

Radioelektronická měření (MREM)

# Univerzální měřicí přístroje

3. přednáška

Jiří Dřínovský

Ústav radioelektroniky FEKT VUT v Brně

# Úvod

---

V současné měřicí technice mají rozhodující význam elektronické měřicí přístroje, které jsou již dnes většinou číslicové. U těchto číslicových měřicích přístrojů je údaj reprezentován formou dekadického čísla. Typickými představiteli jsou číslicové multimetry a univerzální čítače. Mezi číslicové měřicí přístroje počítáme i přístroje využívající číslicového zpracování signálu (např. FFT spektrální analyzátory, analyzátory signálu, digitální osciloskopy atd.), jejichž výstup může být i formě zdánlivě spojitého grafu (sestaveného z velkého množství bodů odpovídajících číselným hodnotám), ale které pracují s digitalizovanými signály. Tyto přístroje kromě hlavního výstupu ve formě grafu poskytují také řadu dalších údajů ve formě číslicové.

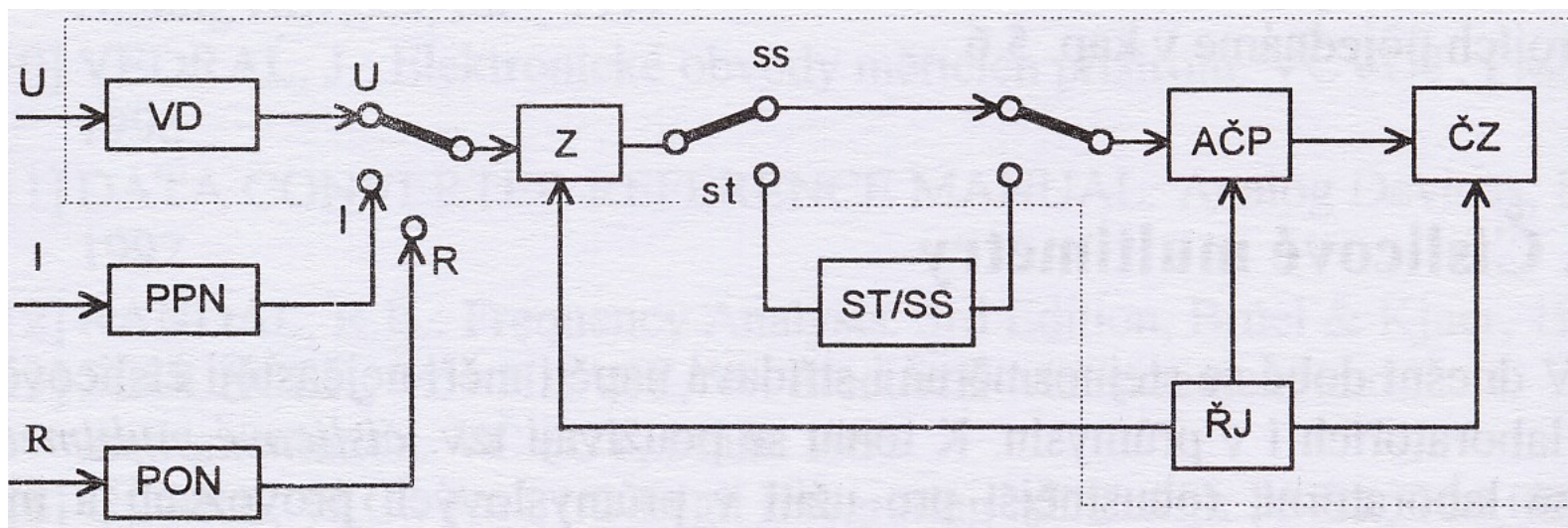
# Číslicové multimetry

V dnešní době se stejnosměrná i střídavá napětí měří nejčastěji číslicově, a to jak v laboratořích tak i v průmyslu. K tomuto účelu se používají tzv. *číslicové multimetry*, přesné laboratorní, robustnější pro užití v průmyslových provozech, a malé servisní. Výhodou číslicových přístrojů je vyšší přesnost, jednoznačnost údaje a možnost přenosu dat do spolupracujících zařízení. Malé servisní multimetry mají přesnost srovnatelnou s analogovými přístroji (většinou kolem 1 % údaje,  $\pm 3$  kvantovací kroky). Protože analogový ukazatel umožňuje jedním pohledem obsáhnout celý měřicí rozsah, relativní velikost měřené hodnoty a pohodlné sledování trendu naměřených hodnot, jsou malé servisní číslicové multimetry často doplněny tzv. *sloupcovým ukazatelem*. Tento sloupec simuluje výchylku analogového ukazatele. Sloupcový ukazatel je pak aktualizován např. s frekvencí 10 Hz, tak že dynamické chování odpovídá analogovému přístroji. Výhodou číslicových servisních multimetrů proti analogovým je také nezávislost chyby měření na poloze přístroje a větší robustnost.

# Číslicové multimetry

Základní *číslicový voltmetr* měří pouze stejnosměrné napětí; doplní-li se vhodnými převodníky, měří také střídavá napětí, stejnosměrné a střídavé proudy, odpory a někdy i další veličiny. Takovýto přístroj je nazýván *číslicovým multimetrem*.

Základním blokem číslicového multimetru je stejnosměrný číslicový voltmetr (viz. rámeček na obrázku). Tento obvod se skládá z obvodů vstupní úpravy signálu (vstupního děliče VD a zesilovače Z), které slouží ke změně měřicích rozsahů a dosažení požadované vstupní impedance,



# Číslicové multimetry

A/D převodníku (nejčastěji integračního typu – s dvoutaktní integrací, v případě rychlých systémových a vzorkovacích voltmetrů A/D převodník s postupnou aproximací), logické řídicí jednotky ŘJ a číslicového zobrazovače ČZ. Pro měření proudů a odporů slouží převodníky těchto veličin na stejnosměrné napětí (PPN a PON). Pro měření střídavých napětí a proudů je před A/D převodník předřazen převodník střídavého napětí na stejnosměrné napětí ST/SS. Dnešní moderní číslicové multimetry často obsahují ještě jeden nebo několik mikroprocesorů dále také obvody standardizovaného rozhraní (interface), umožňující normalizovanou komunikaci s dalšími přístroji v měřicím systému.

