

Základy elektroniky

kap.8.6

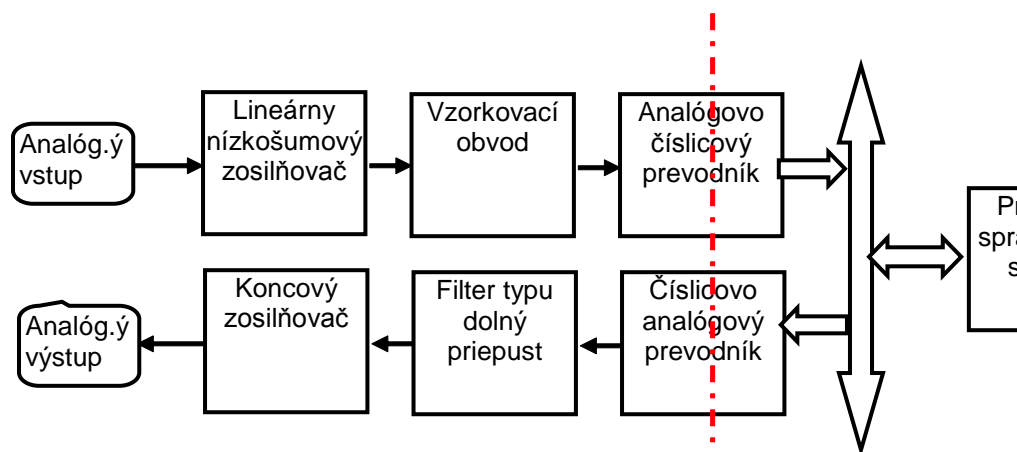
Obvody analógovo číslicového rozhrania

Linus Michaeli

Obvody analógovo – číslicového rozhrania

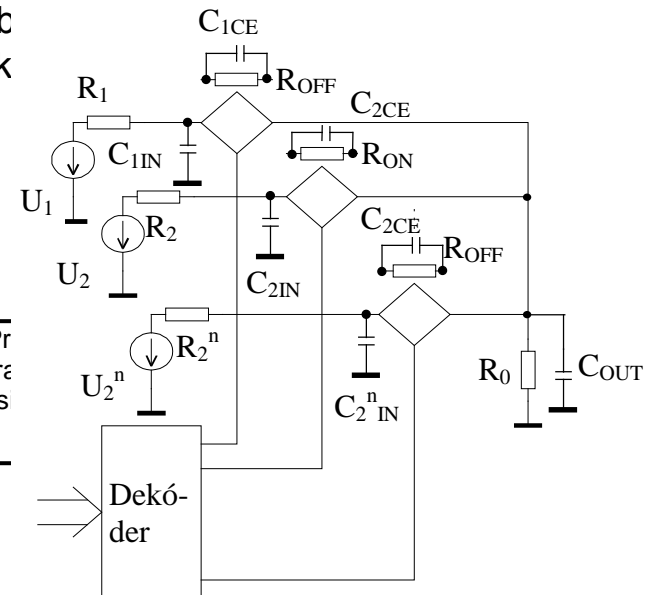
Koncepcia spracovania signálu

- Signál zosilniť lineárnym zosilňovačom s minimálnym šumom. Možná aj frekvenčná filtrácia. Výber informácie zo signálu a jeho demodulácie sa uskutočňuje v analógovej doméne s rozvojom moderných nástrojov (hardvérových a softvérových) v stále menšej miere.
- Uskutočniť odber okamžitých hodnôt zo vstupného priebehu v rovnomerných časových okamihoch a podržanie ich konštantnej hodnoty po dobu analógovo číslicového prevodu (vzorkovanie – diskretizácia v čase)
- Uskutočnenie prevodu analógového napätia na jeho číslicový ekvivalent (diskretizácia v amplitúde)
- Spracovanie signálu, výber informácie ktorú nesie (demodulácia, štatistické vlastnosti) sa pohodlnejšie realizujú v číslicovej forme,
- Pri spätnom generovaní analógového signálu sa schodovitý priebeh preipustom alebo frekvenčne obmedzenou prenosovou funkciou k



