

Hardware

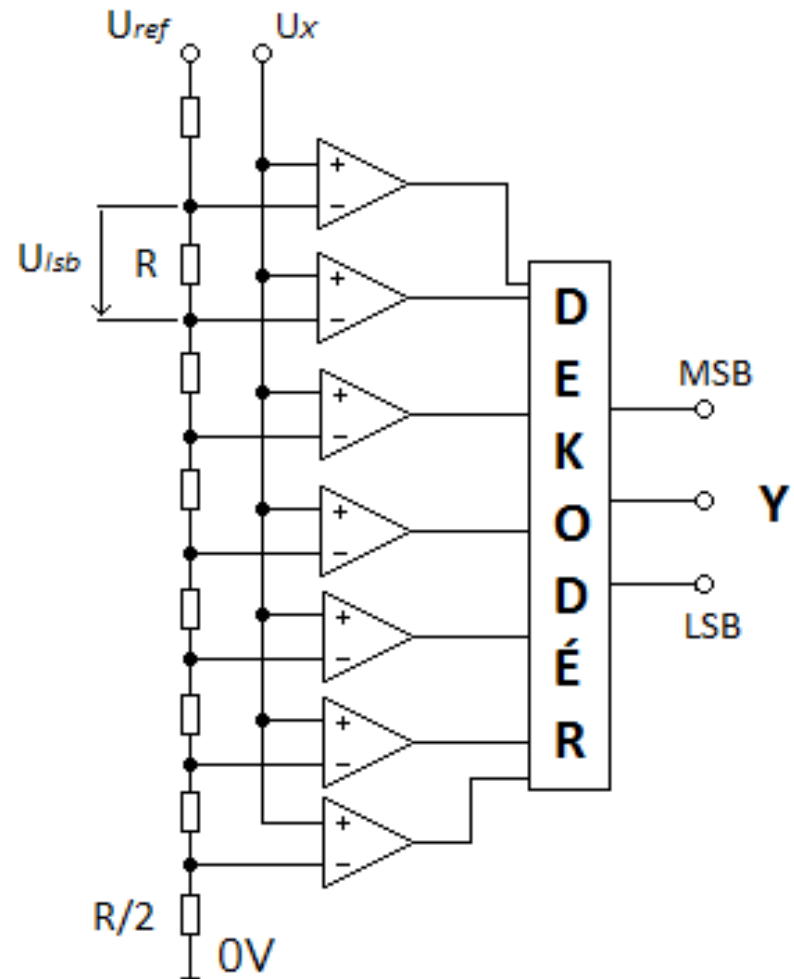
A/D převodníky
4. ročník

Paralelní A/D převodník

- ▶ Flash, přímý, komparační
- ▶ Nejrychlejší typ A/D převodníků (v jednom časovém okamžiku)
 - Rychlost je dána rychlostí komparátorů a dekodérem
 - Řádově ns
- ▶ Pro n bitový převodník je potřeba $2^n - 1$ komparátorů
- ▶ S rozlišením roste/klesá počet komparátorů (nákladné řešení)
 - Vyrábí se 8–10 bitové
- ▶ Přesnost není moc velká (technologická náročnost výroby odporů)
- ▶ Pro snížení nákladů a zvýšení přesnosti je možné kaskádní zapojení

Paralelní A/D převodník

- ▶ Komparátory porovnávají převáděné napětí U_x s dílčím, referenčním napětím U_{ref}
- ▶ Díky přesnému odporovému děliči, je U_{ref} rovnoměrně rozděleno na dílčí komparátory
- ▶ $U_x = 0V$
 - Na výstupech komparátorů je "0"
- ▶ $U_x > U_{ref0, \dots, n}$
 - Na výstupu příslušného komp. Je "1"
- ▶ Dekodér se postará o převod do bin. podoby
- ▶ U_{lsb} je na každém odporovém děliči stejné
- ▶ Výstup z komparátorů je většinou ještě přiveden na D. KO, až poté do dekodéru



Paralelní A/D přev. – tabulka stavů

U_x/U_{REF}	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	Y3	Y2	Y1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1/8										
2/8										
3/8										
4/8										
5/8										
6/8										
7/8										

Paralelní A/D přev. – tabulka stavů

U_x/U_{REF}	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	Y3	Y2	Y1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1/8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
2/8										
3/8										
4/8										
5/8										
6/8										
7/8										

Paralelní A/D přev. – tabulka stavů

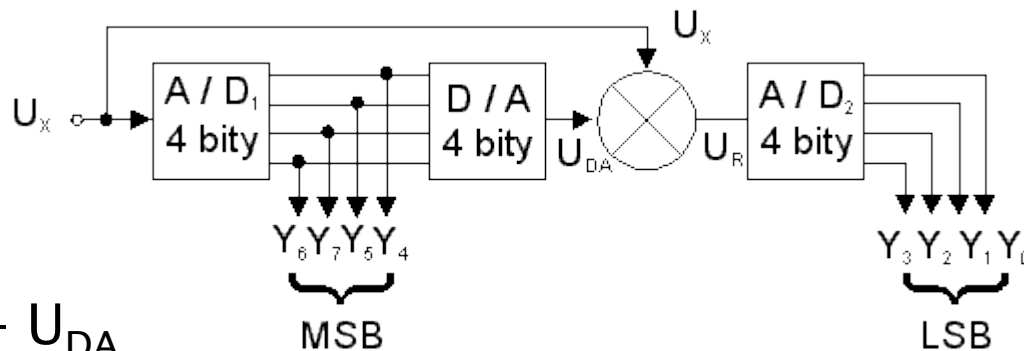
U_x/U_{REF}	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	Y3	Y2	Y1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1/8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
2/8	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
3/8										
4/8										
5/8										
6/8										
7/8										

