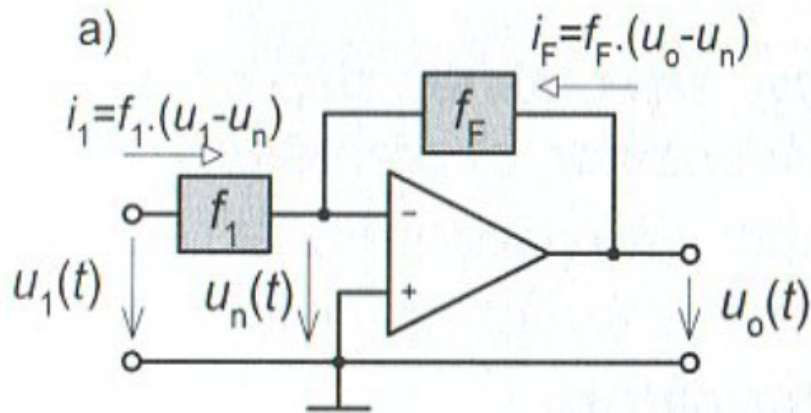
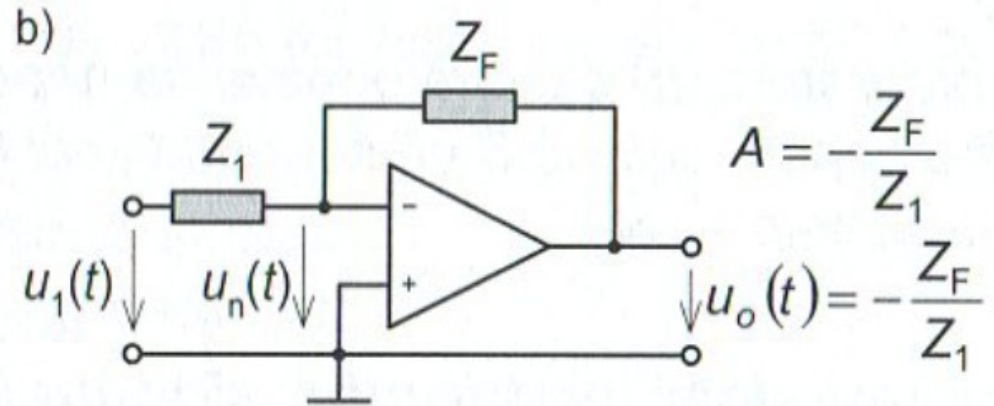


Obecný tvar invertujícího zapojení OZ



$$f_1 = \frac{1}{Z_1(j \cdot \omega)}$$

$$i_1(j \cdot \omega) = \frac{u_1 - u_n}{Z_1(j \cdot \omega)}$$

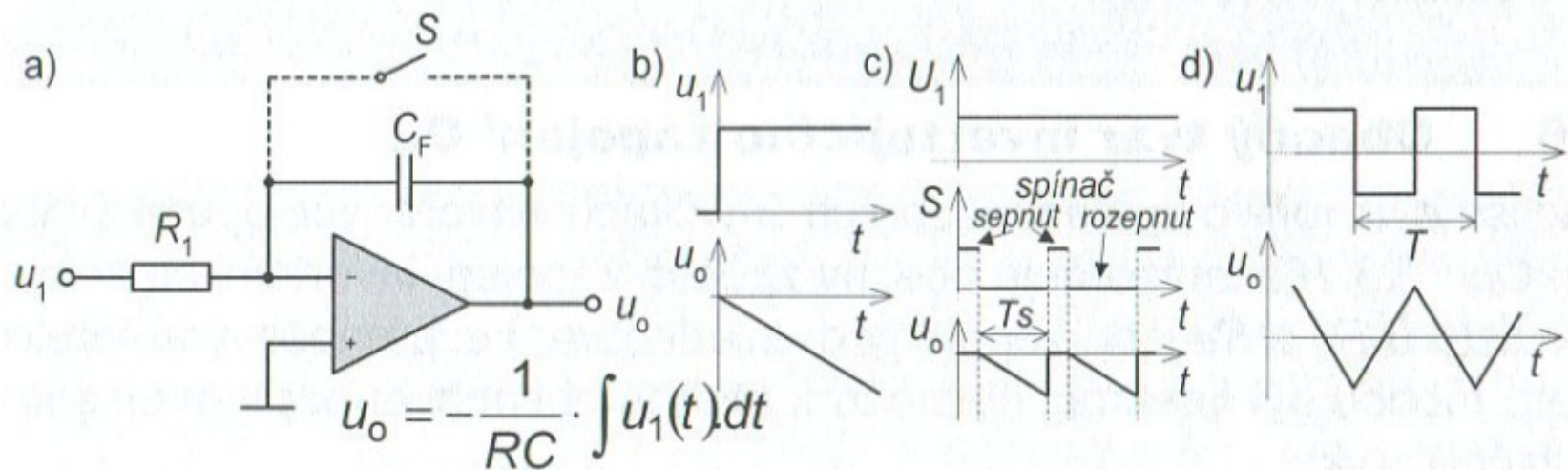


$$f_F = \frac{1}{Z_F(j \cdot \omega)}$$

$$i_F(j \cdot \omega) = \frac{u_o - u_n}{Z_F(j \cdot \omega)}$$

$$A = \frac{u_o}{u_1} = -\frac{Z_F}{Z_1}$$

Integrátor



proud kondenzátorem: $i_C = C \frac{du}{dt} \Rightarrow \frac{u_1}{R_1} = -C_F \frac{du_o}{dt} \quad i_{IN} = -i_{ZV}$

poč. podmínka

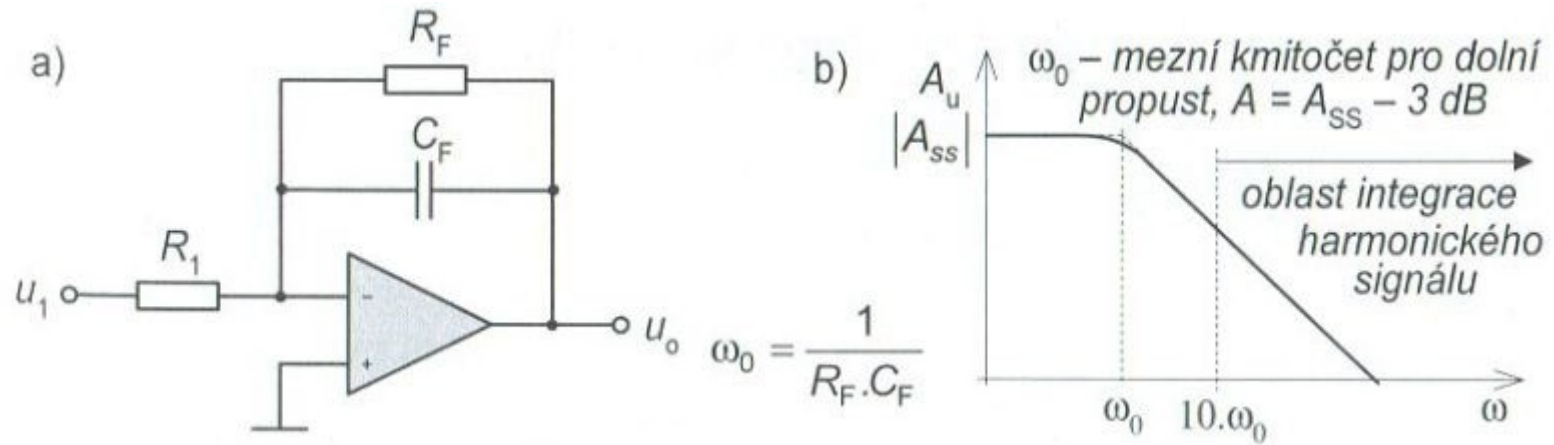
$$u_o = u_o(t=0) - \frac{1}{R_1 C_F} \int_0^t u_1 dt \quad \begin{matrix} R_1 \rightarrow \infty \\ U_1 \rightarrow 0 \end{matrix} \quad \text{analogová paměť'}$$

