

Elektronická podpora seminářů předmětu Automatizace

Electronic Support to the Subject: Automation

Fojtík Pavel

Bakalářská práce
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavel FOJTÍK**
Osobní číslo: **A07246**
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**

Téma práce: **Elektronická podpora seminářů předmětu
Automatizace**

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s osnovami předmětu Automatizace a nastudujte témata zde probíraná.
2. Z dostupných materiálů přehledně zpracujte prezentaci v prostředí MS PowerPoint, která bude sloužit jako podpora výkladu v seminářích předmětu Automatizace. K vybraným kapitolám navrhnete a řešte vzorové příklady.
3. Nastudujte a stručně popište jazyk HTML.
4. Vytvořte webové stránky, jejichž obsah bude korespondovat s vytvořenou prezentací a tyto publikujte na internetu.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **Automa** : Časopis pro automatizační techniku. 1995, roč. 1, č. 1. Praha : FCC Public s. r. o.. 12x ročně. Dostupný z WWW <http://www.automa.cz>. ISSN 1210-9592.
2. **Automatizace**. 1995, roč. 1, č. 1. Automatizace s.r.o.. 1x měsíčně. Dostupný z WWW <http://www.automatizace.cz>. ISSN 0005-125X.
3. **BALÁTĚ, Jaroslav**. Automatické řízení. 1. vyd. Praha : BEN - technická literatura, 2004. 664 s.
4. **OGATA, Katsuhiko**. Modern Control Engineering. 5th edition, 2010. New Jersey: Prentice Hall. 894 s. ISBN 978-0-13-615673-4.
5. **PROKOP, Roman, MATUŠŮ, Radek, PROKOPOVÁ, Zdenka**. Teorie automatického řízení – lineární spojité dynamické systémy. Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006. 102 s. První vydání. ISBN 80-7318-369-2.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Libor Pekař

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání bakalářské práce:

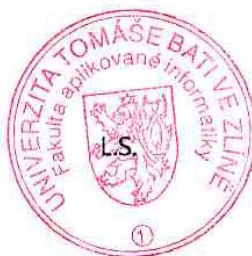
5. března 2010

Termín odevzdání bakalářské práce:

1. června 2010

Ve Zlíně dne 5. března 2010

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



doc. Ing. Ivan Zelinka, Ph.D.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Předložená bakalářská práce se zabývá problematikou předmětu Automatizace. Cílem této bakalářské práce je vypracování elektronických podkladů do cvičení předmětu Automatizace, který se vyučuje na Fakultě aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Výstupem práce jsou WWW stránky a elektronická prezentace. Práce obsahuje základní teoretické pojmy z oblasti Automatizace doplněné o názorné příklady. Může zároveň sloužit studentům uvedeného předmětu jako studijní materiál.

Klíčová slova: Automatizace, systém, regulační obvod, logické řízení, HTML

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with issues of the subject Automation. The aim of this thesis is working out the electronic documents for the exercises the subject Automation, which is taught at the Faculty of Applied Informatics Tomas Bata University in Zlín. The outputs of this bachelor thesis are web pages and electronic presentation. Thesis includes basic theoretical concepts of automation, accompanied by illustrative examples. It may also serve as a study material for students of mentioned subject.

Keywords: Automation, system, control system, logic control, HTML

Úvodem této bakalářské práce chci poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Liboru Pekařovi, který mi poskytl potřebné informace k dané problematice, cenné rady, připomínky a náměty, čímž mi pomohl ke zpracování zadaného tématu.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 ZÁKLADNÍ POJMY	12
1.1 AUTOMATIZACE	12
1.2 ABSTRAKCE SYSTÉMU	12
1.2.1 Zpětná vazba	12
1.2.2 Regulační obvod.....	12
1.3 HW A SW PROSTŘEDKY KOMUNIKACE.....	13
1.3.1 Signálová periferní úroveň.....	13
1.3.2 Datová úroveň podsystémů	13
1.3.3 Lokální datová úroveň.....	14
1.3.4 Globální úroveň.....	15
1.4 SPOJITÝ X DISKRÉTNÍ REGULAČNÍ OBVOD	15
1.4.1 Tvarování a vzorkování.....	15
1.4.2 Pulsně šířková modulace (PWM).....	16
1.5 MODELOVÁNÍ DYNAMICKÝCH SYSTÉMŮ	16
1.5.1 Statická charakteristika	16
2 ZÁKLADY LOGICKÉHO ŘÍZENÍ	17
2.1 VYJÁDŘENÍ LOGICKÝCH FUNKCÍ.....	17
2.1.1 Kombinační obvody	18
2.1.2 Sekvenční klopné obvody	19
2.1.2.1 Klopný obvod R-S	19
2.1.2.2 Klopný obvod D (delay – zpoždění).....	19
2.1.2.3 Klopný obvod T (trigger - překlápěč – invertor).....	20
2.2 BOOLEOVA ALGEBRA	20
2.3 KARNAUGHOVA MAPA	21
2.3.1 Minimalizace logické funkce z Karnaughovy mapy.....	21
3 ANALÝZA SPOJITÝCH LINEÁRNÍCH DYNAMICKÝCH SYSTÉMŮ	22
3.1 ROZKLAD NA PARCIÁLNÍ ZLOMKY, HEAVISIDŮV ROZVOJ	22
3.2 PŘÍMÁ A ZPĚTNÁ LAPLACEOVA TRANSFORMACE.....	23
3.2.1 Hlavní věty transformace	24
3.3 OBRAZOVÝ PŘENOS.....	27
3.4 NULY, PÓLY A ŘÁD PŘENOSU, ČASOVÉ KONSTANTY	27
3.5 BLOKOVÁ ALGEBRA	28
3.5.1 Schéma jednoduchého spojitého regulačního obvodu	29
3.5.2 Základní přenosy v regulačním obvodu.....	29

3.6	PŘECHODOVÁ A IMPULSNÍ FUNKCE.....	30
3.7	FREKVENČNÍ PŘENOS A FREKVENČNÍ CHARAKTERISTIKA	31
3.8	STABILITA LINEÁRNÍCH SPOJITÝCH DYNAMICKÝCH SYSTÉMŮ	32
3.8.1	Charakteristická rovnice:	32
3.8.2	Kritéria stability	33
3.8.2.1	Hurwitzovo kritérium	33
3.8.2.2	Routh-Schurovo kritérium	34
3.8.2.3	Michajlov-Leonhardovo kritérium	34
3.8.2.4	Nyquistovo kritérium.....	35
4	DISKRÉTNÍ SYSTÉMY	36
4.1	REKURZIVNÍ ŘEŠENÍ LINEÁRNÍCH DIFERENČNÍCH ROVNIC	36
II	PRAKTICKÁ ČÁST	37
5	TVORBA WEBOVÝCH STRÁNEK	38
5.1	ZÁKLADY HTML	38
5.1.1	Historie.....	38
5.1.2	Základní příkazy HTML	38
5.1.2.1	Tabulky	40
5.1.2.2	Rámy	41
5.2	TVORBA WWW STRÁNEK AUTOMATIZACE	41
5.2.1	Soubor Index.php	42
5.2.2	Adresář config.....	43
5.2.3	Adresář data	43
5.2.4	Adresář design.....	44
5.2.5	Adresář include	44
6	PŘÍKLADY K TEORETICKÉ ČÁSTI	47
6.1	PŘÍKLADY MATEMATICKÝCH MODELŮ	47
6.2	PŘÍKLADY LOGICKÝCH FUNKCÍ	49
6.3	PŘÍKLADY ROZKLADU PARCIÁLNÍCH ZLOMKŮ	54
6.4	PŘÍKLADY LAPLACEOVY TRANSFORMACE.....	57
6.5	PŘÍKLADY NA OBRAZOVÝ PŘENOS	58
6.6	PŘÍKLAD NA VYJÁDRĚNÍ NUL, PÓLŮ A ČASOVÝCH KONSTANT	58
6.7	PŘÍKLADY BLOKOVÉ ALGEBRY	59
6.8	PŘÍKLADY VÝPOČTU IMPULSNÍ A PŘECHODOVÉ FUNKCE	60
6.9	PŘÍKLADY VÝPOČTU FREKVENČNÍHO PŘENOSU A FREKVENČNÍ CHARAKTERISTIKY	60
6.10	PŘÍKLADY CHARAKTERISTICKÉ ROVNICE	62
6.11	PŘÍKLADY VÝPOČTU STABILITY SYSTÉMU	62
6.12	PŘÍKLAD VÝPOČTU DISKRÉTNÍHO SYSTÉMU:	64
	ZÁVĚR.....	66
	ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....	67

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	68
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	69
SEZNAM OBRÁZKŮ	70
SEZNAM TABULEK.....	72
SEZNAM PŘÍLOH.....	73

ÚVOD

Předložená bakalářská práce se zabývá nastudováním předmětu Automatizace s následným zpracováním do elektronické podoby ve formě prezentací vytvořených v MS PowerPointu a webových stránek, korespondujících s obsahem prezentací. Pojem automatizace je dosti široký a spadají do něj další odvětví, jako jsou teorie řízení systémů, teorie informace, technické prostředky a další. Je součástí kybernetiky. Její vznik je spojen s objevem automatických dopravních linek ve 20. letech 20. století a využíváním moderní výpočetní a řídicí techniky v 50. letech 20. století. Důvodem je omezení lidského faktoru na výrobní proces, což eliminuje chyby způsobené člověkem a výrazně zvyšuje produktivitu práce. Je průnikem poznatků tří různých oborů, tedy strojírenství, elektrotechnika a v poslední době i informatika.

V první části bakalářské práce je shrnuta teorie předmětu, která je poté v širším měřítku uvedena v prezentacích. V druhé části mé práce jsou zahrnuty ukázkové příklady k teorii Automatizace a základy HTML. Tato kapitola je rozšířena o vlastní tvorbu WWW stránek zakladyautomatizace.wz.cz, které vznikly jako součást této bakalářské práce.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZÁKLADNÍ POJMY

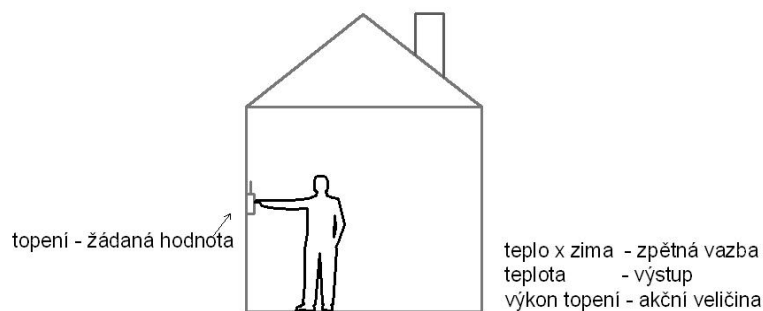
1.1 Automatizace

Cílem automatizace je potlačení vlivu lidského faktoru na výrobní nebo jiný technický objekt. Pojem automatizace je dosti široký a spadají do něj další odvětví, jako jsou teorie řízení systémů, teorie informace, technické prostředky a další. Je součástí kybernetiky, což je věda zabývající se řízením systémů. [1].

1.2 Abstrakce systému

1.2.1 Zpětná vazba

Jedním z nejzákladnějších pojmů v Automatizaci je zpětná vazba. Jako příklad je uveden na obr. 1.1 systém řízení teploty v domě. Pokud je v domě teplo, regulátor přestane topit a naopak. Zpětná vazba je tedy informace o teplotě, žádaná hodnota je hodnota nastavená na regulátoru a výkon topení je pak akční veličina [1].

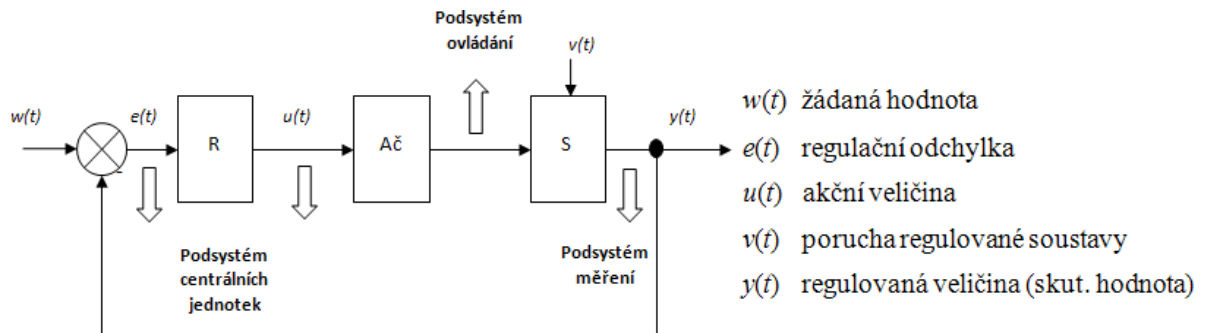


Obr. 1.1: Příklad zpětné vazby

1.2.2 Regulační obvod

Regulační obvod se skládá z regulátoru a regulované soustavy. Regulátor je zařízení, které se stará o chod regulované soustavy v požadovaném rozsahu hodnot. Regulovanou soustavou může být např. elektromotor, topení, klimatizace atd. Do regulátoru vstupuje regulační odchylka $e(t)$ tedy žádaná hodnota $w(t)$ a od ní odečtená hodnota skutečná $y(t)$. Na základě této odchylky regulátor rozhodne o akci $u(t)$. Do systému však může a většinou vstupuje ještě porucha $v(t)$, která regulovanou soustavu ovlivňuje. Tou může být třeba

otevření okna u systému vytápění, nebo zatížení elektromotoru. Konečná skutečná hodnota $y(t)$ se opět odečte od žádané hodnoty $w(t)$. Regulační obvod může dále obsahovat převodníky A/D a D/A, které převádí signály digitální na analogové a zpět [2].



Obr. 1.2: Regulační obvod

1.3 HW a SW prostředky komunikace

Dělíme na 4 základní úrovně:

- signálová periferní úroveň
- datová úroveň podsystémů
- lokální datová úroveň
- globální úroveň

1.3.1 Signálová periferní úroveň

Zajišťuje propojení a přenos na nejnižší systémové úrovni např. propojení snímače regulátoru a akčního členu regulačního obvodu. Jde zpravidla o jeden údaj mezi dvěma zařízeními formou signálu. Propojovací prostředky jsou optické kabely, kovové kabely a bezdrátové spoje. Existují 3 základní typy signálů [3]:

- signál dvou vodičový proudový - 4 až 20mA
- signál tří vodičový proudový - 0 až 20mA
- signál tří vodičový napěťový - 0 až 10V

1.3.2 Datová úroveň podsystémů

Zajišťuje přenos většího množství údajů, které jsou většinou ve formě bloků [3].

- **RS 485** - Jde o dvoudrátový poloduplexní sériový spoj. Kabel se volí kroucený, stíněný se 120 ohmy. Na koncích jsou zapojeny 120 ohmové odpory. Může se dosáhnout délky až 1200 metrů, ovšem při větší vzdálenosti se dosahuje menších rychlostí. Existuje řada protokolů pro přenos informací: M-BUS, Mess-BUS, Profi BUS, CAN. Jde vždy o přenos MASTER-SLAVE, tj. jeden počítač řídí tok informací mezi ostatními.
- **RS 232-C** - Jde o standard používaný u PC. Má zpravidla dvě brány – COM1 a COM2 a má celkem 25 vodičů. Může se dosáhnout celkové délky 15 metrů, při nižších rychlostech až 50 metrů. Může přenášet až 110kb/s.
- **RS 422** - Jde o sběrnici používanou v průmyslu. Na rozdíl od sběrnice RS 485 nabízí vyšší přenosovou rychlost a větší přenosové vzdálenosti. Zařízení může odesílat data až deseti dalším systémům a pro komunikaci používá dvouvodičovou kroucenou dvojlinku.
- **IEEE 488** - Umožňuje propojení až 15 přístrojů. Má celkem 24 vodičů a jeho maximální délka sběrnice může být 25 metrů. Data běží po 8 bitech (1 byte). Maximální přenosová rychlost je 8Mb/s.
- **USB** - Nahrazuje dříve používané způsoby připojení (sériový a paralelní port, PS/2...). Komunikuje rychlostí od 1,5 Mbit/s až 480Mbit/s do vzdálenosti až 5 metrů. Lze připojit až 127 zařízení. USB zajišťuje správné přidělení prostředků.

1.3.3 Lokální datová úroveň

Jde o propojení typu lokálních sítí LAN. U malého systému se může použít sériové propojení, u větších systémů se již zvažuje strukturované hvězdicové propojení. Propojovací prostředky jsou optické kabely, kovové kabely a bezdrátové spoje. Pro vytváření sítí jsou použity tyto přístroje [3]:

- **Transceiver** – převádí data na úrovni fyzické vrstvy.
- **Repeater** – signál zesiluje a opravuje. Tento pak vysílá dále.
- **Hub** – signál rozděluje, tím pádem jej vidí všichni i ti, co nechtějí. Je základem hvězdicové typologie.
- **Bridge** – spojuje více sítí dohromady. Pracuje na 2. (linkové) vrstvě modelu ISO/OSI. Zmenšuje zátěž sítě, protože odděluje provoz dvou segmentů sítě.

- **Router** - probíhá na třetí vrstvě referenčního modelu ISO/OSI (síťová vrstva). Spojuje dvě sítě dohromady. Signál posílá pouze cíli.
- **Switch** – neboli přepínač, propojuje jednotlivé segmenty sítě.

1.3.4 Globální úroveň

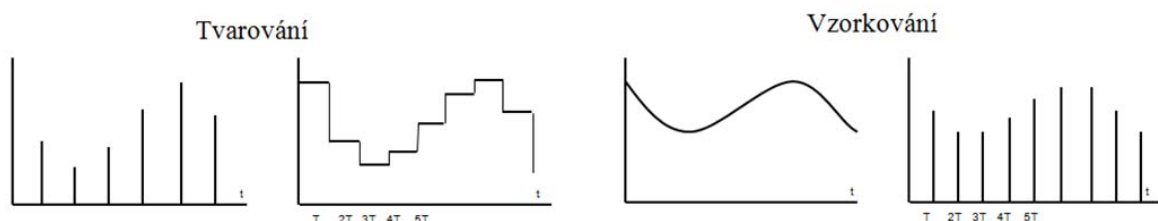
Jde o přenos informací mezi systémem a vnějším prostředím. Propojuje jednotlivé LAN mezi sebou a spojuje subjekty na vnější informační systémy. Jde o síť WAN nebo MAN. Pro spojení s vnějším systémem můžeme použít pevnou linku, rádiové propojení, ISDN, satelitní propojení, GSM a další spojení. Pro vytvoření sítě se používají routery, bridge ...[3].

1.4 Spojitý x diskrétní regulační obvod

Většina reálných (fyzických) soustav je spojitých, tj. měřená výstupní veličina je spojitá a systém pracuje v čase spojitě. Někdy však mohou být výstupy nespojité v čase či hodnotě (počet vyrobených kusů, operace na výrobních strojích). Častěji způsobuje nespojitost samotný regulátor (řízení číslicovým strojem -PC), který pracuje v periodách vzorkování (načítání).

1.4.1 Tvarování a vzorkování

- **Tvarovač, tvarování** – je-li na vstupu do regulátoru diskrétní signál (vzorkovaný), musí se na výstupu z regulátoru upravit – tvarovat. Jde o převod na spojitý signál. Musí se zajistit spojitý signál po celou dobu i mezi vzorky diskrétního signálu.
- **Vzorkovač, vzorkování** – provádí periodické snímání hodnoty výstupní veličiny z řízeného systému. Odebírá ji ve formě vzorků a mezi dvěma odběry jej průběh hodnoty nezajímá. Na vstupu do regulátoru je tedy diskrétní posloupnost vzorků [4].