# Číslicové multimetry

Základní charakteristiky číslicových voltmetrů a multimetrů jsou následující:

- *Počet míst číslicového zobrazovače* je nejnápadnější charakteristikou přístroje. Dnes je to 3 až 8 ½ míst (max. údaj 999 až 199 999 999). Měl by odpovídat celkové přesnosti přístroje, aby bylo možno využít plný rozsah přístroje pro srovnávací měření. Odpovídající rozlišovací schopnost přístroje je často lepší než absolutní chyba přístroje, proto je při volbě číslicového multimetru nutno prostudovat jeho technická data.
- *Počet a hodnoty vstupních rozsahů*. Přístroje mají obvykle 4 až 6 měřicích rozsahů pro napětí např. 0,01 V až 1000 V; přepínání rozsahů je ruční nebo automatické.
- *Přesnost*. Relativní chyby údaje jsou obvykle od 0,1 % až 0,001 % pro stejnosměrná napětí. Chyby číslicových multimetrů jsou specifikovány samostatně pro všechny měřené veličiny, měřicí rozsahy a jednotlivá frekvenční pásma.

# Číslicové multimetry

- *Časová stálost*. Specifikace přesnosti se obvykle uvádí pro dva nebo tři časové intervaly po kalibraci: 24 hodin, 3 měsíce, případně 1 rok.
- *Rozlišovací schopnost, rozlišení (resolution)*. Vyjadřuje nejmenší změnu napětí indikovanou číslicovým voltmetrem. Je to napětí odpovídající změně o jedničku na posledním místě číslicového zobrazovače. Závisí na zvoleném měřicím rozsahu. Obvykle je 100  $\mu\text{V}$  až 100 nV na nejmenším rozsahu.
- *Citlivost (sensitivity)*. Vyjadřuje nejmenší napětí měřitelné daným přístrojem. Pro stejnosměrné napětí je rovna rozlišovací schopnosti na nejnižším rozsahu přístroje. Na střídavých rozsazích bývá nižší, protože převodníky střídavého napětí na stejnosměrné pracují až od určité úrovně vstupního signálu.
- *Vstupní impedance*. Obvyklé bývá 10  $\text{M}\Omega$  (na nejnižších rozsazích  $10^9 \Omega$ ) pro měření stejnosměrných napětí a 1  $\text{M}\Omega$  paralelně s kapacitou asi 40 pF pro měření střídavých napětí.

# Číslicové multimetry

- *Použitý typ A/D převodníku.* Tento údaj výrobci bohužel často neuvádějí, ale typ A/D převodníku má podstatný vliv na hodnoty řady parametrů a vlastnosti voltmetru (*rychlost měření*, která bývá od 1 měření/s do  $10^4$  měření/s, rozlišovací schopnost, citlivost a odolnost vůči sériovému rušení). *Voltmetry, které obsahují A/D s dvoutaktní integrací*, které jsou nejrozšířenější, mají doby měření obvykle 100 ms nebo 200 ms, rozlišovací schopnost až  $0,1 \mu\text{V}$ , chyby menší než 0,01 % (24-hodinová chyba může být např. 0,0001 % údaje,  $\pm 0,001$  % rozsahu). *Voltmetry s A/D převodníkem s postupnou aproximací* mohou dosáhnout 10000 měření/s a chyb řádu 0,01 % až 0,001 %.

Dalšími důležitými vlastnostmi některých číslicových multimetrů jsou *programovatelnost* (nutná pro použití multimetru v číslicových měřicích systémech), schopnost *autokalibrace* (samočinné korekce změn parametrů analogových vstupních částí voltmetru) a *samočinný diagnostický test*.



# Číslicové multimetry

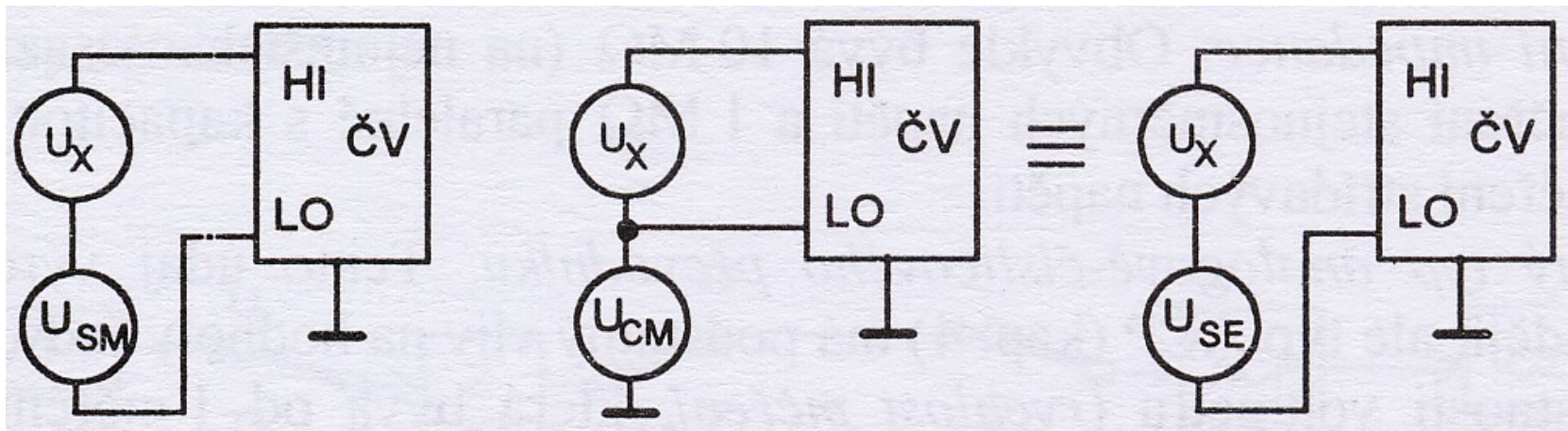
*Pro měření střídavých napětí a proudů má základní význam, jaký převodník střídavého napětí na stejnosměrné napětí je použit (přesný usměrňovač nebo převodník skutečné efektivní hodnoty). Specifikace přesnosti se uvádějí pro jednotlivá frekvenční pásma a měřicí rozsahy. Chyby jsou např.  $|\delta| < 0,01 \%$  pro 30 Hz až 20 kHz,  $|\delta| < 5 \%$  pro 500 kHz až 1 MHz.*

Typy rušení a potlačení tohoto rušení číslicovými voltmetry:

Stejnoseměrné číslicové voltmetry jsou určeny pro měření stejnosměrných (kontaktních) napětí. Ve skutečnosti se na měřené napětí superponují rušivá napětí (buď skutečně působící na vstupu přístroje, nebo na vstup přepočítaná). Ta mohou být stejnosměrná, periodická nebo náhodná (šumy). Mohou působit buď v sérii s měřeným napětím (tzv. *sériové* nebo *normální rušení*, čili rušení typu *SM* nebo *NM*), nebo nebo působí stejně na obě vstupní svorky voltmetru proti zemi tzv. *souhlasné rušení*, rušení typu *CM*).