Paralelní A/D přev. – tabulka stavů

U_x/U_{REF}	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	Y3	Y2	Y1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1/8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
2/8	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
3/8	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1
4/8	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
5/8	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1
6/8	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
7/8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Paralelní A/D převodník – kaskáda

- ▶ Pro 8 bitový paralelní A/D převodník by bylo zapotřebí 255 komparátorů → nemožné



- ▶ $U_R = U_x - U_{DA}$
- ▶ Jedná se o tzv. sériově–paralelní A/D převodníky
 - Doba převodu je delší
 - Možno dosáhnout většího a přesnějšího rozlišení
- ▶ Jaký je nyní počet komparátorů?
 - 30

Kompenzační A/D převodníky

- ▶ Tzv. automatické kompenzátory napětí
- ▶ Nejpoužívanějším, jednoduché na výrobu, rychlé
- ▶ Porovnávají vst. napětí se zpětnovazebním napětím (získané z D/A převodníku)
 - Dokud není rozdíl minimální → ukončení převodu
- ▶ Čítací, sledovací a s postupnou aproximací

Kompenzační čítací A/D přev.

- ▶ Se stupňovitým napětím, přírůstkový

- ▶ Čítač je inkrementován na základě impulsů a výstupu z komparátoru

- ▶ Začátek převodu

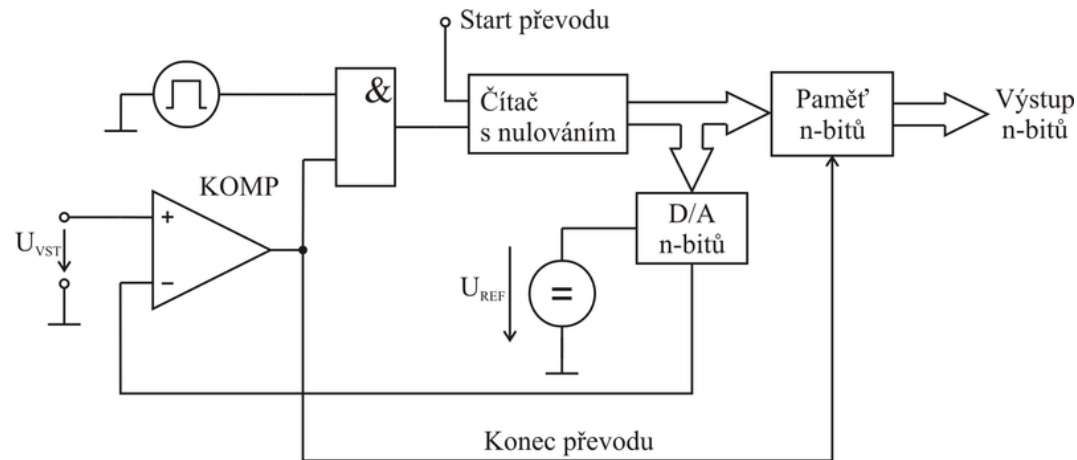
- Obsah čítače je vynulován
- Výstup komp. je "1"

- ▶ S každým impulzem je zvýšena hodnota čítače

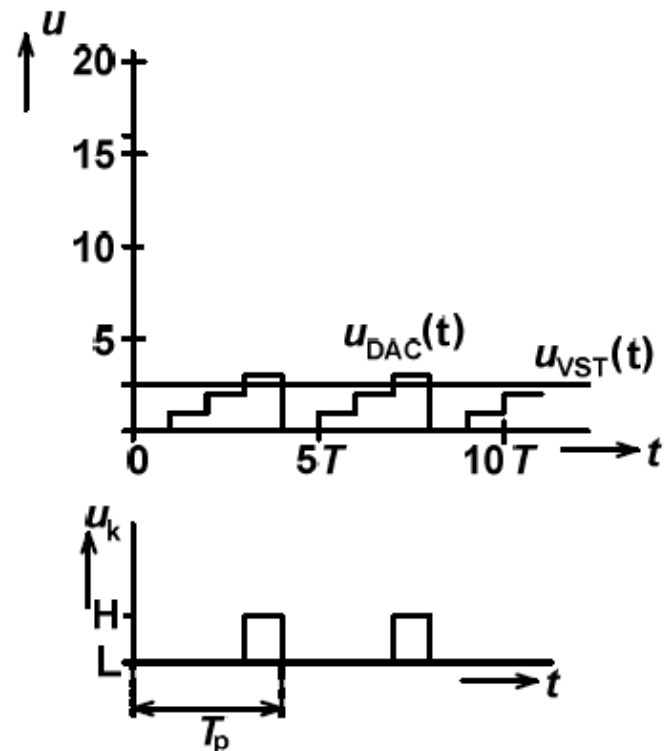
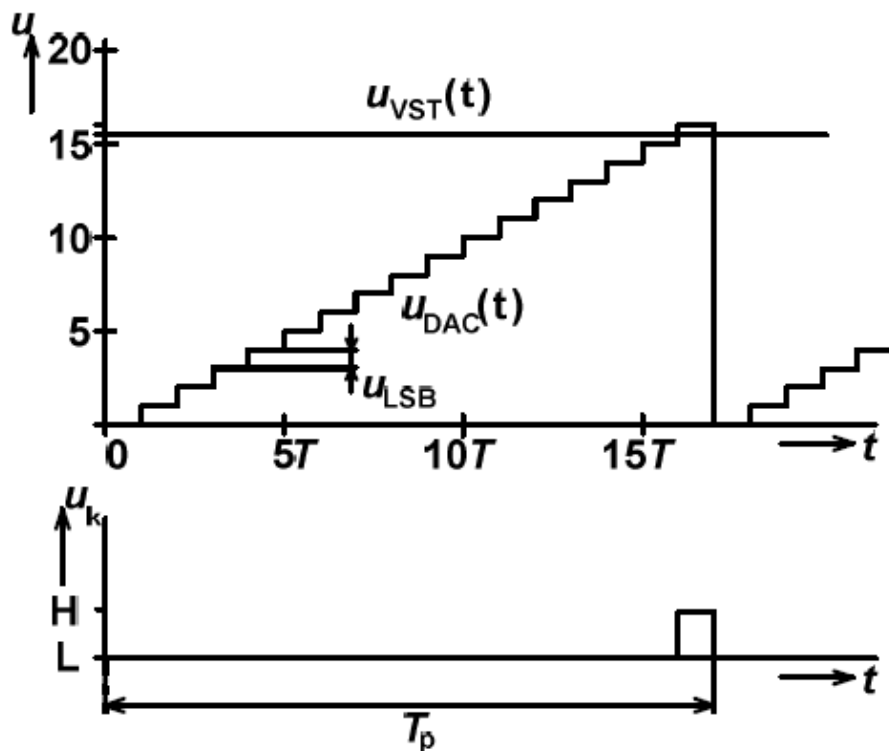
- Čímž také narůstá U_{DA}