Obr. 1.3: Tvarování a vzorkování signálu

1.4.2 Pulsně šířková modulace (PWM)

Často se spojitý vstup moduluje pulsně (Pulse Width Modulation). Tyto regulátory se nejčastěji používají k regulaci otáček stejnosměrných motorů, kde se využívá změny šířky impulsu. Při pulsní regulaci zůstává proud i napětí stejné, mění se pouze aktivní doba, kdy například prochází proud motorem. Princip je vysvětlen na následujícím obrázku [4].



Obr. 1.4: Pulsně šířková modulace

1.5 Modelování dynamických systémů

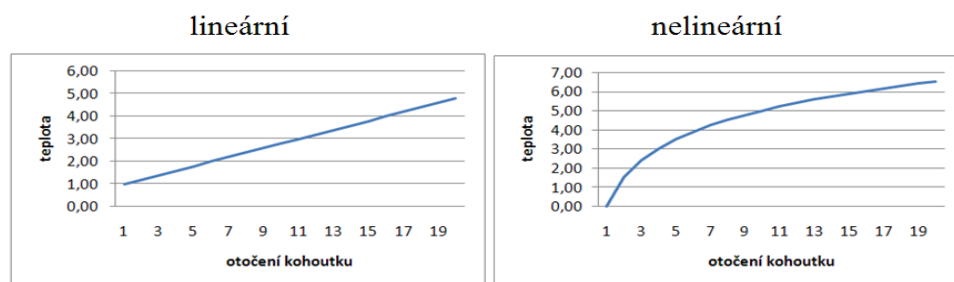
- **Statický systém:** vlastnosti regulačních členů se posuzují v ustáleném stavu, výstup je čistě funkcí vstupu (neměnný vstup => neměnný výstup).
- **Dynamický systém:** posuzuje se při změnách vstupních i výstupních veličin, výstup je funkcí i minulých hodnot. U spojitých systémů vyjádřeno derivací y (v čase) diskrétních diferencí [5]:

$$\lim_{\Delta \rightarrow 0} \frac{y(t) - y(t - \Delta)}{\Delta} \quad (1.1)$$

$$\Delta y(t) = y(t + \Delta) - y(t) \quad (1.2)$$

1.5.1 Statická charakteristika

U statické (ustálené) závislosti dvou veličin nevystupuje explicitně čas! Např. skoková změna topení → ustálená teplota v místnosti.



Obr. 1.5: Lineární x nelineární systém

2 ZÁKLADY LOGICKÉHO ŘÍZENÍ

Logické řízení je činnost, při níž se logickým obvodem zpracovávají informace o řízeném procesu a podle nich ovládají příslušné zařízení tak, aby se dosáhlo předepsaného cíle => diskrétní rozhodování.

Matematická logika se zabývá matematickými výrazy, jejich konstrukcí a analýzou jako je pravdivost (0,1).

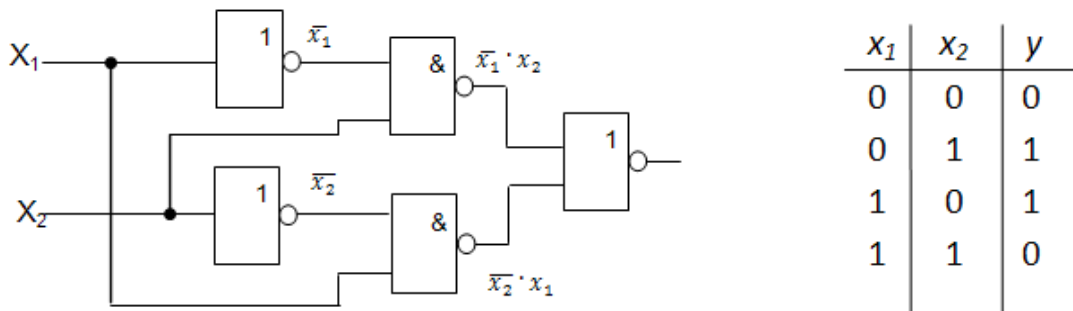
Výroková logika označuje formální odvozovací systém, ve kterém atomické formule tvoří výrokové proměnné (na rozdíl od predikátové logiky).

Predikátová logika označuje formální odvozovací systém, který je používán k popisu matematických teorií a vět. Je rozšířením výrokové logiky (přidává unární operátory existuje, každý,...).

2.1 Vyjádření logických funkcí

Logické funkce mohou být vyjádřeny více způsoby. Jejich obor hodnot i definičního oboru jsou 0 a 1. Jako příklad je uvedena funkce XOR na obrázku 2.1, vyjádřena rovnicí (2.1):

$$y = \bar{x}_1 \cdot x_2 + x_1 \cdot \bar{x}_2 \quad (2.1)$$




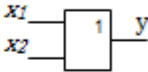
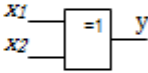
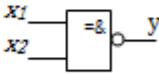
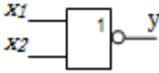
Obr. 2.1: Vyjádření logických funkcí

1. Příklad 2.1 je vyjádřen algebraickým způsobem.
2. Na obr. 2.1 vlevo je funkce vyjádřena schematickým zapojením.
3. Vpravo na obrázku 2.1 je funkce vyjádřena pravdivostní tabulkou. Velikost tabulky určuje počet proměnných a počet logických funkcí. Počet řádků určuje všechny kombinace, které mohou nastat.

Existují dva základní typy obvodů. Jsou-li výstupy funkcí pouze vstupů, jde o **Kombinační obvody** (tzv. statické). Jsou-li výstupy funkcí i minulých hodnot výstupů, jde o **Sekvenční obvody** (tzv. dynamické), které jsou základem číslicových PC.

2.1.1 Kombinační obvody

Kombinační obvody nemají žádnou paměť. Stav na výstupech závisí pouze na okamžité kombinaci stavů na vstupech. Existuje 16 různých funkcí pro 2 n počet proměnných (2^{2^n}). Mezi základní funkce těchto obvodů patří [4]:

<p>AND $y = x_1 \cdot x_2$ $y = x_1 \wedge x_2$</p>		<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>x_1</th> <th>x_2</th> <th>y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	x_1	x_2	y	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	<p>Konjunkce "platí současně" --logický součin--</p>
x_1	x_2	y																
0	0	0																
0	1	0																
1	0	0																
1	1	1																
<p>OR $y = x_1 + x_2$ $y = x_1 \vee x_2$</p>		<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>x_1</th> <th>x_2</th> <th>y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	x_1	x_2	y	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	<p>Disjunkce "platí alespoň jeden z..." --logický součet--</p>
x_1	x_2	y																
0	0	0																
0	1	1																
1	0	1																
1	1	1																
<p>XOR $y = x_1 \oplus x_2$ $y = x_1 \oplus x_2$</p>		<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>x_1</th> <th>x_2</th> <th>y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	x_1	x_2	y	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	<p>Nonekvivalence "platí právě jeden" --negovaný logický součet--</p>
x_1	x_2	y																
0	0	0																
0	1	1																
1	0	1																
1	1	0																
<p>NAND $y = \overline{x_1 \cdot x_2}$ $y = x_1 \uparrow x_2$</p>		<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>x_1</th> <th>x_2</th> <th>y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	x_1	x_2	y	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	<p>Negovaná konjunkce "neplatí alespoň jeden" --negovaný logický součin--</p>
x_1	x_2	y																
0	0	1																
0	1	1																
1	0	1																
1	1	0																
<p>NOR $y = \overline{x_1 + x_2}$ $y = x_1 \downarrow x_2$</p>		<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>x_1</th> <th>x_2</th> <th>y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	x_1	x_2	y	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	<p>Negace disjunkce "neplatí ani jeden" --exkluzivní logický součet--</p>
x_1	x_2	y																
0	0	1																
0	1	0																
1	0	0																
1	1	0																

Obr. 2.2: Pět nejdůležitějších funkcí pro technické účely

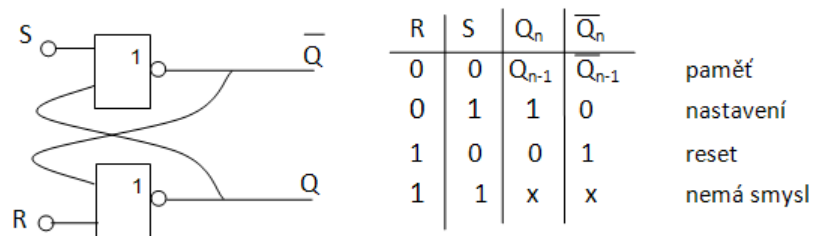
2.1.2 Sekvenční klopné obvody

Mají v podstatě paměť na 1 bit. Změna výstupu je obvykle hodinovým signálem na vstupu.

Mezi nejčastější patří:

- Klopný obvod R-S
- Klopný obvod D (delay – zpoždění)
- Klopný obvod T (trigger - překlápěč – invertor)

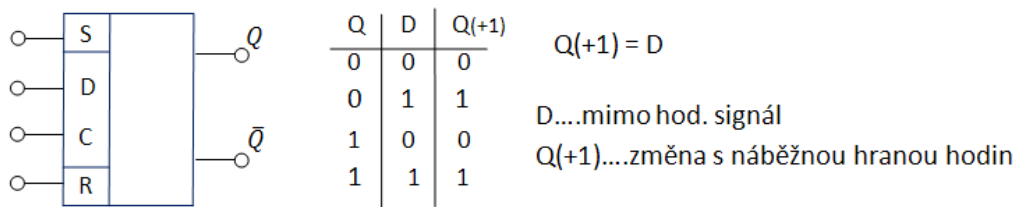
2.1.2.1 Klopný obvod R-S



Obr. 2.3: Klopný obvod R-S

Jde o nejjednodušší klopný obvod, realizovatelný ze dvou členů NOR nebo NAND, viz obr. 2.3. Jsou-li SET a RES stisknuty najednou, jsou podle pravdivostní tabulky oba výstupy v logické 0. Pokud se změní R=1 a S=1 na R=0 a S=0 nastane labilní situace, kdy se oba členy snaží vytvořit na výstupu logickou hodnotu. Proto je tento stav nepřipustný a označujeme ho jako zakázaný stav.

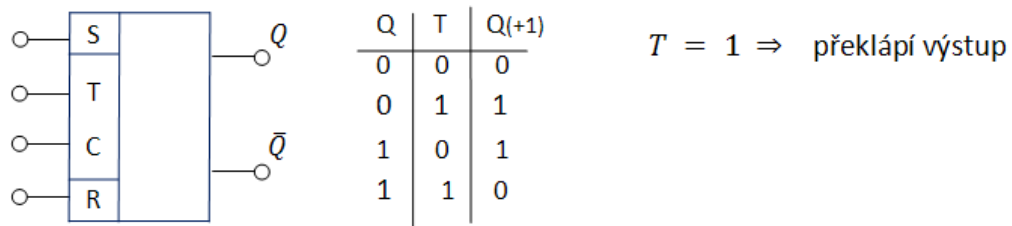
2.1.2.2 Klopný obvod D (delay – zpoždění)



Obr. 2.4: Klopný obvod D

Klopný obvod typu D představuje obvod typu R-S s propojenými vstupy a invertovaným výstupem. Tím se zamezí zakázaný stav. Překlápí se pouze změnou hodinového impulsu, jinak je zavřen. Využívá se v paměťových registrech. Schéma je uvedeno na obr. 2.4.

2.1.2.3 Klopný obvod T (trigger - překlápěč – invertor)



Obr. 2.5: Klopný obvod T

Pokud je na vstupu $T=0$, tak se hodnota obvodu nezmění. Tento obvod se používá v čítačích, viz obr 2.5.

2.2 Booleova algebra

Jde o soustavu pravidel pro operace s logickými proměnnými. Je nazvána podle irského matematika George Boolea. Využívá se pro minimalizaci logických funkcí [4].

Základní zákony: Vyloučení třetího : $x + \bar{x} = 1$ (2.2)

Logický rozpor: $x \cdot \bar{x} = 0$ (2.3)

Dvojitá negace: $\bar{\bar{x}} = x$ (2.4)

Zákon opakování: $x + x = x$ $x \cdot x = x$ (2.5)

Komutativní zákony: $x_1 + x_2 = x_2 + x_1$ $x_1 \cdot x_2 = x_2 \cdot x_1$ (2.5)

Asociativní zákony: $x_1 + (x_2 + x_3) = (x_1 + x_2) + x_3$ $x_1 \cdot (x_2 \cdot x_3) = (x_1 \cdot x_2) \cdot x_3$ (2.7)

Distributivní zákony: $x_1 \cdot (x_2 + x_3) = x_1 \cdot x_2 + x_1 \cdot x_3$ $x_1 + x_2 \cdot x_3 = (x_1 + x_2) \cdot (x_1 + x_3)$ (2.8)

Absorpční zákony: $x_1 + x_1 \cdot x_2 = x_1$ $x_1 \cdot (x_1 + x_2) = x_1$ (2.9)

$x_1 + \bar{x}_1 \cdot x_2 = x_1 + x_2$ $x_1 \cdot (\bar{x}_1 + x_2) = x_1 \cdot x_2$ (2.10)

De Morganovy zákony: $\overline{(x_1 + x_2)} = \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2$ $\overline{(x_1 \cdot x_2)} = \bar{x}_1 + \bar{x}_2$ (2.11)

Další zákony: $0 + x = x$ $1 + x = 1$ $0 \cdot x = 0$ $1 \cdot x = x$ (2.12)

2.3 Karnaughova mapa

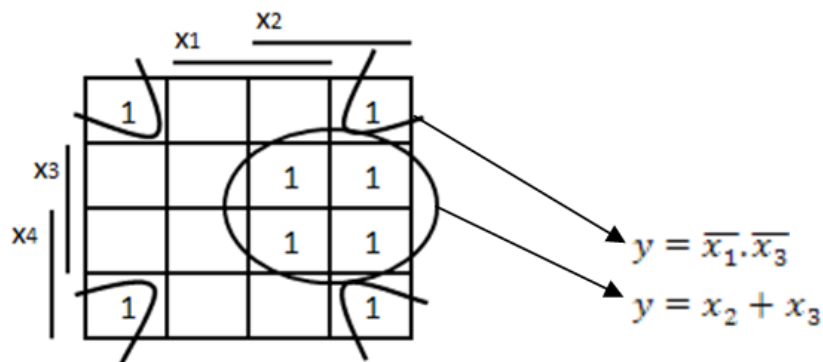
Používá se při analýze a minimalizaci logických funkcí. Principem je zobrazení n -rozměrné tabulky hodnot do dvojrozměrné mapy. Z této mapy lze poté vyčíst minimální funkci. Velikost určuje počet proměnných: n -počet proměnných – 2^n počet políček. Například pro 2 proměnné je velikost řádků a sloupců 2×2 , pro 3 proměnné 2×4 a pro 4 proměnné 4×4 Do mapy se vpisují jedničky z pravdivostní tabulky. Funkce XOR vypadá takto:

		<u>x2</u>				
		0 1				
x1		<table style="border-collapse: collapse; width: 100%; height: 100%;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">0</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">1</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">0</td> </tr> </table>	0	1	1	0
0	1					
1	0					

Obr. 2.6: Funkce XOR

2.3.1 Minimalizace logické funkce z Karnaughovy mapy

Hledají se takové skupiny, kde nedochází ke změně logické hodnoty. Musí se vytvářet co největší skupiny, aby se vyloučilo co nejvíce proměnných. Čím větší skupina je, tím je minimalizace větší. Na obrázku níže jsou uvedeny dva případy minimalizace:



Obr. 2.7: Minimalizace logické funkce

3 ANALÝZA SPOJITÝCH LINEÁRNÍCH DYNAMICKÝCH SYSTÉMŮ

3.1 Rozklad na parciální zlomky, Heavisidův rozvoj

Jsou dány polynomy $p(x)$ a $q(x)$, dávající racionální lomenou funkci:

$$f(x) = \frac{p(x)}{q(x)} \quad (3.1)$$

Předpokládá se, že jde o ryzí racionální lomenou funkci, tedy stupeň čitatele je nižší než stupeň jmenovatele ($p(x) < q(x)$). To jde vždy zajistit pomocí dělení polynomů.

Podle násobnosti kořenů jsou uvažovány tři základní případy:

1. Má-li polynom $q(x)$ n - různých reálných kořenů x_1, \dots, x_n , tj. $q(x) = (x-x_1) \cdot (x-x_2) \cdot \dots \cdot (x-x_n)$, rozklad racionální lomené funkce (3.1) bude:

$$\frac{p(x)}{q(x)} = \frac{A_1}{(x-x_1)} + \frac{A_2}{(x-x_2)} + \dots + \frac{A_n}{(x-x_n)} \quad (3.2)$$

kde koeficienty A_1 až A_n lze vypočítat:

a) Metodou neurčitých koeficientů: (viz. kapitola 6.3, příklad 1a)

b) Heavisidovým rozvojem (viz. kapitola 6.3, příklad 1b):

$$A_i = \lim_{x \rightarrow x_i} [(x-x_i)G(s)] \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.3)$$

2. Má-li polynom $q(x)$ jediný n - násobný reálný kořen a , tj. $q(x) = (x-x_1)^n$,

$$\frac{p(x)}{q(x)} = \frac{A_1}{(x-x_1)^1} + \frac{A_2}{(x-x_1)^2} + \dots + \frac{A_n}{(x-x_1)^n} \quad (3.4)$$

kde koeficienty A_1 až A_n lze vypočítat:

a) Metodou neurčitých koeficientů (viz. kapitola 6.3, příklad 2a)

b) Heavisidovým rozvojem (viz. kapitola 6.3, příklad 2b):

$$A_n = \left[(x-x_1)^n G(s) \right]_{x=x_1} \quad (3.5)$$

$$A_{n-1} = \left[\frac{1}{1!} \frac{d}{dx} (x-x_1)^n G(s) \right]_{x=x_1} \quad (3.6)$$

$$A_1 = \left[\frac{1}{(n-1)!} \frac{d^{n-1}}{dx^{n-1}} (x-x_1)^n G(s) \right]_{x=x_1} \quad (3.7)$$

3. Má-li polynom $q(x)$ pouze komplexní kořeny, lze jej rozložit na součin kvadratických polynomů $x^2 + px + q$, které nemají reálné kořeny. Neznámé koeficienty lze vyčíslit metodou neurčitých koeficientů. Taktéž lze použít Heavisidův rozvoj dle případu 1, jen s tím rozdílem, že se pracuje s komplexními čísly [1].

3.2 Přímá a zpětná Laplaceova transformace

Laplaceova transformace je jedním ze základních nástrojů, který umožňuje poměrně snadno řešit úlohy spojité lineární regulace. Zavedl ji v roce 1820 francouzský matematik Pierre Simon de Laplace.



Obr. 3.1: Pierre Simon de Laplace (1749-1827)

Pierre Simon de Laplace (1749-1827) je považován za jednoho z největších vědců vůbec. Zabýval se matematickou analýzou, teorií pravděpodobnosti, nebeskou mechanikou, teorií potenciálu, zavedl pojem Laplaceovy transformace, užil tzv. Laplaceův operátor (v parciální diferenciální rovnici pro potenciál silového pole). Je autorem teorie o vzniku sluneční soustavy z rotující mlhoviny (Kantova-Laplaceova teorie). Studoval na univerzitě v Caenu. Než však ukončil studium, vydal se do Paříže a díky svému nadání byl již v 19. letech jmenován profesorem matematiky na pařížské vojenské škole. Napsal mnoho významných knih, které ovlivnily mnoho dalších vědců [6].