$$u_o = -\frac{1}{R_1 C_F} \int_t^{t+T_s} U_1 dt \quad U_o(t = T_s) = -\frac{U_1}{R_1 C_F} \cdot T_s$$

t – časový okamžik zahájení integrace

T_s – doba rozeptnutí spínače

Integrátor



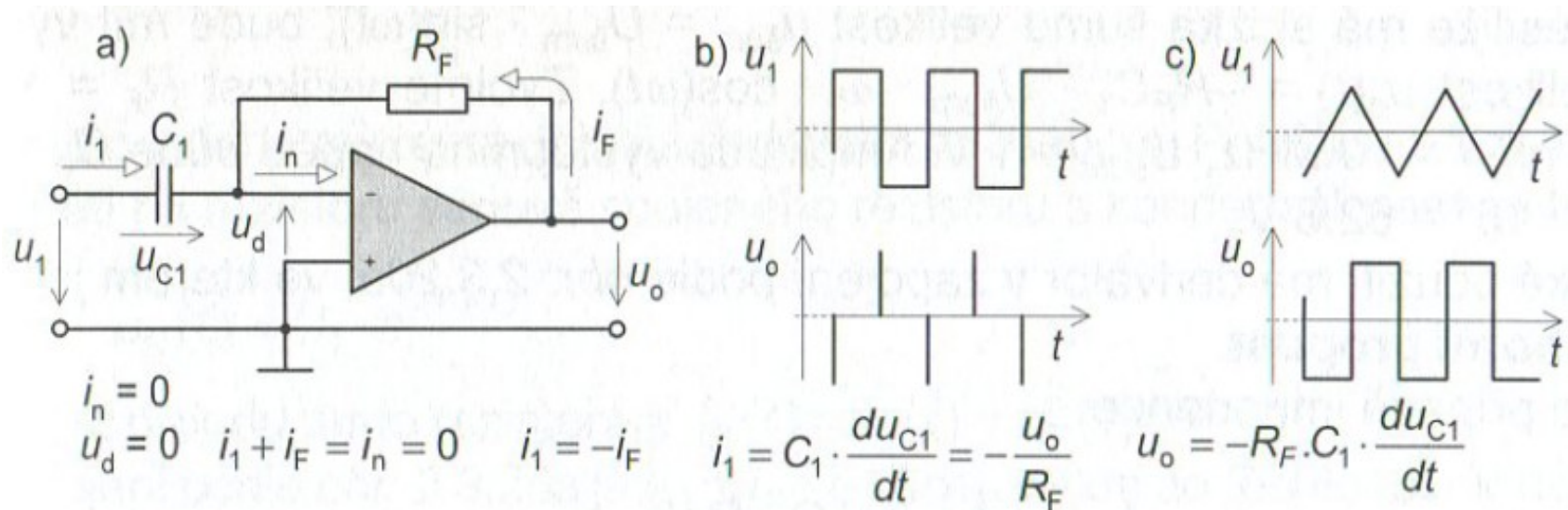
$$u_o = -\frac{1}{R_1 C_F} \int u_1 dt$$

$$|A_{ss}| = \frac{R_F}{R_1}$$

$$A_u = \frac{R_F}{R_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega \cdot R_F \cdot C_F)^2}}$$

$$\varphi = -\arctg(\omega \cdot R_F \cdot C_F)$$

Derivátor



$$i_1(t) = C_1 \frac{du_1(t)}{dt}$$

$$i_1 = i_F$$

$$i_F = -\frac{u_o(t)}{R_F}$$

$$u_o(t) = -R_F \cdot C_1 \frac{du_1(t)}{dt}$$

Kmitočtová závislost

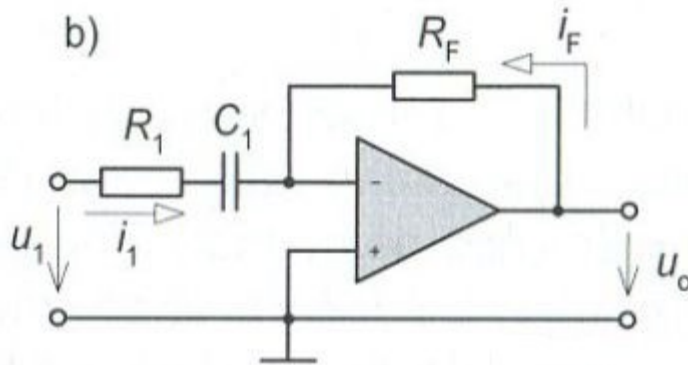
$$A(j\omega) = -\frac{R_F}{Z_1(j\omega)} = -j\omega R_F \cdot C_1$$

$$u_o(t) = -R_F \cdot C_1 \cdot \omega \cdot U_1 \cdot \cos(\omega t)$$

kde

$$u_1(t) = U_1 \cdot \sin(\omega t)$$

Derivátor



$$A(\omega \rightarrow \infty) = \lim_{\omega \rightarrow \infty} \frac{C_1 \cdot R_F}{\sqrt{\frac{1}{\omega^2} + (C_1 \cdot R_1)^2}} = \frac{R_F}{R_1}$$

Vliv ZV na vstupní a výstupní impedanci

Neinvertující zesilovač – sériová ZV

$$Z_{iINV} = Z_i \cdot (1 + \beta \cdot A)$$

Invertující zesilovač – paralelní ZV

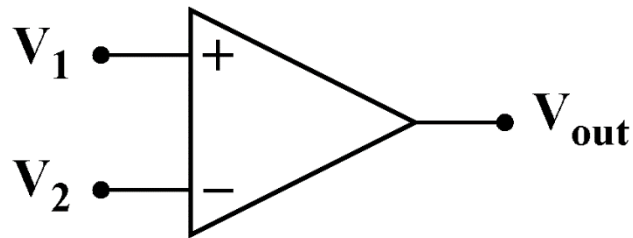
$$Y_{iINV} = Y_i \cdot (1 + \beta \cdot A) \quad \rightarrow \quad Z_{iINV} = \frac{Z_i}{1 + \beta \cdot A}$$

