

## 2.11 A/D převodník

### 2.11.1 Úkol měření:

1. Seznamte se s principem analogově – číslicového (A/D) komparačního převodníku.
2. Navrhněte a realizujte 2 - bitový A/D převodník. Při řešení postupujte podle těchto kroků:
  - Zapojení kvantovacích komparátorů
  - Úprava výstupního napětí komparátorů pro TTL obvody
  - Kódování upraveného výstupního napětí na logické hodnoty
3. Vypracujte protokol o měření.

### 2.11.2 Použité přístroje:

|                     |  |
|---------------------|--|
| Stejnosměrný zdroj: | 2x Programmable DC supply RC                     |
| Zobrazovač hodnot:  | Log probe RC                                     |
| Hradla:             | 7400 (4x NAND)<br>7486 (4x XOR)<br>7408 (4x AND) |
| Rezistory:          | 10x libovolné RC (např. 1k $\Omega$ )            |
| Multimetr:          | 3x METEX M386OD (použití jako voltmetr V)        |
| Dioda               | 3x např. KA 262                                  |
| Operační zesilovač: | 3x Operational Amplifier OZ                      |

### 2.11.3 Teorie:

A/D převodníky převádějí spojitý napětíový nebo proudový elektrický signál do binárního tvaru D. Známý jsou tři základní typy převodníků tohoto typu a sice: kompenzační, s dvojitou integrací a paralelní.

#### Paralelní A/D převodník

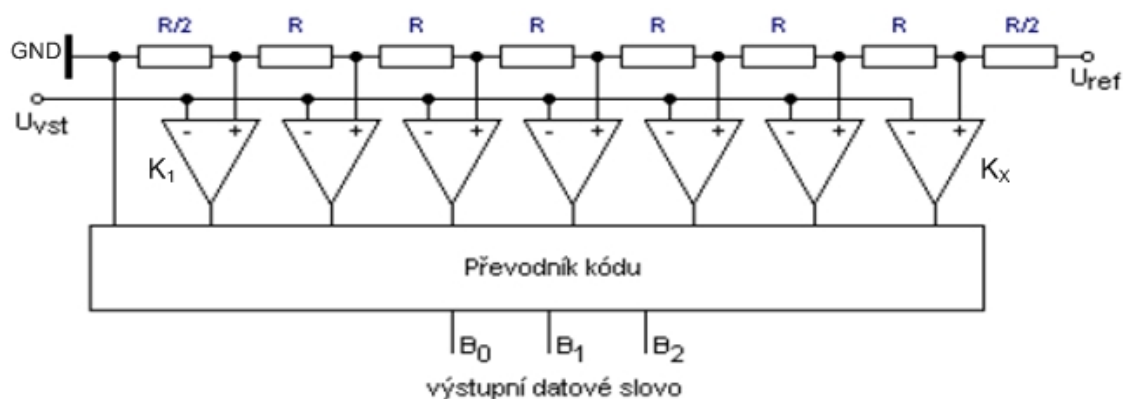
Je nejrychlejším a současně principiálně nejjednodušším typem přímého A/D převodníku. V praxi dosahují tyto převodníky řádově  $10^7$  až  $10^9$  převodů za sekundu, což je předurčuje k použití pro digitalizaci obrazu, číslicové osciloskopy, analyzátory signálu a další oblasti s vysokými nároky na rychlost digitalizace. Jsou vyráběny s rozlišením 6, 8 a 10 bitů.

Nevýhodou těchto převodníků je vyšší cena způsobená složitým obvodovým řešením s vysokým počtem  $2^{n-1}$  komparátorů (např. 8-bitový AČP vyžaduje použití 255 komparátorů). Pokud chceme zvětšit výstup převodníku o jeden bit, musíme použít v obvodu dvojnásobný počet komparátorů.

Mezi svorku referenčního napětí  $U_{ref}$  a společný vodič (GND) je zapojen odporový dělič, který vytváří napěťové úrovně odpovídající vahám dvojkového čísla.

