

Zadání virtuální laboratoře č. 5

IO 7400 s logickými hradly v TTL a jejich vybrané aplikace

Cíle: Seznámit se s integrovaným obvodem (IO) 7400 s logickými hradly v technologii TTL, prakticky si ověřit význam pojmů logická úroveň (log. 0, log. 1) na vstupech/výstupech hradel, činnost hradel a využít hradla ke konstrukci základních číslicových obvodů.

Motivace

Na základě sady experimentů lépe porozumíte pojmům integrovaný obvod, logická úroveň na v(ý)stupu hradla v dané technologii; pomocí daných hradel budete schopni zkonstruovat základní číslicové obvody a porozumět principu jejich činnosti.

Výstup a jeho hodnocení

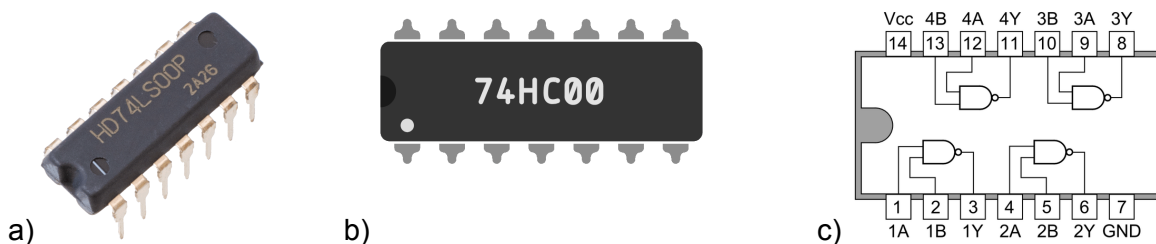
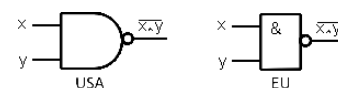
Vzhledem k omezení prezenční výuky budete odevzdávat stručnou **zprávu ve formátu PDF** s názvem `xlogin00_lab5.pdf` (kde `xlogin00` je váš login do počítačové sítě na FIT) do informačního systému do termínu **Laboratoře**. Zpráva by měla obsahovat všechny informace požadované v postupu samostatné činnosti.

Odevzdávaná zpráva musí být vypracována v originálním provedení (odevzdání téže zprávy různými osobami je nepřipustné; spolupracujete-li na řešení laboratoře s někým jiným, zprávu vypracujte samostatně!), **musí obsahovat** hlavičku (jméno, příjmení, login, skupina), odpovědi na označené úkoly¹ a screenshot dokumentující zapojení a odpověď ke každému úkolu. Zprávu bude hodnotit váš vedoucí.


Vývojové prostředí

Ve virtuální laboratoři budeme používat prostředí Tinkercad. Na serveru YouTube² máte krátkou ukázkou práce v tomto prostředí. URL a uživatelské jméno pro připojení ke třídě. Po přihlášení pomocí URL třídy a uživatelského jména, které najdete v informačním systému, si stáhněte kopii zadání³. Na vašem "virtuálním stole" naleznete následující komponenty:

- **nepájivé pole** (k propojování obvodových prvků použijte toto pole),
- **IO 7400** (74HC00 v TinkerCAD) s 4x 2-vstupové NAND hradlo,
- **rezistory** a **kondenzátory** o hodnotách veličin dle příslušných schémat (viz dále v zadání),
- **svítivé polovodičové diody** (LED), **přepínač** (posuvný spínač v TinkerCAD), **tlačítko**,
- **zdroj napětí**: 1x napájecí zdroj (ss./= 5 V),
- **měřicí přístroje** (funkce a počet dle potřeby měřicí úlohy): multimetr, osciloskop.



