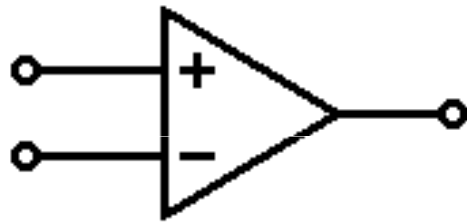


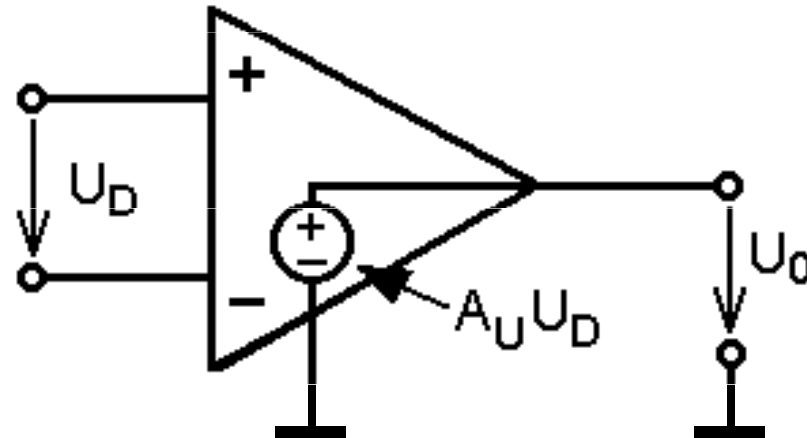
# Operační zesilovač

- analogový integrovaný obvod
- původně určený k použití v analogových počítačích k realizaci matematických operací (funkcí)
- dnes se používá hlavně v měřicí 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