Doména analógového signálu

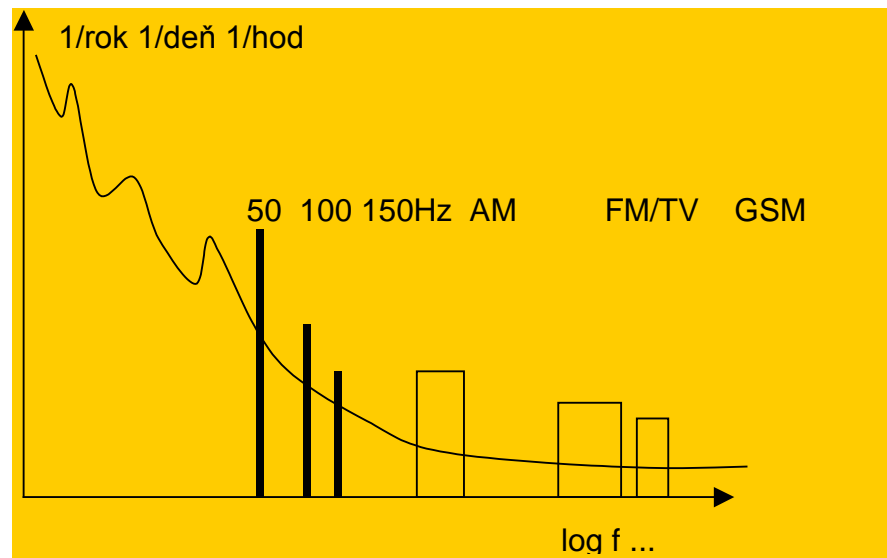
Doména číslicového signálu



Vstupné zosilňovače

Na snímač a prepojovacie vedenie pôsobia rôzne zdroje rušenia. Z nich najväčší vplyv majú:

- Sieťové napätie a jeho vyššie harmonické vytvorené výkonovými meničmi.
- Rušenie spôsobené telekomunikačnými zariadeniami, (vysielačmi televíznej a rádiovkej siete, prenosnými rádiostanicami)
- Rušenie spôsobené výbojmi v nedokonalých izolantoch.
- Atmosferické výboje.
- Napätia spôsobené tepelným šumom, kontaktným napätím vyvolaným mechanickými vibráciami (biely Gaussov šum).
- Jednosmerný ofset a kolísanie prevádzkových napätí klimatickým pôsobením okolia (šum typu $1/f$).



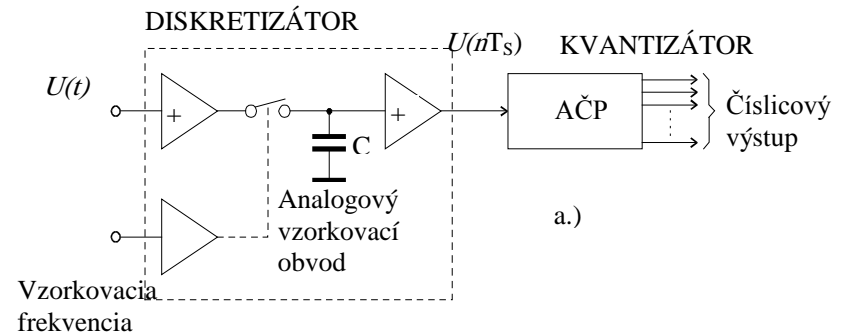
Vzorkovací obvod

Fáza vzorkovania-spínač je zapnutý.

Fáza pamätania-spínač je rozopnutý.

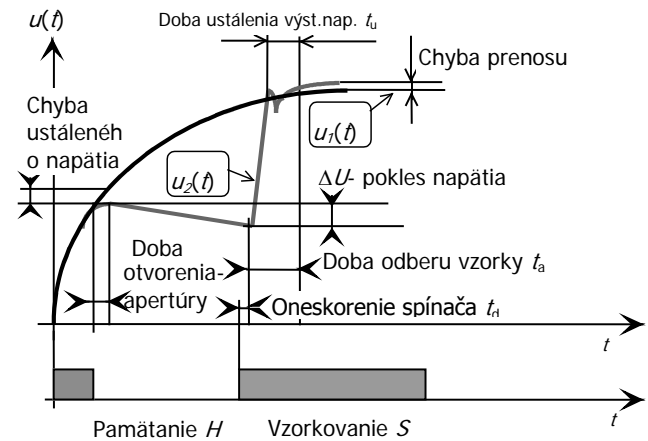
Prechod z fáze vzorkovania do fáze pamätania.

