

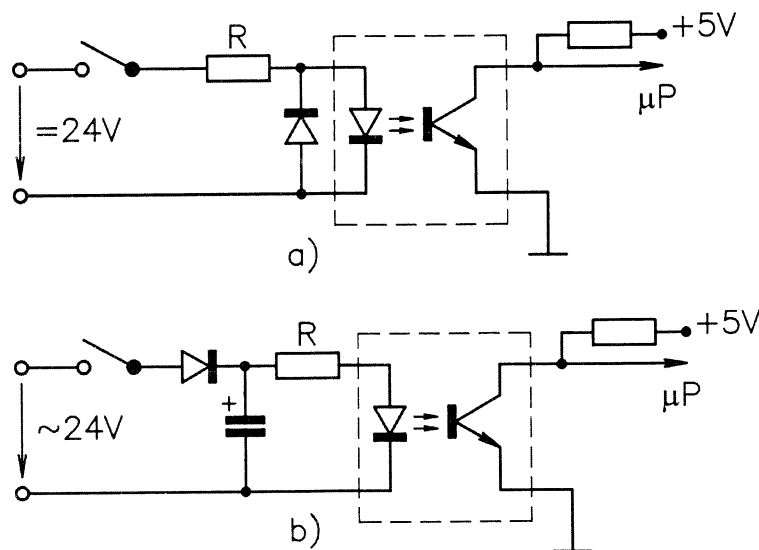
Paměti ROM se používají převážně jako paměti programu. Vzhledem k jejich poměrně dlouhé přístupové době (cca 100 ns) se v aplikacích, které jsou časově náročné, obsah paměti ROM při startu systému přesune do paměti RAM, odkud se pak vykonává. Paměť ROM je u počítačů PC použita pro uložení systému BIOS, který po zapnutí napájecího napětí převezme řízení a zabezpečí načtení vlastního operačního systému z disku do operační paměti.

#### 7.4.4. Obvody pro styk s vnějším prostředím

Tyto obvody slouží ke styku počítače s vnějším prostředím. Z hlediska toku dat je můžeme rozdělit na vstupní a výstupní, z hlediska charakteru signálu na číslicové, analogové a obvody zpracovávající pulzní signál. Všechny tyto obvody jsou připojeny jednou stranou na sběrnici, druhou na vnější prostředí, a počítač s nimi komunikuje prostřednictvím adres stejně jako s pamětí. Z tohoto důvodu se budeme v této kapitole zabývat především řešením vstupních/výstupních obvodů a způsobem jejich použití ve spolupráci s vnějším prostředím a nikoli adresováním, které bylo probráno výše. Z elektrického hlediska jsou důležité především napěťové, proudové a výkonové parametry jednotlivých vstupních/výstupních bodů. Při návrhu připojení jakéhokoliv externího zařízení musejí být vzaty vždy v úvahu tyto U, I a P parametry.

##### Číslicový vstup

Základním úkolem těchto obvodů je provést napěťové přizpůsobení externího signálu napěťovým úrovním procesoru. Proudové a výkonové zatížení vstupu můžeme obvykle zanedbat, důležité je však napěťové přizpůsobení. V současné době se v průmyslových systémech prakticky používá vstup s optickým oddělením signálu. Řešení pro jednosměrný a střídavý vstupní signál např. z kontaktu, je na obr. 7.26a a obr. 7.26b. Zapojení z obr. 7.26a lze s patřičným programovým vybavením použít i pro střídavý vstupní signál.

