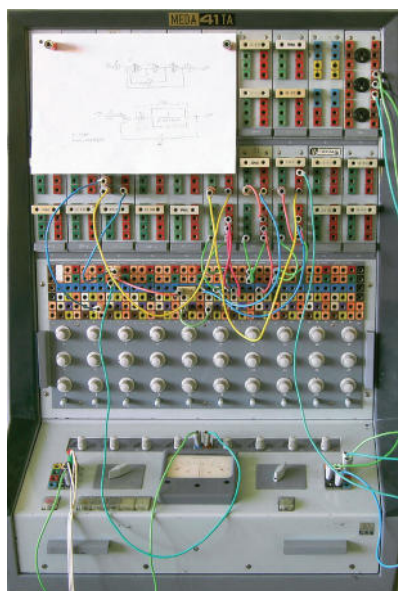


ANALOGOVÝ POČÍTAČ MEDA-T „SNADNO A RYCHLE“



Petr Klasna

FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD
PLZEŇ 2007

Obsah

Úvod	2
1. Jak MEDA vypadá a co na ní najdeme	3
1.1. Ovládací panel	4
1.2. Propojovací pole a pole potenciometrů	5
1.3. Pole modulových jednotek	8
2. Co budete na MEDĚ zapojovat	9
2.1. Invertor	9
2.2. Sumátor	10
2.3. Integrátor	11
2.4. Potenciometr	13
3. BAK-4T	15
4. Spuštění MEDY a výpočtů	17
5. Příklady	18
6. Použitá literatura	24

Vždy vyjímejte vodič ze zdířky za koncový banánek!

Úvod

Hned na začátku je potřeba říci, že tato příručka je určena především studentům, kteří budou na Západočeské univerzitě v Plzni studovat na katedře kybernetiky předmět „Teorie řízení“, případně „Kybernetika“ a dostanou se při tom na cvičeních do kontaktu s analogovým počítačem MEDA-T.

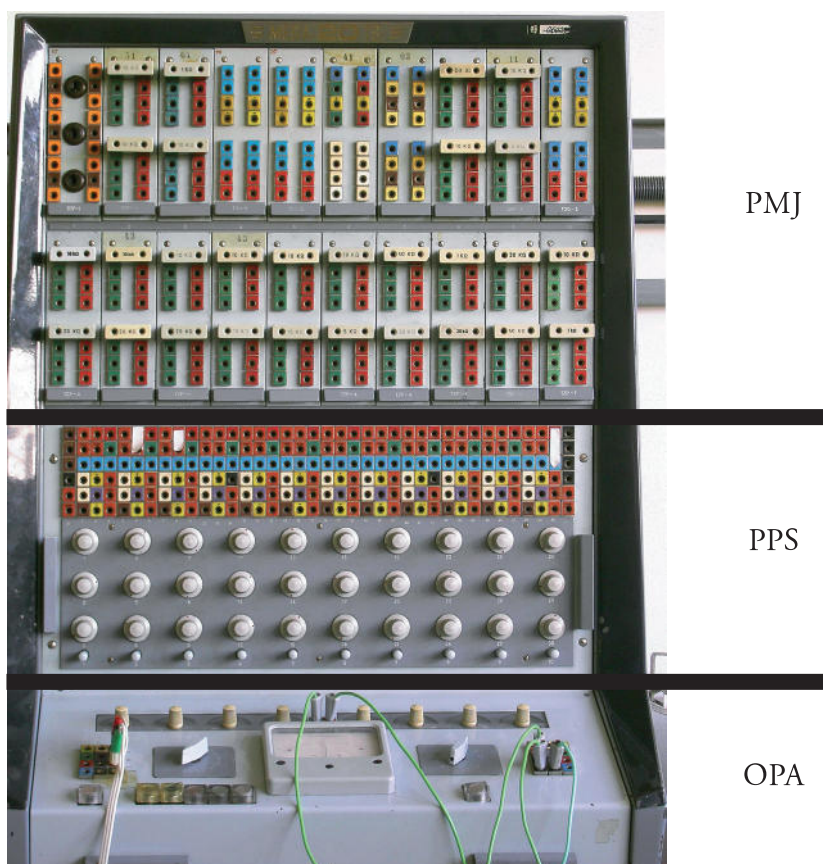
MEDA – Malý Elektronický Diferenciální Analyzátor. Jeho obsluha není složitá, ale přece jen chvíli trvá, než si na ni člověk zvykne, pokud s MEDOU nikdy nepracoval. A právě proto byla vytvořena tato publikace.

Zejména v předmětu „Teorie řízení“ se na MEDĚ pracuje velmi intenzivně, ale není téměř čas podrobně vysvětlit, jak co funguje, takže v prvních cvičeních je to většinou urputný boj mezi člověkem a strojem, místo efektivního cvičení odpřednášené látky.

Ještě malá poznámka, než začneme. MEDA je přirozeně zkratka, ale pro lepší srozumitelnost ji budu v textu skloňovat, jako jsem to udělal už v tomto úvodu. Věřím, že vám to nebude vadit.

*Nikdy nenechávejte jeden konec vodiče zapojený v MEDĚ
a druhý volně visící!*

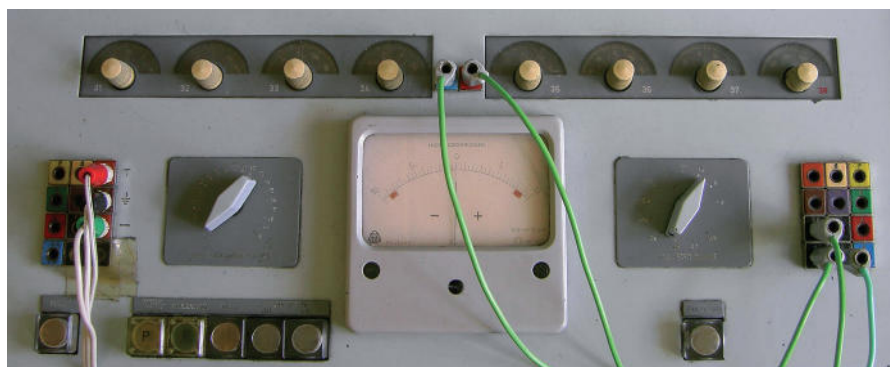
1. Jak MEDA vypadá a co na ní najdeme



Z fotografie je patrné, že si MEDU při popisu rozdělíme na tři části. Horní část se nazývá pole modulových jednotek, ve střední části je programová počítačící síť (tzv. propojovací pole) a pole potenciometrů. Úplně dole se nachází ovládací panel s měřicím přístrojem a ovládacími prvky.

