

Západočeská univerzita v Plzni

FAKULTA PEDAGOGICKÁ

KATEDRA VÝPOČETNÍ A DIDAKTICKÉ TECHNIKY

Komponenty pro e-kurz Příklady TCHP1

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Martin Zeman

*B1001 Přírodovědná studia, obor Informatika se zaměřením na vzdělávání
léta studia (2011 - 2014)*

Vedoucí práce: *Ing. Petr Michalík, Ph.D.*

Plzeň, 8. dubna 2014

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

Plzeň, 8. dubna 2014

.....
vlastnoruční podpis

Velice rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Petru Michalíkovi, Ph.D. za jeho odbornou pomoc a cenné rady, které mi udělil při zpracování této práce. Dále bych rád poděkoval své rodině, která mi byla během celého mého studia velikou oporou.

Děkuji vám.

OBSAH

1	ÚVOD	1
2	PROSTŘEDKY POUŽITÉ PRO TVORBU KOMPONENT	2
2.1	MULTISIM	2
2.1.1	Shrnutí práce v Multisimu	3
2.2	MACROMEDIA CAPTIVATE	4
2.2.1	Shrnutí práce v Adobe Captivate	5
2.3	PROAUTHOR	5
3	VYBRANÁ ZAPOJENÍ K ANIMACI	7
3.1	SIMULAČNÍ MODEL BINÁRNÍ SČÍTAČKY A ODČÍTAČKY	7
3.1.1	Zadání	7
3.1.2	Teoretický úvod	7
3.1.3	Vypracování výukového simulačního modelu binární sčítačky	8
3.1.4	Výsledky simulace	10
3.1.5	Sada otázek pro autotest	10
3.2	D/A PŘEVODNÍKY	13
3.2.1	Popis D/A převodníků	13
3.2.2	Zadání	13
3.2.3	Teoretický úvod	13
3.2.4	Vypracování výukového simulačního modelu převodníku s odporovou sítí	14
3.2.5	Vypracování výukového simulačního modelu R- 2R	14
3.2.6	Výsledky simulace	15
3.2.7	Sada otázek pro autotest	16
3.3	SIMULAČNÍ MODEL A/D PŘEVODNÍK INTEGRAČNÍHO TYPU	19
3.3.1	Popis A/D převodníků	19
3.3.2	Zadání	19
3.3.3	Teoretický úvod	19
3.3.4	Vypracování výukového simulačního modelu integračního převodníku	20
3.3.5	Výsledky simulace	21
3.3.6	Sada otázek pro autotest	22
3.4	SIMULAČNÍ MODEL A/D PARALELNÍHO PŘEVODNÍKU	24
3.4.1	Zadání	24
3.4.2	Teoretický úvod	24
3.4.3	Vypracování výukového simulačního modelu paralelního převodníku	24
3.4.4	Výsledky simulace	26
3.4.5	Sada otázek pro autotest	26
3.5	SIMULAČNÍ MODEL A/D SLEDOVACÍHO PŘEVODNÍKU	29
3.5.1	Zadání	29
3.5.2	Teoretický úvod	29
3.5.3	Vypracování výukového simulačního modelu sledovacího převodníku	29
3.5.4	Výsledky simulace	30
3.5.5	Sada otázek pro autotest	31
3.6	SIMULAČNÍ MODEL ČÍTAČE SE ZKRÁCENÝM CYKLEM	33
3.6.1	Zadání	33
3.6.2	Teoretický úvod	33
3.6.3	Vypracování výukového simulačního modelu čítače modulo m	33
3.6.4	Výsledky simulace	34

3.6.5	Sada otázek pro autotest.....	35
3.7	SIMULAČNÍ MODEL BINÁRNÍ NÁSOBIČKY	37
3.7.1	Zadání	37
3.7.2	Teoretický úvod	37
3.7.3	Vypracování výukového simulačního modelu binární násobičky	38
3.7.4	Výsledky simulace.....	39
3.7.5	Sada otázek pro autotest.....	39
3.8	SIMULAČNÍ MODEL ČÍSLICOVÝ KOMPARÁTOR	42
3.8.1	Zadání	42
3.8.2	Teoretický úvod	42
3.8.3	Vypracování výukového simulačního modelu komparátor 2 datová slova.....	42
3.8.4	Vypracování výukového simulačního modelu komparátor 3 datová slova.....	43
3.8.5	Výsledky simulace.....	44
3.8.6	Sada otázek pro autotest.....	45
4	ZÁVĚR.....	48
5	RESUMÉ.....	49
6	SEZNAM LITERATURY A OSTATNÍCH ZDROJŮ	50
7	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK.....	51
8	PŘÍLOHY.....	I

1 ÚVOD

Jako téma své bakalářské práce jsem si vybral Komponenty pro e-kurz Technika počítačů 1 (TCHP1). Cílem této bakalářské práce je vytvořit kvalitní a jasně srozumitelné animace, cvičení a autotesty, které budou zaměřeny na vybrané typy simulačních modelů. Všechny modely vychází z látky probírané v předmětu TCHP1. Dále bude ve výsledku má bakalářská práce obsahovat komponenty simulačních modelů zapojených v programu MultiSIM. Věřím, že mnou vytvořené komponenty pomohou studentům lépe a rychleji pochopit principy a činnosti jednotlivých obvodů.

Zapojení obvodů budu provádět v programu MultiSIM 10. Novější verzi programu jsem nevolil záměrně, neboť jsem chtěl, aby bylo sjednocené prostředí, které mají studenti ve škole s tím, ve kterém jsem vytvářel obvody já. Výsledné animace budou realizovány pomocí programu Adobe Captivate, jenž je skvělý pomocník při snímání dění na obrazovce. Tento program kromě pouhého snímání obrazovky umožňuje pokročilé funkce. Především budu při animacích využívat popisků, které vysvětlují dění na obrazovce. V poslední fázi použiji program ProAuthor, tento program jsem si vybral hlavně proto, abych se držel zvyklostí při vytváření elektronických kurzů na Katedře výpočetní a didaktické techniky FPE ZČU.

Věřím, že toto téma mé bakalářské práce je velice zajímavé a doufám, že během jeho zpracování zjistím mnoho nových, přínosných a prohlubujících informací. Při tvorbě bakalářské práce budu využívat mnoho informačních zdrojů, které mi pomohou se co nejlépe zhostit úkolu, kterým je úspěšné napsání bakalářské práce.

2 PROSTŘEDKY POUŽITÉ PRO TVORBU KOMPONENT

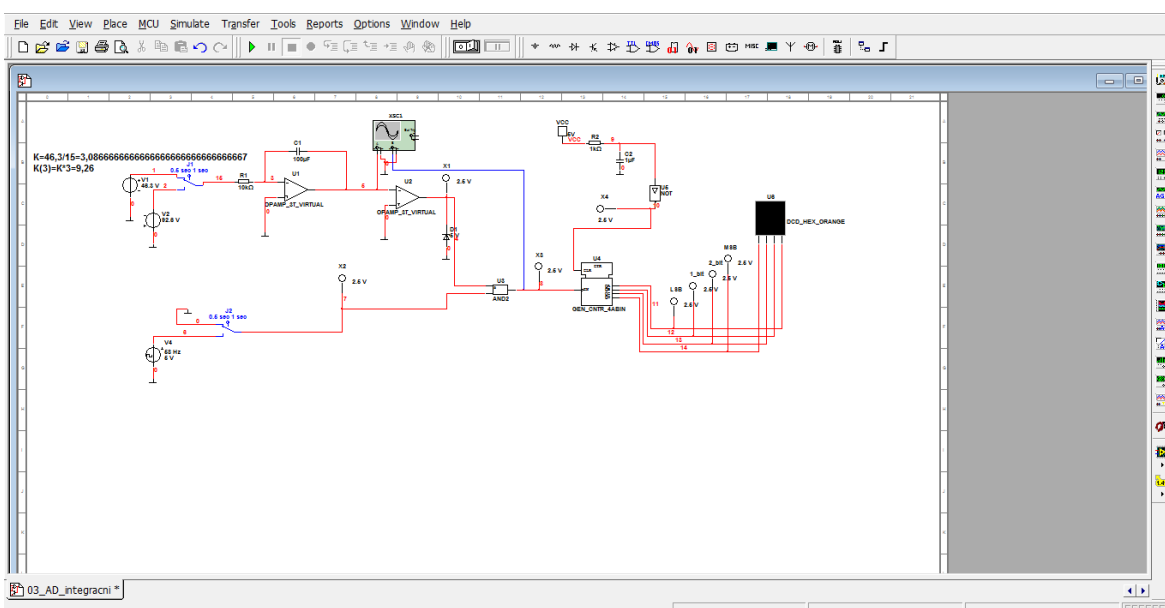
Kapitola obsahuje základní informace a postupy práce v programech, které jsem použil během psaní své bakalářské práce. Jedná se o program Multisim, který se používá k analýze a simulaci elektronických obvodů. Dále program Adobe Captivate, díky kterému jsem mohl nasnímat dění na obrazovce. A poslední program, který jsem při práci využil je autorský systém Proauthor.

2.1 MULTISIM

Program Multisim obsahuje mnoho součástek členěných do skupin. Členění zajišťuje uživateli přehled a jednoduché vyhledávání konkrétních součástek. Součástky jsou dále rozděleny na virtuální a reálné. U reálných součástek jsou přesně definované katalogové parametry, zatímco u virtuálních součástek můžeme jejich parametry měnit.