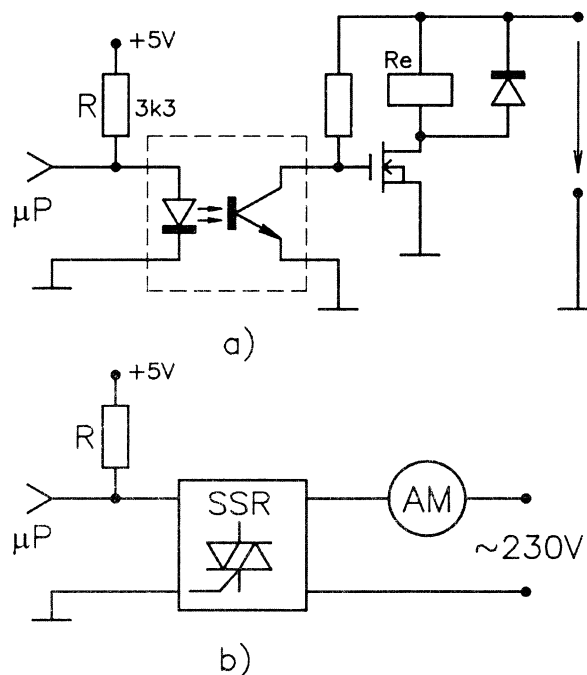


obr. 7.26

##### Číslicový výstup

Výstupní obvody slouží k posílení výstupního signálu z mikropočítače na úroveň vhodnou pro ovládání připojených zařízení. Nejjednodušší je řešení pro spínání jednosměrné zátěže pomocí výkonového tranzistoru. Schéma zapojení je na obr. 7.8a a 7.8b. Zapojení je vhodné pro spínání např. topného tělíska (žárovky), jednosměrného motoru, elektromagnetu, cívky relé nebo stykače. V případě cívky, tj. indukční zátěže, je zapojení třeba doplnit o nulovou diodu, která ochrání spínací tranzistor před poškozením přepětím vznikajícím při rychlém rozepnutí indukční zátěže. Pro spínání obvodu napájeného střídavým napětím je možné použít zapojení s tyristorem, triakem, relé, stykačem, případně použít prvek SSR.

Současná moderní součástková základna poskytl pro spínání výkonové zátěže nový elektronický prvek SSR (Solid State Relais - relé v pevné fázi). Tento prvek je ovládán vstupním TTL signálem, který je galvanicky oddělen od výstupního obvodu. Podle spínané zátěže a napájecího napětí je třeba volit vhodný typ. SSR se vyrábí pro spínání stejnosměrného nebo střídavého proudu, vzájemně je není možné zaměnit. V případě střídavého proudu je možné ještě vybrat relé se spínáním kdykoliv, v nule nebo v maximu napětí pro zmenšení rušení. Z hlediska nákladů hlavně pro menší spínané proudy a napětí je použití SSR srovnatelné s použitím elektromechanického spínacího prvku. Výhoda je v menším zastavěném prostoru a žádném opotřebení kontaktů, které vyplývá z bezkontaktního spínání. Nevýhodou je malá odolnost proti zkratu. Naproti tomu výhodou relé (stykače) je univerzálnost použití pro střídavý i stejnosměrný proud, odolnost při zkratu a bezpečné galvanické oddělení zátěže při vypnutí.



obr. 7.27

### Diskretizace analogového signálu

Pomocí analogového (spojitého) rozhraní zpracovává počítač spojité signály z vnějšího prostředí. Z principu počítače je zřejmé, že při konečné délce slova procesoru je možné vytvořit pouze konečný počet úrovní, do kterých se vstupní/výstupní signál "musí vejít". Z uvedeného vyplývá, že konkrétní číselkové hodnotě musí v analogové oblasti odpovídat interval nekonečného počtu analogových hodnot. Např. pro čísla typu integer (16 bitů) může výstup nabýt maximálně  $2^{16} = 65536$  hodnot, pro typ char (8 bitů)  $2^8 = 256$  hodnot. Interval vstupního/výstupního napětí je rovnoměrně rozdělen a výstupní napětí se mění po přírůstcích  $\Delta$ . Tato nepřesnost  $\Delta$  se nazývá **chyba diskretizace** (kvantování v úrovni).

$$\Delta = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{2^n - 1}$$

Je způsobena metodou a udává maximální chybu, kterou nelze při daném počtu bitů snížit. Skutečná chyba je dále ještě samozřejmě zvětšena o chybu způsobenou technickou realizací převodníku. Kromě chyby diskretizace se u počítačů setkáváme ještě s problémem rychlosti vzorkování, tzv. diskretizace v čase. Pro rychlost vzorkování platí Shannon-Kotělnikovův teorém, který říká, že frekvence vzorkování musí být větší než dvojnásobek nejvyšší frekvence, kterou chceme v měřeném signálu sledovat.