Nikdy nepřipojujte počítačí napětí na výstup potenciometru!

1.1. Ovládací panel



V horní části panelu se nachází osm potenciometrů (s čísly 31 až 38). Tyto potenciometry mají noniovou stupnici s tisícinným dělením, jsou tedy velmi přesně nastavitelné. Při cvičeních se nepoužívají, takže je do svých soustav nezapojujete, vystačíte si s polem potenciometrů.

Mezi potenciometry se nachází vodič od měřicího přístroje (pravá zdířka). Tohoto konce vodiče si nevšímejte, je to vstup do MEDY. Konec, který budete používat, je nyní zapojen v „zemi“ (zdířka počítačí země) v pravém dolním rohu.

Vlevo pod potenciometry je pole dvanácti zdířek, stejné se nachází i vpravo. V pravém poli nás zajímají hlavně zdířky, ve kterých jsou na obrázku zapojeny vodiče, což jsou černé zdířky počítačí země.

Uprostřed ovládacího panelu je měřicí přístroj, který má po každé straně jeden přepínač. Přepínač nalevo slouží k vyhledání přetíženého zesilovače a v praxi ho nejspíš nikdy nepoužijete. Přepínač napravo je určen k měnění měřicích rozsahů, což se občas může hodit.

Nakonec nám zbývají ovládací prvky MEDY – tlačítka. Zcela vlevo je červené tlačítko, kterým se počítač zapíná. Vedle něj je žluté (INITIAL COND), tím se MEDA uvádí do počátečních podmínek. Používá se, když dokončíte výpočet a chcete začít znovu od začátku. Další je zelené tlačítko (OPERATION), kterým se spouští řešení zapojené

Nikdy nezapínejte MEDU, pokud nemáte ve všech operačních zesilovačích zpětnovazební odpor!

soustavy. Následuje červené tlačítko s nápisem HOLD. Má zdánlivě stejnou funkci jako tlačítko počátečních podmínek, protože stopne simulaci. Po opětovném stisknutí tlačítka OPERATION však pokračuje výpočet od místa, kde skončil, takže tlačítko jej vlastně neukončí, pouze pozastaví a MEDA si zapamatuje stav. Další dvě tlačítka (modré a fialové) potřebovat nebudete (slouží k výpočtu v repetičním režimu).

Velmi důležité je ovšem rudé tlačítko umístěné zcela vpravo. Jedná se o kontrolku přetížení systému (OVERLOAD). Jestliže se tato kontrolka rozsvítí v průběhu nějakého výpočtu, je nejlepší výpočet okamžitě zastavit (tlačítko HOLD nebo INITIAL COND) a zavolat cvičícího na konzultaci. Neriskujte zbytečně zničení některé části MEDY.

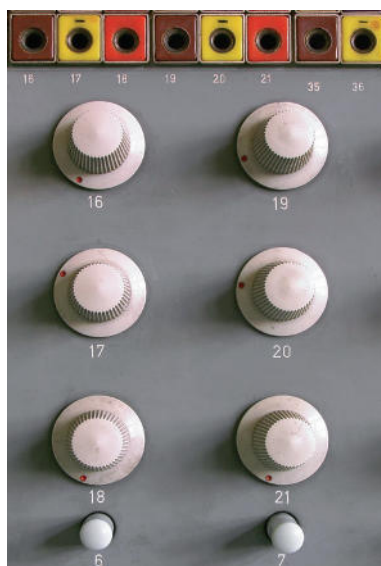
1.2. Propojovací pole a pole potenciometrů

Teď se přesuneme o něco výš k potenciometrům a propojovacímu poli. Pokud budeme v dalším textu mluvit o počítacím napětí, používáme 1 SJ, což je strojová jednotka a je rovna 10 V.

Potenciometrů je třicet a jsou situovány po třech v deseti sloupcích. V každém sloupci jsou první dva potenciometry nesymetricky zapojené (lze na nich nastavit počítací napětí v rozsahu 0 až +1 SJ). Dolní potenciometr je symetricky zapojený (lze nastavit počítací napětí v rozsahu -1 SJ až +1 SJ). Pod trojicí potenciometrů je ještě spínací tlačítko. Spínací tlačítko je nutné mít stisknuté v době, kdy potenciometr nastavujete (potenciometr se jím připojuje k počítacímu napětí), protože jinak na měřicím zařízení nevidíte nic. Stisknuté je také při některých výpočtech, ale o tom až později. Obecně je lepší mít tlačítka při výpočtech vytažená.

Pod každým potenciometrem i pod tlačítkem je číslo. Číslo pod tlačítkem znamená, ke kterému integračnímu poli tyto tři potenciometry patří, číslo pod samotným potenciometrem je jeho jednoznačná adresa. Co se tím myslí, si řekneme v následujícím odstavci.

Vždy vyjímejte vodič ze zdířky za koncový banánek!



Propojovací pole tvoří 228 barevných zdířek, které jsou rozděleny do dvanácti skupin – integračních polí. Každé integrační pole se skládá z osmnácti zdířek.

Číslo nad integračním polem je jeho adresa a jedná se o totéž číslo, které je uvedeno pod spínačem u potenciometrů. Čísla pod jednotlivými sloupci jsou pak shodná s těmi, která jsou přímo pod potenciometry. Takže si uvedeme malý příklad: v integračním poli s číslem 8 je sloupec se vstupem a výstupem potenciometru, pod nímž je uvedeno číslo 21. Jde tedy o potenciometr 21, který najdeme ve 4. sloupci zprava, a je to symetrický potenciometr.

