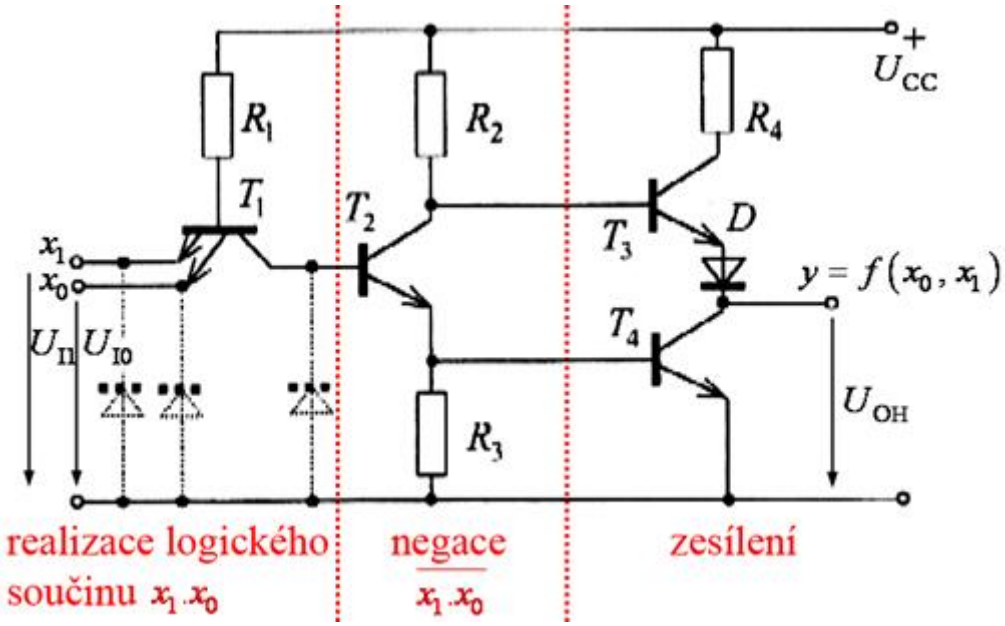
Hradlo NAND

Vzhledem k jisté „unifikovanosti“ hradel se v praxi velmi často používá pouze jeden typ hradla s tím, že ostatní hradla lze pomocí jednoho vybraného hradla realizovat také. V praxi (zejména pro účely tohoto textu) se často používá jen hradlo NAND a INVERTOR. Zapojení integrované struktury logického obvodu hradla NAND se dvěma vstupy x_0 a x_1 a jedním výstupem *y* je zobrazeno na obr. 17.



Obr. 17

Hodnoty odporů uvedených rezistorů jsou $R_1 = 4\ \mathrm{k\Omega}$, $R_2 = 1{,}6\ \mathrm{k\Omega}$, $R_3 = 1\ \mathrm{k\Omega}$ a $R_4 = 130\ \Omega$.

Tranzistor T_1 rozděluje proud tekoucí jeho bází a rezistorem o odporu R_1. Je-li alespoň jeden ze vstupů x_0 a x_1 na úrovni logická nula (úroveň *L* - viz obr. 16), tj. je spojen se zemnícím vodičem, protéká zmíněný proud přes přechod báze - emitor tranzistoru T_1 (tento přechod je zapojen v propustném směru). Tranzistor T_1 je tak saturován - tj. na jeho kolektoru je velmi malé napětí, a tranzistor T_2 je proto uzavřen. Jeho emitorový proud je velmi malý, a proto napětí na rezistoru s odporem R_3 je také velmi malé. Tranzistor T_4 je proto uzavřen. Proud procházející rezistorem o odporu R_2 prochází i přes emitorový přechod tranzistoru T_3 a přes diodu *D* do zátěže připojené na výstup *y*. Tímto proudem se saturuje tranzistor T_3 a proud procházející zátěží dosáhne hodnoty I_{OH}. Napětí na zátěži dosáhne hodnoty U_{OH}, pro kterou platí

$$U_{OH} = U_{CC} - U_{s3} - U_D - I_{OH} R_4 , \tag{5}$$

kde U_{s3} je saturační napětí tranzistoru T_3 (řádově 0,1 V) a U_D je napětí na diodě *D* (řádově 0,7 V). Přitom zanedbáme proud procházející bází tranzistoru T_3.

Vzhledem k tomu, že

$$I_{OH} = \frac{U_{OH}}{R_z} , \tag{6}$$

kde R_z je odpor zátěže, je možné pro napětí U_{OH} definované vztahem (4) postupně psát: $U_{OH} = U_{CC} - U_{s3} - U_D - I_{OH} R_4 = U_{CC} - U_{s3} - U_D - \frac{U_{OH}}{R_z} R_4$, odkud $U_{OH}\left(1 + \frac{R_4}{R_z}\right) = U_{CC} - U_{s3} - U_D$. Dostáváme tedy

$$U_{OH} = \frac{U_{CC} - U_{s3} - U_D}{1 + \frac{R_4}{R_2}} \quad . \tag{7}$$

Pro hodnoty $U_{CC} = 5\ V$ a $R_2 = 1\ k\Omega$ je podle vztahu (6) $U_{OH} = 3{,}72\ V$. Tato hodnota leží v oblasti, ve které detekujeme na výstupu hradla úroveň odpovídající logické jedničce.

Na základě předpokládaných hodnot vstupních proměnných x_0 a x_1 jsme získali výsledek, který je ve shodě s činností hradla NAND.