# Číslicové multimetry

V praxi nejčastější je střídavé (periodické) rušení SM a střídavé a stejnosměrné rušení CM, přičemž střídavá rušivá napětí mají frekvenci sítě (vnikají elektromagnetickou indukcí ve vstupních obvodech voltmetru). V ideálním případě by rušivá napětí neměla ovlivnit údaj voltmetru. Ve skutečnosti je ale naměřená hodnota napětími  $U_{SM}$  a  $U_{CM}$  ovlivněna. Citlivost voltmetru na tato napětí vyjadřují následující veličiny (vyjadřované v dB).



# Číslicové multimetry

$$SMR = 20 \log \left| \frac{U_{SM}}{\Delta U_X} \right| \quad (\text{dB})$$

kde  $\Delta U_X$  je změna údaje voltmetru způsobená  $U_{SM}$ . V ideálním případě je  $\Delta U_X = 0$  a  $SMR \rightarrow \infty$ .

*Potlačení souhlasného rušení (CMR common mode rejection) je definováno*

$$CMR = 20 \log \left| \frac{U_{CM}}{U_{SE}} \right| \quad (\text{dB})$$

kde  $U_{SE}$  je ekvivalentní napětí SM vyvolané napětím  $U_{CM}$ . Protože  $U_{SE}$  je potlačováno koeficientem  $SMR$ , je celkové potlačení souhlasného rušivého napětí vyjadřováno *efektivním potlačením souhlasného rušení ECMR (effective common mode rejection)*

# Číslicové multimetry

$$ECMR = 20 \log \left| \frac{U_{CM}}{\Delta U_X} \right| = CMR + SMR \quad (\text{dB})$$

*SMR*, *CMR* i *ECMR* závisí na frekvenci. Výrobci číslicových voltmetrů uvádějí jejich hodnoty pro stejnosměrný signál (*CMR*) a pro 50 Hz resp. 60 Hz (*SMR* i *CMR*).

## Potlačení sériového rušení

Voltmetr nerozlišuje stejnosměrné sériové rušivé napětí od napětí měřeného, proto je pro  $f = 0$  Hz  $SMR = 0$ . Některé moderní číslicové voltmetry jsou ale schopny změřit termoelektrické napětí vstupního obvodu pro  $U_X = 0$ , uložit tuto hodnotu do paměti a odečítat ji od naměřených hodnot.

# Číslicové multimetry

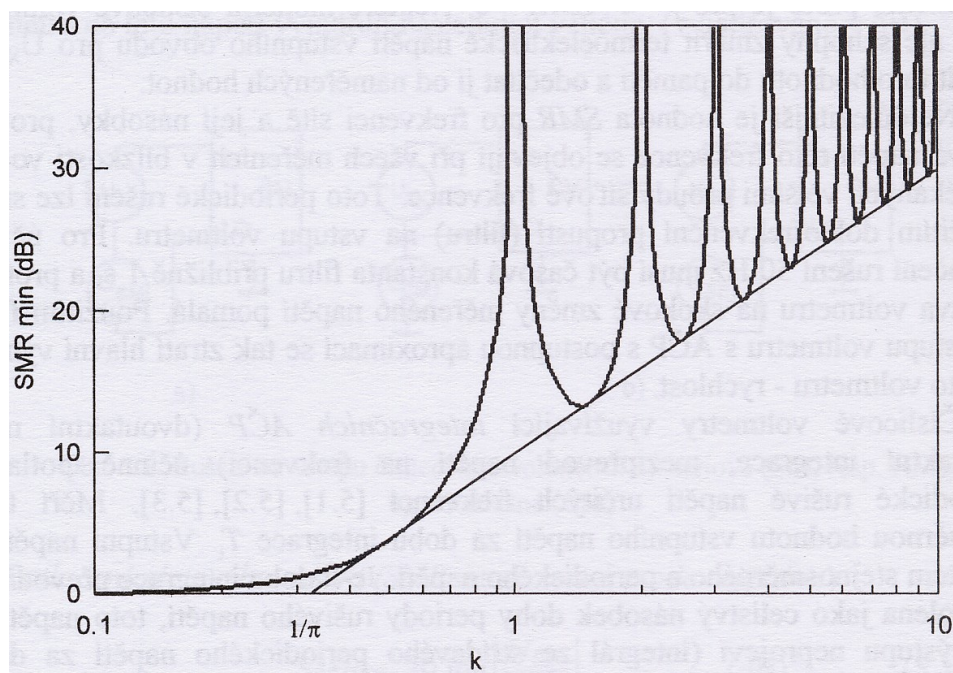
Nejdůležitější je hodnota  $SMR$  pro frekvenci sítě a její násobky, protože rušivá napětí této frekvence se objevují při všech měřeních v blízkosti vodičů protékanych většími proudy síťové frekvence. Toto periodické rušení lze snížit použitím dolní propusti na vstupu voltmetru. Pro účinné potlačení rušení 50 Hz musí být časová konstanta filtru přibližně 1 s, a proto je odezva voltmetru na skokové změny měřeného napětí pomalá. Použitím filtru na vstupu voltmetru s A/D převodníkem s postupnou aproximací se tak ztratí hlavní výhoda tohoto voltmetru – rychlost.

Číslicové voltmetry využívající integračních A/D převodníků (dvoutaktní nebo vícetaktní integrace (mezipřevod napětí na frekvenci) účinně potlačují periodické rušivé napětí určitých frekvencí. Měří totiž průměrnou hodnotu vstupního napětí za dobu integrace  $T_i$ . Vstupní napětí je součtem stejnosměrného a periodického napětí. Je-li doba integrace převodníku  $T_i$  zvolena jako celiství násobek doby periody rušivého napětí, toto napětí se na výstupu neprojeví (integrál ze

# Číslicové multimetry

střídavého periodického napětí za dobu periody nebo jejich násobku je nulový). Integrační A/D převodníky tedy mají filtrační schopnost pro určité frekvence bez připojování přidavného filtru a rychlost jejich měření není filtrací ovlivněna.