Výstupní impedance – ZV člen a invertující resp. neinvertující zesilovač jsou spojeny paralelně

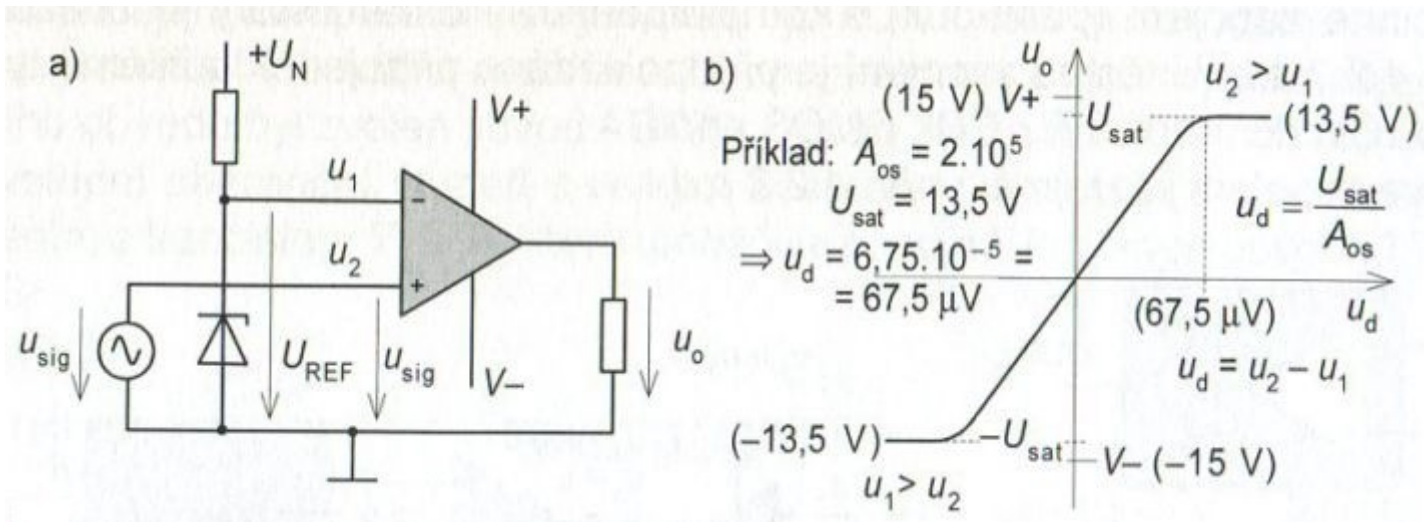
$$Z_{out} = \frac{Z_o}{1 + \beta \cdot A}$$

Napět'ové komparátory

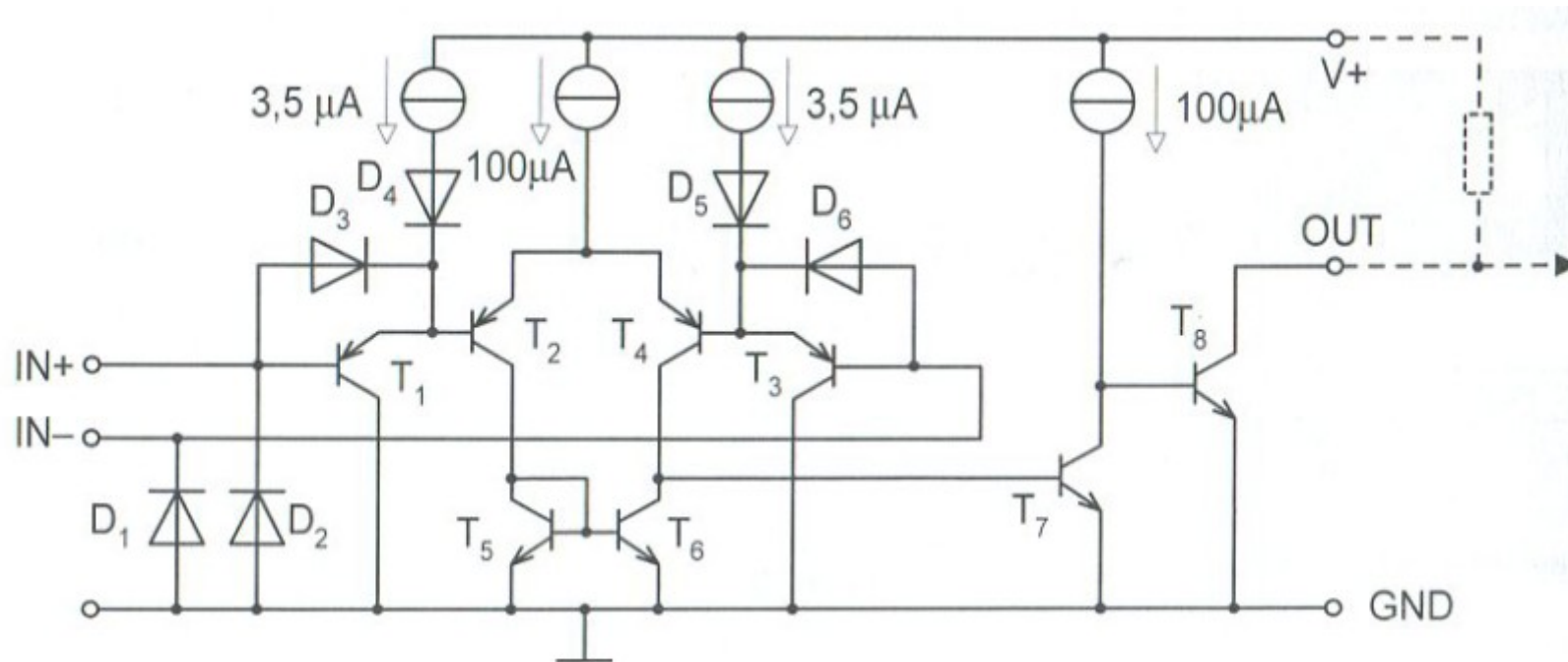
Slouží ke komparaci (porovnání) dvou napětí, přičemž úroveň výstupního napětí definuje, které napětí je větší.



$$U_{vyst} = \begin{cases} +U_s & \text{při } V_1 > V_2 \\ -U_s & \text{při } V_1 < V_2 \end{cases}$$



Napět'ové komparátory



Komparátory & OZ

komparátory i OZ

- velké zesílení otevřené smyčky A_{OS}
- malá napěťová nesymetrie
- velké CMRR

komparátory

- výstupní napětí nabývá pouze dvou hodnot ($+U_s$ nebo $-U_s$)
- velmi rychlý přechod mezi úrovněmi $+U_s$ a $-U_s$ (téměř skokově i když je výstup satureován \rightarrow krátká doba zotavení)
- schopen zpracovávat velké diferenční signály
- konstruován pro zapojení bez ZV
- koncový stupeň bývá řešen jako OK

