

Analogové elektronické voltmetry:

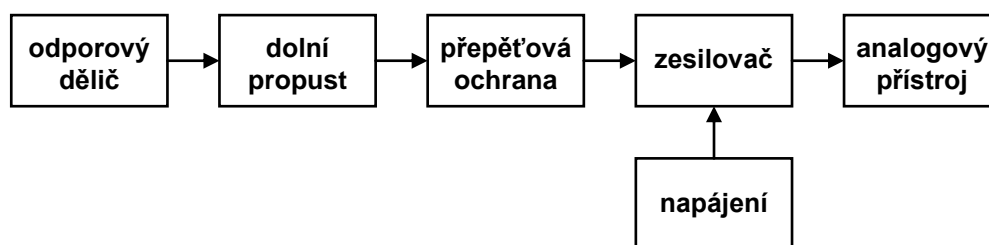
Nejlepší elektromechanickou měřicí soustavou pro měření napětí je soustava magnetoelektrická, která dokáže rozeznat polaritu a má velkou přesnost (třída přesnosti až 0,05%). U všech analogových voltmetrů lze měřicí rozsah pouze předřadným rezistorem zvyšovat. Základní rozsah měřicí soustavy, kdy není použit předřadný rezistor, již nejde dále snižovat a na tomto nejnižším rozsahu je vnitřní odpor přístroje malý, takže výrazně ovlivňuje výsledky měření. Pro měření střídavých napětí se přístroje doplňují o usměrňovače, které omezují možnosti použití a snižují přesnost voltmetru.

Analogové elektronické voltmetry odstraňují základní nedostatky elektromechanických voltmetrů:

- malý vnitřní odpor při měření malých napětí – stovky Ω
- nemožnost měření malých střídavých napětí – pod 1 V
- omezený kmitočtový rozsah – max. 20 kHz

Analogový elektronický voltmetr odstraňuje výše uvedené nedostatky. Vstupní obvod je tvořený napěťovým děličem umožňujícím změnu rozsahu a dosažení velké konstantní hodnoty vstupního odporu – typicky 1 nebo 10 M Ω . Dalším blokem je zesilovač umožňující měření i velmi malých napětí. Vlastnosti střídavých přístrojů jsou vylepšeny použitím aktivních usměrňovačů umožňujícím měření napětí od jednotek mV a do kmitočtu v řádu MHz.

Blokové uspořádání stejnosměrného elektronického voltmetru:



- vstupní odporový dělič napětí – konstantní hodnota vstupního odporu – nejméně 1M Ω
- dolní propust – potlačuje vliv střídavých napětí
- obvody přepět'ové ochrany – přepětí se omezuje:
 - doutnavkami – u starších elektronických voltmetrů,
 - vhodným zapojením diod – „klasických“ usměrňovacích nebo Zenerových
- zesilovač – elektronický, tranzistorový (bipolární / FET) nebo s operačním zesilovačem,
- analogový (magnetoelektrický) měřicí přístroj – u tranzistorových voltmetrů je zapojen v emitorovém můstku,
- zdroj napětí pro napájení zesilovače

Podobné blokové uspořádání jako elektronický voltmetr má voltmetr digitální, pouze místo analogového měřicího přístroje je použit A/D převodník se zobrazovací jednotkou.

Výhody elektronických analogových voltmetrů:

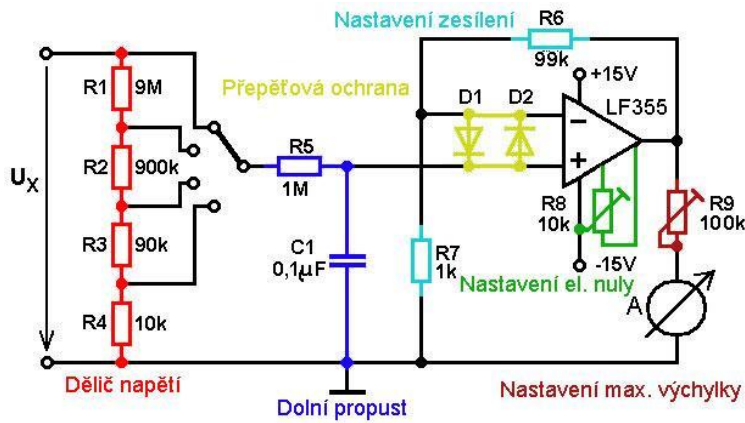
- velká citlivost – počet dílků stupnice na jednotku měřené veličiny,
- velký rozsah měření – měří stejnosměrné i střídavé napětí od velmi malých hodnot řádu milivoltů a mikrovoltů až po velmi vysoké hodnoty v řádech kilovoltů.
- velký frekvenční rozsah – až po jednotky GHz (magnetoelektrické přístroje s usměrňovačem lze užít do kmitočtů 10 až 20 kHz),
- velký vstupní odpor – od 1 M Ω výše \Rightarrow malá vlastní spotřeba,