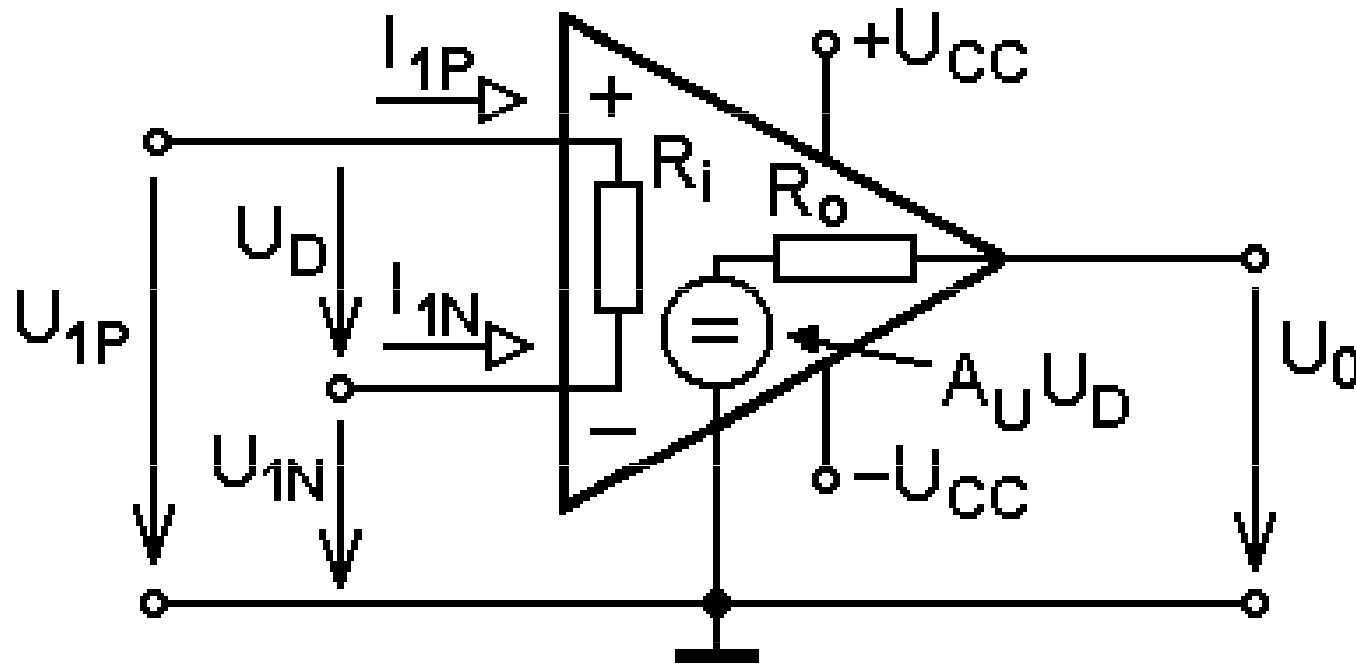
základní náhradní obvod

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

$U_D$  - rozdíl vstupních napětí na invertujícím a neinvertujícím vstupu

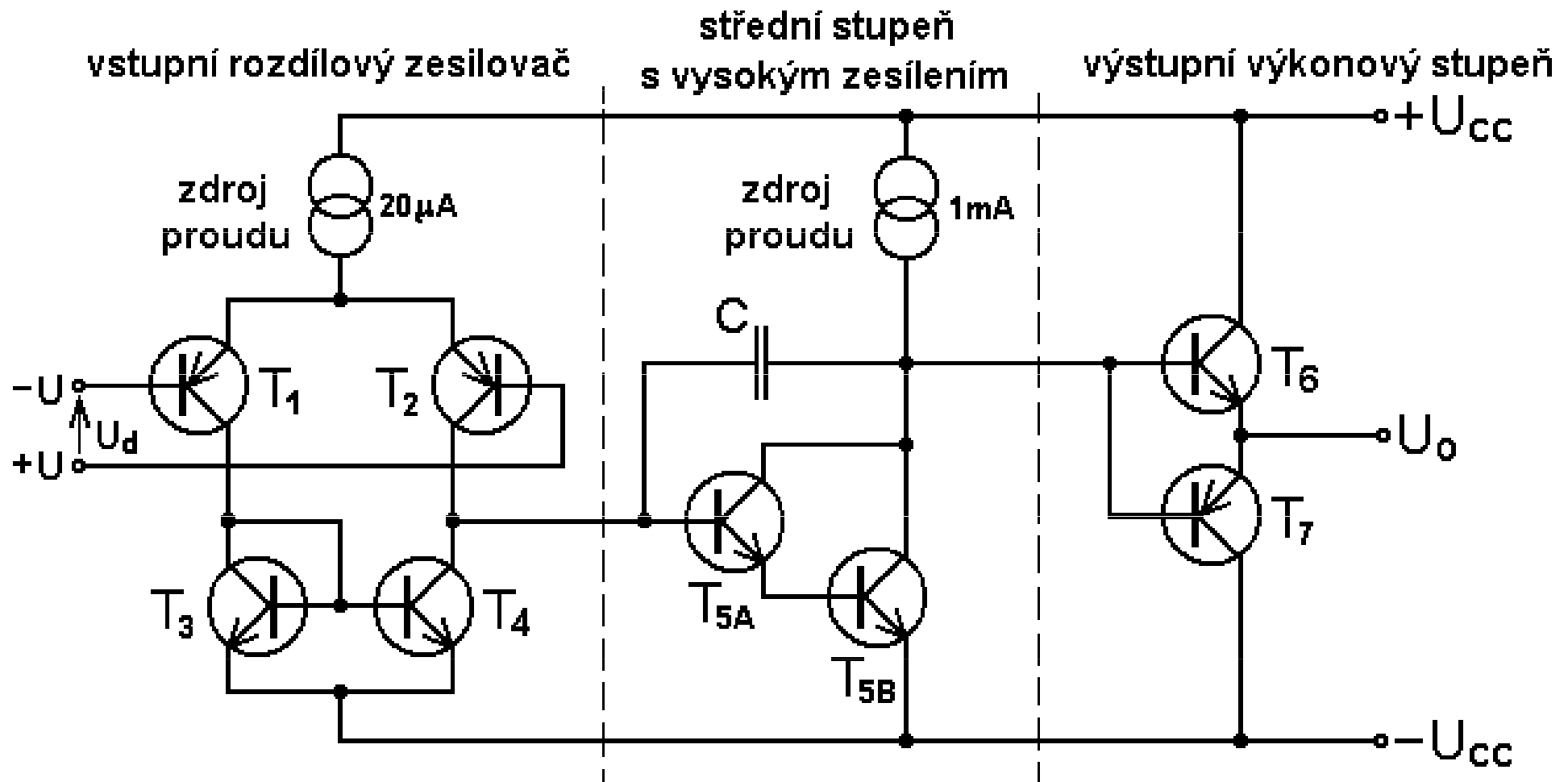
Výstupní napětí  $U_0 = A_U \cdot U_d$

# Náhradní obvod reálného operačního zesilovače



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