Vztah minimální hodnoty  $SMR$  A/D převodníků integračního typu v závislosti na  $k = T_i f_{SM}$  ( $T_i$  je doba integrace)



# Číslicové multimetry

## Potlačení souhlasného rušení

Souhlasné rušivé napětí je v praxi vyvoláno rozdílem potenciálů země voltmetru a země měřeného objektu. Tento rozdíl je vyvolán tzv. bludnými proudy protékajícími v zemi např. od uzemňovacího bodu rozvodné sítě. Při větší vzdálenosti měřeného objektu od voltmetru může jít o souhlasné napětí řádu mV až 100 V. Nejčastěji jde o střídavá napětí s frekvencí sítě, ale mohou působit i stejnosměrná souhlasná napětí.

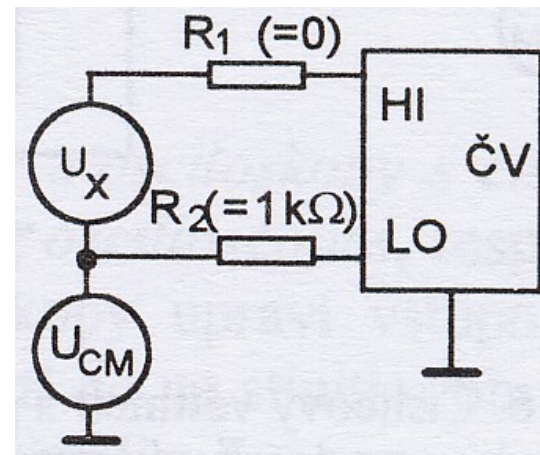
Ekvivalentní sériové napětí  $U_{SE}$  je vyvoláno úbytky napětí způsobenými průtokem proudu přívodními vodiči k číslicovému voltmetru. Tyto proudy jsou vyvolány zdrojem napětí  $U_{CM}$  mezi zemnicími body voltmetru ( $R_1$  a  $R_2$ ).



# Číslicové multimetry

Tyto odpory jsou v praxi přibližně stejné, ale v důsledku nesymetrie vstupních impedancí voltmetru jimi tečou různé proudy. Experimentálně se obvykle určuje hodnoty *ECMR*.

Aby bylo možno porovnávat jednotlivé voltmetry, provádí se měření za definovaných podmínek:  $R_1 = 0$ ,  $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$  a  $U_x = 0$ . Pak je  $U_{SE}$  rovno úbytku napětí na odporu  $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$  vyvolené připojením napětí  $U_{CM}$  ke vstupu voltmetru.

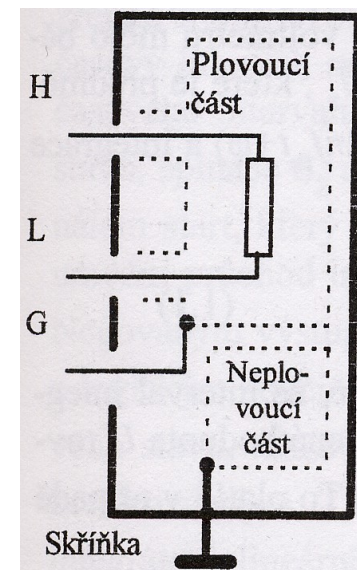




# Číslicové multimetry

## Uspořádání vstupních obvodu voltmetru

Má-li mít číslicový voltmetr vyšší citlivost musí být uspořádán tak, aby co nejméně reagoval na rušivá napětí. Průniku souhlasného rušivého napětí na vstup voltmetru se nejúčinněji brání tím, že se voltmetr opatří plovoucím vstupem a stíněním. Po konstrukční stránce se obvody voltmetru rozdělí na plovoucí a neplovoucí část. Plovoucí část obsahující analogové obvody má vstup na svorkách H (high) a L (low) a je uzavřena ve stínění vyvedeném na svorku G (guard), které je galvanicky odděleno od skřínky celého voltmetru. Neplovoucí část obsahující číslicové obvody je naopak galvanicky oddělena od vstupních svorek. Nezbytný přenos signálů mezi oběma částmi zprostředkovává transformátorová nebo optická vazba. Kvalitní voltmetry dosahují činitele potlačení souhlasného rušivého napětí i přes 140 dB. Svorky H, L a G se využívají při třívodičovém připojení měřeného napětí, při dvou vodičovém připojení jsou svorky L a G spolu spojeny.



# Měřicí zesilovače a převodníky

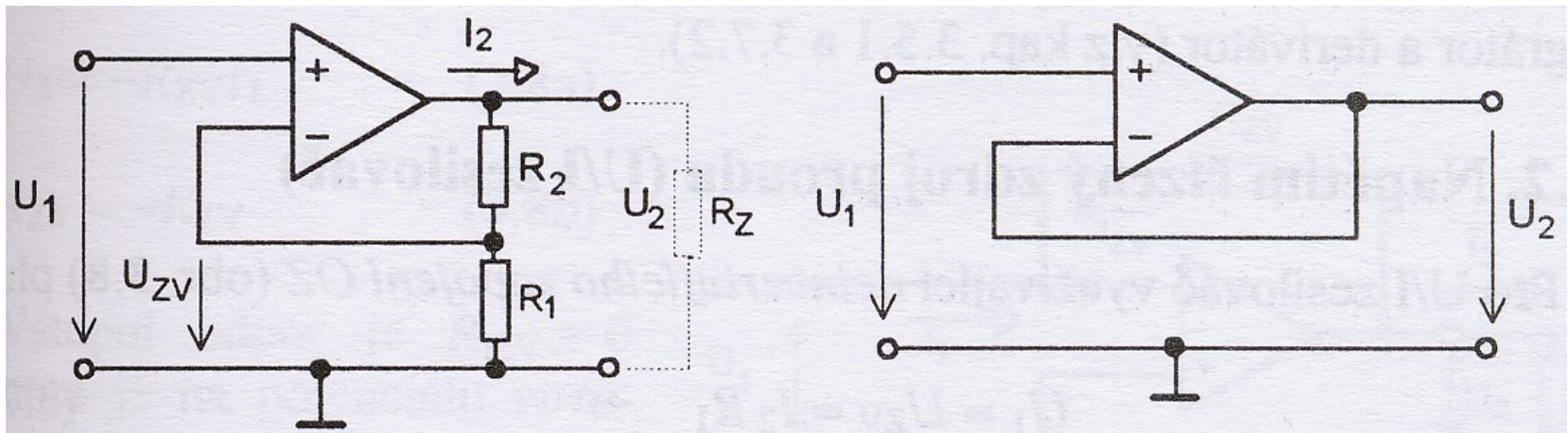
Měřená napětí a proudy jsou často příliš malé na to, aby byly měřitelné běžnými přístroji. V tomto případě je nutno je zesílit.