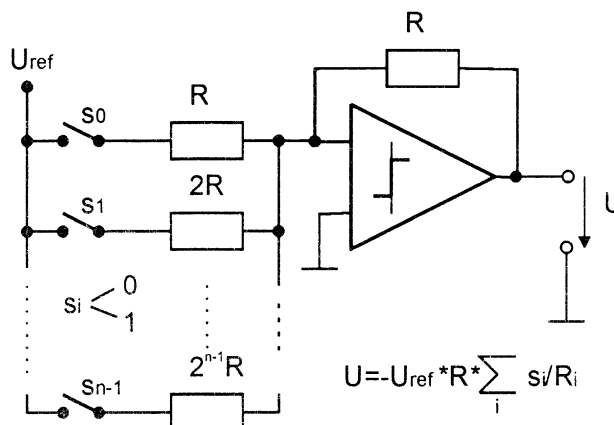
### Převodníky D/A

Podle principu dělíme číslicové/analogové převodníky na převodníky **přímé** a **nepřímé**. Přímé převodníky přímo převádějí číslicovou paralelní informaci na analogovou hodnotu. Nepřímé

převodníky pracují s nějakou pomocnou veličinou, např. frekvencí, která tvoří sériový mezistupeň mezi číslicovými paralelními daty a analogovou veličinou.

## Přímé převodníky

Tyto převodníky pracují tak, že jednotlivé bity převáděného čísla ovládají spínače připojující na vstup operačního zesilovače napětí nebo proud odpovídající této váze. OZ pak pracuje jako sumátor nebo převodník I/U tak, aby na výstupu bylo napětí úměrné převáděnému číslu. Na obr. 7.28 je zapojení jednoduchého D/A převodníku pracujícího s jedním referenčním napětím a OZ zapojeným jako sumátor se zesílením jednotlivých větví odpovídajícím vahám jednotlivých bitů. Uvedené schéma je pouze pro ilustraci principu, v praxi se užívá modifikované zapojení. Přímé převodníky se používají především pro "rychlé" aplikace, např. ve zvukových kartách pro PC. Jejich používání s výkonovým analogovým členem, například pro řízení otáček stejnosměrného motoru, není vzhledem k výkonové ztrátě na koncovém tranzistoru vhodné.

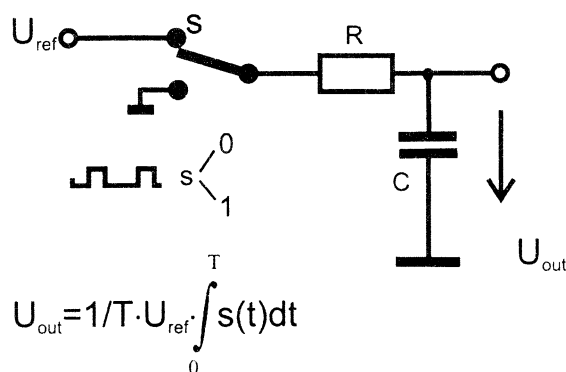


obr. 7.28

Pozn.: Ve skutečném provedení se odporová síť R-2R-4R... nahrazuje zapojením odporů R-2R jako děliče proudů. Více viz doporučená literatura

## Nepřímé převodníky

Tento typ převodníku viz obr. 7.29 je vlastně modifikovaným číslicovým výstupem. Výstupní spínací prvek je ovládán buď programově nebo speciálním časovacím obvodem tak, že na výstupu se objevuje pulzní signál proměnné střidy (proměnná frekvence a konstantní délka pulzu nebo konstantní frekvence a proměnná délka pulzu). Střední hodnota výstupního signálu odpovídá převedené hodnotě. Na výstup se obvykle připojuje filtr typu dolní propust, který alespoň z části odstraní zvlnění výstupního signálu (viz RC článek na obr.). Jestliže je tímto signálem ovládáno zařízení s přenosem integračního charakteru s dostatečně dlouhou časovou konstantou (např. elektrická pec, stejnosměrný elektromotor), není třeba RC filtr používat. Tento druh převodu se nazývá pulzně-šířková modulace (PWM).



obr. 7.29

## Převodníky A/D

Tyto převodníky vždy porovnávají neznámé měřené napětí s napětím(i) referenčním(i). Podle zapojení je dělíme na převodníky přímé, kompenzační a integrační.