Podívejme se nyní podrobněji na celé integrační pole. V každém jsou zahrnuty dva nesymetrické potenciometry (vstup *1a*, *1b*; výstup *2a*, *2b*) a jeden symetrický (vstup *4c*, *6c*; výstup *5c*). Všechny jejich zdířky mají oranžovou barvu. Jak jste si jistě všimli, v záhlaví některých stránek je varování, abyste nezapojovali počítačí napětí na výstupy potenciometrů. To je velmi důležité si zapamatovat, protože v tom okamžiku byste potenciometr zničili!

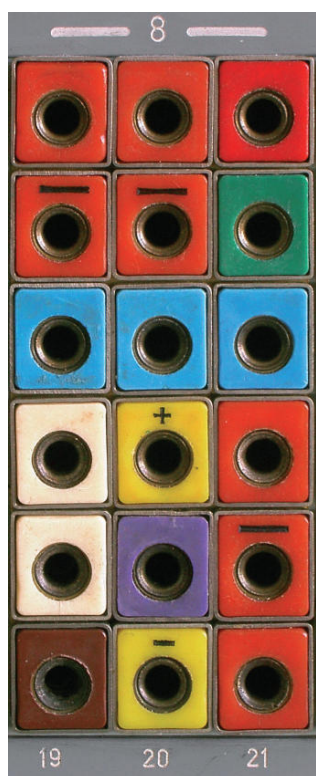
*Nikdy nenechávejte jeden konec vodiče zapojený v MEDĚ
a druhý volně visící!*

Dále je v integračním poli řada tří modrých zdírek ($3a - 3c$), to jsou vstupy integrátoru, do nichž se zapojuje přímo vodič. Dalšími vstupy integrátoru jsou zdířky $4a$ a $5a$ (jsou bílé). Do nich se však nikdy nezapojuje vodič přímo, vždy musíte přidat ještě vstupní odpor. Později si to ukážeme na příkladu.

V pravém sloupci nahoře je červená ($1c$) a zelená ($2c$) zdířka. Pomocí těch se zapojuje integrátor, což si také ukážeme na příkladu.

Zdířky $4b$ a $6b$ jsou žluté a je v nich počítací napětí (+1 SJ v $4b$ nebo -1 SJ v $6b$). Mezi nimi je zdířka pro počáteční podmínku integrátoru ($5b$ – tuto zdířku příliš využívat nebudete).

Nakonec zbývá hnědá zdířka $6a$ pro externí ovládání integračního pole. Tě si nemusíte všimnout, nejspíš ji nikdy nepoužijete.



$1a$	$1b$	$1c$
$2a$	$2b$	$2c$
$3a$	$3b$	$3c$
$4a$	$4b$	$4c$
$5a$	$5b$	$5c$
$6a$	$6b$	$6c$

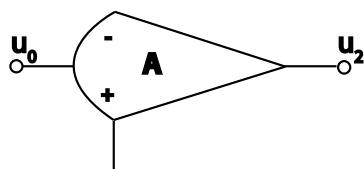
Nikdy nepřipojujte počítačí napětí na výstup potenciometru!

1.3. Pole modulových jednotek

Do pole modulových jednotek lze zapojit až dvacet různých typů jednotlivých modulových jednotek. Horních deseti si nevyšímejte, ty se používají pro zapojování nelineárních systémů. Výjimku tvoří jednotka zcela vlevo (u některých počítačů vpravo), to je tzv. dálkové ovládání. Pokud ho budete potřebovat, zapojí jej cvičící.

Důležitá je řada modulových jednotek s označením 11–20 (číslo je uvedeno úplně dole). Jedná se o jednotky operačních zesilovačů a s nimi budete tvořit všechny modelované systémy.

Operační zesilovač (zkráceně OZ) je základní jednotkou analogového počítače. Je to elektronický stejnosměrný zesilovač se zesílením, které může být až nekonečně velké. Velmi důležitou vlastností je fázový posun o 180° , takže u každého signálu, který projde operačním zesilovačem, se změní znaménko na opačné. Na obrázku jsou čtyři OZ ve dvou modulových jednotkách (na adresách 16, 17) přímo na MEDĚ.



Modulová jednotka je rozdělena na horní část (označuje se *a*) a dolní část (označuje se *b*). Většinou budete používat jen dolní část, protože je blíže k propojovacímu poli, ale lze používat i horní, není v tom rozdíl. Vstupy operačního zesilovače jsou zelené zdířky v levém



Nikdy nezapínejte MEDU, pokud nemáte ve všech operačních zesilovačích zpětnovazební odpor!

sloupci. Pravý sloupec červených zdířek jsou výstupy. Každý operační zesilovač má v sobě standardně zapojený zpětnovazební odpor a s tím souvisí další pravidlo: nikdy nezapínejte MEDU, pokud nemáte ve všech operačních zesilovačích zpětnovazební odpor!

Pokud byste to udělali, došlo by k proudovému přetížení operačního zesilovače vlivem „nekonečně“ velkého zesílení. Jednoduše řečeno – zničili byste ho. Opět se toto pravidlo objevuje v záhlaví stránek, je skutečně důležité.

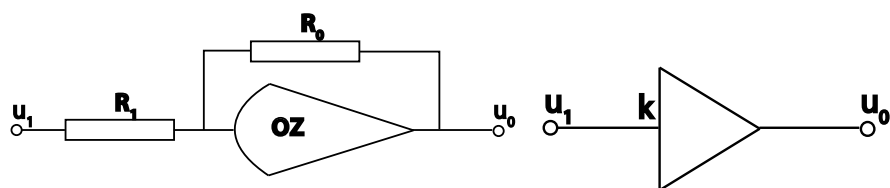
Jedinou výjimkou, kdy lze zapnout MEDU bez zpětnovazebního odporu v operačním zesilovači, je případ, kdy budete mít zapojený integrátor. K tomu se dostaneme později.

Tím jsme si MEDU představili a můžeme se podívat, jaké základní prvky na ní budete tvořit a jak vypadají.