Obr. 1: Integrovaný obvod (IO) 7400 - a) reálné pouzdro, b) pouzdro v TinkerCAD, c) pouzdro s významem vývodů a vnitřní strukturou

¹  značí úkol, jehož výsledek je očekáván v odevzdávané zprávě

² <https://www.youtube.com/watch?v=bwusm5hsrnE>

³ <https://www.tinkercad.com/things/0ilPUVQAJEU>

Vstupy		Výstup	Napěťové úrovně pro log.0/1 na v(ý)stupech TTL logických hradel
x	y	$\overline{x \wedge y}$	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div> <p>Acceptable TTL gate input signal levels</p> </div> <div> <p>Acceptable TTL gate output signal levels</p> </div> </div>
log.0	log.0	log.1	
log.0	log.1	log.1	
log.1	log.0	log.1	
log.1	log.1	log.0	

Tab. 1: Chování/vlastnosti 2-vstupového TTL NAND hradla z IO 7400; vlevo: pravdivostní tabulka hradla, vpravo: vztah logických a napěťových úrovní na v(ý)stupech hradla

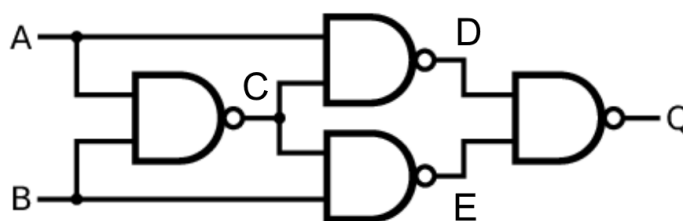
Experimenty

Experiment 1 - seznámení se s IO 7400

- Prostudujte rozmístění vývodů IO (viz Obr. 1c) a připojte IO k napájecímu napětí, tj. 0 V na 7. vývod IO (GND) a +5 V na 14. vývod IO (Vcc). *Pozn.: pro správnou činnost hradel je nutné, aby mezi Vcc a GND bylo přiloženo správné napájecí napětí! Zadání toto ale již dále nepřipomíná.*
- Zvolte si hradlo z IO 7400. Přiložením vhodných napětí na vstupy (A, B dle obr. 1c) hradla a sledováním napětí mezi jeho výstupem (Y dle obr. 1c) a GND ověřte, zda hradlo splňuje chování/vlastnosti z Tab. 1; závěr ověření doložte tabulkou shrnující výše zmíněná napětí.

Experiment 2 - analýza funkce logického obvodu

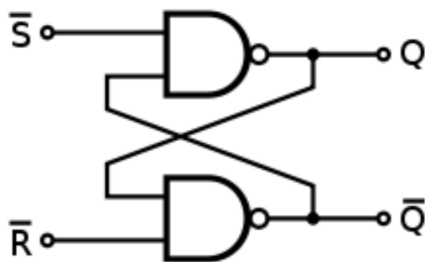
- Pomocí hradel z IO 7400 zapojte logický obvod z Obr. 2; obvod má vstupy A, B a výstup Q.
- Na vstupy A, B obvodu přikládejte postupně kombinace vstupních logických hodnot a pro každou kombinaci A, B zaznamenejte logické hodnoty na vývodech C, D, E a Q; závislost logických hodnot na A, B a C, D, E, Q vyjádřete formou pravdivostní tabulky.
- Na základě dat v tabulce identifikujte logickou funkci, kterou obvod realizuje (počítá).
- Nepovinné:** uveďte a zdůvodněte, zda se jedná o kombinační či sekvenční logický obvod a uveďte některou z jeho typických aplikací.



Obr. 2: Logický obvod (vstupy A, B, výstup Q) sestavený z NAND hradel

Experiment 3 - klopný obvod RS


- Pomocí hradel z IO 7400 zapojte logický obvod z Obr. 3; obvod má vstupy S', R' a výstupy Q, Q', přičemž hodnota vnitřního stavu obvodu se shoduje s hodnotou na výstupu Q.
- Na vstupy obvodu přikládejte postupně kombinace vstupních logických hodnot tak, abyste mohli doplnit prázdné buňky v tabulce z pravé části Obr. 3; doplněnou tabulku přiložte do zprávy a s její pomocí uveďte a zdůvodněte, zda tento obvod má paměťovou schopnost či nikoliv.
Tip: logické hodnoty na vstupech můžete měnit pomocí přepínače; ke každému z výstupů si můžete přidat svítivou diodu (LED) v sérii s odporem, aby LED svítila při log. 1 na výstupu.
- Nepovinné:** uveďte a zdůvodněte, proč je tento logický obvod označován za bistabilní, zda se jedná o kombinační či sekvenční obvod a uveďte některou z jeho typických aplikací.