Prechod z fáze pamätania do fáze vzorkovania.

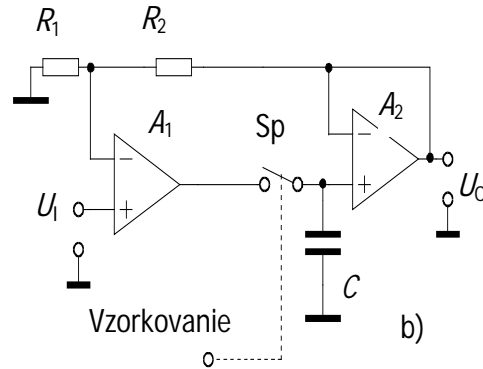
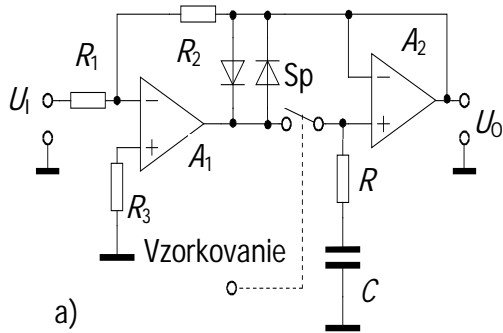


- Doba ustálenia výstupného napätia t_u (angl. settling time)
- Oneskorenie spínača t_d (angl. delay time)
- Chyba prenosu určuje odchýlku prenosovej funkcie $u_2=f(u_1)$
- Šírka prenášaného pásma
- Doba otvorenia (angl. aperture time)
- Apertúrna neistota (angl. aperture jitter)
- Chyba ustáleného napätia
- Pokles výstupného napätia

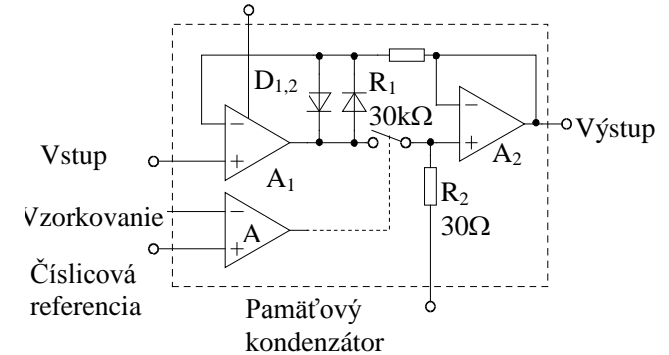
$$\Delta U \approx t_a / C$$



Vzorkovací obvod so spätnou väzbou



Kompenzácia vstupnej napät'nesymetrie



R_0 je výstupný odpor prvého zosilňovača.

$$A_i = -\frac{R_2}{R_1}$$

$$A_i = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$T_{PAM} = 4 \cdot 10^{-6} C \frac{\Delta U}{U}$$

Časovú konstantu RC je možné zvoliť tak, aby nula prenosovej charakteristiky vyrušila účinok pólu prvého zosilňovača $\tau_1 = RC$

Výsledná prenosová charakteristika má iba dva póly

Analógovo číslicové prevodníky

- Doba prevodu T_P
- Počet prvkov s dominantným vplyvom na priebeh systematickej chyby L_{et}
- Prípustná zmena vstupného napätia .

