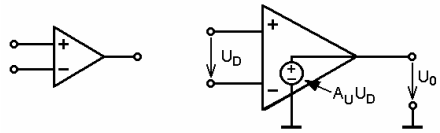
Operační zesilovač

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

Operační zesilovač zesiluje rozdíl vstupních napětí



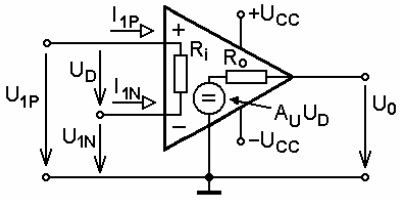
obvodový symbol základní náhradní obvod

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

U_D - rozdíl vstupních napětí na invertujícím a neinvertujícím vstupu

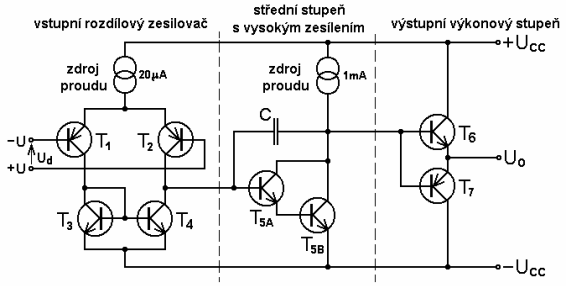
Výstupní napětí $U_0 = A_U.U_d$

Náhradní obvod
reálného operačního zesilovače



$$U_O = A_U\left(U_{1P} - U_{2P}\right) = A_U \cdot U_D$$

Principiální zapojení operačního zesilovače - funkční bloky

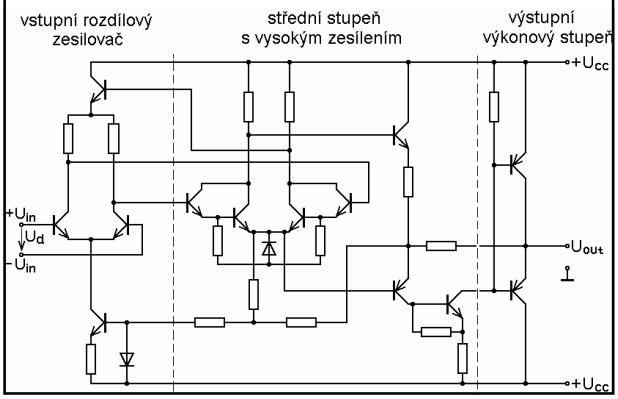


vstupní rozdílový zesilovač

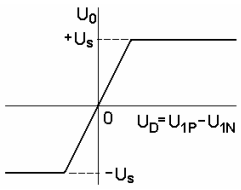
zesilovač s velkým napěťovým zesílením

výkonový zesilovač v třídě B

Zapojení operačního zesilovače 709



Převodní charakteristika operačního zesilovače

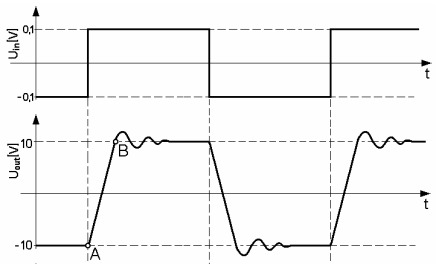


Velké zesílení (A_U=10^5 i více) způsobí, že již poměrně malé vstupní rozdílové napětí U_D v řádu desetin mV saturaci zesilovače $U_0 < A_U.U_D$

U_S saturační napětí – U_0 je omezené napájecím napětím $+-U_{CC}$

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

Reakce OZ na skokové změny signálu



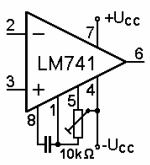
Na skokovou změnu rozdílového napětí reaguje OZ na plynulým nárůstem nebo poklesem výstupního napětí

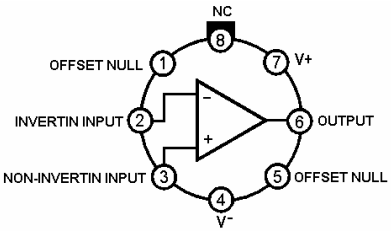
Za určitých podmínek dochází v krajních bodech k zákmitů

Základní vlastnosti reálného zesilovače

- velké zesílení $A_U=10^5$ až 10^7 ideálně nekonečné
- velký vstupní odpor 10^6 až $10^{14}\Omega$ ideálně nekonečný
  $\Rightarrow$ nenulové vstupní proudy I_{1P} a I_{1N} ideálně nulové
- malý výstupní odpor - jednotky Ω ideálně nulový
- vstupní napěťový offset - pro $U_D=0$ není $U_0=0$
  u některých OZ lze nastavit externím napěťovým děličem
- saturační napětí $\pm U_S$ - je o 1 až 2V nižší než U_{CC}
- na skokovou změnu reaguje OZ plynulým nárůstem U_0
- omezené potlačení zesílení souhlasného napětí
  pro $U_{1N}=U_{1P}$, tj. $U_D=0$ není $U_0=0$

Operační zesilovač LM741





Kompenzační obvody:

OFFSET NULL – napěťová kompenzace
nastavení $U_{UOT}=0$ pro $U_{IN}=0$

NC - kmitočtová kompenzace zabraňuje rozkmitání při skokových změnách na vstupu – na skokovou změnu reaguje zesilovač plynulým nárůstem U_{out}

Rozdělení operačních zesilovačů

- **Univerzální** - nejsou kladeny zvláštní požadavky
- **Přístrojové** - měření malých napětí v měřících obvodech, velká časová stálost parametrů
- **Širokopásmové a rychlé** - pro vysoké kmitočty (20 až 700MHz) a impulsní obvody
- **Pro velká výstupní napětí** - 30V až 150V
- **Speciální**
  - mikropříkonové
  - výkonové (nad 1W)

Vlastnosti operačních zesilovačů s bipolárními tranzistory

Výhody:

- malá vstupní napěťová nesymetrie
- značné potlačení zesílení souhlasného napětí

Nevýhody:

- velké vstupní klidové proudy - řádově 100nA
- malý vstupní odpor - řádově MΩ
- menší kmitočtový rozsah

Užití:

- měřící technika a všeobecné aplikace

Vlastnosti operačních zesilovačů s unipolárními tranzistory

Výhody:

- malé vstupní klidové proudy - typicky 1pA
- velký vstupní odpor - řádově 10^{12} Ω
- velké vstupní rozdílové napětí až 30V
- větší kmitočtový rozsah

Nevýhody:

- velký technologický rozptyl hodnot vstupní napěťové nesymetrie
- menší potlačení zesílení souhlasného signálu

Užití:

- nenáročné všeobecné aplikace