

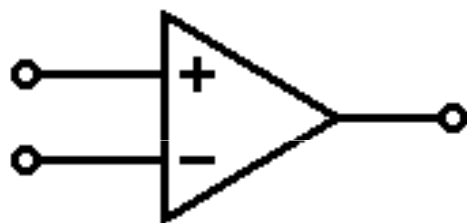
Měřicí zesilovače - operační zesilovače

Základní vlastnosti operačních zesilovačů

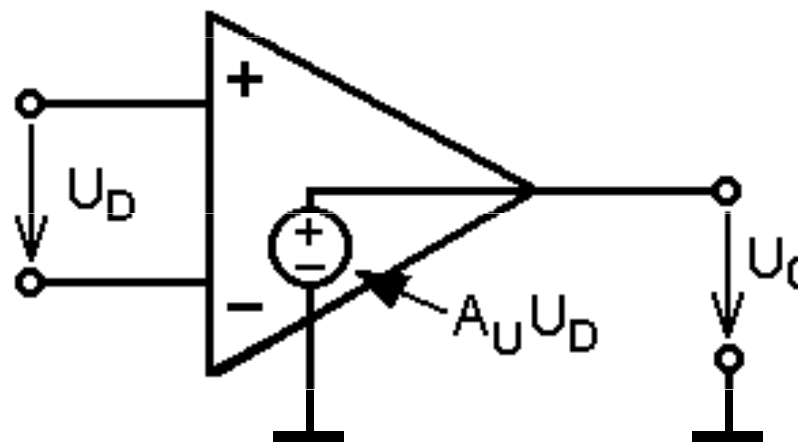
Operační zesilovač

- analogový integrovaný obvod
- původně určený k použití v analogových počítačích k realizaci matematických operací
- dnes se používá hlavně v měřicí a regulační technice k realizaci převodníků pro: součet a rozdíl napětí a proudů, aktivních usměrňovačů a integrátorů, aktivních kmitočtových filtrů, generátorů průběhů ...
- dokáže zesilovat i malá stejnosměrná a střídavá napětí až do stovek MHz
- vlastnostmi se blíží ideálnímu zesilovači