Nevýhody elektronických analogových voltmetrů:

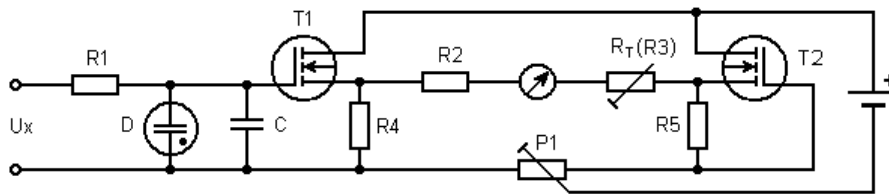
- potřebují napájecí zdroj,
- mají menší přesnost,
- vyšší cena,
- většinou měří napětí pouze proti zemi,
- složitější obsluha – u přesných přístrojů je před měřením nutné nastavit nulovou výchylku pro zkratovaný vstup.



**Střídavý elektronický milivoltmetr
GW INSTEK GVT 417B
300 μ V – 100V, 10Hz – 1 MHz**



Stejnoseměrný elektronický voltmetr s operačním zesilovačem



Stejnoseměrný elektronický voltmetr s emitorovým můstkem

Popis funkce stejnosměrného tranzistorového voltmetru s emitorovým můstkem:

- voltmetr pracuje v můstkovém zapojení – 2 ramena můstku tvoří tranzistory T_1 a T_2 , třetí rameno tvoří rezistor R_4 a část potenciometru P_1 , čtvrté rameno tvoří rezistor R_5 a část potenciometru P_1 ,
- před měřením se můstek vyváží potenciometrem P_1 (elektrická nula), úbytky napětí na rezistorech R_4 a R_5 jsou stejné,
- měřené napětí U_x otevírá tranzistor T_1 , tím se mění jeho kolektorový proud, důsledkem je rozvážení můstku a měřicím přístrojem začne procházet proud,
- doutnavka D tvoří ochranu tranzistoru T_1 před vyšším napětím, kondenzátor C zabraňuje pronikání střídavé složky napětí na vstup T_1 ,
- teplotní stabilizaci zajišťuje termistor – R_T ,
- tranzistor T_2 stabilizuje můstek při kolísání napájecího napětí.

Střídavé elektronické voltmetry

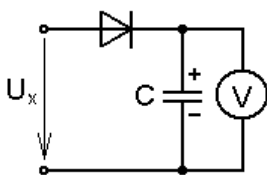
- pro usměrnění střídavých napětí používají diodové usměrňovače
- podle umístění usměrňovače v elektronickém voltmetru **rozlišujeme** dva typy střídavých elektronických voltmetrů:
 - a) voltmetry typu **usměrňovač-zesilovač**
 - b) voltmetry typu **zesilovač-usměrňovač**

a) Voltmetry typu **usměrňovač-zesilovač**

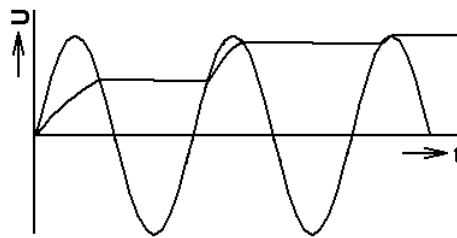
- kmitočtové vlastnosti závisí na vlastnostech usměrňovače (typu diod),
- pro vysoké kmitočty je usměrňovač realizován v měřící sondě
- voltmetr **je vhodný pro měření vyšších napětí**



Blokové schéma elektronického voltmetru typu usměrňovač - zesilovač



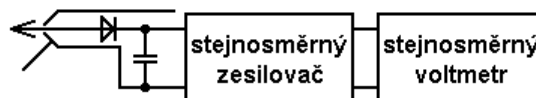
Zapojení sériového špičkového analogového voltmetru



Průběh napětí na sériovém špičkovém diodovém usměrňovači

Princip činnosti sériového špičkového diodového usměrňovače (sériového detektoru):

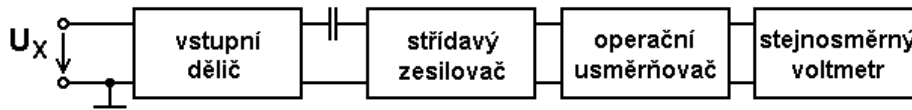
- při každé kladné půlvlně měřeného napětí se nabíjí kondenzátor C (jedná se o přechodový děj – nabíjení kondenzátoru integračního článku, kde nabíjecí proud je omezen odporem diody a obvody vstupního děliče napětí)
- po několika periodách měřeného napětí dojde k nabití kondenzátoru C na maximální hodnotu měřeného napětí
- vzhledem k velkému vstupnímu odporu zesilovače nedochází mezi jednotlivými kladnými maximy měřeného napětí k poklesu napětí na kondenzátoru C
- *po odpojení od zdroje měřeného napětí se kondenzátor postupně vybije přes tranzistor na vstupu stejnosměrné části analogového elektronického voltmetru nebo obvody ochrany*
- obvod měří kladné špičkové napětí $+U_{\max}$