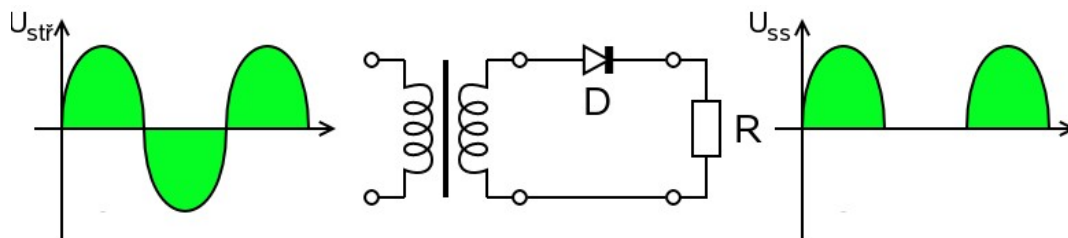
OZ

- výstupní napětí zpravidla nezahrnuje úrovně $+U_s$ a $-U_s$ (při satureovaném výstupu je značně omezena jeho rychlost \rightarrow dlouhá doba zotavení)
- konstruován pro zapojení se ZV (ZZV zamezuje saturaci výstupu)
- ZZV snižuje velikost diferenčního signálu (tzn. zpracovávají malé diferenční signály)

Usměrňovače

- Převádí vstupní střídavé napětí na výstupní napětí stejnosměrné
- nejčastěji usměrňovače diodové:
 - jednocestné
 - dvoucestné

Jednocestný usměrňovač



$$u_g = U_m \sin \omega t$$

Jednocestný usměrňovač

$$I_m = \frac{U_m}{R_s + R_z} \quad I_{ss} = \frac{1}{T} \int_0^T i_{ss} dt = \frac{I_m}{\pi}$$

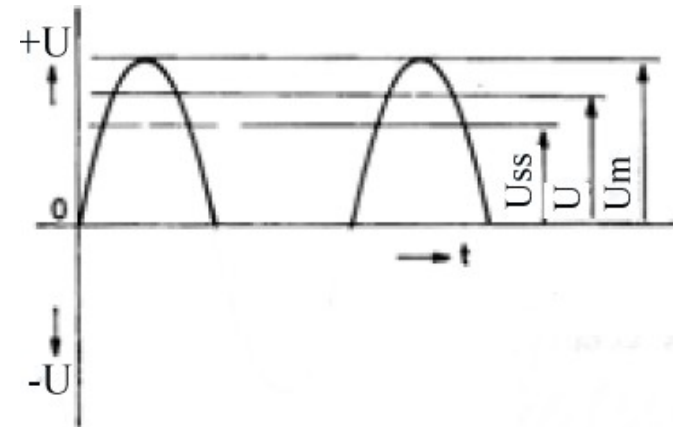
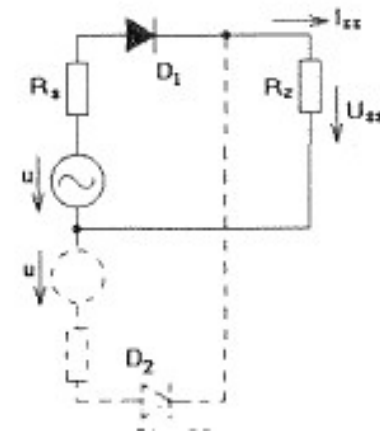
$$U_{ss} = \frac{U_m - I_m R_s}{\pi} = \frac{U_m}{\pi} - R_s I_{ss}$$

$$I_{ss} = 0 \quad U_{ss0} = \frac{U_m}{\pi} = 0,45 U$$

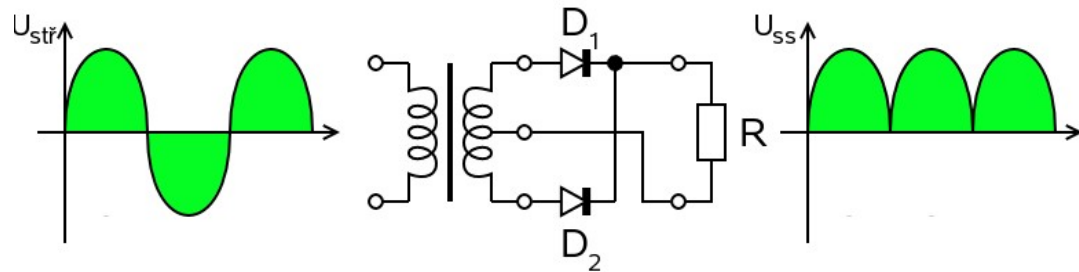
$$U_{ss} = 0 \quad I_{ssk} = \frac{U_m}{\pi R_s} = 0,45 \frac{U}{R_s}$$

$$U_D = U_m$$

$$u_g = U_m \sin \omega t$$



Dvocestný usměrňovač

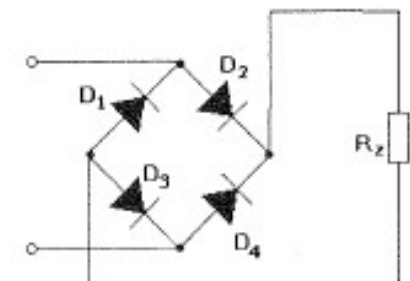
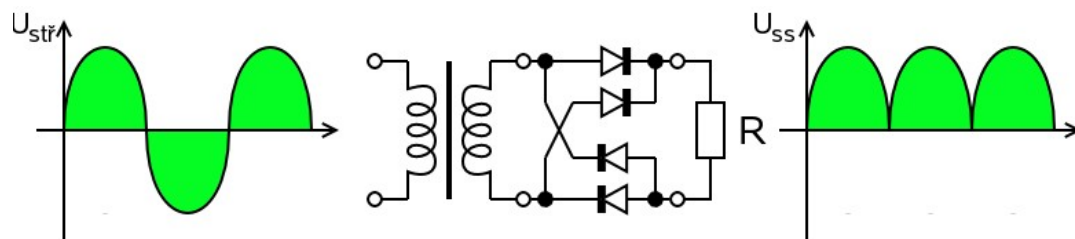