(1)

Pracovní prostředí programu Multisim zachycuje následující obrázek:



Obrázek 1 - prostředí programu Multisim

Dále program obsahuje i měřící přístroje, které se zapojují přímo do obvodu. Přístroje se svým vzhledem a možnostmi nastavení velmi přibližují reálným přístrojům. Po spuštění simulace jsou vidět průběhy veličin přehledně v grafické podobě. Výhoda oproti reálným podmínkám je v tom, že nejsme omezeni počtem měřících přístrojů, protože počet přístrojů není v programu omezen. Dále nám program umožňuje vytvářet vlastní pod-obvody (sub-circuit), které jsou vhodné zejména pro obsáhlejší zapojení. (3)

Před začátkem zapojování bylo potřeba provést drobné změny nastavení. Nastavení je opět voleno tak, aby odpovídalo zvyklostem z e-kurzu analogových prvků a systémů. Jednalo se o zvýšení maximální velikosti souboru, toto nastavení bylo potřeba změnit, protože defaultně nastavená hodnota 1MB by pro mé složitější simulační modely nemusela být dostatečná. Dále bylo potřeba navýšit počet zapojených vývodů. Hodnota zapojených vývodů udává, kolik vývodů zůstane spojeno s vodiči při přesouvání součástek. Při dosažení hodnoty se zbylé vodiče odpojí, což by opět při práci nebylo žádoucí. Poslední mnou provedené nastavení byla změna vzhledu součástek. Standard jsem změnil z ANSI na DIN. Díky tomuto nastavení budou mít součástky vzhled, na který jsme zvyklí dle evropské normy. (1)

Ke vkládání součástek jsem používal seznam dostupných součástek. Seznam se nachází v menu Place → Component (pro urychlení práce lze využít klávesovou zkratku CTRL + W). Při hledání součástek jsem kombinoval možnost přímého vyhledávání a hledání ve skupinách. Po dohledání součástky jsem potvrdil její výběr klávesou Enter a vložil ji na pracovní plochu. Tímto způsobem jsem u každého cvičení naplnil pracovní plochu potřebnými komponentami. Se součástkami lze po celou dobu práce pohybovat a otáčet. V případě potřeby lze pomocí možnosti Replace vyměnit součástku za jinou. Při ověřování funkčnosti obvodu je potřeba mít zapnutý režim simulace. Simulaci lze pustit pouze, pokud je obvod uzemněn a obsahuje zdroj. Po spuštění simulace se na spodní liště rozběhne čas trvání simulace. Pokud by se vyskytl při spouštění simulace nějaký problém, nápověda programu vypíše konkrétní důvod. Tolik ke stručnému popisu práce v programu Multisim. Podrobnější popis programu není předmětem mé práce, proto pokud by čtenáře zajímal, jistě si najde mnoho publikací, které mu návod na práci v programu Multisim nabídnou.

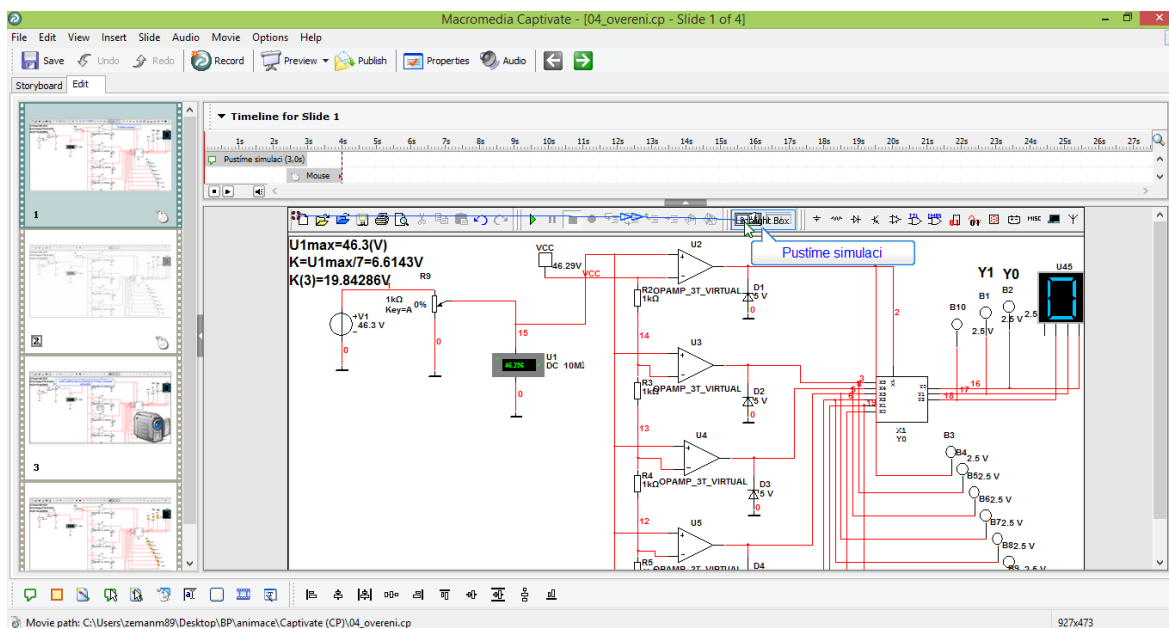
2.1.1 SHRNUÍ PRÁCE V MULTISIMU

Prostředí programu Multisim shledávám jako velmi kvalitní a uživatelsky příjemné. Ať už se jedná o intuitivní ovládání, nebo kvalitně zpracovanou nápovědu. Celkově probíhalo zapojování obvodů bez větších problémů. Pokud už se nějaký problém vyskytl, byl vždy na mé straně. I přes veškerou snahu o přehledné zapojení se bohužel někdy ve velkém množství vodičů a se snižující se koncentrací stalo, že jsem součástku nepropojil, popřípadě propojil na chybné místo.

2.2 MACROMEDIA CAPTIVATE

Pro tvorbu svých animací jsem si vybral program Captivate od společnosti Adobe. Jedná se o univerzální nástroj pro tvorbu interaktivních prezentací určených pro e-learning. Díky tomuto programu jsem mohl pohodlně snímat obrazovku a následně tento nahraný materiál upravovat. Úpravy byly zejména stříhání animací a přidávání popisků.

Pracovní prostředí programu Captivate zachycuje následující obrázek:



Obrázek 2 - prostředí programu Captivate

Jako nahrávací mód jsem zvolil základní demonstrační režim. Tento režim slouží pro zachycení postupů, u kterých nám stačí uživatelské (studentovo) pasivní sledování bez možnosti interakce. Program v tomto režimu doplňuje textové popisky, pohyby myši a zvýraznění místa kliku. Poté bylo potřeba nastavit jakou část obrazovky má program zachycovat, toto nastavení jsem volil individuálně ke každému cvičení. Vždy jsem se snažil, aby bylo zachyceno jen důležité dění, bez věcí které by mohly studenta rušit (spodní lišta se spuštěnými programy atp.). Po dokončení nahrávání jsem si celou mnou vytvořenou animaci prohlédl a doopravil ji. Především přidáním textových popisků, které vysvětlují dění na obrazovce. Výsledné animace jsem poté publikoval do SWF souboru. Soubor toho typu lze přehrát pomocí Adobe Flash Player, který je součástí i většiny webových prohlížečů. (9)

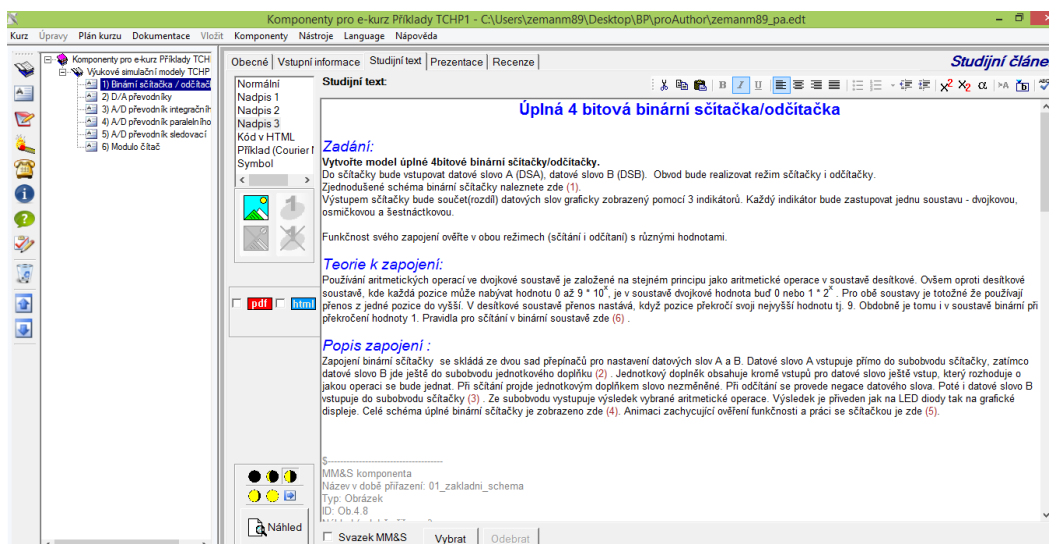
2.2.1 SHRNUTÍ PRÁCE V ADOBE CAPTIVATE

Práci v programu Adobe Captivate hodnotím kladně. Během vytváření animací jsem se nesetkal se závažnějším problémem, který by mi výrazně časově zpomalil. Drobnější problémy byli, když jsem během zachycování animací omylem kliknul na jinou možnost, než jsem chtěl nahrát.