*Měřicí zesilovače*, používají se operační zesilovače v obvodech s uzavřenou zpětnou vazbou. Podle způsobu zapojení zpětnovazebního obvodu zesilují napětí nebo proud, případně mění napětí na proud nebo proud na napětí. Měly by minimálně ovlivňovat měřený signál (napětí by mělo být zesilováno zesilovačem s maximálním vstupním odporem, proud obvodem s minimálním vstupním odporem), měly by mít co nejpřesněji známé zesílení, malou dynamickou chybu a jejich výstupní signál by se měl měnit co nejméně v důsledku připojení měřicích přístrojů k jejich vstupu. Výstupní výkon zesilovače je hrazen z napájecích zdrojů zesilovače.

# Zesilovač napětí (U/U zesilovač)

Zesilovač napětí může být realizován jako neinvertující nebo invertující.

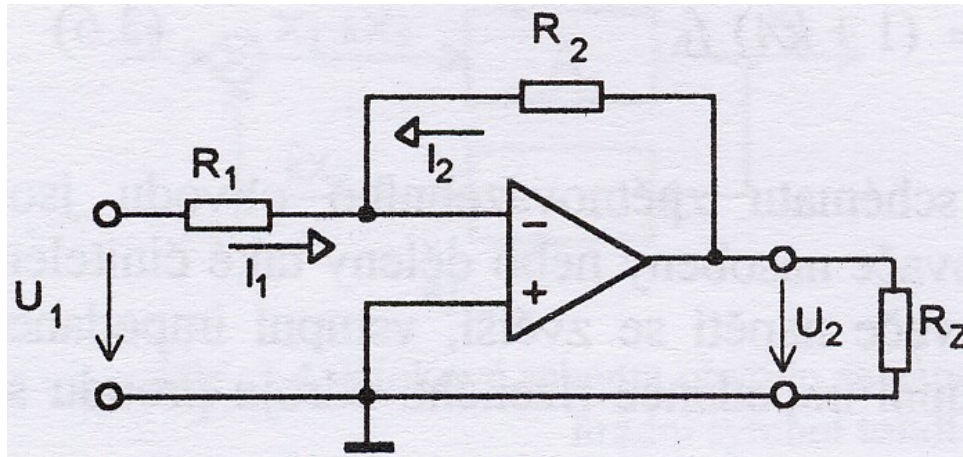
Neinvertující zesilovač:



Vstupní odpor  $R_{izV} \rightarrow \infty$

# Zesilovač napětí (U/U zesilovač)

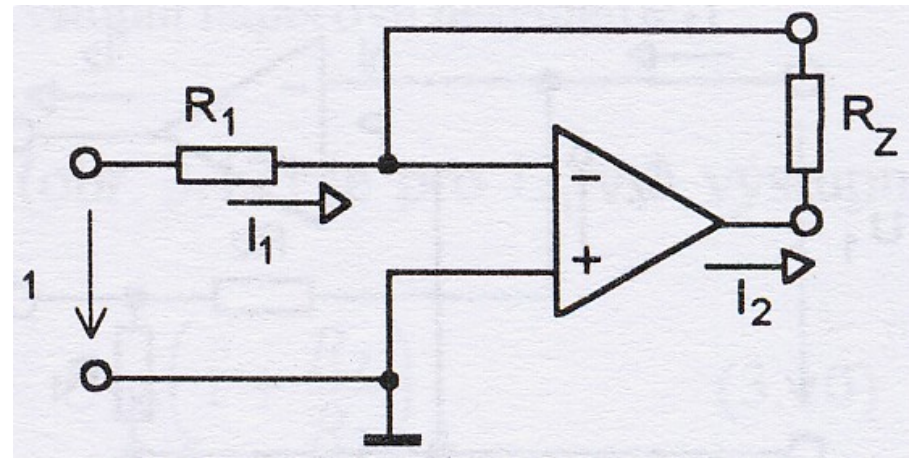
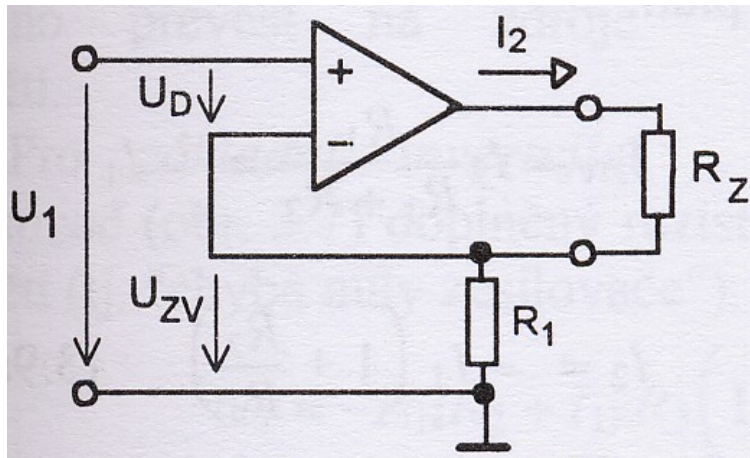
Invertující zesilovač:



Vstupní odpor ideálního zesilovače  $R_{iZV} = U_1/I_1$ ;

Výstupní odpor  $R_{oZV} = 0$ ;

# Napětím řízený zdroj proudu (U/I zesilovač)

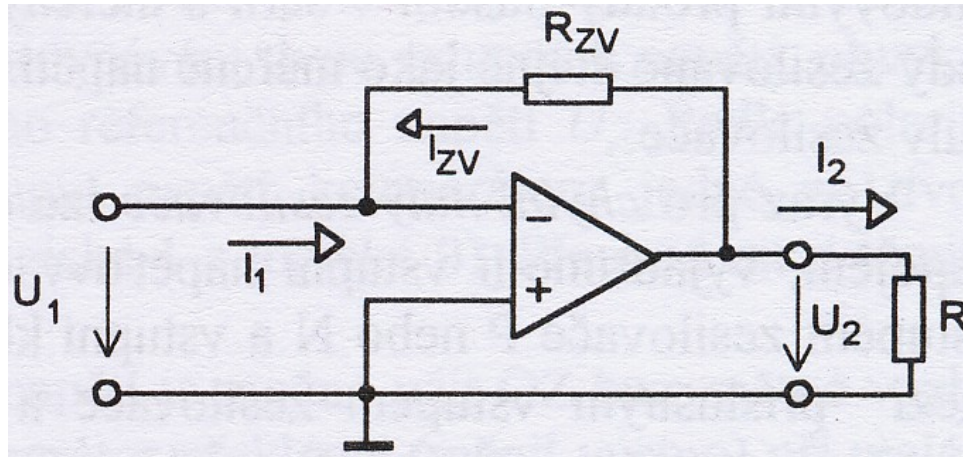


Vstupní odpor ideálního zesilovače  $R_{iZV} = 0$ ;

