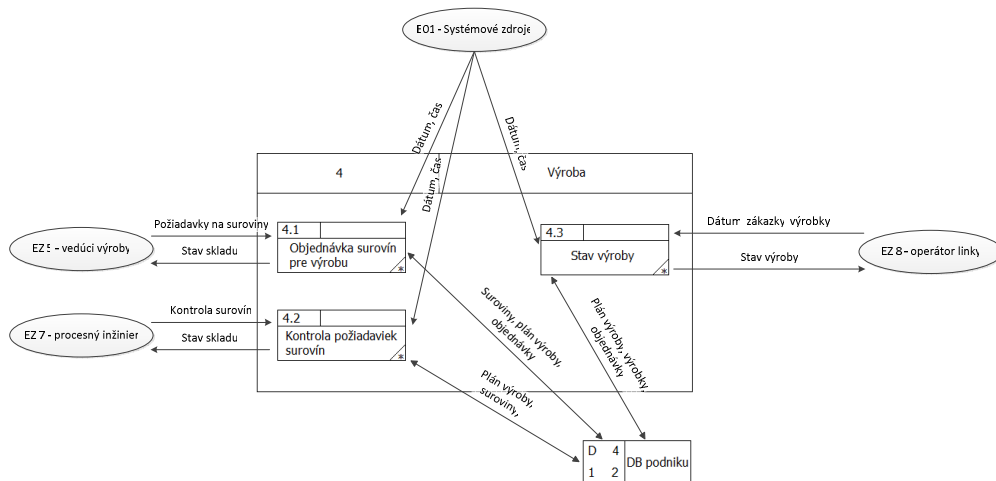
Bloky 1 – identifikácia pracovnej pozície a 2 – správa systému, nie sú ďalej dekomponované, preto sa pre nich DFD neuvádza.

Nasledujúci DFD na Obr. 5.25 popisuje funkcionality ekonomického oddelenia.



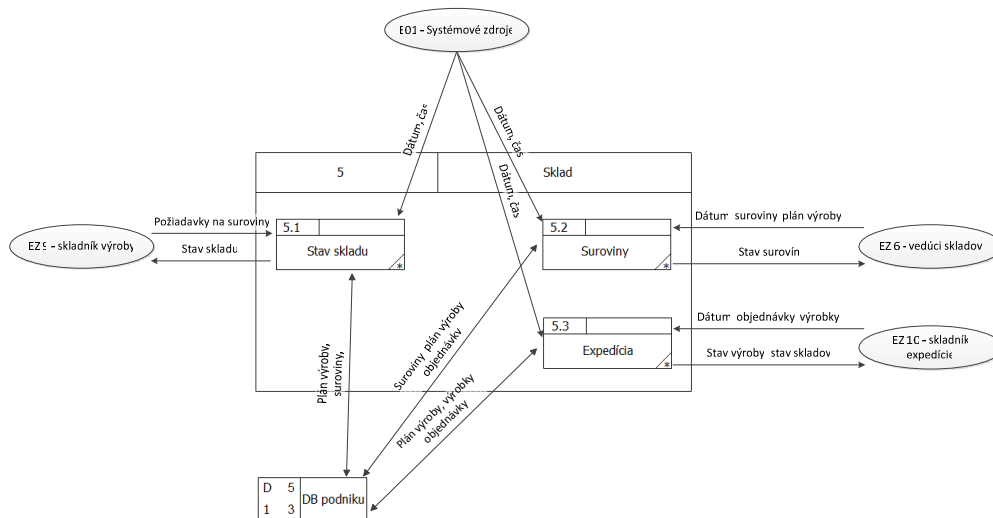
Obr. 5.25 DFD ekonomického oddelenia

DFD na Obr. 5.26 je zobrazená funkcionality IARS, ktorá sa týka procesov spojených s výrobou.



Obr. 5.26 DFD výroby

Posledným DFD na Obr. 5.27 zobrazuje funkcionality skladov.



Obr. 5.27 DFD skladov

Zoznam externých zdrojov vzhľadom na IaRS:

EZ 01 – Systémové zdroje

- predstavujú vonkajšiu synchronizáciu dátumu a času medzi IaRS, databázou a inými systémami.

EZ 02 – Používateľ

- všeobecný používateľ pred priradením roly v IaRS,
- môže sa prihlásiť do IaRS.

EZ 03 – Administrátor

- má neobmedzený prístup,
- môže pridávať, editovať a odstraňovať používateľov.

EZ 04 – Ekonóm

- vidí stav objednávok,
- môže vytvárať objednávky.

EZ 05 – Vedúci výroby

- vidí počet hotových výrobkov,
- vidí stav objednávok.

EZ 06 – Vedúci skladov

- vidí aktuálny stav skladu,
- vidí stav objednávok.

EZ 07 – Procesný inžinier

- vidí stav objednávok,
- môže vytvárať požiadavky na suroviny,
- vidí počet vyrobených výrobkov v sklade.

EZ 08 – Operátor linky

- vidí stav objednávok,
- môže vkladať hotové výrobky do skladu,
- vidí počet vyrobených výrobkov v sklade.

EZ 09 - Skladník výroba

- vidí aktuálny stav skladu,
- môže vkladať a vybrať suroviny.

EZ 10 – Skladník expedícia

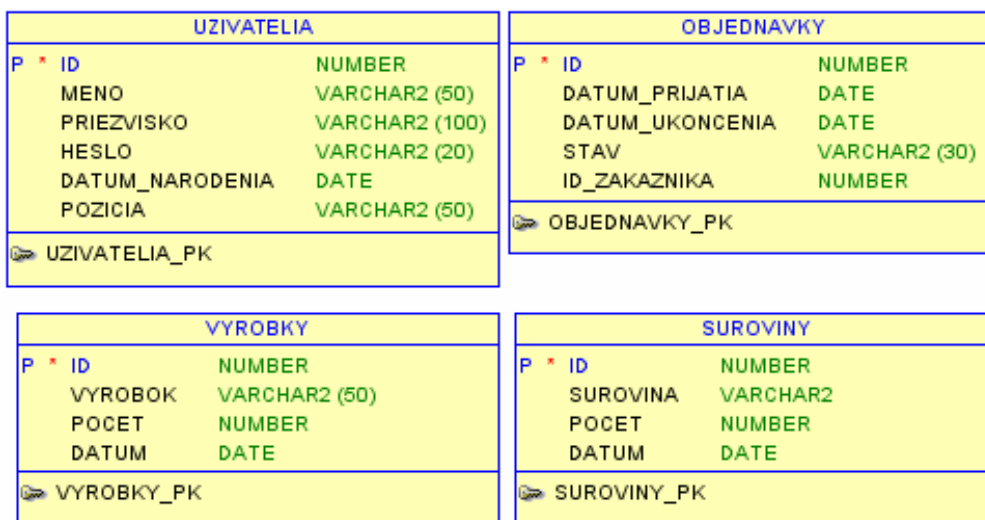
- vidí aktuálny stav skladu,
- vidí stav objednávok,
- môže expedovať objednávky.

EZ 11 – Riaditeľ

- vidí počet vyrobených výrobkov v sklade,
- vidí počet surovín v sklade,
- vidí požiadavky na suroviny,
- vidí stav objednávok,
- vidí informácie o používateľoch.

5.5.5 Dátový model

Dátový model predstavuje súbor entít a ich atribútov, ktoré slúžia pre ukladanie dát, s ktorými IaRS pracuje. Dátový model je vytvorený v programe Oracle SQL Developer Data Modeler. Na Obr. 5.28 je zobrazený dátový model spoločnosti.



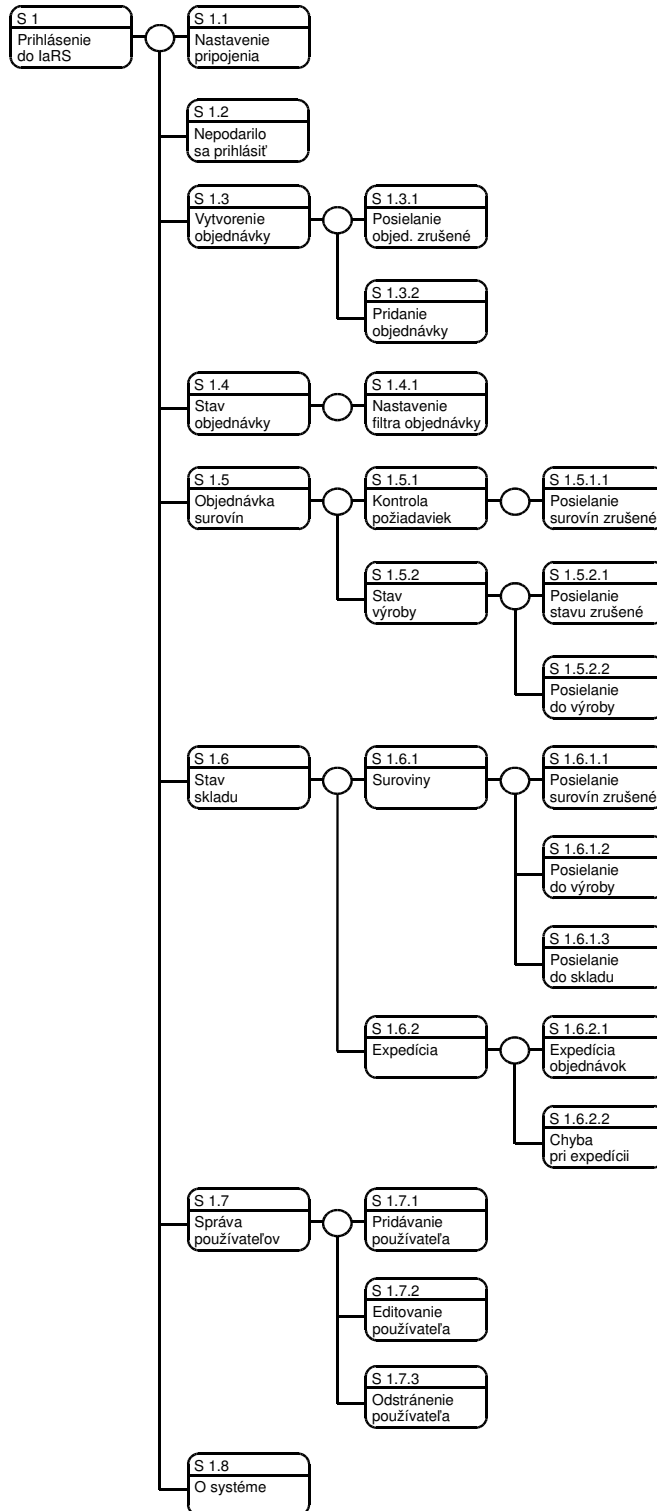
Obr. 5.28 Dátový model spoločnosti

Tabuľka UZIVATELIA obsahuje zoznam používateľov, ktorý majú prístup do IaRS podniku. Používateľ je jednoznačne identifikovaný svojím ID číslom, podľa ktorého sa mu priradzuje činnosť v rámci IaRS. V tabuľke OBJEDNAVKY je zoznam prijatých

objednávok, ich stav ako aj od koho daná objednávka prišla. V tabuľke VYROBKY, je zoznam výrobkov, ktoré spoločnosť ponúka aj s časom poslednej aktualizácie zoznamov. Tabuľka SUROVINY obsahuje zoznam surovín, ktoré sú potrebné na výrobu. V tabuľke je tiež záznam o množstve surovín a o dátume poslednej aktualizácie záznamov.

5.5.6 Diagram navigácie

Diagram navigácie znázorňuje všetky obrazovky, ktoré tvoria IaRS. Znázorňuje volania jednotlivých obrazoviek, čo predstavuje, ktoré obrazovky sú prístupné z danej obrazovky. Prvá obrazovka môže byť uvítacia obrazovka, alebo priamo obrazovka na prihlásenie do systému. Počet obrazoviek v diagrame je rovný počtu reálne vytvorených obrazoviek v IaRS. Obrazovky sú číslované podobne ako v diagrame dekompozície procesov. Všetky obrazovky sú označené začiatočným písmenom S a za ním číslo obrazovky. Obrazovky ktoré sú volané z niektorej inej obrazovky preberajú číslo rodičovskej obrazovky a cez bodku sa doplnia o ďalšie číslo, ktoré jednoznačne identifikuje obrazovku. Diagram navigácie je na Obr. 5.29.



Obr. 5.29 Diagram navigácie

5.5.7 Popis obrazoviek grafického používateľského rozhrania

V tejto časti budú podrobne popísané jednotlivé obrazovky, ktoré tvoria IaRS spoločnosti.

Grafické používateľské rozhranie IaRS spoločnosti sa začína obrazovkou na prihlasovanie. Po zadaní mena a hesla ktoré sa nachádza v tabuľke používateľov v databáze sa používateľ prihlási do IaRS. Pre konfiguráciu pripojenia do databázy (DB) Oracle je potrebné kliknúť na záložku „Nastavenia“ a nastaviť požadované údaje. Po týchto krokoch môže používateľ pracovať s aplikáciou na základe pridelených oprávnení. Aplikácia sa delí na tri základne celky ktoré predstavujú jednotlivé organizačné útvary spoločnosti.

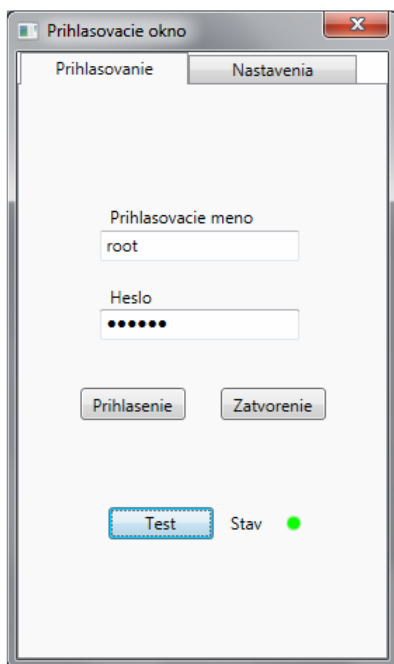
Ekonomické oddelenie poskytuje možnosti na prácu s objednávkami a prezeraním hotových výrobkov na základe ktorých boli hotové objednávky vyexpedované.

Výroba poskytuje obrazovky pre objednávanie surovín na základe požiadaviek, kontrolu požiadaviek surovín až po obrazovku na vkladanie počtu hotových výrobkov.

Sklady môžu posielat' do výroby suroviny na základe požiadaviek, prijímať hotové výrobky a následne ich podľa objednávok expedovať ku zákazníkom.

Každý používateľský vstup je kontrolovaný. Po zle zadaných údajoch alebo vyskytnutí chyby sa zobrazia chybové hlásenia oznamujúce konkrétnu chybu. Verzia systému je možné zistiť v okne „O systéme“.

S1 – Prihlasovanie do IaRS



Obr. 5.30 Obrazovka Prihlásenie do IaRS

Popis:

Prihlasovacie okno je prvé, ktoré sa zobrazí po spustení aplikácie. Umožňuje prihlasovanie existujúcich používateľov do informačného systému pomocou jedinečného prihlasovacieho mena a hesla. Ďalej umožňuje testovanie spojenia s databázou.

Objekty obrazovky:

Tab. 5.1 Objekty obrazovky S1

Názov objektu	Typ objektu
<i>usernameLine</i>	TextBox – zadávanie prihlasovacieho mena
<i>loginPasswordLine</i>	TextBox – zadávanie hesla
<i>loginButton</i>	Button – prihlásenie do informačného systému
<i>closeButton</i>	Button – ukončenie aplikácie
<i>testButton1</i>	Button – testovanie spojenia s DB
<i>pictureBox1</i>	PictureBox – indikátor stavu spojenia

Použité tabuľky:

- USERS

Vstupné premenné:

- Prihlasovacie meno
- Heslo

Výstupné premenné:

- Prístupové práva používateľa

Globálne premenné:

- Čas a dátum

Názov algoritmu:

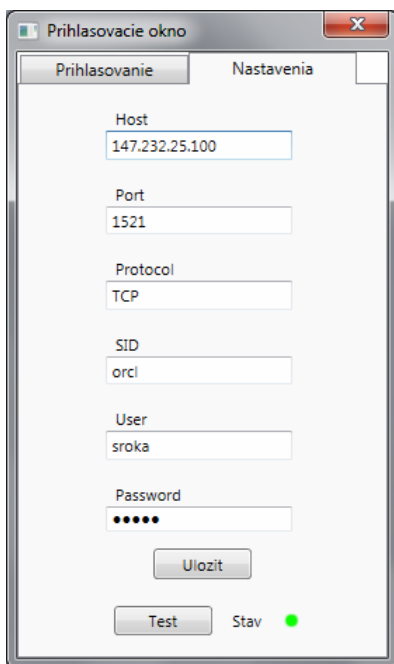
- alg_1 – na pripojenie k databáze
- alg_2 – na zrušenie pripojenia k databáze
- alg_3 – testovanie spojenie s databázou

Spracovanie udalostí:

Tab. 5.2 Spracovanie udalosti obrazovky S1

Udalosť	Akcia	Komentár
Stlačenie tlačidla: <i>Prihlásenie</i> (<i>loginButton</i>)	Po stlačení tlačidla <i>Prihlásenie</i> sa vykoná pripojenie k databáze a porovná sa zadané prihlasovacie meno a heslo s dátami, ktoré sa nachádzajú v tabuľke <i>USERS</i> . Ak v tabuľke <i>USERS</i> nájde používateľa, priradí mu prístupovú úroveň podľa pozície a otvorí sa mu príslušné okno, na ktorom môže vykonať svoju prácu.	Overenie prihlasovacích údajov, následné prihlásenie do informačného systému.
Stlačenie tlačidla: <i>Zatvorenie</i> (<i>closeButton</i>)	Po stlačení tlačidla <i>Zatvorenie</i> sa zruší spojenie s databázou a ukončí sa aplikácia.	Ukončenie aplikácie
Stlačenie tlačidla: <i>Test</i> (<i>testButton1</i>)	Po stlačení tlačidla <i>Test</i> sa otestuje pripojenie k databáze. Úspech pripojenia indikuje zelená/červená bodka (<i>pictureBox1</i>) na obrazovke.	Testovanie pripojenia na databázu

S1.1 – Nastavenie pripojenia



Obr. 5.31 Obrazovka Nastavenie pripojenia

Popis:

Toto okno umožňuje uložiť a následne zmeniť potrebné nastavenia, ktoré sú potrebné pre komunikáciu s databázou. Taktiež umožňuje testovanie uložených nastavení.

Použité tabuľky:

- USERS

Vstupy:

- Host
- Port
- Protocol
- SID
- User
- Password

Výstupy:

- Zmena v nastaveniach databázy

Globálne premenné:

- Čas a dátum

Inicializácia:

- Host = 147.232.25.100

- Port = 1521
- Protocol = TCP
- SID = orcl
- User = sroka
- Password = *****

Názov algoritmu:

- alg_3 – testovanie spojenie s databázou
- alg_4 – na uloženie zadaných parametrov

Objekty obrazovky:

Tab. 5.3 Objekty obrazovky S1.1

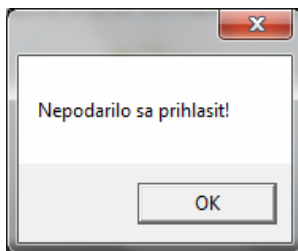
Názov objektu	Typ objektu
<i>hostLine</i>	TextBox – zadávanie: Host
<i>portLine</i>	TextBox – zadávanie: Port
<i>protocolLine</i>	TextBox – zadávanie: Protocol
<i>SIDLine</i>	TextBox – zadávanie: SID
<i>userLine</i>	TextBox – zadávanie: User
<i>passwordLine</i>	TextBox – zadávanie: Password
<i>saveButton</i>	Button – uloženie nastavených parametrov
<i>testButton</i>	Button – testovanie spojenia s DB
<i>pictrueBox2</i>	PictureBox – indikátor stavu spojenia

Spracovanie udalostí:

Tab. 5.4 Spracovanie udalostí obrazovky S1.1

Udalosť	Akcia	Komentár
Stlačenie tlačidla: <i>Ulozit</i> (<i>saveButton</i>)	Po stlačení tlačidla <i>Ulozit</i> sa uložia nastavené parametre do súboru.	Uloženie parametrov databázy
Stlačenie tlačidla: <i>Test</i> (<i>testButton1</i>)	Po stlačení tlačidla <i>Test</i> sa otestuje pripojenie k databáze.	Testovanie pripojenia na databázu

S1.2 – Nepodarilo sa prihlásiť



Obr. 5.32 Obrazovka Nepodarilo sa prihlásiť

Popis:

Toto okno sa zobrazí pri neúspešnom prihlásení sa do systému, aplikácia nevedela nadviazať komunikáciu s databázou.

Objekty obrazovky:

Tab. 5.5 Objekty obrazovky S1.2

Názov objektu	Typ objektu
<i>OKButton</i>	Button – akceptovanie informácie

Spracovanie udalostí:

Tab. 5.6 Spracovanie udalostí obrazovky S1.2

Udalosť	Akcia	Komentár
Stlačenie tlačidla: <i>OK</i>	Po stlačení tlačidla <i>OK</i> sa zavrie obrazovka a program sa vráti na pôvodnú obrazovku.	Zatvorenie obrazovky

S1.3 – Vytvorenie objednávky

The screenshot shows a window titled 'Informacny System' with a menu bar (File, Oddelenia, Help) and a status bar (Administrator: root root). The main area is titled 'Vytvorenie objednávky' and contains the following elements:

- A tab 'Stav objednavok' is active.
- A date field: 'Dnesny datum: 07.05.2013'.
- Form fields for: 'Meno firmy', 'ICO', 'Mesto', 'Ulica', 'PSC', 'E-mail', 'Datum dodania' (with a date picker set to 15), 'Toaletny papier', 'Hygienicke vreckovky', 'Kuchynske utierky', 'Servitky', and 'Plienky'.
- Quantity input boxes for each supply item, currently set to '0', followed by the unit 'ks'.
- 'Reset' and 'Potvrdit' buttons at the bottom.

Obr. 5.33 Obrazovka Vytvorenie objednávky

Popis:

Toto okno umožňuje pre zamestnancov ekonomického oddelenia vytvárať objednávky pre výrobu od konkrétnych firiem. Okno obsahuje viacero textových polí, ktoré je nutné vyplniť, aby mohla byť objednávka úspešne zaevidovaná do informačného systému.

Objekty obrazovky:

Tab. 5.7 Objekty obrazovky S1.3

Názov objektu	Typ objektu
<i>firma</i>	TextBox – zadávanie: firmy
<i>ico</i>	TextBox – zadávanie: IČO
<i>mesto</i>	TextBox – zadávanie: mesto
<i>ulica</i>	TextBox – zadávanie: ulica
<i>psc</i>	TextBox – zadávanie: PSČ
<i>email</i>	TextBox – zadávanie: E-mail
<i>datumDodavky</i>	DatePicker – zadávanie dátumu dodania objednávky
<i>toaletnyPapier</i>	TextBox – zadávanie: toaletný papier
<i>hygienickeVreckovky</i>	TextBox – zadávanie: hygienické vreckovky
<i>kuchynskeUtierky</i>	TextBox – zadávanie: kuchynské utierky
<i>servitky</i>	TextBox – zadávanie: servítky
<i>plienky</i>	TextBox – zadávanie: plienky
<i>ekonomickeObjednavkaPotvrdenie</i>	Button – potvrdenie objednávky, ukladanie do databázy
<i>ekonomickeObjednavkaReset</i>	Button – vymazanie textových polí

Použité tabuľky:

- OBJEDNAVKA

Vstupné premenné:

- Meno firmy
- ICO
- Mesto
- Ulica
- PSC
- E-mail
- Dátum dodania
- Toaletný papier
- Hygienické vreckovky
- Kuchynské utierky
- Servítky
- Plienky

Výstupné premenné:

- Objednávka uložená v databáze

Globálne premenné:

- Čas a dátum

Inicializácia:

- Toaletný papier = 0
- Hygienické vreckovky = 0
- Kuchynské utierky = 0
- Servítky = 0
- Plienky = 0

Názov algoritmu:

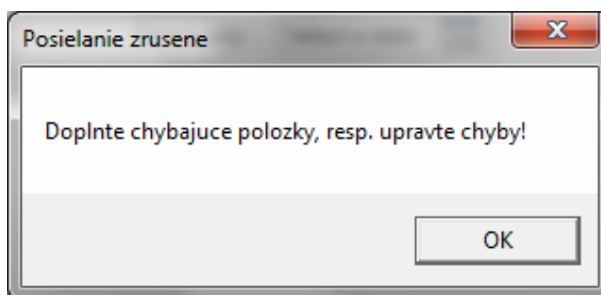
- alg_5 – overenie správnosti vyplnenia textových polí
- alg_6 – vymazanie formulára

Spracovanie udalostí:

Tab. 5.8 Spracovanie udalostí obrazovky S1.3

Udalosť	Akcia	Komentár
Stlačenie tlačidla: <i>Potvrdit</i>	Po stlačení tlačidla <i>Potvrdit</i> sa overuje či sú správne vyplnené textové pole. V prípade správnosti vyplnených formulárov k objednávke je priradené jedinečné číslo, a následne objednávka je uložená do tabuľky <i>OBJEDNAVKA</i> .	Uloženie objednávky do databázy
Stlačenie tlačidla: <i>Reset</i>	Po stlačení tlačidla <i>Reset</i> sa vymaže formulár.	Vymazanie textových polí

S1.3.1 – Posielanie objednávky zrušené



Obr. 5.34 Obrazovka Posielanie objednávky zrušené

Popis:

Toto okno sa zobrazí ak sa chybné vyplnil formulár pre vytvorenie objednávky.