2.3 PROAUTHOR

Pro konečné zaznamenání animací a cvičení jsem si vybral autorský program ProAuthor. Hlavním důvodem bylo, že již během studia na FPE jsem s tímto programem pracoval a tudíž ho dobře znal. Dalším důvodem bylo to, že vytváření e-kurzů právě v tomto programu patří mezi zvyklosti na Katedře výpočetní a didaktické techniky.

Pracovní prostředí programu Proauthor zachycuje následující obrázek:



Obrázek 3 - pracovní prostředí Proauthor

Simulační modely jsem rozdělil do kapitol podle názvu chronologicky tak, jak jsou zaneseny do harmonogramu předmětu TCHP1. Každá kapitola začíná zadáním, tedy tím co má být zapojeno, jak se má simulační model chovat, parametry součástek atd. Následuje cíl cvičení, tj. k čemu by se měl student dopracovat a popis jak má student ověřit, že jeho zapojení funguje tak, jak má. Dále je vysvětlen základní princip obvodu, a pokud je to třeba, tak i vypsány základní vztahy a vzorce. Vzorce jsou užitečné pro případ, kdy je v zadání zadána pouze část hodnot a zbytek má být dopočítán. Každá kapitola obsahuje také obrazovky sejmuté (print screen) z programu multisim.

Mezi obrázky je zahrnuto obvykle hotové schéma zapojení, na kterém je vidět jaké součástky jsou použity a jak jsou zapojeny. Dalšími obrázky jsou schémata subobvodů, nebo například hodnoty nastaveného operačního zesilovače.

3 VYBRANÁ ZAPOJENÍ K ANIMACI

Výběr úloh byl proveden po dohodě s vedoucím práce, který je zároveň garantem předmětu TCHP1. Všechny mnou vytvořené simulační modely vychází z harmonogramu cvičení předmětu TCHP1. Informace jsem čerpal převážně z e-kurzu předmětu ČPS (2) a dále pak z materiálů ke cvičení, které jsou dostupné na coursewaru předmětu TCHP1. Vstupní znalosti a dovednosti studenta nutné k pochopení fungování simulačních modelů vycházejí z absolvování kurzu Číslicové prvky a systémy a ovládání programu Multisim probírané v předmětu Analogové prvky a systémy.

3.1 SIMULAČNÍ MODEL BINÁRNÍ SČÍTAČKY A ODČÍTAČKY

3.1.1 ZADÁNÍ

Zadáním cvičení je vytvořit model úplné 4bitové binární sčítačky/odčítačky. Součet (rozdíl) bude graficky zobrazený pomocí indikátorů ve třech soustavách. Soustavy jsou dvojková, osmičková a šestnáctková.

3.1.2 TEORETICKÝ ÚVOD

Používání aritmetických operací ve dvojkové soustavě je založené na stejném principu jako aritmetické operace v soustavě desítkové. Pro obě soustavy je totožné, že používají přenos z jedné pozice do vyšší. V desítkové soustavě přenos nastává, když pozice překročí svoji nejvyšší hodnotu tj. 9. Obdobně je tomu i v soustavě binární při překročení hodnoty 1. Přenos i pravidla pro sčítání v binární soustavě je následující: (15)

Pravidla pro sčítání	
0 + 0	= 0
0 + 1	= 1
1 + 1	= 0 + přenos
0 + 1 + přenos	= 0 + přenos
1 + 1 + přenos	= 1 + přenos

Tabulka 1 - pravidla pro binární sčítání

Přenos do vyšších řádů					
	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰	
		1	0	1	
	+	0	1	1	
		1	1	1	Přenos
výsledek :	1	0	0	0	

Tabulka 2 - pravidla pro přenos

3.1.3 VYPRACOVÁNÍ VÝUKOVÉHO SIMULAČNÍHO MODELU BINÁRNÍ SČÍTAČKY

Zadání datových slov A a B jsem řešil pomocí přepínačů. Každý přepínač se může nacházet buď v poloze logická 0 (uzemnění) nebo logická 1 (zdroj napětí nastaven na hodnotu $\pm 5V$). Jelikož se jedná o 4 bitová datová slova, je potřeba čtyř přepínačů pro každé slovo.

První přepínač zleva reprezentuje LSB - bit s nejmenší vahou tj. 2^0 . Poslední přepínač zastupuje MSB – bit s největší vahou tj. v mém případě 2^3 . Na přepínání přepínačů jsem si nastavil klávesové ovládání. Možnost klávesového ovládání lze nalézt v nastavení přepínače, konkrétně Properties --> Value. Pro datové slovo A jsem vybral horizontální kombinaci kláves A – F a pro datové slovo B kombinace Y – V. Klávesové zkratky jsem použil, protože si myslím, že toto nastavení zrychlí a zefektivní práci s obvodem.

Hodnota, kterou nabývá datové slovo je dána součtem jednotlivých váhových bitů a to následujícím způsobem. Například pro datové slovo 5 je zápis:

2^3 (MSB)	2^2	2^1	2^0 (LSB)
0	1	0	1

Tabulka 3 - hodnota datového slova

Pro převod binárního čísla do desítkové soustavy se postupuje bit po bitu. První na řadě je LSB, jeho hodnota se opíše (v tomto případě logická 1) a vynásobí se vahou (2^0). Tento postup se použije pro všechny bity a výsledek se sečte: $1*2^0+0*2^1+1*2^2+0*2^3=5_{dec}$.

Aktuální hodnota datových slov se zobrazuje pomocí led diod a dále pomocí indikátorů (součástka digital hex display) pro zobrazení osmičkové a šestnáctkové soustavy.

Datové slovo A je přivedeno přímo do sčítačky, zatímco datové slovo B je přivedeno ještě do logického obvodu jednotkového doplňku (JD).

JD neguje vstup při odčítání a při sčítání datové slovo projde beze změny. O tom, jaká operace se bude provádět, rozhoduje vstup O/S. Tento vstup se nastavuje opět pomocí přepínače. Pro změnu matematických operací jsem nastavil klávesovou zkratku mezerník (SPACE).

Jak funguje jednotkový doplněk, lze demonstrovat například na čísle 6.

číslo 6	0110
negace	1001
+	1
JD	1010

Tabulka 4 - jednotkový doplněk

Jednotkový doplněk nyní reprezentuje číslo -6. Odčítání se provede přičtením jednotkového doplňku.

6	0110
+ (-6)	1010
0	1 0000

Tabulka 5 - binární odčítání

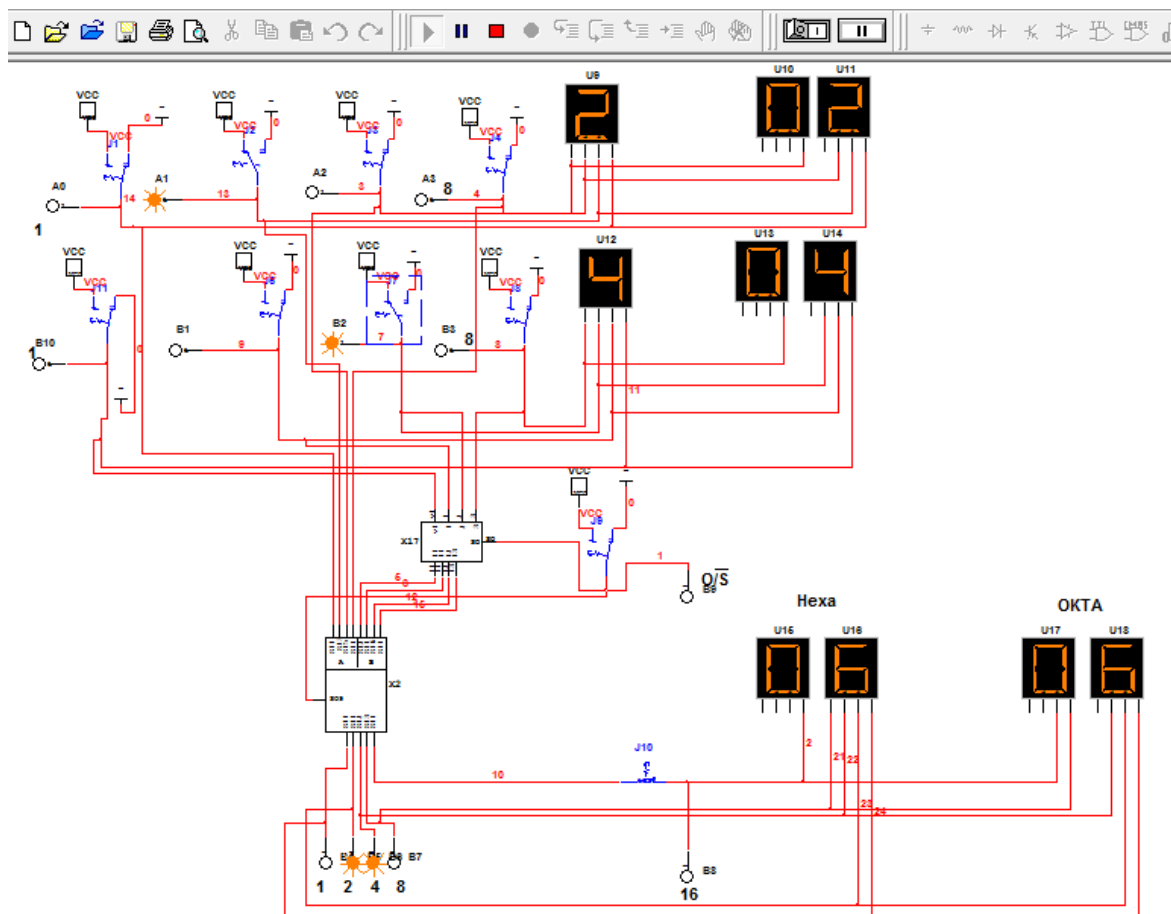
Výsledná hodnota po sečtení se rovná nule. V příkladu je naznačen přenos do vyššího bitu, ten se zanedbává, a proto je výsledek správný. Díky jednotkovému doplňku je možné změnit operaci odčítání na sčítání, a tudíž lze použít pro obě aritmetické operace sčítačku.