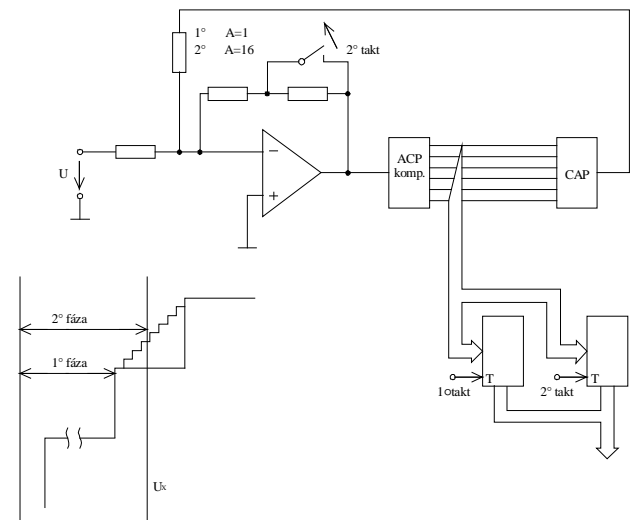
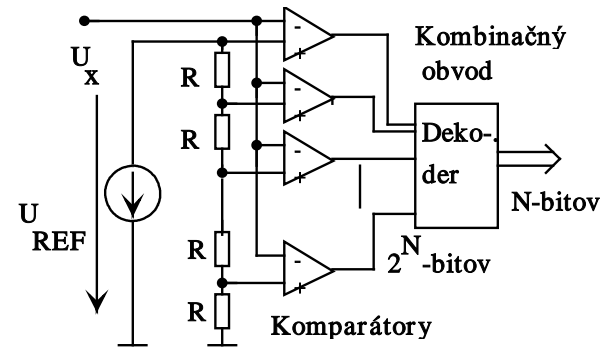
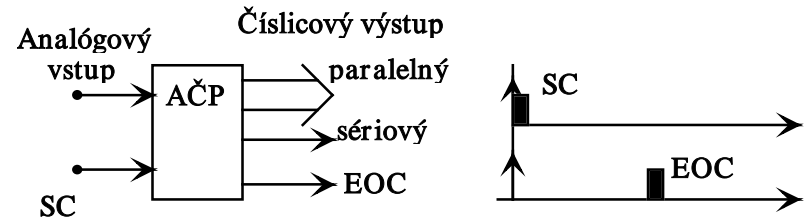
$$T_P L_{et} \approx \text{konst}(cena)$$

Komparačné AČP

Frekv. konverzie 100 MS/s - 2 GS/s

Sérioparalelné – cyklické AČP

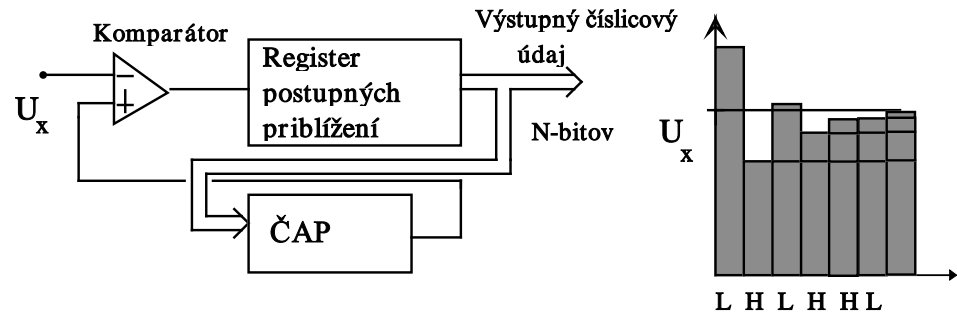
8-bitovým rozlíšením pri frekvencii vzorkovania 20 - 50 MHz.



Kompenzačné AČP

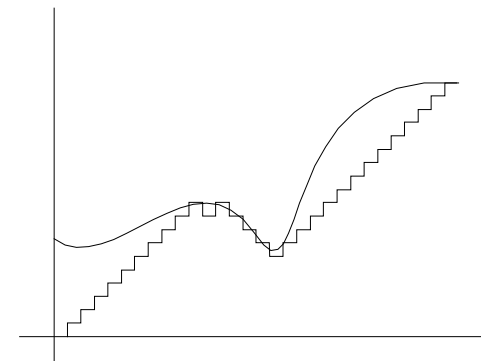
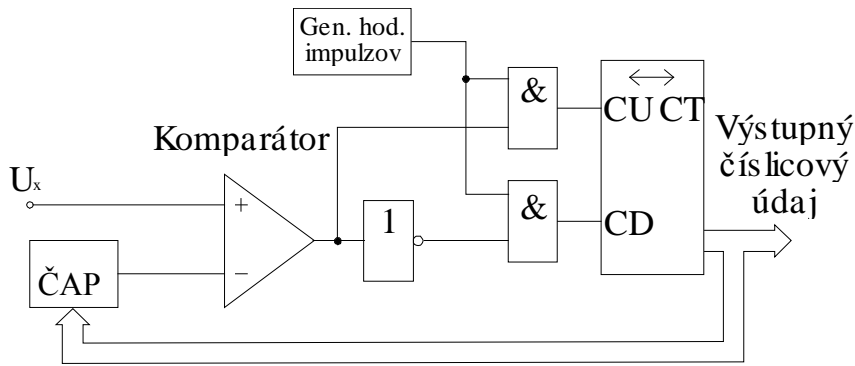
Skupinová schéma a princíp