- ▶ $U_{DA} \geq U_{VST}$

- Výstup komparátoru je "0" -> konec čítání
- Hodnota převáděného napětí je uložena v čítači (resp. v paměťové části)

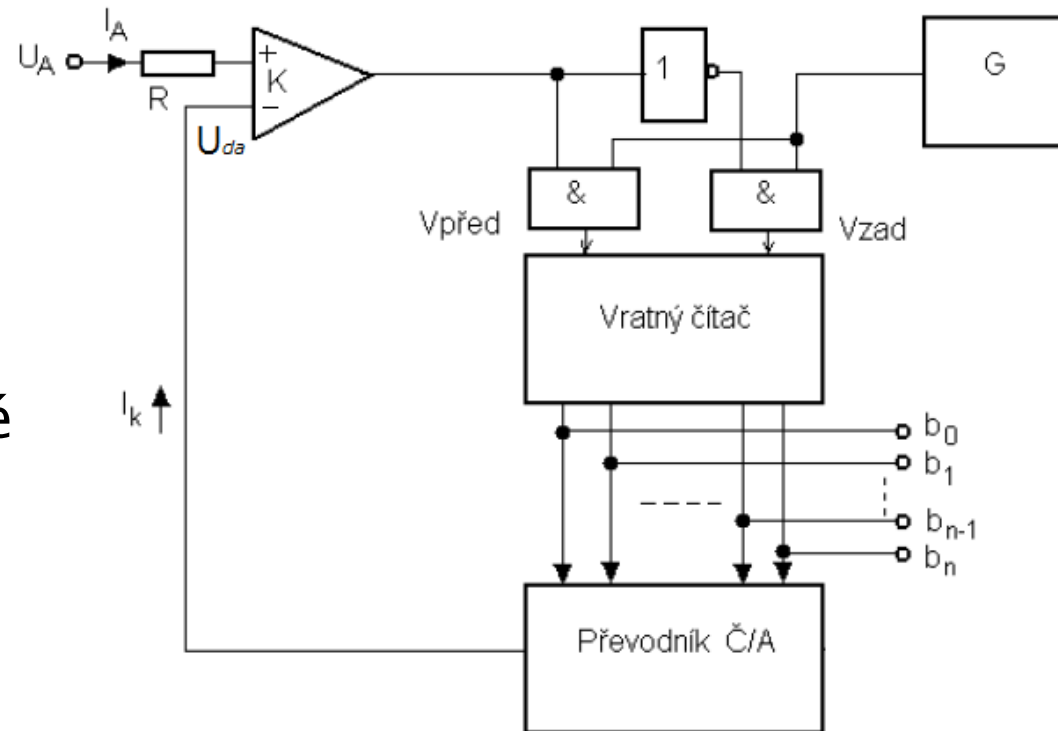


Kompenzační čítací A/D přev.

