



Protokol z měření č. 1: Měření základních vlastností číslicových obvodů

Jména: Švancar David, Votýpka Daniel

Obor: Informační technologie, FM TUL

Předmět: Číslicová technika

Datum měření: 12. 2. 2026

Úvod

Cílem tohoto laboratorního cvičení je seznámení se základními vlastnostmi číslicových obvodů rodiny TTL. Měření je zaměřeno na stanovení reálných napěťových úrovní logické nuly a jedničky, ověření pravdivostních tabulek hradel NOT a NAND a analýzu přechodových i časových charakteristik. V závěrečné části je zkoumáno zpoždění signálu na hradle pomocí kruhového oscilátoru.

Praktická část

1. Napěťové úrovně logické 0 a 1

Popis měření: Cílem úlohy bylo stanovit reálné hodnoty výstupního napětí pro oba logické stavy u modulu Domino Selector. Modul byl připojen do rozvodného rámu ke zdroji 5 V a společné zemi (GND). Multimetr byl přepnut do režimu měření stejnosměrného napětí. Vstup COM multimetru byl propojen se zdírkou GND a měřicí sonda byla připojena na výstup modulu Selector. Funkce byla ověřena pomocí vestavěných LED diod (zelená pro log. 0, červená pro log. 1) a následně byly odečteny hodnoty napětí pro oba stavy.

Seznam měřících zařízení a pomůcek: Domino Selector, multimetr.

Naměřené hodnoty:

Stav	Logická 0	Logická 1
Napětí [V]	0,1457	3,9503

2. Pravdivostní tabulka invertoru 7404 a hradla NAND 7410

Popis měření: V této úloze jsme ověřovali logické funkce základních hradel. Moduly invertoru (7404) a hradla NAND (7410) byly postupně zapojeny do rozvodného rámu Domino. Jako zdroj vstupních signálů (logická 0 a 1) sloužil modul Domino Selector a k indikaci stavu výstupního signálu byl použit modul Domino Probe. U hradla NAND 7410 jsme postupně vyzkoušeli všechny kombinace vstupních stavů a zaznamenali odpovídající výstupy do tabulky.

Seznam měřících zařízení a pomůcek: Domino Selector, Domino Invertor, Domino Probe.

Schéma obvodu:

Invertor: **Selector (A) → 7404 → Probe (Y)**

NAND: **Selector (A, B, C) → 7410 → Probe (Y)**

Naměřené hodnoty:

- **Pravdivostní tabulka – Invertor 7404**

A	Y
0	1
1	0

- **Pravdivostní tabulka – NAND 7410**

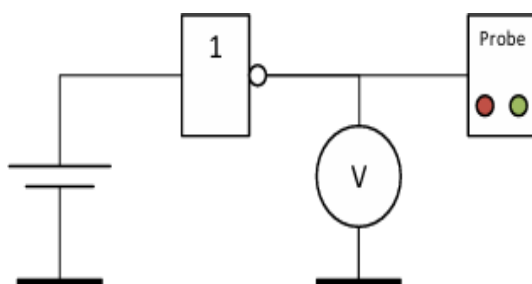
A	B	C	Y
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

3. Přebodová charakteristika invertoru 7404

Popis měření: Cílem bylo změřit závislost výstupního napětí na plynule se měnícím napětí vstupním. Regulovatelný laboratorní zdroj byl připojen na vstup invertoru a multimetr spolu s modulem Probe na jeho výstup. Napětí na zdroji bylo postupně zvyšováno od 0 V do 5 V v malých krocích. Zaznamenávali jsme dvojice hodnot (vstupní/výstupní napětí) a sledovali indikaci modulu Probe v oblasti rozhodovací úrovně.

Seznam měřicích zařízení a pomůcek: Laboratorní zdroj, invertor, probe, multimetr.

Schéma obvodu:

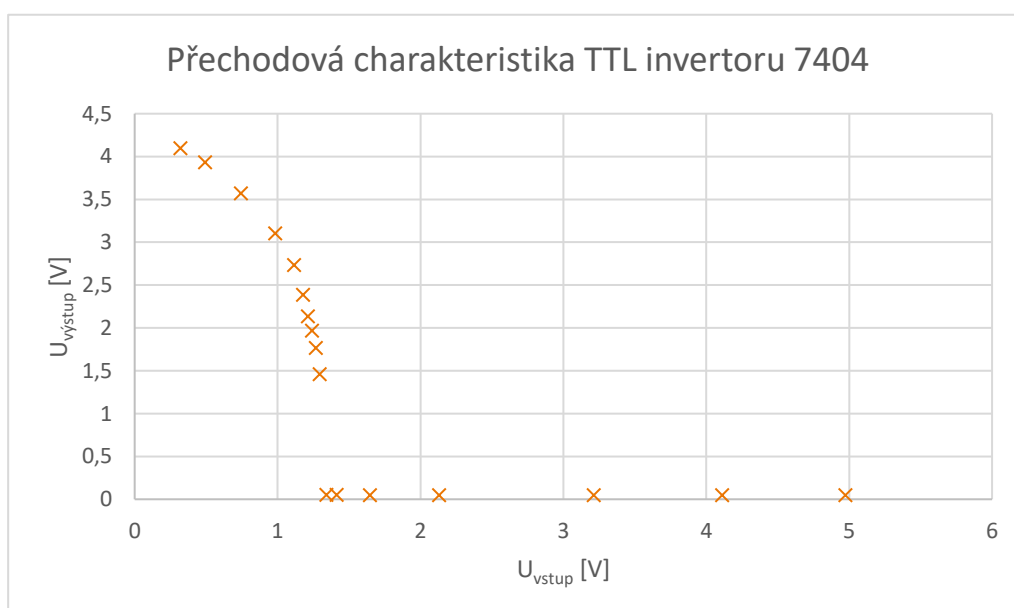


Naměřené hodnoty:

Vstup [V]	0,321	0,492	0,744	0,983	1,115	1,178	1,214	1,242	1,268
Výstup [V]	4,095	3,931	3,568	3,104	2,731	2,385	2,132	1,967	1,764

Vstup [V]	1,295	1,342	1,415	1,648	2,132	3,214	4,112	4,975
Výstup [V]	1,458	0,052	0,049	0,048	0,047	0,047	0,046	0,046

Graf:



4. Charakteristika hodinového signálu

Popis měření: V této úloze jsme pomocí osciloskopu analyzovali parametry obdélníkového hodinového signálu. Sonda osciloskopu byla připojena na výstup hodinového signálu a po provedení automatického nastavení (Autoset) jsme v menu Measure odečetli periodu a amplitudu signálu. Následně jsme změnili časovou základnu na nejnižší rozlišení pro detailní prozkoumání tvaru náběžné hrany.

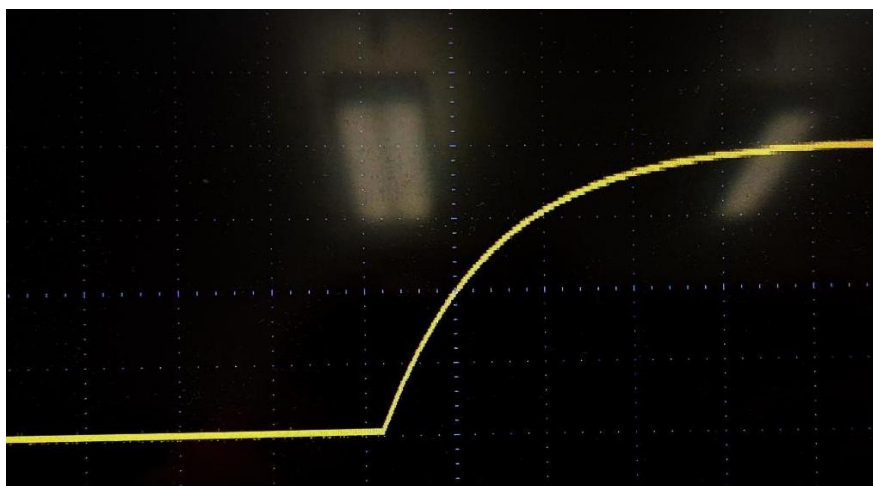
Seznam měřících zařízení a pomůcek:

- Osciloskop

Naměřené hodnoty:

Napětí hodinového signálu (U_{max}):	2,145 V
Perioda hodinového signálu (T):	1,024 ms
Frekvence (vypočtená):	$f = \frac{1}{T} \approx 976,563 \text{ Hz}$

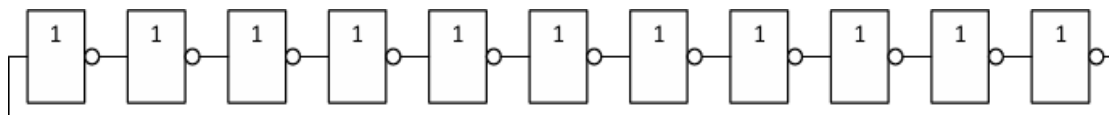
Graf:



5. Kruhové oscilátory

Popis měření: Z jedenácti invertorů obvodu 7404 byl sestaven řetězec se zpětnou vazbou tvořící kruhový oscilátor. Sonda osciloskopu byla připojena na konec řetězce. Cílem bylo změřit periodu kmitů a z naměřených hodnot vypočítat průměrné zpoždění signálu na jednom hradle. Srovnávali jsme také parametry signálu na různých místech řetězce.