$$U_{CAP}(N) = \sum_{i=1}^N S(i) \left[\frac{U_R}{2^i} + \Delta U(i) \right]$$



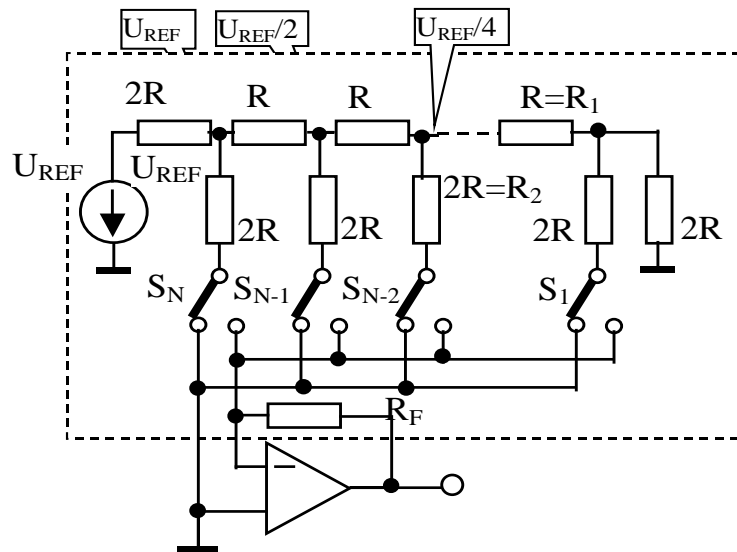
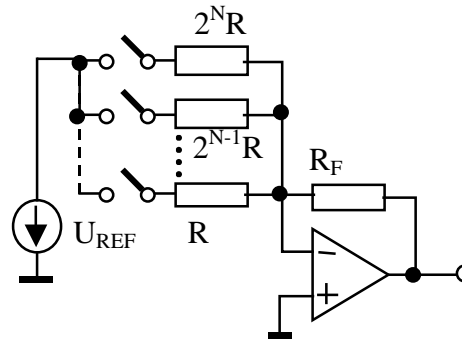
Algoritmus postupných priblížení - stratégia najrýchlejšej konvergenie odhadu

- 1.krok $U_R/2 \geq U_x \rightarrow L \rightarrow S(1)=0$, inak $U_R/2 < U_x \rightarrow H \rightarrow S(1)=1$ vo výraze pre U_{CAP}
- 2.krok $U_R/4 + U_{CAP}(1) \geq U_x \rightarrow L \rightarrow S(2)=0$, inak $U_R/4 + U_{CAP}(1) < U_x \rightarrow H \rightarrow S(2)=1$ vo výraze pre U_{CAP}
- 3.krok $U_R/8 + U_{CAP}(2) \geq U_x \rightarrow L \rightarrow S(3)=0$, inak $U_R/8 + U_{CAP}(2) < U_x \rightarrow H \rightarrow S(3)=1$ vo výraze pre U_{CAP}
- ...
- N.krok $U_R/2^i + U_{CAP}(N-1) \geq U_x \rightarrow L \rightarrow S(N)=0$, inak $U_R/2^i + U_{CAP}(N-1) < U_x \rightarrow H \rightarrow S(N)=1$ vo výraze pre U_{CAP}