Objekty obrazovky:

Tab. 5.9 Objekty obrazovky S1.3.1

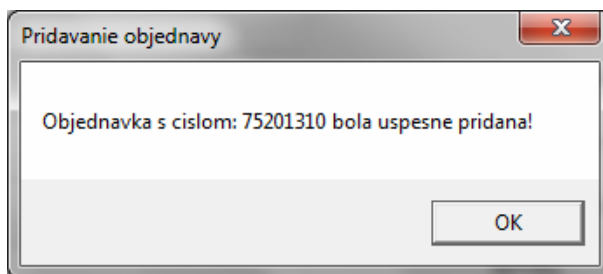
Názov objektu	Typ objektu
<i>OKButton</i>	Button – potvrdenie chyby

Spracovanie udalostí:

Tab. 5.10 Spracovanie udalostí obrazovky S1.3.1

Udalosť	Akcia	Komentár
Stlačenie tlačidla: <i>OK</i>	Po stlačení tlačidla <i>OK</i> sa zavrie obrazovka a program sa vráti na pôvodnú obrazovku.	Zatvorenie obrazovky

S1.3.1 – Pridávanie objednávky



Obr. 5.35 Obrazovka Pridávanie objednávky

Popis:

Toto okno sa zobrazí po úspešnom vytvorení a pridaní objednávky do databázy.

Objekty obrazovky:

Tab. 5.11 Objekty obrazovky S1.3.2

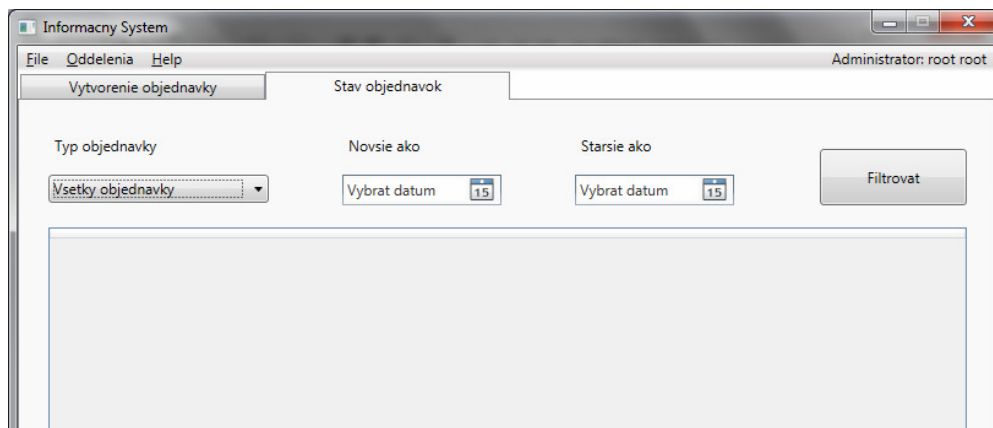
Názov objektu	Typ objektu
<i>OKButton</i>	Button – potvrdenie pridanej objednávky

Spracovanie udalostí:

Tab. 5.12 Spracovanie udalostí obrazovky S1.3.2

Udalosť	Akcia	Komentár
Stlačenie tlačidla: <i>OK</i>	Po stlačení tlačidla <i>OK</i> sa zavrie obrazovka a program sa vráti na pôvodnú obrazovku.	Zatvorenie obrazovky

S1.4 – Stav objednávok



Obr. 5.36 Obrazovka Stav objednávok

Popis:

Toto okno umožňuje pre zamestnancov ekonomického oddelenia prezerat' vytvorené objednávky, prípadne zoradiť ich podľa typu (čakajúce, hotové, expedované) a podľa dátumu.

Objekty obrazovky:

Tab. 5.13 Objekty obrazovky S1.4

Názov objektu	Typ objektu
<i>ekonomickeTypObjednavky</i>	ComboBox – filtrovanie podľa typu objednávky
<i>ekonomickeNovsieDatum</i>	DatePicker – filtrovanie podľa dátumu, novšie objednávky
<i>ekonomickeStarsieDatum</i>	DatePicker – filtrovanie podľa dátumu, staršie objednávky
<i>ekonomickeStav_Btn</i>	Button – použitie nastaveného filtra
<i>ekonomickeDataGrid</i>	DataGrid – zobrazenie tabuľky

Použitá tabuľka:

- OBJEDNAVKA

Vstupné premenné:

- Typ objednávky
- Dátum – staršie ako
- Dátum – novšie ako
- Tabuľka OBJEDNAVKA

Výstupné premenné:

- Filtrovaná tabuľka s objednávkami

Globálne premenné:

- Čas a dátum

Inicializácia:

- Typ objednávky = Všetky objednávky

Názov algoritmu:

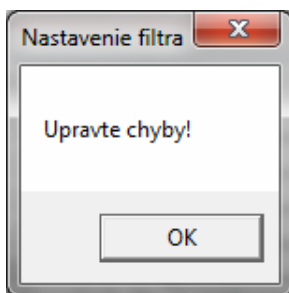
- alg_7 – filtrovanie údajov z tabuľky

Spracovanie udalostí:

Tab. 5.14 Spracovanie udalosti obrazovky S1.4

Udalosť	Akcia	Komentár
Stlačenie tlačidla: <i>Filtrovat</i>	Po stlačení tlačidla <i>Filtrovat</i> sa aplikuje nastavený filter na tabuľku a následne sa zobrazia údaje v obrazovke.	Filtrovanie tabuľky

S1.4.1 – Nastavenie filtra objednávky



Obr. 5.37 Obrazovka Nastavenie filtra

Popis:

Toto okno sa zobrazí používateľ zle nastavil filter pre tabuľku.

Objekty obrazovky:

Tab. 5.15 Objekty obrazovky S1.4.1

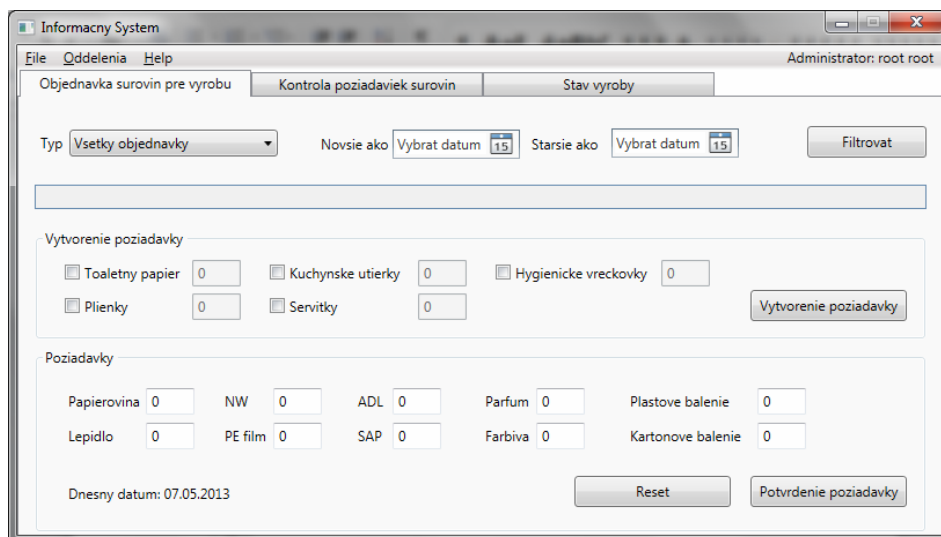
Názov objektu	Typ objektu
<i>OKButton</i>	Button – potvrdenie chyby nastavenia filtra

Spracovanie udalostí:

Tab. 5.16 Spracovanie udalosti obrazovky S1.4.1

Udalosť	Akcia	Komentár
Stlačenie tlačidla: <i>OK</i>	Po stlačení tlačidla <i>OK</i> sa zavrie obrazovka a program sa vráti na pôvodnú obrazovku.	Zatvorenie obrazovky

S1.5 – Objednávka surovín



Obr. 5.38 Obrazovka Objednávka surovín pre výrobu

Popis:

Toto okno umožňuje pre zamestnancov z oddelenia výroby prezerat' vytvorené objednávky, ktoré boli vytvorené na ekonomickom oddelení. Na základe týchto objednávok môžu vytvoriť požiadavky surovín pre výrobu. Tieto požiadavky sú uložené do databázy a sú prístupné pre sklady.

Objekty obrazovky:

Tab. 5.17 Objekty obrazovky S1.5

Názov objektu	Typ objektu
<i>vyrobaTypObjednavky</i>	ComboBox – filtrovanie podľa typu objednávky
<i>vyrobaNovsie</i>	DatePicker – filtrovanie podľa dátumu, novšie objednávky
<i>vyrobaStarsie</i>	DatePicker – filtrovanie podľa dátumu, staršie objednávky
<i>vyrobaObjednavky_Btn</i>	Button – použitie nastaveného filtra
<i>vyrobaObjednavkyVyrobkovDataGrid</i>	DataGrid – zobrazenie tabuľky
<i>vyrobaToaletnyPapierCheckBox</i>	CheckBox – vytvorenie požiadavky surovín pre toaletný papier
<i>vyrobaHygienickeVreckovkyCheckBox</i>	CheckBox – vytvorenie požiadavky surovín pre hygienické vreckovky
<i>vyrobaServitkyCheckBox</i>	CheckBox – vytvorenie požiadavky surovín pre servítky
<i>vyrobaKuchynskeUtierkyCheckBox</i>	CheckBox – vytvorenie požiadavky surovín pre kuchynské utierky
<i>vyrobaPlienkyCheckBox</i>	CheckBox – vytvorenie požiadavky surovín pre plienky
<i>vyrobaToaletnyPapierObjSurovin</i>	TextBox – zadávanie množstva výrobu: toaletný papier
<i>vyrobaHygienickeVreckovkyObjSurovin</i>	TextBox – zadávanie množstva výrobu: hygienické vreckovky
<i>vyrobaServitkyObjSurovin</i>	TextBox – zadávanie množstva výrobu: servítky
<i>vyrobaKuchynskeUtierkyObjSurovin</i>	TextBox – zadávanie množstva výrobu: kuchynské utierky
<i>vyrobaPlienkyObjSurovin</i>	TextBox – zadávanie množstva výrobu: plienky
<i>vyplnit_Btn</i>	Button – vyplní políčka požiadavky surovín podľa počtu výrobkov
<i>papierovina</i>	TextBox – zadávanie množstva suroviny: papierovina
<i>lepidlo</i>	TextBox – zadávanie množstva suroviny: lepidlo
<i>NW</i>	TextBox – zadávanie množstva suroviny: NonWoven
<i>PEfilm</i>	TextBox – zadávanie množstva suroviny: PE film
<i>ADL</i>	TextBox – zadávanie množstva suroviny: ADL

<i>SAP</i>	TextBox – zadávanie množstva suroviny: SAP
<i>Parfum</i>	TextBox – zadávanie množstva suroviny: parfum
<i>Farbiva</i>	TextBox – zadávanie množstva suroviny: farbivá
<i>Plastove</i>	TextBox – zadávanie množstva suroviny: plastové balenie
<i>Kartonove</i>	TextBox – zadávanie množstva suroviny: kartónové balenie
<i>dnesnyDatumLabel</i>	Label – výpis dnešného dátumu
<i>vyrobaPotvrdenieObjednavkySurovin</i>	Button – potvrdenie požiadavky surovín
<i>clear</i>	Button – vymazanie textových polí

Použité tabuľky:

- OBJEDNAVKA
- POZ_SUR

Vstupné premenné:

- Typ objednávky
- Dátum – staršie ako
- Dátum – novšie ako
- Toaletný papier
- Kuchynské utierky
- Hygienické vreckovky
- Plienky servítky
- Papierovina
- Lepidlo
- NW
- PE film
- ADL
- SAP
- Parfum
- Farbiva
- Plastové balenie
- Kartónové balenie

Výstupné premenné:

- Filtrovaná tabuľka s objednávkami
- Požiadavky surovín

Globálne premenné:

- Čas a dátum

Inicializácia:

- Typ objednávky = Všetky objednávky
- Toaletný papier = 0
- Kuchynské utierky = 0
- Hygienické vreckovky = 0
- Plienky servítky = 0

- Papierovina = 0
- Lepidlo = 0
- NW = 0
- PE film = 0
- ADL = 0
- SAP = 0
- Parfum = 0
- Farbiva = 0
- Plastové balenie = 0
- Kartónové balenie = 0

Názov algoritmu:

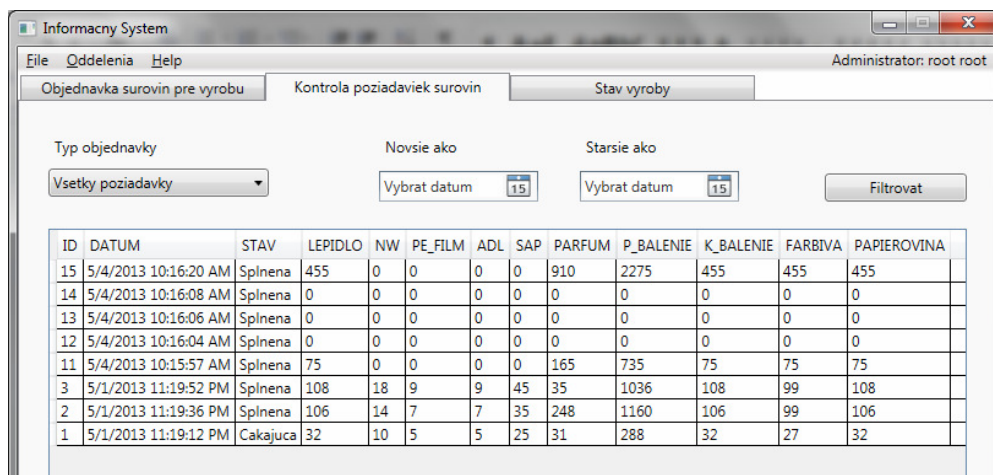
- alg_6 – vymazanie formulára
- alg_7 – filtrovanie údajov z tabuľky
- alg_8 – vyplnenie údajov podľa objednávky
- alg_9 – vyplnenie údajov surovín podľa výrobkov
- alg_10 – overenie správnosti údajov

Spracovanie udalostí:

Tab. 5.18 Spracovanie udalosti obrazovky S1.5

Udalosť	Akcia	Komentár
Stlačenie tlačidla: <i>Filtrovat</i>	Po stlačení tlačidla <i>Filtrovat</i> sa vyfiltrujú údaje.	Filtrovanie tabuľky
Vybranie riadku v tabuľke: objednávok	Po kliknutí na riadok v tabuľke sa vyplní príslušné textové pole podľa vybranej čakajúcej objednávky z tabuľky <i>OBJEDNAVKA</i> .	Vyplnenie formulára pre vyplnenie požiadavky
Stlačenie tlačidla <i>Vytvorenie požiadavky</i>	Po kliknutí na tlačidlo <i>Vytvorenie požiadavky</i> sa vyplnia príslušné textové polia surovín podľa počtu zadaných výrobkov.	Vyplnenie požiadavky surovín
Stlačenie tlačidla <i>Potvrdenie požiadavky</i>	Po kliknutí na tlačidlo <i>Potvrdenie požiadavky</i> sa overí či je správne vyplnený formulár a v prípade správnosti vytvorí požiadavku surovín a následne uloží v databáze do tabuľky <i>POZ_SUR</i> . V prípade nesprávnosti sa zobrazí chybové hlásenie.	Potvrdenie požiadavky surovín
Stlačenie tlačidla: <i>Reset</i>	Po stlačení tlačidla <i>Reset</i> sa vymaže formulár.	Vymazanie textových polí

S1.5.1 Kontrola požiadaviek



Obr. 5.39 Obrazovka Kontrola požiadaviek surovín

Popis:

Toto okno umožňuje pre zamestnancov z oddelenia výroby prezerat' vytvorené požiadavky, prípadne zoradiť ich podľa typu (čakajúce, splnené) a podľa dátumu.

Objekty obrazovky:

Tab. 5.19 Objekty obrazovky S1.5.1

Názov objektu	Typ objektu
<i>vyrobaKontrolaSurovinTypObjednavka</i>	ComboBox – filtrovanie podľa typu objednávky
<i>vyrobaNovsieDatum</i>	DatePicker – filtrovanie podľa dátumu, novšie požiadavky
<i>vyrobaStarsieDatum</i>	DatePicker – filtrovanie podľa dátumu, staršie požiadavky
<i>Filtrovat_Btn</i>	Button – použitie nastaveného filtra
<i>vyrobaKontrolaSurovinDataGrid</i>	DataGrid – zobrazenie tabuľky

Použité tabuľky:

- POZ_SUR

Vstupné premenné:

- Typ objednávky
- Dátum – staršie ako
- Dátum – novšie ako

Výstupné premenné:

- Filtrovaná tabuľka s požiadavkami surovín

Globálne premenné:

- Čas a dátum

Inicializácia:

- Typ objednávky = Všetky objednávky

Názov algoritmu:

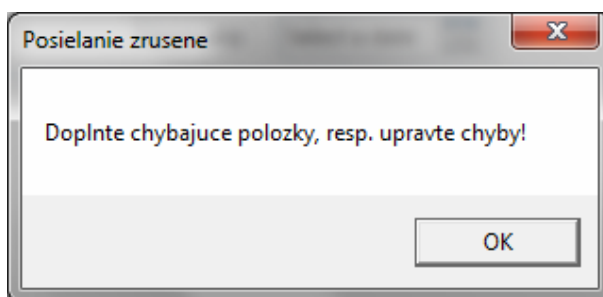
- alg_7 – filtrovanie údajov z tabuľky

Spracovanie udalostí:

Tab. 5.20 Spracovanie udalosti obrazovky S1.5.1

Udalosť	Akcia	Komentár
Stlačenie tlačidla: <i>Filtrovat</i>	Po stlačení tlačidla <i>Filtrovat</i> sa aplikuje nastavený filter na tabuľku a následne sa zobrazí v príslušnom objekte.	Filtrovanie tabuľky

S1.5.1.1 – Posielanie surovín zrušené



Obr. 5.40 Obrazovka Posielanie objednávky zrušené

Popis:

Toto okno sa zobrazí ak sa chybné vyplnil formulár pre posielanie surovín.

Objekty obrazovky:

Tab. 5.21 Objekty obrazovky S1.5.1.1

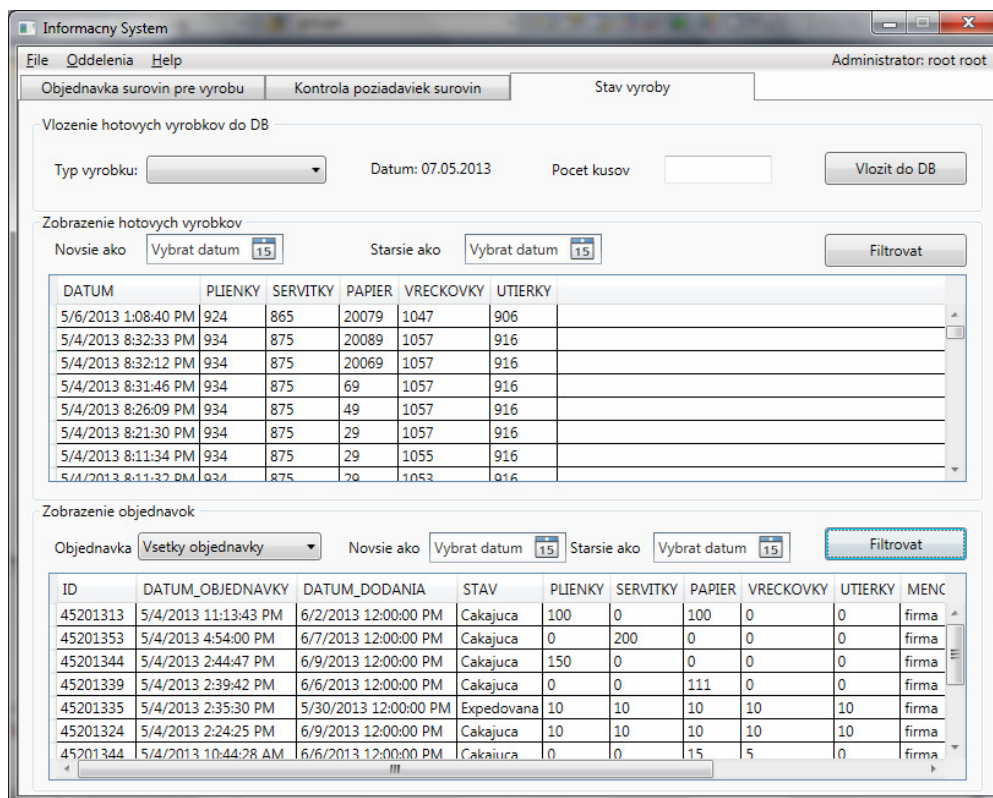
Názov objektu	Typ objektu
<i>OKButton</i>	Button – potvrdenie chyby

Spracovanie udalostí:

Tab. 5.22 Spracovanie udalosti obrazovky S1.5.1.1

Udalosť	Akcia	Komentár
Stlačenie tlačidla: <i>OK</i>	Po stlačení tlačidla <i>OK</i> sa zavrie obrazovka a program sa vráti na pôvodnú obrazovku.	Zatvorenie obrazovky

S1.5.2 – Stav výroby



Obr. 5.41 Obrazovka Stav výroby

Popis:

Toto okno umožňuje pre zamestnancov z oddelenia výroby prezerat' množstvo hotových výrobkov nachádzajúcich sa v sklade, a stav objednávok z ekonomického oddelenia. Na tieto tabuľky môžu aplikovat' filtre, ako filtrovanie podľa typu objednávok a podľa dátumu. Na tejto obrazovke môžu zadavat' do databázy počet vyrobených výrobkov podľa typu.

Objekty obrazovky:

Tab. 5.23 Objekty obrazovky S1.5.2

Názov objektu	Typ objektu
<i>vyrobaTypHotovehoVyrobku</i>	ComboBox – vybranie výrobku
<i>pocet</i>	TextBox – zadávanie počtu vyrobených výrobkov
<i>vyrobaVlozitDoDB</i>	Button – vloženie vyrobených výrobkov do databázy
<i>novsieDatumHotove</i>	DatePicker – filtrovanie podľa dátumu, novšie požiadavky
<i>starsieDatumHotove</i>	DatePicker – filtrovanie podľa dátumu, staršie požiadavky
<i>vyrobaStavHotovyc-VyrobkovDataGrid</i>	DataGrid – zobrazenie tabuľky

<i>FiltrovatHotove_Btn</i>	Button – použitie nastaveného filtra
<i>typObjednavky</i>	ComboBox – filtrovanie podľa typu objednávky
<i>novsieObjednavky</i>	DatePicker – filtrovanie podľa dátumu, novšie požiadavky
<i>starsieObjednavky</i>	DatePicker – filtrovanie podľa dátumu, staršie požiadavky
<i>vyrobaObjednavkyDataGrid</i>	DataGrid – zobrazenie tabuľky
<i>FiltrovatObjednavky_Btn</i>	Button – použitie nastaveného filtra

Použité tabuľky:

- VYROBKY
- OBJEDNAVKA

Vstupné premenné:

- Typ výrobku
- Počet vyrobených výrobkov
- Dátum – staršie ako
- Dátum – novšie ako
- Typ objednávky

Výstupy:

- Filtrovaná tabuľka s objednávkami
- Filtrovaná tabuľka s výrobkami
- Zápis množstva vyrobených výrobkov

Globálne premenné:

- Čas a dátum

Inicializácia:

- Typ výrobku = Všetky výrobky
- Typ objednávky = Všetky objednávky

Názov algoritmu:

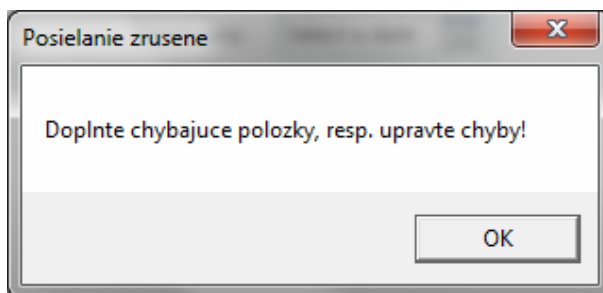
- alg_7 – filtrovanie údajov z tabuľky
- alg_11 – vloženie údajov do tabuľky

Spracovanie udalostí:

Tab. 5.24 Spracovanie udalosti obrazovky S1.5.2

Udalosť	Akcia	Komentár
Stlačenie tlačidla: <i>Vlozit do DB</i>	Po stlačení tlačidla <i>Vlozit do DB</i> sa vloží príslušný výrobok do príslušného stĺpca tabuľky <i>VYROBKY</i> .	Vloženie výrobku do databázy
Stlačenie tlačidla: <i>Filtrovat</i>	Po stlačení tlačidla <i>Filtrovat</i> sa aplikuje nastavený filter na tabuľku a následne sa zobrazí v príslušnom objekte.	Filtrovanie tabuľky

S1.5.2.1 – Posielanie stavu zrušené



Obr. 5.42 Obrázka Posielanie stavu zrušené

Popis:

Toto okno sa zobrazí ak sa chybné vyplnil formulár pre posielanie stavu výroby.

Objekty obrazovky:

Tab. 5.25 Objekty obrazovky S1.5.2.1

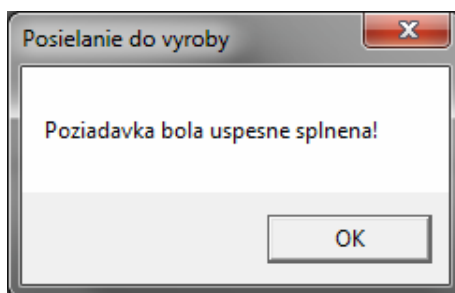
Názov objektu	Typ objektu
<i>OKButton</i>	Button – potvrdenie chyby

Spracovanie udalostí:

Tab. 5.26 Spracovanie udalosti obrazovky S1.5.2.1

Udalosť	Akcia	Komentár
Stlačenie tlačidla: <i>OK</i>	Po stlačení tlačidla <i>OK</i> sa zavrie obrazovka a program sa vráti na pôvodnú obrazovku.	Zatvorenie obrazovky

S1.5.2.2 – Posielanie do výroby



Obr. 5.43 Obrázka Posielanie do výroby

Popis:

Toto okno sa zobrazí po úspešnom poslaní objednávky do výroby na základe prijatej požiadavky.