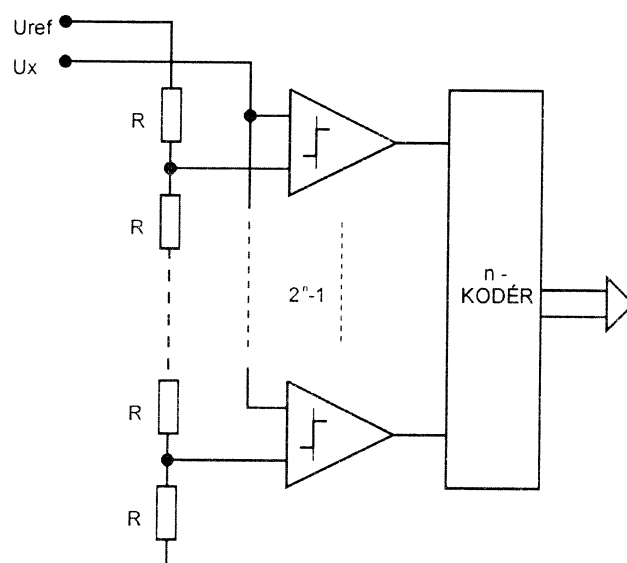
### Přímý převodník

Principiálně nejjednodušším převodníkem je převodník **přímý** viz obr. 7.30. Referenční napětí  $U_{ref}$  je napětíovým děličem rozděleno na  $2^n - 1$  úrovní a ke každé je připojen komparátor s druhým vstupem spojeným s neznámým měřeným napětím. Část komparátorů, na jejichž vstupech bude

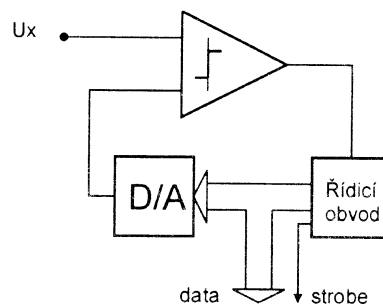
měřené napětí vyšší než referenční, se překlápí, ostatní zůstanou ve výchozím stavu. Následující kódér převede počet překlápěných komparátorů na binární číslo, které odpovídá měřenému napětí.

### Kompenzační převodník

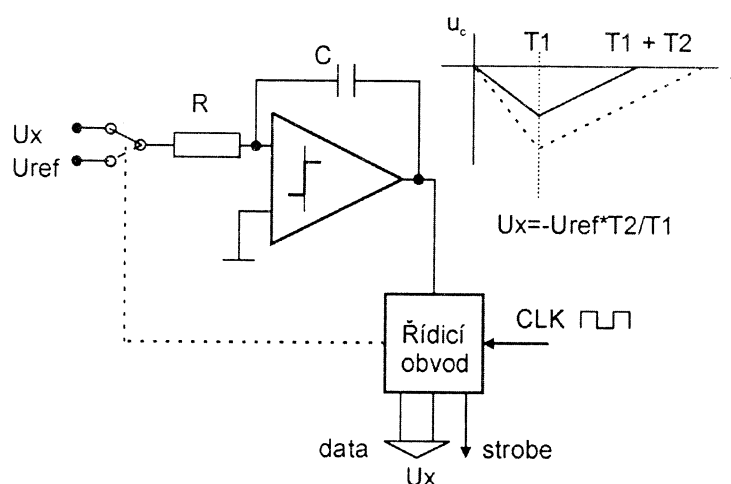
Tyto převodníky pracují na principu porovnávání neznámého měřeného napětí s napětím z D/A převodníku. Schéma je na obr. 7.30. Řídicí obvod hledá takovou nejmenší změnu vstupu D/A převodníku, při které dojde ještě k překlápění komparátoru, a tak kompenzuje měřené napětí napětím z D/A převodníku. Vstup D/A převodníku pak odpovídá měřenému napětí. Algoritmy používané pro řízení závisí na dynamické charakteristice vstupního signálu. Tento typ převodníku se obvykle používá v mikropočítačových systémech buď jako specializovaný obvod na přídavné laboratorní kartě, nebo bývá přímo integrován do procesoru. Algoritmů, které používá řídicí obvod, je celá řada. Nejpoužívanější je tzv. princip postupné aproximace. Algoritmus pracuje metodou půlení intervalu od nejvyššího bitu. Nejprve se nastaví na jedničku nejvyšší bit D/A převodníku. Je-li  $U_x < U_{D/A}$ , bit se vynuluje a pokračuje se nižším bitem. V opačném případě se pokračuje rovnou nižším bitem. Celý postup se opakuje tak dlouho, dokud se nevyčerpají všechny bity vstupního slova D/A převodníku. Pak se algoritmus ukončí a měřené napětí odpovídá obsahu slova na vstupu D/A převodníku. Výhodou algoritmu je jeho relativně vysoká rychlost - počet kroků odpovídá šířce slova D/A převodníku a konstantní délka doby převodu. Nevýhodou je jeho citlivost na změnu vstupního měřeného napětí. Proto se před vstup převodníku obvykle připojuje filtr typu dolní propust následovaný vzorkovacím zesilovačem s pamětí (obvod Sample and Hold), který zajistí, aby se měřená hodnota při vyhodnocování neměnila. V opačném případě může být výsledek měření zcela nepoužitelný.