AČP s delta moduláciou
- zdĺhavý algoritmus

ČAP s váhovaním prúdov



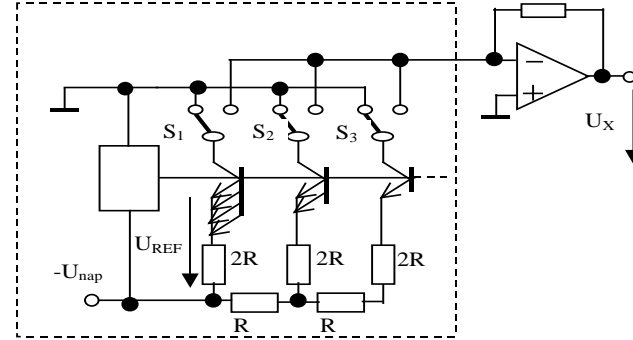
ČAP s váhovaním prúdov

$$\frac{I_{E2}}{I_{E1}} = \frac{I_{ES2} e^{\frac{U_{BE}}{kT} q_e}}{I_{ES1} e^{\frac{U_{BE}}{kT} q_e}} = \frac{I_{S2}}{I_{S1}} = \frac{S_{E2}}{S_{E1}}$$

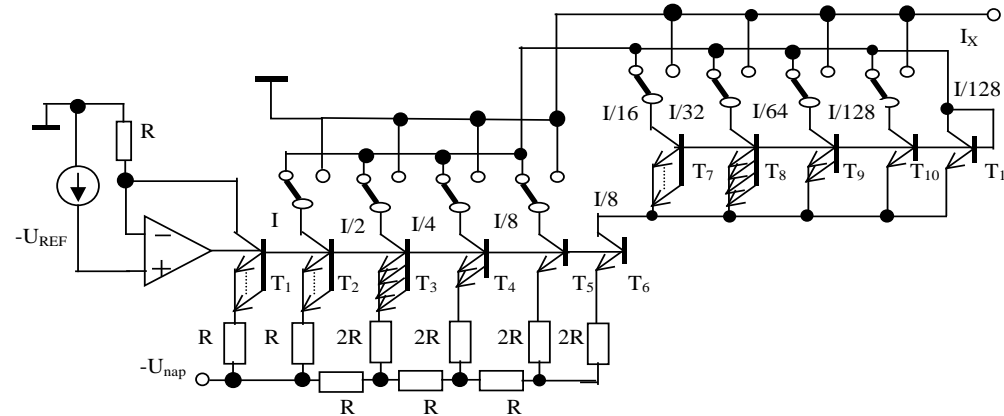
Pomer emitorových prúdov dvoch tranzistorov pri zhodnom napätí báza-emitor závisí od pomeru jeho zvyškových prúdov.

Pomer zvyškových prúdov závisí zas od pomeru plôch emitorov.

Počet emitorov (celková plocha emitora S_E) úmerný veľkosti prechádzajúceho prúdu.



Úplná odporová sieť so sčítavaním prúdov a jeho prevodom na výstupné napätie



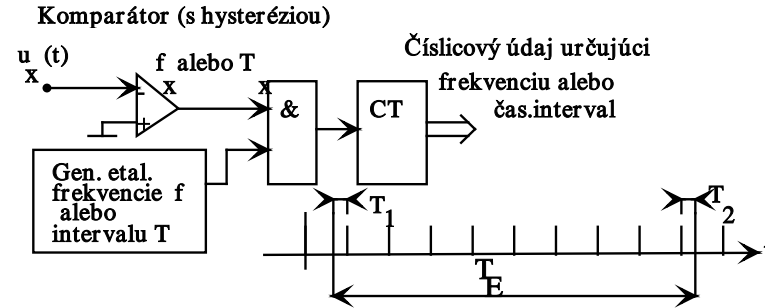
Číslícovo analógový prevodník na dvojstupňovom zoslabovacom princípe