Objekty obrazovky:

Tab. 5.27 Objekty obrazovky S1.5.2.2

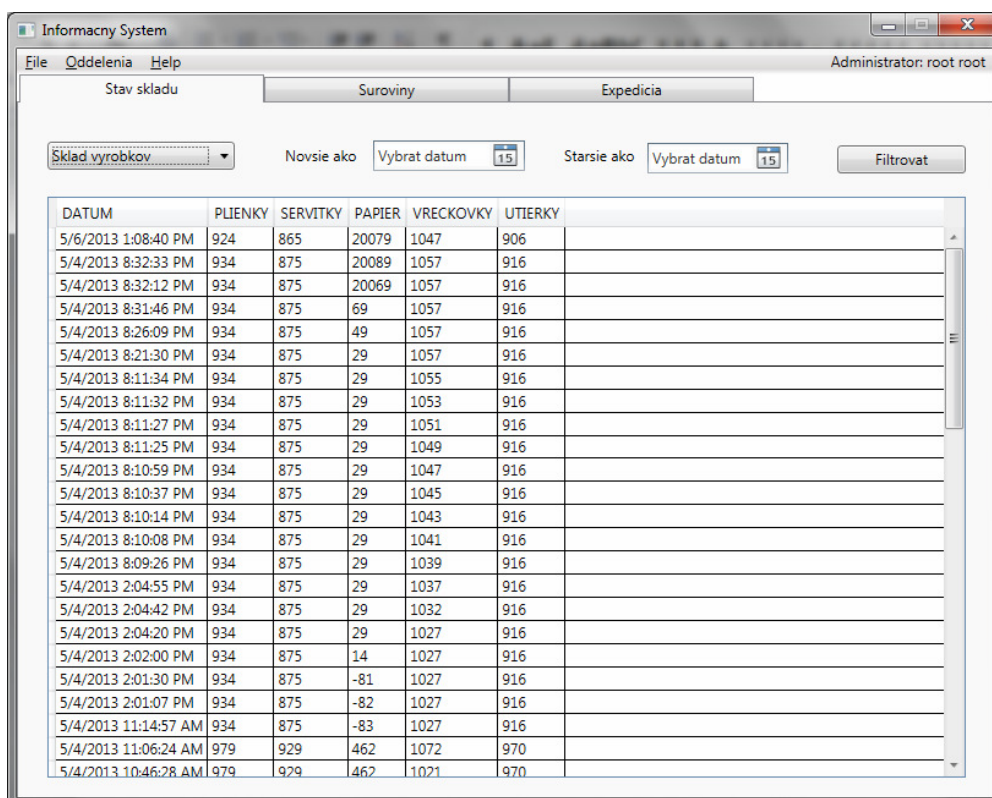
Názov objektu	Typ objektu
<i>OKButton</i>	Button – potvrdenie splnenia požiadavky

Spracovanie udalostí:

Tab. 5.28 Spracovanie udalosti obrazovky S1.5.2.2

Udalosť	Akcia	Komentár
Stlačenie tlačidla: <i>OK</i>	Po stlačení tlačidla <i>OK</i> sa zavrie obrazovka a program sa vráti na pôvodnú obrazovku.	Zatvorenie obrazovky

S1.6 – Stav skladu



Obr. 5.44 Obrazovka Stav skladu

Popis:

Toto okno umožňuje pre zamestnancov oddelenia skladu prezerať stav skladu hotových výrobkov a surových materiálov. Zamestnanci majú možnosť filtrovať tabuľky na základe dátumu.

Objekty obrazovky:

Tab. 5.29 Objekty obrazovky S1.6

Názov objektu	Typ objektu
<i>vyberSkladu</i>	ComboBox – vyberanie skladu
<i>skladStavNovsieDatum</i>	DatePicker – filtrovanie podľa dátumu, novšie objednávky
<i>skladStavStarsieDatum</i>	DatePicker – filtrovanie podľa dátumu, staršie objednávky
<i>filtruvat_Btn</i>	Button – použitie nastaveného filtra
<i>skladStavDataGrid</i>	DataGrid – zobrazenie tabuľky

Použitie tabuľky:

- VYROBKY
- SUROVINY

Vstupné premenné:

- Typ skladu
- Dátum – staršie ako
- Dátum – novšie ako

Výstupné premenné:

- Filtrovaná tabuľka s výrobkami
- Filtrovaná tabuľka so surovinami

Globálne premenné:

- Čas a dátum

Inicializácia:

- Typ skladu = Sklad výrobkov

Názov algoritmu:

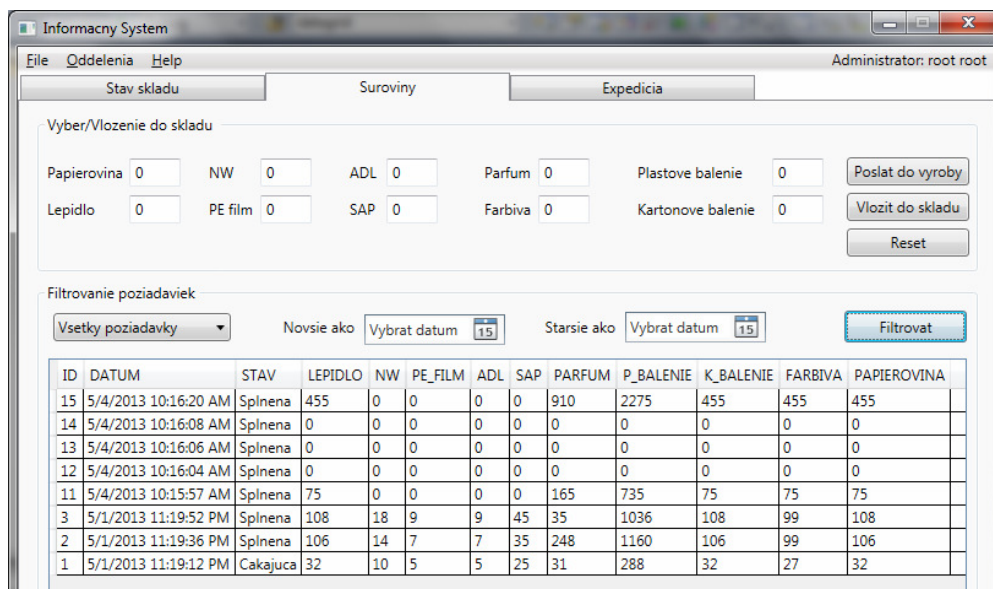
- alg_7 – filtrovanie údajov z tabuľky

Spracovanie udalostí:

Tab. 5.30 Spracovanie udalosti obrazovky S1.6

Udalosť	Akcia	Komentár
Stlačenie tlačidla: <i>Filtruvat</i>	Po stlačení tlačidla <i>Filtruvat</i> sa aplikuje nastavený filter na tabuľku a následne zobrazí v príslušnom objekte.	Filtrovanie tabuľky

S1.6.1 – Suroviny



Obr. 5.45 Obrazovka Suroviny

Popis:

Toto okno umožňuje pre zamestnancov z oddelenia skladu prezerať požiadavky vytvorené na oddelení výroby. Na základe týchto požiadaviek môžu vybrať zo skladu suroviny a poslať ich do výroby. Na tejto obrazovke nielen vyberajú suroviny ale ich aj pridávajú, ak dostanú do podniku.

Objekty obrazovky:

Tab. 5.31 Objekty obrazovky S1.6.1

Názov objektu	Typ objektu
<i>vyrobaTypObjednavkySklad</i>	ComboBox – vybranie skladu (suroviny, výrobky)
<i>vyrobaNovsieSklad</i>	DatePicker – filtrovanie podľa dátumu, novšie objednávky
<i>vyrobaStarsieSklad</i>	DatePicker – filtrovanie podľa dátumu, staršie objednávky
<i>filtrovat_Btn2</i>	Button – použitie nastaveného filtra
<i>skladPoziadavkyVyroby-DataGrid</i>	DataGrid – zobrazenie tabuľky
<i>papierovina</i>	TextBox – zadávanie množstva suroviny: papierovina
<i>lepidlo</i>	TextBox – zadávanie množstva suroviny: lepidlo
<i>NW</i>	TextBox – zadávanie množstva suroviny: NonWoven
<i>PEfilm</i>	TextBox – zadávanie množstva suroviny: PE film
<i>ADL</i>	TextBox – zadávanie množstva

	suroviny: ADL
<i>SAP</i>	TextBox – zadávanie množstva suroviny: SAP
<i>Parfum</i>	TextBox – zadávanie množstva suroviny: parfum
<i>Farbiva</i>	TextBox – zadávanie množstva suroviny: farbivá
<i>Plastove</i>	TextBox – zadávanie množstva suroviny: plastové balenie
<i>Kartonove</i>	TextBox – zadávanie množstva suroviny: kartónové balenie
<i>skladVlozit</i>	Button – vklad do skladu
<i>skladVybrat</i>	Button – výber zo skladu, resp. posielanie surovín do výroby
<i>reset_Btn</i>	Button – vymazanie textových polí

Použité tabuľky:

- OBJEDNAVKA
- POZ_SUR

Vstupné premenné:

- Typ požiadavky
- Dátum – staršie ako
- Dátum – novšie ako
- Papierovina
- Lepidlo
- NW
- PE film
- ADL
- SAP
- Parfum
- Farbiva
- Plastové balenie
- Kartónové balenie

Výstupné premenné:

- Filtrovaná tabuľka s požiadavkami
- Výber z skladu
- Vklad do skladu

Globálne premenné:

- Čas a dátum

Inicializácia:

- Typ požiadavky = Všetky požiadavky
- Papierovina = 0
- Lepidlo = 0
- NW = 0
- PE film = 0
- ADL = 0

- SAP = 0
- Parfum = 0
- Farbiva = 0
- Plastové balenie = 0
- Kartónové balenie = 0

Názov algoritmu:

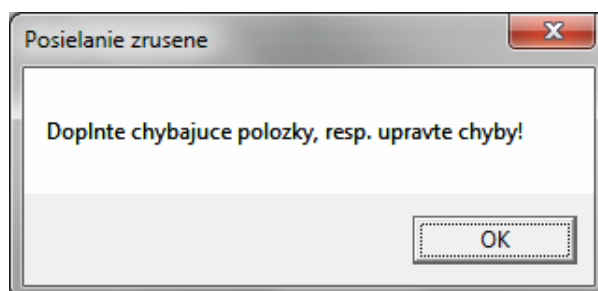
- alg_6 – vymazanie formulára
- alg_7 – filtrovanie údajov z tabuľky
- alg_8 – vyplnenie údajov podľa objednávky
- alg_12 – overenie správnosti údajov
- alg_13 – aktualizácia údajov v tabuľke

Spracovanie udalostí:

Tab. 5.32 Spracovanie udalostí obrazovky S1.6.1

Udalosť	Akcia	Komentár
Stlačenie tlačidla: <i>Filtrovat</i>	Po stlačení tlačidla <i>Filtrovat</i> sa vyfiltrujú údaje z tabuľky.	Filtrovanie tabuľky
Vybranie riadku v tabuľke: požiadaviek	Po kliknutí na riadok v tabuľke sa vyplnia príslušné textové polia podľa vybranej čakajúcej objednávky z tabuľky <i>POZ_SUR</i> .	Vyplnenie formulára pre posielanie do výroby
Stlačenie tlačidla: <i>Poslat do výroby</i>	Po kliknutí na tlačidlo <i>Poslat do výroby</i> overí či sú vyplnené textové polia a následne aktualizuje tabuľky <i>POZ_SUR</i> a <i>SUROVINY</i> v databáze.	Posielanie surovín do výroby
Stlačenie tlačidla: <i>Vlozit do skladu</i>	Po kliknutí na tlačidlo <i>Vlozit do skladu</i> sa aktualizuje riadok s pripočítanými surovinami v tabuľke <i>SUROVINY</i> .	Vklad do skladu surovín
Stlačenie tlačidla: <i>Reset</i>	Po stlačení tlačidla <i>Reset</i> sa vymaže formulár.	Vymazanie textových polí

S1.6.1.1 – Posielanie surovín zrušené



Obr. 5.46 Obrazovka Posielanie surovín zrušené

Popis:

Toto okno sa zobrazí ak používateľ chybné vyplnil formulár pre vloženie do skladu, alebo pre posielanie surovín do výroby.

Objekty obrazovky:

Tab. 5.33 Objekty obrazovky S1.6.1.1

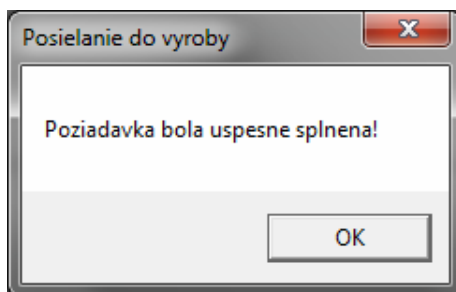
Názov objektu	Typ objektu
<i>OKButton</i>	Button – potvrdenie chyby

Spracovanie udalostí:

Tab. 5.34 Spracovanie udalosti obrazovky S1.6.1.1

Udalosť	Akcia	Komentár
Stlačenie tlačidla: <i>OK</i>	Po stlačení tlačidla <i>OK</i> sa zavrie obrazovka a program sa vráti na pôvodnú obrazovku.	Zatvorenie obrazovky

S1.6.1.2 – Posielanie do výroby



Obr. 5.47 Obrazovka Posielanie do výroby

Popis:

Toto okno sa zobrazí po úspešnom poslaní surovín do výroby na základe prijatej požiadavky.

Objekty obrazovky:

Tab. 5.35 Objekty obrazovky S1.6.1.2

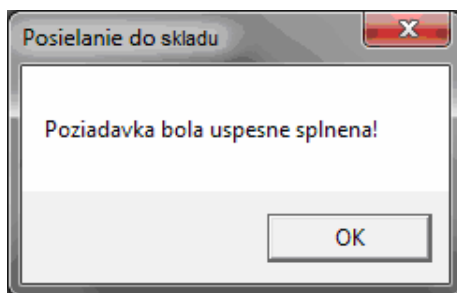
Názov objektu	Typ objektu
<i>OKButton</i>	Button – potvrdenie posielania surovín do výroby

Spracovanie udalostí:

Tab. 5.36 Spracovanie udalosti obrazovky S1.6.1.2

Udalosť	Akcia	Komentár
Stlačenie tlačidla: <i>OK</i>	Po stlačení tlačidla <i>OK</i> sa zavrie obrazovka a program sa vráti na pôvodnú obrazovku.	Zatvorenie obrazovky

S1.6.1.3 – Posielanie do skladu



Obr. 5.48 Obrazovka Posielanie do skladu

Popis:

Toto okno sa zobrazí po úspešnom poslaní surovín do skladu na základe prijatej požiadavky.

Objekty obrazovky:

Tab. 5.37 Objekty obrazovky S1.6.1.3

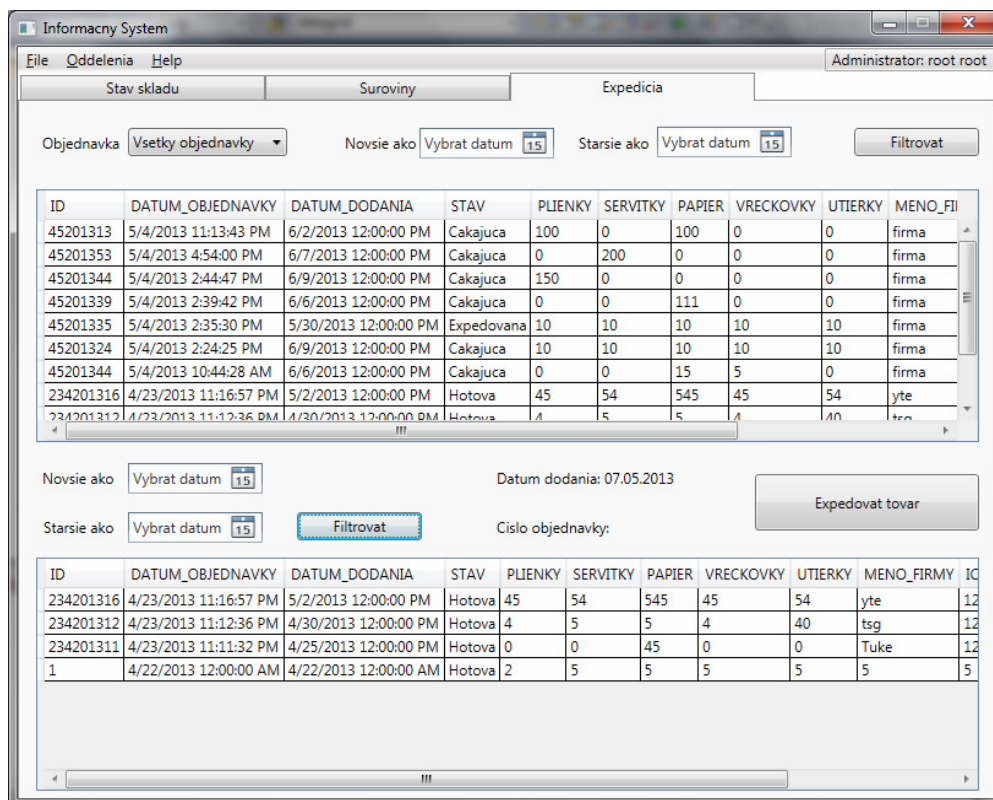
Názov objektu	Typ objektu
<i>OKButton</i>	Button – potvrdenie posielania surovín do skladu

Spracovanie udalostí:

Tab. 5.38 Spracovanie udalostí obrazovky S1.6.1.3

Udalosť	Akcia	Komentár
Stlačenie tlačidla: <i>OK</i>	Po stlačení tlačidla <i>OK</i> sa zavrie obrazovka a program sa vráti na pôvodnú obrazovku.	Zatvorenie obrazovky

S1.6.2 – Expedícia



Obr. 5.49 Obrazovka Expedícia

Popis:

Toto okno umožňuje pre zamestnancov z oddelenia skladu prezerat' stav objednávok a expedovat' hotové objednávky. Taktiež umožňuje aplikovanie filtrov na zobrazené tabuľky.

Objekty obrazovky:

Tab. 5.39 Objekty obrazovky S1.6.2

Názov objektu	Typ objektu
<i>expediciaObjednavky</i>	ComboBox – filtrovanie na základe typu objednávky
<i>expediciaNovsie</i>	DatePicker – filtrovanie podľa dátumu, (novšie)
<i>expediciaStarsie</i>	DatePicker – filtrovanie podľa dátumu, (staršie)
<i>filtruvat_Btn4</i>	Button – použitie nastaveného filtra
<i>skladyExpediciaObjednavky</i>	DataGrid – zobrazenie tabuľky
<i>datePicker2</i>	DatePicker – filtrovanie podľa dátumu, (novšie)
<i>datePicker1</i>	DatePicker – filtrovanie podľa dátumu, (staršie)
<i>Button1</i>	Button – použitie nastaveného filtra
<i>datumDodania</i>	Label – zobrazenie dátumu dodania
<i>Label16</i>	Label – zobrazenie čísla objednávky
<i>expedovat_Btn</i>	Button – expedícia objednávky

Použité tabuľky:

- OBJEDNAVKA

Vstupné premenné:

- Typ objednávky
- Dátum – staršie ako
- Dátum – novšie ako

Výstupné premenné:

- Filtrovaná tabuľka s objednávkami
- Expedícia objednávky

Globálne premenné:

- Čas a dátum

Inicializácia:

- Typ objednávky = Všetky objednávky

Názov algoritmu:

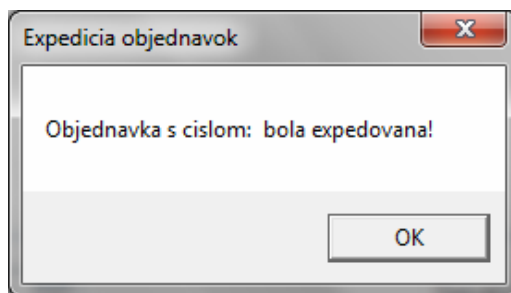
- alg_7 – filtrovanie údajov z tabuľky
- alg_14 – zmena stavu objednávky

Spracovanie udalostí:

Tab. 5.40 Spracovanie udalosti obrazovky S1.6.2

Udalosť	Akcia	Komentár
Stlačenie tlačidla: <i>Filtrovať</i>	Po stlačení tlačidla <i>Filtrovať</i> sa aplikuje nastavený filter na tabuľku a následne zobrazí v príslušnom objekte.	Filtrovanie tabuľky
Stlačenie tlačidla: <i>Expedovať</i>	Po stlačení tlačidla <i>Expedovať tovar</i> sa zmení stav vybranej hotovej objednávky na expedovanú.	Expedícia tovaru

S1.6.2.1 – Expedícia objednávok



Obr. 5.50 Obrazovka Expedícia objednávok

Popis:

Toto okno sa zobrazí po úspešnom expedovaní hotových objednávok.

Objekty obrazovky:

Tab. 5.41 Objekty obrazovky S1.6.2.1

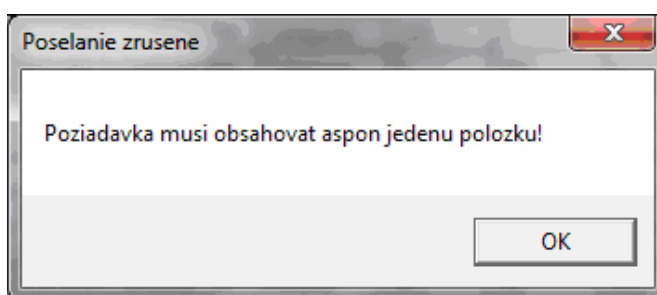
Názov objektu	Typ objektu
<i>OKButton</i>	Button – potvrdenie expedície objednávky

Spracovanie udalostí:

Tab. 5.42 Spracovanie udalosti obrazovky1.6.2.1

Udalosť	Akcia	Komentár
Stlačenie tlačidla: <i>OK</i>	Po stlačení tlačidla <i>OK</i> sa zavrie obrazovka a program sa vráti na pôvodnú obrazovku.	Zatvorenie obrazovky

S1.6.2.2 – Chyba pri expedícii



Obr. 5.51 Obrazovka Chyba pri expedícii

Popis:

Toto okno sa zobrazí ak používateľ pri expedícii nevyberie žiadnu položku.

Objekty obrazovky:

Tab. 5.43 Objekty obrazovky S1.6.2.2

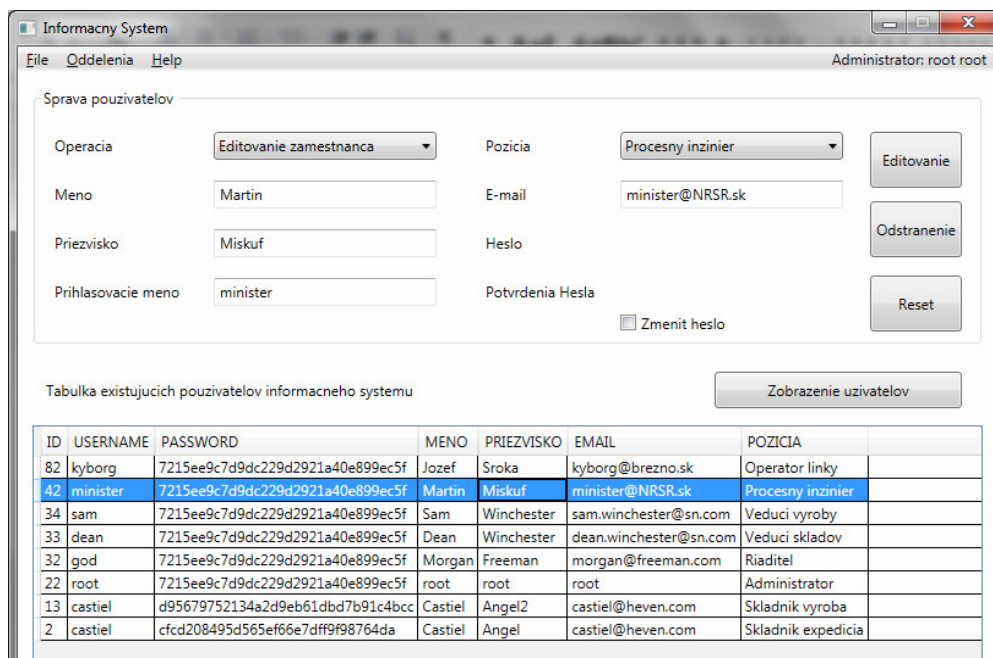
Názov objektu	Typ objektu
<i>OKButton</i>	Button – potvrdenie chyby

Spracovanie udalostí:

Tab. 5.44 Spracovanie udalosti obrazovky1.6.2.2

Udalosť	Akcia	Komentár
Stlačenie tlačidla: <i>OK</i>	Po stlačení tlačidla <i>OK</i> sa zavrie obrazovka a program sa vráti na pôvodnú obrazovku.	Zatvorenie obrazovky

S1.7 – Správa používateľov



Obr. 5.52 Obrázka Správa používateľov

Popis:

Toto okno umožňuje pre administrátora pridať a editovať používateľov informačného systému a následne zobrazovať ich v tabuľke.