# Principiální zapojení operačního zesilovače - funkční bloky



vstupní rozdílový zesilovač

zesilovač s velkým napěťovým zesílením

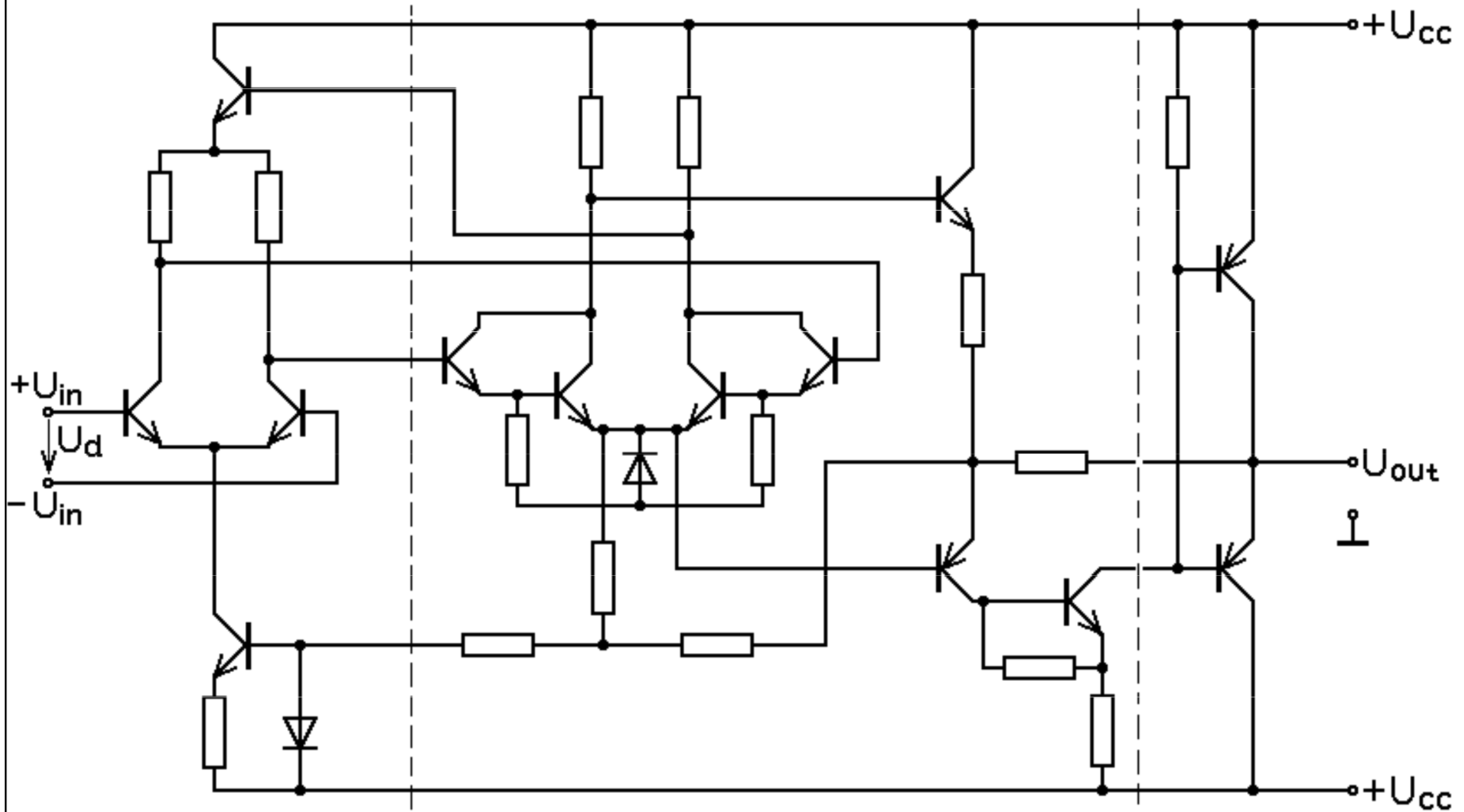
výkonový zesilovač v třídě B

# Zapojení operačního zesilovače 709

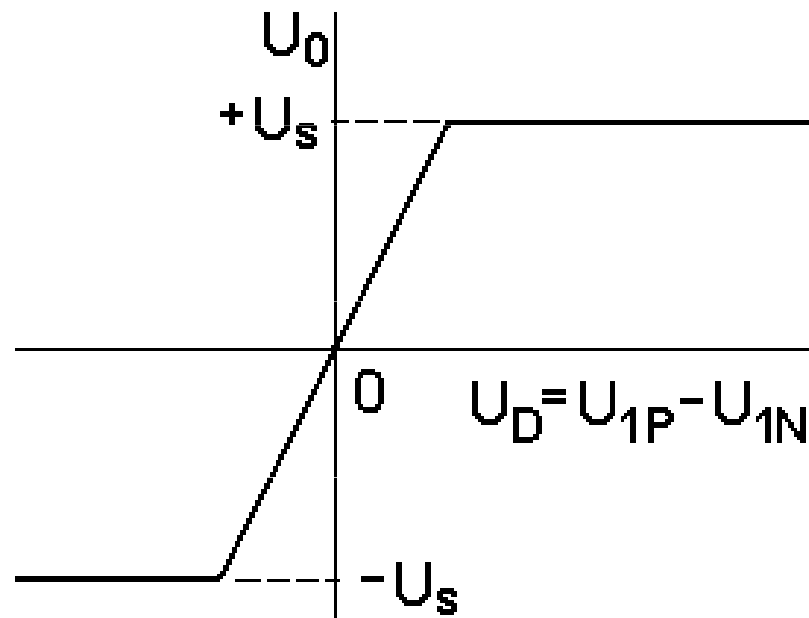
vstupní rozdílový  