$$U'_{ss} = \frac{2U_m}{\pi} - R_s I'_{ss}$$

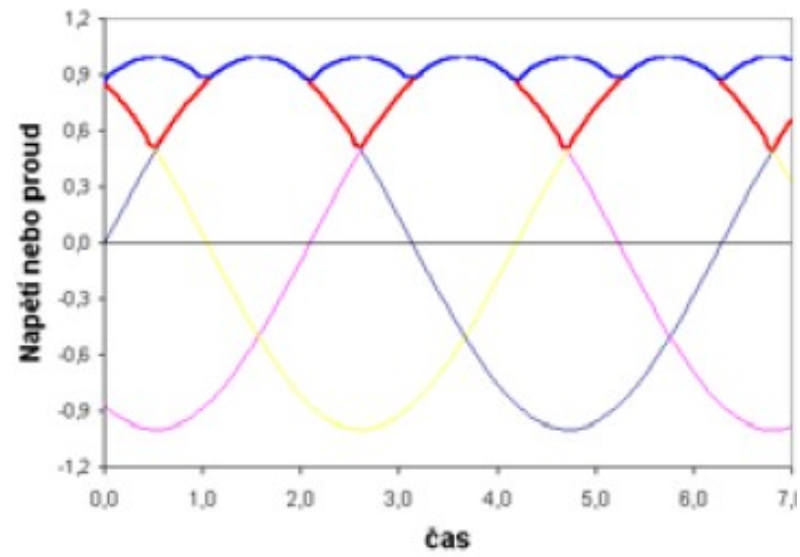
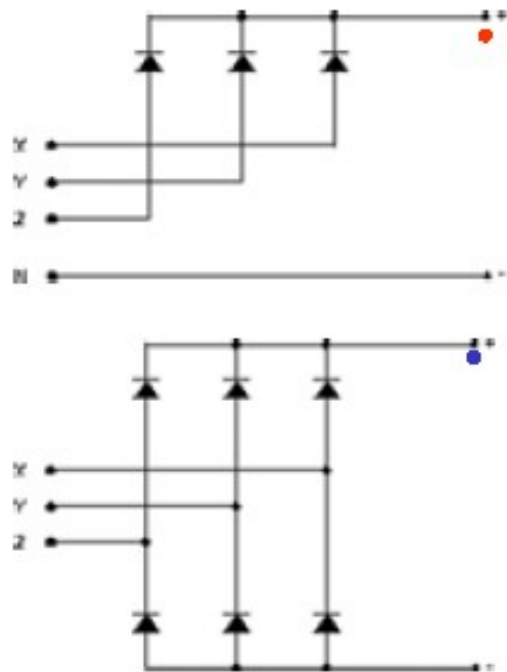
$$U_{ss0} = 0,9U$$

$$I_{ssk} = 0,9U/R_s$$

$$U_D = 2U_m$$



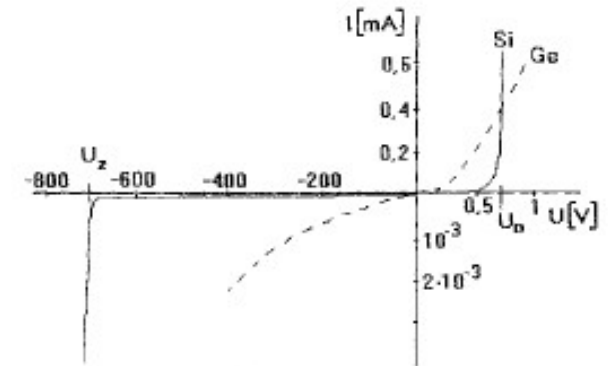
Třífázový usměrňovač



Usměrňovače MP

$$i_d = G_{d0} u_d + \frac{G'_{d0}}{2} u_d^2$$

$$i_d = \frac{u_1 - u_d}{R_Z}$$

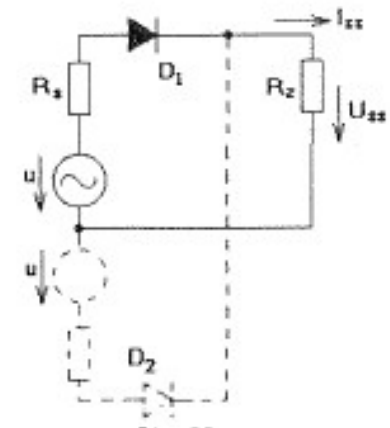


$$i_d = \frac{1 + R_Z G_{d0}}{R_Z^2 G'_{d0}} \left[\frac{R_Z G_{d0}}{1 + R_Z G_{d0}} u_1 + \frac{R_Z G'_{d0}}{(1 + R_Z G_{d0})^2} u_1^2 - \frac{1}{2} \frac{(R_Z G'_{d0})^2}{(1 + R_Z G_{d0})^4} u_1^3 \right]$$

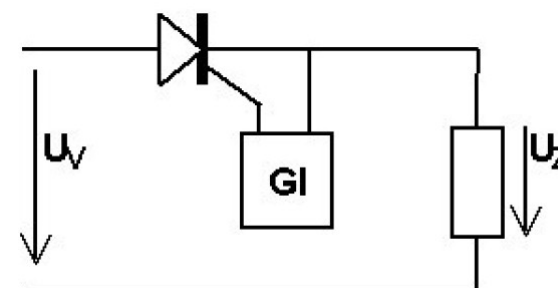
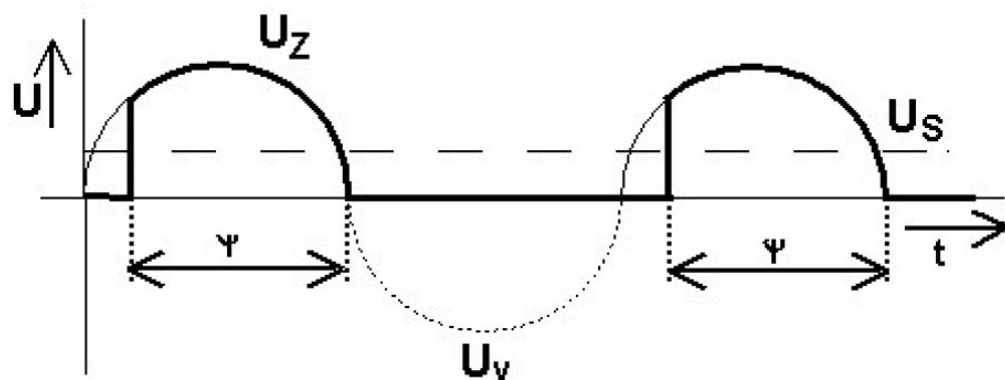
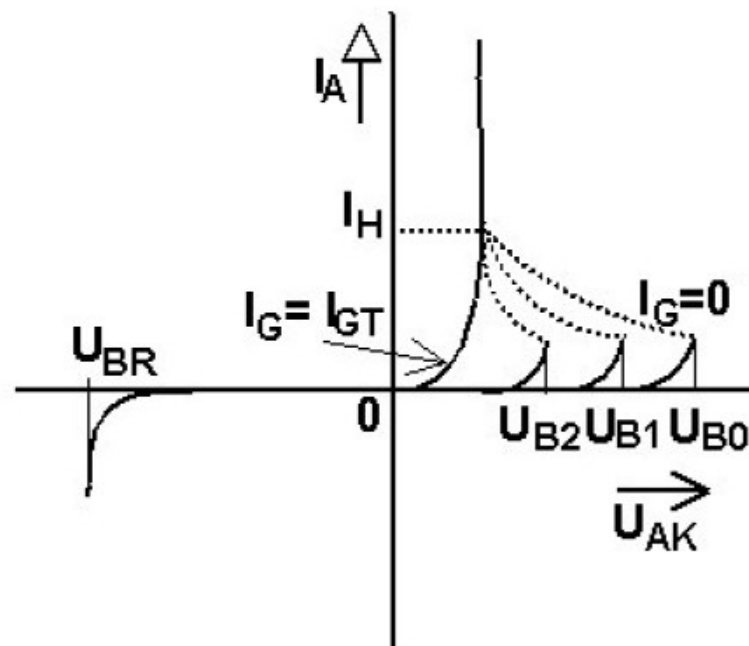
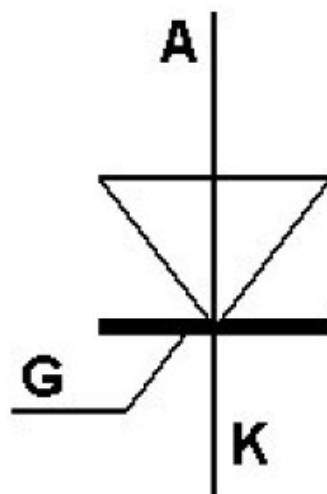
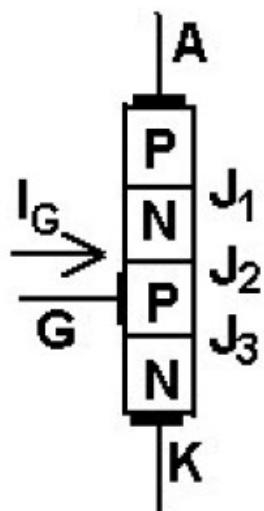
jestliže $u_1 = U_m \sin \omega t$