Laplaceova transformace:

Laplaceova transformace je definována integrálem:

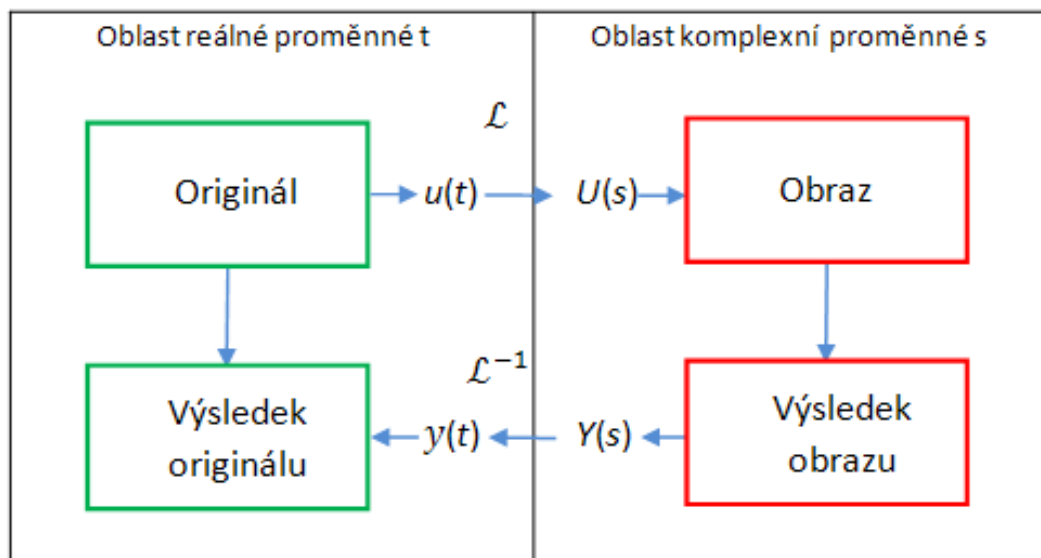
$$F(s) = \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt \quad (3.8)$$

Funkce $F(s)$ se může označit i jako $L[f(t)]$. Funkce $f(t)$ se nazývá vzor a $F(s)$ jejím Laplaceovým obrazem [1].

Zpětná Laplaceova transformace:

Může se provést vztahem pro výpočet originálu k danému obrazu [1]:

$$f(t) = \frac{1}{2\pi j} \oint F(s)e^{st} ds \quad (3.9)$$



Obr. 3.2: Převod mezi originálem a obrazem

3.2.1 Hlavní věty transformace

1. **Linearita** - Laplaceova transformace je lineární a platí pro ni princip superpozice.

$$L\left\{\sum_k a_k f_k(t)\right\} = \sum_k a_k L\{f_k(t)\} \quad (3.10)$$

$$L^{-1}\left\{\sum_m b_m F_m(s)\right\} = \sum_m b_m L^{-1}\{F_m(s)\} \quad (3.11)$$

2. **Věta o změně měřítka:**

$$f(t) = L^{-1}\{F(s)\} \quad F(s) = L\{f(t)\} \quad (3.12)$$

$$\frac{1}{b} f\left(\frac{t}{b}\right) = L^{-1}\{F(bs)\} \quad \frac{1}{a} F\left(\frac{s}{a}\right) = L\{f(at)\} \quad (3.13)$$

3. **Věta o konvoluci:**

$$L\left\{\int_0^\infty f(t-\tau)g(\tau)d\tau\right\} = F(s)G(s) \quad (3.14)$$

4. **Věta o posunutí:**

Souvisí s existencí dopravního zpoždění, které je přirozenou součástí dynamiky mnoha technologických procesů. Jestliže původní (neposunutá) funkce je zapsána jako $f(t)$ a jejím obrazem je $F(s)$, pak se posunutá funkce může zapsat jako $f(t - T)$, kde T je čas, o který je funkce posunuta. Obraz posunuté funkce lze odvodit z definičního integrálu s použitím substituce $t - T = \tau$

$$L\{f(t - T)\} = e^{-sT}L\{f(t)\} \quad (3.17)$$

5. **Věta o obrazu integrálu funkce $f(t)$:**

$$L\left\{\int_0^t f(\tau)d\tau\right\} = \frac{1}{s}F(s) \quad (3.16)$$

6. **Věta o obrazu derivace funkce $f(t)$:**

$$L\{f(t)\} = F(s) \quad (3.17)$$

$$L\left\{\frac{d}{dt}f(t)\right\} = sF(s) - f(0) \quad (3.18)$$

$$L\left\{\frac{d^2}{dt^2}f(t)\right\} = s^2F(s) - sf(0) - f'(0) \quad (3.19)$$

$$\vdots$$

$$L\left\{\frac{d^n}{dt^n}f(t)\right\} = s^nF(s) - s^{n-1}f(0) - s^{n-2}f'(0) - \dots - sf^{(n-2)}(0) - f^{(n-1)}(0) \quad (3.20)$$

Pro řešení různých úloh se samozřejmě nebudou vždy znovu odvozovat relace mezi obrazy a originály funkcí. Pro ulehčení řešení těchto funkcí slouží slovník Laplaceovy transformace. Následující tabulka obsahuje pouze ty nejzákladnější funkce a jejich obrazy:

$f(t)$	$F(s)$	$f(t)$	$F(s)$
$f(t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\gamma-i\infty}^{\gamma+i\infty} F(s)e^{st} ds$	$F(s) = \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt$	$f(t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\gamma-i\infty}^{\gamma+i\infty} F(s)e^{st} ds$	$F(s) = \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt$
$\delta(t)$ Diracův impuls	1	$e^{-\alpha t}$	$\frac{1}{s + \alpha}$
$\eta(t)$ Jednotkový skok	$\frac{1}{s}$	$\frac{1}{\alpha}(1 - e^{-\alpha t})$	$\frac{1}{s(s + \alpha)}$
a	$\frac{\alpha}{s}$	$\sin bt$	$\frac{b}{s^2 + b^2}$
t	$\frac{1}{s^2}$	$\cos bt$	$\frac{s}{s^2 + b^2}$
t^2	$\frac{2}{s^3}$	$1 - \sin bt$	$\frac{s^2 + b^2 - sb}{s(s^2 + b^2)}$
t^n	$\frac{n!}{s^{n+1}}$	$1 - \cos bt$	$\frac{b^2}{s(s^2 + b^2)}$
$t^n e^{-\alpha t}$	$\frac{n!}{(s + \alpha)^{n+1}}$	$e^{-\alpha t}(1 - e^{-\alpha t})$	$\frac{s}{(s + \alpha)^2}$

Tabulka 3.1: Tabulka některých funkcí Laplaceovy transformace [1]

3.3 Obrazový přenos

Lineární spojité systém se vstupem $u(t)$ a výstupem $y(t)$ je popsán diferenciální rovnicí:

$$a_n y^{(n)}(t) + a_{n-1} y^{(n-1)}(t) + \dots + a_1 y'(t) + a_0 y(t) = b_m u^{(m)}(t) + b_{m-1} u^{(m-1)}(t) + \dots + b_1 u'(t) + b_0 u(t) \quad (3.21)$$

v rovnici musí být vždy splněna podmínka fyzikální realizovatelnosti, tj $m \leq n$.

Přenos je pak definován jako poměr Laplaceova obrazu výstupní veličiny ku Laplaceovu obrazu vstupní veličiny při nulových počátečních podmínkách:

$$G(s) = \frac{L\{y(t)\}}{L\{u(t)\}} = \frac{Y(s)}{U(s)} \quad (3.22)$$

Pokud je regulační člen daný diferenciální rovnicí ve tvaru výše, poměrně snadno lze odvodit vzorec pro výpočet přenosu:

$$G(s) = \frac{b_m s^m + \dots + b_1 s + b_0}{a_n s^n + \dots + a_1 s + a_0} \quad (3.23)$$

Z podmínky fyzikální realizovatelnosti je jasné, že stupeň polynomu v čitateli musí být menší nebo roven než stupeň polynomu ve jmenovateli. Derivace v diferenciální rovnici vždy odpovídá příslušné mocnině proměnné s [4].

3.4 Nuly, póly a řád přenosu, časové konstanty

Pokud je v čitateli a jmenovateli rozložen polynom na součin kořenových činitelů, dostanou se v čitateli nuly přenosu a ve jmenovateli póly přenosu. Jejich hodnoty určují vlastnosti daného systému:

$$G(s) = k \frac{(s - n_1)(s - n_2) \dots (s - n_m)}{(s - p_1)(s - p_2) \dots (s - p_n)} \quad (3.24)$$

Pokud je čítec i jmenovatel upraven do zvláštního tvaru, dostanou se časové konstanty přenosu, které mají časový rozměr:

$$G(s) = k \frac{(\tau_1 s + 1)(\tau_2 s + 1) \dots (\tau_m s + 1)}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1) \dots (T_n s + 1)} \quad (3.25)$$

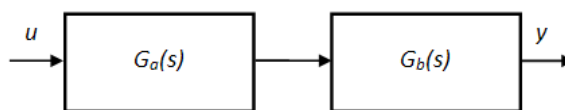
Řád přenosu:

- Řád přenosu systému n je dán stupněm polynomu jmenovatele přenosu, tedy $n = \deg a(s)$. Řád přenosu je ve většině případů totožný s řádem systému.
- Rozdíl mezi stupni jmenovatele a čitatele přenosu se nazývá relativní řád - $\deg a(s) - \deg b(s)$.
- Pokud přenos splňuje podmínku $\deg b(s) \leq \deg a(s)$, nazývá se přenos **ryzí**.
- Pokud je stupeň polynomu jmenovatele větší, tedy $\deg b(s) < \deg a(s)$, nazývá se přenos **striktně ryzí**.
- Pokud $\deg b(s) = \deg a(s)$, je přenos **nestriktně ryzí** [4].

3.5 Bloková algebra

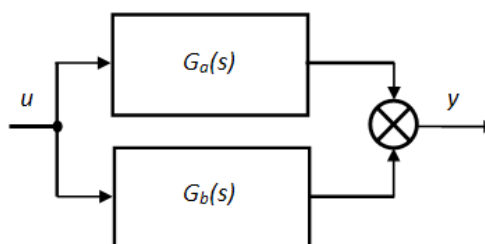
Přenos nám vyjadřuje vztah mezi obrazem vstupní a výstupní veličiny. V praxi jsou však často daleko složitější systémy, které se dají rozložit na spojení elementárních členů. Každý člen je znázorněn obdélníkovým blokem. Bloky jsou vyjádřeny přenosy ($G(s)$). Pokud jsou popsány jiným způsobem, musí se nejdříve upravit na přenosy. Tyto bloky se poté spojují a vytvářejí složitější systémy. Jsou známy celkem tři základní zapojení [4]:

1. Sériové zapojení: $G(s) = G_a(s) \cdot G_b(s)$



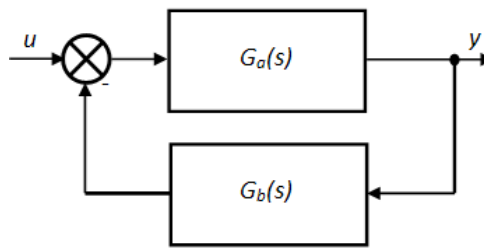
Obr. 3.3: Sériové zapojení

2. Paralelní zapojení: $G(s) = G_a(s) + G_b(s)$



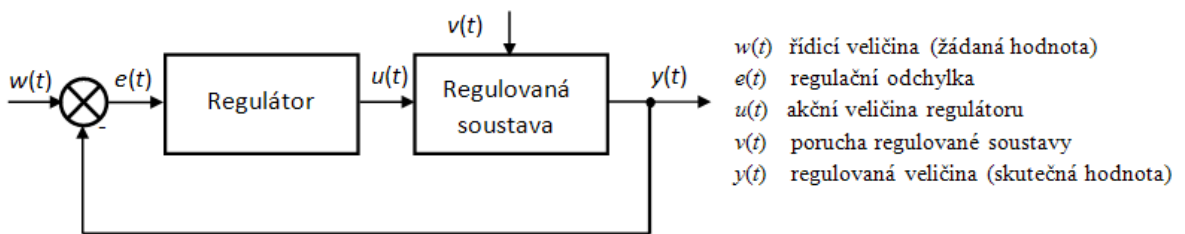
Obr. 3.4: Paralelní zapojení

3. Zpětnovazební zapojení: $G(s) = \frac{G_a(s)}{1 + G_a(s) \cdot G_b(s)}$



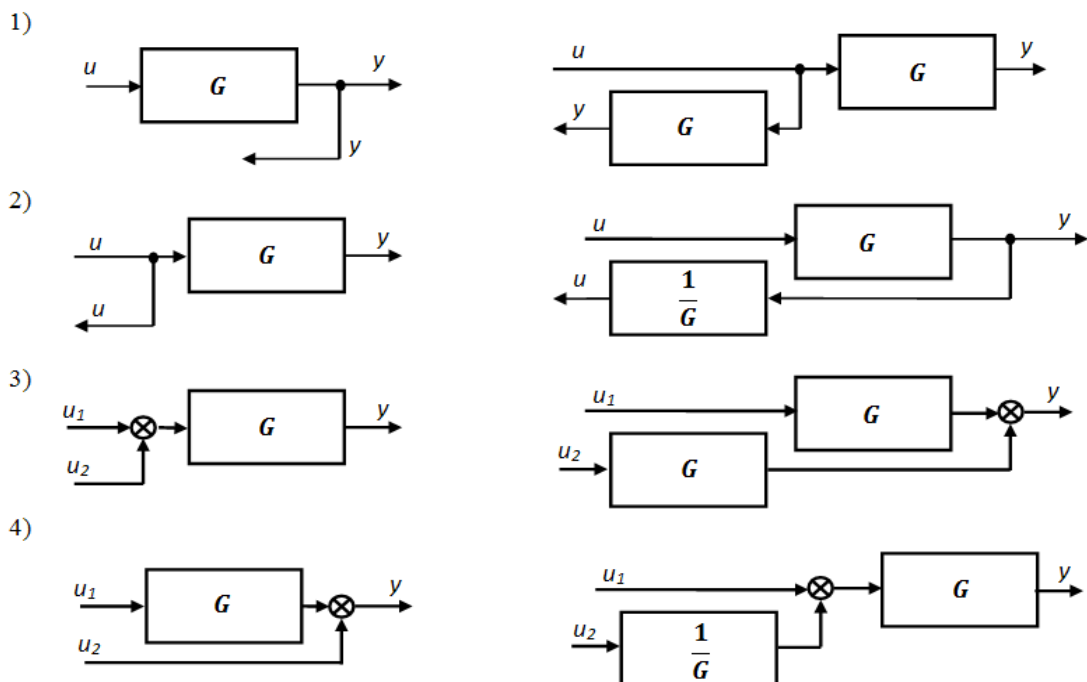
Obr. 3.5: Zpětnovazební zapojení

3.5.1 Schéma jednoduchého spojitého regulačního obvodu



Obr. 3.6: Schéma jednoduchého spojitého regulačního obvodu

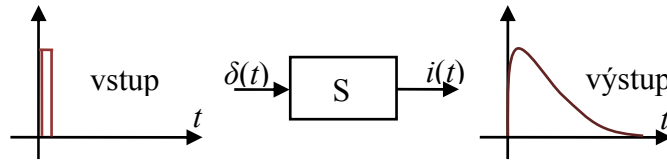
3.5.2 Základní přenosy v regulačním obvodu



Obr. 3.7: Základní přenosy v regulačním obvodu

3.6 Přejchodová a impulsní funkce

Impulsní funkce je odezva systému na jednotkový Diracův impuls $\delta(t)$ na vstupu při nulových počátečních podmínkách [4].

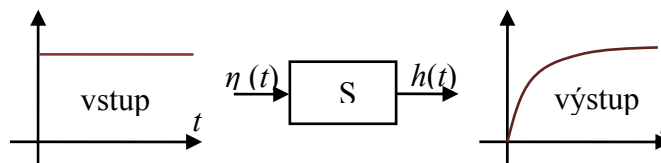


Obr. 3.8: Impulsní funkce

Impulsní funkce je dána zpětnou transformací přenosu systému:

$$i(t) = L^{-1}\{G(s)\} \quad (3.26)$$

Přejchodová funkce je odezva systému na jednotkový skok $\eta(t)$ na vstupu při nulových počátečních podmínkách [4].



Obr. 3.9: Přejchodová funkce

Jednotkový Heavisidův skok je definován vztahem:

$$\eta(t) = 1 \text{ pro } t \geq 0 \quad (3.27)$$

$$\eta(t) = 0 \text{ pro } t < 0 \quad (3.28)$$

Laplaceův obraz jednotkového skoku je:

$$L\{\eta(t)\} = L\{1(t)\} = \frac{1}{s} \quad (3.29)$$

Přejchodová funkce je dána:

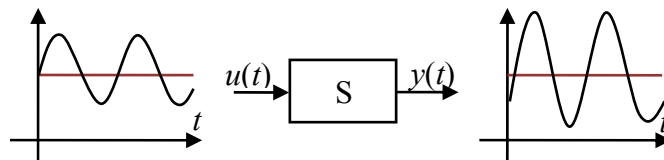
$$h(t) = L^{-1}\left\{\frac{G(s)}{s}\right\} \quad (3.30)$$

3.7 Frekvenční přenos a frekvenční charakteristika

Frekvenční přenos lze získat tak, že na vstup členu je zaváděna sinusová funkce o konstantní jednotkové amplitudě a proměnné frekvenci (harmonický signál). Na výstup lineárního členu je přenesena sinusová funkce, ale obecně s jinou amplitudou a fázově posunutou proti funkci vstupní. Frekvenční přenos je pak poměr výstupního harmonického signálu k vstupnímu harmonickému signálu [4].

$$u(t) = u_0 \sin \omega t \text{ nebo } u(t) = u_0 e^{j\omega t} \quad (3.31)$$

kde: u_0 je amplituda vstupního signálu a $\sin \omega t$ je úhlová frekvence.



Obr. 3.10: Frekvenční přenos

Výstupem je opět sinusový signál, který má stejnou úhlovou frekvenci, má ale jinou amplitudu a je fázově proti vstupnímu signálu posunutý.

$$y(t) = y_0 \sin(\omega t + \varphi) \text{ nebo } y(t) = y_0 e^{j(\omega t + \varphi)} \quad (3.32)$$

Z těchto vektorů vznikne **frekvenční přenos**:

$$G(j\omega) = \frac{y(t)}{u(t)} = \frac{y_0 e^{j(\omega t + \varphi)}}{u_0 e^{j\omega t}} = \frac{y_0}{u_0} e^{j\varphi} \quad (3.33)$$

Existuje také souvislost mezi diferenciální rovnicí a frekvenčním přenosem. Opět se vyjde z obecného tvaru diferenciální rovnice:

$$a_n y^{(n)}(t) + a_{n-1} y^{(n-1)}(t) + \dots + a_1 y'(t) + a_0 y(t) = b_m u^{(m)}(t) + b_{m-1} u^{(m-1)}(t) + \dots + b_1 u'(t) + b_0 u(t) \quad (3.34)$$

Z obecného tvaru se již lehce odvodí vztah pro výpočet frekvenčního přenosu:

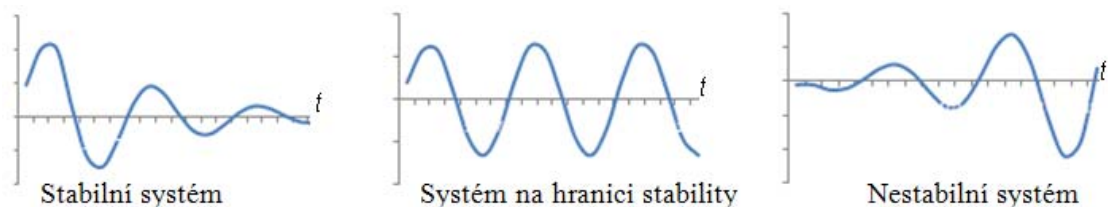
$$G(s) = \frac{b_m (j\omega)^m + \dots + b_1 (j\omega) + b_0}{a_n (j\omega)^n + \dots + a_1 (j\omega) + a_0} \quad (3.35)$$

frekvenční charakteristika je grafickým znázorněním frekvenčního přenosu při proměnné frekvenci. Existují tyto frekvenční charakteristiky [4]:

- 1) amplitudo- fázová v komplexní rovině (Nyquist křivka)
- 2) amplitudová v logaritmických souřadnicích (Bode křivka)
- 3) fázová v logaritmických souřadnicích (Bode křivka)
- 4) amplitudo- fázová v logaritmických souřadnicích (Nichols křivka)
- 5) rozložení pólů a nul v komplexní rovině

3.8 Stabilita lineárních spojitých dynamických systémů

System je považován za stabilní, pokud se po vychýlení z rovnovážného stavu dokáže vrátit zpět do stabilní polohy. Podle toho jsou rozeznávány tři případy [4]:



Obr. 3.11: Případy stability

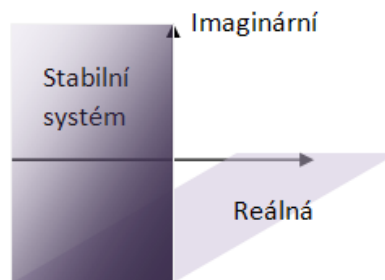
3.8.1 Charakteristická rovnice:

Nechť je dán přenos:

$$G(s) = \frac{M(s)}{N(s)} \quad (3.36)$$

Charakteristická rovnice pak je $N(s)=0$. Řešení charakteristické rovnice (póly) určují stabilitu systému.