Elektronický voltmetr s vf sondou

b) Voltmetry typu zesilovač-usměrňovač

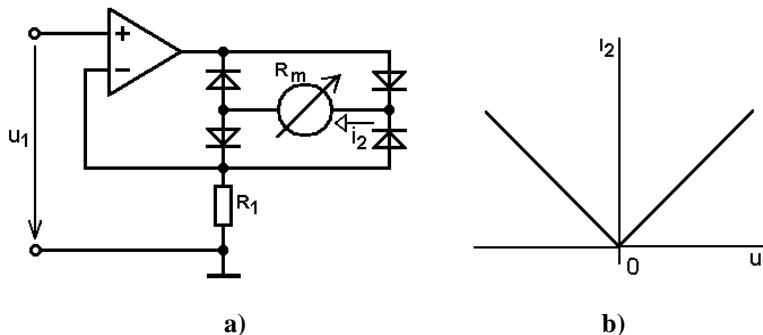
- za vstupním odporovým děličem následuje zesilovač
- usměrňovač pracuje už s vyššími hodnotami napětí



Blokové schéma nízkofrekvenčního milivoltmetru

Vlastnosti voltmetrů typu zesilovač – usměrňovač:

- vhodné pro měření velmi malých napětí – μV a mV
- kmitočtové pásmo s konstantním zesílením zesilovače je podstatně menší než u voltmetru typu usměrňovač – zesilovač
- používají se v oblasti nižších kmitočtů – typicky 10 Hz až 1 MHz
- vstupní odporový dělič musí být vzhledem ke kapacitní vazbě zesilovače kmitočtově kompenzován – ke každému rezistoru děliče je paralelně připojený kondenzátor – stejné řešení je u osciloskopů
- usměrňovač je často realizován můstkovým operačním zesilovačem – jedná se o převodník $U \rightarrow I$ s lineární převodní charakteristikou



Operační usměrňovač

a) dvoucestný aktivní usměrňovač s OZ (převodník U/I) b) převodní charakteristika

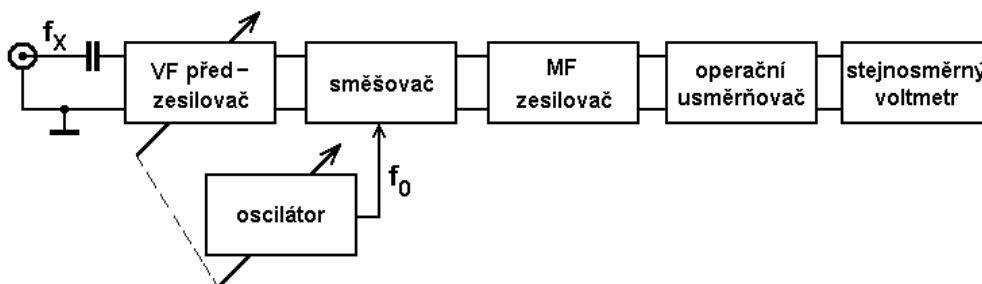
Voltmetry typu zesilovač-usměrňovač se podle kmitočtového rozsahu dělí na:

1) milivoltmetry s širokopásmovým zesilovačem

- všechny signály v daném frekvenčním pásmu se zesílí stejně
- kmitočtový rozsah je malý (do 1 MHz) a je dán vlastnostmi zesilovače, při velké šířce pásma roste vliv i zesílení šumových napětí

2) selektivní milivoltmetry

- měří napětí pouze na daném kmitočtu (pásmu) – omezují vliv šumových napětí jiných než měřených kmitočtů
- používají selektivní zesilovač – pro pokrytí celého frekvenčního pásma se navrhuje zesilovač jako laditelný a pevně spojený vnitřním oscilátorem VF voltmetru



Blokové schéma vysokofrekvenčního mikrovoltmetru

Na výstupu směšovače vzniknou 3 mezifrekvenční kmitočty $f_{m1}=f_x-f_0$, $f_{m2}=f_0-f_x$ a $f_{m3}=f_x+f_0$. Mezifrekvenční zesilovač (MF) zesílí pouze nízkofrekvenční signál $f_{m2}=f_0-f_x$, napětí ostatních kmitočtů jsou potlačena. Případná stejnosměrná složka signálu je potlačena kondenzátorem na vstupu laditelného VF předzesilovače.