$$I_d = \frac{U_{ss}^2}{2} \frac{G'_{d0}}{(1 + R_Z G_{d0})^3}$$

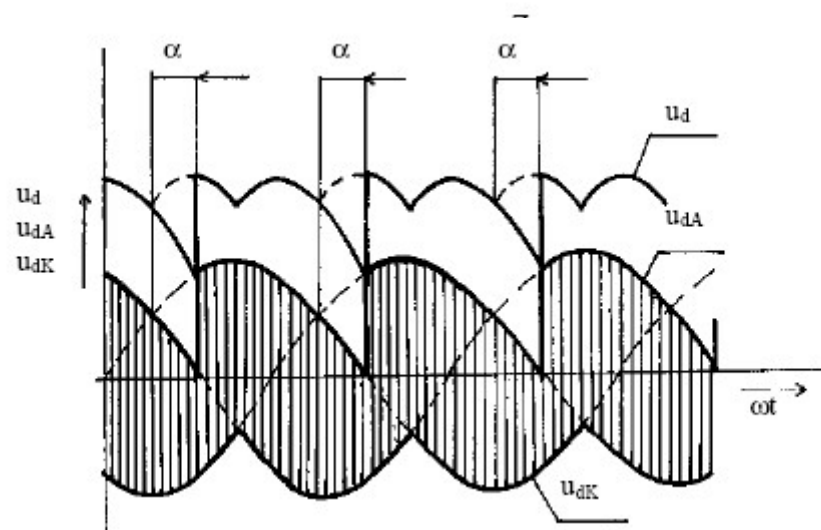
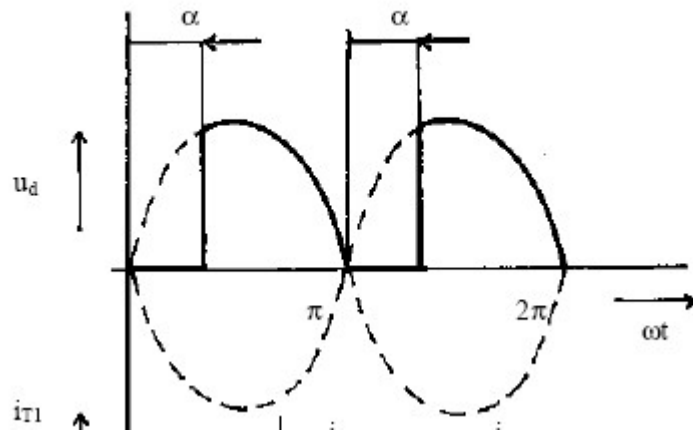
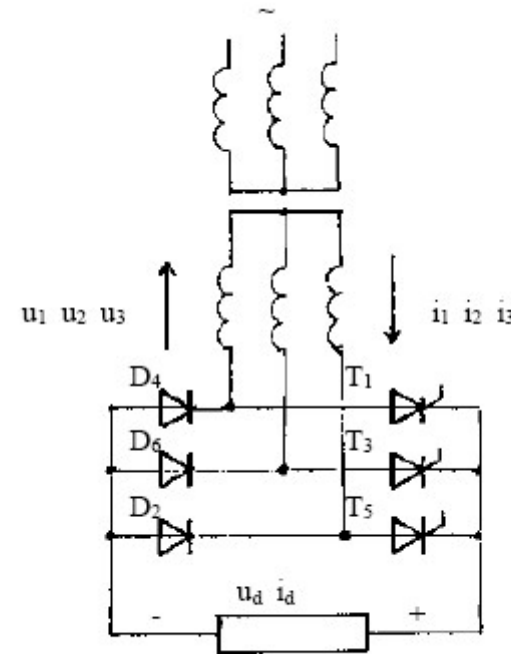
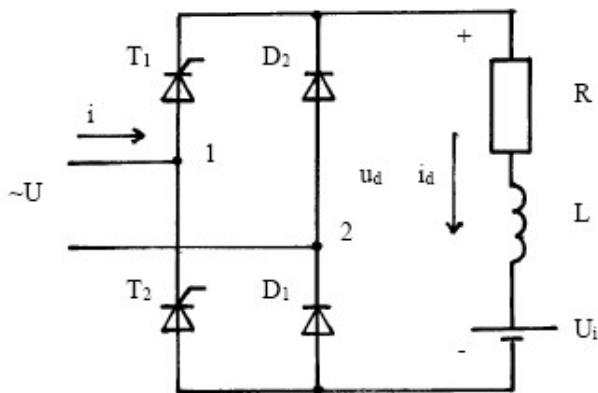
$$I_d \doteq U^2 \frac{G'_{d0}}{4}$$



Tyristor, řízené usměrňovače

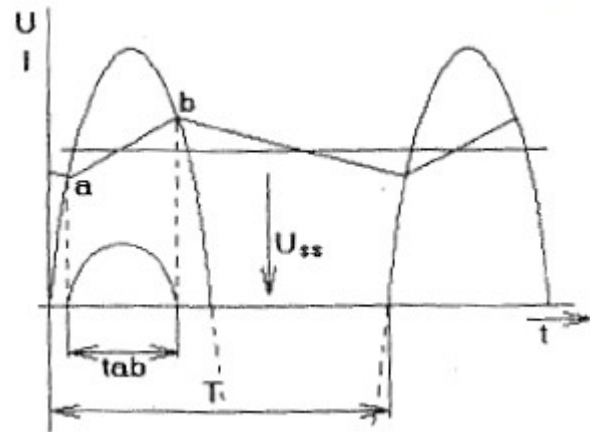
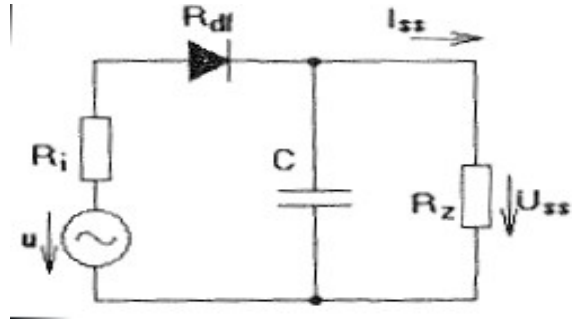