obr. 7.30



obr. 7.31



obr. 7.32

## Převodník integrační

Posledním typem je převodník **integrační**. Tento převodník pracuje podobně jako převodníky kompenzační s komparátorem, jejichž výstup ovládá řídicí obvod. Na rozdíl od nich se však porovnávací napětí nezískává z D/A převodníku, ale odvozuje se od doby potřebné k nabití kondenzátoru konstantním proudem na napětí potřebné k překlopení komparátoru. Na obr. 7.32 je schéma převodníku s tzv. dvojí integrací. Výhodou tohoto převodníku proti jednoduššímu s prostým nabíjením kondenzátoru je to, že přesnost převodu je nezávislá na přesnosti a dlouhodobé stabilitě použitých součástek kromě zdroje referenčního napětí. Pro správnou funkci je nutné, aby referenční napětí mělo opačnou polaritu než napětí měřené. Výhodou integračních převodníků je jejich jednoduchost a možnost eliminovat rušivá napětí při volbě vhodné doby integrace. Pokud se doba integrace  $T_I$  volí jako celistvý násobek periody rušivého napětí je jeho střední hodnota nulová a neovlivní měřený výsledek.

Pozn.: Při měření zejména střídavých veličin příručním multimetrem je pro vyhodnocení nesmírně důležité vědět jak je střídavá veličina měřicím přístrojem zpracovávána. Levné typy těchto měřicích přístrojů správně měří jen harmonický signál a to ještě jen v určitém rozsahu frekvencí blízkých 50 Hz. To je způsobeno metodou pro určení efektivní hodnoty, která se pro měření střídavých signálů používá. To je třeba mít na paměti zejména při měření v obvodech frekvenčních měničů, kde podíl vyšších harmonických složek, může zcela znehodnotit měření. Zejména levné přístroje mnohdy měří maximální hodnotu, kterou podělí odmocninou ze dvou a tuto hodnotu vydávají za hodnotu efektivní. Jak čtenář jistě ví toto platí pouze pro harmonický průběh. V takovém případě je pro změření efektivní hodnoty nejlepším řešením použití klasického ručkového přístroje s feromagnetickým systémem nebo přístroje s termoelektrickým převodníkem.

### 7.4.5. Čítač/časovač

Kromě výše popsanych základních obvodů se často používají různé speciální obvody, jejichž funkci lze také obvykle realizovat programovými prostředky, ale jejich hardwarová realizace umožní odlehčit zatížení procesoru, případně dosáhnout lepších parametrů zpracování. Takovým typickým obvodem je čítač/časovač. Tento programovatelný obvod (zápisem do jeho vnitřního registru lze naprogramovat jeho vlastnosti, obvod ale nevykonává žádný program!) se používá buď jako čítač, kdy čítá pulzy přiváděné na jeho vstup, načítanou hodnotu procesor může číst nebo generuje obdélníkové pulzy nastavitelné délky a frekvence. V tomto případě pracuje jako časovač a musí být synchronizován vnějším hodinovým signálem. Moderní čítače/časovače kromě vlastních čítacích registrů obsahují ještě komparační a záchytné registry, které umožňují aktuální načítanou hodnotu komparovat s hodnotou přednastavenou a při shodě generovat např. přerušování. Záchytné registry umožňují bez zbytečné prodlevy uložit okamžitou načítanou hodnotu pro další zpracování.

Pozn: Speciálním druhem časovačů je tzv.obvod Watchdog. Tento obvod kontroluje běh programu a v případě "zamrznutí" resetuje procesor. Watchdog obvody musejí být vybaveny všechny bezobslužné systémy, zejména používané pro řízení technologických zařízení. Watchdog pracuje tak, že po zapnutí počítače se v pravidelných intervalech zvyšuje hodnota čítače. Pokud není tento čítač běžícím programem včas vynulován dojde po načítání limitní hodnoty k automatickému resetování systému.

## 7.5. DOPORUČENÁ LITERATURA K SAMOSTUDIU

Chyský, J., Novák, J., Novák, L.: *Elektronické aplikace ve strojírenství*. Vydavatelství ČVUT v Praze, 2001.

Kolouch, J.: *Impulsová a číslicová technika*. Skriptum VUT v Brně. VUTUM, Brno, 2002