2. Co budete na MEDĚ zapojovat

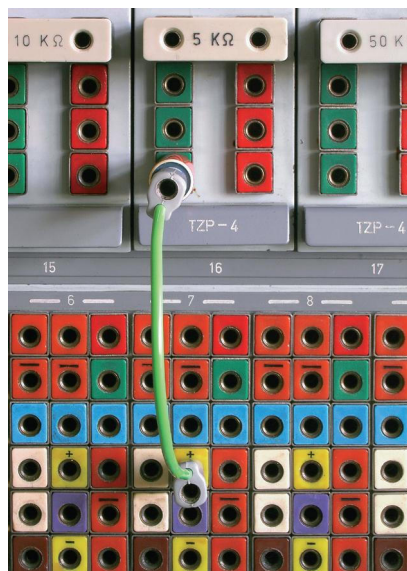
2.1. Invertor

Invertor je nejjednodušším prvkem, který má v sobě operační zesilovač. Fyzikální schéma (vlevo) a analogová značka vypadají takto:

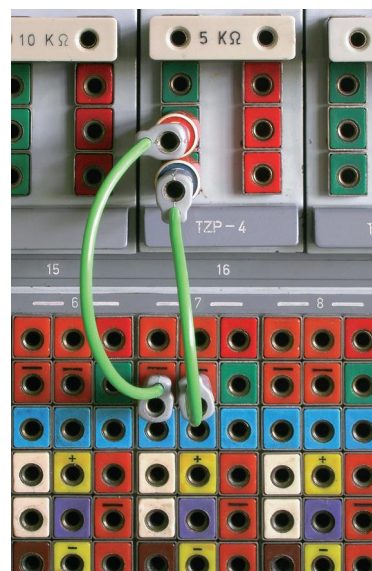


Invertor slouží k obrácení znaménka signálu. Zároveň lze na něm vhodnou kombinací zpětnovazebního a vstupního odporu vytvořit zesílení k .

Vždy vyjímejte vodič ze zdířky za koncový banánek!



invertor



sumátor

Rovnice pro výstupní napětí má u invertoru tvar:

$$u_0 = -\frac{R_0}{R_1}u_1 = -ku_1$$

2.2. Sumátor

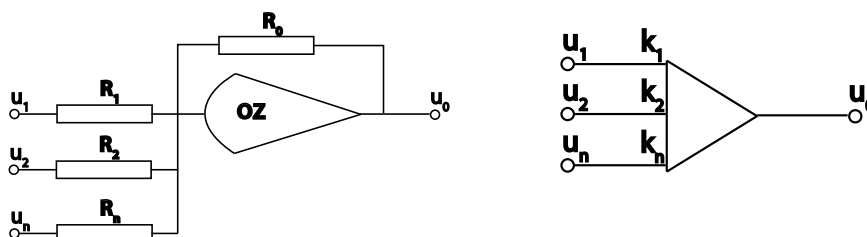
Sumátor je sčítačka několika signálů (na uvedeném obrázku sčítá dva). Opět lze vhodnou kombinací zpětnovazebního a vstupního odporu vytvořit zesílení k a to pro každý vstupující signál zvlášť.

Rovnice pro výstupní napětí sumátoru:

$$u_0 = -\sum_{i=1}^n \frac{R_0}{R_i}u_i = -\sum_{i=1}^n k_i u_i$$

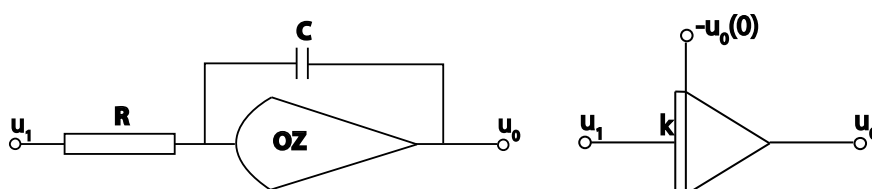
*Nikdy nenechávejte jeden konec vodiče zapojený v MEDĚ
a druhý volně visící!*

Fyzikální schéma a analogová značka sumátoru mají tuto podobu:



2.3. Integrátor

Integrátor je pro všechny systémy, které budete zapojovat, klíčovým prvkem. Nemá zpětnovazební odpor, místo něj je ve zpětné vazbě kondenzátor, jak je vidět na fyzikálním schématu (analogová značka je opět připojena):



Pro výstupní napětí platí rovnice:

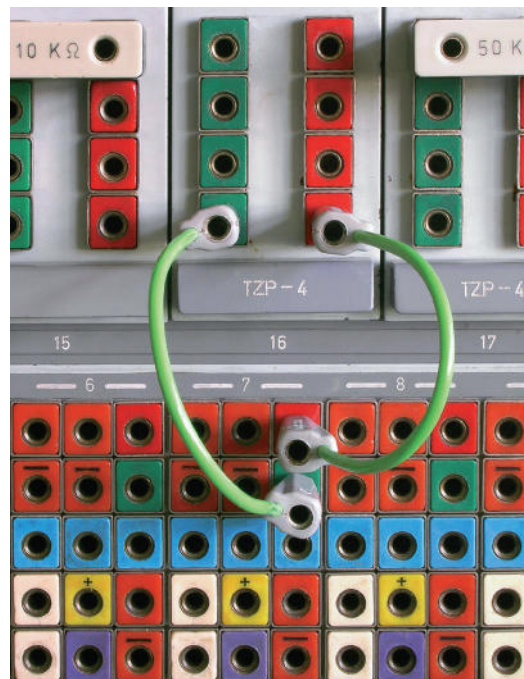
$$u_0(t) = -\frac{1}{RC} \int_0^t u_1(t) dt + u_0(0)$$

A zesílení je dáno vztahem:

$$k = \frac{1}{RC}$$

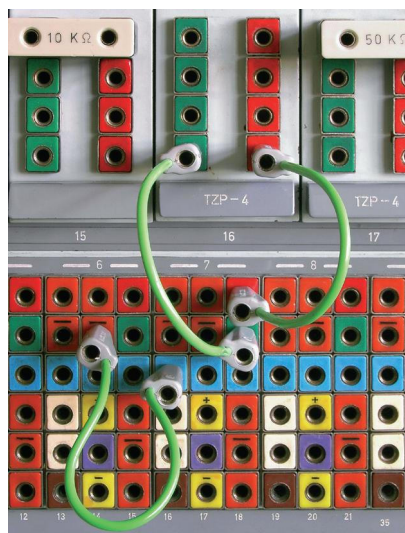
Nikdy nepřipojujte počítačí napětí na výstup potenciometru!