Objekty obrazovky:

Tab. 5.45 Objekty obrazovky S1.7

Názov objektu	Typ objektu
<i>operacia</i>	ComboBox – operácia (pridávanie, editovanie/odstránenie)
<i>meno</i>	TextBox – zadávanie meno
<i>prizvisko</i>	TextBox – zadávanie: priezvisko
<i>prihlMeno</i>	TextBox – zadávanie: prihl. Meno
<i>pozicia</i>	TextBox – zadávanie: pozícia
<i>email</i>	TextBox – zadávanie: E-mail
<i>heslo</i>	PasswordBox – zadávanie: heslo
<i>pridanie</i>	Button – pridanie používateľa
<i>odstranenie</i>	Button – odstránenie používateľa
<i>editovanie</i>	Button – editovanie používateľa
<i>zobraz_Btn</i>	Button – zobrazenie používateľov

Použité tabuľky:

- USERS

Vstupné premenné:

- Operácia
- Meno
- Priezvisko
- Prihlasovacie meno
- Pozícia
- E-mail
- Heslo

Výstupné premenné:

- Používateľ uložený v databáze

Globálne premenné:

- Čas a dátum

Inicializácia:

- Operácia = Editovanie zamestnanca

Názov algoritmu:

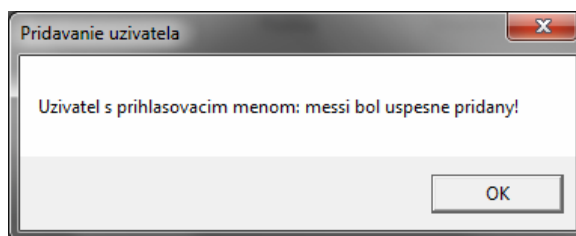
- alg_15 – overenie a pridanie údajov do tabuľky
- alg_16 – aktualizácia údajov v tabuľke
- alg_17 – odstránenie údajov z tabuľky

Spracovanie udalostí:

Tab. 5.46 Spracovanie udalosti obrazovky S1.7

Udalosť	Akcia	Komentár
Stlačenie tlačidla: <i>Pridanie</i>	Po stlačení tlačidla <i>Pridanie</i> sa overuje či textové pole sú správne vyplnené. V prípade správnosti je do tabuľky <i>USERS</i> pridaný nový používateľ. Pri nesprávnosti sa zobrazí obrazovka s príslušným chybovým hlásením.	Pridanie používateľa do informačného systému
Stlačenie tlačidla: <i>Editovanie</i>	Po stlačení tlačidla <i>Editovanie</i> sa aktualizujú údaje vybraného používateľa v tabuľke <i>USERS</i> . V prípade nesprávnosti vyplnených textových polí sa objaví chybové hlásenie.	Editovanie existujúceho
Stlačenie tlačidla: <i>Odstránenie</i>	Po stlačení tlačidla <i>Odstránenie</i> sa odstráni používateľ z tabuľky <i>USERS</i> .	Odstránenie používateľa

S1.7.1 – Pridávanie používateľa



Obr. 5.53 Obrazovka Pridávanie používateľa

Popis:

Toto okno sa zobrazí ak administrátor úspešne pridal nového používateľa do databázy.

Objekty obrazovky:

Tab. 5.47 Objekty obrazovky S1.7.1

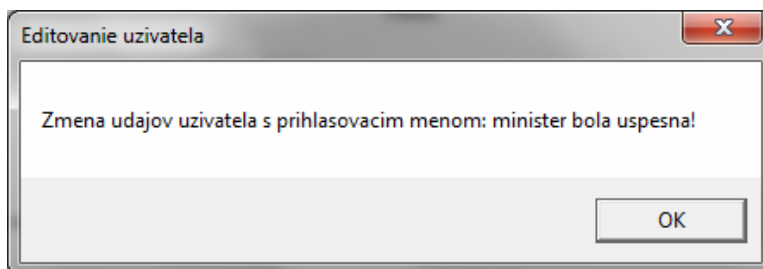
Názov objektu	Typ objektu
<i>OKButton</i>	Button – potvrdenie pridanie používateľa

Spracovanie udalostí:

Tab. 5.48 Spracovanie udalosti obrazovky S1.7.1

Udalosť	Akcia	Komentár
Stlačenie tlačidla: <i>OK</i>	Po stlačení tlačidla <i>OK</i> sa zavrie obrazovka a program sa vráti na pôvodnú obrazovku.	Zatvorenie obrazovky

S1.7.2 – Editovanie používateľa



Obr. 5.54 Obrazovka Editovanie používateľa

Popis:

Toto okno sa zobrazí ak administrátor úspešne zmenil údaje existujúceho používateľa v databáze.

Objekty obrazovky:

Tab. 5.49 Objekty obrazovky S1.7.2

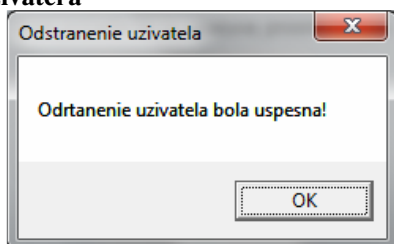
Názov objektu	Typ objektu
<i>OKButton</i>	Button – potvrdenie editovania používateľa

Spracovanie udalostí:

Tab. 5.50 Spracovanie udalosti obrazovky S1.7.2

Udalosť	Akcia	Komentár
Stlačenie tlačidla: <i>OK</i>	Po stlačení tlačidla <i>OK</i> sa zavrie obrazovka a program sa vráti na pôvodnú obrazovku.	Zatvorenie obrazovky

S1.7.3 – Odstránenie používateľa



Obr. 5.55 Obrázovka Odstránenie používateľa

Popis:

Toto okno sa zobrazí ak používateľ bol úspešne zmazaný z informačného systému.

Objekty obrazovky:

Tab. 5.51 Objekty obrazovky S1.7.3

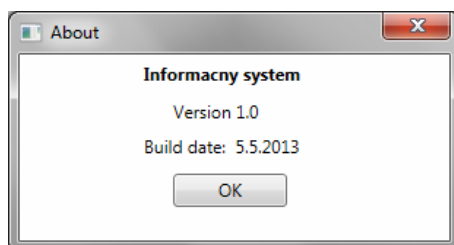
Názov objektu	Typ objektu
<i>OKButton</i>	Button – potvrdenie odstránenia používateľa

Spracovanie udalostí:

Tab. 5.52 Spracovanie udalosti obrazovky S1.7.3

Udalosť	Akcia	Komentár
Stlačenie tlačidla: <i>OK</i>	Po stlačení tlačidla <i>OK</i> sa zavrie obrazovka a program sa vráti na pôvodnú obrazovku.	Zatvorenie obrazovky

S1.8 – O systéme



Obr. 5.56 Obrázovka O systéme

Popis:

Toto okno poskytuje základné informácie o informačnom systéme

Objekty obrazovky:

Tab. 5.53 Objekty obrazovky S1.8

Názov objektu	Typ objektu
<i>ok</i>	Button – zatvorenie okna

Spracovanie udalostí:

Tab. 5.54 Spracovanie udalosti obrazovky S1.8

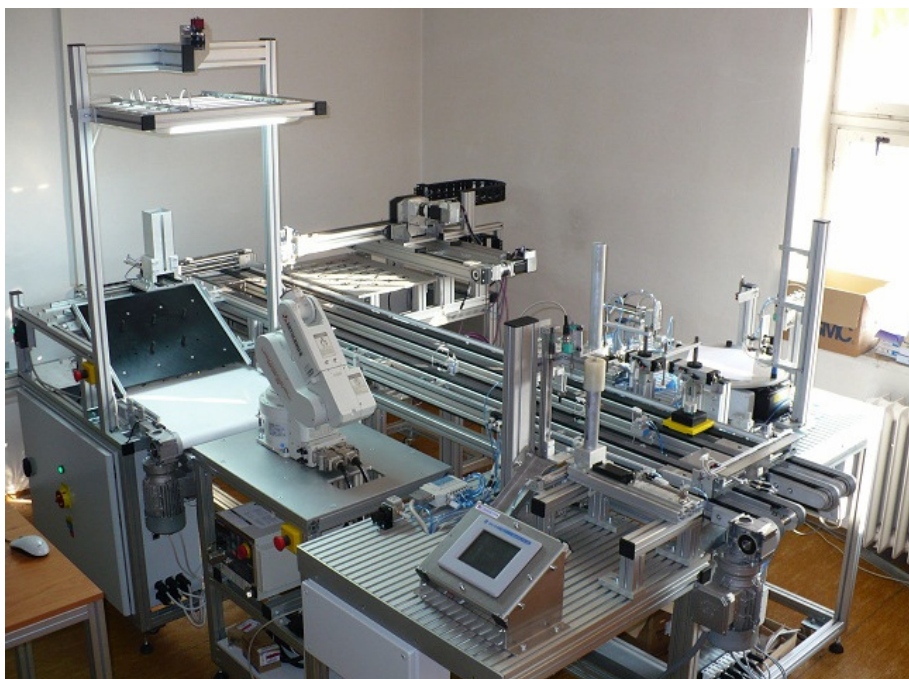
Udalosť	Akcia	Komentár
Stlačenie tlačidla: <i>OK</i>	Po stlačení tlačidla <i>OK</i> sa zavrie obrazovka.	Zatvorenie obrazovky

6 Aplikácia distribuovaného systému riadenia v priemysle

Táto kapitola priblíži aplikáciu DSR na laboratórnom modeli katedry KKUI. Tento model nesie názov Flexibilný montážny podnik (FMP). Výrobný systém bol vybraný pre popis aplikácie DSR, pretože sa najviac ponáša na výrobný systém v priemysle.

6.1 Popis flexibilného montážneho podniku

Výrobný systém je postavený na princípoch sériovej výroby, kde jednotlivé posty predstavujú paralelne vykonávané operácie. Na hlavných dopravníkových pásoch sú presúvané palety, ktoré slúžia na presun polovýrobku vo výrobnom procese. Na paletu sú postupne jednotlivými postami pridávané súčiastky, ktoré nakoniec tvoria jeden hotový výrobok. Za výrobné posty sú považované post 1, 3 a 4. Post 0, 2 a 5 slúžia na manipuláciu s výrobkami v rámci linky a skladu. Každý výrobný post obsahuje zásobníky materiálu, ktorý je potrebný na vytvorenie výrobku. Výrobný systém môžete vidieť na Obr. 6.1.



Obr. 6.1 Flexibilný montážny podnik

Výrobný proces predstavuje postupné skladanie výrobku, ktorý pozostáva z podstavy, ložiska, hriadeľa a klobúčika. Vo výrobnom procese je výrobok presúvaný pomocou palety a pomocou manipulátora je uložený do výstupného skladu. Výroba začína postom 1, na ktorom sa v náhodnom čase vysunie podstava zo zásobníka na pohyblivý pás. Kamerový systém vyhodnotí polohu podstavy a pomocou priemyselného robota Mitsubishi, ktorý je na poste 2, presunie podstavu na paletu, ktorá je pripravená na hlavnom dopravníkovom páse označenom ako post 0. Robot je riadený riadiacou jednotkou robota,

pričom súradnice vypočítané kamerovým systémom sú do riadiacej jednotky robota vysielané cez sieť Profibus z PLC automatu. Po uložení podstavy sa paleta s podstavou presunie po páse k postu 3. Vstupný zásobník postu 3 obsahuje ložiská, ktoré môžu byť rôznej hrúbky. Vhodnosť ložiská je testovaná a po úspešnom otestovaní rozmeru ložiska sa pomocou otočného manipulátora osadí do podstavy. Po ukončení operácie sa paleta presúva na druhý dopravníkový pás a následne k postu 4. Na poste 4 sa pomocou otočného stola presúvajú a testujú hriadele a klobúčiky. Testovanie hriadele sa vykonáva v dvoch krokoch, najskôr sa kontroluje správnosť otočenia a následne aj farba. V prípade klobúčikov sa kontroluje z akého materiálu sú vyrobené. Nevhodné hriadele a klobúčiky sú vyradené z výroby. Vhodne súčiastky sú pomocou manipulátora vkladané do polovýrobku na paletu, najskôr hriadeľ do ložiska a následne aj klobúčik. Po uložení všetkých častí je výrobok hotový. Hotový výrobok sa po páse presunie k postu 5. Tento post predstavuje výstupný sklad, kde sa pomocou manipulátora uloží výrobok do skladu. Prázdna paleta ostáva na páse a je presunutá po hlavnom dopravníkovom páse na začiatok výroby.

6.2 Úroveň snímačov a akčných členov

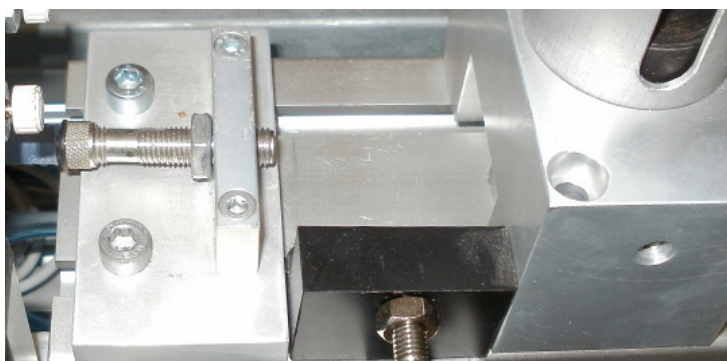
Táto úroveň už bola priblížená a popísaná v predošlých kapitolách. Táto časť sa zameriava na prvky tejto úrovne, ktoré sa nachádzajú vo flexibilnom montážnom podniku.

6.2.1 Snímače

Indukčné snímače Omron E2A

Tieto snímače sú použité na 0. poste, 4. poste a 5. poste. Slúžia na detekciu paliet, rozpoznávanie materiálu a ako koncové snímače.

Na 0. poste sú určené na detekciu palety. Ďalej zisťujú prítomnosť palety na konci hlavných pásov, aby pneumatický akčný člen mohol paletu presunúť z jedného pásu na druhý. Posledný nespomenutý indukčný snímač slúži na uvoľňovanie paliet zo zásobníka. Spolu je na 0. poste 7 indukčných snímačov.



Obr. 6.2 Indukčný snímač na 4. poste

Na 4. poste je jeden indukčný snímač (Obr. 6.2), ktorý slúži na rozpoznanie klobúčika. Rozpoznáva oceľový a hliníkový klobúčik. Oceľový klobúčik má omnoho vyššiu indukciu a tak indukčný snímač zistí prítomnosť tohto klobúčika už vo vzdialenosti 0,5 cm, pričom hliníkový klobúčik v tejto vzdialenosti snímač nezdeteguje.

Na 5. poste sú štyri indukčné snímače, ktoré slúžia ako koncové snímače dvoch osí trojosého manipulátora.

Priemyselná kamera Guppy F-503B

Táto čierno-biela kamera (Obr. 6.3) slúži na detekciu polohy podstavy na vedľajšom dopravníkovom páse linky (pás na 1.poste). Pomocou rozhrania FireWire posiela obraz do počítača, ktorý pomocou aplikácie rozpoznávania obrazu rozpozná polohu podstavy.



Obr. 6.3 Priemyselná kamera Guppy F-503B nad 1. postom

Optické snímače Omron E3Z

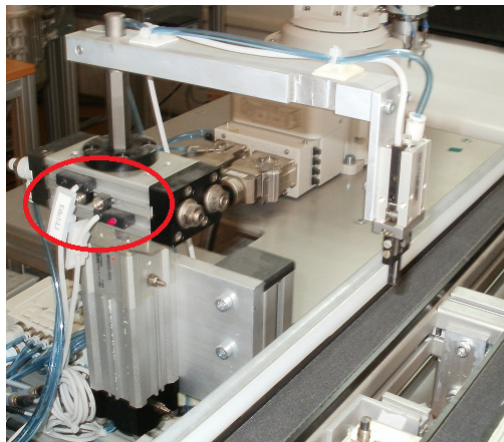
Tieto snímače (Obr. 6.4) sa nachádzajú iba na prvom poste. Dva snímače sa nachádzajú na dopravníkovom páse a slúžia ako koncové snímače pre pohyb podstavy. Ak snímače zosnímajú prítomnosť podstavy (jediný objekt, ktorý by sa mal nachádzať na tomto páse) tak sa zmení smer pohybu pásu.



Obr. 6.4 Optický snímač na 1. poste

Magnetické snímače SMC D-M9

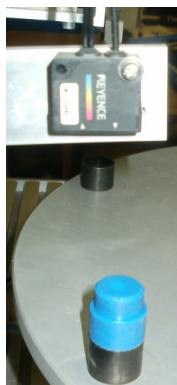
Magnetické snímače (Obr. 6.5) obsahujú všetky pneumatické valce a rotačno-výsuvné pneumatické manipulátory, ktoré sa na tejto linke nachádzajú. Slúžia ako koncové snímače pre tieto akčné členy.



Obr. 6.5 Magnetické snímače na rotačno-výsuvnom pneumatickom manipulátore

Optický snímač KEYENCE CZ-H72 a vyhodnocovacia jednotka CZ-V20

Táto linka obsahuje jeden takýto optický snímač s vyhodnocovacou jednotkou. Snímač (Obr. 6.6) slúži na rozpoznávanie farby hriadeľa, ktorá môže byť modrá, alebo zelená.



Obr. 6.6 Optický snímač KEYENCE CZ-H72

Vyhodnocovacia jednotka (Obr. 6.7) je so snímačom spojená optickým káblom. Na základe prijatej hodnoty a nastavenia umožňuje vysielat' 4 digitálne signály riadiacemu PLC automatu. Snímač sa nachádza na 4. poste výrobnjej linky.



Obr. 6.7 Vyhodnocovacia jednotka KEYENCE CZ-V20 optické snímača KEYENCE CZ-H72

Tlakový snímač VJ114 - 5LOZ

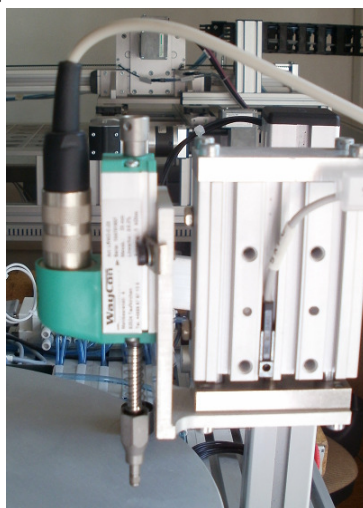
Tlakové snímače (Obr. 6.8) sú použité na druhom, štvrtom a piatom poste. Na druhom poste je jeden a má za úlohu snímať vytvorený podtlak na efektore robota, ktorého úlohou je preberanie podstavca. Na štvrtom poste sú dva snímače, ktorých úlohou je snímať vytvorený podtlak na koncových bodoch rotačno-výsuvných pneumatických manipulátoroch, ktoré preberajú klobúčiky a hriadele. Piaty post obsahuje jeden takýto snímač, ktorý zisťuje vytvorený podtlak vytvorený prisatím hotového výrobku na efektore trojosého manipulátora.



Obr. 6.8 Dva tlakové snímače na 4. poste

Lineárne potenciometre GEFRAN

GEFRAN (Obr. 6.9) je na tejto výrobnéj linke použitý na dvoch miestach a to na 3. a 4. poste. Na treťom poste je jeho úlohou zistiť výšku ložiska, vo výrobe sa zatiaľ používajú dva typy ložiska. Na štvrtom poste sa zisťuje výška hriadeľa, výšku majú zatiaľ všetky hriadele rovnakú, takže snímač zisťuje či je uloženie hriadeľa správne, čiže či nie je uložený opačne.



Obr. 6.9 Lineárny potenciometer GEFRAN na 4. poste

6.2.2 Akčné členy

AC Motor s frekvenčným meničom

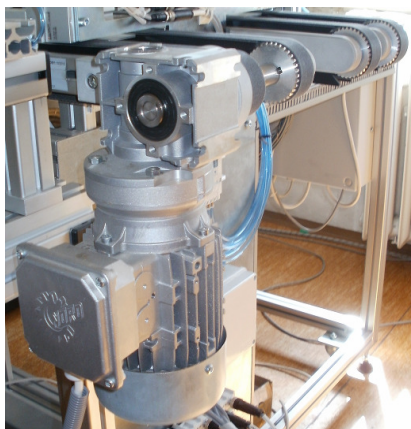
Motor s frekvenčným meničom (Obr. 6.10) je použitý na prvom poste pre pohon vedľajšieho dopravníkového pásu. Vďaka frekvenčnému meniču sa ľahko mení akcelerácia a rýchlosť pohybu tohto pásu (motora). Samozrejme dá sa prepínať aj smer pohybu pásu (motora).



Obr. 6.10 Frekvenčný menič

AC Motory na pohon dopravníkových pásov

Pohon hlavných dopravníkových pásov na nultom poste zabezpečujú dva AC motory (Obr. 6.11). Jedinou ich možnosťou je ich zopínanie, takže buď sa pásy hýbu alebo sú vypnuté.



Obr. 6.11 AC motor na pohon prvého dopravníkového pásu

Pneumatické valce SMC

Výrobná linka obsahuje veľa pneumatických valcov (Obr. 6.12), tieto valce sa nachádzajú na všetkých postoch okrem postu dva, ktorým je priemyselný robot.

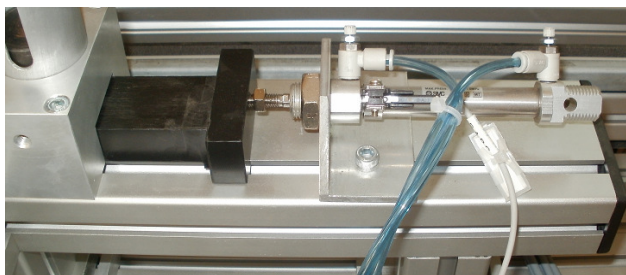
Na nultom poste sa nachádza 11 týchto valcov, 5 sa používa na zastavenie pohybu paliet, 4 na zakotvenie (upevnenie) paliet pri jednotlivých postoch a 2 valce sú použité na presun paliet z jedného dopravníkového pásu na druhý.

Prvý post obsahuje 2 takéto pneumatické valce, jeden na posúvanie zásobníka podstáv a druhý na vysúvanie týchto podstáv.

Tretí post má tiež 2 pneumatické valce. Jeden je určený na vysúvanie ložísk zo zásobníka a druhý na vyradzovanie ložísk s nesprávnou výškou.

Na štvrtom poste je 5 pneumatických valcov a jeden dvojosí manipulátor, ktorý sa skladá z dvoch pneumatických valcov. Dva pneumatické valce majú za úlohu vysúvať hriadele zo zásobníka. Ďalší pneumatický valec pomáha lineárnemu potenciometru GEFRAN merať výšku ložísk. Štvrtý akčný člen vysúva klobúčiky zo zásobníka a posledný pneumatický valec vyradzuje nevyhovujúce klobúčiky. Uvedený dvojosí manipulátor vyradzuje nevyhovujúce hriadele.

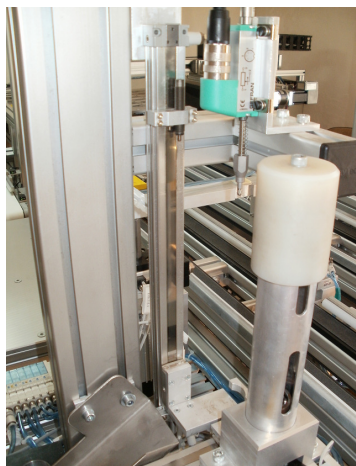
Piaty post obsahuje iba jeden pneumatický valec, ktorý je treťou osou trojosého manipulátora.



Obr. 6.12 Pneumatický valec určený k vysúvaniu klobúčikov zo zásobníka

Lineárny pohon

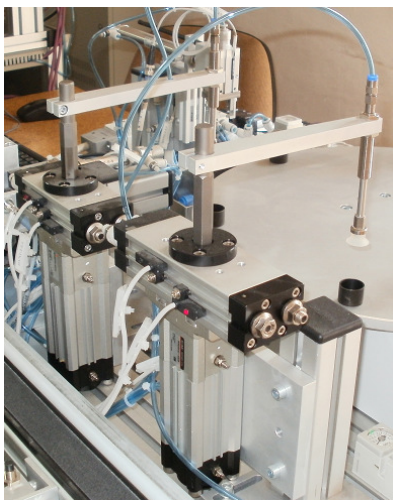
FMP obsahuje jeden lineárny pohon (Obr. 6.13), ak nepočítame pneumatické valce, nakoľko aj tieto vykonávajú lineárny pohon. Tento lineárny pohon má za úlohu dopraviť ložisko k lineárnemu potenciometru GEFRAN, aby sa mohla odmerať jeho výška.



Obr. 6.13 Lineárny pohon na prepravu ložísk

Rotačno-výsuvné pneumatiké manipulátory

FMP obsahuje 3 rotačno-výsuvné pneumatiké manipulátory (Obr. 6.14), dvoma signálmi je riadená rotácia (vľavo a vpravo) a dvoma signálmi je riadené vysúvanie (hore a dole). Prvý sa nachádza na treťom poste a jeho úlohou je presúvanie ložísk z postu do podstavy na 0. poste. Ďalšie dva sú na štvrtom poste, jeden z nich presúva klobúčiky z miesta detekcie materiálu na otočný polohovací stôl a druhý presúva klobúčiky a hriadele z otočného stola na polotovar, ktorý je na 0. poste.



Obr. 6.14 Dva rotačno-výsuvné pneumatiké manipulátory nachádzajúce sa na 4. poste

Rotačný polohovací stôl

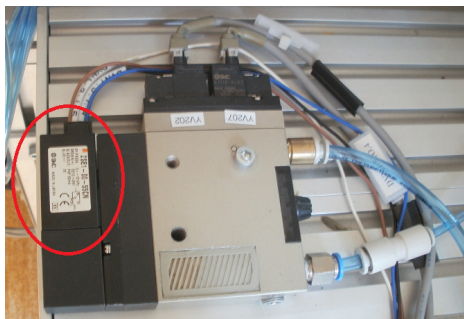
Rotačný polohovací stôl (Obr. 6.15) sa nachádza na štvrtom poste linky slúži na presúvanie hriadeľov a klobúčikov medzi jednotlivými operáciami. Stôl má 6 polôh. V prvej polohe je uložený hriadeľ zo zásobníka na stôl. V ďalšej polohe sa zistí farba hriadeľa a v tretej jeho výška. Štvrtá poloha je určená k vyradeniu hriadeľa, ak nespĺnil niektorú z podmienok. Piata poloha je v prvej fáze určená len na presun hriadeľa a v druhej fáze na uloženie klobúčika. V šiestej polohe je v prvej fáze manipulátorom hriadeľ odstránený a uložený na polotovar a v druhej fáze sa stane to isté s klobúčikom.