Výstupní odpor  $R_{oZV} \rightarrow \infty$  (zpětnovazební obvod se chová jako zdroj proudu);



# Zesilovač proudu (I/U zesilovač)

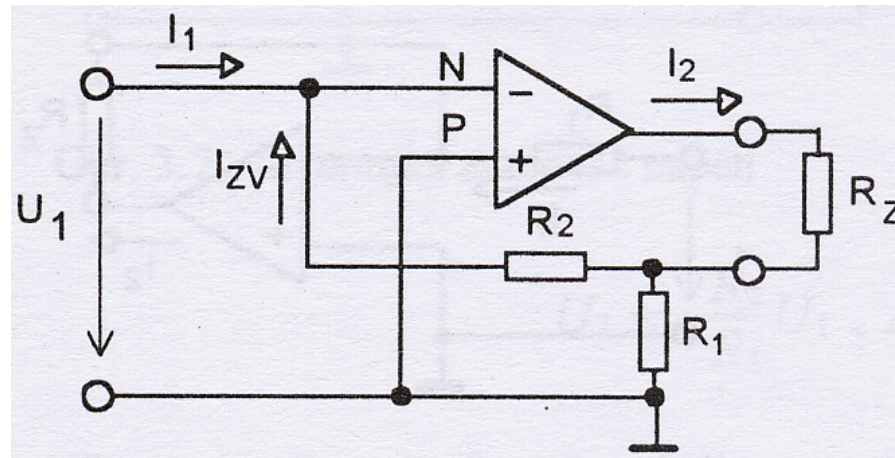


$$A_{ZV} = - R_{ZV}$$

Pro ideální OZ platí, vstupní odpor zesilovače  $R_{iZV} = 0$ ;

Výstupní odpor  $R_{oZV} = 0$ ;

# Zesilovač proudu (I/I zesilovač)



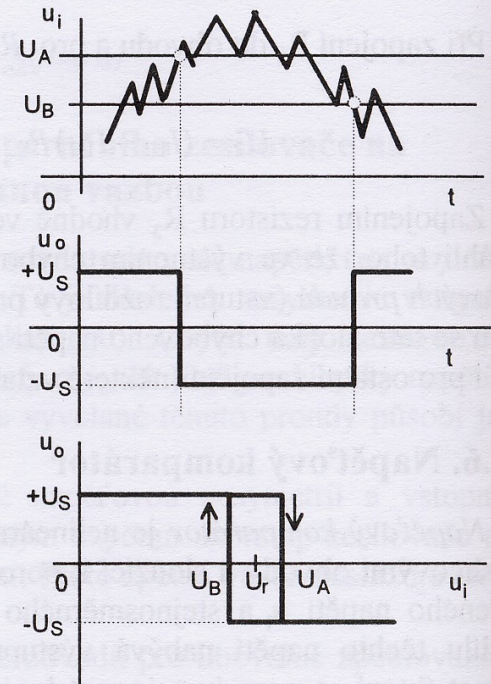
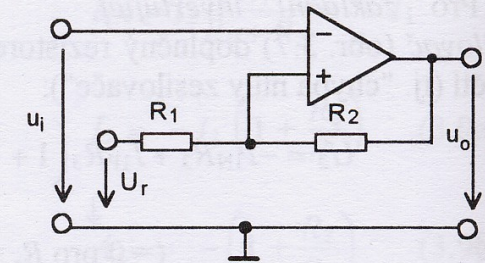
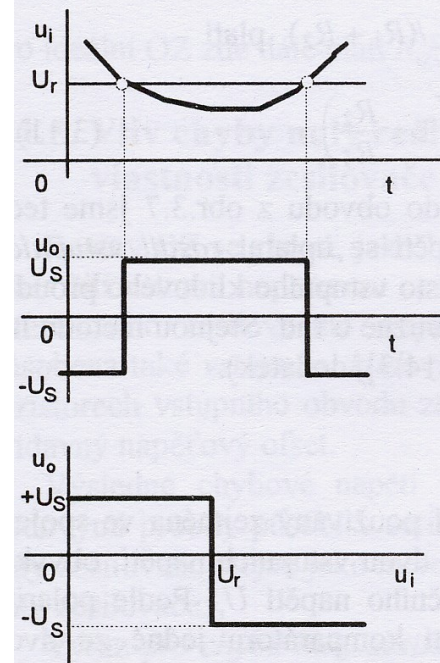
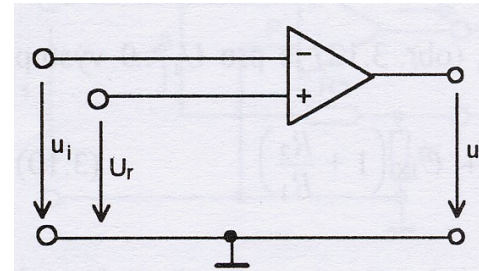
$$A_{zV} = - (1 + (R_2/R_1))$$

Pro ideální OZ platí, vstupní odpor zesilovače  $R_{iZV} = 0$ ;

Výstupní odpor  $R_{oZV} \rightarrow \infty$ ;

# Napěťový komparátor

*Napěťový komparátor* je nelineární obvod používaný zejména ve spojení s číslicovými obvody a slouží k porovnávání dvou vstupních napětí, obvykle měřeného napětí  $u_i$  a stejnosměrného referenčního napětí  $U_R$ . Podle polarity rozdílu těchto napětí nabývá výstupní napětí komparátoru jedné ze dvou hodnot (které se upraví na úroveň logické 1 a logické 0). Přechod mezi těmito hodnotami se děje praktický skokem.





# Převodníky efektivní hodnoty na st. napětí

Efektivní hodnota je nejdůležitějším z parametrů střídavých napětí a proudů. Není-li specifikováno jinak, mluvíme-li o určité číselné hodnotě střídavého napětí (např. 240 V), máme na mysli efektivní hodnotu.