V případě integrátoru se vstup nepřivádí přímo na operační zesilovač, ale do modrých zdírek v propojovacím poli, jak jsme si uvedli v kapitole 1.2. To ovšem platí jen pro jednotkové zesílení (čili vlastně žádné). Pokud bychom chtěli jiné zesílení, musíme si pomoci vstupním odporem. Vstup se potom přivádí na bílou zdíčku, ne na modrou. Vnitřní kondenzátor má hodnotu $5 \mu\text{F}$, takže například pro zesílení 10 je potřeba přidat vstupní odpor $20 \text{ k}\Omega$. Tyto způsoby zapojení není možné zaměňovat – na modrou zdíčku vždy bez vstupního odporu a na bílou zdíčku vždy se vstupním odporem.

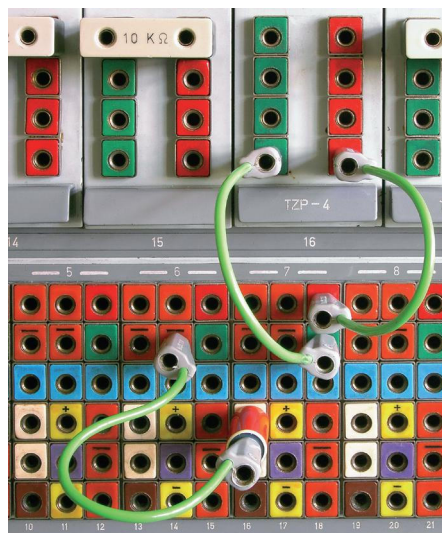


základní zapojení integrátoru

Nikdy nezapínejte MEDU, pokud nemáte ve všech operačních zesilovačích zpětnovazební odpor!



integrátor se zesílením 1

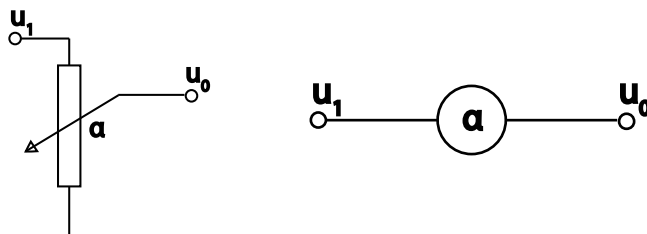


integrátor se zesílením 10

2.4. Potenciometr

Pokud budete chtít přenásobit signál konstantou z intervalu $(0;1)$, je použití potenciometru nejrychlejší a nejsnadnější cestou. Nikdy nepište do analogového schématu k potenciometru hodnotu větší než 1, protože žádnou takovou hodnotu na potenciometru nenastavíte a byla by to hrubá chyba.

Značky pro potenciometr jsou jednoduché (jsou pro nesymetrický potenciometr):



Vždy vyjímejte vodič ze zdířky za koncový banánek!

Rovnice je také prostá, stačí přenásobit vstupní napětí zvolenou konstantou:

$$u_0 = \alpha \cdot u_1 \quad \alpha \in \langle 0; 1 \rangle$$

U symetrického potenciometru (v každém integračním poli je jeden) lze nastavovat i minusové hodnoty, takže rozsah zesílení je $(-1; 1)$.

Hodnotu na potenciometru je nejlepší nastavovat až ve chvíli, kdy je zapojený celý systém. Tehdy už bude měřicí přístroj respektovat všechny zátěže a nastavená konstanta bude přesnější.

Při zapojování soustav budete ještě používat vstupní odpory, které jsou barevně rozlišeny a mají následující hodnoty:

1 k Ω	<i>zelená</i>
5 k Ω	<i>modrá</i>
10 k Ω	<i>červená</i>
20 k Ω	<i>černá</i>

*Nikdy nenechávejte jeden konec vodiče zapojený v MEDĚ
a druhý volně visící!*

3. BAK-4T



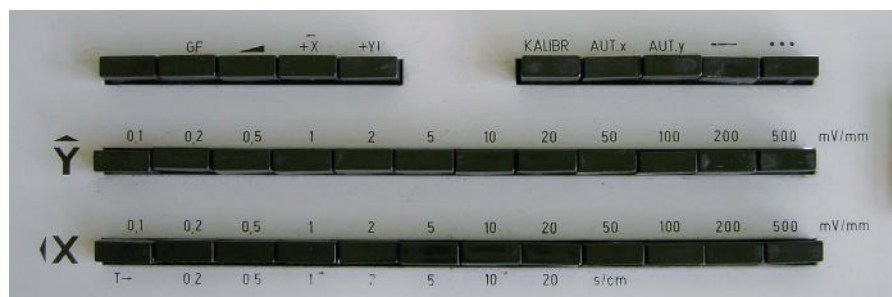
Aby vám všechno to zapojování k něčemu bylo, budete zároveň používat zapisovač BAK, který zaznamená výstup systému na papír.

Největší část přístroje tvoří podkladová deska pro papír, nad níž se pohybuje zapisovací hlava s písmem ovládaná dvěma servomotory. Všechny řídicí prvky jsou situovány do ovládacího panelu, na jehož levé boční straně se nachází vstupní zdířky. Na osu X se nepřivádí žádný signál (pokud se používá časová základna), na osu Y připojíte vodič z výstupu vašeho systému, tedy nejčastěji z výstupu posledního integrátoru.