Obr. 6.15 Rotačný polohovací stôl Weiss, použitý v rámci FMP

Tlakové spínače SMC ZSE1

Tieto spínače (Obr. 6.16) sa nachádzajú na druhom, štvrtom a piatom poste. Úlohou týchto spínačov je spínať tlak a vytvárať tým podtlak, keď sa úchopné hlavice (tvorené iba z prísaviek – otvorom ukončené pneumatické vedenie) priemyselného robota a manipulátorov (rotačno-výsuvné manipulátory 4. postu, manipulátor 5. postu) dostanú na materiál (podstava, hriadeľ, klobúčik, hotový výrobok) určený k vyzdvihnutiu a následnému premiestneniu. Po premiestnení materiálu tento spínač môže tento podtlak vypnúť, alebo namiesto nasávania vzduchu dokáže vzduch vypúšťať, takže pomocou vytvoreného tlaku sa materiál z efektora odstráni.



Obr. 6.16 Tlakový spínač

Pneumatické úchopné hlavice

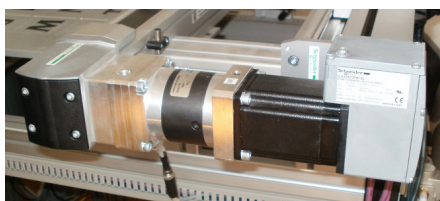
Okrem prísaviek sú na linke FMP použité 2 pneumatické úchopné hlavice (Obr. 6.17) a to na rotačno-výsuvnom pneumatickom manipulátore tretieho postu a na dvojosom pneumatickom manipulátore (2 pneumatické valce) štvrtého postu.



Obr. 6.17 Pneumatická úchopná hlavica

Servo-pohony výstupného skladu

Servo-pohony (Obr. 6.18) sú pohonnými dvomi osami trojosého manipulátora na piatom poste FMP. Sú vybavené integrovanou riadiacou jednotkou, s veľmi vysokou presnosťou, a komunikujú po sieti DeviceNet.



Obr. 6.18 Servo-pohony výstupného skladu

Priemyselný robot Melfa RV-2SDB

Priemyselný robot (Obr. 6.19) je v podstate druhým postom FMP. Jeho úlohou je preberanie podstáv z vedľajšieho dopravníkového pásu prvého postu na paletu ukotvenú na konštrukčnej zastávke nultého postu.



Obr. 6.19 Priemyselný robot Mitsubishi RV-2SDB, použitý v rámci FMP

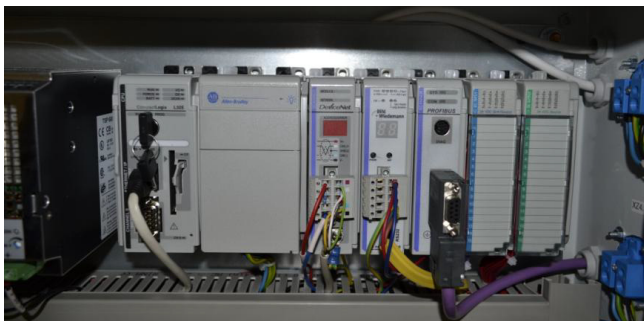
6.3 Technologická úroveň riadenia

Táto výrobná linka je riadená tromi riadiacimi jednotkami a to PLC automatom, riadiacou jednotkou robota (RJR) a počítačom zameraným na rozpoznávanie obrazu.

6.3.1 PLC automat CompactLogix 1769-L32E

Riadiaci automat FMP je CompactLogix 1769-L32E od firmy Rockwell Automation (Obr. 6.20). Je určený pre stredne veľké priemyselné aplikácie. Sú na ňom pripojené vstupno/výstupné komunikačné karty pre technologické siete: Ethernet, Profibus, AS-i, DeviceNet, vstupná 16 bitová digitálna karta a výstupná 16 bitová digitálna karta. Program je naprogramovaný vo vývojovom prostredí RSLogix 5000 pomocou rebríkových schém a štruktúrovaného textu.

Tento PLC automat je určený pre riadenie FMP. Nakoľko celý systém obsahuje 3 riadiace jednotky, tak je tento automat súčasne aj koordinátorom celého procesu riadenia FMP.



Obr. 6.20 PLC automat CompactLogix 1769-L32E

6.3.2 Riadiaca jednotka robota CR1D-700

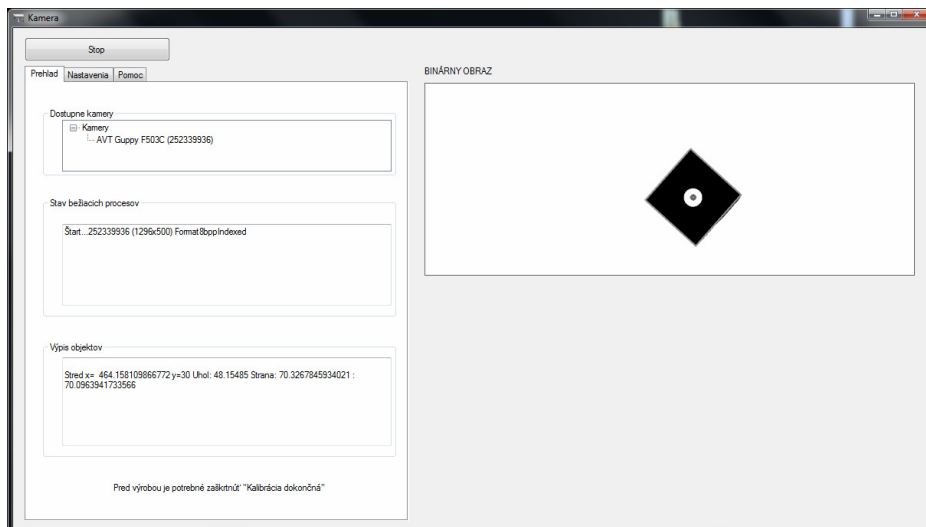
Riadenie priemyselného robota zabezpečuje riadiaca jednotka Mitsubishi CR1DA, táto jednotka je na Obr. 6.21. Táto jednotka komunikuje s operátorským počítačom FMP pomocou siete Ethernet, ale táto komunikácia je určená len na údržbu a servis robota. Je možné využívať aj iné poskytované rozhrania (RS-232 a USB), avšak z hľadiska jednoduchosti a rýchlosti je rozhranie Ethernet najlepším riešením. Komunikácia s koordinátorom procesu (PLC) je zabezpečená sieťou Profibus a komunikácia so servo-pohonmi samotného priemyselného robota je sprostredkovaná sieťou SSCNET III. Program pre riadenie robota je naprogramovaný vo vývojovom prostredí RT-Toolbox 2 v programovacom jazyku Melfa V.



Obr. 6.21 Riadiaca jednotka CR1DA

6.3.3 Počítač s aplikáciou na rozpoznávanie obrazu

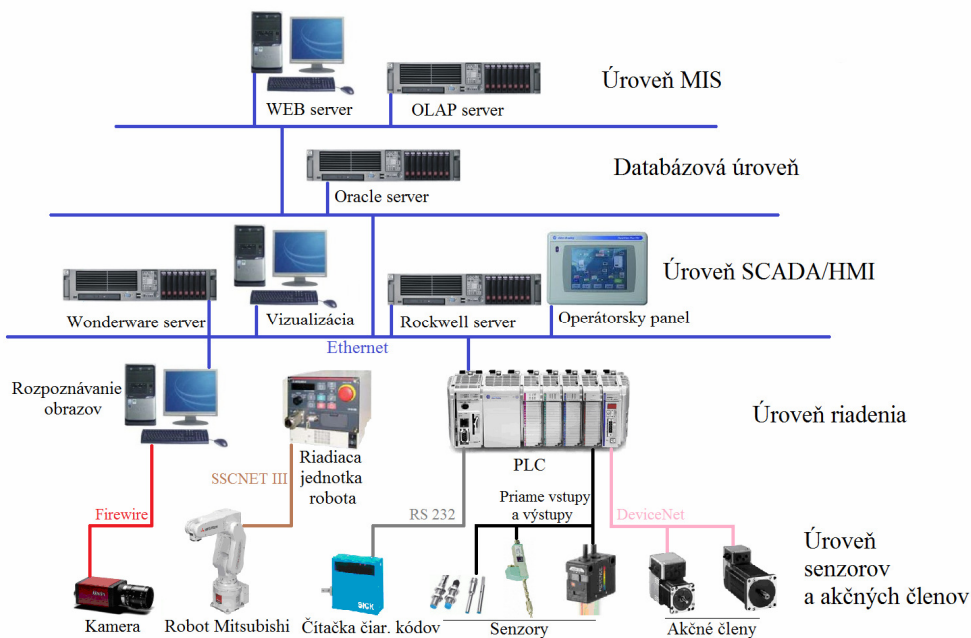
K PLC automatu sa k riadeniu linky pridáva aj počítač, ktorý obsahuje aplikáciu na rozpoznávanie obrazu (Obr. 6.22). Úlohou tejto aplikácie je pomocou obrazu z priemyselnej kamery rozpoznať podstavu na vedľajšom dopravníkovom páse (dopravníkový pás na prvom poste) FMP, potom zistiť jej polohu (uhol natočenia a posun podstavy v kolmom smere na robota) a následne vydať príkaz pre robota na vyzdvihnutie podstavy (v momente keď sa podstava prekryje s efektorom robota). Aplikácia je naprogramovaná robustne, pretože sa dá kalibrovať na rôzne podmienky a polohy kamery. Aplikácia je naprogramovaná vo vývojovom prostredí Microsoft Visual Studio 2010 v programovacom jazyku C#.



Obr. 6.22 Aplikácia rozpoznávania obrazu pre detekciu polohy podstavy

6.3.4 Medziúrovňová komunikácia

PLC automat komunikuje s frekvenčným meničom, s krokovými motormi na 5. poste a so snímačmi a akčnými členmi na 4. poste pomocou siete **DeviceNet**. Celý 3. post je k PLC automatu pripojený pomocou priemyselnej siete **Ethernet**. Snímače a akčné členy na hlavnom dopravníkovom páse (post 0) komunikujú s PLC pomocou siete **AS-i**. Zvyšné snímače a akčné členy, ktoré komunikujú s PLC automatom využívajú priame vstupný a výstupy (**direct I/O**). V neposlednom rade treba spomenúť, že všetky snímače a akčné členy sú najprv pripojené pomocou priamych vstupov a výstupov k vstupno/výstupným modulom (ostrovčekom) danej siete a až potom pomocou kabeláže konkrétnej siete pripojené k PLC automatu. PLC automat je pripojený k podnikovej sieti Ethernet. Prepojenie jednotlivých sietí je zobrazené na Obr. 6.23:



Obr. 6.23 Vstupno-výstupné moduly (ostrovčky) siete AS-i

Ďalším riadiacim prvkom je RJR. Táto jednotka komunikuje s PLC automatom a servo-pohonmi robotického ramena. Komunikáciu s PLC automatom sprostredkúva sieť **Profibus** a komunikáciu so servo-pohonmi **SSCNET III**. Pre údržbu a servis je RJR permanentne pripojená k podnikovej sieti **Ethernet**, pre tento účel sa dá využiť aj rozhranie **USB** a **RS-232**, ale pre jednoduchšiu prácu využívame sieť **Ethernet**.

Posledným riadiacim členom FMP je počítač, ktorý je taktiež pripojený k podnikovej sieti **Ethernet** pomocou ktorej komunikuje s PLC automatom a podáva po nej informácie z aplikácie rozpoznávania obrazu. Priemyselná kamera Guppy komunikuje s počítačom pomocou rozhrania **FireWire**.

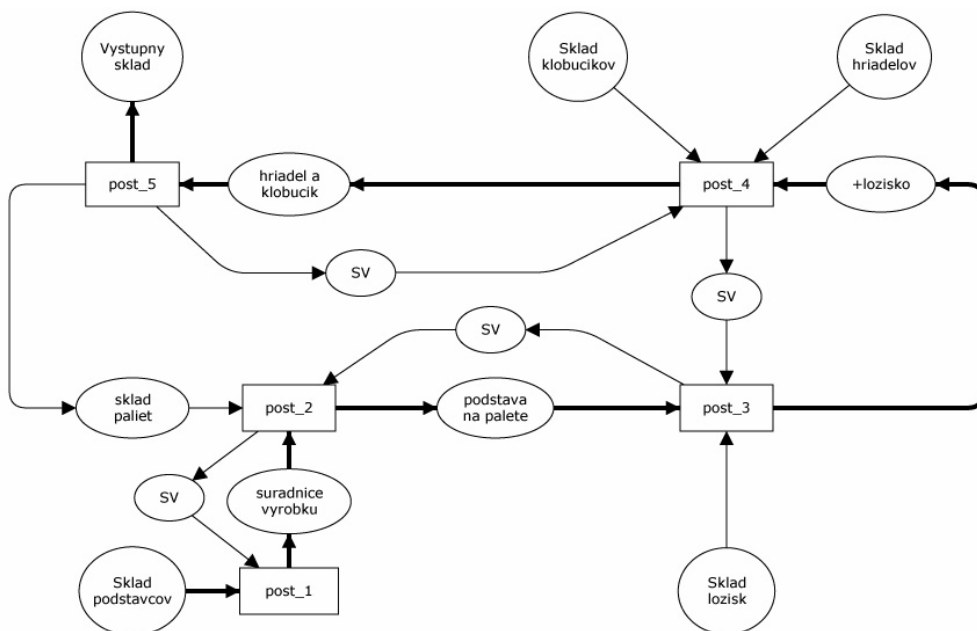
Podniková sieť **Ethernet** zabezpečuje komunikáciu s vyššími úrovňami distribuovaného systému riadenia.

6.4 Úroveň SCADA a HMI

Táto úroveň zahŕňa modelovanie diskretných systémov, lokálnu a vzdialenú vizualizáciu.

6.4.1 Modelovanie diskretných systémov

Výrobný systém je modelovaný pomocou farebných a časových Petriho sietí, ktoré načítavajú informácie z výrobného systému a modelujú jeho prevádzku. Výsledky modelu sú analyzované a na ich základe sa optimalizuje model alebo riadenie. Pomocou modelu je možné analyzovať tok materiálu v prevádzke, alebo čas výroby. Na Obr. 6.24 je zobrazený model výrobného systému namodelovaný pomocou farebnej Petriho siete:



Obr. 6.24 Namodelovaná Petriho sieť

6.4.2 Lokálna vizualizácia

Lokálna vizualizácia na dotykovom (touch) paneli (Obr. 6.25) slúži ako operátorský panel na lokálne riadenie v automatickom, servisnom aj manuálnom režime. Dotykový panel sa zvyčajne umiestňuje čo najbližšie k výrobnému systému, ktorý je pomocou neho riadený. Vizualizačné obrazovky neobsahujú veľa animácií, ale obsahujú tlačidlá na priame riadenie pre prípad poruchy alebo testovania.



Obr. 6.25 Náhľad na obrazovku lokálnej vizualizácie

PanelView plus 600

PanelView plus 600 (Obr. 6.26) od výrobcu Rockwell Automation slúži ako operátorské rozhranie. V FMP je zakomponovaný model s dotykovým displejom bez vstavanej klávesnice. Displej má rozlíšenie 320x240pix a farebnú hĺbku 18 bit. Všetky modely PanelView obsahujú 64MB flash pamäť. Tento panel je pripojený k podnikovej sieti **Ethernet**.



Obr. 6.26 Operátorské rozhranie PanelView 600

6.4.3 Vzdialená vizualizácia

Vzdialená vizualizácia slúži na vzdialene riadenie výrobného systému len v automatickom režime, spracovanie a archiváciu dát (SCADA). Vzdialená vizualizácia obsahuje veľa animácií, ktoré sú doplnené o skripty, ktoré napomáhajú spracovaniu dát. Dáta sú vizualizované v podobe reálnych a historických trendov a ukladané do databáz alebo externých súborov. Na rozdiel od lokálnej vizualizácie tu nie sú tlačidlá určené k priamemu riadeniu, nakoľko táto vizualizácia je často vzdialená od výrobného systému. Táto vizualizácia je spustená na počítači, ktorý je pripojený do podnikovej siete Ethernet. Na Obr. 6.27 je ukážka obrazovky zo vzdialenej vizualizácie pre post 4:



Obr. 6.27 Vizualizácia 4. postu

6.4.4 Medziúrovňová komunikácia

Komunikácia s nižšími a vyššími úrovňami je zabezpečená po podnikovej sieti Ethernet. Komunikácia s nižšou úrovňou funguje pomocou protokolu OPC. Tento protokol využívajú všetky tri prvky tejto úrovne (modelovanie diskretných systémov, lokálna a vzdialená vizualizácia). Ďalším protokolom, ktorý táto úroveň využíva je protokol ODBC. Protokol ODBC slúži na komunikáciu medzi databázami a taktiež na plnenie databáz s informáciami riadiacich systémov. Takže tento protokol sa používa na komunikáciu s vyššou úrovňou a taktiež na komunikáciu v rámci druhej úrovne.

6.5 Informačná úroveň riadenia

Informačná úroveň riadenia sa zameriava na informačný systém pre FMP, ktorý umožňuje:

- prihlásenie a identifikáciu pracovnej pozície,
- príjem, tvorbu a spracovanie objednávok na výrobu,
- vytvorenie plánu výroby,
- sledovanie a riadenie výroby,
- kontrolu stavu vstupných a výstupných skladov,
- kontrola kvality,
- účtovníctvo,
- plánovanie výroby.

Informačný systém je prepojený s databázou Oracle, v ktorej sú uchované nie len produkčné údaje ale aj údaje z informačného systému. K informačnému systému

je možné sa pripojiť aj pomocou klientskej aplikácie. Na Obr. 6.28 je ukážka obrazovky z IS na spracovanie objednávok:



The screenshot shows the GABRIELA s.r.o. interface. At the top, there is a navigation menu with buttons for Privileges, Roles, Users, Orders, Processing, Stocks, Configure, and Logout. Below this is a table with columns: Id, Owner Name, Executor Name, Products no., and Controls. The Controls column contains buttons for view, process, and remove. At the bottom, there is a 'Start Processing' button and a copyright notice for gabriela crew.

Id	Owner Name	Executor Name	Products no.	Controls
3240	Peter Papcun	Peter Papcun	0	view 3 remove
3243	Peter Papcun	Peter Papcun	0	view 3 remove
4030	Matej Čopik	Peter Papcun	2	view 3 remove
4031	Matej Čopik	Peter Papcun	2	view process remove
4032	Matej Čopik	Peter Papcun	1	view 3 remove

Start Processing

Copyright © gabriela crew

Obr. 6.28 Informačný systém

Táto úroveň zahŕňa tretiu a štvrtú úroveň DSR. Komunikácia s ďalšími úrovňami prebieha po podnikovej sieti Ethernet a využíva protokoly OPC (s prvou úrovňou DSR), ODBC (s druhou až piatou úrovňou DSR) a TCP/IP (s treťou až piatou úrovňou DSR).

6.6 Manažérska úroveň riadenia

Manažérska úroveň riadenia predstavuje manažérsky informačný systém (MIS), ktorý je určený na podporu strategického rozhodovania a vytváranie analýz systému. MIS je priamo prepojený s databázou Oracle v ktorej sú dáta spracované v podobe multidimenzionálnych kociek s využitím technológie OLAP. Výstup MIS sú zväčša v podobe 2D alebo 3D grafov, prípadne tabuliek. Na Obr. 6.29 je 3D graf, pomocou ktorého je možné analyzovať vývoj počtu objednávok v čase.

Komunikácia s nižšími úrovňami je zabezpečená podnikovou sieťou Ethernet pomocou protokolu ODBC, ktorý využíva technológiu OLAP. Taktiež sa na tejto úrovni využíva protokol TCP/IP na komunikáciu v rámci piatej úrovne a taktiež s treťou a štvrtou úrovňou. Tento protokol slúži na komunikáciu s klientskymi počítačmi, alebo počítačmi nižšej úrovne ktoré nepoužívajú databázu, ale komunikujú s piatou úrovňou DSR.



Obr. 6.29 Výstup MIS: Počet objednávok v čase

7 Systémy so zvýšenou spoľahlivosťou

Systémy so zvýšenou spoľahlivosťou sú také systémy, ktoré zaručujú bezpečné riadenie systému aj za neštandardných podmienok, kedy mohlo dôjsť ku chybe alebo zlyhaniu na niektorom zariadení.

Riadiace systémy so zvýšenou spoľahlivosťou sa od klasických riadiacich systémov líšia hlavne v architektúre riadiaceho systému a v spôsobe pripojenia vstupov a výstupov. Takéto riadiace systémy sa vo všeobecnosti označujú ako „safety systémy“. Tieto systémy sú určené predovšetkým pre riadenie takých procesov, pri ktorých môže dôjsť k zraneniu osôb alebo prerušeniu riadiacich procesov by mohlo spôsobiť zničenie produkcie, výbuch a pod. (napríklad chemické alebo energetické procesy). Pri systémoch so zvýšenou spoľahlivosťou je potrebné brať na vedomie, že sú cenovo náročnejšie a líšia sa aj v použitom hardvéri a softvéri.

Systémy pre riadenie takýchto procesov sú riešené tak, že sú vysoko redundantné na úrovni hardvéru (riadiace časti, snímacie prvky, akčné členy, siete, a pod.) aj softvéru – systém je do istej miery predprogramovaný. Programovanie takýchto systémov sa realizuje parametrizáciou funkčných blokov, ktoré sú certifikované na použitie v takýchto systémoch. Funkčné bloky sa vkladajú do riadiaceho programu a konfigurujú sa iba ich vstupy a výstupy. Vnútna logika funkčných blokov je pevne daná a nie je možné ju meniť. Systémy so zvýšenou spoľahlivosťou umožňujú výmenu hardvéru za chodu a aj softvér je možné modifikovať za behu.

Prvá časť tejto kapitoly sa venuje popisu medzinárodnej normy IEC 61508, ktorá sa zaoberá rozdelením zariadení so zvýšenou spoľahlivosťou do štyroch kategórií SIL1 až SIL4.

Druhá časť kapitoly uvedie ako príklad systému so zvýšenou spoľahlivosťou starší riadiaci systém RS-3 od firmy EMERSON, na ktorom budú vysvetlené základné princípy riadenia so zvýšenou spoľahlivosťou.

Záver tejto kapitoly obsahuje porovnanie hardvérovej a softvérovej stránky klasického riadiaceho systému a riadiaceho systému so zvýšenou spoľahlivosťou (safety).

7.1 Norma IEC 61508

V 80. rokoch minulého storočia sa na prvé miesto záujmu inžinierov riadiacich systémov dostal softvér. Vďaka ľahkosti, s akou je možné softvér rýchlo vytvárať, ľahko kopírovať a ľahko prispôbovať novým potrebám, sa začal používať omnoho častejšie ako hardvérové riešenia. Stále častejšie sa začal softvér objavovať aj v oblastiach bezpečnosti. Keď sa toto riešenie začalo používať, tak sa pochybovalo o správnosti takéhoto riešenia. Pretože sa zistilo, že je takmer nemožné overiť, či softvér odpovedá potrebnej špecifikácii a či je dostatočne bezpečný, nehľadiac na známe problémy spojené s tým, skadiaľ vôbec správnu špecifikáciu požiadaviek na softvér získať.

V tej dobe bolo programovanie skôr umením než projektovaním. Projektovanie súvisiace s bezpečnosťou bolo medzi programátormi neznámou. Keďže sa ku bezpečnosti nepristupovalo tak ako sa k nej pristupovať malo, tak sa predpokladalo, že pokiaľ výrobok pracuje spoľahlivo, tak je bezpečný. Lenže slová spoľahlivosť a bezpečnosť nie sú synonymá. S rastom veľkosti a zložitosti výrobných systémov pribúdali otázky, že ako môžeme dokázať bezpečnosť systému a ako ho bezpečne naprogramovať. Rastom zložitosti výrobných systémov sa nerozvíjal iba softvér, ale aj hardvér sa stával stále zložitejším a zložitejším, takže nebolo jednoduché overovať, či je všetko podľa predstáv návrhárov.

Tieto skutočnosti viedli medzinárodnú elektrotechnickú komisiu (IEC) k vypracovaniu dvoch štúdií, ktoré sa venovali moderným programovateľným elektronickým systémom súvisiacich s bezpečnosťou. Jedna štúdia sa zamerala na hardvér a druhá na softvér. Cieľom týchto štúdií bolo položiť základy normy, ktorá by dala konštruktérom a programátorom návod, ako postupovať, aby nimi navrhované systémy spĺňali požiadavky bezpečnosti.

Začiatkom poslednej dekády 20. storočia boli tieto štúdie spojené a v roku 1995 vznikol návrh normy IEC 1508. Táto norma reprezentovala prístup k funkčnej bezpečnosti. Namiesto postupu založeného na návrhu a realizácii čo možno najlepšieho systému a následnom obhájení jeho bezpečnosti volal návrh normy po prístupe založenom na výpočte rizika. Kroky súvisiace s bezpečnosťou vychádzajú z rizika, ktoré systém predstavuje pre svoje okolie. Ak je možné dostať sa k podstate možných rizík a určiť, ktoré rizikové faktory je nutné obmedziť, tak je možné stanoviť požiadavky na bezpečnosť (bezpečnostné požiadavky) vedúcu k efektívnemu zmenšeniu rizika. Oddelením požiadaviek na bezpečnosť od požiadaviek na funkčné schopnosti zariadenia sa dosiahne podstatné zjednodušenie a lepšia prehľadnosť. Je ľahšie dokázať, že opatrenie uskutočnené s cieľom zmenšiť riziko odpovedá jeho zistenej úrovni. Následne na uvedený návrh vznikla norma IEC 61508.

Norma IEC 61508 je všeobecným dokumentom, ktorý je určený pre všetky odvetvia v priemysle. Norma má 7 dielov rozpísaných asi na 400 stranách. Môže byť použitá ako základ k vypracovaniu špeciálne členených noriem (podľa odboru a oblasti použitia), ale môže byť tiež v súčasnej podobe použitá tam, kde špecifické normy neexistujú. Princíp normy IEC 61508 sa môže chápať ako správna metóda riadenia zameraná na funkčnú bezpečnosť.