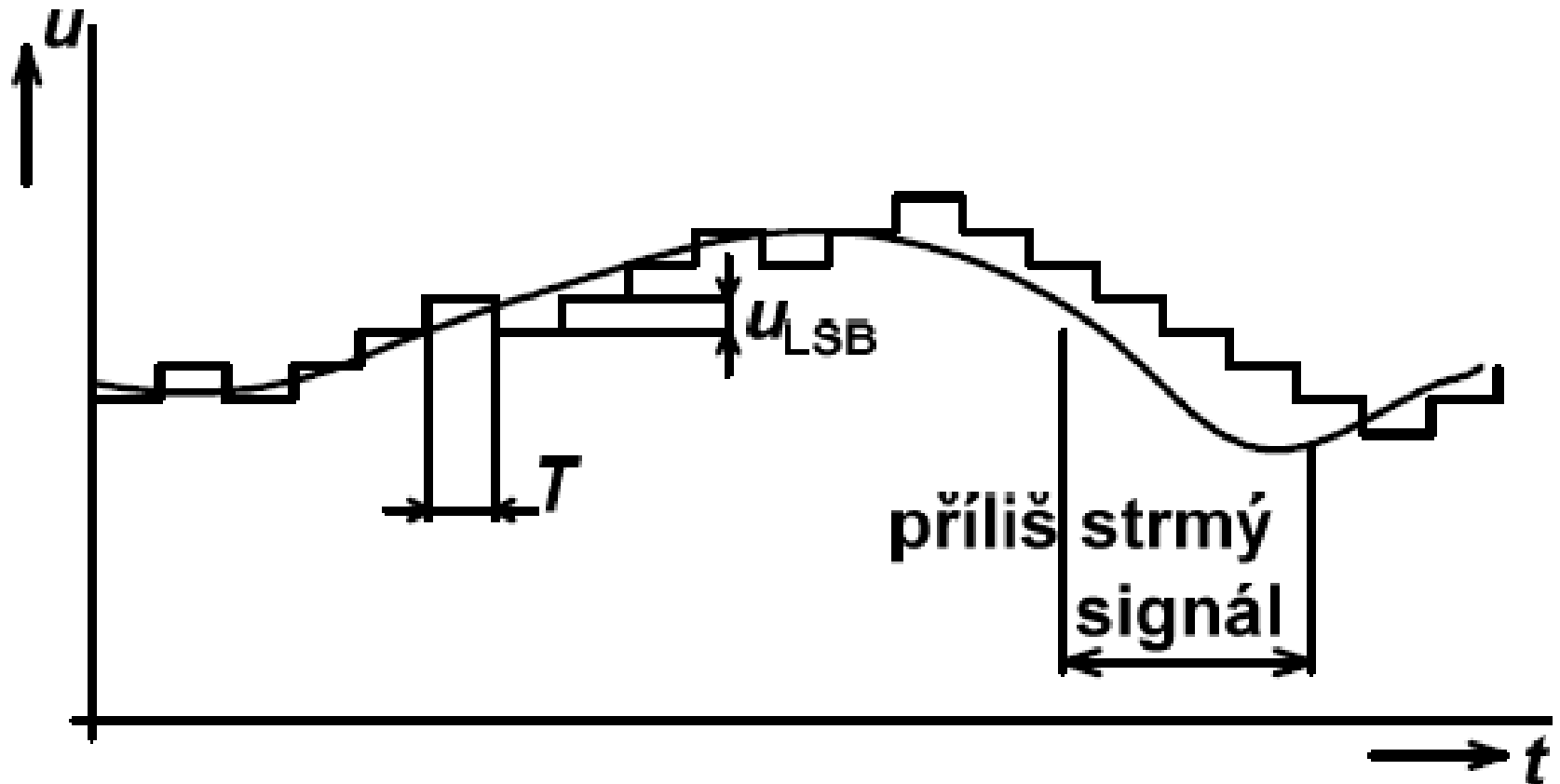


Sledovací A/D přev.

- ▶ S vratným čítačem
- ▶ Využití obousměrného čítače
- ▶ Směr je řízen výstupem komparátoru
- ▶ Špatně reaguje na rychlé změny signálu
- ▶ Oscilace převodníku
- ▶ Poskytuje okamžitou hodnotu U_x

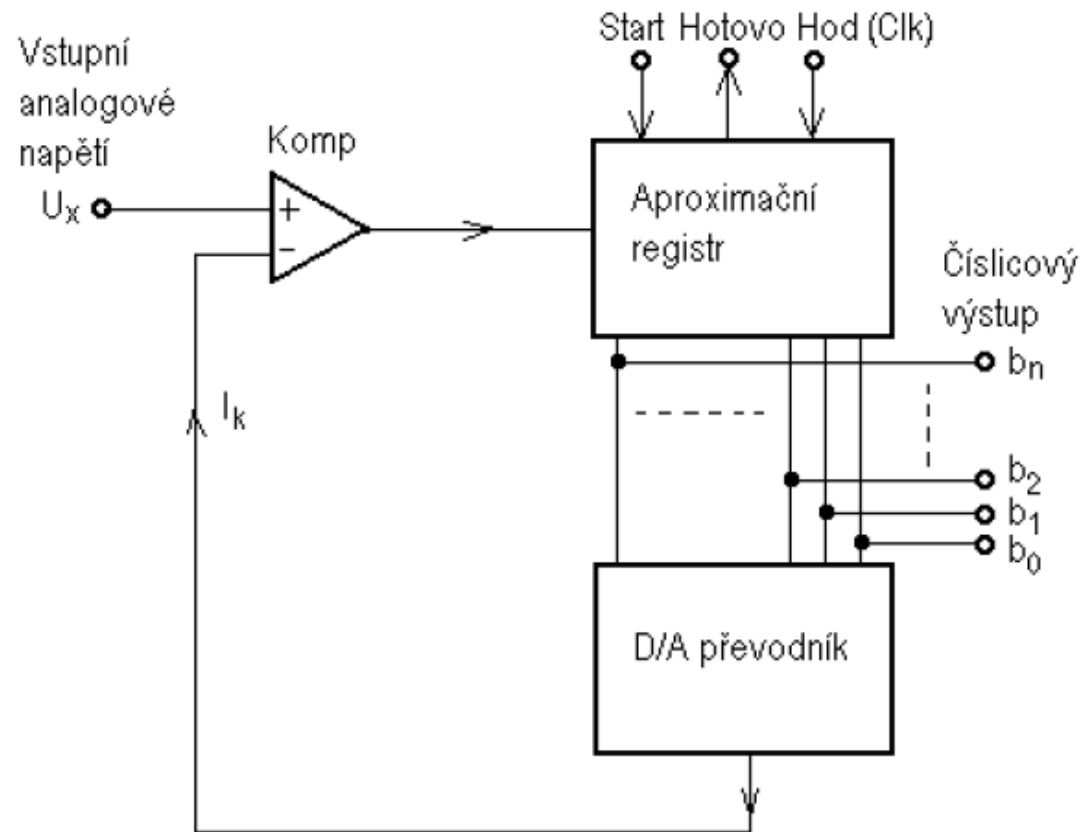


Sledovací A/D přev.