Na vstupy komparátorů je přivedeno jednak napětí měřené –  $U_{vst}$ , jednak příslušná komparační úroveň podle váhy dvojkového čísla.

Pro  $U_{vst} = 0$ , je na všech výstupech komparátorů napětí  $= 0$  V. Při zvětšování  $U_{vst}$  se postupně překlápí  $K_1$  až  $K_x$  a na jejich výstupech se objevují postupně logické 1. Pro  $U_{vst} = U_{vst\_max}$  je log. 1 na všech výstupech. Dekodér pak převádí vstupní binární údaje do požadovaného kódu (BCD a pod.). Délka převodu je dána dobou přeběhu komparátorů z jedné krajní úrovně do druhé a časem pro zpracování dat dekodérem.



*Obr. 1. 3bitový paralelní AD převodník*

## 2.11.4 Zadání:

### 1) Zapojení kvantování pomocí komparátorů

a) Poznamenejte si používané součástky a přístroje.

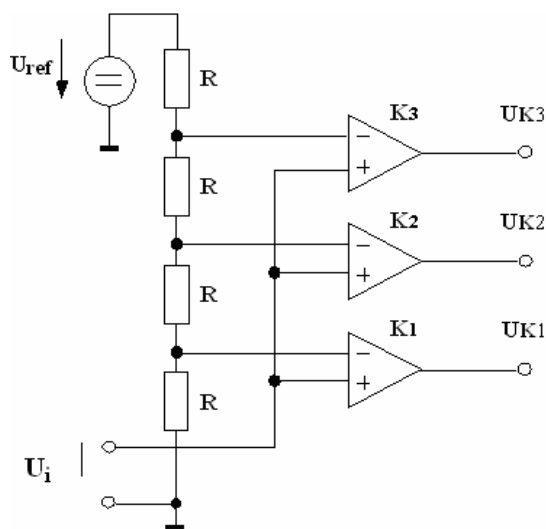
b) Na základě schématu (Obr.2.) zapojte obvod a doplňte tabulku 1.

#### POSTUP:

- jako zdroj vstupního napětí  $U_i$  a referenčního napětí  $U_{ref}$  použijte stejnosměrný zdroj DC. Referenční napětí nastavte na hodnotu  $U_{ref} = 10V$ . Pokud máte k dispozici jen jeden zdroj stejnosměrného napětí DC použijte jej jako vstupní napětí  $U_i$  a jako referenční napětí  $U_{ref}$  použijte napájení 5V ze základní desky sestavy RC200 (module board)

- pro použité přístroje RC použijte napájení 5V ze základní desky sestavy RC2000 (module board)

- doplňte tabulku výstupních napětí komparátoru (Tab.1) tak, že pro každý komparátor budete měřit 4 výstupní napětí  $U_{kx}$  v závislosti na vstupním napětí  $U_i$ . Voltmetr připojte na výstup komparátoru  $U_{kx}$  a zem GND. Napětí  $U_i$  volte v rozmezí, které vám vyjde v tabulce ve sloupci **stav**.



Obr. 2. Kvantování pomocí komparátorů

Tab. 1. Výstupní napětí komparátorů bez úpravy

| stav                           | $U_{k1}$ | $U_{k2}$ | $U_{k3}$ |
|--------------------------------|----------|----------|----------|
| $0 < U_I < U_{ref}/4$          |          |          |          |
| $U_{ref}/4 < U_I < U_{ref}/2$  |          |          |          |
| $U_{ref}/2 < U_I < 3U_{ref}/4$ |          |          |          |
| $3U_{ref}/4 < U_I < U_{ref}$   |          |          |          |

## 2) Úprava výstupního napětí komparátorů pro TTL

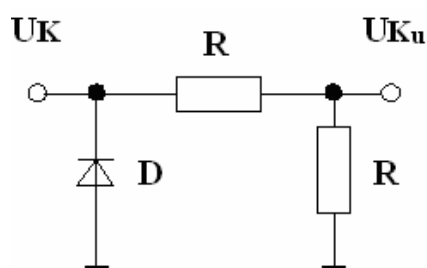
a) Poznamenejte si používané součástky a přístroje.