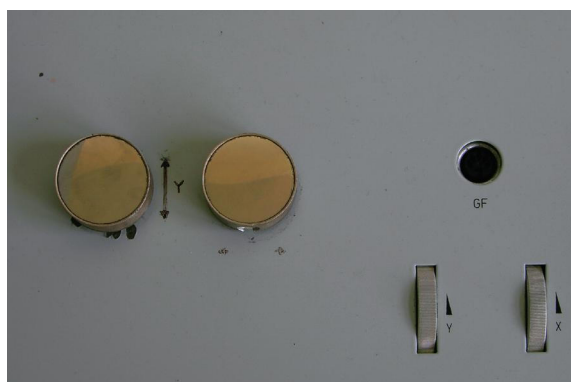
Vpravo na ovládacím panelu je červené tlačítko, kterým se zapíná BAK, a zelené, kterým se pouští elektrostatické sání papíru k podložce, aby se při zápisu neposunul.

Vlevo od zapínání jsou tři řady černých tlačítek. V horní řadě je důležité tlačítko zcela nalevo (na některých zapisovačích u něj bude písmenko T). Jeho zmáčknutím zapnete časovou základnu na ose X. Dále už je pro vás užitečné jen druhé tlačítko zprava (je nad tím vodorovná čárka). Když kreslíte osy, můžete si s jeho pomocí přitisknout hrot písmenka k papíru. Ostatní tlačítka z horní řady nebudete používat. Prostřední řada tlačítek slouží k nastavení měřítka na ose Y a spodní řada k nastavení měřítka na ose X.

Nikdy nepřipojujte počítačí napětí na výstup potenciometru!



Co se levé části zapisovače týká, kolečka, která jsou vpravo (na celkovém obrázku vedle tlačítek pro měřítka), pro vás nejsou podstatná a nemusíte si jich všimnout. Důležitá jsou kolečka vlevo. Pomocí jednoho pohybnete písmenkem po ose Y, pomocí druhého po ose X. Použijete je, až si budete kreslit na papír osy a až budete nastavovat zapisovací hlavu do jejich počátku. Ale pozor: při manipulaci s kolečky nesmíte mít stisknuté tlačítko časové základny (T)! Pokud byste ho měli stisknuté, nebude se zapisovací hlava pohybovat po ose X, i kdybyste s kolečkem točili sebevíc. Jenže BAK si „pamatuje“, jak jste s kolečkem točili. Když pak tlačítko časové základny vypnete, BAK prožene zapisovací hlavu po ose X do vámi natočené polohy. Často je to poloha mimo desku přístroje, takže se hlava zarazí až o okraj přístroje a zapisovač se může poškodit.



Nikdy nezapínejte MEDU, pokud nemáte ve všech operačních zesilovačích zpětnovazební odpor!

Obsluha zapisovače je jednoduchá. Než jej pustíte, vypněte všechny rozsahy na osách, tj. žádné tlačítko v prostřední a dolní řadě nebude zmáčknuté. Pak pusťte BAK i sání papíru, nakreslete si osy, umístěte zapisovací hlavu do počátku souřadnic a zapněte časovou základnu na ose x. Pro první kreslení zvolte rozsahy kolem 200 mV/mm a 20 s/cm. Nevíte, jak se bude systém chovat, takže zamezíte tomu, aby se zapisovací hlava dostala až na samý okraj přístroje. Nakonec připojte vodič z výstupu systému do „ypsilonové“ zdičky a můžete spustit výpočet.

Dvě poznámky na závěr: možná budete muset seshora přitlačovat písátko na papír, protože ne vždy hrot správně doléhá. Také nic neodkládejte na plochu pro papír. Propisky, tužky a vstupní odpory velmi snadno zapadnou dovnitř a zapisovač potom nefunguje správně.

4. Spuštění MEDY a výpočtů

Nemáte-li s MEDOU žádné zkušenosti, je lepší zapojovat systém s vypnutým počítačem. Až budete mít hotovo, nechte cvičícího, ať vám zapojení zkontroluje, a teprve pak MEDU spusťte.

Při manipulaci s vodiči buďte opatrní a držte je pouze za koncový banánek. Pokud je budete ze zdiček tahat přímo za vodič, můžete zničit kontakty uvnitř, ale nikdo na to nepřijde. Máte-li pak zapojenou diferenciální rovnici pátého řádu, a výsledná data jsou špatná, protože některý z vodičů je zničený, těžko se ten jeden hledá mezi třiceti dalšími.

Manipulujte vždy jen s jedním vodičem. Necháte-li vodič zapojený třeba v počítacím napětí, přičemž jeho volný konec se bude jen tak pohupovat ve vzduchu, může se stát, že škrtně o kostru MEDY a dojde ke zkratu.

Před spuštěním MEDY se nejdříve ujistěte, že nemáte nikde rozvazbený operační zesilovač, tzn. že ve všech je zpětnovazební odpor. Výjimkou je samozřejmě operační zesilovač v integrátoru (viz kapitola 2.3.). Dále si zkontrolujte, jestli není někde přivedené počítací napětí na výstup potenciometru.

Vždy vyjímejte vodič ze zdířky za koncový banánek!

Pokud je vše v pořádku, stiskněte spouštěcí tlačítko. S největší pravděpodobností se rozsvítí kontrolka přetížení a bude svítit přibližně 15–30 sekund. To je normální a nemusí vás to znepokojovat.

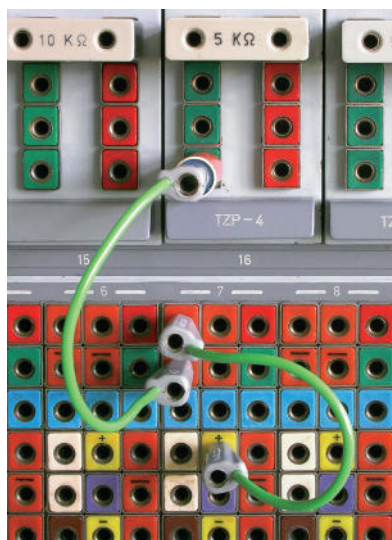
Jakmile kontrolka přetížení zhasne, můžete začít pracovat. Máte-li už zapojený systém, je potřeba zadat hodnoty potenciometrů. To uděláte tak, že vezmete vodič od měřicího přístroje, připojíte ho na výstup potenciometru, stisknete tlačítko pod příslušnou trojicí potenciometrů a nastavíte požadovanou hodnotu.