zesilovač

střední stupeň  
s vysokým zesílením

výstupní  
výkonový stupeň



# Převodní charakteristika operačního zesilovače

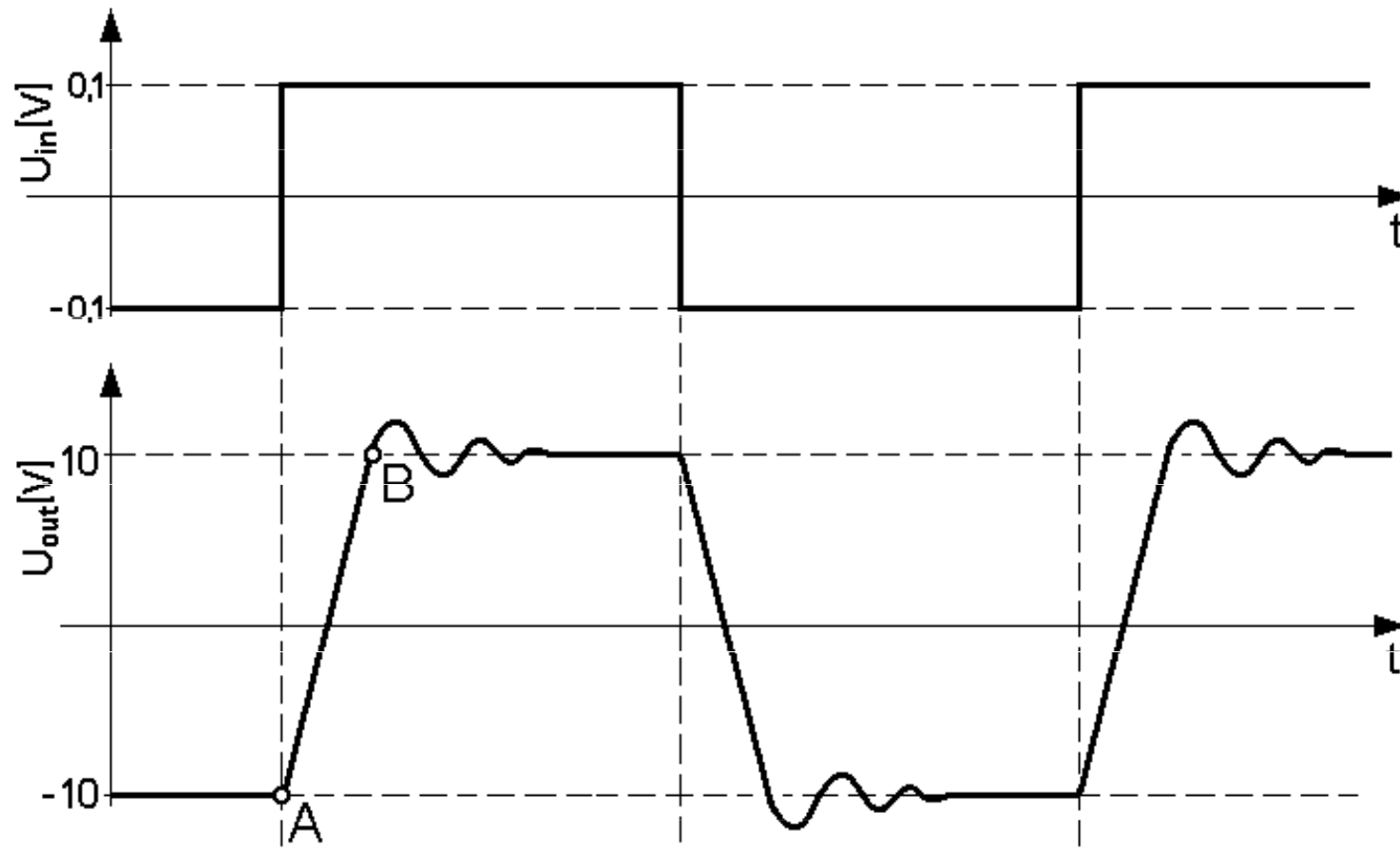


Velké zesílení ( $A_U = 10^5$  i více) způsobí, že již poměrně malé vstupní rozdílové napětí  $U_D$  v řádu desetin mV **saturaci zesilovače**  $U_0 < A_U \cdot U_D$