Regulační obvod musí být samozřejmě vždy stabilní. Za stabilní je považován takový obvod, jehož kořeny charakteristické rovnice leží v záporné reálné části, nebo leží v levé části komplexní roviny. Pokud jsou tedy všechny koeficienty charakteristické rovnice kladné, může být u rovnice druhého stupně systém považován za stabilní. U rovnic třetího a vyššího řádu je tato podmínka nutná ale nepostačující. Ke zjištění, zda je systém stabilní nebo ne, nám pomáhají **kritéria stability** [4].



Obr. 3.12: Oblast stability

3.8.2 Kritéria stability

Pro charakteristické rovnice třetího a vyššího řádu jsou používány pro určení stability kritéria stability. Ty slouží pro zjištění zápornosti kořenů rovnice. Níže jsou uvedeny čtyři nejběžnější kritéria stability [4]:

- | | | |
|--------------------|---------------|-----------------------------------|
| Kritéria stability | - algebraická | - Hurwitzovo kritérium |
| | | - Routh-Schurovo kritérium |
| | - geometrická | - Michajlov-Leonhardovo kritérium |
| | | - Nyquistovo kritérium |

3.8.2.1 Hurwitzovo kritérium

Je dána charakteristická rovnice:

$$a_n s^n + \dots + a_1 s + a_0 = 0 \quad (3.37)$$

Z koeficientů charakteristické rovnice se vytvoří matice dle následujícího schématu:

$$H_n = \begin{bmatrix} a_{n-1} & a_{n-3} & \dots & 0 \\ a_n & a_{n-2} & \dots & 0 \\ 0 & a_{n-1} & \dots & 0 \\ 0 & a_n & \ddots & a_0 \end{bmatrix} \quad (3.38)$$

Z matice se vypočítá determinant a dopočítají všechny hlavní subdeterminanty:

$$H_1 = a_{n-1}, \quad H_2 = \begin{bmatrix} a_{n-1} & a_{n-3} \\ a_n & a_{n-2} \end{bmatrix}, \quad H_3 = \begin{bmatrix} a_{n-1} & a_{n-3} & a_{n-5} \\ a_n & a_{n-2} & a_{n-4} \\ 0 & a_{n-1} & a_{n-3} \end{bmatrix}, \quad \text{atd.} \dots \quad (3.39)$$

Jsou-li všechny subdeterminanty a hlavní determinant kladné, je systém stabilní. Pokud je některý nulový a ostatní jsou kladné, jde o systém na hranici stability. Mohou se použít následující postačující podmínky:

stupeň polynomu	Nutné podmínky stability	
2	kladnost koeficientů	-
3		$H_2 > 0$
4		$H_3 > 0$
5		$H_2 > 0$ a $H_4 > 0$

Tabulka 3.2: Podmínky stability Hurwitzova kritéria

3.8.2.2 Routh-Schurovo kritérium

Je dána charakteristická rovnice 3.37. Provádí se postupná redukce tak, že na konci zůstane rovnice druhého stupně, tj. poslední tři koeficienty jsou kladné. Zde již stačí podmínka kladnosti koeficientů. Redukce se provádí dle následujícího postupu:

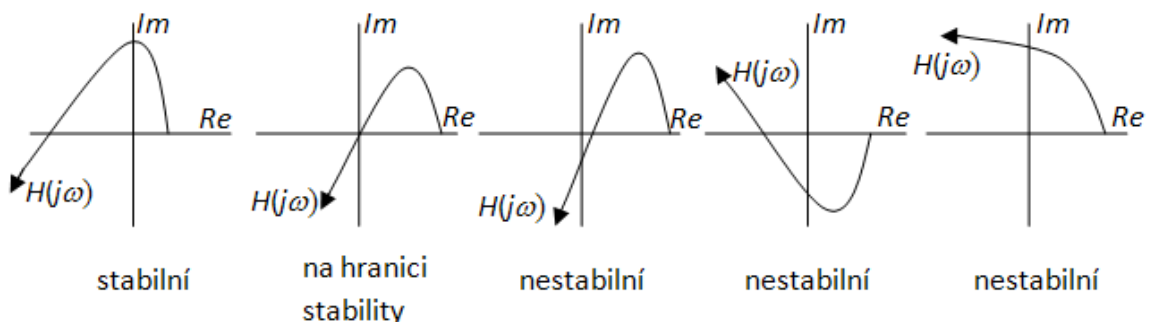
$$\begin{array}{ccccccc}
 a_n & & a_{n-1} & & a_{n-2} & & a_{n-3} & & a_{n-4} & & \dots & / \frac{a_n}{a_{n-1}} \\
 \frac{a_n}{a_{n-1}} a_{n-1} & \swarrow & & \swarrow & \frac{a_n}{a_{n-1}} a_{n-3} & \swarrow & & \swarrow & \frac{a_n}{a_{n-1}} a_{n-5} & & & \\
 \hline
 0 & a_{n-1} & a_{n-2} - \frac{a_n}{a_{n-1}} a_{n-3} & a_{n-3} & a_{n-4} - \frac{a_n}{a_{n-1}} a_{n-5} & & & & & & &
 \end{array} \tag{3.40}$$

3.8.2.3 Michajlov-Leonhardovo kritérium

Jde o frekvenční kritérium dané opět charakteristickou rovnicí 3.37. Pokud vytvoříme funkci $H(s)$ a za 's' dosadíme ' $j\omega$ ', vznikne nám vektor $H(j\omega)$:

$$H(j\omega) = a_n(j\omega)^n + \dots + a_1(j\omega) + a_0 = 0 \tag{3.41}$$

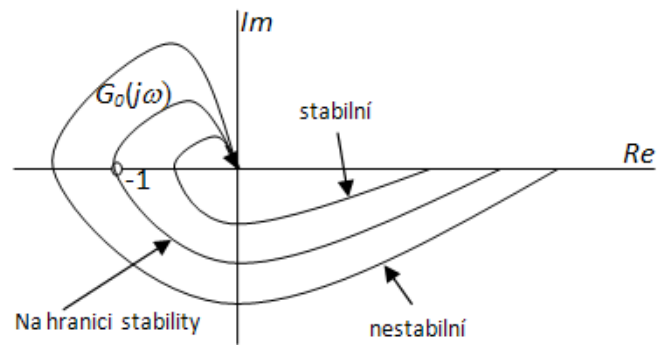
Má-li být systém stabilní, musí Michajlov-Leonhardova křivka začínat na kladné reálné poloose, a musí projít v protisměru hodinových ručiček tolika kvadranty, kolikátého stupně je charakteristická rovnice. Například pro charakteristickou rovnicí třetího stupně:



Obr. 3.13: Příklad stability třetího stupně podle Michajlov-Leonhardova kritéria

3.8.2.4 Nyquistovo kritérium

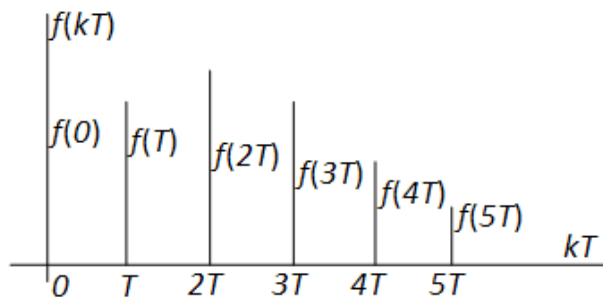
Za předpokladu, že je přenos otevřené smyčky stabilní $G_{\theta}(s)$, pak aby byl celý zpětnovazební obvod stabilní, musí bod $[-1,0j]$ ležet vlevo od frekvenční charakteristiky rozpojeného regulačního obvodu v komplexní rovině. Vzdálenost od bodu $[-1,0j]$ určuje míru stability.



Obr. 3.14: Nyquistovo kritérium

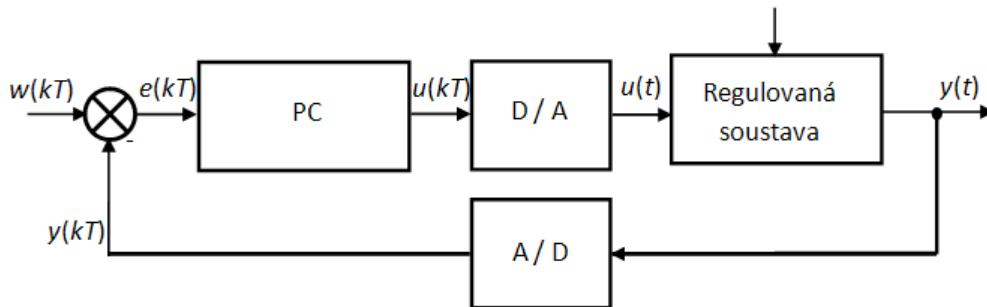
4 DISKRÉTNÍ SYSTÉMY

Diskrétní systémy jsou takové, v nichž alespoň jeden člen pracuje nespojitě, tj. pracující s posloupností naměřených hodnot [1].



Obr. 4.1: Diskrétní systém

Diskrétní regulační obvod:



Obr. 4.2: Diskrétní regulační obvod

4.1 Rekurzivní řešení lineárních diferenčních rovnic

Tak jako je u spojitéch systémů základním tvarem matematického popisu diferenciální rovnice, tak je u diskretních systémů základem diferenční rovnice. Lineární diferenční rovnice se může napsat ve dvou základních tvarech a to s dopřednou diferencí a se zpětnou diferencí.

Dopředná diference (kladné posunutí):

$$a_n y(k+n) + \dots + a_1 y(k+1) + a_0 y(k) = b_m u(k+m) + \dots + b_1 u(k+1) + b_0 u(k) \quad (4.1)$$

Zpětná diference (záporné posunutí):

$$a_0 y(k) + a_1 y(k-1) + \dots + a_n y(k-n) = b_0 u(k) + b_1 u(k-1) + \dots + b_m u(k-m) \quad (4.2)$$

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 TVORBA WEBOVÝCH STRÁNEK

Tato část bakalářské práce popisuje základy HTML kódu a tvorbu WWW stránek zakladyautomatizace.wz.cz, což jsou stránky, které korespondují s tématem Elektronická podoba předmětu automatizace.

5.1 Základy HTML

5.1.1 Historie

WWW (World Wide Web) se zrodil ve švýcarském CERNu, evropské laboratoři pro fyziku částic v Ženevě. V roce 1989 jej předložil jako svůj plán Tim Berners-Lee. Jeho nápad umožňoval vědcům ze vzdálených míst zeměkoule organizovat a uspořádat informace. V roce 1992 vzniká první veřejně dostupná verze prohlížeče, která měla pouze textový režim. Tentýž rok je zveřejněna první neformální verze HTML (HyperText Markup Language- „hypertextový značkovací jazyk“). O rok později je na světě již kolem 50ti serverů. Je dokončen první grafický prohlížeč NCSA Mosaic pro Windows a je navrhnut jazyk HTML verze 2.0. V roce 1994 předává CERN vývoj WWW francouzskému institutu INRIA, který pracuje dále na vývoji WWW. V roce 1995 je vydaná oficiální specifikace HTML 2.0, v roce 1996 HTML 3.0 a v roce 1997 HTML 4.0 [7].

5.1.2 Základní příkazy HTML

Soubor HTML může být vytvořen dvěma způsoby. Buď psaním přímo kódu anebo nějakým HTML editorem. Druhý způsob je sice jednodušší a nevyžaduje žádné znalosti jazyka (wysiwyg editory), vnáší však do kódu obrovský chaos. Úplný základ HTML stránky tvoří následující kód [8]:

```
<html>
  <head>
    <title>Hello world</title>
  </head>
  <body>
    toto je moje první stránka.
  </body>
```

```
</html>
```

Po otevření souboru s příponou html v internetovém prohlížeči se objeví na obrazovce obsah „toto je moje první stránka“. Název této stránky bude „Hello world“. Všechny tagy v kódu jsou až na pár výjimek v párech. Vše začíná úvodním tagem, např. <body> a končí ukončovacím tagem </body>. Vysvětlení jednotlivých tagů:

<html> </html> označuje tělo celého dokumentu.

<title></title> vyznačuje název tohoto dokumentu.

<head></head> vymezuje hlavičku dokumentu. Ta se v prohlížeči nevyznačuje. Slouží k označení některých důležitých informací, jako třeba <title>.

<body></body> je tělo dokumentu. To, co je napsané zde, se bude zobrazovat v prohlížeči.

Tělo dokumentu může obsahovat další tagy:

```
<body>
  <h1>nadpis první úrovně</h1>
  <p>odstavec s <b>tučným textem</b>, a <i>kurzivou</i>.
  <span style="color: blue;">Modrý text.</span></p>
  <h2>nadpis druhé úrovně</h2>
  <p style="text-align: center;" >text uprostřed stránky.
  <p>odstavec s <i><b>tučnou kurzivou. </b></i><br>Ahoj.</p>
  <p>Přejdi na stránku: <a href="http://www.google.com">google.</a></p>
  <p>Přejdi na soubor:<a href="index.htm">index.</a></p>
  
</body>
```

<h1></h1>, <h2></h2>... - vymezení nadpisu první a druhé úrovně. Celkem se dá použít až šest úrovní. Vykreslují různě velké písmo podle úrovně. <h1> má písmo největší.

<p> </p> - vymezuje odstavec. Po jeho ukončení se automaticky zalomí řádek a vytvoří vertikální mezera.

 , <i> </i>, <u> </u> - tučný text, kurzíva a podtržený text.

, - vymezuje nějak odlišný text. U příkladu je použit atribut style, který má hodnotu blue – modrý. Mezi tagy bude tedy text modrý.

 - tag je nepárový. Text po tomto tagu bude začínat vždy na novém řádku, nejde však o nový odstavec.

gogole. - jde o absolutní adresu. Text google se zobrazí jako text odkazu. Po kliknutí na něj se prohlížeč přepne na adresu google.com.

index. - relativní cesta, odkazuje na jiný html soubor.

 - zobrazí obrázek s názvem obrázek.gif.

<p style="text-align: center" > - zarovná text na střed. Mimo jiné může být použito zarovnání vpravo "text-align: right" nebo vlevo ="text-align: left".

Další důležité tagy bez jejich párových tagů:

 nebo - jde o číslovaný nebo odrážkový seznam.

 - položka seznamu.

 - nastavení barvy, fontu a velikosti písma.

<big> nebo <small> - zvětšení nebo zmenšení písma o jednu úroveň.

<sub> nebo <sup> - dolní a horní index. Pro jejich zmenšení lze použít vícekrát za sebou.

<div> - jde o oddíl, který zahrnuje libovolnou délku textu. Ten se zalomí do odstavce.

<pre> - předformátovaný text.

<hr> - vodorovná čára. Zobrazí stínovanou šedou čáru přes celou obrazovku. Atributy se může ovlivnit její délka, šířka, barva, zarovnání a stínování [8].

5.1.2.1 Tabulky

```
<table>
<tr><td>aa</td><td>ab</td><td>ac</td></tr>
<tr><td>ba</td><td>bb</td><td>bc</td></tr>
<tr><td>ca</td><td>cb</td><td>cc</td></tr>
</table>
```

Příkaz <table> uzavírá tělo tabulky. Tag <tr> vytvoří řádek tabulky. Uvnitř tagu smí být pouze tagy <td> a <th>. Tag <td> ohraničuje buňku tabulky. Výše uvedený kód vytvoří tabulku 3x3 buňky. Příkaz <th> je stejný jako <td>, pouze text v buňce je tučný a vystředěný. Buňky se mohou slučovat a to atributem tagu <td> - rowspan. Následující příklad spojí tři levé buňky:


```
<table>
  <tr><td rowspan=3>aa+ba+ca</td><td>ab</td><td>ac</td></tr>
  <tr><!-- zde nic --><td>bb</td><td>bc</td></tr>
  <tr><!-- zde nic --><td>cb</td><td>cc</td></tr>
</table>
```

Mezi další atributy tohoto tagu patří horizontální a vertikální zarovnání textu v buňce `<align>` a `<valign>`, které mohou obsahovat hodnoty `left`, `center`, `right` a `justify` pro atribut `<align>` a hodnoty `top`, `middle`, `bottom` a `baseline` pro atribut `<valign>`. Pro šířku buňky se používá atribut `<width>`, může se uvádět hodnotou nebo procentem. Pro barvu na pozadí atribut `<bgcolor>`, barvu rámečku `<bordercolor>` a pro obrázek na pozadí `<background>` [8].

5.1.2.2 Rámy

Stránka se rozděluje do více obdélníkových oblastí – rámců, do kterých se načítají samostatné stránky. Následující příklad rozděluje stránku na dvě části:

```
<frameset cols="150, *,10%">
  <frame name="sloupec" src="menu.html">
  <frame name="obsah" src="uvod.html">
</frameset>
```

Levý sloupec je pevně široký – 150 pixelů, třetí sloupec zaplní 10% stránky a prostřední zbytek okna. Pokud se má rozdělit stránka do řádkových rámců, použije se místo `cols` atribut `rows`, pro který platí stejná pravidla. Do rámců se poté načtou okna `menu.html` pro sloupec a `uvod.html` pro obsah. Důležité je, že tag `<frameset>` musí být za hlavičkou místo `<body>` [8].

5.2 Tvorba WWW stránek Automatizace

Webové stránky `zakladyautomatizace.wz.cz` jsou vytvořeny pomocí PHP skriptů. PHP skript musí být ohraničen v kódu speciální značkou `<?php nějaký PHP skript ?>`. Dále je

nutné stejně jako v CSS každou vlastnost a funkci oddělit středníkem. Struktura adresáře je následující:

```
[config]
[data]
[design]
[include]
Index.php
```

5.2.1 Soubor Index.php

Soubor index.php je souborem spouštěcím. Poskytovatel internetu webzdarma PHP skripty podporuje. K tomu, aby byl web opravdu zdarma, si poskytovatel vyhrazuje místo pro umístění své reklamy, která může být pouze nahoře hlavní stránky, popřípadě dole na stránkách všech.