A/D přev. s postupnou aproximací

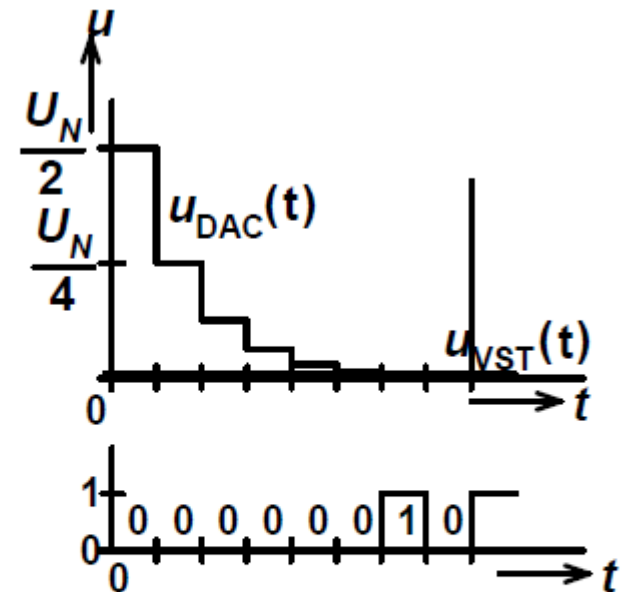
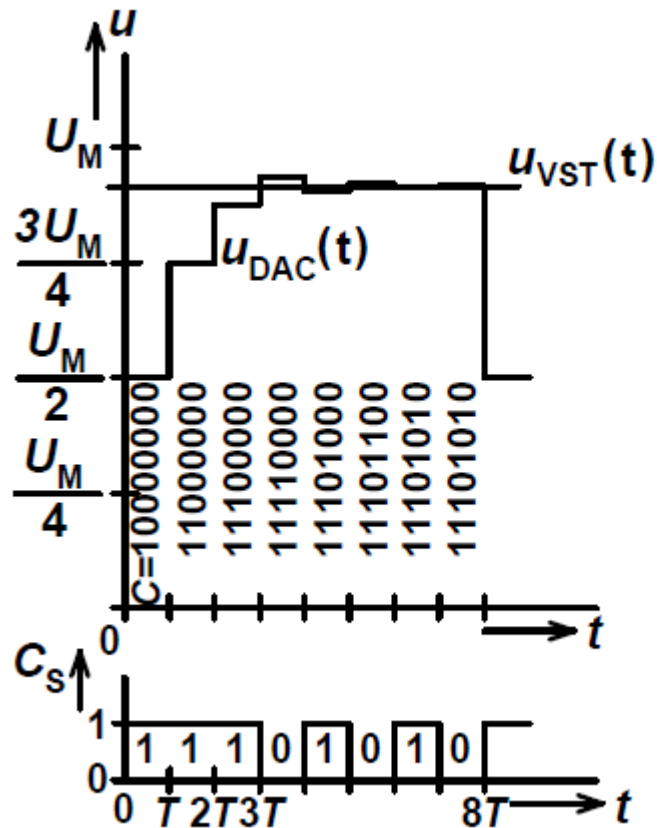
- ▶ Postupná kompenz. napětí od MSB po LSB
- ▶ Nejdříve nulování registru
- ▶ MSB nastaven na "1" \rightarrow DA vytvoří $U_{DA} = U_{ref}/2$
- ▶ ? $U_{DA} = U_x$?
 - $U_{DA} > U_x$
 - bit zachován
 - $U_{DA} \leq U_x$
 - bit nulován