Operační zesilovač zesiluje rozdíl vstupních napětí



obvodový symbol



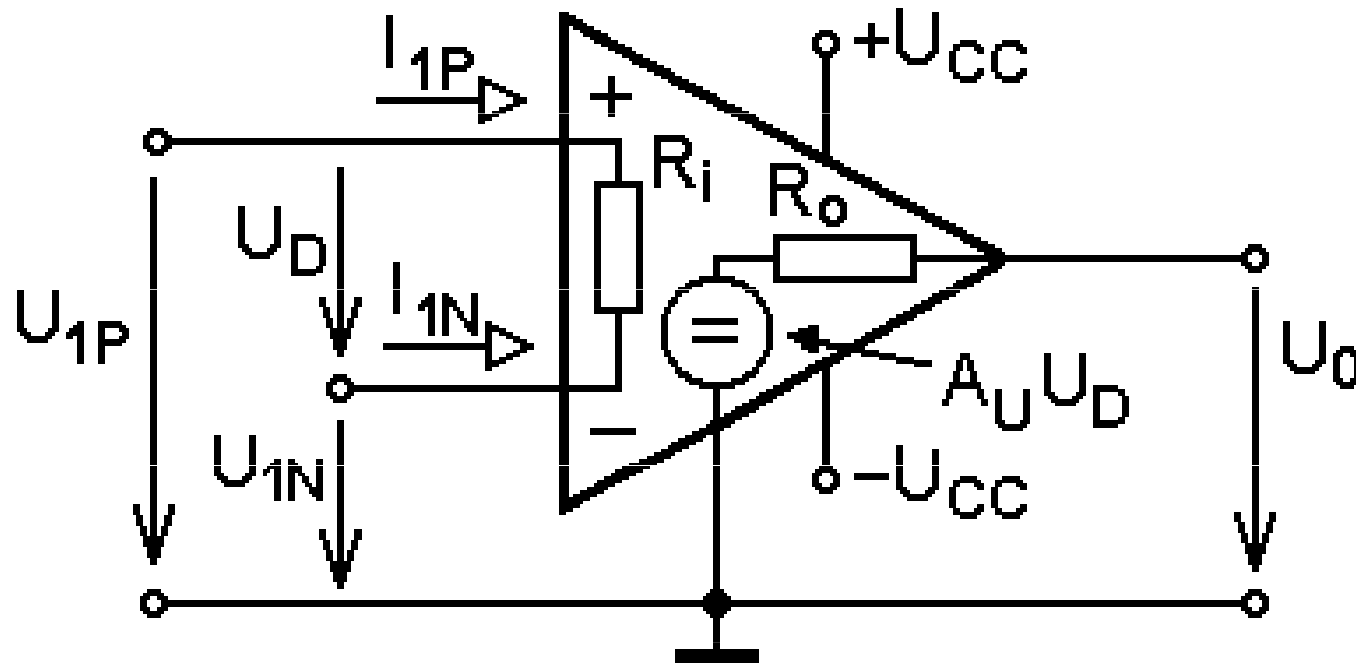
základní náhradní obvod

V principiálních schématech se nekreslí napájení $+U_{CC}$ a $-U_{CC}$

U_D - rozdíl vstupních napětí na invertujícím a neinvertujícím vstupu

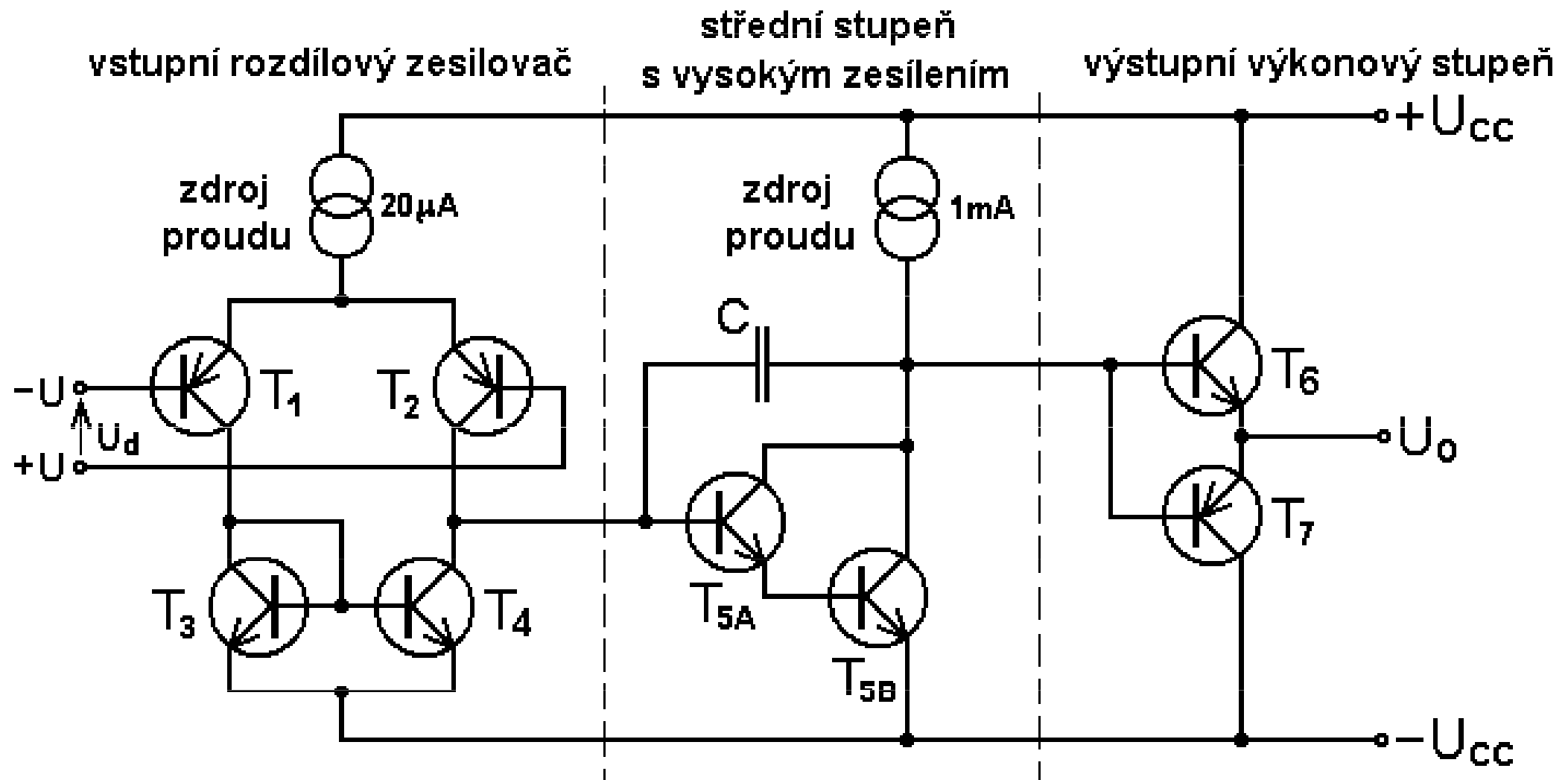
Výstupní napětí $U_{out} = A_U \cdot U_d$