Po nastavení všeho potřebného zapojte měřicí přístroj na výstup systému a spusťte výpočet. Pozorně sledujte měřicí přístroj, protože ručička by se neměla dostat do červeného pole, tedy přes 1 SJ. Pokud by se tak stalo a nevracela by se dlouho zpět, raději výpočet zastavte a přivolejte cvičícího.

5. Příklady

1. příklad:

$$y = -0.4u$$



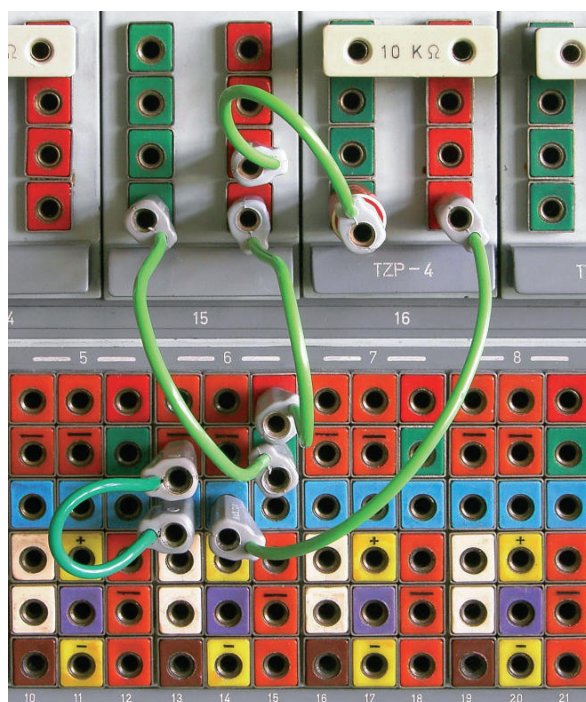
*Nikdy nenechávejte jeden konec vodiče zapojený v MEDĚ
a druhý volně visící!*

Na obrázku je vyveden vodič ze zdroje napětí do potenciometru, na němž je nastaveno 0,4 SJ, a z něj pak do invertoru, který má zesílení 1 (vstupní odpor je stejně velký jako zpětnovazební), ale obrací znaménko signálu na mínus. Je to samozřejmě pouze modelový příklad, dalo by se to udělat mnohem jednodušeji. Stačilo by vybrat symetrický potenciometr a na něm nastavit $-0,4$ SJ. Nebo vzít signál ze zdířky s -1 SJ do potenciometru s $0,4$ SJ a invertor už se nemusí použít.

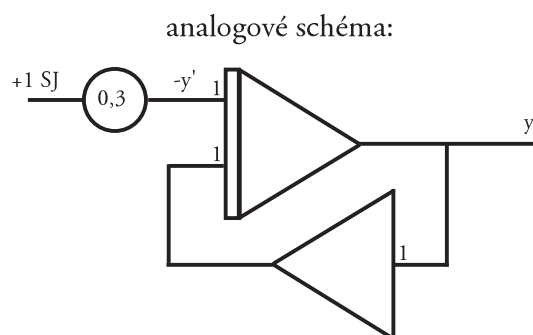
Tato rovnice je dobrým příkladem toho, že většinou existuje více způsobů zapojení. Je čistě na vás, který si vyberete.

2. příklad:

$$-y' = -y + 0.3u$$



Nikdy nepřipojujte počítací napětí na výstup potenciometru!



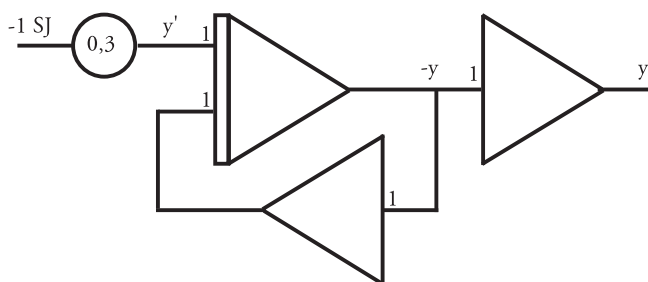
Nejdříve si uděláte základní zapojení integrátoru (viz kapitola 2.3.). Pak si vyberete potenciometr, nastavíte na něm 0,3 SJ a z jeho výstupu přivedete vodič na vstup integrátoru. Teď vás možná napadne, proč není veden vodič z +1 SJ na vstup potenciometru. Odpověď je jednoduchá: než spustíte výpočet, necháte u daného potenciometru zapnuté tlačítko, které používáte při nastavování jeho hodnoty. Potenciometr zůstane připojený na počítací napětí a není tedy třeba vést speciální vodič z +1 SJ na vstup.

Dalším krokem je zařazení invertoru do systému. Protože integrátor obrací znaménko, má na svém výstupu kladný signál, ale my chceme u y mínus. Proto nejdříve přivedeme vodič na invertor (hodnota vstupního odporu je stejná jako hodnota zpětnovazebního, protože zesílení nechceme žádné) a z výstupu invertoru povedeme další vodič na vstup integrátoru.

Rovnice by se dala zapojit ještě jinak. Podíváte-li se na ni, lze ji upravit tak, aby u derivace bylo kladné znaménko. V tom případě by se na vstup použil symetrický potenciometr s nastavením $-0,3$ SJ a z výstupu integrátoru by se vedl vodič na invertor tak, jak je to nyní. Jediným problémem by bylo $-y$ na výstupu integrátoru. Musel by se tedy přidat ještě jeden invertor, který by znaménko otočil. Pro lepší představu se podívejte na analogové schéma na protější stránce.