Polořízené usměrňovače



Filtrace

Omezuje velikost střídavé složky



Nab. konstanta

$$\tau = R_s C$$

$$f R_s C$$

$$t_{ab} = \frac{T}{2} \sqrt{\frac{U_m - U_{ss}}{U_m}}$$

$$Q_{ab} \doteq \frac{2}{\pi} I_m t_{ab}$$

$$Q_{ab} \doteq \frac{T(U_m - U_{ss})}{\pi R_s} \sqrt{\frac{U_m - U_{ss}}{U_m}}$$

$$I_{ss} \doteq \frac{Q_{ab}}{T} \doteq \frac{U_m - U_{ss}}{\pi R_s} \sqrt{\frac{U_m - U_{ss}}{U_m}}$$

$$I_{ssk} \text{ (pro } U_{ss} = 0) \quad U_{ss0} \text{ (} I_{ss} = 0)$$

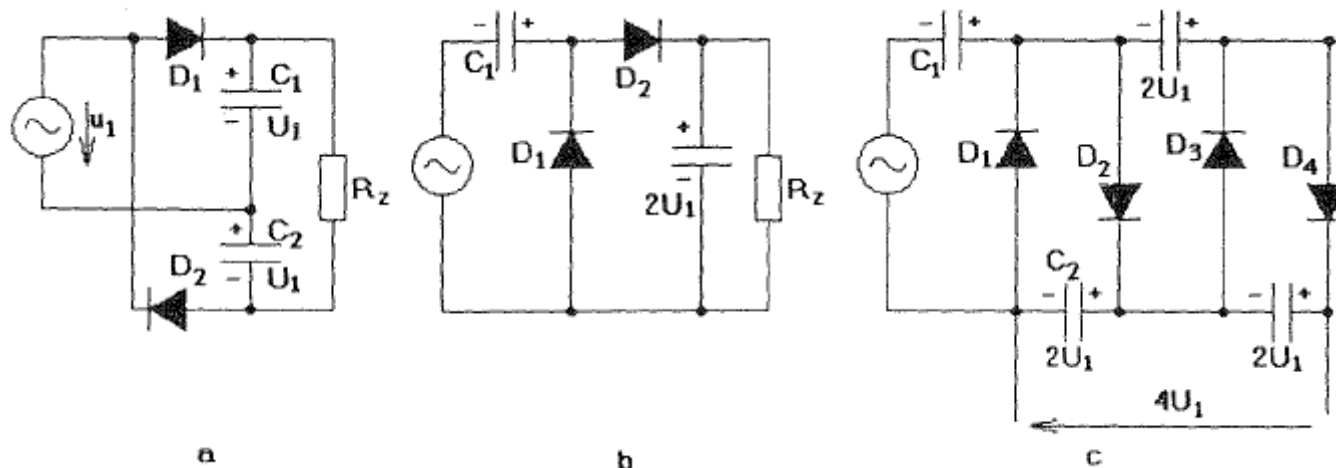
$$I_{ssk} = \frac{U_m}{\pi R_s}$$

$$U_{ss0} = U_m$$

Zdvojovače napětí

Greinacherův

Delonův násobič

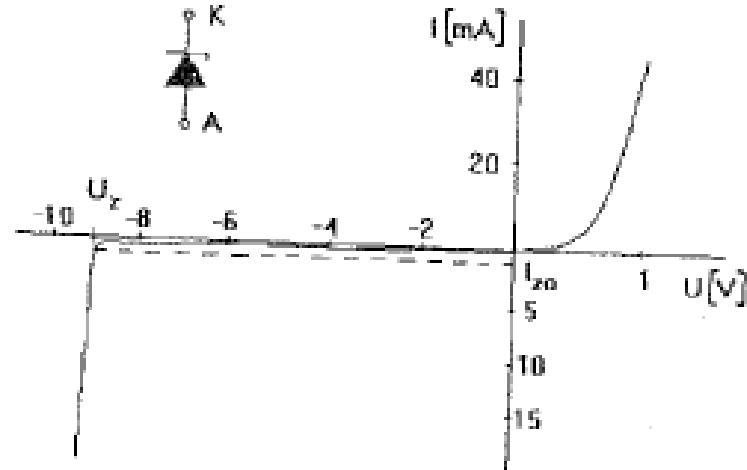
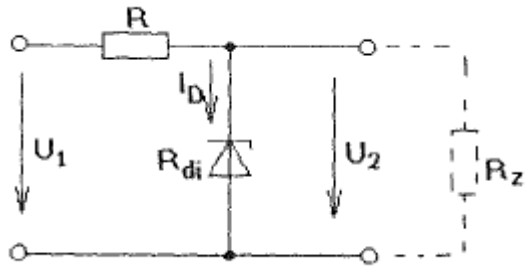


Časová
konstanta

$$\tau = \frac{RC_1C_2}{C_1 + C_2}$$

Stabilizátory

Udržují konst napětí na výstupu při kolísání vstupního napětí



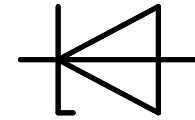
Stabilizační činitel

$$K_u = \frac{\frac{\Delta U_1}{U_1}}{\frac{\Delta U_2}{U_2}} = \frac{\Delta U_1 \cdot U_2}{\Delta U_2 \cdot U_1}, \quad K_i = \frac{\Delta I_1 \cdot I_2}{\Delta I_2 \cdot I_1}$$

$$R_i = \frac{\Delta U_2}{\Delta I_2} \quad (U_1 = konst)$$

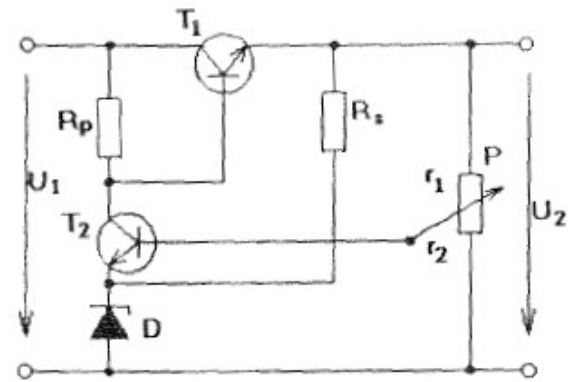
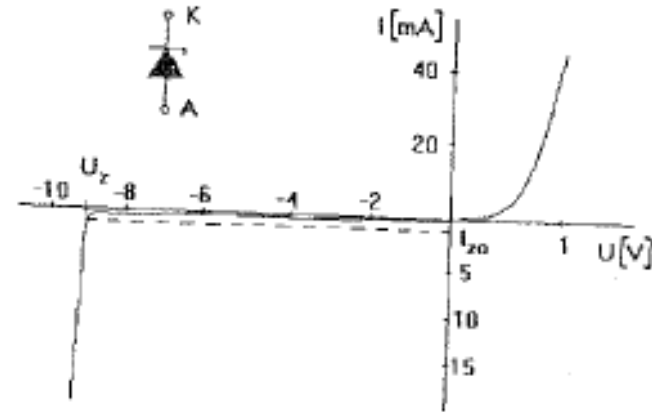
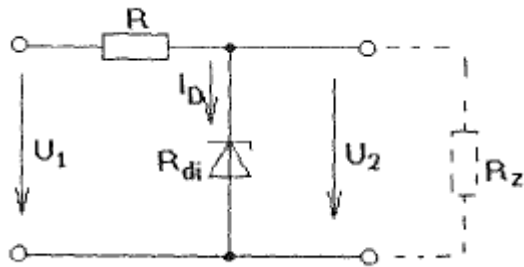
vn. odpor stab