Následně obě datová slova vstupují do obvodu úplné čtyřbitové binární sčítačky. Tento obvod je složen z úplných jednobitových sčítaček zapojených do série. K vytvoření jednobitových sčítaček jsem použil součástku FULL_ADDER, tato součástka sčítá datová slova a zároveň umí pracovat s přenosem z nižšího řádu.

K tomu aby obvod fungoval tak jak má, jsem použil i pro výstup indikátory stavu (obdobné jako na začátku tj. LED diody a digitální indikátory). Funkčnost obvodu jsem ověřil pro obě operace na náhodných číslech. Ověřování je zachyceno v animaci ke cvičení.

3.1.4 VÝSLEDKY SIMULACE

Na obrázku je zachycen průběh ověřování funkčnosti zapojení úplné binární sčítačky/odčítačky.



Obrázek 4 - ověření binární sčítačky

Simulace je v běhu což zachycuje zmáčknuté tlačítko na horní liště. Datové slovo A je nastaveno na hodnotu 2, datové slovo B pak na hodnotu 4. Vstup O/S do sčítačky je nastaven na hodnotu log. 0, z toho důvodů sčítačka provádí aritmetickou operaci sčítání. Ve spodní části obrázku je poté již výsledek. Výstup ukazuje hodnotu 6, což je správný výsledek $2 + 4 = 6$. Na animaci je navíc ještě zachyceno odzkoušení odčítání na dvou náhodných hodnotách datových slov.

3.1.5 SADA OTÁZEK PRO AUTOTEST

Otázka číslo: 1

Které tvrzení platí o neúplné paralelní jednobitové sčítačce:

- a) neobsahuje vstup pro přenos z nižšího řádu

- b) obsahuje vstup pro přenos z nižšího řádu
- c) bity datových slov nepřicházejí na vstup zároveň

správná odpověď: a) neobsahuje vstup pro přenos z nižšího řádu

Otázka číslo: 2

Součet binárních čísel 101 + 011 je v dekadické soustavě:

- a) 8
- b) 12
- c) 32

správná odpověď: a) 8

Otázka číslo: 3

Pokud je hodnota odpovídající logické 1 větší než hodnota logické 0 jedná se o:

- a) pozitivní logiku
- b) negativní logiku
- c) synchronní logiku

správná odpověď: a) pozitivní logiku

Otázka číslo: 4

Které tvrzení není pravdivé:

- a) bit je nejmenší jednotka informace
- b) bit lze vyjádřit pomocí dvojkové číslice
- c) 8 bajtů je 1 bit

správná odpověď: c) 8 bajtů je 1 bit

Otázka číslo: 5

Tzv. první doplněk se získá:

- a) negací všech bitů binárního čísla
- b) přičtením 1 k binárnímu číslu

c) odečtením 1 od binárního čísla

správná odpověď: a) negací všech bitů binárního čísla

Otázka číslo: 6

Tzv. druhý doplněk se získá:

a) negací všech bitů binárního čísla

b) přičtením 1 k jednotkovému doplňku

c) odečtením 1 od jednotkového doplňku

správná odpověď: b) přičtením 1 k jednotkovému doplňku

Otázka číslo: 7

Princip činnosti binární odčítačky je založen na:

a) sčítání s dvojkovým doplňkem

b) sčítání s trojkovým doplňkem

c) sčítání s disjunktním doplňkem

správná odpověď: a) sčítání s dvojkovým doplňkem

Otázka číslo: 8

Součet čísel 6 + 12 je v binární soustavě:

a) 1011

b) 11010

c) 10010

správná odpověď: c) 10010

3.2 D/A PŘEVODNÍKY

3.2.1 POPIS D/A PŘEVODNÍKŮ

Převodníky se dělí na dvě skupiny – A/D a D/A. První písmeno označuje, jaký signál do převodníku vstupuje a druhé písmeno jaký signál je na výstupu převodníku. Pro A/D převodníky tedy platí, že převádějí datové slovo na analogové napětí. Analogové napětí nabývá pouze určitých diskrétních hodnot. Chyba způsobená diskrétními úrovněmi výstupního signálu se nazývá kvantizační chyba. Dalším parametrem převodníků je rozlišovací schopnost, která je dána počtem možných hodnot výstupního napětí. Hodnoty výstupního napětí je závislé na počtu bitů vstupujícího datového slova. Hodnoty lze vypočítat, pokud rozsah výstupního napětí vydělením číslem $2^n - 1$, proměnná n odpovídá počtu bitů vstupního slova. (2)

Příkladem pro převod může být, že výstup z počítače (digitální) je přiveden do D/A převodníku, zde se převede datové slovo na analogový signál a ten je poté přiveden na výstupní zařízení (např. monitor). (2)

Při D/A převodu se kóduje vstupní číslicový signál v binárním tvaru na počet váhových kvant, která se pak sčítají na výstupu převodníku. Kvanta mohou být proudová nebo napěťová. (4)

3.2.2 ZADÁNÍ

Úkolem tohoto cvičení je vytvořit dva simulační modely D/A převodníku. Konkrétně se jedná o převodník s váhovou strukturou odporové sítě a převodník s odporovou sítí R-2R. Část hodnot dostane student zadáno a část hodnot bude muset student dopočítat. V kurzu má student k dispozici všechny vzorce k tomu potřebné i vysvětlení co která veličina reprezentuje.

3.2.3 TEORETICKÝ ÚVOD

Převodník pracuje na principu analogového sumátoru. Analogový sumátor vznikne, pokud připojíme na vstup operačního zesilovače n rezistorů a do zpětné vazby připojíme rovněž rezistor. (4)

Tento převodník obsahuje referenční napětí $+U_{ref}$, ke kterému jsou připojeny rezistory. Hodnota rezistorů začíná na hodnotě $2^0 R$ a s každým dalším rezistorem se hodnota násobí dvěma. Poslední tzv. LSB (nejméně významový byt) má hodnotu $2^{n-1} R$.

Písmeno n odpovídá počtu bitů, které převodník převádí. V tomto případě se jedná o čtyřbitový převodník, tudíž LSB má hodnotu 2^3R .

3.2.4 VYPRACOVÁNÍ VÝUKOVÉHO SIMULAČNÍHO MODELU PŘEVODNÍKU S ODPOROVOU SÍTÍ

Na začátku jsem si připravil součástky: zdroj napětí, zem, přepínač, LED diodu a rezistor. Všechny součástky jsem spolu propojil, a jelikož se bude zadávat čtyřbitové slovo, mohl jsem si toto zapojení ještě 3x zkopírovat. Poté bylo potřeba nastavit hodnoty rezistorů. Horní rezistor (označení větve A3) reprezentuje MSB a má hodnotu $20R$ nejspodnější rezistor je LSB (označení větve A0). Vše je přivedeno na invertující vstup operačního zesilovače. Druhý vstup zesilovače je uzemněn. Za zesilovačem je připojený voltmetr s osciloskopem.

Ve cvičení je ještě za úkol ověřit kvantum. Kvantum je rozdíl velikostí napětí dvou sousedních datových slov. Kvantum se vyjadřuje v mV, jeho ověření je možné provést pomocí osciloskopu. Ovládací panel osciloskopu lze otevřít pomocí dvojkliku myši. Před začátkem simulace nastavím datové slovo (libovolné) a po spuštění simulace toto slovo změním na datové slovo sousední. Poté je nutné simulaci opět vypnout, abych zachytil změnu napětí a tím i průběh signálu. (2)

Nyní je nutné odečíst obě hodnoty. K tomu poslouží posuvná měřítka v levé části ovládacího panelu osciloskopu. Jedno měřítko nastavím na hodnotu původního datového slova a druhé posunu na změnu datového slova sousedního. Ve spodní části panelu vidím obě hodnoty. Pro zjištění kvanta již stačí od sebe tyto dvě hodnoty odečíst. (7)

Výhoda tohoto typu převodníku je malý počet potřebných přepínačů a rezistorů. Naopak negativní vlastnost tohoto převodníku je jeho výrobní náročnosti z důvodu velkého rozsahu hodnot rezistorů. (4)

