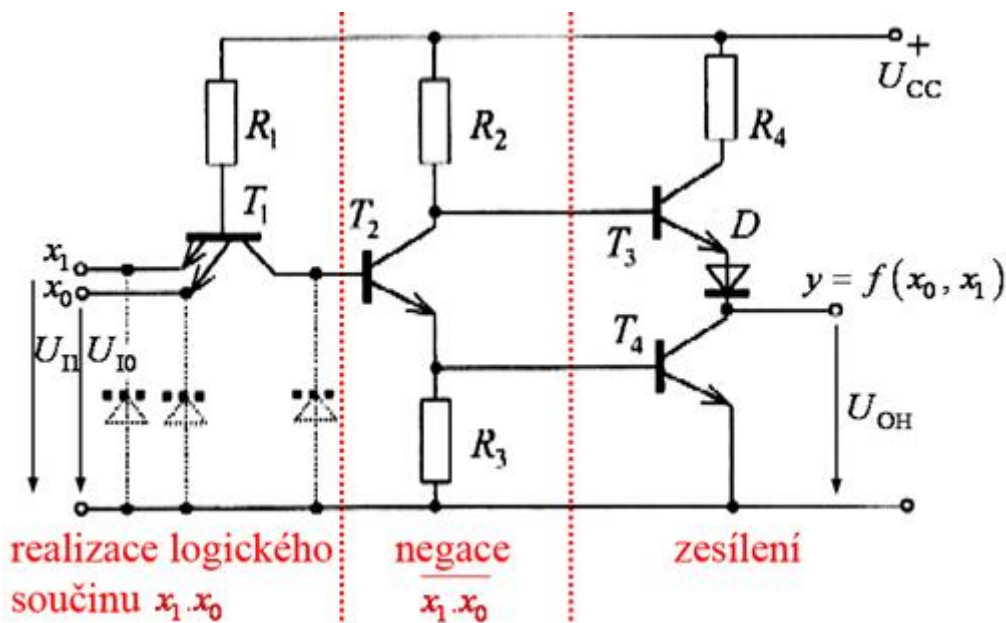


## Hradlo NAND

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  $R_1 = 4 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 1,6 \text{ k}\Omega$ ,  $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$  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 zemním 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

$$U_{OH} = U_{CC} - U_{s3} - U_D - I_{OH}R_4, \quad (5)$$

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

$$I_{OH} = \frac{U_{OH}}{R_x}, \quad (6)$$

kde  $R_x$  je odpor zátěže, je možné pro napětí  $U_{OH}$  definované vztahem (4) postupně psát:

$$U_{OH} = U_{CC} - U_{s3} - U_D - I_{OH}R_4 = U_{CC} - U_{s3} - U_D - \frac{U_{OH}}{R_x} R_4, \text{ odkud } U_{OH} \left( 1 + \frac{R_4}{R_x} \right) = U_{CC} - U_{s3} - U_D. \text{ Dostáváme tedy}$$

$$U_{OH} = \frac{U_{CC} - U_{s3} - U_D}{1 + \frac{R_4}{R_x}} \quad (7)$$

Pro hodnoty  $U_{CC} = 5 \text{ V}$  a  $R_x = 1 \text{ k}\Omega$  je podle vztahu (6)  $U_{OH} = 3,72 \text{ V}$ . 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.

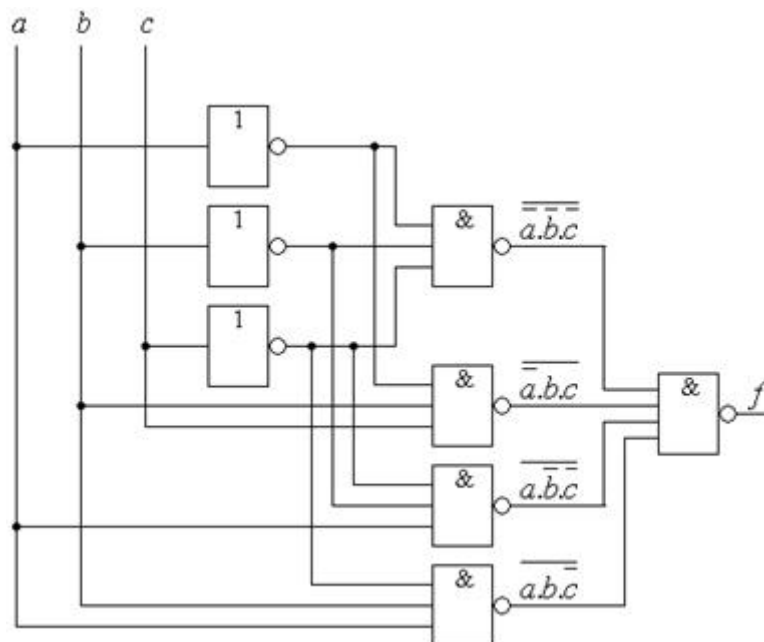
Přivedeme-li na oba vstupy  $x_0$  a  $x_1$  napětí vyšší než 2 V (tj. budou ve stavu logická jednička), bázový proud tranzistoru  $T_1$  bude procházet přes kolektorový přechod na bázi tranzistoru  $T_2$  a tranzistor  $T_2$  se proto otevře. Napětí na bázi tranzistoru  $T_4$  dosáhne hodnoty, při níž 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):  $f = \bar{a}\bar{b}\bar{c} + \bar{a}bc + a\bar{b}\bar{c} + abc$ . Ten lze přepsat tak, aby bylo možné tuto funkci realizovat pomocí hradel NAND:  $f = \bar{a}\bar{b}\bar{c} + \bar{a}bc + a\bar{b}\bar{c} + abc = \overline{\overline{\bar{a}\bar{b}\bar{c}} + \overline{\bar{a}bc} + \overline{a\bar{b}\bar{c}} + \overline{abc}} = \overline{\overline{\bar{a}\bar{b}\bar{c}} \cdot \overline{\bar{a}bc} \cdot \overline{a\bar{b}\bar{c}} \cdot \overline{abc}}$  (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  $1\text{ k}\Omega$  až  $1,5\text{ k}\Omega$ . Realizujeme tak vztah Booleovy algebry  $a.1 = a$ .

Tato situace může nastat tehdy, když potřebujeme pro určitou úlohu např. 5tívstupé 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 Všeticka**

Licence <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/> zakazuje úpravy a komerční distribuci.