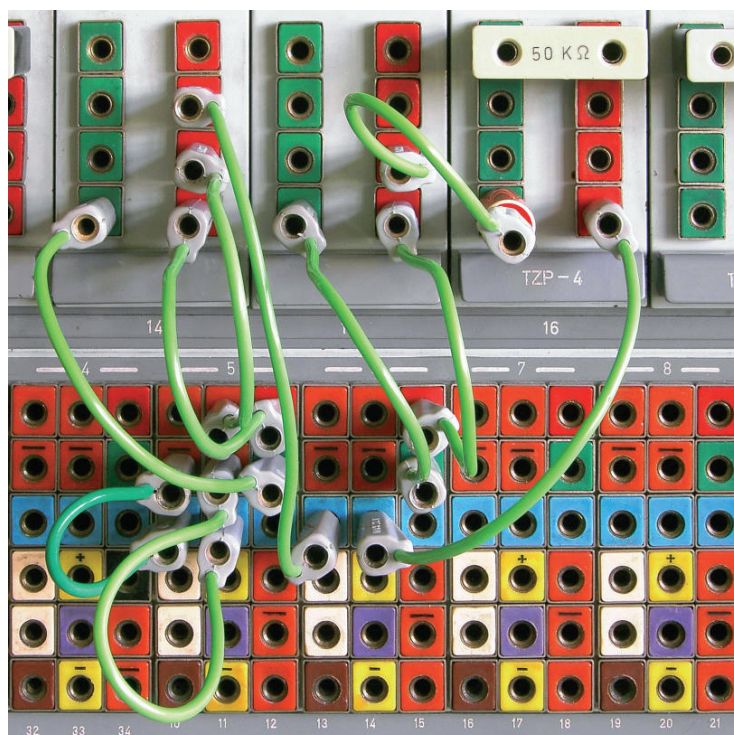
Zdánlivě je toto zapojení složitější, ale u vyšších lichých řádů diferenciální rovnice (3., 5., atd.) je občas lepší a přehlednější pracovat s kladným znaménkem u nejvyšší derivace.

Nikdy nezapínejte MEDU, pokud nemáte ve všech operačních zesilovačích zpětnovazební odpor!

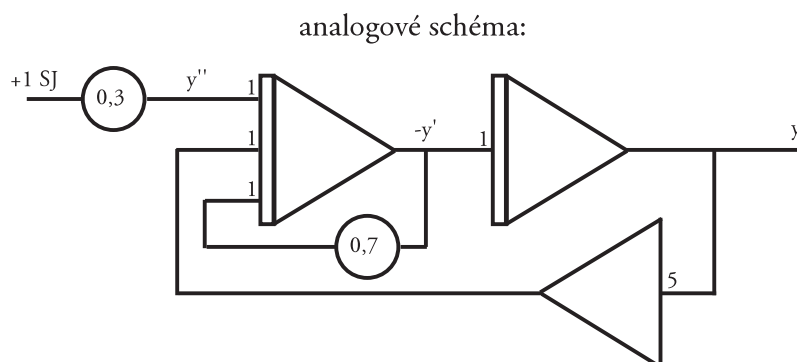


3. příklad:

$$y'' = -0.7y' - 5y + 0.3u$$



Vždy vyjímejte vodič ze zdířky za koncový banánek!



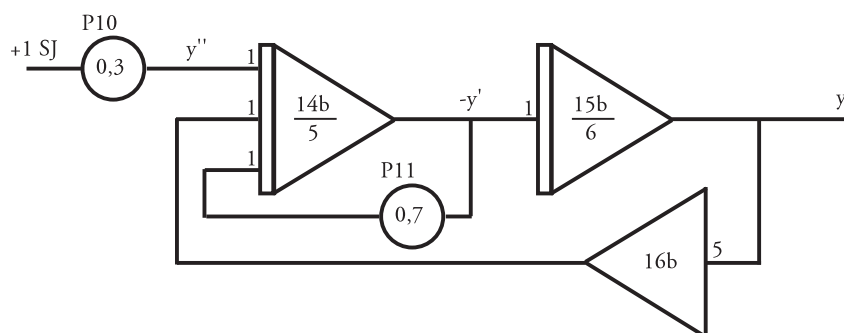
V posledním příkladu je přidán ještě jeden integrátor a propojení mezi integrátory je uděláno tak, že z výstupu prvního integrátoru jde vodič na vstup druhého integrátoru, tj. do modré zdířky. Dejte si pozor, abyste nepřiváděli vodiče přímo na vstup operačního zesilovače, jako je tomu mezi druhým integrátorem a invertorem. Signál do integrátoru vstupuje vždy přes propojovací pole.

Na tomto obrázku je zároveň zachycena chyba, které se dopustíte velmi snadno. Pozorně si prohlédněte připojení potenciometrů (mají čísla 10 a 11). Potenciometr 10 představuje koeficient $0,3$ u vstupu u a potenciometr 11 je koeficient $0,7$ u derivace y' . V čem je tedy problém? Abychom vůbec nějaký vstup měli, musíme mít stisknuté tlačítko pod potenciometrem 10, tzn. že musí být připojen na počítačí napětí. Tím pádem je na něj připojen i potenciometr 11, protože jsou ve stejné trojici, a systém vám nebude fungovat, resp. bude vykreslovat špatné výsledky.

Existují dva typy řešení takového problému. Buď připojíte vodič z $+1 \text{ SJ}$ na vstup potenciometru 10 a tlačítko stisknuté nebude, nebo si dáte pozor, aby vstupní potenciometr nebyl v žádné trojici s ostatními použitými potenciometry, takže připojení k počítačí síti bude platit jen pro něj.

Nakonec si ukážeme, jak nakreslit analogové schéma i s adresami všech prvků. Takto nakreslené schéma lze pak na MEDĚ naprosto přesně rekonstruovat.

*Nikdy nenechávejte jeden konec vodiče zapojený v MEDĚ
a druhý volně visící!*



Způsob značení jednotlivých prvků je velmi snadný. Ke každému potenciometru se napíše jeho číslo, u sumátorů a invertorů platí to samé, jen se ještě připiše písmenko (viz kapitola 1.3). Zlomky vepsané do integrátorů se tvoří následovně: čitatel se zapíše stejně jako u sumátorů a jmenovatel je číslo integračního pole, ve kterém je integrátor vytvořen.

Nikdy nepřipojujte počítačí napětí na výstup potenciometru!

Použitá literatura

Tůma F.: *Kybernetika*, Vydavatelství ZČU, Plzeň, 2003

Valenta J., Škvor V., Kotva M.: *Programování a řešení úloh na tranzistorových analogových počítačích MEDA-T*, Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, Bratislava, 1966