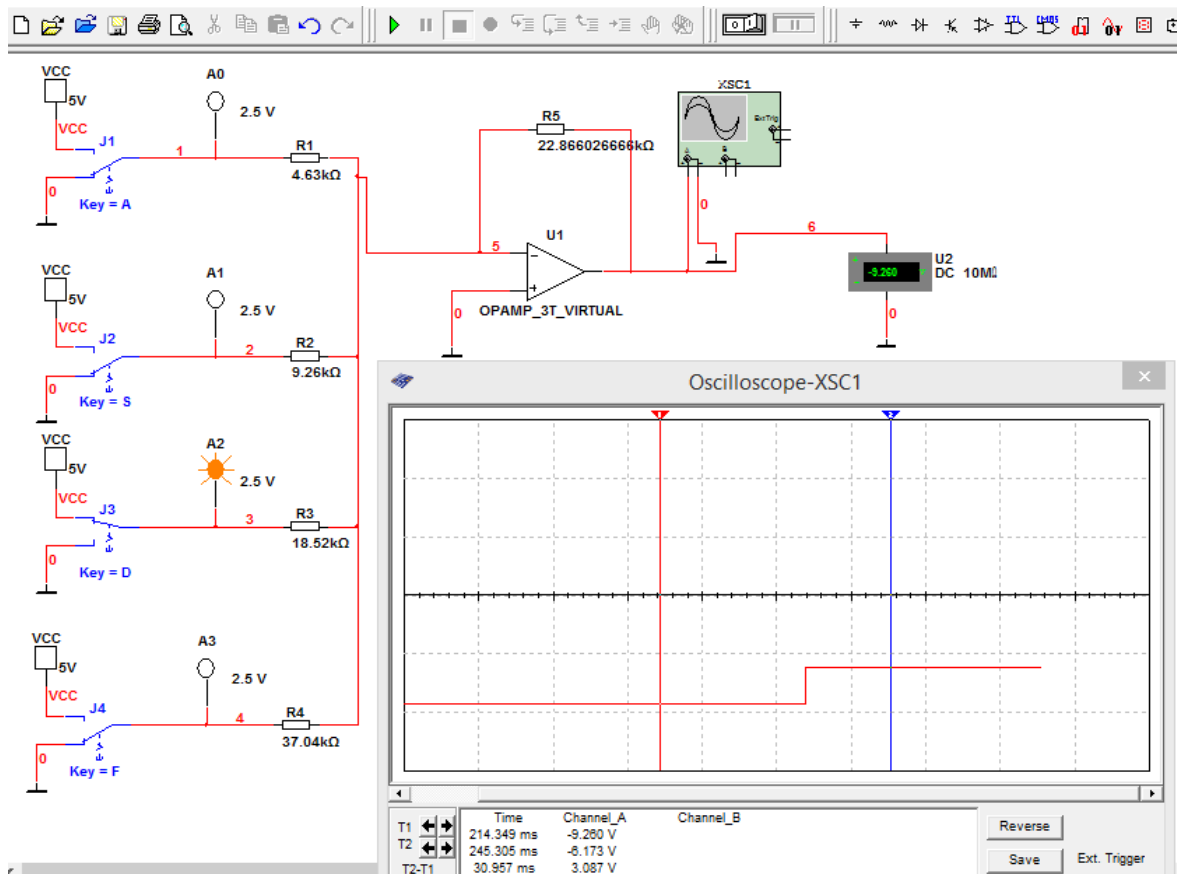
3.2.5 VYPRACOVÁNÍ VÝUKOVÉHO SIMULAČNÍHO MODELU R- 2R

Základní činnost tohoto převodníku je stejná jako u předchozího zapojení. Rozdíl je jen v počtu a hodnotách rezistorů. Zdroje konstantních proudů jsou vytvářeny pomocí odporové sítě, kterou trvale protékají konstantní proudy ze zdroje referenčního napětí. Velikost váhového proudu, který protéká do každého dalšího uzlu, je poloviční než do uzlu předcházejícího. Výhodou tohoto zapojení je stejná hodnota dvojic rezistorů, což je

výrobně snazší, než zapojení předchozí. Zároveň se v tomto zapojení používají nízké hodnoty rezistorů, tudíž jsou zde menší zpoždění převodu na výstupu. (4)

3.2.6 VÝSLEDKY SIMULACE

Na obrázku vidíme simulační model převodníku s váhovou strukturou odporové sítě.



Obrázek 5 - ověření D/A převodníku

Převodník je vyladěn pro hodnotu $R=4,63\text{k}\Omega$, $U_{2\text{max}}=46,3\text{V}$. Zbytek hodnot je dopočten pomocí vzorců dostupných ve cvičení. Na začátku simulace jsem nastavil hodnotu 3 (aktivní R4 a R3) a poté jsem snížil na hodnotu 2 (aktivní R3). Tento skok je zachycen na osciloskopu v pravém dolním rohu. Díky časovým osám lze odečíst hodnotu kvanta. Tento údaj se odečte z řádku T2-T1. Pro můj případ je to $K=3,087\text{V}$. Kvantum ještě ověřím výpočtem použitím vzorce:

$$k = \frac{U_{2\text{max}}}{2^n - 1} = \frac{46,3}{15} = 3,087. \text{ Je vidět že obě kvanta se opravdu rovnají.}$$

Obdobným způsobem se chová i zapojení s odporovou sítí R-2R. Vše je opět zachyceno na animaci a všechny potřebné vzorce jsou k dispozici ve cvičení v proauthoru.

3.2.7 SADA OTÁZEK PRO AUTOTEST

Otázka číslo: 1

Signál se dělí na:

- a) analogový a číslicový
- b) číslicový a digitální
- c) signál je vždy analogový

správná odpověď: a) analogový a číslicový

Otázka číslo: 2

Zkratka MSB se používá u převodníků k označení:

- a) Nejvýznamnějšího bitu - Most Significant Bit
- b) Středního bitu - Middle Significant Bit
- c) Nejbezpečnějšího bitu - Most Safe Bit

správná odpověď: a) Nejvýznamnějšího bitu - Most Significant Bit

Otázka číslo: 3

Mezi D/A převodník patří:

- a) převodník s odporovou sítí R – 2R
- b) sledovací převodník
- c) sigma-alfa převodník

správná odpověď: a) převodník s odporovou sítí R – 2R

Otázka číslo: 4

Rozlišovací schopnost převodníku se vyjadřuje:

- a) v sekundách
- b) v procentech
- c) v DPI

správná odpověď: b) v procentech

Otázka číslo: 5

D/A převodníky slouží k:

- a) převodu digitálního signálu na signál analogový
- b) převodu analogového signálu na signál digitální
- c) ke komunikaci mezi daty a adresami

správná odpověď: a) převodu digitálního signálu na signál analogový

Otázka číslo: 6

D/A převodníky se nedělí na:

- a) přímé
- b) logaritmické
- c) nepřímé

správná odpověď: b) logaritmické

Otázka číslo: 7

Pro D/A převodník s odporovou sítí $R-2R$ platí:

a) Velikost váhového proudu, který protéká do každého dalšího uzlu, je trojnásobná než do uzlu předcházejícího

b) Velikost váhového proudu, který protéká do každého dalšího uzlu, je poloviční než do uzlu předcházejícího

c) Velikost váhového proudu, který protéká do každého dalšího uzlu, je stejná jako do uzlu předcházejícího

správná odpověď: b) Velikost váhového proudu, který protéká do každého dalšího uzlu, je poloviční než do uzlu předcházejícího.

Otázka číslo: 8

Pro rezistory připojené k referenčnímu napětí v D/A převodníku s váhovou strukturou platí:

- a) Každá další hodnota rezistoru je dvojnásobkem rezistoru předešlého

b) Každá další hodnota rezistoru je trojnásobkem rezistoru předešlého

c) Všechny rezistory mají stejnou hodnotu

správná odpověď: a) Každá další hodnota rezistoru je dvojnásobkem rezistoru předešlého

3.3 SIMULAČNÍ MODEL A/D PŘEVODNÍK INTEGRAČNÍHO TYPU

3.3.1 POPIS A/D PŘEVODNÍKŮ

A/D převodníky převádějí vstupní spojitý signál na výstupní číslicový signál. Během A/D převodu dochází ke kódování vstupního signálu na signál číslicový. Hodnota výstupního číslicového signálu se většinou označuje číslem D v binární soustavě. Číslo označuje kolikrát je kvantum vstupního signálu odpovídajícího bitu s nejnižší vahou (LSB – Least Significant Bit) obsaženo ve vstupním signálu U_x . (4)

3.3.2 ZADÁNÍ

Cvičení má za úkol vytvořit simulační model převodníku integračního typu. Hodnota napětí je zadána individuálně. Po zapojení modelu má student za úkol vypočítat kvantum a vyladit převodník pro jeho hodnotu napětí.