Ako už bolo uvedené norma sa skladá zo 7 dielov. Prvé štyri sú normatívne, čiže povinné a ďalšie tri sú informatívne (poskytujú doplnkové informácie a návod ako používať prvé štyri diely).

V slovenskej norme STN EN 61508 majú všetky diely spoločný názov Funkčná bezpečnosť elektrických / elektronických / programovateľných elektronických (E/E/PE) bezpečnostných systémov a táto norma sa členením na:

- Časť 1: Všeobecné požiadavky,
- Časť 2: Požiadavky na E/E/PE bezpečnostné systémy,
- Časť 3: Požiadavky na softvér,
- Časť 4: Definície a skratky,
- Časť 5: Príklady metód určovania úrovni integrity bezpečnosti,
- Časť 6: Metodické pokyny pre použitie IEC 61508-2 a IEC 61508-3,
- Časť 7: Prehľad techník a opatrení.

Aj keď sa norma IEC 61508 obmedzuje na bezpečnostné prvky závislé na hardvéri a softvéri E/E/PE systémov, ich zásady sú všeobecné a tvoria základ bezpečnosti aj iných systémov.

Požiadavky na bezpečnosť sú požiadavky určené s cieľom zmenšiť úroveň rizika. Súhrn požiadaviek na bezpečnosť pre identifikované rizika tvorí špecifikáciu požiadaviek na bezpečnosť. Požiadavky na bezpečnosť sú vo fáze projektovania prevedené na bezpečnostné funkcie. Tie sú implementované do bezpečnostného systému. Požiadavky na bezpečnosť môžu byť splnené kombináciou bezpečnostných funkcií, ktoré môžu byť implementované do systémov založených na rôznych metódach (napríklad systémy založené na softvéri spolu s riadiacimi postupmi, kontrolnými zoznamami a schvaľovacími postupmi). Tam, kde sú bezpečnostné funkcie implementované v podobe softvéru, je nutná hardvérová základňa obsahujúca počítačový systém. Na ten sú kladené rovnaké požiadavky ako na softvér. Norma umožňuje využívať niekoľko bezpečnostných funkcií založených na softvéri pracujúcom na tejto hardvérovej základni.

7.1.1 Úroveň integrity bezpečnosti

K vykonávaniu dôležitej práce sú nutné spoľahlivé pracovné prostriedky. A čím je práca dôležitejšia, tým by mali byť prostriedky spoľahlivejšie. V prípade bezpečnostných systémov je pri práci kladený dôraz na zaistenie bezpečnosti. Čím väčší význam má bezpečnosť systému, tým musí byť menšia početnosť výskytu nebezpečných porúch. Mierou početnosti výskytu nebezpečných porúch je integrita bezpečnosti systému definovaná v 4. časti normy IEC 61508 ako pravdepodobnosť, že bezpečnostný systém bude uspokojivo plniť požadované bezpečnostné funkcie za daných podmienok behom stanovenej doby.

Pre mieru početnosti výskytu nebezpečných porúch bol zavedený pojem „úroveň integrity bezpečnosti“ (SIL - Safety Integrity Level). V norme je SIL definovaný v štyroch úrovniach a to SIL 1 až SIL 4, kde SIL 4 znamená najvyššiu a SIL 1 najnižšiu úroveň integrity bezpečnosti. Kategórie SIL reprezentujú výslednú pravdepodobnosť výskytu nebezpečnej poruchy definovanú bezpečnostnou funkciou. Norma požaduje, aby pri definovaní požiadaviek na bezpečnosť boli k dispozícii dva typy súčastí: funkčné komponenty a súčasti so stanovenou úrovňou integrity bezpečnosti. Čím viac je potrebné zmenšiť riziko, tým väčšie požiadavky sú kladené na systém, ktorý riziko znižuje – takže na jeho SIL.

Norma priraduje k SIL pravdepodobnosť výskytu nebezpečných chýb v dvoch kategóriách. Z nich jedna platí pre systémy fungujúce nepretržite (norma STN EN 61508 zavádza termín „systém s vysokým, poprípade trvalým vyžiadanim) a druhá pre systémy pracujúce na základe požiadavky (na vyžiadanie, podľa STN EN 61508 „systémy s nízkym vyžiadanim). Podľa normy je od systémov pracujúcich na vyžiadanie požadovaná činnosť zriedkavejšie než raz za rok. Tým je daný rozdiel medzi hodnotami v oboch kategóriách. Za predpokladu výskytu jednej požiadavky na činnosť za rok znamená pri požiadavke SIL 4, že pravdepodobnosť poruchy je raz za 10 000 rokov. Ak si prepočítame nepretržitú prevádzku pri SIL 4, tak nám vyjde podobný výsledok ($1/(365,25 \cdot 24 \cdot 10^{-8}) = 11408$) a to taký, že chyba môže nastať raz za 11408 rokov. Všetky tieto pravdepodobnosti sú uvedené v Tab. 7.1.

Tab. 7.1 Pravdepodobnosť poruchy safety zariadenia

SIL	Pravdepodobnosť výskytu poruchy za hodinu prevádzky	Pravdepodobnosť výskytu poruchy pri systémoch činných na požiadanie
0	$10^{-4} - 10^{-5}$	$<10^{-1}$
1	$10^{-5} - 10^{-6}$	$10^{-1} - 10^{-2}$
2	$10^{-6} - 10^{-7}$	$10^{-2} - 10^{-3}$
3	$10^{-7} - 10^{-8}$	$10^{-3} - 10^{-4}$
4	$10^{-8} - 10^{-9}$	$10^{-4} - 10^{-5}$

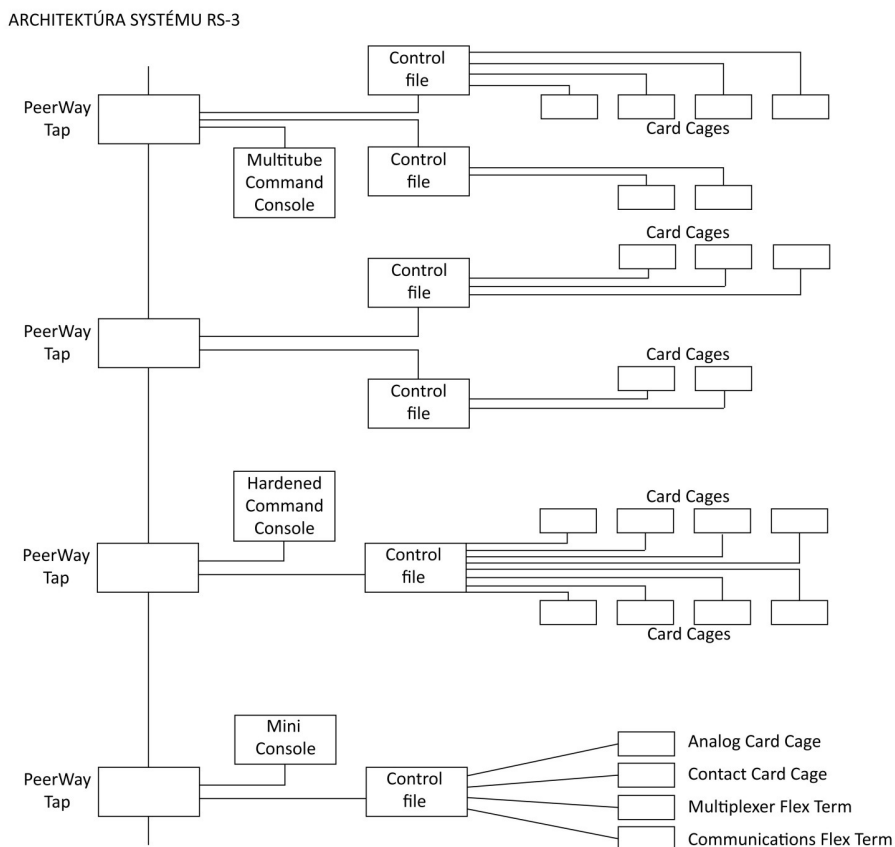
V prípade jednoduchého elektromechanického hardvéru sa dá preukázať dosiahnutie určitej kategórie SIL použitím údajov o početnosti porúch. Pre zložité systémy a v prípade softvéru, kde poruchy nie sú náhodné, ale systematické, nie je možné SIL týmto spôsobom preukázať. Potom SIL vyjadruje prísnosť uplatnenú vo fáze vývoja produktu. Keďže nie je možné spoľahlivo preukázať početnosť nebezpečných porúch produktu, je nutné obrátiť pozornosť do procesu jeho vývoja. V tomto prípade vyžaduje SIL 1 základné znalosti projektovania a dodržiavania zásad riadenia kvality, ako napríklad ISO 9000. Vyšší SIL následne vyžaduje, aby bola táto základná požiadavka sprísnená. Požiadavky na hardvér a softvér sú uvedené v 2. a 3. časti normy IEC 61508.

Bezpečnostné inžinierstvo má dva úlohy: dosiahnuť bezpečnosť a preukázať, že bola daná bezpečnosť dosiahnutá. Ten, kto prehlási systém za dostatočne bezpečný, musí taktiež dokázať, že jeho prehlásenie je platné. Prehlásenie o tom, že systém je bezpečný, musí byť schválené nezávislou znaleckou štruktúrou, pričom norma stanoví 3 úrovne nezávislosti: nezávislá osoba, nezávislé oddelenie a nezávislá organizácia. Požadovaná úroveň závisí na SIL hodnotiaceho systému a ďalších konkrétnych okolnostiach.

7.2 Riadiaci systém RS-3

Táto podkapitola uvedie starší príklad systému so zvýšenou spoľahlivosťou, konkrétne riadiaci systém RS-3 od firmy EMERSON, na ktorom budú vysvetlené základné princípy riadenia so zvýšenou spoľahlivosťou.

Architektúra systému RS-3 je možné vidieť na Obr. 7.1, tento systém pozostáva zo zbernice PeerWay, operátorských konzol, riadiacich súborov a periférií:



Obr. 7.1 Architektúra systému RS-3

Zbernica PeerWay prepája všetky systémové zariadenia. Zbernica je redundantná a prepája všetky časti riadiaceho systému. PeerWay sleduje komunikáciu a v prípade výpadku niektorej časti zabezpečuje redundantnú komunikáciu.

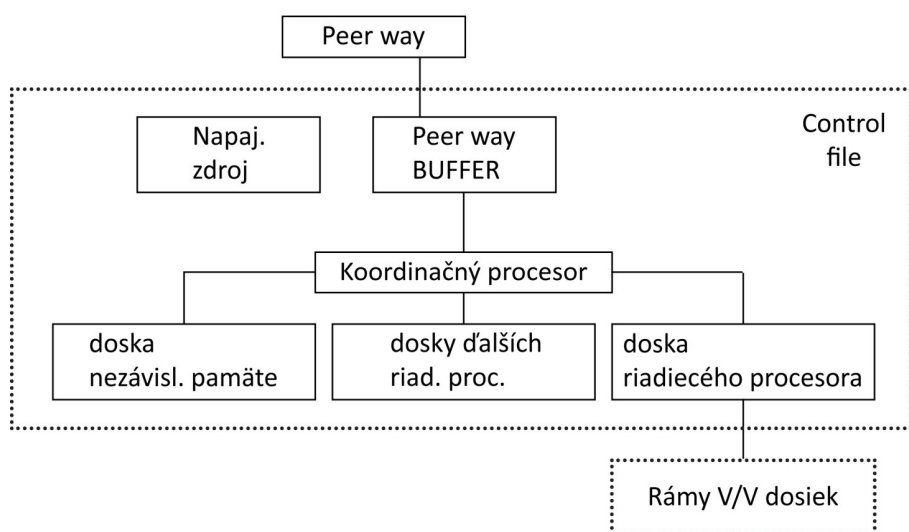
Pomocou operátorských konzol (Console) sa konfiguruje a ovláda systém. Taktiež pomocou tejto konzoly je možná modifikácia softvéru na všetkých úrovniach. Táto konzola predstavuje HMI rozhranie.

Riadiace súbory (Control file) obsahujú riadiace procesory, ktoré ukladajú vstupné a výstupné hodnoty a umožňujú prístup k týmto hodnotám. Riadiace súbory sú autonómne a po výpadku jedného súboru prevezme činnosť iný.

Periférie Card Cages predstavujú vstupno/výstupné moduly pre styk s vonkajším prostredím, na ktoré sa pripájajú vstupy a výstupy z technológie. Periférie zabezpečujú vstupy a výstupy s tým že zabezpečujú spracovanie signálov s potláčaním rôznych nežiaducich vplyvov.

7.2.1 Riadiaca zostava

Zahŕňa prvky, ktoré umožňujú lokálne riadenie procesov s väzbou na ostatné časti cez sieť. Na Obr. 7.2 je možné vidieť detailnú štruktúru riadiaceho súboru (Control file):



Obr. 7.2 Riadiaca zostava RS-3

Koordinačný procesor zabezpečuje komunikáciu medzi 8 doskami riadiacich procesorov v jednom súbore, pričom vstupy a výstupy z ktoréhokoľvek procesora sú vysielané na zbernicu PeerWay. Koordinačný procesor sleduje činnosť samotného riadiaceho procesora, v prípade poruchy riadiaceho procesora prepína riadenie na záložný procesor. Vo všetkých riadiacich procesoroch beží ten istý program, ale iba 1 procesor má možnosť vydávať riadiace signály. Ďalšou úlohou koordinačného procesora je aktualizácia údajov na doske nezávislej pamäte, ktorá obsahuje konfiguračné súbory. Konfiguračné súbory slúžia procesorom na konfiguráciu riadiacich programov, ktoré využívajú pri riadení a výmene dát.

Riadiaci procesor zabezpečuje riadenie technologického procesu. Tento procesor je nezávislý od ostatných procesorov. Vykonáva program, ktorého aktuálny kód je v nezávislej pamäti, v každom cykle porovnáva svoj kód s kódom z nezávislej pamäte, ak sa zhodujú, tak je všetko v poriadku, ale ak dôjde k zmene programu v nezávislej pamäti,

procesor si ho nahrá a v nasledujúcom cykle sa zabezpečuje riadenie podľa nového programu.

Doska nezávislej pamäte uchováva softvér riadiaceho procesora, konfiguruje údaje všetkých dosiek v riadiacom súbore (Control file). Pri zmene programu je z dosky nezávislej pamäte vždy zavedený nový program, ktorý je stále viac krát zálohovaný.

Rámy vstupno/výstupných dosiek (Card Cages) rozlišujeme 4 základné typy:

- a) analógové,
- b) digitálne,
- c) multiplexový flex term,
- d) komunikačný flex term.

Pre príklad zvýšenej spoľahlivosti si popíšeme analógové rámy:

- v 1 bode môže byť až 8 dosiek pre analógový vstup,
- každá doska môže obslúžiť 3 body, takže 1 rám dokáže obslúžiť 24 analógových vstupov,
- jeden procesor vie obslúžiť 3 analógové rámy.

Spôsoby redundancie pri analógových rámoch:

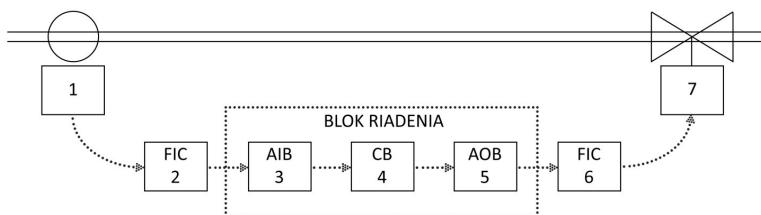
- bez redundancie: všetkých osem dosiek pracuje nezávisle,
- redundancia 1:1: 4 dosky sú použité na pripojenie vstupov a 4 dosky sú redundantné,
- redundancia 3:1 = 6 dosiek je použitých na pripojenie vstupov a 2 dosky sú redundantné,
- redundancia 7:1 = 7 dosiek je použitých na pripojenie vstupov a 1 doska je redundantná.

7.2.2 Zabezpečenie spoľahlivosti regulačných slučiek

Programovanie je realizované na úrovni uzavretých regulačných slučiek, ktoré sú riadené jedným procesorom. V redundantných procesoroch sa vykonávajú tie isté algoritmy, avšak riadenie preberajú až vtedy ak je zistený rozdielny výsledok algoritmu. Regulačné slučky sa zväčša používajú spojité, alebo diskkrétne.

Typická spojitá regulačná slučka

Predstavuje spojitú snímanie meranej veličiny. Výstup zo snímača je analógová hodnota, ktorá nemusí byť v unifikovanom tvare. Takúto hodnotu nie je možné priamo pripojiť na vstupný blok, preto je potrebné ju upraviť. Úprava zväčša spočíva v prevode analógovej hodnoty na číselnú, alebo je potrebná úprava signálu (napríklad zosilnenie). Následne sa táto hodnota privedie na vstupný blok. Hodnota je spracovaná v riadiacom bloku a akčný zásah je zaslaný na výstupný blok. Výstupná hodnota môže byť tiež upravená, napríklad prevod číselnej hodnoty na analógovú. Výstupná hodnota je nakoniec privedená na akčný člen, ktorý vykoná požadovanú operáciu.

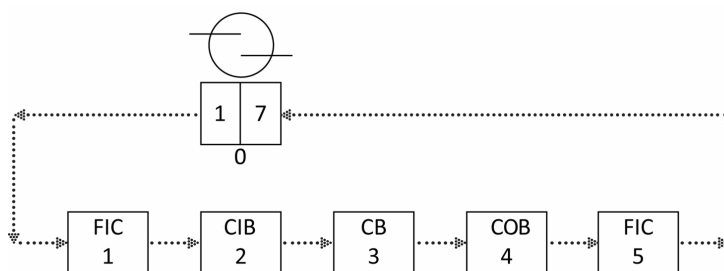


Obr. 7.3 Typická spojitá slučka

- 1 – snímač vstupnej hodnoty,
- 2 (FIC) – analógová vstupná doska, A/Č prevodník,
- 3 (AIB) – analógový vstupný blok,
- 4 (CB) – riadiaci blok,
- 5 (AOB) – analógový výstupný blok,
- 6 (FIC) – výstupný blok, Č/A prevodník,
- 7 – akčný člen so vstupom 4-20 mA (typicky).

Typická diskretná regulačná slučka

Popisuje diskretné snímanie meranej veličiny. Výstupná hodnota je síce diskretná, ale nemusí sa dať priamo pripojiť na vstupný blok. Takúto hodnotu je potrebné v prispôbovacom bloku upraviť na hodnotu, ktorú je možné priamo priviesť na diskretný vstupný blok. Hodnota je spracovaná v riadiacom bloku a akčný zásah je zaslaný na výstupný blok. Výstupná hodnota môže byť tiež upravená, napríklad prevod na iný rozsah. Výstupná hodnota je nakoniec privedená na akčný člen, ktorý vykoná požadovanú operáciu.



Obr. 7.4 Typická diskretná slučka

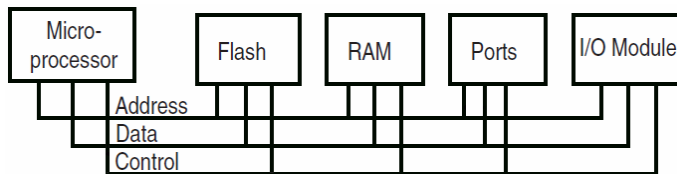
- 0 – snímač (zapnutý/vypnutý),
- 1 (FIC) – vstupný prispôbovací blok,
- 2 (CIB) – diskretný vstupný blok,
- 3 (CB) – riadiaci blok,
- 4 (COB) – diskretný výstupný blok,
- 5 (FIC) – výstupný prispôbovací blok,
- 7 – akčný člen.

7.3 Hardvérová realizácia systémov so zvýšenou spoľahlivosťou

V úvode tejto kapitoly bolo uvedené, že medzi hlavné hardvérové rozdiely medzi klasickými a safety systémami patrí rozdielna architektúra, pripojenie vstupov a výstupov. Rozdiely v týchto systémoch budú ilustrované na princípe fungovania klasického PLC automatu a safety PLC automatu.

Architektúra klasického PLC automatu, ktorá je zobrazená na Obr. 7.5 obsahuje:

- riadiaci mikroprocesor,
- flash pamäť,
- RAM pamäť,
- komunikačné porty (RS 232, Ethernet, atď.),
- I/O moduly (digitálne, analógové, HSC, atď.).



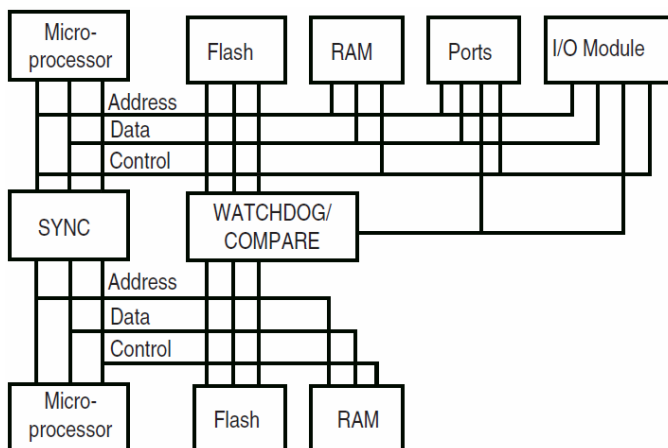
Obr. 7.5 Architektúra klasického PLC

Jednotlivé časti klasického riadiaceho systému sú prepojené pomocou adresnej, dátovej a riadiacej zbernice.

Architektúra safety PLC automatu, je zobrazená na Obr. 7.6 a obsahuje tieto časti:

- viac riadiacich mikroprocesorov,
- flash pamäť pre každý mikroprocesor,
- RAM pamäť pre každý mikroprocesor,
- blok SYNC – ktorý zabezpečuje synchronizáciu mikroprocesorov,
- watchdog/compare, dohliada nad mikroprocesormi a kontroluje ich činnosť,
- komunikačné porty (RS 232, Ethernet, atď.),
- I/O moduly (digitálne, analógové, HSC, atď.).

Safety PLC má redundantné všetky zbernice (adresnú, dátovú aj riadiacu), a údaje od všetkých mikroprocesorov sú kontrolované a porovnávané. Vo všetkých mikroprocesoroch beží rovnaký program, ale iba jeden z nich ma právo zapisovať na výstupné porty. V prípade, že jeden mikroprocesor zlyhá, preberá riadenie iný mikroprocesor.

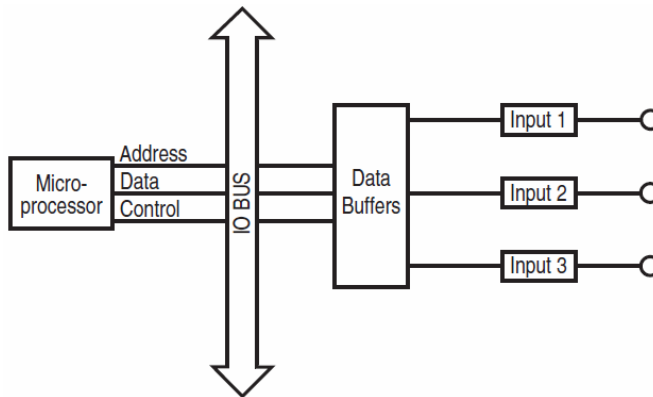


Obr. 7.6 Architektúra safety PLC

Všetky bloky majú vnútornú diagnostiku a vylepšenie, ktoré nie sú v klasických PLC automatoch požadované. Safety PLC venujú podstatne viac času vykonávaním vnútornej diagnostiky ako riadiacich algoritmov. Tieto dodatočné operácie sú potrebné pre získanie bezpečnostného certifikátu. Safety PLC majú zvyčajne bezpečnostný certifikát SIL 2 alebo SIL 3. O všetky dodatočné redundancie a diagnostiky sa stará riadiaca jednotka

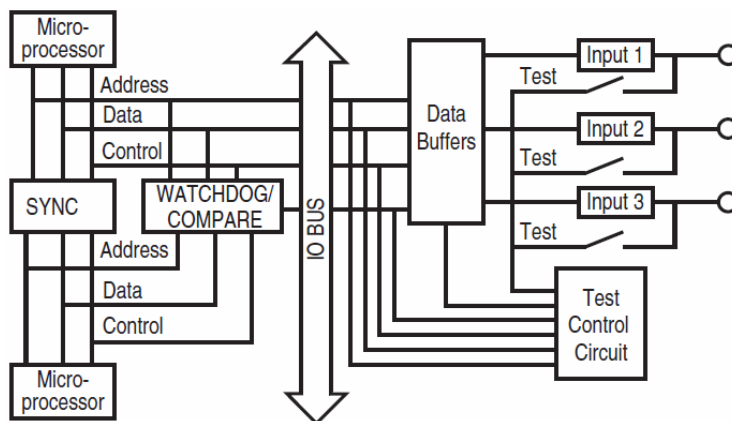
a pre programátora sú transparentné, aby programy pre safety PLC boli čo najviac podobné programom pre klasické PLC.

Vstupy klasického PLC automatu sú priamo pripojené do dátového zásobníka a spracúvané iba vtedy ak sa vyskytne zmena oproti predchádzajúcemu stavu. Tieto údaje priamo vstupujú do riadiacich algoritmov bez ďalšej kontroly. Ak niektorý zo vstupov zlyhal, riadiaci mikroprocesor o tom nemá žiadnu informáciu a pokračuje v riadení akoby tam bola stále tá istá hodnota. Zapojenie vstupov v klasickom PLC je schematicky zobrazené na Obr. 7.7.