Schéma obvodu:

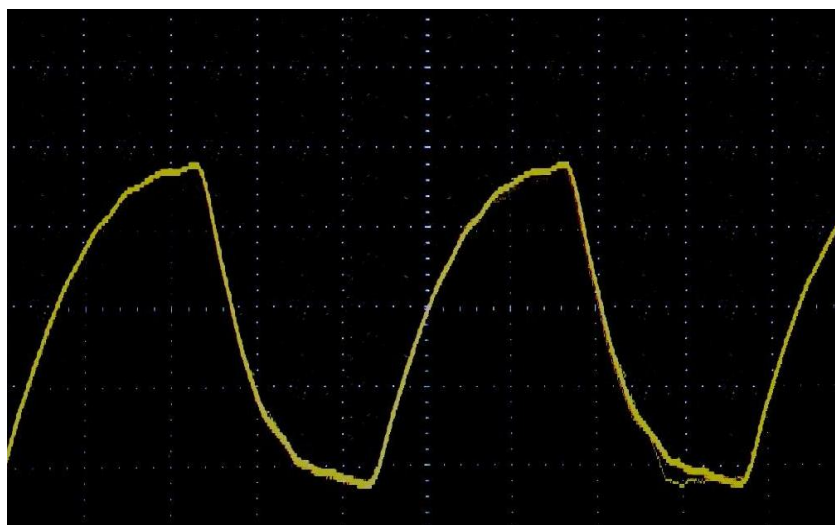


Seznam měřicích zařízení a pomůcek: Osciloskop, Domino Invertor

Naměřené hodnoty:

Počet hradel (n):	11
Perioda výstupního signálu (T):	226,450 ns
Frekvence (vypočtená):	$f = \frac{1}{T} \approx 4,416 \text{ MHz}$

Graf:



Otázky

- Zjistěte vztah pro výpočet frekvence kruhového oscilátoru složeného z invertorů se zpožděním τ . Ze vztahu vyjádřete τ a dosadte frekvenci oscilátoru. Jaké je zpoždění na jednom hradle?
 - Frekvence kruhového oscilátoru s lichým počtem hradel (n) je dána vztahem:

$$f = \frac{1}{2 \cdot n \cdot \tau}$$
 - Pro zpoždění jednoho hradla τ ze vztahu vyjádříme:

$$\tau = \frac{1}{2 \cdot n \cdot f} = \frac{T}{2 \cdot n}$$
 - Dosazení: $\tau = \frac{226,450 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 11} \approx 10,293 \text{ ns}$

- V jakých parametrech se liší signál na výstupech jednotlivých hradel, např. mezi prvním, prostředním a posledním?
 - Fázový posuv: Mezi sousedními hradly je signál fázově posunut o hodnotu zpoždění τ .
 - Amplituda a tvar: Signál na prvních hradlech řetězce vykazuje mírně vyšší amplitudu a ostřejší hrany. Na posledním (11.) hradle je amplituda mírně nižší (cca o 0,3 V až 0,4 V) vlivem kumulativního zkreslení a parazitních kapacit celého řetězce.
- Najděte katalogový list použitého obvodu. Jakou výrobní technologií je vyroben?
 - Použitý obvod 7404 (šestice invertorů) je vyroben bipolární technologií TTL (Transistor-Transistor Logic).
 - Konkrétně se jedná o standardní řadu (nebo LS – Low-power Schottky), která je charakteristická svým typickým zpožděním v řádu jednotek až desítek nanosekund.
 - Katalogový list: <https://www.teslakatalog.cz/MH7404.html>

Závěr

Během laboratorního měření byly úspěšně ověřeny statické i dynamické vlastnosti základních číslicových obvodů rodiny TTL na stavebnici Domino. Naměřené hodnoty $U_0 = 0,1457 \text{ V}$ a $U_1 = 3,9503 \text{ V}$ potvrdily, že reálné napěťové úrovně logických stavů se liší od ideálních hodnot, ale bezpečně spadají do definovaných mezí pro technologii TTL. Pravdivostní tabulky hradel NOT (7404) a NAND (7410) byly experimentálně ověřeny a plně odpovídají teoretickým předpokladům. Přechodová charakteristika invertoru odhalila existenci neurčité oblasti (pásma cca 1,27 V až 1,34 V), ve které dochází k nestabilitě a oscilacím, přičemž samotný zlom charakteristiky není ideálně lineární. Analýza hodinového signálu na osciloskopu ukázala, že náběžná hrana reálného impulsu má exponenciální charakter vlivem parazitních vlastností obvodu. Pomocí jedenáctičlenného kruhového oscilátoru bylo stanoveno průměrné zpoždění jednoho hradla na $\tau \approx 10,293 \text{ ns}$. Tato hodnota odpovídá katalogovým údajům pro bipolární technologii. Měření splnilo všechny stanovené cíle a poskytlo praktický vhled do chování reálných číslicových prvků.