3.3.3 TEORETICKÝ ÚVOD

Převodník integračního typu obsahuje na začátku elektronický přepínač. Přepínač přepíná mezi analogovým signálem U_a a mezi záporným referenčním napětím $-U_{ref}$. Napětí je vedeno přes rezistor do invertujícího integračního zesilovače. Dále obsahuje převodník analogový komparátor. (2)

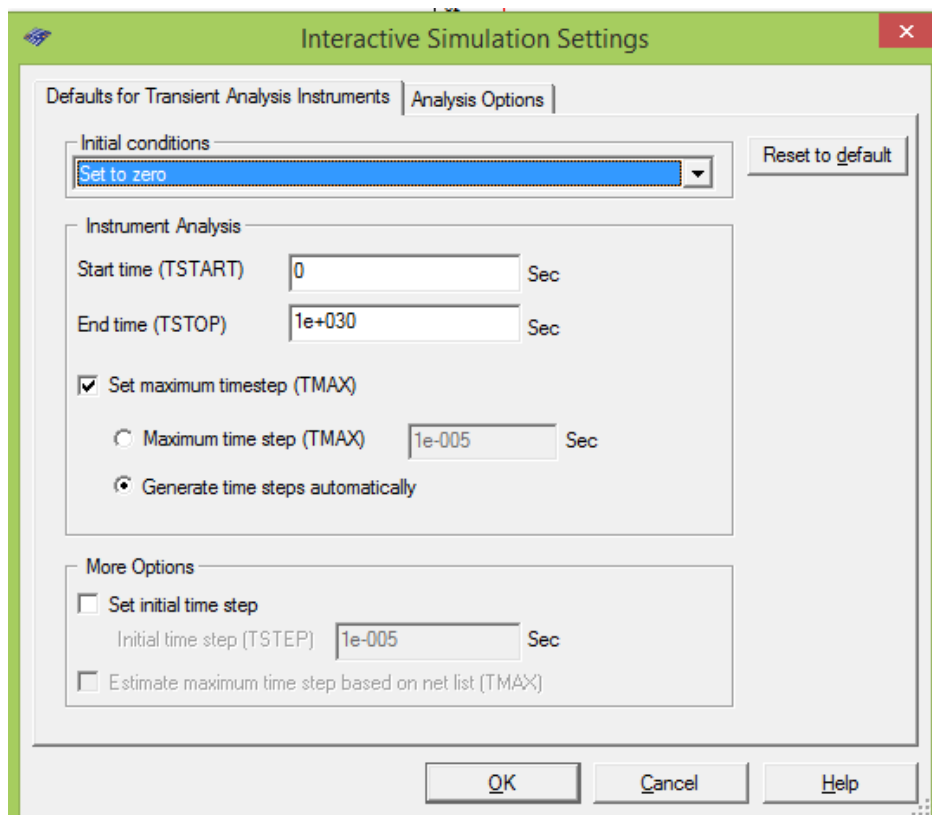
Integrační převodníky patří do skupiny nepřímých převodníků. Vstupní napěťový signál převádějí nejprve na časový interval. Délka intervalu je odměřena počtem hodinových impulsů s definovanou délkou periody. Mezi nejobvyklejší typ A/D převodníku patří převodník s postupnou dvojí integrací a právě tento převodník figuruje v mém simulačním modelu. (4)

Převod je realizován ve dvou krocích. V prvním kroku je přepínač sepnut v poloze 1 tedy vodičem prochází napětí U_a . Toto napětí se integrátorem integruje na záporné. Porovnávací vstup komparátoru má nulovou hodnotu napětí a jeho výstup je tedy logická 1. Přes hradlo AND jsou na vstup čítače přiváděny impulzy z generátoru impulzů. Při naplnění čítače dojde k přepnutí vstupních signálů. V té chvíli se nachází přepínač v hodnotě 2 a vodičem protéká napětí $-U_{ref}$. Po tomto přepnutí začne čítač čítat hodinové impulsy. Když dosáhne výstupní napětí nulové hodnoty, tak je čítač zastaven řídicí logikou. Nulová hodnota napětí je určena pomocí komparátoru. (12)

3.3.4 VYPRACOVÁNÍ VÝUKOVÉHO SIMULAČNÍHO MODELU INTEGRAČNÍHO PŘEVODNÍKU

Obvod obsahuje zdroje ideálního napětí. Ideální zdroj napětí udržuje na výstupu konstantní napětí, bez ohledu na odebíraný proud. Oba zdroje jsou přivedeny do přepínače řízeného časem. Jedná se o součástku, u které lze nastavit dobu sepnutí a rozepnutí. Následuje invertující integrační zesilovač, jehož cílem je integrovat vstupní signál a obracet (invertovat) polaritu. Integrace znamená změnu, například obdélníkového průběhu vlivem nabíjení a vybíjení kondenzátoru na trojúhelníkový průběh. Následuje Zenerova dioda, která slouží ke stabilizaci napětí. Dioda využívá nedestruktivní průraz při tzv. Zenerovo napětí. Celá tato větev vede do dvou vstupového logického hradla AND. (13)

Druhou větev tvoří generátor hodinových impulzů obdélníkového tvaru, který je přiveden k přepínači řízeným časem. Z přepínače je signál přiveden do druhého vstupu hradla. Výstup z hradla vstupuje do čtyřbitového čítače, který má za úkol zaznamenávat počet impulsů. Před začátkem animace je ještě nutné nastavit počáteční podmínky na nulu. Toto nastavení se provede v menu Simulate → Interactive simulation settings → Initial conditions → Set to zero. Nastavení je vidět na obrázku:



Obrázek 6 - nastavení počátečních podmínek

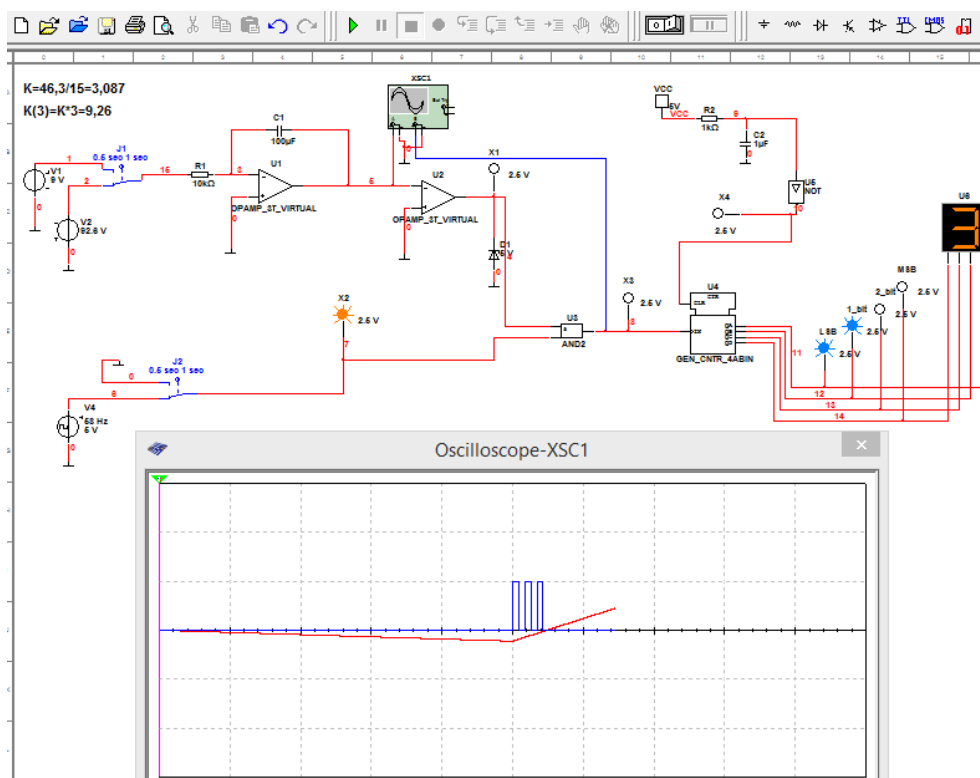
Díky tomuto nastavení je při spuštění simulace celý obvod vynulován. (1)

Po spuštění animace a otevření okna osciloskopu je vidět, že tento simulační model integračního převodníku pracuje správně dle principu uvedeného na začátku cvičení. V celém zapojení je ještě vloženo několik LED diod. Pomocí LED diod je přehledně zobrazeno, v jaký čas je aktivní jaký signál. Výsledný výstup ze signálu je zobrazen nejen pomocí LED diod, ale také pomocí digitálního displeje.

Výhodou tohoto zapojení je jednodušší obvodové řešení a minimální chyba linearity. Mezi nevýhody poté patří delší doba převodu. (4)

3.3.5 VÝSLEDKY SIMULACE

Převodník je vyladěn pro hodnotu $U_{1\max}=46,3\text{V}$. Ověření funkčnosti převodníku jsem prováděl pro kvantum 3, vypočítané dle vztahů v levém horním rohu obrázku.



Obrázek 7 - ověření integračního převodníku

Po nastavení je potřeba spustit simulaci a otevřít okno osciloskopu (dvojitým kliknutím myši). Počáteční průběh zachycuje přepínač v poloze 1. Vodičem tedy prochází napětí U_a . Po naplnění čítače dojde k přepnutí vstupních signálů. Po přepnutí signálů začne čítač čítat hodinové impulzy. Na obrázku je vidět že digitální displej opravdu ukazuje po dokončení převodu hodnotu 3, což odpovídá kvantu, které bylo nastaveno na začátku simulace. Tímto ověřením lze považovat tento simulační model za hotový.