b) Pomocí schématu (Obr. 3.) upravte výstupní hodnoty komparátorů pro TTL obvody

### POSTUP:

- schéma (Obr. 3.) použijte pro úpravu výstupního napětí komparátorů tak, že vstupy  $U_K$  připojíte k výstupům komparátorů  $U_{kx}$  z předchozího zapojení (viz Obr. 5).

- doplňte tabulku výstupních napětí komparátoru (Tab.2) tak, že pro každý komparátor budete měřit 4 výstupní napětí  $U_{ku}$  v závislosti na vstupním napětí  $U_i$ . Voltmetr připojte na výstup upraveného napětí  $U_{ku}$  a zem GND. Napětí  $U_i$  volte v rozmezí, které vám vyjde v tabulce ve sloupci **stav**.



Obr. 3. Úprava napětí pro TTL

Tab. 2. Výstupní napětí komparátorů upravená pro TTL

| stav                           | $U_{k1u}$ | $U_{k2u}$ | $U_{k3u}$ |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| $0 < U_I < U_{ref}/4$          |           |           |           |
| $U_{ref}/4 < U_I < U_{ref}/2$  |           |           |           |
| $U_{ref}/2 < U_I < 3U_{ref}/4$ |           |           |           |
| $3U_{ref}/4 < U_I < U_{ref}$   |           |           |           |

### 3) Kódování na logické hodnoty

a) Poznamenejte si používané součástky a přístroje.

b) Pomocí schématu (Obr.4.) převed'te upravené výstupní hodnoty napětí komparátorů na logické hodnoty, doplňte tabulku a naměřte převodní charakteristiku AD převodníku.

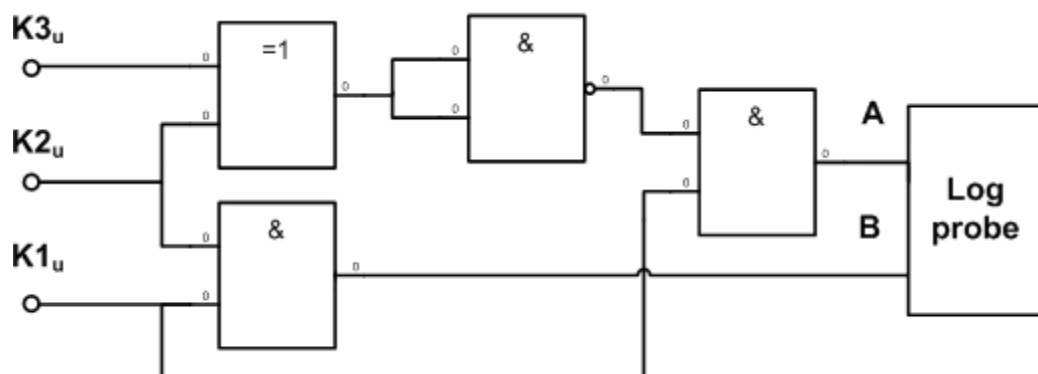
#### POSTUP:

- schéma kódování (Obr.4.) připojte k zapojení z předchozího příkladu na výstupy upraveného výstupního napětí na TTL (viz. Obr. 5).

- změření převodní charakteristiky AD převodníku provádějte zvyšováním hodnot vstupního napětí  $U_i$  od 0 do 10V po desetinách napětí. Vytvořte převodní tabulku (Tab. 3.) do které budete zapisovat hodnoty vstupního napětí  $U_i$  při kterých dojde ke změně logických hodnot A, B zobrazovaných na zobrazovači „Log probe“. V protokolu pak z této tabulky vytvořte i graf převodní charakteristiky AD převodníku.