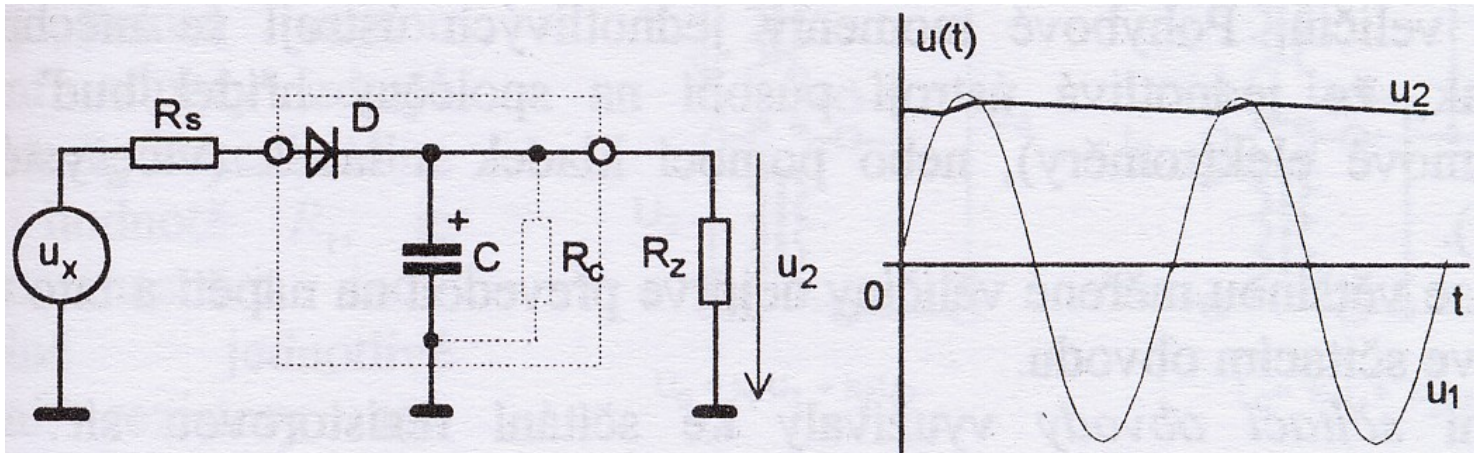
Pro známý tvar signálu je možno překalibrovat údaje voltmetrů měřících střední (aritmetickou) nebo maximální hodnotu na údaje v hodnotách efektivních. V praxi se to provádí obvykle pro harmonický průběh, ale zkreslení harmonického průběhu působí chyby závislé na fázových rozdílech vyšších harmonických složek vůči fázi základní harmonické složky. Při měření neharmonických průběhů mohou být tyto chyby řádu 10 %.

*Převodníky skutečné efektivní hodnoty (true RMS converter, zkráceně TRMS converter) převádí na stejnosměrné napětí signál zahrnující vyšší harmonické složky a jeho výstup nezávisí na fázových posuvech harmonických.*

Podle *fyzikální definice* je efektivní hodnota  $I$  časově proměnného proudu  $i(t)$  rovna stejnosměrnému proudu, který v daném odporu za dobu  $T$  vyvine stejné množství tepla  $Q_T$  jako proud  $i(t)$ .

# Převodníky maximální hodnoty na st. napětí

Tyto převodníky bývají také velmi často označovány jako detektory (měřicí přijímače). Stejnoseměrná složka výstupního napětí  $U_{20}$  je přibližně rovna maximální hodnotě vstupního napětí  $U_{1m}$ . Chybu působí vybíjení kondenzátoru přes zatěžovací rezistor  $R_z$  a svodový odpor kondenzátoru  $R_c$  během doby, kdy je dioda polarizována v závěrném směru, a úbytek napětí na diodě polarizované v propustném směru ve zbylé době.



# Měřicí přístroje se zabudovaným mikroprocesorem

Moderní měřicí přístroje využívají jeden nebo několik mikroprocesorů. Samotný mikroprocesor je hlavní součástí zabudovaného počítače, k němuž náleží vedle mikroprocesoru také podpůrné a periferní obvody a programové vybavení. Zabudovaný mikropočítač řídí všechny moduly moderních měřicích systémů (multimetry, spektrální analyzátory, generátory, apod.).

Výhody spojené se zabudováním mikroprocesoru do měřicího přístroje jsou následující:

- zjednodušení obvodového řešení přístroje;
- redukce dat a volba způsobu prezentace dat;
- snadnější ovládání přístroje;
- realizace funkcí standardizovaného přístrojového rozhraní (např. IEEE 488).

Mikroprocesory se konkrétně používají pro:

- počáteční nastavení přístroje (*hardware setup*);
- řízení měřicího algoritmu a výpočet výsledných měření;