Index.php je hlavní šablona, do které se vkládají všechny ostatní šablony - header, top, menu a bottom. Každá část stránky (tj. hlavička, obsah, hlavní okno a patička) se zapíše jako jeden <div>, kterému se předepíše absolutní poloha:

```
include "include/header.inc.php";
?>
<body>
<?php
include "include/top.inc.php";
    echo "<div id=\"wrap\">";
include "include/menu.inc.php";
    echo "<div id=\"content\">";
$file = "data/". $g_page . ".php";
if(file_exists($file)){
    include $file;
}
else {
    echo "<div class=\"error\">.T_NO_FILE.$file.</div>";
}
    echo "</div></div>";
include "include/bottom.inc.php";
```

```
?>  
</body>
```

Pozice lze později měnit v souboru style.css. Ostatní skripty se tedy do hlavního okna vkládají příkazem:

```
include "include/header.inc.php";
```

To platí i pro ostatní tři šablony. V kódu se dále testuje, jestli soubor s HTML kódem existuje. Pokud ne, vypíše se chybové hlášení. To provádí následující kód:

```
if(file_exists($file)){  
    include $file;  
}  
else {  
    echo "<div class=\"error\">".T_NO_FILE.$file."</div>";  
}
```

5.2.2 Adresář config

Obsahuje dva soubory. Menuitems.conf.php a text.conf.php. První soubor slouží pro definování položek v nabídce menu:

```
$items = array(  
    "index" => "Hlavní stránka",  
    "uvod" => "Úvod do automatizace",  
    "logicke_rizeni" => "Logické řízení",  
    "parc_zlomky" => "Parciální zlomky",  
    ...  
);
```

Druhý definuje proměnné text:

```
define ("T_TITLE_TEXT", "Základy automatizace");  
define ("T_NO_FILE", "Soubor neexistuje! Cesta: ");  
define ("T_BOTTOM_TEXT", "&copy; 2010");
```

5.2.3 Adresář data

Obsahuje soubory se samotným textem, který se zobrazuje v hlavním okně. Text je uložen v souborech s příponou php, samotný text se programuje jednoduchým HTML kódem.

Adresář dále obsahuje podadresáře s obrázky. Vše je uděláno přehledně tak, aby ke každému souboru byl podadresář s obrázky pouze k danému tématu.

5.2.4 Adresář design

V adresáři design je soubor style.css, ve kterém se může upravovat veškerý design hlavního okna. V souboru header.inc.php se na něj odkazuje příkazem:

```
<link type="text/css" rel="stylesheet" href="design/css/style.css">
```

Je zde nastavení pro nadpisy, tělo html, styl menu....

Například pro zvýraznění položky v menu po najetí myší:

```
#menu a:hover {  
    font-weight: bold;  
}
```

Pro zvýraznění položky menu aktuální stránky je použit příkaz:

```
#menu a.sel{  
    background: #FFE775;  
    font-weight: bold;  
}
```

Pro styl nadpisu h1:

```
#content h1 {  
    margin-top: 20px;  
    font-size: 22px;  
}
```

5.2.5 Adresář include

Obsahuje čtyři šablony pro záhlaví, menu, hlavní okno a zápatí.

První šablona top.inc.php pro záhlaví:

```
<div id="top">  
    <div class="logo">Základy automatizace</div>  
    <div class="title"><?php echo $g_title;?></div>  
</div>
```

V záhlaví vypíše název webu Základy automatizace a podnázev, který čerpá z proměnné \$g_title. Styl písma a velikost se opět převede ze souboru style.css.

Druhá šablona menu.inc.php pro menu:

```
echo "<div id=\"menu\"><ul>";
foreach ($items as $index => $name){
    if($g_page == $index){
        $selClass = " class=\"sel\"";
    }
    else {
        $selClass = "";
    }
    echo "<li><a href=\"?p=$index\"$selClass>$name</a></li>";
}
echo "</ul></div>";
```

Zobrazuje položky menu načítané z pole \$items v souboru menuitems.conf.php a každé přiřadí hypertextový odkaz a href=....

Třetí šablona header.inc.php pro načítání textu do hlavního okna:

```
<?php
include "config/text.conf.php";
include "config/menuitems.conf.php";
$g_title = $items[$g_page];
?>
<head>
    <meta http-equiv="content-type" content="text/html; charset=utf-8">
    <title><?php echo T_TITLE_TEXT; if($g_title != "") echo " | $g_title";?></title>
    <link type="text/css" rel="stylesheet" href="design/css/style.css">
</head>
```

Čtvrtá šablona bottom.inc.php pro zápatí:

```
<div id="bottom">
    <?php
    echo T_BOTTOM_TEXT;
```

```
    ?>  
</div>
```

Zde se načte text do zápatí z proměnné T_BOTTOM_TEXT.

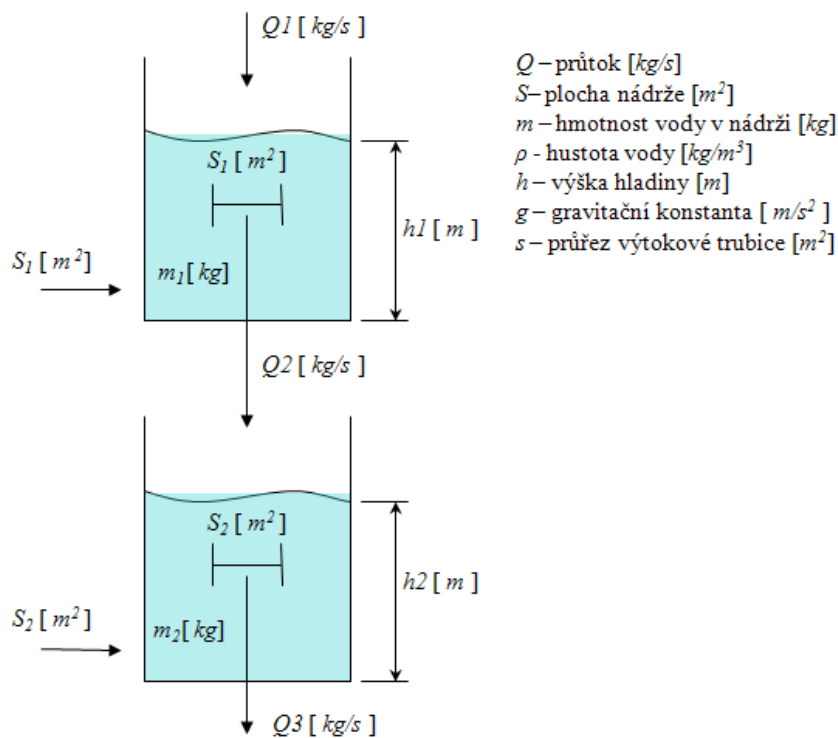
6 PŘÍKLADY K TEORETICKÉ ČÁSTI

Tato teoretická část obsahuje řešené vzorové příklady k teoretické části bakalářské práce.

6.1 Příklady matematických modelů

Příklad 1)

Nalezněte matematický model dvou nádrží. Vstupem je průtok do první nádrže a výstupem hladina ve druhé nádrži.



Obr. 6.1: Příklad na dvě nádrže

$$1. \text{ nádrž: } Q_1(t) = \frac{dm_1(t)}{dt} + Q_2(t) = \rho \cdot S_1 \cdot \frac{dh_1(t)}{dt} + Q_2(t)$$

Z Bernoulliho rovnice: $Q_2(t) = \sqrt{2h_1(t) \cdot g \cdot s_1}$ - nelineární!

Pro zjednodušení předpokládejme: $Q_2(t) = k_1 \cdot h_1(t) \cdot g \cdot S_1$

$$2. \text{ nádrž: } Q_2(t) = \frac{dm_2(t)}{dt} + Q_3(t) = \rho \cdot S_2 \cdot \frac{dh_2(t)}{dt} + k_2 \cdot h_2(t) \cdot g \cdot S_1$$

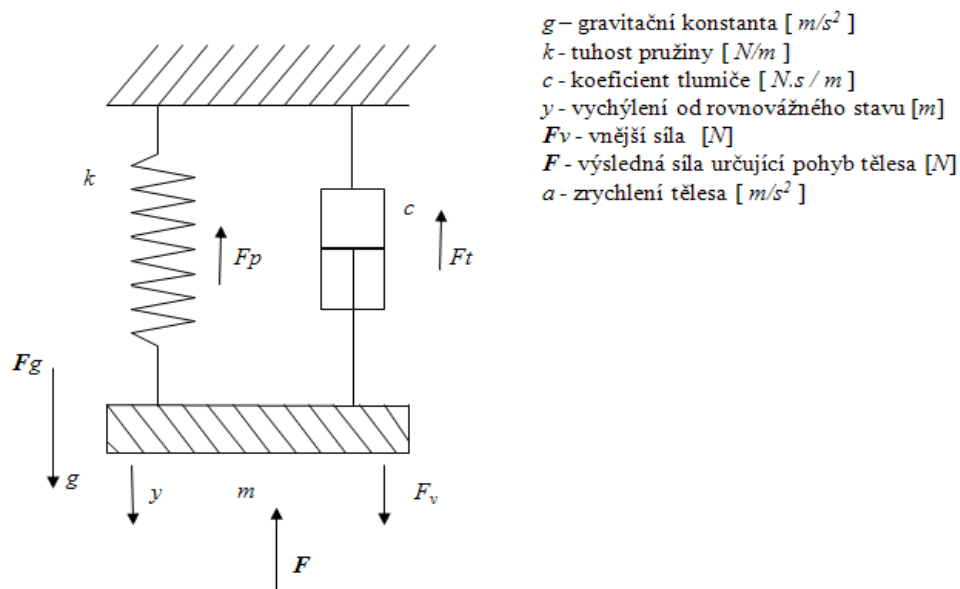
To je soustava dvou dif. rovnic: $Q_1(t) = \rho \cdot S_1 \cdot \frac{dh_1(t)}{dt} + k_1 \cdot h_1(t) \cdot g \cdot S_1$

$$S_1 \cdot k_1 \cdot h_1(t) \cdot g = \rho \cdot S_2 \cdot \frac{dh_2(t)}{dt} + k_2 \cdot h_2(t) \cdot g$$

Zajímá nás závislost: $h_2 = h_2(Q_1(t))$

Příklad 2)

Nalezněte matematický model mechanismu pružiny s tlumičem dle obrázku:



Obr. 6.2: Příklad na pružinu s tlumičem

Rovnováha sil: $F(t) + F_p(t) + F_t(t) = F_g + F_v(t)$

$$F_p(t) = c \cdot y'(t)$$

$$F_t(t) = k \cdot y(t)$$

$$F_g = m \cdot g$$

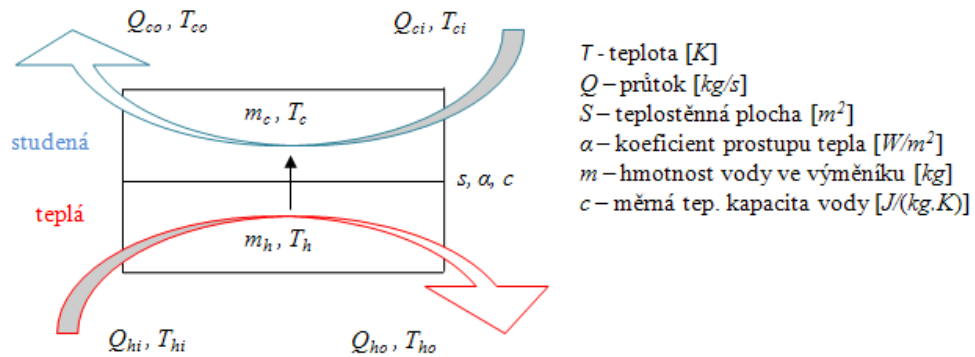
$$F_v = \text{vstupní síla daná člověkem... } F = m \cdot a = +m \cdot y''(t)$$

Vede na diferenciální rovnici 2. řádu: $m \cdot [(y''(t) - g)] + c \cdot y'(t) + k \cdot y(t) = F_v$

$$F = F_g + F_v - F_p - F_t$$

Příklad 3)

Nalezněte matematický model protiproudového výměníku tepla:



Obr. 6.3: Příklad na výměník tepla

Teplá:
$$c \cdot Q_{hi}(t) \cdot T_{hi} = c \cdot m_h \cdot \frac{dT_h(t)}{dt} + c \cdot Q_{ho}(t) \cdot T_{ho}(t) + \alpha \cdot s \cdot (T_h(t) - T_c(t))$$

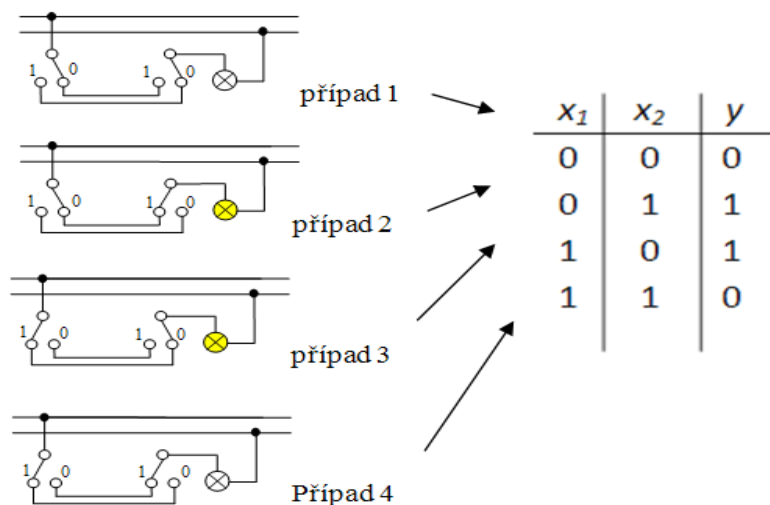
Studená:
$$c \cdot Q_{ci}(t) \cdot T_{ci} = \alpha \cdot s \cdot (T_h(t) - T_c(t)) = c \cdot m_c \cdot \frac{dT_c(t)}{dt} + c \cdot Q_{co}(t) \cdot T_{co}(t)$$

Vstupní veličiny: $T_{c1}(t), T_{h1}(t)$; výstupní veličiny: $T_{c0}(t), T_{h0}(t)$; stav. veličiny (vnitřní): $T_h(t), T_c(t)$

6.2 Příklady logických funkcí

Příklad 1)

Navrhněte zapojení, díky kterému bude možno rozsvítit světlo ze dvou míst.

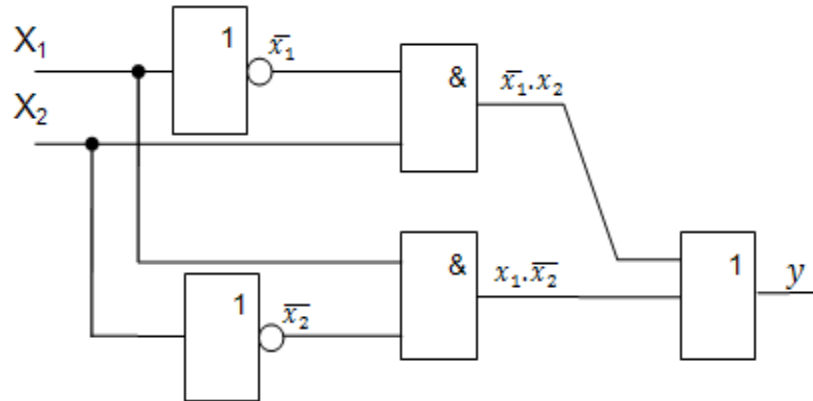


Obr. 6.4: Příklad schodišťového zapojení

Z pravdivostní tabulky odvodíme funkci:

$$y = \bar{x}_1 \cdot x_2 + x_1 \cdot \bar{x}_2$$

Dostaneme schématické zapojení:



Obr. 6.5: Schématické zobrazení schodišťového zapojení

Příklad 2)

Příklad nám demonstruje použití Karnaughovy mapy a Boolovy algebry. Hlíďte zásobníky s vodou tak, aby se doplnily pokaždé, když jsou dvě hladiny v zásobnících pod kritickou hranicí.

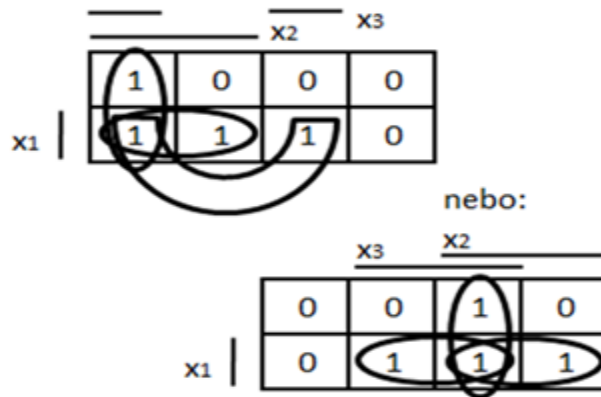
1) Pravdivostní tabulka pro funkce : $y_1 = x_2 \cdot x_3 + x_1 \cdot x_3 + x_1 \cdot x_2 + x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$ nebo

$$y_0 = \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{x}_3 + \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot x_3 + \bar{x}_1 \cdot x_2 \cdot \bar{x}_3 + x_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{x}_3$$

| x_1 | x_2 | x_3 | y |
|-------|-------|-------|-----|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |

Obr. 6.6: Pravdivostní tabulka

2) hodnoty dosadíme do Karnaughovy mapy:

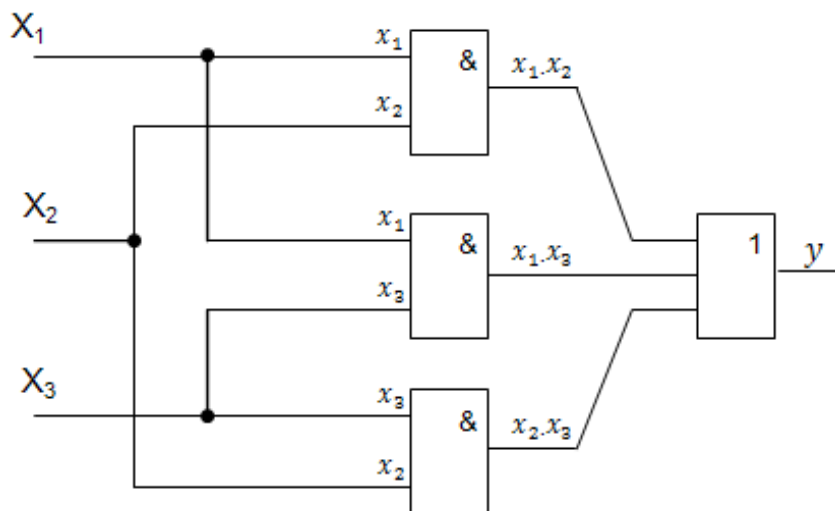


Obr. 6.7: Způsoby doplnění Karnaughovy mapy

3) vypíšeme upravenou funkci:

$$I.(x_2 \cdot x_3), II.(x_1 \cdot x_2), III.(x_1 \cdot x_3) \Rightarrow x_1 \cdot x_2 + x_2 \cdot x_3 + x_1 \cdot x_3$$

4) sestojíme schématické zapojení:



Obr. 6.8: Schématické zapojení hlídání hladin

Příklad 3)

Zobrazte čísla šestnáctkové soustavy na displeji pomocí 4 bitového převodníku viz. obrázek:



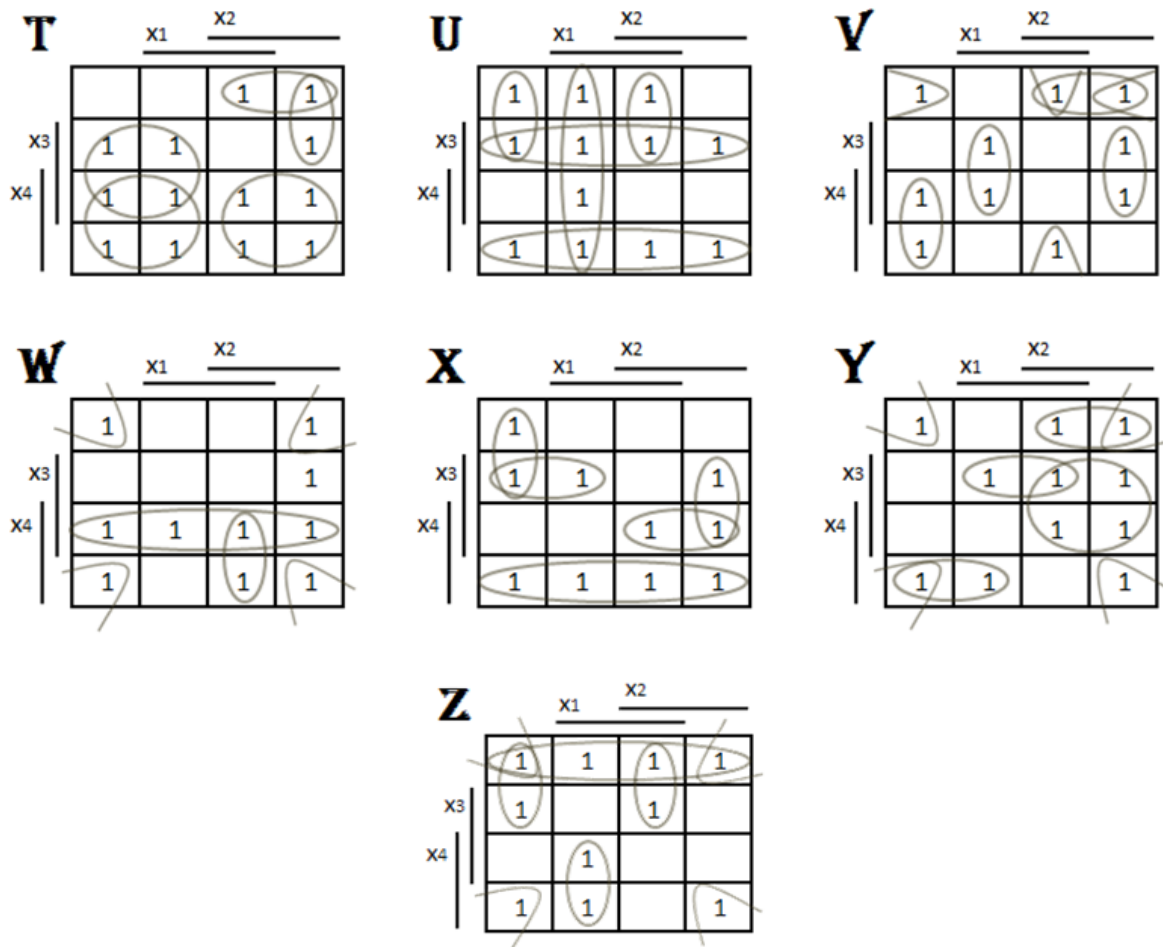
Obr. 6.9: Zadání příkladu sedmissegmentového displeje

1) nejprve sestojíme pravdivostní tabulku pro zapínání určitých žádaných diod:

| | x_4 | x_3 | x_2 | x_1 | T | U | V | W | X | Y | Z |
|---|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 5 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 6 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 7 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 9 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| A | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| B | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| C | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| D | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| E | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| F | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |

Tabulka 6.1: Pravdivostní tabulka pro sedmissegmentový displej

2) nyní pro jednotlivé diody vytvoříme pomocí Karnaughovy mapy logické funkce:



Obr. 6.10: Sestrojení Karnaughových map pro jednotlivé segmenty

$$U = \overline{x_3}x_4 + x_1\overline{x_2} + x_3\overline{x_4} + \overline{x_1}x_2\overline{x_4} + x_1x_2\overline{x_4}$$

$$V = \overline{x_1}x_3\overline{x_4} + x_2\overline{x_3}\overline{x_4} + \overline{x_1}x_2x_3 + x_1x_2\overline{x_3} + \overline{x_1}x_2x_4 + x_1\overline{x_2}x_3$$

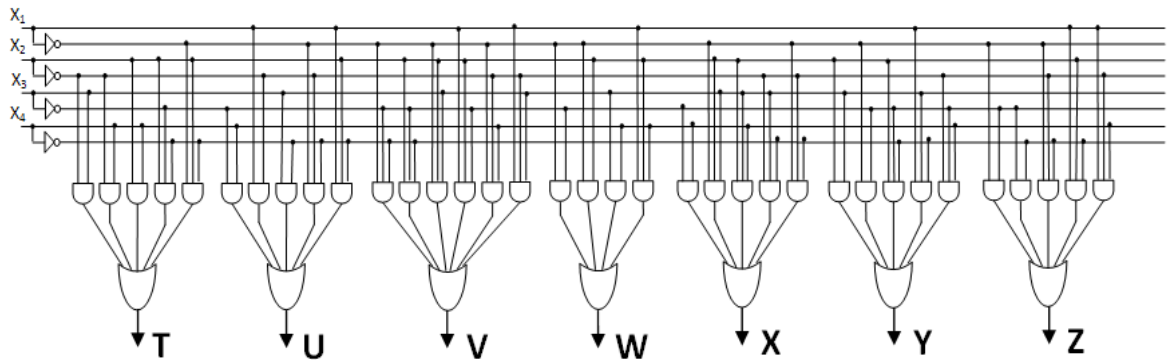
$$W = \overline{x_1}x_3 + \overline{x_1}x_2 + x_3x_4 + x_1x_2x_4$$

$$X = \overline{x_3}x_4 + \overline{x_1}x_2x_3 + x_2x_3x_4 + \overline{x_2}x_3\overline{x_4} + \overline{x_1}x_2\overline{x_4}$$

$$Y = x_2x_3 + \overline{x_1}x_3 + x_2\overline{x_3}\overline{x_4} + x_1x_3\overline{x_4} + \overline{x_2}x_3x_4$$

$$Z = \overline{x_1}x_3 + \overline{x_3}x_4 + \overline{x_1}x_2\overline{x_4} + x_1x_2\overline{x_4} + x_1\overline{x_2}x_4$$

3) sestrojíme výsledné zapojení:



Obr. 6.11: Schématické zapojení 4bitového převodníku

6.3 Příklady rozkladu parciálních zlomků

Příklad 1)

Máme funkci: $\frac{2x+5}{x^2-x-2}$

Řešení metodou neurčitých koeficientů:

1. rozložíme na kořeny: $x^2 - x - 2 = (x - 2)(x + 1)$

2. oba kořeny jsou různé reálné, proto rozepíšeme zlomky následovně:

$$\frac{2x+5}{x^2-x-2} = \frac{A}{x-2} + \frac{B}{x+1}$$

3. následujícím způsobem roznásobíme obě strany: $2x + 5 = A(x + 1) + B(x - 2)$

4. roznásobíme pravou stranu: $2x + 5 = x(A + B) + A - 2B$

5. seskupíme výrazy stejných stupňů následovně: $2 = A + B$

$$5 = A - 2B$$

6. dopočítáme výsledek: $A = 3$

$$B = -1$$

7. hodnoty dosadíme do úvodního zlomku:

$$\frac{2x+5}{x^2-x-2} = \frac{3}{x-2} - \frac{1}{x+1}$$

Řešení pomocí Heavisidova rozvoje:

1. oba kořeny jsou různé reálné, proto rozepíšeme zlomky následovně:

$$\frac{2x+5}{x^2-x-2} = \frac{A}{x-2} + \frac{B}{x+1}$$

2. doplníme dle vzorce (3.3):

$$A = \left[\frac{2x+5}{x+1} \right]_{x=2} = 3$$

$$B = \left[\frac{2x+5}{x-2} \right]_{x=-1} = -1$$

3. dosadíme do zadání:

$$\frac{2x+5}{x^2-x-2} = \frac{3}{x-2} - \frac{1}{x+1}$$

Příklad 2)**Řešení metodou neurčitých koeficientů:**

Máme funkci: $\frac{1-2x}{x^2+2x+1}$

1. rozložíme na kořeny: $x^2 + 2x + 1 = (x+1)^2$
 2. oba kořeny jsou násobné reálné, proto rozepíšeme zlomky následovně:

$$\frac{1-2x}{x^2+2x+1} = \frac{A}{x+1} + \frac{B}{(x+1)^2}$$

3. následujícím způsobem roznásobíme obě strany: $1-2x = A(x+1) + B$
 4. roznásobíme pravou stranu: $-2x+1 = Ax + (A+B)$
 5. seskupíme výrazy stejných stupňů následovně: $-2x+1 = A$

$$1 = A + B$$

6. dopočítáme výsledek: $A = -2$
 $B = 3$

7. hodnoty dosadíme do úvodního zlomku:

$$\frac{1-2x}{x^2+2x+1} = \frac{-2}{x+1} + \frac{3}{(x+1)^2}$$

Řešení pomocí Heavisidova rozvoje:

1. oba kořeny jsou násobné reálné, proto rozepíšeme zlomky následovně:

$$\frac{1-2x}{x^2+2x+1} = \frac{A}{x+1} + \frac{B}{(x+1)^2}$$

2. doplníme dle vzorců (3.5) a (3.6):

$$B = \left[(x+1)^2 \frac{1-2x}{(x+1)^2} \right]_{x=-1} = 3$$

$$A = \frac{1}{1!} \frac{d}{dx} \left[(x+1)^2 \frac{1-2x}{(x+1)^2} \right]_{x=-1} = -2$$

3. dosadíme do zadání:

$$\frac{1-2x}{x^2+2x+1} = \frac{-2}{x+1} + \frac{3}{(x+1)^2}$$

Příklad 3)

Máme funkci: $\frac{4x^2 - x + 8}{(x-2)(x^2 + 2x + 3)}$

1. rozepíšeme zlomky následovně:

$$\frac{4x^2 - x + 8}{(x-2)(x^2 + 2x + 3)} = \frac{A}{x-2} + \frac{Bx + C}{x^2 + 2x + 3}$$

2. následujícím způsobem roznásobíme obě strany:

$$4x^2 - x + 8 = A(x^2 + 2x + 3) + (Bx + C)(x - 2)$$

3. známe hodnotu $A = 2$. Tu dosadíme a dostaneme: $22 = 11A \rightarrow A = 2$

4. pro nalezení hodnoty C dosadíme za $A = 0$: $8 = 6 - 2C \rightarrow C = -1$

5. pro nalezení poslední hodnoty dosadíme za $x=1$: $11 = 12 + (B - 1)(1 - 2) \rightarrow B = 2$

6. hodnoty dosadíme do úvodního zlomku:

$$\frac{4x^2 - x + 8}{(x-2)(x^2 + 2x + 3)} = \frac{2}{x-2} + \frac{2x-1}{x^2 + 2x + 3}$$

6.4 Příklady Laplaceovy transformace

Příklad 1) Najděte L-obraz funkce $f(t) = t^2$

$$F(s) = \int_0^{\infty} t^2 e^{-st} dt$$

$$v = t^2 \Rightarrow v' = 2t$$

$$u' = e^{-st} \Rightarrow u = -\frac{1}{s} e^{-st}$$

$$F(s) = \left[t^2 \left(-\frac{1}{s} e^{-st} \right) \right]_0^{\infty} - \int_0^{\infty} 2t \left(-\frac{1}{s} e^{-st} \right) dt = - \left[\frac{t^2 e^{-st}}{s} \right]_0^{\infty} + \frac{2}{s} \int_0^{\infty} t e^{-st} dt = (0 - 0) +$$

$$\frac{2}{s} \int_0^{\infty} t e^{-st} dt = \frac{2}{s} \int_0^{\infty} t e^{-st} dt$$

$$\int_0^{\infty} t e^{-st} dt = \left[t \left(-\frac{1}{s} e^{-st} \right) \right]_0^{\infty} - \int_0^{\infty} \left(-\frac{1}{s} e^{-st} \right) dt = - \left[\frac{t e^{-st}}{s} \right]_0^{\infty} + \frac{1}{s} \int_0^{\infty} e^{-st} dt = \frac{1}{s} \int_0^{\infty} e^{-st} dt$$

$$\int_0^{\infty} e^{-st} dt = \left[-\frac{1}{s} e^{-st} \right]_0^{\infty} = - \left(0 - \frac{1}{s} \right) = \frac{1}{s} \Rightarrow F(s) = \frac{2}{s} \left[\frac{1}{s} \left(\frac{1}{s} \right) \right] = \frac{2}{s^3}$$

Příklad 2) Najděte L-obraz funkce $f(t) = \frac{1}{3} t^3$

použijeme větu o obrazu primitivní funkce:

$$L \left\{ \int_0^t f(\tau) d\tau \right\} = \frac{1}{s} F(s) \Rightarrow \frac{1}{3} t^3 = \int_0^t \tau^2 d\tau \Rightarrow L \left\{ \frac{1}{3} t^3 \right\} = \frac{1}{s} L \{ t^2 \} = \frac{1}{s} \left(\frac{2}{s^3} \right) = \frac{2}{s^4}$$

Příklad 3) Najděte L-obraz funkce $f(t) = t^2$ pomocí slovníku Laplaceovy transformace

Ze slovníku Laplaceovy transformace $t^2 = \frac{2}{s^3}$ což je i výsledek.

Příklad 4) Najděte L-obraz funkce $f(t) = \frac{1}{3} t^3$ pomocí slovníku Laplaceovy transformace

Ze slovníku Laplaceovy transformace $t^n = \frac{n!}{s^{n+1}} \Rightarrow \frac{1}{3} \frac{3!}{s^{3+1}} = \frac{6}{3s^4} = \frac{2}{s^4}$

Příklad 5) $F(s) = \frac{5}{s(s+2)} \Rightarrow f(t) = 5(1 - e^{-2t})$

Příklad 6)

$$F(s) = \frac{3s+1}{(s+2)(s+3)(s+7)} \Rightarrow f(t) = L^{-1} \left\{ -\frac{1}{s+2} + \frac{2}{s+3} - \frac{1}{s+7} \right\} = -e^{-2t} + 2e^{-3t} - e^{-7t}$$

Příklad 7) $F(s) = \frac{6s}{36+s^2} \Rightarrow f(t) = 6 \cos 6t$

6.5 Příklady na obrazový přenos

Vytvořte přenos k dané diferenciální rovnici:

$$y''' + 4y'' + 2,4y' + 10y = 5u' + 2u \quad G(s) = \frac{5s+2}{s^3 + 4s^2 + 2,4s + 10}$$

$$5y'' + 4y = u \quad G(s) = \frac{1}{5s^2 + 4}$$

$$y = 15u \quad G(s) = 15$$

Vytvořte diferenciální rovnici z daného přenosu:

$$G(s) = \frac{5s+1}{4s^3 + 2s^2 + 4s + 1} \quad 4y''' + 2y'' + 4y' + y = 5u' + u$$

$$G(s) = \frac{s}{2s^2 + 5} \quad 2y'' + 5y = u'$$

$$G(s) = 12s^2 \quad y = 12u''$$

6.6 Příklad na vyjádření nul, pólů a časových konstant

Máme danou diferenciální rovnici:

$$4y'' + 20y' + 16y = 3u'' + 15u' + 18u$$

a) základní tvar: $G(s) = \frac{3s^2 + 15s + 18}{4s^2 + 20s + 16}$

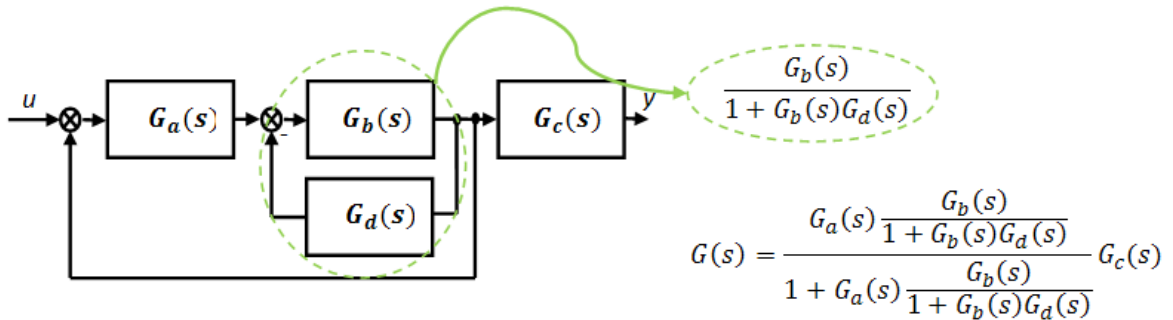
b) tvar s vyjádřenými nulami a póly: $G(s) = \frac{3(s+2)(s+3)}{4(s+1)(s+4)}$

c) tvar s časovými konstanty: $G(s) = \frac{3}{4} \frac{2(0,5s+1)3(0,33s+1)}{(s+1)4(0,25s+1)} = \frac{9}{8} \frac{(0,5s+1)(0,33s+1)}{(s+1)(0,25s+1)}$

6.7 Příklady blokové algebry

Příklad 1) Jaký je výsledný přenos?

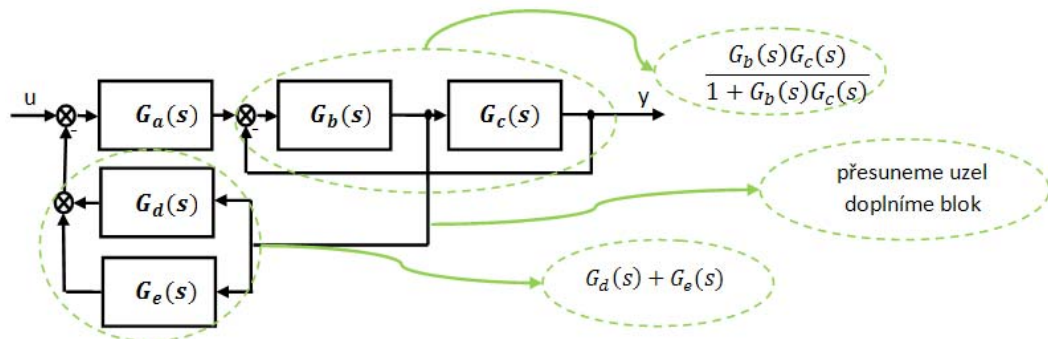
řešení: nejdříve zapojení zjednodušíme, tj. členy $G_b(s)$ a $G_d(s)$ sjednotíme, poté počítáme jako zpětnovazební zapojení.



Obr. 6.12: Způsob úpravy příkladu 1) blokové algebry

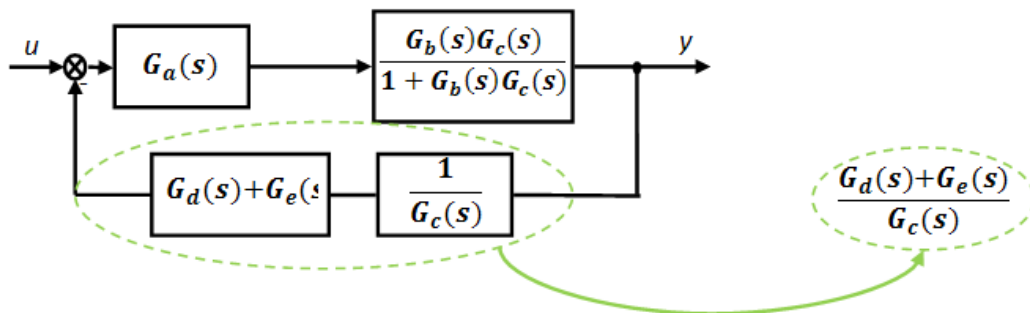
Příklad 2) Jaký je výsledný přenos?

řešení: nejdříve musíme uzel před $G_c(s)$ přesunout za blok, poté zjednodušíme členy $G_b(s)$ a $G_c(s)$ a členy $G_d(s)$ a $G_e(s)$.