Náhradní obvod reálného operačního zesilovače

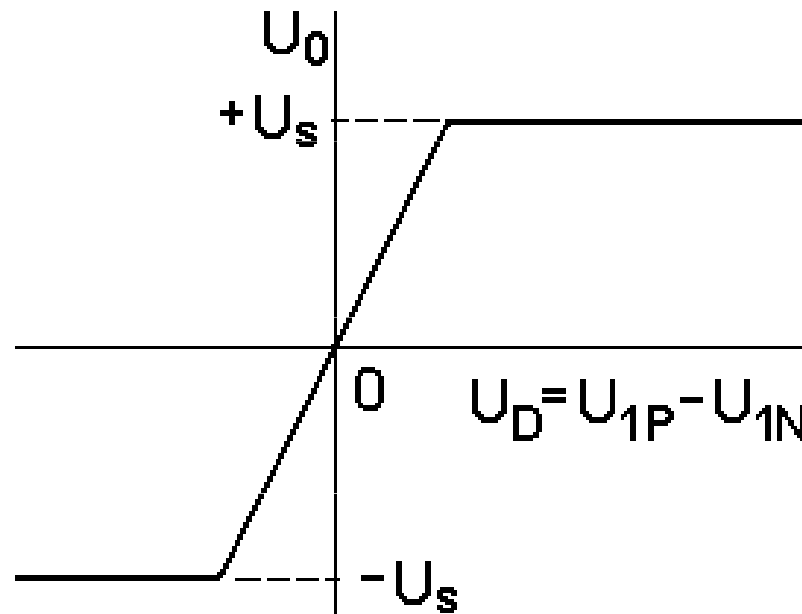


$$U_O = A_U (U_{1P} - U_{1N}) = A_U \cdot U_D$$

Bloková struktura operačního zesilovače



Převodní charakteristika operačního zesilovače



Vzhledem k velkému zesílení ($A_U = 10^5$ i více) způsobí již poměrně malé vstupní rozdílové napětí U_D v řádu jednotek mV saturaci zesilovače $U_{uot} < A_U \cdot U_D$

U_s saturační napětí – U_{uot} je omezené napájecím napětím $\pm U_{CC}$

Vlastnosti obvodů s OZ jsou dány zpětnovazebním prvkem (obvodem) spojujícím invertující vstup s výstupem

Základní vlastnosti ideálního zesilovače

- nekonečné zesílení
- nekonečný vstupní odpor = nulové vstupní proudy
- nulový výstupní odpor
- kmitočtová nezávislost
- nekonečně velké potlačení zesílení souhlasného signálu pro $U_{1P}=U_{1N}$ je $U_{out}=0$
- nulové zkreslení a vlastní šum

Základní nedokonalosti reálného zesilovače

- omezené zesílení - $A_U=10^5$ až 10^7
- konečný vstupní odpor 10^6 až $10^{14}\Omega$ u OZ s unipolárními tranzistory \Rightarrow nenulové vstupní proudy I_{1P} a I_{1N}
- nenulový výstupní odpor - minimálně jednotky Ω
- vstupní napěťový offset - pro $U_D=0$ není $U_{out}=0$ - u některých OZ lze nastavit externím napěťovým děličem
- saturační napětí $\pm U_S$ - je o 1 až 2V nižší než U_{CC}
- maximální rychlost přeběhu S (angl. slew rate) - na skokovou změnu reaguje OZ plynulým nárůstem $U_{out} \Rightarrow$ kmitočtové omezení - max. stovky MHz
- omezené potlačení zesílení souhlasného napětí

Potlačení zesílení souhlasného napětí

CMR (angl. Common Mode Rejection)

Reálný OZ:

$$U_{\text{out}} = A_U \cdot U_D + A_{\text{CM}} \cdot U_{\text{CM}}$$

kde: $U_D = U_{1P} - U_{1N}$ rozdíl vstupních napětí

$U_{\text{CM}} = 1/2(U_{1P} + U_{1N})$ souhlasné napětí

A_U zesílení uzavřené zpětnovazební smyčky

A_{CM} zesílení souhlasného napětí

Např: $U_{1P} = 10V$, $U_{1N} = 9,999V \Rightarrow U_D = 1mV$ ale $U_{\text{CM}} = 9,9995V$

poměr $U_{\text{CM}} : U_D = 10^4$ pro $A_U = 100$ a $A_{\text{CM}} = 10^{-3}$;

$U_{\text{out}} = A_U \cdot U_D + A_{\text{CM}} \cdot U_{\text{CM}} = 100 + 10 = 110mV \Rightarrow$ chyba 10%

Vliv A_{CM} se neprojevuje v zapojeních, kde jeden ze vstupů je připojený na zem.

$$\text{CMR} = 20 \log(A_U / A_{\text{CM}})$$

požadováno min. 80dB