Integračné AČP

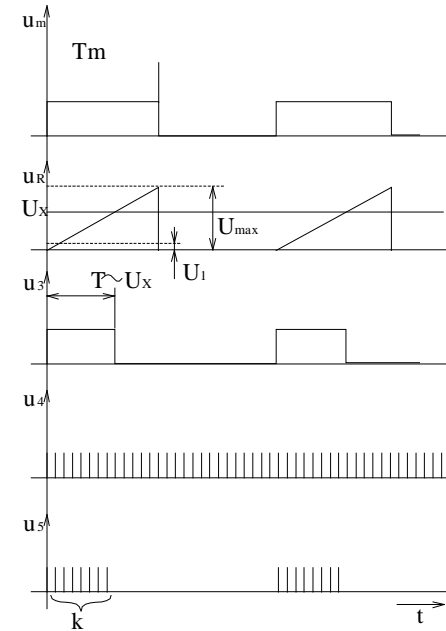
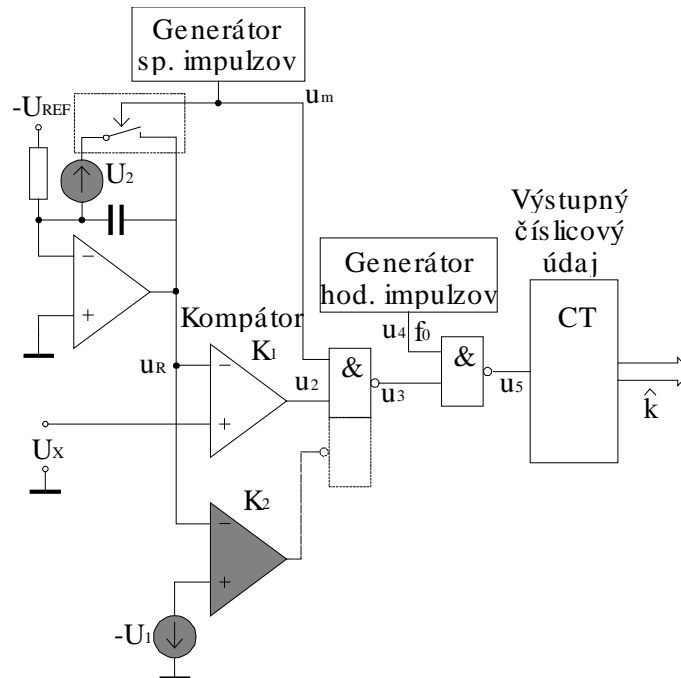
Prevodník frekvencie
alebo časového
intervalu na číslo

$$\delta_{KV} = \frac{1}{N}$$

$$\delta_{AN} = \delta_{Gen}$$



Jednoduchý
integračný AČP



Integračné AČP s viacerými fázami

AČP s dvojitou integráciou

Prvá fáza integrácia napätia U_x

Napätie na konci doby T_1

$$U(T_1) = \frac{1}{RC} \int_0^{T_1} U_x dt = \frac{\overline{U_x} T_1}{RC}$$

Druhá fáza integrácia napätia $-U_{REF}$

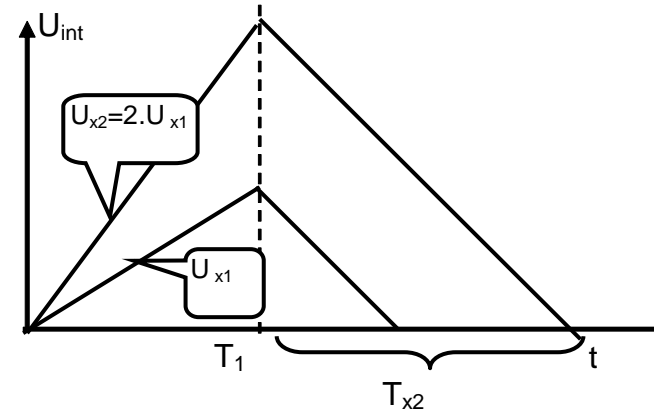
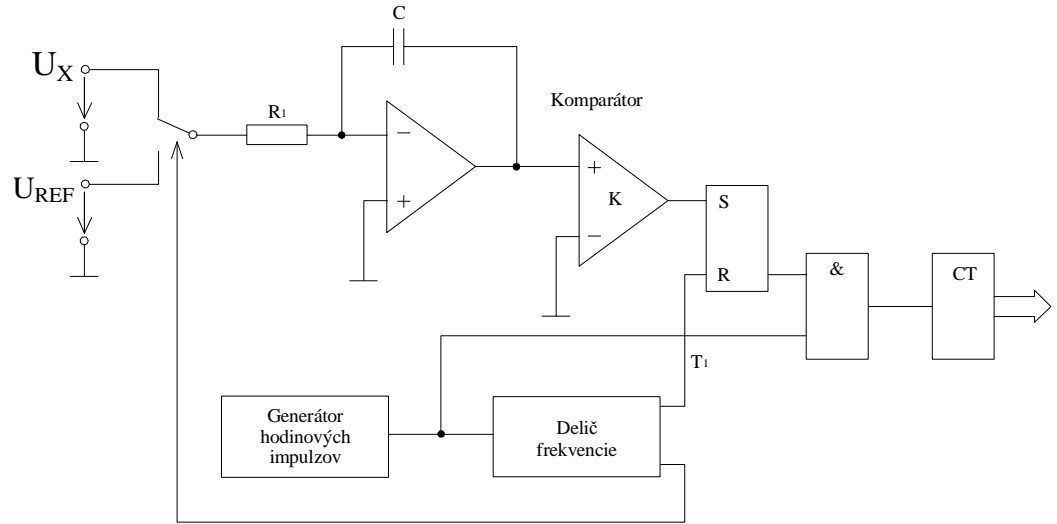
$$u_i(t) = U_i(T_1) - \frac{1}{RC} \int_{T_1}^t U_{REF} dt$$