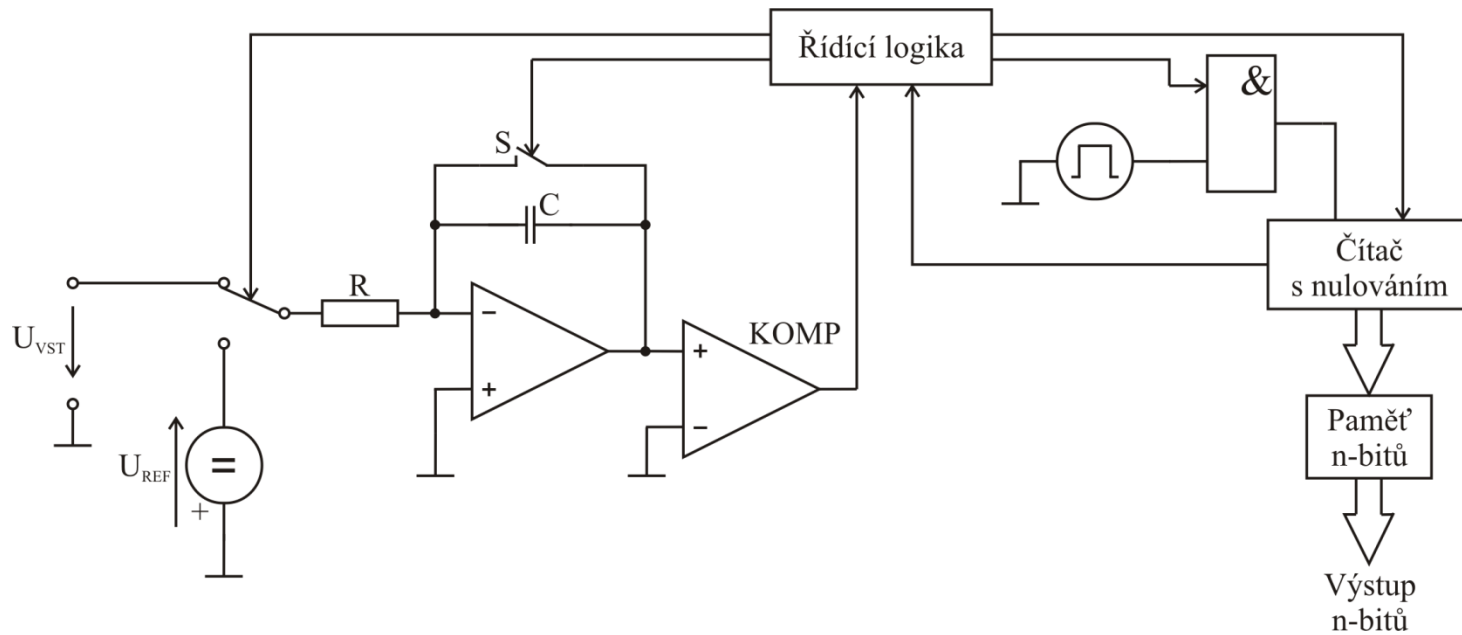
A/D přev. s postupnou aproximací

- ▶ Pevná doba převodu (n taktů)
- ▶ Vysoká přesnost
- ▶ Použití:
 - Voltmetry, digitální osciloskopy
- ▶ Vyžadují konstantní vstupní napětí během převodu
 - Na vstupu kondenzátor

A/D přev. s postupnou aproximací



A/D přev. s dvojitou integrací



A/D přev. s dvojitou integrací

- ▶ Pomalejší, ale velmi přesný, odolný proti brumu a šumu
- ▶ Analogový signál je transformován na časový interval, který je následně digitalizován
- ▶ Převod je složen ze dvou fází
- ▶ Multimetry

A/D přev. s dvojitou integrací

- ▶ Nulování čítače a vybití kondenzátoru (S)
- ▶ 1. fáze
 - Signálem „start“ se otevře hradlo a do čítače začnou přicházet impulzy, zároveň je na přepínači U_{VST}
 - Po konstantní dobu se integruje U_{VST} (u_i lineárně roste) a obsah čítače roste konstantní rychlostí (T_x)
 - Po naplnění se přepne přepínač na konstantní U_{REF} (opačná polarita U_{VST})

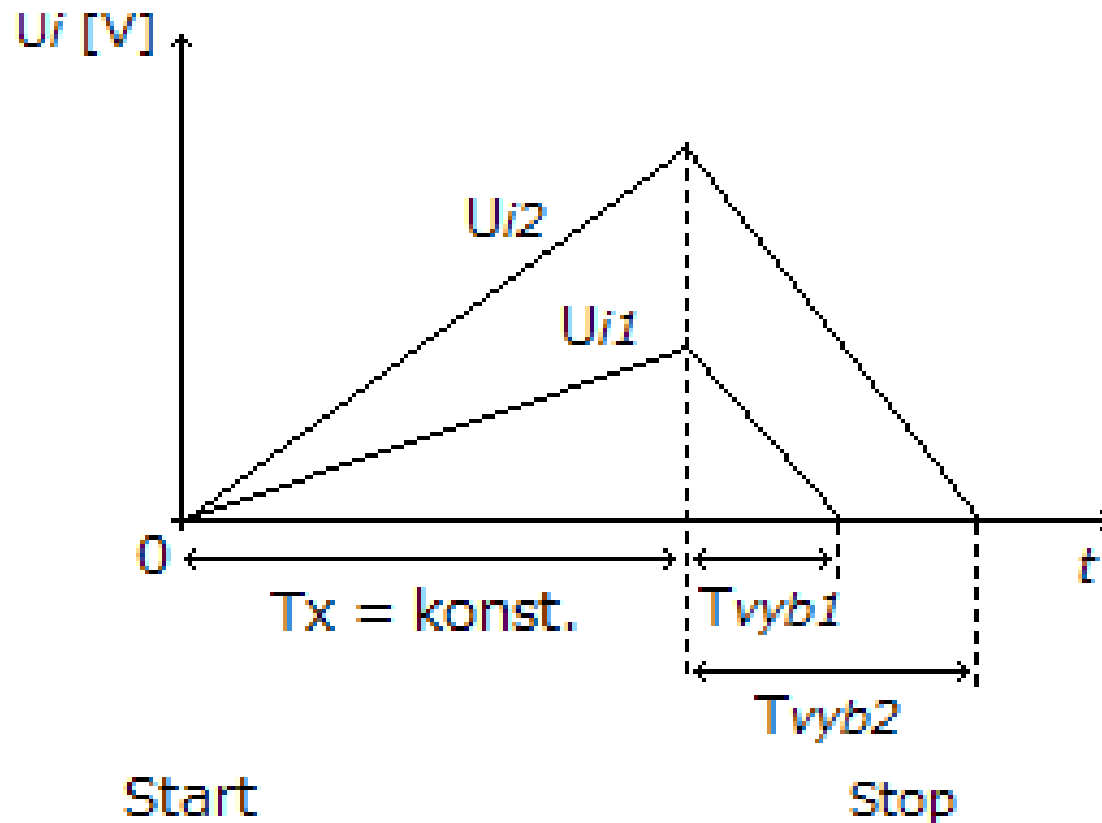
A/D přev. s dvojitou integrací

▶ 2. fáze:

- Na vstupu integrátoru je konstantní napětí opačné polarity \rightarrow začne klesat napětí na jeho výstupu
- Čítač čítá příchozí impulzy od nuly po dobu T_{REF} (vybití kondenzátoru)
- Napětí u_i lineárně klesá rychlostí úměrnou velikosti U_{REF}
- $u_i = 0 \rightarrow$ změna výstupu komparátoru, signál „stop“ \rightarrow uzavření hradla \rightarrow hodnota uložena v čítači
- Obsah čítače je úměrný času T_{REF} , který je úměrný velikosti U_{VST}