Zenerova dioda



- Velmi úzký PN přechod.
- Do obvodu se zapojuje v závěrném směru.
- Elektron může PN přechod v závěrném směru překonat dvojitým způsobem:
 - **Tunelový průraz** - jelikož přechod je úzký, může elektron "protunelovat" na druhou stranu. Nastává při napětí do 6 V.
 - **Lavinovitý průraz** - Elektron jako minoritní částice je elektrickým polem v závěrném směru urychlován. Může při vysokém napětí získat takovou energii, že při srážce s atomem z něj vyrazí další elektron. Ten je zase urychlován, vyrazí další elektron a takto proud přes přechod prudce vzrůstá. Je třeba, aby byl proud omezován sériovým odporem, jinak dojde k destrukci.

Stabilizátor



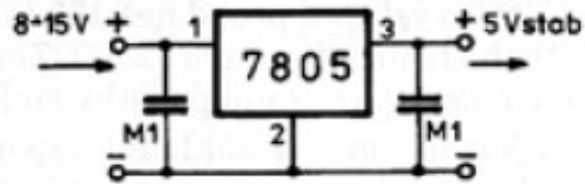
$$R \leq \frac{U_{1\min} - U_2}{I_{0z}}$$

$$P_{\max} \geq U_z \frac{U_{1\max} - U_2}{R} \qquad R \geq \frac{(U_{1\max} - U_2)U_2}{P_{\max}}$$

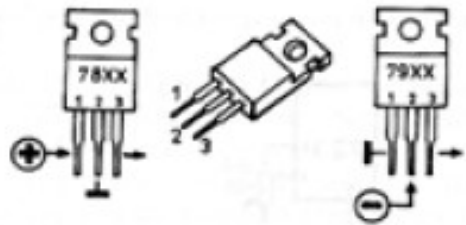
$$U_z \doteq U_2$$

$$K_u = \frac{U_2}{U_1} \frac{R + R_{di}}{R_{di}} \doteq \frac{U_2}{U_1} \frac{R}{R_{di}}$$

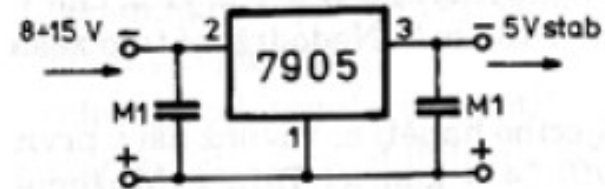
Stabilizace



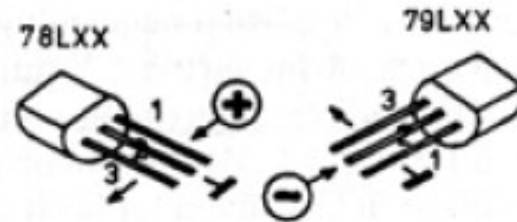
Obr. 2.58 Zapojení integrovaného stabilizátoru 7805 v plastovém pouzdře pro kladnou větev napájecího napětí.



Obr. 2.59 Integrované stabilizátory v kladné větvi řady 78XX a v záporné větvi řady 79XX. Značení vývodů pouzdra TO-220 při pohledu zředu. Kovová destička je spojena s prostředním vývodem.



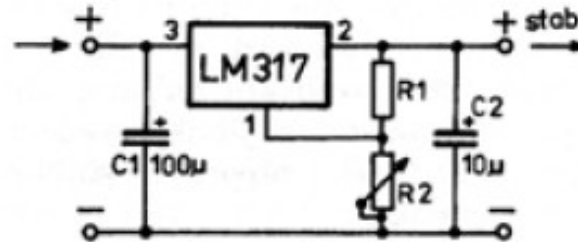
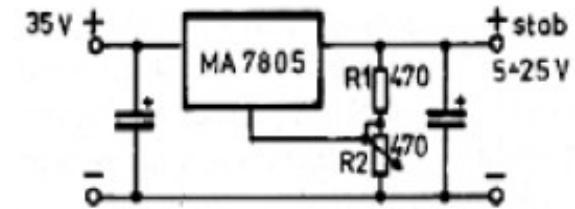
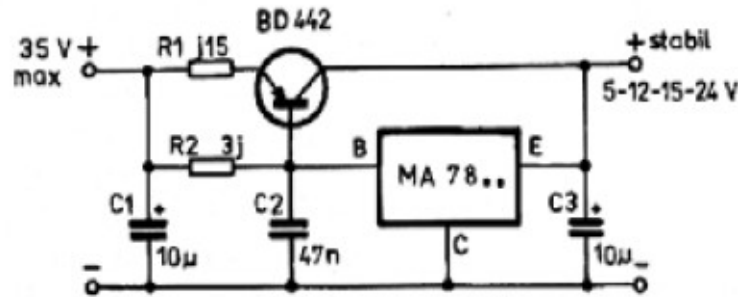
Obr. 2.60 Zapojení stabilizátoru 7905 v záporné větvi napájecího napětí.



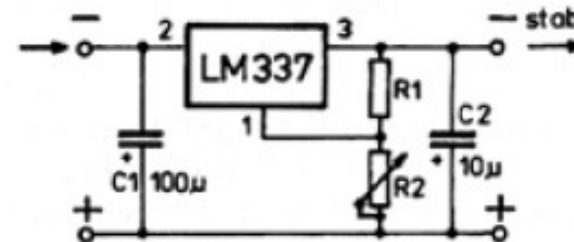
Obr. 2.61 Integrované stabilizátory 100 mA v pouzdru TO-92.

Stabilizace

Obr. 2.45 Zvětšení proudu stabilizátoru na 2 + 6 A pomocí výkonového PNP tranzistoru.
 $R1 = 0,15 \Omega$,
 $R2 = 1,5 + 3 \Omega$.



Obr. 2.63 Základní zapojení říditelného stabilizátoru LM317T, 317HT, B3170V apod. v kladné větvi napájecího napětí. Potenciometrem R2 se reguluje výstupní napětí.



Obr. 2.64 Základní zapojení říditelného stabilizátoru LM337T, 337HT, B3370V apod. v záporné větvi. Proti kladnému stabilizátoru jsou zaměněny vývody 2.3.

$$U_{R1} = 1.25 V$$

$$I_{OVL} \cong 0$$

Stabilizace