**$U_s$  saturační napětí** –  $U_0$  je omezené napájecím napětím  $\pm U_{CC}$

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

# Reakce OZ na skokové změny signálu



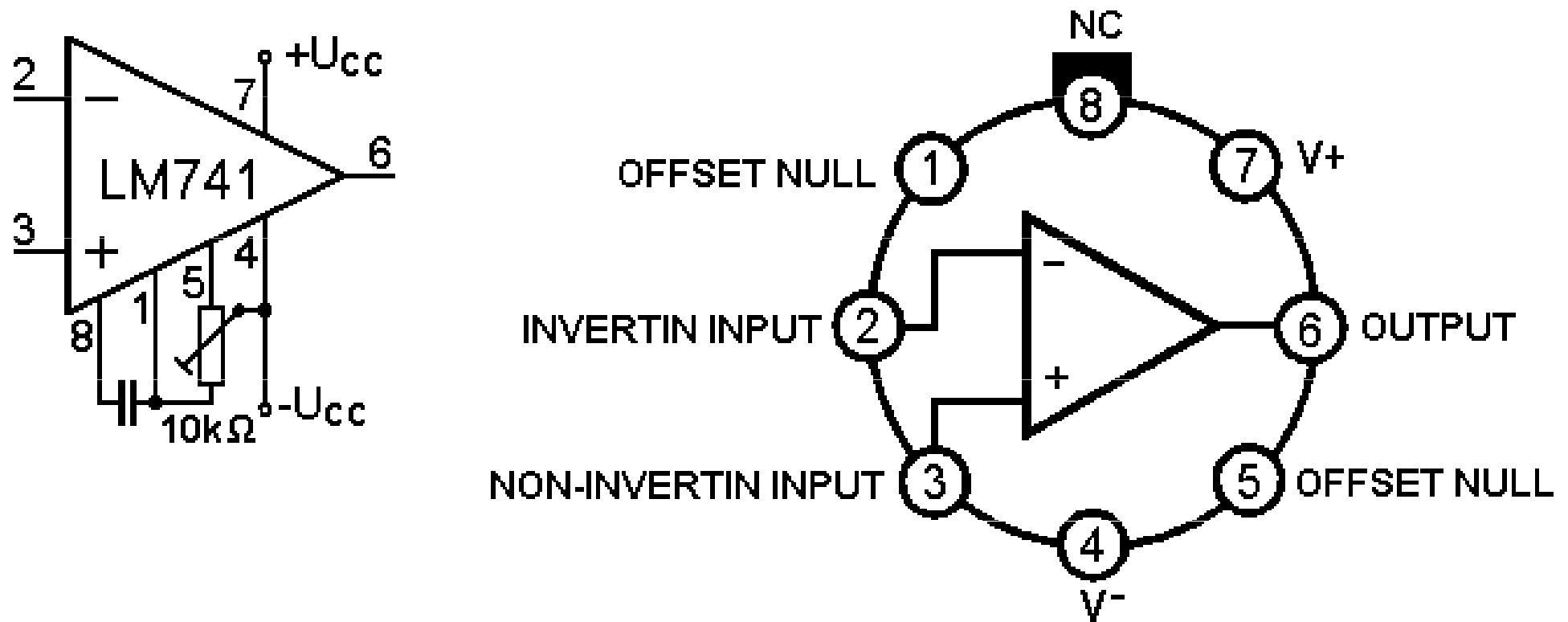
Na skokovou změnu rozdílového napětí reaguje OZ na plynulým nárůstem nebo poklesem výstupního napětí  
Za určitých podmínek dochází v krajních bodech k zákmitům

# 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  $\Omega$  **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 měřicích 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  $M\Omega$
- ❖ menší kmitočtový rozsah

## Užití:

- měřicí technika a všeobecné aplikace

# Vlastnosti operačních zesilovačů s unipolárními tranzistory

## Výhody:

- malé vstupní klidové proudy - typicky 1pA
- velký vstupní odpor - řádově  $10^{12} \Omega$
- 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