3.3.6 SADA OTÁZEK PRO AUTOTEST

Otázka číslo: 1

Dobou převodu patří integrační převodník mezi:

- a) pomalé
- b) středně rychlé
- c) velmi rychle

správná odpověď: a) pomalé

Otázka číslo: 2

Převodník integračního typu se skládá z těchto hlavních částí:

- a) elektronický přepínač, invertující derivační zesilovač, analogový komparátor
- b) elektronický přepínač, neinvertující derivační zesilovač, analogový komparátor
- c) elektronický přepínač, invertující integrační zesilovač, analogový komparátor

správná odpověď: c) elektronický přepínač, invertující integrační zesilovač, analogový komparátor

Otázka číslo: 3

Činnost převodníku probíhá:

- a) v jedné etapě – t_1
- b) ve dvou etapách – t_1 a t_2
- c) ve třech etapách – t_1, t_2 a t_3

správná odpověď: b) ve dvou etapách – t_1 a t_2

Otázka číslo: 4

Zenerova dioda slouží k:

- a) stabilizaci napětí
- b) stabilizaci proudu
- c) zesílení proudu

správná odpověď: a) stabilizaci napětí

Otázka číslo: 5

Kvantum 3 vypočteme:

- a) $K \cdot 3$
- b) K^3
- c) $K_{\max}/3$

správná odpověď: a) $K \cdot 3$

Otázka číslo: 6

Mezi typ čítače nepatří:

- a) binární
- b) se zkráceným cyklem
- c) s navýšeným cyklem

správná odpověď: c) s navýšeným cyklem

Otázka číslo: 7

Integrační převodník obsahuje:

- a) posuvný registr
- b) odporovou strukturu rezistorů
- c) asynchronní binární čítač

správná odpověď: c) asynchronní binární čítač

Otázka číslo: 8

Invertující integrační zesilovač má za cíl:

- a) derivovat vstupní signál a obracet (invertovat) polaritu
- b) integrovat vstupní signál a obracet (invertovat) polaritu
- c) pouze integrovat vstupní signál

správná odpověď: b) integrovat vstupní signál a obracet (invertovat) polaritu

3.4 SIMULAČNÍ MODEL A/D PARALELNÍHO PŘEVODNÍKU

3.4.1 ZADÁNÍ

Úkolem cvičení je vytvořit simulační model paralelního převodníku. Napětí U_{1max} je zadáno. Vyladění převodníku pro toto napětí a spočítání kvanta je úkolem studenta. Všechny potřebné vzorce a vztahy jsou uvedeny v kurzu. U_{ref} je potřeba nastavit právě na takovou hodnotu, aby se při napětí U_{1max} překlopil poslední komparátor.

3.4.2 TEORETICKÝ ÚVOD

Jedná se o paralelní převodník, tudíž výstupní hodnota se získává současně od všech výstupů. Převodník obsahuje zdroj referenčního napětí a síť děličů, které vytvoří $2^n - 1$ pomocných napěťových uzlů, s rovnoměrně odstupňovaným napětím. Zapojení potřebuje $2^n - 1$ komparátorů. Dále obsahuje napětí U_1 , což je převáděné napětí. Toto napětí je porovnáváno pomocí každého referenčního uzlu. Výsledná kombinace je převedena do binární soustavy. Velkou výhodou tohoto převodníku je rychlost převodu, naopak záporný parametr je fakt, že pro jeho realizaci je nutno použít velké množství komparátorů, konkrétně $2^n - 1$, což značně zvyšuje cenu realizace. (4)

3.4.3 VYPRACOVÁNÍ VÝUKOVÉHO SIMULAČNÍHO MODELU PARALELNÍHO PŘEVODNÍKU

Schéma simulačního modelu začíná zdrojem napětí, který nastavíme na hodnotu U_{1max} . Pro regulaci napětí, které bude opravdu vstupovat do obvodu, slouží součástka nazvaná potenciometr. Potenciometr je k dispozici v zásobníku základních součástek (basic). Ve vlastnostech potenciometru jsem nastavil klávesovou zkratku pro zvyšování velikosti odporu a hodnotu increment. Tato hodnota udává, o kolik se odpor změní při jednotlivém navyšování potenciometru. V obvodu následuje Voltmetr, který zobrazuje aktuální hodnotu napětí U_1 . Tato větev je přivedena na neinvertující vstupy komparátorů. Na invertující vstupy je přivedeno napětí o setinu menší než je napětí U_1 . Díky tomu dojde při nastavení U_1 na maximální hodnotu k překlopení všech komparátorů.

Výstupy z komparátoru jsou rozvětveny o zenerovu diodu. Zenerova dioda se využívá ke stabilizaci stejnosměrného napětí jako přepěťová ochrana. Dioda využívá Zenerovo napětí, které nastává při závěrném směru zapojení diody. (13)

Poté vstupují všechny výstupy do dekodéru. Dekodér je kombinační logický obvod, který zprostředkovává převod čísla z jednoho kódu na kód jiný. Není podmínkou, že

velikost datového slova, které vstupuje do dekodéru, musí odpovídat velikosti datového slova, které z dekodéru vystupuje. (2)

Abych byl schopen vytvořit subobvod převodníku, bylo jednodušší si napsat pravdivostní tabulku. Jednotlivé váhové bity vstupního slova jsou označeny x_0 - x_6 . Logická jedna zde signalizuje, že se převodník překlopil. Začnu na variantě 0 překlopených převodníků, a vždy přičtu 1 až do stavu plného počtu překlopených převodníků. Váhové bity výstupního slova jsou označeny y_0 – y_2 . Zde je potřeba jen zapsat počet překlopených převodníků do binárního tvaru. Například pokud se překlolí 3 převodníky

bude výstupní datové slovo 110 ($(1 \cdot 2^0) + (1 \cdot 2^1) + (0 \cdot 2^2) = 3$).

vstupní datové slovo							výstupní datové slovo		
x_6	x_5	x_4	x_3	x_2	x_1	x_0	y_0	y_1	y_2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	1	1	1	0	0	1
0	0	1	1	1	1	1	1	0	1
0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabulka 6 - pravdivostní tabulka

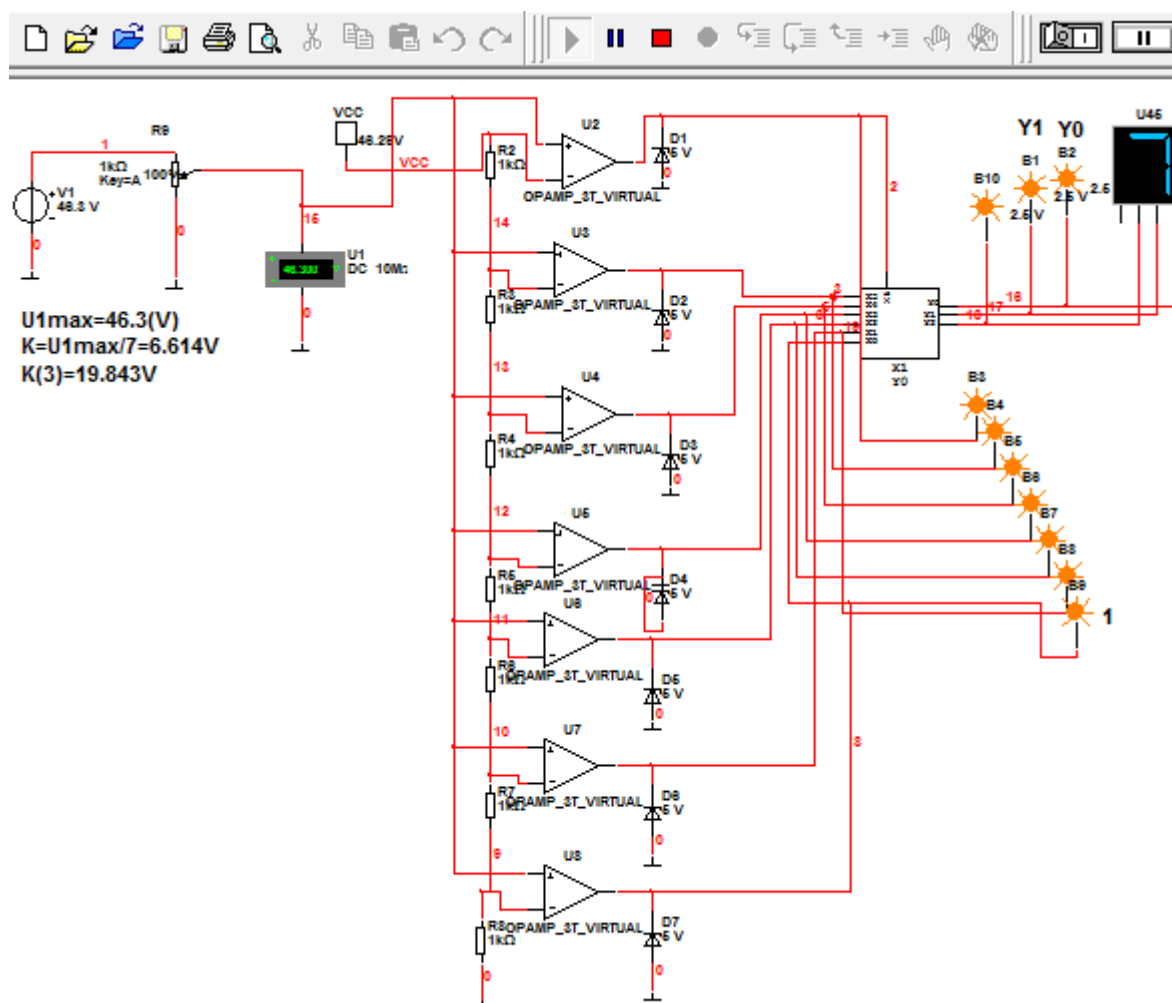
Po zapsání pravdivostní tabulky bylo potřeba zjednodušit logické funkce postupně pro y_0 , y_1 a y_2 . Po minimalizaci logických funkcí je již zřejmé jaká logická hradla použít. Při tomto zapojení je důležité mít přehledný způsob zapojení, v opačném případě lze docílit akorát nepřehledné změti vodičů a možnosti že dekodér nebude fungovat, jak by měl.

Výstup z dekodéru je přiveden, jak je již zvykem na displej, který ukazuje výslednou hodnotu převodu.