Obr. 6.13: Způsob úpravy příkladu 2) blokové algebry 1.

dostaneme toto zapojení, ze kterého již lehce dopočítáme přenos systému.



Obr. 6.14: Způsob úpravy příkladu 2) blokové algebry 2.

Výsledný přenos pak je:

$$G(s) = \frac{G_a(s) \frac{G_b(s)G_c(s)}{1 + G_b(s)G_c(s)}}{1 + G_a(s) \frac{G_b(s)G_c(s)}{1 + G_b(s)G_c(s)} ((G_d(s) + G_e(s)) \frac{1}{G_c(s)})} =$$

$$= \frac{G_a(s)G_b(s)G_c(s)}{1 + G_b(s)G_c(s) + G_a(s)G_b(s)G_d(s) + G_a(s)G_b(s)G_e(s)}$$

6.8 Příklady výpočtu impulsní a přechodové funkce

Vypočítejte impulsní funkci:

$$1 \quad G(s) = \frac{5}{s^2} \quad i(t) = L^{-1}\left\{\frac{5}{s^2}\right\} = 5t$$

$$2 \quad G(s) = \frac{3,4}{s} \quad i(t) = L^{-1}\left\{\frac{3,4}{s}\right\} = 3,4$$

$$3 \quad G(s) = \frac{2}{s+4} \quad i(t) = L^{-1}\left\{\frac{2}{s+4}\right\} = 2e^{-4t}$$

Vypočítejte přechodovou funkci:

$$1 \quad G(s) = \frac{1}{s^2} \quad i(t) = L^{-1}\left\{\frac{1}{s^2}\right\} = 0,5t^2$$

$$2 \quad G(s) = \frac{3,4}{s} \quad i(t) = L^{-1}\left\{\frac{3,4}{s^2}\right\} = 3,4t$$

$$3 \quad G(s) = \frac{2}{s+2} \quad i(t) = L^{-1}\left\{\frac{2}{s(s+2)}\right\} \Rightarrow 2L^{-1}\left\{\frac{1}{2s} - \frac{1}{2(s+2)}\right\} = 1 - e^{-2t}$$

6.9 Příklady výpočtu frekvenčního přenosu a frekvenční charakteristiky

Vytvořte frekvenční přenos k dané diferenciální rovnici:

$$1 \quad y''' + 4y'' + 2y' + 10y = 5u' + 2u \quad G(j\omega) = \frac{5(j\omega) + 2}{(j\omega)^3 + 4(j\omega)^2 + 2,4(j\omega) + 10}$$

$$2 \quad 5y'' + 4y = u \quad G(j\omega) = \frac{1}{5(j\omega)^2 + 4}$$

Sestrojte frekvenční charakteristiku systému o přenosu:

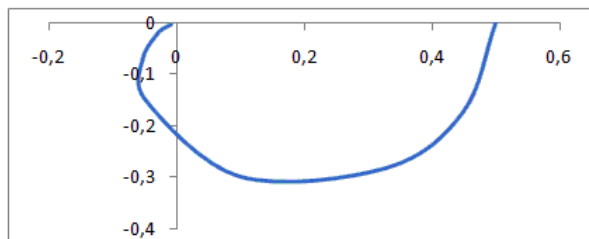
$$G(s) = \frac{1}{s^2 + 3s + 2}$$

Konstrukci frekvenční charakteristiky ve složkovém tvaru:

$$G(j\omega) = \frac{1}{(j\omega)^2 + 3(j\omega) + 2} = \frac{2 - \omega^2}{(2 - \omega^2)^2 + 9\omega^2} - j \frac{3\omega}{(2 - \omega^2)^2 + 9\omega^2}$$

$$\text{Re} = \frac{2 - \omega^2}{(2 - \omega^2)^2 + 9\omega^2} \quad \text{Im} = -\frac{3\omega}{(2 - \omega^2)^2 + 9\omega^2}$$

| ω | Re | Im |
|----------|------------|------------|
| 0,00 | 0,5 | 0 |
| 0,25 | 0,4488688 | -0,1737557 |
| 0,50 | 0,3294118 | -0,2823529 |
| 1,00 | 0,1 | -0,3 |
| 2,00 | -0,05 | -0,15 |
| 3,00 | -0,0538462 | -0,0692308 |
| 5,00 | -0,030504 | -0,0198939 |
| 6,00 | -0,022973 | -0,0121622 |
| 8,00 | -0,0140271 | -0,0054299 |
| 9,00 | -0,0113343 | -0,0038737 |
| 10,00 | -0,0093298 | -0,0028561 |



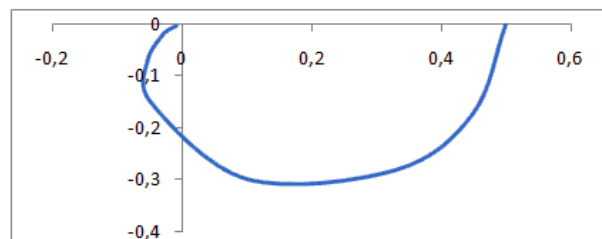
Obr. 6.15: Konstrukce frekvenční charakteristiky ve složkovém tvaru

Konstrukci frekvenční charakteristiky v exponenciálním tvaru:

$$G(j\omega) = \frac{1}{(j\omega)^2 + 3(j\omega) + 2} = \frac{2 - \omega^2}{(2 - \omega^2)^2 + 9\omega^2} - j \frac{3\omega}{(2 - \omega^2)^2 + 9\omega^2} = \frac{1}{\sqrt{(2 - \omega^2)^2 + 9\omega^2}} e^{-j \arctg\left(\frac{3\omega}{2 - \omega^2}\right)}$$

$$A(\omega) = \frac{1}{\sqrt{(2 - \omega^2)^2 + 9\omega^2}} \quad \varphi(\omega) = \arctg\left(\frac{-3\omega}{2 - \omega^2}\right)$$

| ω | $A(\omega)$ | $\varphi(\omega)$ |
|----------|-------------|-------------------|
| 0,00 | 0,5 | 0 |
| 0,25 | 0,4813255 | -21,16126 |
| 0,50 | 0,4338609 | -40,601295 |
| 1,00 | 0,3162278 | -71,565051 |
| 2,00 | 0,1581139 | 71,565051 |
| 3,00 | 0,0877058 | 52,125016 |
| 5,00 | 0,0364179 | 33,111342 |
| 6,00 | 0,0259938 | 27,897271 |
| 8,00 | 0,0150414 | 21,16126 |
| 9,00 | 0,011978 | 18,868999 |
| 10,00 | 0,0097571 | 17,020526 |



Obr. 6.16: Konstrukce frekvenční charakteristiky v exponenciálním tvaru

6.10 Příklady charakteristické rovnice

Vypočítejte stabilitu z charakteristické rovnice:

$$G(s) = \frac{35s^2 + 10s + 3}{34s^2 + 5} \quad \Rightarrow 4s^2 + 5 = 0 \quad \text{z toho vyplývá } \pm 1,118j$$

$$G(s) = \frac{10s^4 + 2s^3 + s^2 + 10}{s^3 + 2,5s^2 + 6s + 2,5} \Rightarrow s^3 + 2,5s^2 + 6s + 5 = 0 \quad \text{z toho vyplývá } -1 \pm 2j \text{ a } -5$$

Určete stabilitu systému dle základních podmínek stability:

- 1) $s^2 + 3s + 1 = 0$ /systém je stabilní - kladnost koeficientů u rovnice druhého řádu je nutnou a postačující podmínkou
- 2) $s^3 + 5s + 10 = 0$ /systém je nestabilní - koeficient druhého řádu je nulový!
- 3) $s^4 + 4s^3 + 2s^2 + 7s + 7 = 0$ /u systému vyššího řádu musíme i při kladnosti koeficientů rozhodnout některým kritériem stability
- 4) $2s^3 - 3s^2 + s + 1 = 0$ /systém je nestabilní - záporný koeficient
- 5) $2s^3 - 3s^2 + s + 1 = 0$ /systém je nestabilní - záporný koeficient
- 6) $s(s+1)(s+4) = 0$ /systém je na hranici stability - jeden kořen je nulový
- 7) $(s+2)(s+1)(s+4) = 0$ /systém je stabilní - všechny kořeny jsou záporné

6.11 Příklady výpočtu stability systému

Příklad 1) Z charakteristické rovnice zjistěte stabilitu systému dle Hurwitzova kritéria:

$$s^4 + 5s^3 + 7s^2 + 6s + 2 = 0$$

všechny koeficienty jsou kladné, proto stačí dopočítat subdeterminant H_3 :

$$H_3 = \begin{bmatrix} 5 & 6 & 0 \\ 1 & 7 & 2 \\ 0 & 5 & 6 \end{bmatrix} = 124$$

jelikož i subdeterminant H_3 je kladný, můžeme považovat systém za stabilní.

Příklad 2) Z charakteristické rovnice zjistěte stabilitu systému dle Hurwitzova kritéria:

$$3s^3 + 6s^2 + 2s + 3 = 0$$

všechny koeficienty jsou kladné, proto stačí dopočítat subdeterminant H_2 :

$$H_2 = \begin{bmatrix} 6 & 3 \\ 3 & 2 \end{bmatrix} = 3$$

subdeterminant H_2 je opět kladný, systém je tedy stabilní.

Příklad 3) Zjistěte stabilitu systému danou přenosem pomocí Routh-Schurova kritéria:

$$\frac{2s^2 + 3s + 1}{s^4 + 4s^3 + 5s^2 + 2s}$$

- nejdříve určíme charakteristický polynom: $s^4 + 4s^3 + 7s^2 + 5s + 1$

- poté doplníme a dopočítáme dle předešlého vzoru:

| | | | | | |
|---|---|------|-------|---|------------|
| 1 | 4 | 7 | 5 | 1 | |
| 1 | | 5/4 | | | /* (1/4) |
| | | | | | |
| 0 | 4 | 23/4 | 5 | 1 | |
| | 4 | | 16/23 | | /* (16/23) |
| | | | | | |
| | 0 | 23/4 | 99/23 | 1 | |

Poslední 3 koeficienty jsou kladné => regulační obvod je stabilní.

Příklad 4) Zjistěte stabilitu systému pomocí Michajlov-Leonhardova kritéria:

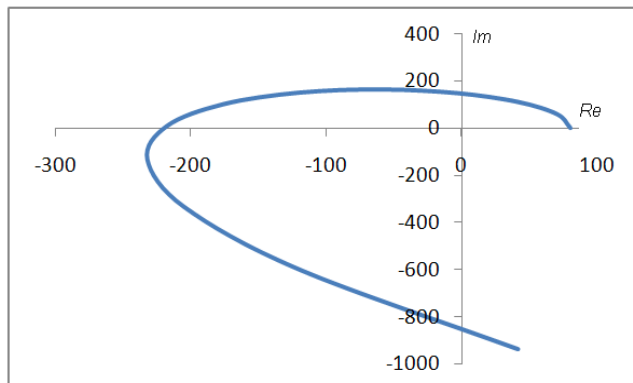
$$0,08s^4 + 1,2s^3 + 10s^2 + 60s + 80 = 0$$

-převědeme na vektor:

$$H(j\omega) = 0,08(j\omega)^4 + 1,2(j\omega)^3 + 10(j\omega)^2 + 60(j\omega) + 80 = 0$$

$$H(j\omega) = \underbrace{0,08\omega^4 - 10\omega^2 + 80}_{\text{Re}} + j \underbrace{\omega(60 - 1,2\omega^2)}_{\text{Im}}$$

| ω | Re | Im |
|----------|---------|---------|
| 0 | 80 | 0 |
| 1 | 70,08 | 58,8 |
| 2 | 41,28 | 110,4 |
| 3 | -3,52 | 147,6 |
| 4 | -59,52 | 163,2 |
| 5 | -120 | 150 |
| 6 | -176,32 | 100,8 |
| 7 | -217,92 | 8,4 |
| 8 | -232,32 | -134,4 |
| 9 | -205,12 | -334,8 |
| 10 | -120 | -600 |
| 11 | 41,28 | -937,2 |
| 12 | 298,88 | -1353,6 |
| 13 | 674,88 | -1856,4 |



Obr. 6.17: Výpočet stability systému pomocí Michajlov-Leonhardova kritéria

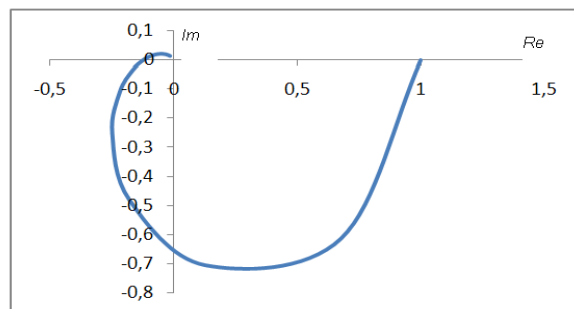
Příklad 5) Zjistěte stabilitu regulačního obvodu pomocí Nyquistova kritéria z přenosu otevřené smyčky:

$$G_0(s) = \frac{1}{s^3 + 3s^2 + 3s + 1} = \frac{1}{(s+1)^3} = \frac{1}{(j\omega+1)^3}$$

$$= \frac{1}{(j\omega+1)} \frac{(j\omega-1)}{(j\omega-1)} \frac{1}{(j\omega+1)} \frac{(j\omega-1)}{(j\omega-1)} \frac{1}{(j\omega+1)} \frac{(j\omega-1)}{(j\omega-1)} = \frac{1-3j\omega-3\omega^2+j\omega^3}{(1+\omega^2)^3}$$

$$\operatorname{Re} = \frac{1-3\omega^2}{(1+\omega^2)^3} \quad \operatorname{Im} = \frac{j\omega^3-3j\omega^2}{(1+\omega^2)^3}$$

| ω | Re | Im |
|----------|----------|----------|
| 0,00 | 1 | 0 |
| 0,25 | 0,677387 | -0,61225 |
| 0,50 | 0,128 | -0,704 |
| 0,75 | -0,18022 | -0,47923 |
| 1,00 | -0,25 | -0,25 |
| 1,25 | -0,21915 | -0,10679 |
| 1,50 | -0,1675 | -0,03277 |
| 1,75 | -0,12212 | 0,001631 |
| 2,00 | -0,088 | 0,016 |
| 2,25 | -0,06367 | 0,020827 |
| 2,50 | -0,04658 | 0,021321 |
| 2,75 | -0,03455 | 0,019986 |
| 3,00 | -0,026 | 0,018 |
| 3,25 | -0,01985 | 0,0159 |
| 3,50 | -0,01537 | 0,013918 |



Obr. 6.18: Výpočet stability systému pomocí Nyquistova kritéria z přenosu otevřené smyčky

6.12 Příklad výpočtu diskrétního systému:

Vypočítejte systém:

$$y(k+3) + 2y(k+2) + 3y(k+1) + y(k) = 5u(k+1) - 2u(k)$$

jsou dány počáteční podmínky a vstupní funkce: $y(0) = 1$, $y(1) = 2$, $y(2) = 4$, $u(k) = 2^k$

$$y(k) = 1$$

$$y(k+1) = 2$$

$$y(k+2) = 4$$

$$y(k+3) = -2y(k+2) - 3y(k+1) - y(k) + 5u(k+1) - 2u(k) = -2 \cdot 4 - 3 \cdot 2 - 1 + 5 \cdot 2 - 2 \cdot 1 = -7$$

$$y(k+4) = -2y(k+3) - 3y(k+2) - y(k+1) + 5u(k+2) - 2u(k+1) = -2 \cdot (-7) - 3 \cdot 4 - 2 + 5 \cdot 4 - 2 \cdot 2 = 16$$

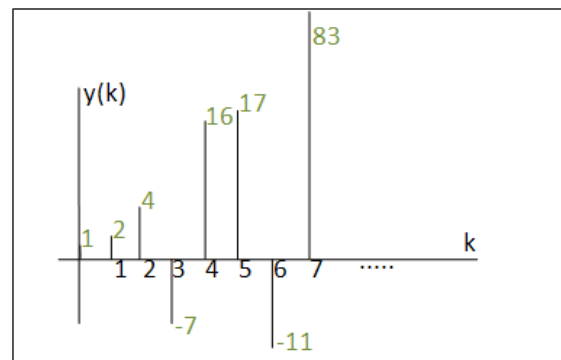
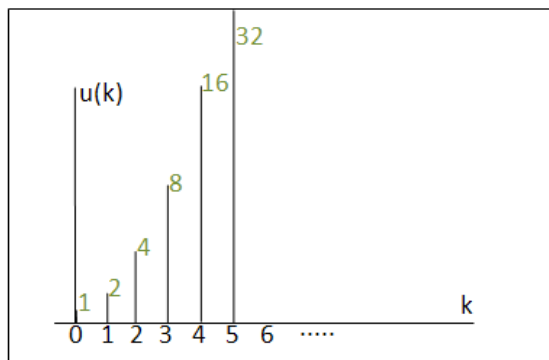
16

$$y(k+5) = -2y(k+4) - 3y(k+3) - y(k+2) + 5u(k+3) - 2u(k+2) = -2 \cdot 16 - 3 \cdot 7 - 1 \cdot 4 + 5 \cdot 8 - 2 \cdot 4 = 17$$

$$y(k+6) = -2y(k+5) - 3y(k+4) - y(k+3) + 5u(k+4) - 2u(k+3) = -2 \cdot 17 - 3 \cdot 16 - 1 \cdot 7 + 5 \cdot 16 - 2 \cdot 8 = -11$$

$$y(k+7) = -2y(k+6) - 3y(k+5) - y(k+4) + 5u(k+5) - 2u(k+4) = -2 \cdot (-11) - 3 \cdot 17 - 1 \cdot 16 + 5 \cdot 32 - 2 \cdot 16 = 83$$

...



Obr. 6.19: Výstup diskrétního signálu při vstupních podmínkách

ZÁVĚR

Automatizace jako obor je velmi mladý a stále se bouřlivě rozvíjející. Její problematika je dosti široká a představuje syntézu různých odvětví a oborů lidské činnosti. Tato práce měla za cíl shrnout základní teorii automatizace do určitého celku a poskytnout studentovi předmětu Automatizace vyučovaného ve třetím semestru bakalářského studijního programu na Fakultě aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně všeobecný přehled o problematice. Byly zde prezentovány základy, které by měl student ovládat a jejich znalosti později rozšiřovat v dalších předmětech.

Bakalářská práce byla rozdělena do dvou částí. Teoretická část studenta postupně seznamuje s elementárními pojmy z automatizace, logickým řízením, následně s Laplaceovou transformací, obrazovým přenosem, základními vlastnostmi regulačních obvodů a celkově se spojitými a diskrétními systémy. Každá část byla shrnuta na minimální znalosti v dané problematice. Tyto znalosti student bude dále rozšiřovat v oborech teorie systémů, teorie informace, technických prostředcích automatizace a dalších oblastech. V praktické části byla teorie vysvětlena na názorných příkladech. Součástí bakalářské práce byla také tvorba WWW stránek, které byly naprogramovány v php skriptu a HTML kódem. Student může tyto webové stránky použít jako studijní materiál k předmětu Automatizace stejně jako vytvořené prezentace v prostředí MS Power Point, které jsou taktéž součástí práce.

Ke zmiňovaným procesům, které jsou uvedeny v bakalářské práci, vede snaha člověka odpoutat se od fyzické činnosti. Cílem je hledání cest, jak toto uskutečnit za minimum času a nákladů vynaložených na práci. Do budoucna se bude při stále se snižujících nákladech na pořízení jakýchkoliv průmyslových součástí a prostředků využívat znalostí tohoto oboru stále více.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

Automation as a discipline is very young and still growing tumultuously. Its topic is quite broad and represents a synthesis of various sectors and fields of human activity. This thesis had an aim to summarize the basic theory of automation into a certain whole and provide student of the course Automation, taught third semester bachelor degree program at the Faculty of Applied Informatics Tomas Bata University in Zlín, a general overview of the issue. There were presented the fundamentals which should student manage and their knowledge later expand into other subjects.