Doba T_x kedy sa dosiahne opäť nula na výstupe integrátora je úmerné napätiu U_x

$$\frac{U_i(T_1)RC}{U_{REF}} = T_x$$

Dĺžka trvania T_x sa meria číslicovo pomocou čítača – spočítaním impulzov ktoré preniknú cez hradlo z genrátora hodín. Číslicový údaj na výstupe je úmerný napätiu U_x

$$M = \frac{\overline{U_x} \cdot M_{\max}}{U_{REF}}$$



Potlačenie do serie zapojeného rušiaceho napätia SMMR

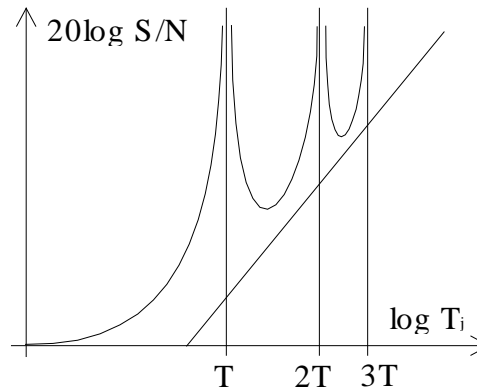
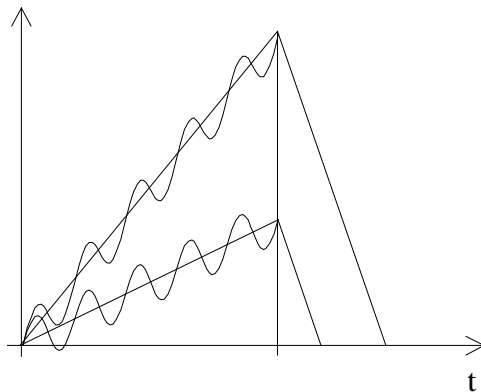
Serial Mode Rejection Ratio – SMRR

Proces integrácie definuje výstupné napätie pri sériovom pôsobení harmonického rušenia

$$\int_0^{T_i} (U_x + U_n) dt = \overline{U_x} T_i + \frac{U_n}{\omega} |\sin \omega T_i|$$

Logaritmicky pomer užitočnej a indukovanej rušiacej zložky je

$$SMRR = 20 \log \frac{\overline{U_x} T_i}{U_n T_i \sin \omega_n T_i}$$



AČP typu $\Sigma\Delta$

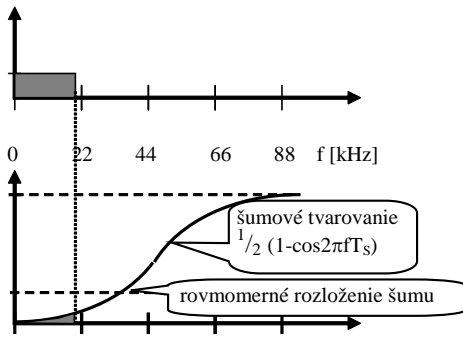
Skupinová schéma a princíp

Prenosová funkcia

$$Y(z) = \frac{K(z)}{1+K(z)} U_x(z) + \frac{1}{1+K(z)} E(z)$$

(1-z⁻¹)

1. Šumová filtrácia



2. Voliteľný pomer 2^N:T_p

3. Vzorkovacia frekvencia f_s=f₀

4. Pre veľké N=20-24

Posun masky vybraného čísla pozdĺž výstupného kódu – zmena zosilnenia

5. Minimálny počet prvkov ovplyvňujúcich presnosť