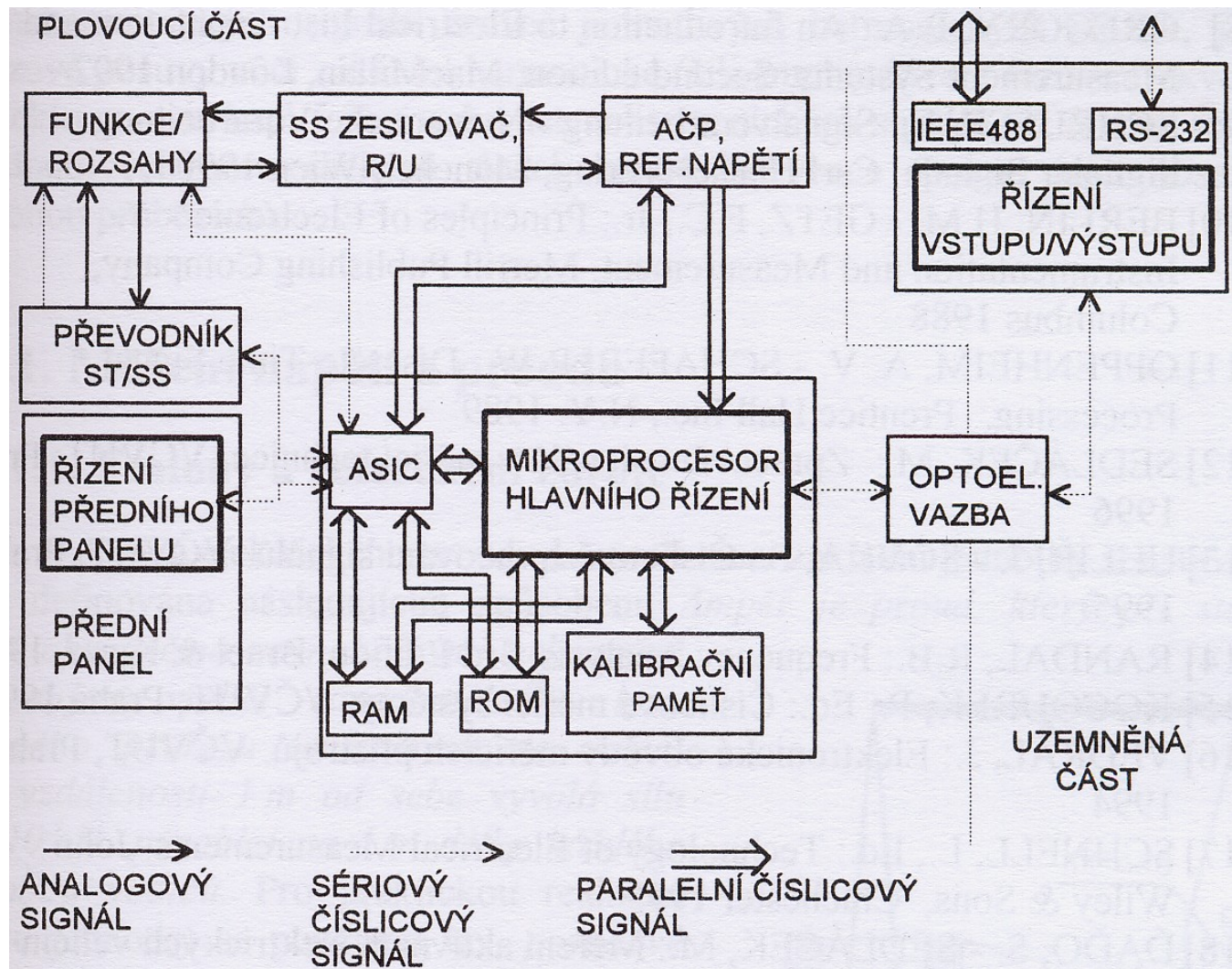
# Měřicí přístroje se zabudovaným mikroprocesorem

- samočinné testování přístroje a autokalibraci;
- softwarovou kalibraci;
- samočinné přepínání rozsahů a zobrazování výsledků;
- řízení vstupu a výstupu dat pomocí standardizovaného rozhraní (*interface*);
- ovládání přístroje prostřednictvím menu.

V mnoha přístrojích (např. v digitálních osciloskopech, číslicových multimetrech, FFT spektrálních analyzátorech a ve frekvenčních syntezátorech) se používá několika mikroprocesorů, což umožňuje podstatné zkrácení doby měření. Jeden z nich je obvykle řídicí (*master*) a ostatní jsou podřízené (*slave*). Každý z procesorů je určen pro plnění konkrétního úkolu např. pro řízení operace konkrétního modulu přístroje, a tím odlehčuje hlavní procesor, který je schopen rychleji matematicky zpracovávat data.



# Měřicí přístroje se zabudovaným mikroprocesorem



# Měřicí přístroje se zabudovaným mikroprocesorem

Zabudovaný počítač umožňuje *řízení měřicího algoritmu* a často také užití *dokonalejšího algoritmu měření*. Například základní metoda A/D převodu užívaná číslicovými voltmetry (dvoutaktní integrace) může být pomocí mikropočítače změněna na vícetaktní integraci s překrytím intervalů  $T_1$  a  $T_2$ , délka intervalu integrování vstupního signálu ( $T_1$ ) může být samočinně přizpůsobována okamžité délce periody sítě pro dosažení velké hodnoty  $SMR$ , mikropočítač může zajistit určení znaménka vstupního signálu a podle něj připojení referenčního napětí požadované polarity. Mikropočítač také zajistí *výpočet výsledku měření* ze vstupních dat (např. výpočet fázového posuvu ze změřené periody  $T$  a intervalu mezi dvěma následujícími průchody nulou  $t_0$ , výpočet výkonu u číslicových analyzátorů výkonu, atd.). Pokud je výpočetní náročnost vysoká, využívá se pro urychlení zpracování speciálních druhů mikroprocesorů (*číslicových signálových procesorů DSP*). Jejich typická aplikace v měřicích přístrojích je výpočet rychlé Fourierovy transformace (FFT) v FFT spektrálních analyzátorech a analyzátorech signálu.

# Měřicí přístroje se zabudovaným mikroprocesorem

Důležitou funkcí zabudovaného mikroprocesoru je samočinné zkoušení a tzv. autokalibrace. Funkce základních bloků přístroje je přezkoušena samočinně po zapnutí přístroje. Tento test spočívá např. v rozsvěcování skupin světelných indikátorů na panelu, v kontrole připojení napájecích napětí k jednotlivým blokům apod. Po úspěšném proběhnutí tohoto testu může být spuštěna *autokalibrace*. Ta umožňuje kompenzovat posuv nuly a chybu zesílení (sklon převodní charakteristiky) pomocí dvojího měření a jejich matematického zpracování. Pokud je obvod lineární a použité prvky mají sice nepřesné hodnoty, ale jsou stabilní v čase, pak je možno výpočtem dosáhnout toho, že měření není zatíženo chybou působenou odchylkami použitých součástek od jmenovitých hodnot a vstupním ofsetem zesilovačů.

# Literatura

---

- [1] HAASZ, V., ROZTOČIL, J., NOVÁK, J., *Číslicové měřicí systémy*. ČVUT, Praha 2000, ISBN 80-01-02219-6.
- [2] HAASZ, V. SEDLÁČEK, M., *Elektrická měření, Přístroje a metody*. ČVUT, Praha 2005, ISBN 80-01-02731-7.
- [3] ČEJKA, M., MATYÁŠ, V., *Elektronická měřicí technika*. VUTIUM, Brno 1999, ISBN 80-214-1336-0.



## Úkol za extra 1 bod navíc (100+1):

V laboratorních cvičeních budete používat multimetr Agilent 34410A. Zjistěte jaké je pro něj výrobcem garantované potlačení *CMR* pro stejnosměrná měření?

Své odpovědi zašlete spolu s uvedením zdrojem informace (nejlépe [www odkaz](#)) na níže uvedený email **dopá 29. 2. 2008 do 12:00**. První email, který může být vyhodnocován musí být zaslán nejdříve v **út 26. 2. 2008 20:00**. Hodnoceno bude prvních **8 správných odpovědí!!!!**

Pokud bude informace uvedena např. v pdf souboru, připojte ještě **číslo strany**, kde jste informaci našli.



[drino@feec.vutbr.cz](mailto:drino@feec.vutbr.cz)