Bachelor thesis was divided into two parts. The theoretical part gradually introduced student the elementary concepts of automation, control logic, then the Laplace transform, image transmission, the basic properties of control systems and generally continuous and discrete systems. Each section was summarized on the minimum knowledge in this issue. These knowledge will students further expand in the fields of systems theory, information theory, the technical means of automation and other areas. In the practical part was the theory explained on the illustrative examples. Part of the thesis was the creation of web pages which were programmed in PHP script and HTML code. Student can use this website as a study material for the subject of automation as well as created presentation in MS Power Point, which are also part of this thesis.

To the mentioned processes, which are listed in the thesis, leads the effort of a man to free ourselves from physical activity. The aim is the looking for the ways, how to implement this, with the minimum time and costs incurred for work. In the future, will continue to reduce the cost to any part of the industrial components and devices, and will be more and more use the knowledge from this field.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Balátě, Jaroslav. Automatické řízení. 1. Vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2004. 664 s.
- [2] PROKOP, Roman, MATUŠŮ, Radek, PROKOPOVÁ, Zdenka. Teorie automatického řízení – lineární spojité dynamické systémy. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006. 102 s. První vydání. ISBN 80-7318-369-2.
- [3] HRUŠKA, František. *Technické prostředky informatiky a automatizace*. 2007. Zlín: Univerzita T. Bati ve Zlíně, 2007. 193 s. ISBN 978-80-7318-535-0.
- [4] Švarc Ivan: Základy automatizace, učební texty pro kombinovanou formu bakalářského studia, VUT-FSI, 2002, 102 s.
- [5] Ogata, Katsuhiko. Modern Control Engineering. 5th edition, 2010. New Jersey: Prentice Hall. 894 s. ISBN 978-0-13-615673-4
- [6] Laplace In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , [cit. 2010-04-21]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Laplace>>.
- [7] BOŠKA, Michal. *Historie HTML a WWW prohlížečů* [online]. 2009 [cit. 2010-04-23]. Dostupné z WWW: <<http://html-history.wz.cz/>>.
- [8] JANKOVSKÝ, Dušan. *Jak psát web* [online]. 2010 [cit. 2010-04-23]. Dostupné z WWW: <<http://www.jakpsatweb.cz/>>. ISSN 1801-0458.
- [9] Automa: Časopis pro automatizační techniku. 1995, roč.1, č. 1. Praha: FCC Public s.r.o.. 12x ročně. Dostupný z WWW <http://www.automa.cz>. ISSN 1210-9592.
- [10] Automatizace 1995, roč. 1, č. 1. Automatizace s.r.o.. 1x měsíčně. Dostupný z WWW <http://www.automatizace.cz>. ISSN 0005-125X.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| | |
|-------------|---|
| $v(t)$ | Poruchová veličina. |
| $y(t)$ | Regulovaná veličina, výstupní veličina. |
| $w(t)$ | Žádaná hodnota. |
| $e(t)$ | Regulační odchylka. |
| $u(t)$ | Akční veličina. |
| R | Regulátor. |
| S | Regulovaná soustava. |
| $p(x)$ | Polynom čitatele. |
| $q(x)$ | Polynom jmenovatele. |
| $f(t)$ | Funkce. |
| $F(s)$ | Obraz funkce. |
| $\delta(t)$ | Diracův impuls. |
| $\eta(t)$ | Jednotkový skok. |
| $G(s)$ | Přenos regulované soustavy. |
| L | Laplaceova transformace. |
| L^{-1} | Zpětná Laplaceova transformace. |
| τ | Časová konstanta. |
| ω | Úhlový kmitočet. |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| <i>Obr. 1.1: Příklad zpětné vazby</i> | 12 |
| <i>Obr. 1.2: Regulační obvod</i> | 13 |
| <i>Obr. 1.3: Tvarování a vzorkování signálu</i> | 15 |
| <i>Obr. 1.4: Pulsně šířková modulace</i> | 16 |
| <i>Obr. 1.5: Lineární x nelineární systém</i> | 16 |
| <i>Obr. 2.1: Vyjádření logických funkcí</i> | 17 |
| <i>Obr. 2.2: Pět nejdůležitějších funkcí pro technické účely</i> | 18 |
| <i>Obr. 2.3: Klopný obvod R-S</i> | 19 |
| <i>Obr. 2.4: Klopný obvod D</i> | 19 |
| <i>Obr. 2.5: Klopný obvod T</i> | 20 |
| <i>Obr. 2.6: Funkce XOR</i> | 21 |
| <i>Obr. 2.7: Minimalizace logické funkce</i> | 21 |
| <i>Obr. 3.1: Pierre Simon de Laplace (1749-1827)</i> | 23 |
| <i>Obr. 3.2: Převod mezi originálem a obrazem</i> | 24 |
| <i>Obr. 3.3: Sériové zapojení</i> | 28 |
| <i>Obr. 3.4: Paralelní zapojení</i> | 28 |
| <i>Obr. 3.5: Zpětnovazební zapojení</i> | 29 |
| <i>Obr. 3.6: Schéma jednoduchého spojitého regulačního obvodu</i> | 29 |
| <i>Obr. 3.7: Základní přenosy v regulačním obvodu</i> | 29 |
| <i>Obr. 3.8: Impulsní funkce</i> | 30 |
| <i>Obr. 3.9: Přejížděcí funkce</i> | 30 |
| <i>Obr. 3.10: Frekvenční přenos</i> | 31 |
| <i>Obr. 3.11: Případy stability</i> | 32 |
| <i>Obr. 3.12: Oblast stability</i> | 33 |
| <i>Obr. 3.13: Příklad stability třetího stupně podle Michajlov-Leonhardova kritéria</i> | 34 |
| <i>Obr. 3.14: Nyquistovo kritérium</i> | 35 |
| <i>Obr. 4.1: Diskrétní systém</i> | 36 |
| <i>Obr. 4.2: Diskrétní regulační obvod</i> | 36 |
| <i>Obr. 6.1: Příklad na dvě nádrže</i> | 47 |
| <i>Obr. 6.2: Příklad na pružinu s tlumičem</i> | 48 |
| <i>Obr. 6.3: Příklad na výměník tepla</i> | 49 |

| | |
|--|----|
| <i>Obr. 6.4: Příklad schodišťového zapojení</i> | 49 |
| <i>Obr. 6.5: Schématické zobrazení schodišťového zapojení</i> | 50 |
| <i>Obr. 6.6: Pravdivostní tabulka</i> | 50 |
| <i>Obr. 6.7: Způsoby doplnění Karnaughovy mapy</i> | 51 |
| <i>Obr. 6.8: Schématické zapojení hlídání hladin</i> | 51 |
| <i>Obr. 6.9: Zadání příkladu sedmisegmentového displeje</i> | 52 |
| <i>Obr. 6.10: Sestrojení Karnaughových map pro jednotlivé segmenty</i> | 53 |
| <i>Obr. 6.11: Schématické zapojení 4bitového převodníku</i> | 54 |
| <i>Obr. 6.12: Způsob úpravy příkladu 1) blokové algebry</i> | 59 |
| <i>Obr. 6.13: Způsob úpravy příkladu 2) blokové algebry 1.</i> | 59 |
| <i>Obr. 6.14: Způsob úpravy příkladu 2) blokové algebry 2.</i> | 59 |
| <i>Obr. 6.15: Konstrukce frekvenční charakteristiky ve složkovém tvaru</i> | 61 |
| <i>Obr. 6.16: Konstrukce frekvenční charakteristiky exponenciálním tvaru</i> | 61 |
| <i>Obr. 6.17: Výpočet stability systému pomocí Michajlov-Leonhardova kritéria</i> | 63 |
| <i>Obr. 6.18: Výpočet stability systému pomocí Nyquistova kritéria z přenosu otevřené
smyčky</i> | 64 |
| <i>Obr. 6.19: Výstup diskrétního signálu při vstupních podmínkách</i> | 65 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|--|----|
| <i>Tabulka 3.1: Tabulka některých funkcí Laplaceovy transformace [1]</i> | 26 |
| <i>Tabulka 3.2: Podmínky stability Hurwitzova kritéria</i> | 34 |
| <i>Tabulka 5.1: Pravdivostní tabulka pro sedmisegmentový displej</i> | 52 |

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha PI. Ukázka vytvořené výukové práce

Příloha PII. CD disk obsahující:

- Vytvořené stránky WWW zakladyautomatizace.wz.cz
- Vytvořené výukové práce ve formě prezentací PowerPointu

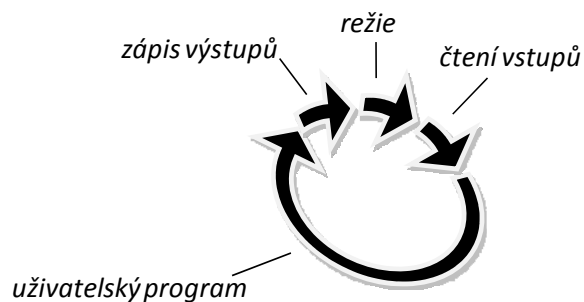
Automatizace

II. Cvičení – PLC vs. MPC

- PLC (Programmable Logic Controller)
- MPC (Microcontroler)

PLC (Programmable Logic Controller)

- jde o malý průmyslový počítač využívaný pro řízení strojů, výrobních linek ...
- pro PLC je charakteristický program, který je vykonáván ve smyčce stále dokola
- v podstatě jde o specializovaný řídicí počítač, pracující v reálném čase převážně s jednobitovými vstupními a výstupními signály, které porovnává se zadanými hodnotami a podle logických a časových pravidel uložených v paměti generuje výstupní signály.



PLC – dělení a struktura

- PLC tvoří:
 - CPU – central processing unit neboli procesor
 - Systémová paměť
 - Uživatelská paměť
 - Analogové a digitální vstupy
 - Analogové a digitální výstupy
- PLC dělíme:
 - Kompaktní – je menší, vše má v jednom pouzdře, není moždo doplňovat komponenty.
 - Modulární – jednotlivé komponenty jsou rozděleny do modulů, které můžeme různě spojovat a doplňovat. Vše je propojeno sběrnici.

PLC – výhody a nevýhody

| Výhody: | Nevýhody: |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">- snadná a rychlá realizace- odolnost ve ztíženém prostředí- spolehlivost systému | <ul style="list-style-type: none">- program není spojité v čase- zpracování úkolů je postupné- odezva |

- bez problémů pracují v průmyslových podmínkách, jsou odolné vůči klimatickým podmínkám, agresivním prostředím, otřesům, vlhkosti a mají dlouhou životnost.
- nevyžadují znalost programovacích jazyků PC, obsluhu zvládne i zaškolená osoba.
- odolnost vůči rušení vstupů a výstupů, rychlé odstranění závad (výměna modulu obsluhou).
- jsou levnější a jednodušší než řídicí PC, značně zlevňují projektování, montáž a oživení systému, nižší náklady na údržbu a náhradní díly.
- jsou rychlejší, protože pracují převážně s jednobitovými logickými signály.
- snadná přizpůsobivost řešené úloze, možnost jednoduchého dodatečného rozšíření (moduly) a možnost řešení atypických úloh.

PLC – programování

- Pro programování PLC se používají jednoúčelové programovací jednotky, které se programují v základním kódu PLC, nebo v počítači se speciálním programem.
- Kromě programování v tzv. „Mnemokódu“ (textovém kódu) můžeme též použít grafického programování, které se provádí pomocí jednoduchých symbolů logických operací. Každý výrobce PLC používá svůj vlastní programovací software.

PLC – některé základní instrukce

- **LD** - zápis do zásobníku
- **LDC** - negovaný zápis do zásobníku
- **WR** - zápis hodnoty ze zásobníku do paměti
- **WRC** - negovaný zápis hodnoty ze zásobníku do paměti
- **AND / ANC** - logický součin / negovaný logický součin
- **OR / ORC** - logický součet / negovaný logický součet
- **SET** - aktivuje v paměti jeden bit na hodnotu 1
- **RES** - deaktivuje v paměti bit na nulovou hodnotu
- **#DEF** - nahrazuje jméno adresy vlastním názvem
- **#REG** - aktivuje v paměti prostor (bit, long, word, float...)
- ...

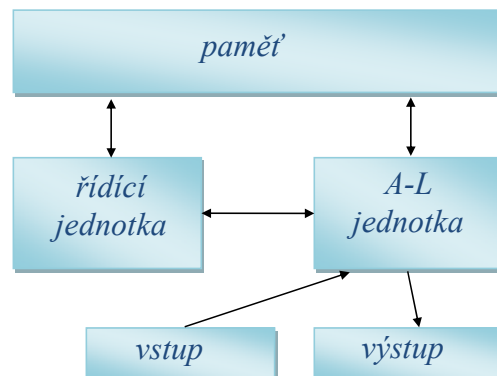
Mikropočítač (microcontroler)

- Jde o integrovaný obvod, který obsahuje kromě procesoru i další obvody jako paměť, časovače, analogově-digitální převodník, obvody pro komunikaci atd. Fyzicky zabírají malé množství prostoru.
- Jednočipové mikropočítače zpravidla obsahují oddělenou paměť programu a paměť dat a časovače, které umožňují synchronizaci s vnějším okolím. Proto se někdy jednočipovým mikropočítačům říká řídicí systémy v reálném čase.

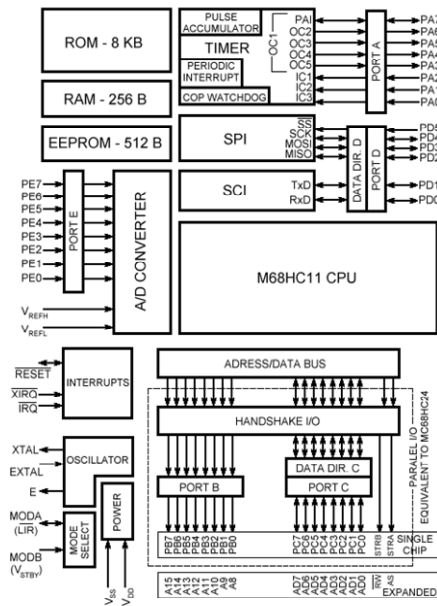
Mikropočítač – výskyt a struktura

Můžeme je spatřit téměř všude:

- Mobilní telefony
- Hudební a video přehrávače
- Bankomat
- Domácí alarm, autoalarm
- Automatická pračka
- Světlo pro jízdní kolo



Mikropočítač M68HC11



Blokové schéma mikropočítače M68HC11

PORTY

- **Port A** - zpřístupňuje systém časovačů.
- **Port B** - výstupní adresy pro adresování vnější paměti
- **Port C** - vstupně/výstupní
Vstup = DO - D7 data z vnější paměti
Výstup = A0 - A7 - nižší část adresy vnější paměti
- **Port D** - Programovatelné číslicové vstupy/výstupy
- **Port E** - Analogové nebo číslicové vstupy.

Mikropočítač - programování

Programování mikropočítačů:

- v jazyku C
- v jazyku C++
- v Assembleru

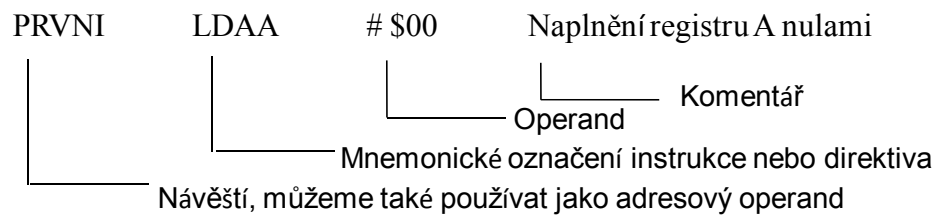
Programování mikropočítačů v Assembleru:

Zdrojové programy se zapisují v jazyce symbolických adres (instrukcí), který se také v praxi nazývá assembler. Můžeme taky použít určitou množinu znaků, které assembler umí rozpoznat :

- - písmena anglické abecedy,
- - číslice 0 až 9,
- - znaky používané jako speciální prefixy: #, \$, %, '(apostrof)
- - speciální znaky aritmetických operací: +, -, *, /,
- - další speciální znaky jako oddělovače, např.: mezera, horizontální posuv (TAB), čárka, komentář ve zdrojovém řádku, který může obsahovat znaky ASCII, ale nepřekládá se.

Mikropočítač - programování

Zdrojový program se skládá z posloupnosti zdrojových řádků. Řádek můžeme rozdělit do čtyř polí:

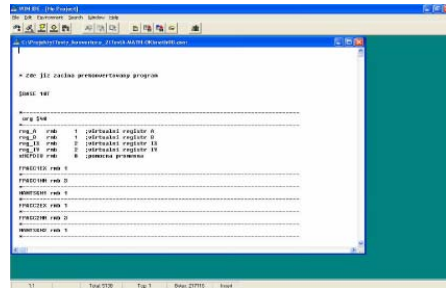


Mikropočítač - instrukce

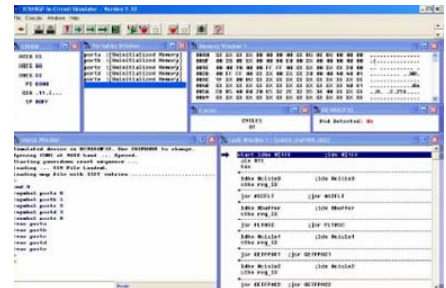
Některé základní instrukce Assembleru:

- instrukce přesunu:** **MOV** - přesune obsah jednoho registru do druhého
LDAA - naplní stádač obsahem paměťového místa
STAA - uloží obsah stádače do paměti na adresu obsaženou v instrukci
- logické operace:** **CPX** - srovná obsah paměťové buňky a nastaví příznakový registr
- aritmetické operace:** **ABA** - přičte akumulátor A do akumulátoru B
DECA - obsah akumulátoru je zmenšen o jedničku
INCA - obsah akumulátoru je zvětšen o jedničku
MUL - násobení 8bitové hodnoty v akumulátoru A 8bitovou hodnotou akumulátoru B. Výsledek uloží do aku. D
- větvení programu:** **BHI** - skok, je-li číslo větší nebo rovno 0
BNE - skok, je-li příznak nuly vynulován
JSR - skok do podprogramu
RTS - návrat z podprogramu
- práce se zásobníkem:** **PSHA** - obsah akumulátoru A je uložen do 1. prázdné buňky zásobníkové paměti
PULA - do aku.A je přesunut obsah poslední obsazené buňky zásobníkové paměti
- nastavení poč. stavu:** **CLR** - vynulování obsahu paměťové buňky

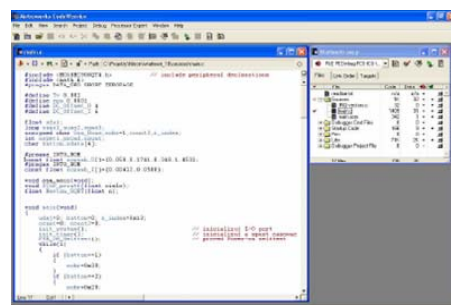
Mikropočítač – vývojové prostředky



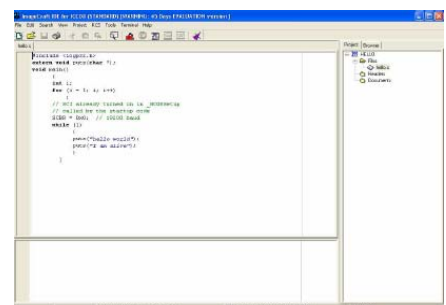
WinIDE



WinIDE – Simulator



Metrowerks CodeWarrior



ImageCraft ICC08