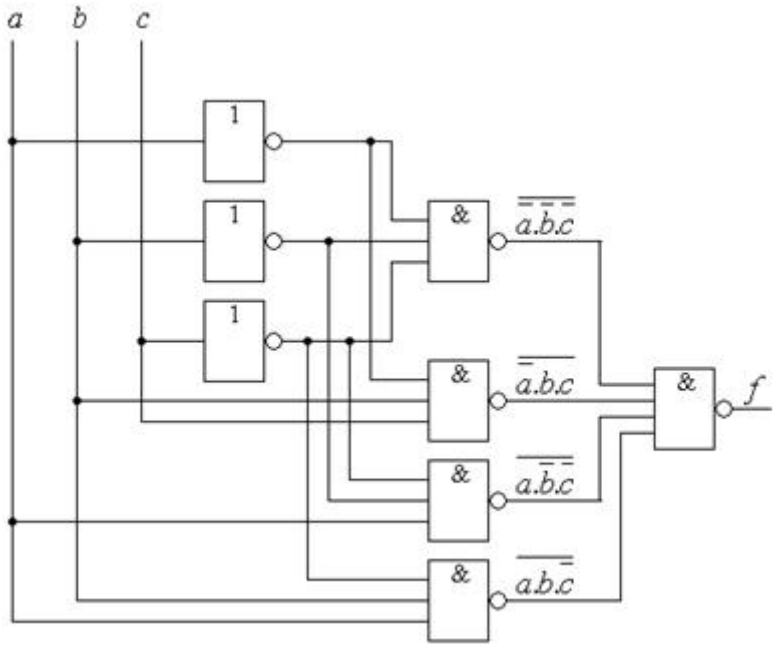
Přivedeme-li na oba vstupy x_0 a x_1 napětí vyšší než 2 V (tj. budou ve stavu logická jednička), bázový proud tranzistoru T_1 bude procházet přes kolektorový přechod na bázi tranzistoru T_2 a tranzistor T_2 se proto otevře. Napětí na bázi tranzistoru T_4 dosáhne hodnoty, při níž se tranzistor T_4 saturuje a napětí na jeho výstupu dosáhne hodnoty menší než 0,4 V. Napětí na kolektoru tranzistoru T_2 nedosahuje hodnoty nutné k průchodu bázového proudu tranzistorem T_3 - proto je tranzistor T_3 uzavřen. Diodou *D* a tedy i zátěží připojenou k výstupu *y* hradla prochází nulový proud. Na výstupu hradla je tedy nízká úroveň napětí - výstup je ve stavu logické nuly.

Tento stav je ve shodě s hodnotami vstupních proměnných x_0 a x_1 a s očekávaným výstupem hradla NAND.

Diody vyznačené ve schématu na obr. 17 tečkovaně chrání obvod při záporných vstupních napětích.

Pomocí hradel NAND je možné zapojit logické sítě libovolné logické funkce. Proto je nutné minimalizovanou logickou funkci přepsat ve tvaru, v němž se vyskytuje pouze negace součinu negovaných logických součinů. Do tohoto tvaru je možné součtový tvar zápis logické funkce upravit s využitím Booleovy algebry.

Pomocí dvouvstupého hradla NAND lze vytvořit i hradla vícevstupá, která se v praxi často používají.



Obr. 18

Na základě tab. 6 byl vytvořen součtový tvar zápisu logické funkce *f* ve tvaru (4): $f = \bar{a}.\bar{b}.\bar{c} + \bar{a}.b.c + a.\bar{b}.\bar{c} + a.b.\bar{c}$. Ten lze přepsat tak, aby bylo možné tuto funkci realizovat pomocí hradel NAND: $f = \bar{a}.\bar{b}.\bar{c} + \bar{a}.b.c + a.\bar{b}.\bar{c} + a.b.\bar{c} = \overline{\overline{\bar{a}.\bar{b}.\bar{c} + \bar{a}.b.c + a.\bar{b}.\bar{c} + a.b.\bar{c}}} = \overline{\overline{\bar{a}.\bar{b}.\bar{c}} \cdot \overline{\bar{a}.b.c} \cdot \overline{a.\bar{b}.\bar{c}} \cdot \overline{a.b.\bar{c}}}$ (byl použit zákon dvojité

negace a následně de Morganův zákon). Logický obvod odpovídající této funkci bude vytvořen pomocí čtyř třívstupých hradel NAND, jednoho čtyřvstupého hradla NAND a pomocí tří hradel INVERTOR (viz obr. 18).

Zůstanou-li nějaké vstupy hradla nepoužité (tj. nejsou zapojeny), zapojí se tyto nepoužité vstupy na logickou jedničku (tj. připojí se ke kladné svorce zdroje napětí U_{CC}) přes ochranný rezistor o odporu zhruba $1\ \mathrm{k\Omega}$ až $1{,}5\ \mathrm{k\Omega}$. Realizujeme tak vztah Booleovy algebry $a.1 = a$.

Tato situace může nastat tehdy, když potřebujeme pro určitou úlohu např. 5tivstupé hradlo NAND, které nemáme. Máme ale osmivstupé hradlo, které použijeme s tím, že tři nevyužité vstupy připojíme na logickou jedničku.

© Encyklopedie Fyziky (http://fyzika.jreichl.com); Jaroslav Reichl, Martin Všetička
Licence http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/ zakazuje úpravy a komerční distribuci.