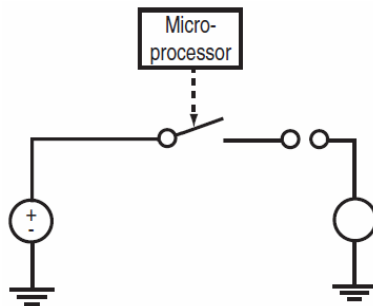
Obr. 7.7 Zapojenie vstupov klasického PLC

Vstupy safety PLC automatu sú tiež priamo pripojené do dátového zásobníka, ale zároveň sú cez spínací obvod privedené aj do testovacieho kontrolného okruhu, ktorý každý vstup kontroluje v určitých časových intervaloch, aby sa ubezpečil, že funguje správne. Tieto testovacie signály nevstupujú do riadiacich algoritmov, do riadiacich algoritmov vstupujú iba tie signály, ktoré neboli vygenerované testovacím okruhom a sú to reálne signály. Napríklad ak je stlačené tlačidlo núdzového vypnutia (napríklad raz za mesiac), tak aj napriek tomu bol tento vstup testovaný počas celého mesiaca. Ak niektorý zo vstupov zlyhal, riadiaci mikroprocesor diagnostikuje tento stav a môže sa vykonať náprava. Zapojenie vstupov v safety PLC je schematicky zobrazené na Obr. 7.8.



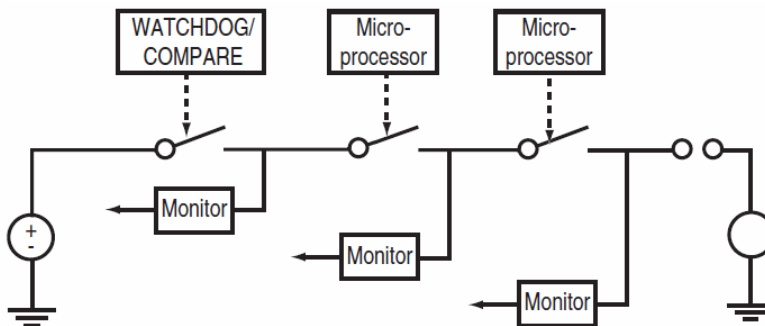
Obr. 7.8 Zapojenie vstupov safety PLC

Výstupy klasického PLC automatu sú priamo zopínané riadiacim mikroprocesorom iba vtedy ak vznikla požiadavka na zopnutie. Požiadavky na zopnutie dáva riadiaci program. Po zopnutí výstupu však nemá riadiaci mikroprocesor žiadnu informáciu o tom či sa daný výstup zopol alebo nie. Zapojenie výstupov v klasickom PLC je schematicky zobrazené na Obr. 7.9.



Obr. 7.9 Zapojenie výstupov klasického PLC

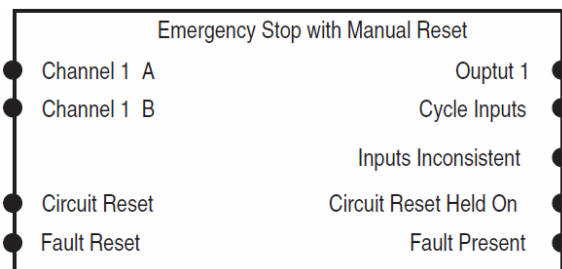
Výstupy safety PLC automatu majú v každom výstupnom obvode viacero prepínačov. Tieto obvody sú nezávisle testované v určitých časových intervaloch, aby sa overila ich správna funkčnosť. Každý prepínač je monitorovaný interným monitorovacím obvodom. Ak nastane chyba na prepínači, tak riadiaci mikroprocesor diagnostikuje tento stav a môže sa vykonať náprava. Zapojenie výstupov v safety PLC je schematicky zobrazené na Obr. 7.10.



Obr. 7.10 Zapojenie výstupov safety PLC

7.4 Programová realizácia systémov so zvýšenou spoľahlivosťou

Programy pre safety PLC sú veľmi podobné programom v klasických PLC automatoch. Ako už bolo uvedené všetka diagnostika a kontrola chýb sa vykonáva v operačnom systéme a programátor o tom ani nemusí vedieť. Väčšina safety PLC používa špeciálne funkčné bloky, pomocou ktorých sa vytvára program pre safety systémy. Ako príklad je na Obr. 7.11 uvedený funkčný blok k núdzovému zastaveniu.



Obr. 7.11 Funkčný blok pre núdzové zastavenie

Každý funkčný blok má podrobne a prehľadne popísané všetky vstupné a výstupné premenné. Konkrétne vstupy a výstupy pre tento funkčný blok sú popísané v Tab. 7.2.

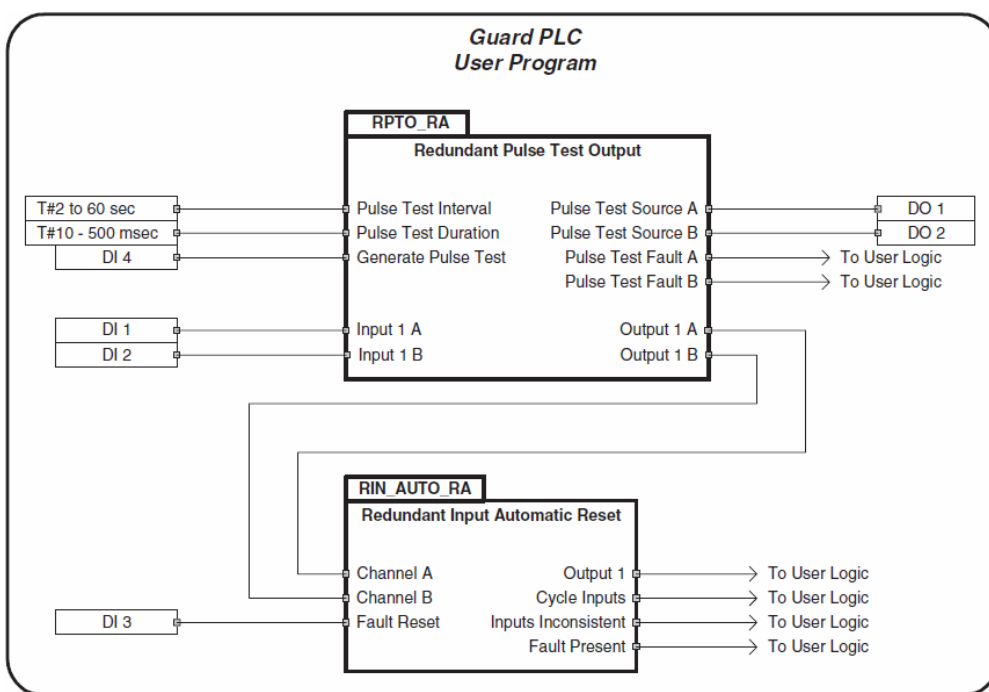
Tab. 7.2 Premenné funkčného bloku pre núdzové zastavenie

Parameter	Typ	Dátový typ	Popis
Channel 1	Vstup	Bool	Kanál 1 (Normálne zopnutý)
Channel 2	Vstup	Bool	Kanál 2 (Normálne zopnutý)
Circuit Reset	Vstup	Bool	Tento vstup slúži na manuálny reset – ak sú oba kanály v aktívnom stave (1) a obvod reset (Circuit Reset) sa zmení z 0 na 1, tak sa výstup 1 (Output 1) nastaví na 1.
Fault Reset	Vstup	Bool	Ak sa tento vstup zopne, tak sa vymažú všetky aktuálne poruchové stavy
Output 1	Výstup	Bool	Ak sú splnené vstupné podmienky, tak sa výstup nastaví do aktívneho stavu.
Cycle Inputs	Podmienny výstup	Bool	Predtým ako sa výstup „Output 1“ zopne musí byť pracovný cyklus (0,5s) ukončený a oba kanály (1 a 2) v novom cykle musia ostať rozopnuté. Tento výstup sa nastaví späť do 0 ak v nasledujúcom cykle sú oba kanály rozopnuté.
Inputs Inconsistent	Chybový výstup	Bool	Ak sú vstupy na oboch kanáloch rôzne, tak sa tento výstup zopne, kontrola prebieha každú 0,5 s.
Circuit Reset Held On	Podmienny výstup	Bool	Ak sa oba kanály prepnú do aktívneho stavu a vstup „Circuit reset“ je zopnutý, tak sa tento výstup zopne. Tento výstup sa vypne až keď sa vstup „Circuit reset“ vypne.
Fault Present	Chybový výstup	Bool	Ak je chyba vo funkčnom bloku, tak je tento výstup zopnutý. V takom prípade sa výstup „Output 1“ nikdy nezopne, takže je nutné chybu vo funkčnom bloku odstrániť. Po odstránení chýb je ešte potrebné zopnúť „Fault Reset“.

Vnútna logika každého funkčného bloku je veľmi komplexná a každý funkčný blok je certifikovaný treťou stranou v súlade s platnými normami na použitie v safety programoch. Aj napriek komplexnosti funkčných blokov ich vstupy a výstupy vyzerajú pomerne jednoducho. Úlohou programátora je pridávať tieto funkčné bloky do programu a pripájať k nim potrebné vstupy, a výstupy.

Funkčné bloky sú programované s ohľadom na metodiku programovania funkčných blokov pre safety systémy. Na vytvorenie podobnej logiky ako má tento funkčný blok by bolo potrebných približne 16 riadkov v rebríkovej schéme. Vnútna logika funkčných blokov je neprístupná a nie je možné ju meniť. Certifikované funkčné bloky sú k dispozícii pre takmer všetky bezpečnostné zariadenia.

Safety PLC si uchováva informácie o každej zmene programu. Program môže byť chránený heslom, aby sa zabránilo jeho zmenám. Na Obr. 7.12 je zobrazené, ako môže vyzeráť program s použitím funkčných blokov.



Obr. 7.12 Použitie funkčných blokov v programe

7.5 Sieťová realizácia systémov so zvýšenou spoľahlivosťou

Výrobcovia priemyselných komunikačných sietí sa tradične snažia poskytnúť:

- zlepšenie flexibility,
- zvýšenie diagnostiky,
- zväčšenie možného dosahu,
- zníženie inštalačných komponentov,
- zníženie nákladov na vybudovanie,
- ľahkú údržbu,
- celkové zlepšenie svojich produktov.

Tá istá motivácia vedie k vytváraniu priemyselných safety sietí. Safety siete umožňujú výrobcovi distribuovať bezpečnostné vstupné a výstupné zariadenia v blízkosti strojných zariadení za pomoci iba jedného sieťového kábla. To umožňuje zníženie nákladov na inštaláciu a zároveň zlepšuje diagnostiku. Pomocou distribuovanej štruktúry safety prvkov je tak možné vytvárať safety systémy vysokej zložitosti.

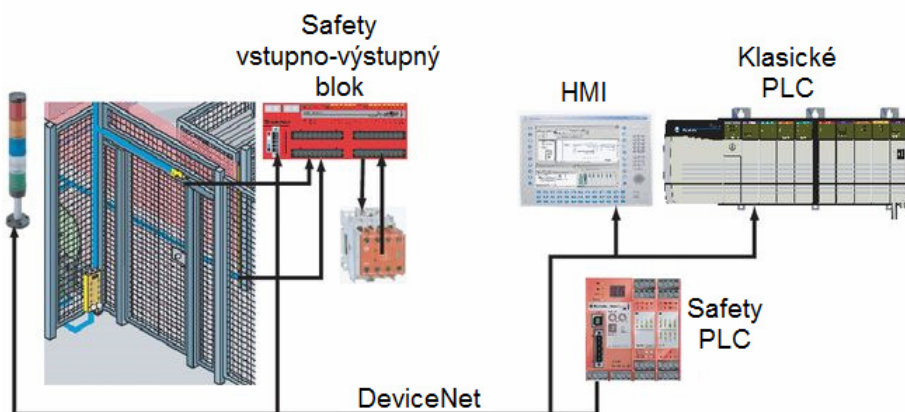
Safety siete nezabránia výskytu komunikačných chýb, ale sú schopné ich identifikovať a vykonať potrebné opatrenia na ich odstránenie.

Staršie safety siete boli viazané na typ prenosového média, takže bolo potrebné používať špeciálne prenosové káble, sieťové karty, smerovače (router) alebo prepínače (switch). Tieto siete mali tiež obmedzenie v tom, že po nich mohli komunikovať iba safety zariadenia. To znamená, že niekedy bolo potrebné použiť aj viacero komunikačných sietí.

Moderné safety siete umožňujú použitie jedného sieťového kábla na komunikáciu so štandardnými, ale i safety zariadeniami. Všetky priemyselné siete, ktoré podporujú protokol CIP (Common Industrial Protocol – spoločný priemyselný protokol), ktorý je otvorený štandardný protokol zavedený asociáciou ODVA (Open DeviceNet Vendors Association) umožňujú bezpečnú komunikáciu medzi zariadeniami. Medzi takéto siete patria DeviceNet, ControlNet a Ethernet/IP. Safety CIP protokol je rozšírením štandardného protokolu CIP a zabezpečuje, že safety zariadenia môžu komunikovať po tej istej sieti ako klasické zariadenia. Siete je možné spájať aj deliť čo umožňuje vytváranie distribuovaných riadiacich štruktúr. Údaje medzi safety prvkami na sieti (safety PLC, safety I/O moduly, safety prvky) sú po sieti prenášané ako klasické údaje. Na prenos údajov postačujú štandardné sieťové prvky (karty, smerovače, prepínače, ...), čím sa eliminuje použitie špeciálnych safety zariadení.

Na Obr. 7.13 je ilustrovaný príklad distribuovaného systému, ktorý zahŕňa klasické PLC, HMI a safety PLC, vstupno/výstupný blok, relé. Na tomto obrázku je ilustrovaný príklad, zabezpečenia brány k nebezpečnému zariadeniu. V prípade že sa otvoria dvere, safety spínač na dverách vyšle signál do safety vstupno/výstupného (I/O) bloku, ktorý ho po sieti DeviceNet pošle do safety PLC automatu. Safety PLC tento signál spracuje a vyšle príkaz na zastavenie nebezpečného zariadenia a tiež vyšle signál svetelnej signalizácii (semaforu). Štandardné PLC monitoruje údaje a vysiela pokyny pre zastavenie susedných zariadení. HMI zobrazuje aktuálny stav zariadenia ako aj stav bezpečnostných prvkov.

Rôzne časti distribuovaného systému môžu byť prepojené rôznymi sieťami, ktoré navzájom komunikujú a dokážu zabezpečiť bezpečnosť aj medzi jednotlivými úrovňami distribuovaného systému.



Obr. 7.13 DSR s klasickým aj safety PLC automatom

Zoznam použitých skratiek

- A – Ampér, základná jednotka prúdu v sústave SI, vedľajšia jednotka: mA.
- AC – Alternating Current (striedavý prúd)
- AI – Analog Input (Analogový vstup)
- AIB – Analog Input Block (Analogový vstupný blok)
- AO – Analog Output (Analogový výstup)
- AOB – Analog Output Block (Analogový výstupný blok)
- API – Application Programming Interface (Programátorské rozhranie aplikácií)
- ASCII – American Standard Code for Information Interchange (Americký štandardný kód pre výmenu informácií)
- AS-i – Actuator Sensor Interface (Rozhranie akčných členov a snímačov)
- ATC – Auto Tool Changers (Automatická výmena nástrojov)
- AWM – Analytic Workspace Manager (Manažér analýz pracovného priestoru)
- A/D – Analog/Digital
- b – bit, základná jednotka informácie, vedľajšie jednotky: B, kb, kB, Mb, MB, Gb, GB, TB
- b/s – bit za sekundu, informačná prenosová rýchlosť, vedľajšie jednotky: kb/s, kB/s, Mb/s, MB/s, Gb/s, GB/s.
- BI – Business Intelligence (Inteligencia v podnikaní)
- CAD – Computer Aided Design (Počítačmi podporované konštruovanie)
- CAE – Computer Aided Engineering (Automatizácia inžinierskych činností)
- CAM – Computer Aided Manufacturing (Počítačom podporovaná výroba)
- CAN – Controller Area Network (Sieť radiacích jednotiek)
- CAQ – Computer Aided Quality (Počítačmi podporované riadenie kvality)
- CASE – Computer Aided Software Engineering (Počítačmi podporované softvérové inžinierstvo)
- CB – Control Block (Radiaci blok)
- CFM – Configurable flow meter (konfigurovateľný merač prietoku)
- CIM – Computer Integrated Manufacturing (Integrovaná počítačom podporovaná výroba)
- CIP – Common Industrial Protocol (Spoločný priemyselný protokol),
- CNC – Computer Numerical Control (Počítačové číslicové riadenie)
- COM – Component Object Model (Zložkový objektový model)
- CPN – Color Petri Net (Farebná Petriho sieť)
- CPU – Central Processing Unit (Centrálne procesorová jednotka)
- CRM – Customer Relationship Management (Riadenie vzťahov so zákazníkmi)
- DB – Databáza
- DC – Direct Current (jednosmerný prúd)
- DCOM – Distributed Component Object Model (Distribučovaný zložkový objektový model)
- DCS – Distributed Control Systems (Distribučované systémy riadenia)
- DDE – Dynamic Data Exchange (Dynamická výmena dát)
- DDP – Diagram Dekompozície Procesov
- DF – Data Flow (Dátový tok)
- DFD – Data Flow Diagram (Diagram dátového toku)
- DI – Digital Input (Digitálny vstup)
- DM – Dátový Model
- DMA – Direct Memory Access (Priamy prístup do pamäte)
- DO – Digital Output (Digitálny výstup)

DPS	– Dosky plošných spojov
DPSK	– Differential Phase-Shift Keying (Diferenciálny fázový posun)
DRP	– Distribution Resource Planning (Distribúované plánovanie zdrojov)
DS	– Dátový súbor
DSR	– Distribuované Systémy Riadenia
D/A	– Digital/Analog
EDR	– Enhanced Data Rate (Zvýšená rýchlosť prenosu dát)
EEPROM	– Electrically Erasable Programmable ROM (Elektrický mazateľná pamäť ROM)
EIA	– Electronic Industries Association (Asociácia elektronického priemyslu) – Elektronické štandardy v Spojených Štátoch Amerických
EN	– Európska Norma
ERP	– Enterprise Resource Planning (Podnikové plánovanie zdrojov)
EZ	– Externý Zdroj alebo príjemca dát
F	– farad, jednotka elektrickej kapacity, vedľajšie jednotky: mF, μ F, nF, pF
FEI	– Fakulta Elektrotechniky a Informatiky
FHSS	– Frequency Hopping Spread Spectrum (Frekvenčné preskakovacie rozšírené spektrum)
FMP	– Flexibilný Montážny Podnik
GFSK	– Gaussian Frequency-Shift Keying (Gaussov frekvenčný posun)
GPIO	– General purpose input/output (Všeobecne použiteľné vstupy/výstupy)
GUI	– Graphical User Interface (Grafické užívateľské rozhranie)
HART	– Highway Addressable Remote Transducer (Zbernica adresovateľného diaľkového prevodníka)
HMI	– Human Machine Interface (Rozhranie medzi človekom a strojom)
HSC	– High-speed counter (Vysoko rýchlostný čítač)
Hz	– jednotka frekvencie, vedľajšie jednotky: mHz, kHz, MHz, GHz
I ² C	– Inter-Integrated Circuit (Vnútorne integrovaný obvod)
IaRS	– Informačný a Riadiaci Systém
IBM PC	– International Business Machines Corporation Personal Computer (Osobný počítač vyrobený spoločnosťou IBM – Medzinárodná spoločnosť podnikajúca v oblasti strojov)
ICSP	– In Circuit Serial Programming (Seriové programovanie v zapojení)
IEC	– International Electro-technical Commission (Medzinárodná elektrotechnická komisia)
IP	– Internet Protocol (Internetový protokol)
IS	– Informačný Systém
ISA	– Industry Standard Architecture (Štandardná priemyselná architektúra)
ISO	– International Standards Organization (Organizácia medzinárodných štandardov)
JTAG	– Joint Test Action Group (Spojená testovacia skupina činnosti)
KKUI	– Katedra Kybernetiky a Umelej Inteligencie
LAN	– Local Area Network (Lokálna sieť)
LSC	– Low Speed Counter (Nízko rýchlostný čítač)
m	– meter, základná jednotka dĺžky v sústave SI, vedľajšie jednotky: μ m, mm, km
MES	– Manufacturing Execution Systems (Výrobný informačný systém)
MESA	– Manufacturing Enterprise Solutions Association (Asociácia návrhov výrobných podnikov)
MIS	– Manažérsky Informačný Systém
MRP	– Manufacturing Resource Planning (Výrobné plánovanie zdrojov)
MT	– Materiálový Tok
ODBC	– Open Database Connectivity (Otvorené spojenie s databázou)

ODVA	– Open DeviceNet Vendors Association (Asociácia obchodníkov s otvoreným štandardom DeviceNet)
OEE	– Overall Equipment Effectiveness (Celková efektívnosť zariadení)
OLAP	– Online Analytical Processing (Analytické spracovanie údajov on-line)
OLE	– Object Linking and Embedding (Prepájanie a vkladanie objektov)
OPC	– OLE for Process Control (OLE pre riadenie procesov)
PAC	– Programmable Automation Controllers (Programovateľný automatizačný automat)
PCI	– Peripheral Component Interconnect (Pripojenie periférnych komponentov)
PCIE	– Peripheral Component Interconnect Express (Zrýchlené pripojenie periférnych komponentov)
PLC	– Programmable Logic Controller (Programovateľný logický automat)
PLM	– Product Lifecycle Management (Riadenie životného cyklu produktu)
PLS	– Programmable limit switch (Programovateľný koncový spínač)
PS	– Priemyselná Sieť
PWM	– Pulse-Width Modulation (pulzovo-široková modulácia)
RAM	– Random Access Memory (Pamäť s náhodným prístupom)
RDBS	– Relačný Databázový Systém
RGB	– Red, Green, Blue (červená, zelená, modrá) – typ kódovania farebného obrazu
RJR	– Riadiaca Jednotka Robota
ROM	– Read Only Memory (Pamäť iba na čítanie)
RTC	– Real Time Clock (Hodiny realneho času)
RTD	– Resistance Temperature Detector (odporový snímač teploty)
RTOS	– Real Time Operating System (Operačný systém reálneho času)
RTU	– Remote Terminal Units (Vzdialené koncové jednotky)
s	– Sekunda, základná jednotka času v sústave SI, vedľajšie jednotky: ns, μ s, ms
SCADA	– Supervisory Control And Data Acquisition (Supervízne riadenie a akvizícia dát)
SCL	– Synchronous Clock (signál synchronizovaných hodín)
SDA	– Synchronous Data (signál synchronizovaných dát)
SDRAM	– Synchronous Dynamic Random Access Memory (Synchronná dynamická pamäť s náhodným prístupom) pozri pouzitie
SIL	– Safety Integrity Level (úroveň integrity bezpečnosti)
SPC	– Statistical Process Control (Štatistické riadenie procesu)
SPI	– Serial Peripheral Interface (Seriová zbernica periférií)
SRM	– Supplier Relationship Management (Riadenie vzťahov s dodávateľmi)
STN	– Slovenská Technická Norma
STP	– Shielded Twisted Pair (Tienená krútená dvojlinka)
SWD	– Serial Wire Debug (Ladenie po seriovej linky)
TCP	– Transmission Control Protocol (Protokol riadenia prenosu)
TTL	– Transistor-Transistor Logic (tranzistorovo-tranzistorová logika)
TU	– Technická Univerzita
UART	– Universal Asynchronous Receiver and Transmitter (Univerzálny asynchrónny prijímač a vysielač)
USART	– Universal Synchronous/ Asynchronous Receiver and Transmitter (Univerzálny synchronný/asynchrónny prijímač a vysielač)
USB	– Universal Serial Bus (Univerzálna sériová zbernica)
UTP	– Unshielded Twisted Pair (Netienená krútená dvojlinka)
V	– Volt, jednotka elektrického napätia, vedľajšie jednotky: mV, kV
W	– Watt, jednotka výkonu, vedľajšie jednotky: mW, kW, MW, GW
WAN	– Wide Area Network (Svetová sieť)

Zoznam obrázkov

Obr. 1.1 Centralizované riadenie	8
Obr. 1.2 Decentralizovaný systém riadenia.....	9
Obr. 1.3 Distribuované riadenie	11
Obr. 1.4 Dekompozícia zložitého systému.....	12
Obr. 2.1 Štrukturálny model konceptu CIM	16
Obr. 2.2 Pyramidálny model firmy Rockwell Automation	18
Obr. 2.3 Pyramidálny model firmy Wonderware.....	21
Obr. 2.4 Pyramidálny model firmy Emerson	23
Obr. 2.5 Pyramidálny model na KKUI FEI TU	25
Obr. 3.1 Metodika tvorby DSR.....	28
Obr. 4.1 Pyramidálny model KKUI FEI TU	37
Obr. 4.2 Analógový signál v ktorom je zakódovaný digitálny signál	40
Obr. 4.3 Kábel sériovej linky RS-232	41
Obr. 4.4 Obojsmerný konvertor RS-232 / RS-422 určený na predĺženie dosahu RS-232	41
Obr. 4.5 Sieť RS-485	42
Obr. 4.6 Príklad zapojenia siete I ² C	43
Obr. 4.7 USB 2.0 konektor vľavo a USB 3.0 konektor vpravo.....	44
Obr. 4.8 Bluetooth modul HC-05, špecifikácia Bluetooth 2.0	45
Obr. 4.9 Sieť M-BUS	46
Obr. 4.10 a) AS-i kábel a b) napojenie do modulov.....	47
Obr. 4.11 Profibus káble (RS485), a) kábel na prepojenie master - slave, b) káble na priame prepojenie s akčnými členmi a snímačmi	47
Obr. 4.12 Snímače, akčné členy a riadiace jednotka v sieti CAN	48
Obr. 4.13 DeviceNet kábel.....	49
Obr. 4.14 Sieť LonWorks s protokolom LonTalk.....	50
Obr. 4.15 Kábel a konektor (MDR-26) štandardu Camera Link.....	51
Obr. 4.16 Optické kabeláže pod oceánmi	51
Obr. 4.17 Vrstvy priemyselnej siete Ethernet	52
Obr. 4.18 Indukčný snímač Omron E2A.....	56
Obr. 4.19 Optické snímače Omron E3Z.....	56
Obr. 4.20 Solid state auto snímač SMC D-M9.....	57
Obr. 4.21 RGB snímač KEYENCE	57
Obr. 4.22 Priemyselná čierno-biela kamera GUPPY F-503B	57
Obr. 4.23 Tlakový spínač SMC ZSE1.....	58
Obr. 4.24 Lineárny potenciometer GEFRAN	58
Obr. 4.25 AC motor	59
Obr. 4.26 Motor s frekvenčným meničom	59
Obr. 4.27 DC motor	60
Obr. 4.28 Krokový motor.....	60