- podle postupného překlápění komparátorů  $K_1$ - $K_3$  doplňte tabulku hodnot pro kódování (Tab. 4.) logickými hodnotami. Postup překlápění komparátoru poznáte podle již naměřených hodnot v tabulce: Výstupní napětí komparátorů bez úpravy (Tab. 1.) z prvního zapojení nebo Výstupní napětí komparátorů upravená pro TTL (Tab. 2.) z druhého zapojení.

c) Zavolejte vyučujícího ke kontrole



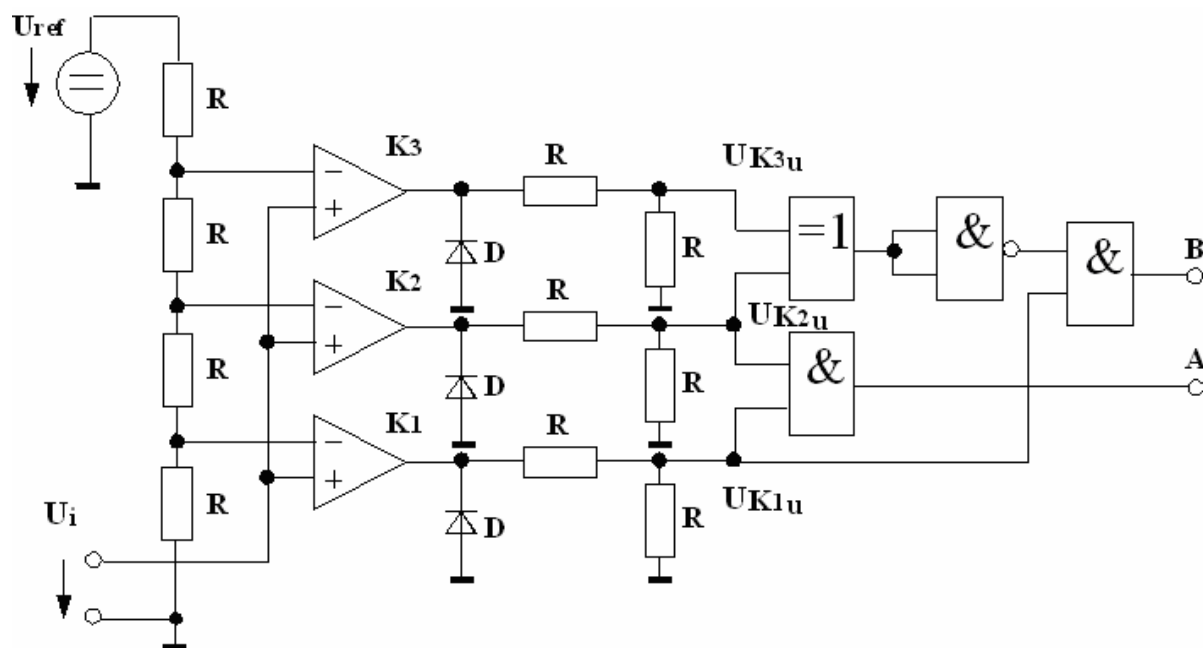
Obr. 4. Kódování výstupů komparátorů na logické hodnoty

Tab. 3. Převodní charakter. převodníku

| Analogový vstup<br>převodníku | Číslicový<br>výstup<br>převodníku |   |
|-------------------------------|-----------------------------------|---|
| $U_I$                         | A                                 | B |
|                               |                                   |   |
|                               |                                   |   |
|                               |                                   |   |
|                               |                                   |   |

Tab. 4. Tabulka hodnot pro kódování

| Vstupy |       |       | Výstupy |   |
|--------|-------|-------|---------|---|
| $K_1$  | $K_2$ | $K_3$ | A       | B |
| 0      | 0     | 0     |         |   |
| 1      | 0     | 0     |         |   |
| 1      | 1     | 0     |         |   |
| 1      | 1     | 1     |         |   |



Obr. 5. Celkové schéma zapojení AD převodníku