▶ Měřené napětí je úměrné době druhé integrace

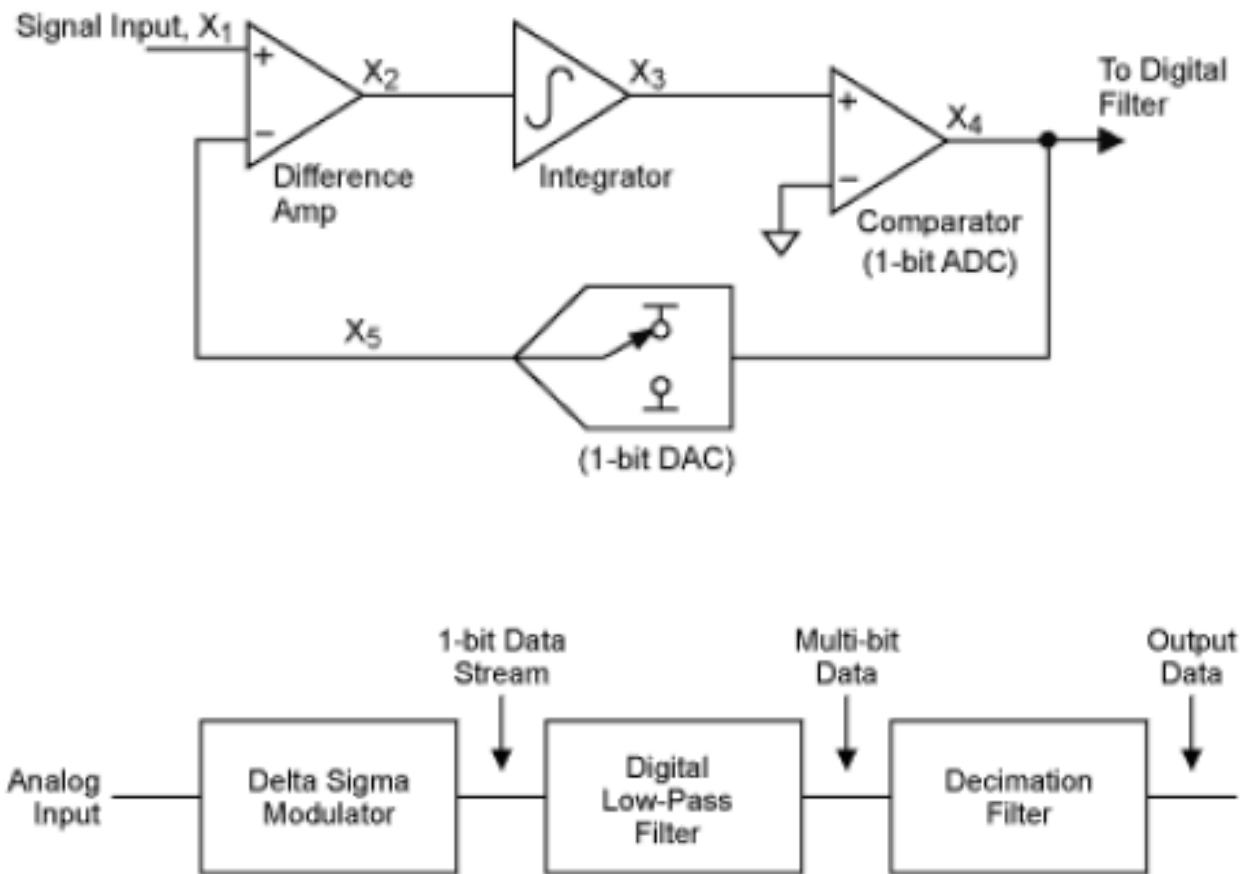
A/D přev. s dvojitou integrací



A/D převodník – sigma delta

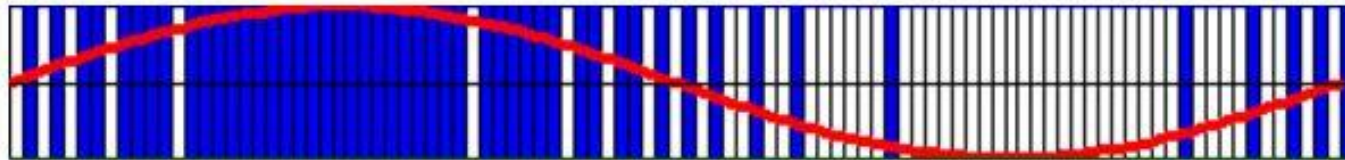
- ▶ Rozdělen na analogovou a digitální část
 - A: jednoduchá, pomalejší (integrátor, komparátor, zdroj U_{REF} , obvody pro slučování analogových signálů)
 - D: složitější, rychlá (číslicová filtrace a decimace vzorkovaného signálu)
- ▶ Vzorkovací frekvence je n -krát větší než f_{max} vstupního signálu
 - Klasické A/D převodníky využívají Shannon/Kotělnikovův/Nyquistův teorém
 - Mnohem větší počet vzorků \rightarrow oversampling