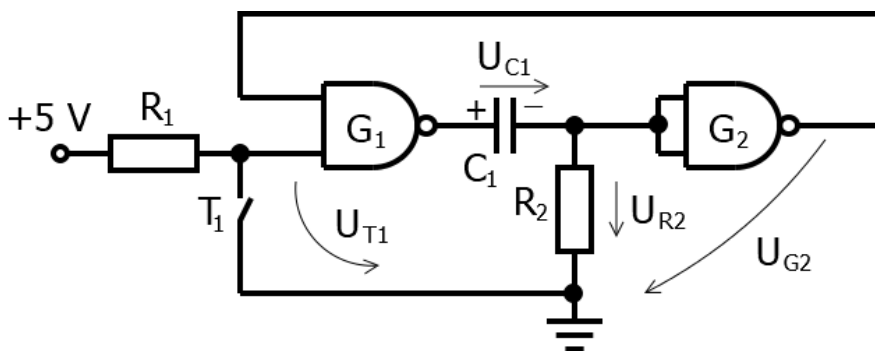


vstupy		výstupy/stav		komentář
\bar{S}	\bar{R}	Q_t	Q_{t+1}	
[logická hodnota]			[V]	
0	0	X		"nedovolený stav" (neplatí $\bar{Q} = \text{not } Q$)
0	1	X		set=nastav (stav do log. 1)
1	0	X		reset=nuluj (stav do log. 0)
1	1	0		zachovej stav
1	1	1		

Obr. 3: Bistabilní klopný obvod RS sestavený z NAND hradel; vlevo: schéma zapojení, vpravo: pravdivostní tabulka (X představuje libovolnou logickou hodnotu)

Experiment 4 - monostabilní klopný obvod

1. Pomocí hradel z IO 7400 zapojte logický obvod z Obr. 4. Jako výchozí hodnoty součástek použijte $R_1 = R_2 = 1 \text{ k}\Omega$, $C = 220 \text{ }\mu\text{F}$. Chování obvodu se odvíjí od stavu/polohy (sepnuto/rozepnuto) tlačítka T_1 ; výchozím (stabilním) stavem T_1 je stav rozepnuto.
2.  Pro každý ze stavů tlačítka vytvořte graf zobrazující souběžné průběhy napětí U_{T1} , U_{C1} , U_{R2} , U_{G2} a na základě grafů objasněte děje, které se v obvodu odehrávají; zejména vysvětlete vliv T_1 na průběh U_{G2} .
3. **Nepovinné:** uveďte a zdůvodněte, proč je tento obvod označován za monostabilní, zda a jak by šlo ovlivnit chování U_{G2} a uveďte některou z typických aplikací tohoto obvodu.



Obr. 4: Monostabilní klopný obvod založený na NAND hradlech

Shrnutí, vyhodnocení a interpretace výsledků

Předpokladem správné funkce logických hradel z IO je připojení IO na napájecí napětí. Logická 0 resp. 1 na v(ý)stupech logického obvodu (např. hradla) představuje napětí z určitého rozsahu; napětí mimo tento rozsah může vést k nestabilitě chování logického obvodu a jeho neschopnosti plnit očekávanou funkci. Výstup některých (tzv. kombinačních) logických obvodů závisí pouze na aktuálních logických hodnotách na jejich vstupech. Existují však také (tzv. sekvenční) logické obvody, jejichž výstup obecně závisí i na logických hodnotách, které se na jejich vstupech objevily dříve; takové obvody mají paměťovou schopnost - některé z nich trvalou, jiné dočasnou.

Zamyšlení na závěr

Některé ze zkoumaných obvodů by bylo možno využít pro porovnání dvou logických hodnot či jejich aritmetický součet (korektní pouze za určitých podmínek) v rámci aritmeticko-logické jednotky (ALU) v procesoru (CPU), jiné zase k ošetření zámků od mechanického tlačítka, uložení jednobitové informace ve statické paměti RAM (např. cache), konstrukci registrů, čítačů či k odměřování času za účelem načasování příslušné události/akce; zkuste zkoumané obvody klasifikovat z hlediska jejich použití ve zmíněných aplikacích, popř. nalézt aplikace další. *Případné otázky z tohoto odstavce jsou řečnické a odpovědi na ně není třeba uvádět do zprávy.*