Obr. 4.29 Krokový motor so servo-pohonom ILx2D.....	61
Obr. 4.30 Priemyselný robot Mitsubishi RV-2SDB.....	61
Obr. 4.31 Úchopná hlavica SMC LEHZ.....	62
Obr. 4.32 Rotačný polohovací stôl WEISS.....	62
Obr. 4.33 Pneumatický valec SMC CD85.....	62
Obr. 4.34 Rotačno-výsuvný pneumatický manipulátor SMC MRQ.....	63
Obr. 4.35 Úchopná hlavica SMC MHL2.....	63
Obr. 4.36 Hydraulický valec SMC CHM.....	64
Obr. 4.37 PLC automat rady CompactLogix od firmy Rockwell Automation.....	66
Obr. 4.38 Šasi pre PLC rady ControlLogix.....	67
Obr. 4.39 Zdroj pre PLC a) rady CompactLogix, b) ControlLogix.....	68
Obr. 4.40 Procesor pre PLC a) rady CompactLogix, b) ControlLogix.....	69
Obr. 4.41 Komunikačné karty pre PLC rady ControlLogix, a)DH+ , b)DeviceNet, c)Ethernet.....	70
Obr. 4.42 Špeciálne karty pre PLC rady CompactLogix, a)HSC , b)SM-1, c)BOOLEAN ...	71
Obr. 4.43 Pracovné prostredie RSLogix 500.....	73
Obr. 4.44 Pracovné prostredie RSLogix 5000.....	75
Obr. 4.45 Jeden z mnohých príkladov priemyselného počítača.....	76
Obr. 4.46 Priemyselný počítač UNO-1140 od firmy Advantech.....	77
Obr. 4.47 Priemyselný počítač UNO-4683 od firmy Advantech.....	77
Obr. 4.48 Časti priemyselného počítača: matičná doska, pamäťový modul (pevný disk), RAM, zdroj, zvuková a grafická karta.....	78
Obr. 4.49 Šasi priemyselného počítača ACP-1010 určeného do rack-u o veľkosti 1U.....	79
Obr. 4.50 Šasi priemyselného počítača IPC-7120 pre matičné dosky ATX.....	79
Obr. 4.51 Modul pre bezdrôtové rozhranie, konkrétne modul mobilnej siete EWM- C109F601E.....	80
Obr. 4.52 Modul pre dotykové rozhrania technológie povrchovej akustickej vlny, typ ETM- SAW01C.....	80
Obr. 4.53 Sieťová karta CAN, typ EMCB-200U určenej do konektora PCIe.....	81
Obr. 4.54 Rozbočovacie a rozširujúce karty.....	81
Obr. 4.55 Karta určená pre získavanie dát a riadenie (laboratórna karta) PCL-730 s konektorom ISA.....	82
Obr. 4.56 Karta určená pre získavanie dát a riadenie (laboratórna karta) PCIE-1810 s konektorom PCIe.....	82
Obr. 4.57 Obslužná aplikácia DAQNav, testovanie laboratórnej karty PCI-1730.....	84
Obr. 4.58 Vývojové prostredie Microsoft Visual Studio s programom pre laboratórnu kartu PCL-818.....	85
Obr. 4.59 Vývojová doska Arduino Mega 2560.....	86
Obr. 4.60 Rôzne typy programátorov jednočipových mikropočítačov.....	88
Obr. 4.61 Laboratórny model guľôčky na ploche.....	89
Obr. 4.62 RJR od firmy Mitsubishi Electric.....	90

Obr. 4.63 RJR ako koordinátor priemyselných robotov.....	90
Obr. 4.64 RJR KR C4 od firmy KUKA (vľavo klasická verzia a vpravo kompaktná).....	91
Obr. 4.65 Ovládacia a zaučovacia jednotka určená pre RJR firmy Mitsubishi Electric.....	92
Obr. 4.66 Sieťová karta rozhrania Ethernet/IP pre RJR firmy Mitsubishi Electric.....	93
Obr. 4.67 Kompaktný prístup (séria FD) k riadeniu priemyselných robotov.....	93
Obr. 4.68 Modulárny prístup (séria FQ) k riadeniu priemyselných robotov.....	94
Obr. 4.69 Melfa Works	95
Obr. 4.70 Nástroj 3D Monitor vo vývojovom prostredí RT-ToolBox2	97
Obr. 4.71 Parametre priemyselného robota a RJR	98
Obr. 4.72 Vývojové prostredie RT-ToolBox2	99
Obr. 4.73 Lokálna vizualizácia	101
Obr. 4.74 Sieťová vizualizácia.....	102
Obr. 4.75 Strojová vizualizácia.....	103
Obr. 4.76 PanelView Plus 600 od firmy Rockwell Automation	104
Obr. 4.77 FactoryTalk View SE aplikácia	106
Obr. 4.78 Model výrobného systému v Petriho sieti.....	108
Obr. 4.79 Riadenie hybridného systému s využitím jeho matematického modelu.....	109
Obr. 4.80 Činnosti na úrovni riadenia základnej bunky.....	110
Obr. 4.81 Činnosti na úrovni centrálného riadenia	114
Obr. 5.1 Označenie funkčného miesta	122
Obr. 5.2 Väzby medzi pracovníkmi	122
Obr. 5.3 Symbol procesu v diagrame MT.....	123
Obr. 5.4 Symbol skladu v diagrame MT.....	123
Obr. 5.5 Symbol toku materiálu v diagrame MT	123
Obr. 5.6 MT v prevádzke	124
Obr. 5.7 Blok hlavného procesu v DDP.....	125
Obr. 5.8 Blok elementárneho procesu v DDP.....	125
Obr. 5.9 Riadiaci tok v DDP	125
Obr. 5.10 Pokračovací symbol v DDP	125
Obr. 5.11 Ukončovací symbol v DDP.....	125
Obr. 5.12 Blok externého zdroja alebo príjemcu dát v DFD.....	126
Obr. 5.13 Bloky procesu v DFD	126
Obr. 5.14 Blok dátového súboru v DFD	127
Obr. 5.15 Blok dátového súboru v DFD	127
Obr. 5.16 Tabuľka namodelovaná v nástroji SQL Developer Data Modeler.....	128
Obr. 5.17 Symbol obrazovky v diagrame navigácie	129
Obr. 5.18 Symbol riadiaceho toku v diagrame navigácie	129
Obr. 5.19 Pokračovací symbol v diagrame navigácie.....	129
Obr. 5.20 Vyrobené produkty v baleniach pre rôzne značky	130
Obr. 5.21 Organizačná štruktúra spoločnosti	131
Obr. 5.22 Materiálový tok spoločnosti.....	135

Obr. 5.23 Diagram dekompozície procesov spoločnosti.....	136
Obr. 5.24 DFD IaRS podniku	137
Obr. 5.25 DFD ekonomického oddelenia.....	138
Obr. 5.26 DFD výroby	138
Obr. 5.27 DFD skladov	139
Obr. 5.28 Dátový model spoločnosti.....	140
Obr. 5.29 Diagram navigácie	142
Obr. 5.30 Obrazovka Prihlásenie do IaRS	143
Obr. 5.31 Obrazovka Nastavenie pripojenia	145
Obr. 5.32 Obrazovka Nepodarilo sa prihlásiť	146
Obr. 5.33 Obrazovka Vytvorenie objednávky.....	147
Obr. 5.34 Obrazovka Posielanie objednávky zrušené	149
Obr. 5.35 Obrazovka Pridávanie objednávky	150
Obr. 5.36 Obrazovka Stav objednávok	150
Obr. 5.37 Obrazovka Nastavenie filtra.....	152
Obr. 5.38 Obrazovka Objednávka surovín pre výrobu.....	152
Obr. 5.39 Obrazovka Kontrola požiadaviek surovín.....	156
Obr. 5.40 Obrazovka Posielanie objednávky zrušené	157
Obr. 5.41 Obrazovka Stav výroby.....	158
Obr. 5.42 Obrazovka Posielanie stavu zrušené	160
Obr. 5.43 Obrazovka Posielanie do výroby	160
Obr. 5.44 Obrazovka Stav skladu	161
Obr. 5.45 Obrazovka Suroviny	163
Obr. 5.46 Obrazovka Posielanie surovín zrušené.....	165
Obr. 5.47 Obrazovka Posielanie do výroby	166
Obr. 5.48 Obrazovka Posielanie do skladu	167
Obr. 5.49 Obrazovka Expedícia	168
Obr. 5.50 Obrazovka Expedícia objednávok	169
Obr. 5.51 Obrazovka Chyba pri expedícii.....	170
Obr. 5.52 Obrazovka Správa používateľov	171
Obr. 5.53 Obrazovka Pridávanie používateľa	172
Obr. 5.54 Obrazovka Editovanie používateľa.....	173
Obr. 5.55 Obrazovka Odstránenie používateľa	174
Obr. 5.56 Obrazovka O systéme	174
Obr. 6.1 Flexibilný montážny podnik	175
Obr. 6.2 Indukčný snímač na 4. poste	176
Obr. 6.3 Priemyselná kamera Guppy F-503B nad 1. postom.....	177
Obr. 6.4 Optický snímač na 1. poste	177
Obr. 6.5 Magnetické snímače na rotačno-výsuvnom pneumatickom manipulátore.....	178
Obr. 6.6 Optický snímač KEYENCE CZ-H72.....	178

Obr. 6.7 Vyhodnocovacia jednotka KEYENCE CZ-V20 optické snímača KEYENCE CZ-H72.....	178
Obr. 6.8 Dva tlakové snímače na 4. poste	179
Obr. 6.9 Lineárny potenciometer GEFTRAN na 4. poste	179
Obr. 6.10 Frekvenčný menič.....	180
Obr. 6.11 AC motor na pohon prvého dopravníkového pásu.....	180
Obr. 6.12 Pneumatický valec určený k vysúvaní klobúčikov zo zásobníka.....	181
Obr. 6.13 Lineárny pohon na prepravu ložísk.....	181
Obr. 6.14 Dva rotačno-výsuvné pneumatické manipulátory nachádzajúce sa na 4. poste ...	182
Obr. 6.15 Rotačný polohovací stôl Weiss, použitý v rámci FMP	182
Obr. 6.16 Tlakový spínač	183
Obr. 6.17 Pneumatická úchopná hlavica	183
Obr. 6.18 Servo-pohony výstupného skladu	183
Obr. 6.19 Priemyselný robot Mitsubishi RV-2SDB, použitý v rámci FMP	184
Obr. 6.20 PLC automat CompactLogix 1769-L32E	184
Obr. 6.21 Riadiaca jednotka CR1DA.....	185
Obr. 6.22 Aplikácia rozpoznávania obrazu pre detekciu polohy podstavy	185
Obr. 6.23 Vstupno-výstupné moduly (ostrovčeky) siete AS-i	186
Obr. 6.24 Namodelovaná Petriho sieť.....	187
Obr. 6.25 Náhl'ad na obrazovku lokálnej vizualizácie	188
Obr. 6.26 Operátorské rozhranie PanelView 600.....	188
Obr. 6.27 Vizualizácia 4. postu.....	189
Obr. 6.28 Informačný systém.....	190
Obr. 6.29 Výstup MIS: Počet objednávok v čase.....	190
Obr. 7.1 Architektúra systému RS-3	194
Obr. 7.2 Riadiaca zostava RS-3	195
Obr. 7.3 Typická spojitá slučka.....	196
Obr. 7.4 Typická diskretná slučka.....	197
Obr. 7.5 Architektúra klasického PLC	198
Obr. 7.6 Architektúra safety PLC.....	198
Obr. 7.7 Zapojenie vstupov klasického PLC.....	199
Obr. 7.8 Zapojenie vstupov safety PLC	199
Obr. 7.9 Zapojenie výstupov klasického PLC.....	200
Obr. 7.10 Zapojenie výstupov safety PLC	200
Obr. 7.11 Funkčný blok pre núdzové zastavenie	201
Obr. 7.12 Použitie funkčných blokov v programe	202
Obr. 7.13 DSR s klasickým aj safety PLC automatom	203

Zoznam tabuliek

Tab. 1.1 Označenie signálov	8
Tab. 4.1 Základné parametre protokolu HART	40
Tab. 4.2 Základné parametre rozhrania RS-232.....	40
Tab. 4.3 Základné parametre štandardu RS-422	41
Tab. 4.4 Základné parametre rozhrania RS-485.....	42
Tab. 4.5 Základné parametre rozhrania I ² C	43
Tab. 4.6 Základné parametre rozhrania USB	44
Tab. 4.7 Základné parametre rozhrania Bluetooth	45
Tab. 4.8 Základné parametre siete M-BUS	46
Tab. 4.9 Základné parametre siete AS-i.....	46
Tab. 4.10 Základné parametre siete Profibus	47
Tab. 4.11 Základné parametre siete CAN	48
Tab. 4.12 Základné parametre siete DeviceNet	49
Tab. 4.13 Základné parametre siete LonWorks	49
Tab. 4.14 Základné parametre štandardu Camera Link	50
Tab. 4.15 Základné parametre siete Ethernet.....	52
Tab. 4.16 Parametre procesorov rady CompactLogix.....	68
Tab. 4.17 Parametre procesorov rady ControlLogix.....	69
Tab. 4.18 Vybrané parametre komunikačných kariet	70
Tab. 4.19 Dátový súbor v RSLogix 500.....	72
Tab. 4.20 Základné dátové typy RSLogix 5000.....	74
Tab. 5.1 Objekty obrazovky S1.....	144
Tab. 5.2 Spracovanie udalosti obrazovky S1	144
Tab. 5.3 Objekty obrazovky S1.1.....	146
Tab. 5.4 Spracovanie udalosti obrazovky S1.1	146
Tab. 5.5 Objekty obrazovky S1.2.....	147
Tab. 5.6 Spracovanie udalosti obrazovky S1.2	147
Tab. 5.7 Objekty obrazovky S1.3.....	148
Tab. 5.8 Spracovanie udalosti obrazovky S1.3	149
Tab. 5.9 Objekty obrazovky S1.3.1.....	149
Tab. 5.10 Spracovanie udalosti obrazovky S1.3.1	149
Tab. 5.11 Objekty obrazovky S1.3.2.....	150
Tab. 5.12 Spracovanie udalosti obrazovky S1.3.2	150
Tab. 5.13 Objekty obrazovky S1.4.....	151
Tab. 5.14 Spracovanie udalosti obrazovky S1.4	151
Tab. 5.15 Objekty obrazovky S1.4.1.....	152
Tab. 5.16 Spracovanie udalosti obrazovky S1.4.1	152
Tab. 5.17 Objekty obrazovky S1.5.....	153
Tab. 5.18 Spracovanie udalosti obrazovky S1.5	155

Tab. 5.19 Objekty obrazovky S1.5.1.....	156
Tab. 5.20 Spracovanie udalosti obrazovky S1.5.1	157
Tab. 5.21 Objekty obrazovky S1.5.1.1.....	157
Tab. 5.22 Spracovanie udalosti obrazovky S1.5.1.1	157
Tab. 5.23 Objekty obrazovky S1.5.2.....	158
Tab. 5.24 Spracovanie udalosti obrazovky S1.5.2	159
Tab. 5.25 Objekty obrazovky S1.5.2.1.....	160
Tab. 5.26 Spracovanie udalosti obrazovky S1.5.2.1	160
Tab. 5.27 Objekty obrazovky S1.5.2.2.....	161
Tab. 5.28 Spracovanie udalosti obrazovky S1.5.2.2	161
Tab. 5.29 Objekty obrazovky S1.6.....	162
Tab. 5.30 Spracovanie udalosti obrazovky S1.6	162
Tab. 5.31 Objekty obrazovky S1.6.1.....	163
Tab. 5.32 Spracovanie udalosti obrazovky S1.6.1	165
Tab. 5.33 Objekty obrazovky S1.6.1.1.....	166
Tab. 5.34 Spracovanie udalosti obrazovky S1.6.1.1	166
Tab. 5.35 Objekty obrazovky S1.6.1.2.....	166
Tab. 5.36 Spracovanie udalosti obrazovky S1.6.1.2	166
Tab. 5.37 Objekty obrazovky S1.6.1.3.....	167
Tab. 5.38 Spracovanie udalosti obrazovky S1.6.1.3	167
Tab. 5.39 Objekty obrazovky S1.6.2.....	168
Tab. 5.40 Spracovanie udalosti obrazovky S1.6.2	169
Tab. 5.41 Objekty obrazovky S1.6.2.1.....	170
Tab. 5.42 Spracovanie udalosti obrazovky S1.6.2.1	170
Tab. 5.43 Objekty obrazovky S1.6.2.2.....	170
Tab. 5.44 Spracovanie udalosti obrazovky S1.6.2.2	170
Tab. 5.45 Objekty obrazovky S1.7.....	171
Tab. 5.46 Spracovanie udalosti obrazovky S1.7	172
Tab. 5.47 Objekty obrazovky S1.7.1.....	173
Tab. 5.48 Spracovanie udalosti obrazovky S1.7.1	173
Tab. 5.49 Objekty obrazovky S1.7.2.....	173
Tab. 5.50 Spracovanie udalosti obrazovky S1.7.2	173
Tab. 5.51 Objekty obrazovky S1.7.3.....	174
Tab. 5.52 Spracovanie udalosti obrazovky S1.7.3	174
Tab. 5.53 Objekty obrazovky S1.8.....	174
Tab. 5.54 Spracovanie udalosti obrazovky S1.8	174
Tab. 7.1 Pravdepodobnosť poruchy safety zariadenia	193
Tab. 7.2 Premenné funkčného bloku pre núdzové zastavenie.....	201

Zoznam použitej literatúry

- [1] BALOGH, R. - BÉLAI, I. - DORNER, J. - Drahoš, P. 2001. Priemyselné komunikácie. Bratislava: Vydavateľstvo STU, 2001. 166 s. ISBN 80-227-1600-6
- [2] FEDOR, P. – PERDUKOVÁ, D. 2001. Programovateľné automaty v elektrických pohonoch. Košice: Mercury – Smékal, 2001. 86 s. ISBN 80-968550-0-X
- [3] HAVLICE, Z. 1999. Modelovanie a prototypovanie pri projektovaní informačných systémov. Košice: Academic Press Elfa, s.r.o., 1999. 85 s. ISBN 80-88786-95-9
- [4] JADLOVSKÁ, A. – JADLOVSKÁ, S. 2013 Moderné metódy modelovania a riadenia nelineárnych systémov, FEI, TU Košice, elfa Ltd., Košice 2013, 279 s. ISBN 978-80-8086-228
- [5] JADLOVSKÝ, J. 1994. Distribuované systémy riadenia s heterogénnou štruktúrou. Habilitačná práca. Košice: Technická univerzita, 1994.
- [6] KOVÁČ, F. 1998. Distribuované riadiace systémy: 1.vydanie. Bratislava: Vydavateľstvo STU, 1998. 211 s. ISBN 80-227-1082-2
- [7] KOZIOREK, J. a kol. 2011. Dibuované systémy řízení: 1. vydanie. Ostrava, 2011. 264 s. ISBN 978-80-248-2599-1
- [8] LACKO, L. 2003. Databáze: datové sklady, OLAP a dolování dat s příklady v Microsoft SQL Serveru a Oracle. Brno: Computer Press, 2003. 488 s. ISBN 80-7226-969-0
- [9] MADARÁSZ, L. – BUČKO, M. – ANDOGA, R. 2006. Integrované aspekty tvorby a prevádzky systémov CIM : 2.vydanie. Košice: Elfa, s.r.o., 2006. 380 s. ISBN 80-86-043-2
- [10] PINKER, J. 2004. Mikroprocesory a mikropočítače. 1. vyd. Praha: BEN, 2004. 160 s. ISBN 80-7300-110-1
- [11] SKALICKÝ, P. 2000. Mikroprocesory řady 8051. Praha: BEN, 2000. 164 s. ISBN 80-86056-39-2
- [12] UNIKA. 1999. Sadzobník pre navrhovanie ponukových cien projektových prác a inžinierských činností: 1. vydanie. Bratislava: R UNIKA, 1999. 141 s. ISBN 80-88966-00-0
- [13] WHITE, R. 2002. Jak fungují počítače. Praha: SoftPress s.r.o., 2002. 404 s. ISBN 80-86497-48-8
- [14] ČERKALA, J. - JADLOVSKÁ, A. 2012. Aplikáčné využitie Matlab-DDE komunikácie s multiprogramovým prístupom a vykresľovaním v reálnom čase pre identifikáciu a riadenie laboratórneho modelu. In: 20th Annual Conference Proceedings of the International Scientific Conference – Technical Computing Bratislava 2012, Hotel Sorea Regia, Bratislava, 7. November 2012, www.posterus.sk/tcb2012, CD-ROM, 8 s., ISBN 978-80-970519-4-5,
- [15] ČOPÍK, M. – JADLOVSKÝ, J. 2012. Utilization of Petri Nets for the Analysis of Production Systems. In: Procedia Engineering : MMaMS 2012: Modelling of Mechanical and Mechatronics Systems 2012. Košice: Technická univerzita, 2012. s. 254–263. ISSN 1877-7058
- [16] ČOPÍK, M. – LACIŇÁK, S. – JADLOVSKÝ, J. 2010. Návrh a realizácia informačného systému pre pružný výrobný. In Electrical Engineering and Informatics: Proceeding of the Faculty of Electrical Engineering and Informatics of the Technical University of Košice [CD-ROM]. Košice : Technická univerzita, 2010 s. 556-560. ISBN 978-80-553-0460-1.
- [17] ČOPÍK, M. – LACIŇÁK, S. – JADLOVSKÝ, J. 2010. Návrh a realizácia riadenia pružnej výrobnéj linky. In Electrical Engineering and Informatics: Proceeding of the Faculty of Electrical Engineering and Informatics of the Technical University of

- Košice [CD-ROM]. Košice : Technická univerzita, 2010. s. 561-564. ISBN 978-80-553-0460-1.
- [18] JADLOVSKÝ, J a kol. 2010. Proposal for distributed control system of Flexible Production Line. In: Journal of Cybernetics and Informatics. 2010 S. 1-7. ISSN 1336 – 4774
- [19] JADLOVSKÝ, J a kol. 2010. Proposal for distributed control system of Flexible Production Line. In: Journal of Cybernetics and Informatics. 2010 S. 1-7. ISSN 1336 – 4774
- [20] JADLOVSKÝ, J a kol. 2011. Technological level of flexible manufacturing system control. In: Acta Electrotechnica et Informatica. Košice, 2011. s. 20-24. ISSN 1338-3957
- [21] JADLOVSKÝ, J a kol. 2011. Technological level of flexible manufacturing system control. In: Acta Electrotechnica et Informatica. Košice, 2011. s. 20-24. ISSN 1338-3957
- [22] JAJČIŠIN, Š. - JADLOVSKÁ, A. 2011. Riadenie laboratórneho modelu hydraulického systému, ElectroScope, on-line časopis pre elektrotechniku a elektroniku, Číslo 3., Ročník 2011, FEL – ZČU Plzeň 2011, pp. 1-13, Czech Republic, ISSN 1802-4564, <http://electroscope.zcu.cz>
- [23] JAJČIŠIN, Š. - JADLOVSKÁ, A. 2013. Návrh algoritmov prediktívneho riadenia s využitím nelineárnych modelov fyzikálnych systémov, FEI TU Košice. Elfa Ltd., Košice. 2013, 179 s. ISBN 978-80-8086-229-9
- [24] PAPCUN, P. – ČOPIK, M. – ILKOVIČ, J. 2012. Riadenie robota integrovaného v pružnom výrobnom systéme. In: ElectroScope. 2012. s 1-9. ISSN 1802-4564
- [25] PAPCUN, P. – ČOPIK, M. – JADLOVSKÝ, J. 2013. Distributed control of production system. In Poster 2013: 17th International Student Conference on Electrical Engineering. Praha: Czech Technical University in Prague, 2013. 5 s. ISBN 978-80-01-05242-6
- [26] PAPCUN, P. – JADLOVSKÝ, J. 2012. Optimizing Industry Robot for Maximum Speed with High Accuracy. In: Procedia Engineering : MMaMS 2012 : Modelling of Mechanical and Mechatronics Systems 2012. Košice: Technická univerzita, 2012. s. 533-542. ISSN 1877-7058
- [27] Advantech. 2012. PCIE-1730. Tajvan, 2012. 19 s.
- [28] Advantech. 2012. UNO-4673A/4683 Series. Tajvan, 2012. 43 s.
- [29] Mitsubishi Electric. 2010. Instruction manual CRnQ/CRnD Controller. Ratingen, Nemecko, 2010. 500s.
- [30] Mitsubishi Electric. 2012. MELFA industrial robot catalog. Tokyo., 2012. 34 s.
- [31] Philips Semiconductors. 1994. 80C51-Based 8-Bit Microcontrollers. U.S.A., 1994. 1408 s.
- [32] Rockwell Automation. 2007. GuardPLC Certified Function Blocks – Basic Suite. U.S.A., 2007. 110 s.
- [33] Rockwell Automation. 2010. RSLogix 500: Getting results guide. U.S.A., 2010. 108 s.
- [34] Rockwell Automation. 2010. Safety Products. U.S.A., 2010. 852 s.
Rockwell Automation. 2012. ControlLogix system. U.S.A., 2012. 40 s.

doc. Ing. Ján Jadlovský, CSc., Ing. Matej Čopík, Ing. Peter Papcun

Distribúované systémy riadenia

Vydala elfa s.r.o., Letná 9, 042 00 Košice

1. vydanie

Rok vydania 2013

Náklad 50 výtlačkov

Počet strán 216

ISBN 978-80-8086-227-5