A/D převodník – sigma delta

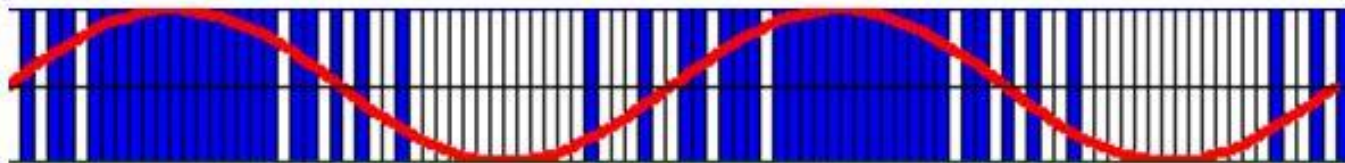


A/D převodník – sigma delta

- ▶ Na základě výstupu z komparátoru se překlápí výstup z D/A převodníku



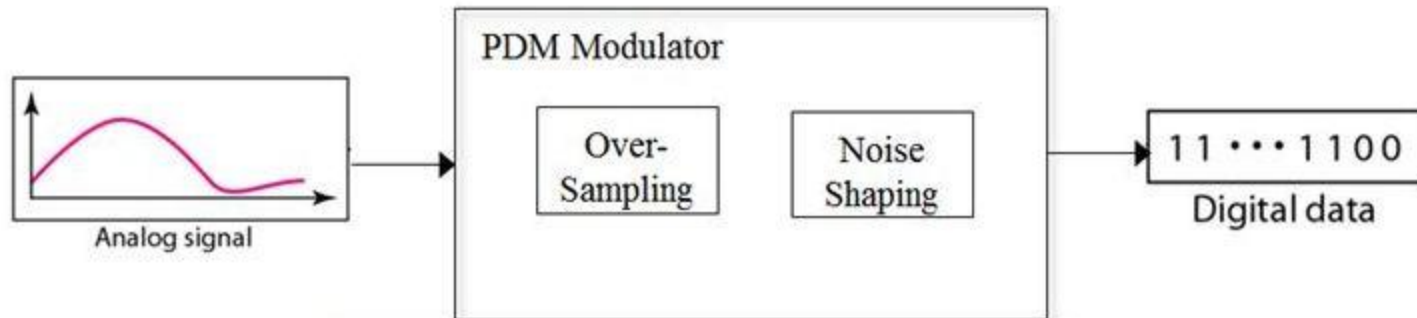
An example of PDM of 100 samples of one period of a sine wave. 1s represented by blue, 0s represented by white, overlaid with the sine wave.



A second example of PDM of 100 samples of two periods of a sine wave of twice the frequency

A/D převodník – sigma delta

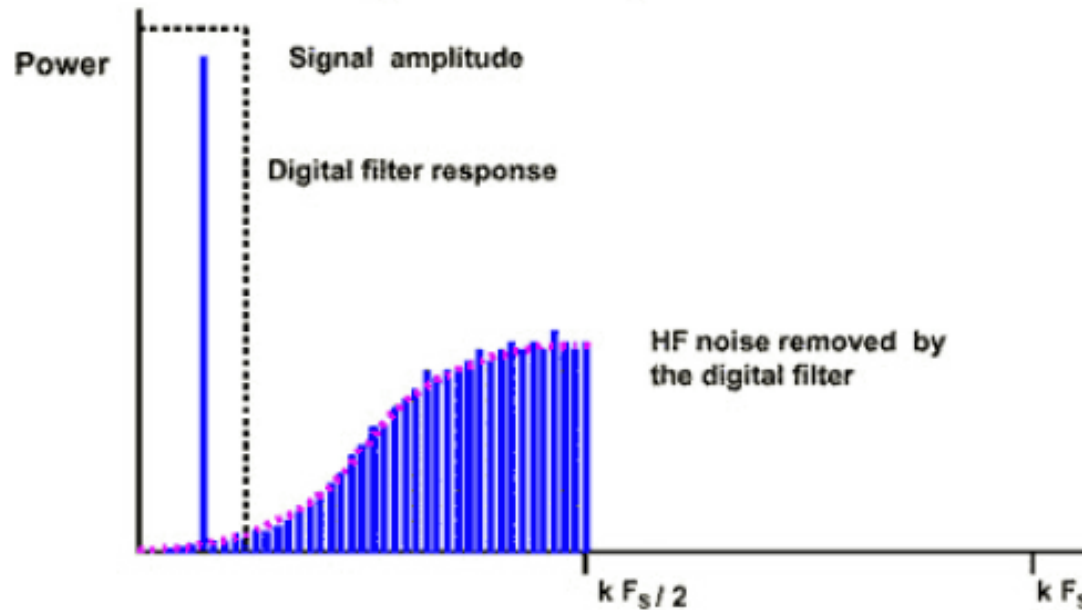
► Pulse Density Modulator



A/D převodník – sigma delta

- ▶ Číslicový filtr
 - Potlačuje šum způsobený vzorkováním

Filtering the Shaped Noise



A/D převodník – sigma delta

- ▶ Decimace signálu
 - Redukce délky signálu \rightarrow odstranění vybraných vzorků (např. každý N -tý \rightarrow N -krát kratší signál)
- ▶ Vzorkovací kmitočty: 44,1 kHz / 96 kHz / 192 kHz
- ▶ Doba převodu: jednotky μ s

A/D převodník – sigma delta

- ▶ Levné
- ▶ Vysoké rozlišení (24, 32 bit)
- ▶ Nízká spotřeba
- ▶ Digitální filtr
- ▶ Potlačují kvantizační šum
- ▶ Vhodné pro audio techniku

KONEC

Zdroje

- ▶ <http://lucy.troja.mff.cuni.cz/~tichy/elektronika/kap8/pevodnky.html> [13. 9. 2018]
- ▶ https://cs.wikipedia.org/wiki/A/D_p%C5%99evodn%C3%ADk [13. 9. 2018]
- ▶ <https://blogs.synopsys.com/vip-central/2015/05/07/mipi-soundwire-2-of-3/> [5. 10. 2018]