Výhodou převodníku paralelního typu je vysoká rychlost převodu, která je ovšem vykoupena velkým množstvím komparátorů ($2^n - 1$). (4)

3.4.4 VÝSLEDKY SIMULACE

Na obrázku je zobrazeno kompletní schéma simulačního modelu paralelního převodníku.



Obrázek 8 - ověření paralelního převodníku

Hodnota U_1 je nastavena na maximální hodnotu. To že je převodník správně vyladěný dokazuje překlopení všech sedmi komparátorů. Jaké komparátory jsou překlopeny signalizují LED diody.

3.4.5 SADA OTÁZEK PRO AUTOTEST

Otázka číslo: 1

Vyberte pravdivé tvrzení o paralelním převodníku:

- a) paralelní převodník obsahuje $2n-1$ komparátorů
- b) paralelní převodník je nejrychlejší D/A převodník

c) paralelní převodník patří mezi pomalé převodníky

správná odpověď: a) paralelní převodník obsahuje $2n-1$ komparátorů

Otázka číslo: 2

Kvantum udává:

a) rozdíl napětí mezi dvěma sousedními datovými slovy

b) rozdíl napětí mezi největším a nejmenším datovým slovem

c) rychlost převodu

správná odpověď: a) rozdíl napětí mezi dvěma sousedními datovými slovy

Otázka číslo: 3

Paralelní převodník obsahuje:

a) 2^n-1 komparátorů

b) 2^n+1 komparátorů

c) vždy 2^3 komparátorů

správná odpověď: a) 2^n-1 komparátorů

Otázka číslo: 4

Označte pravdivé tvrzení:

a) Vstupem i výstupem dekodéru je datové slovo

b) Do dekodéru vstupuje analogový signál a vystupuje datové slovo

c) Do dekodéru vstupuje datové slovo a vystupuje analogový signál

správná odpověď: a) Vstupem i výstupem dekodéru je datové slovo

Otázka číslo: 5

Mezi hlavní parametry převodníků nepatří:

a) počet bitů

b) doba převodu

c) šířka sběrnice

správná odpověď: c) šířka sběrnice

Otázka číslo: 6

Kvantum se vypočte podle vztahu:

a) $k = \frac{Ua_{max}}{2^n}$

b) $k = \frac{Ua_{min}}{2^n - 1}$

c) $k = \frac{Ua_{max}}{2^n - 1}$

správná odpověď: c) $k = \frac{Ua_{max}}{2^n - 1}$

Otázka číslo: 7

Mezi základní metody minimalizace logických funkcí nepatří:

a) minimalizace pomocí zákonů Booleovy algebry

b) minimalizace pomocí řadiče

c) minimalizace pomocí map

správná odpověď: b) minimalizace pomocí řadiče

Otázka číslo: 8

Základní vlastnost rezistoru je:

a) Rozepínání napájecího obvodu

b) Klást procházejícímu proudu odpor

c) Udržování elektrického náboje

správná odpověď: b) Klást procházejícímu proudu odpor

3.5 SIMULAČNÍ MODEL A/D SLEDOVACÍHO PŘEVODNÍKU

3.5.1 ZADÁNÍ

Úkolem tohoto cvičení je vytvořit simulační model A/D převodníku sledovacího typu. V ustáleném stavu tento převodník mění nepřetržitě výstupní datové slovo o jedničku. V dobře sestaveném převodníku bude při hodnotě napětí U_{1max} docházet ke změně datového slova F na E. Sledovací převodník se skládá především z analogového komparátoru, D/A převodníku a reverzního čítače.

3.5.2 TEORETICKÝ ÚVOD

Princip sledovacího převodníku vychází z inkrementační metody. Tato metoda obsahuje vzestupný čítač, který při převodu začne čítat od nuly. Při každém navýšení čítače se také zvýší napětí na výstupu převodníku. Poté co se výstupní napětí navýší na hodnotu napětí převáděného, dojde k překlopení komparátoru, což je signál ke skončení sčítání. Metoda sledovací obsahuje místo jednosměrného čítače čítač obousměrný. Ten zvyšuje, či snižuje svoji hodnotu podle stavu komparátoru. Převodník trvale sleduje převáděný signál. Výjimku tvoří pouze start převodu a stav kdy dochází k příliš rychlé změně signálu, kterou není čítač schopný sledovat. (4)

Výhodou převodníku sledovacího typu je, že po začátečním načtení informuje průběžně o okamžité hodnotě převáděného signálu. Mezi nevýhodu lze zařadit nutnost trvalého připojení převodníku na jeden kanál, bez tohoto připojení ztrácí sledovací schopnost (4).

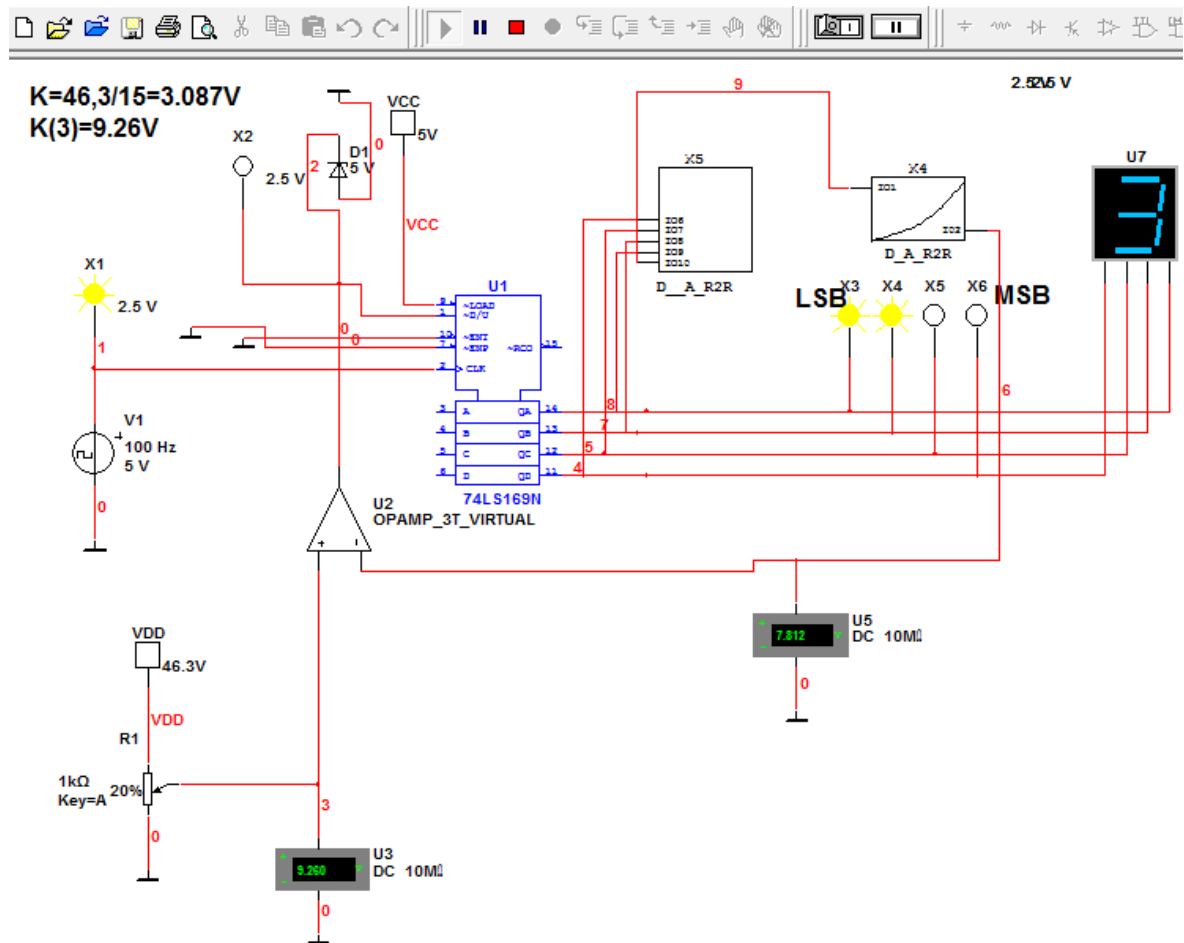
3.5.3 VYPRACOVÁNÍ VÝUKOVÉHO SIMULAČNÍHO MODELU SLEDOVACÍHO PŘEVODNÍKU

Zapojení sledovacího převodníku obsahuje jako hlavní součástku čtyřbitový binární synchronní čítač. Tento čítač nese označení 74LS169N. Podle informací z nápovědy programu Multisim jsem přivedl na vstupní signál LOAD hodnotu logická 1 a vstupy ENT a ENP jsem uzemnil. Dalším vstupem čítače je signál CLK, ten slouží k přivádění hodinového signálu. Hodinový signál je přiváděn pomocí generátoru hodinových impulsů. Poslední mnou využitý vstup je označen D/U. Tento vstup při hodnotě logická 1 provádí snižování své hodnoty (count down) a při přivedení logické 0 svoji hodnotu zvyšuje (count up). O hodnotě vstupního signálu rozhoduje analogový komparátor, který porovnává hodnotu napětí U_1 a hodnotu čítače. Na výstup komparátoru je přivedena z důvodu přepětové ochrany Zenerova dioda. Výstup z čítače je dále rozvětven. Jedna větev signalizuje

hodnotu výstupu pomocí LED diod a grafického displeje a druhá větev slouží pro vstup do D/A převodníku, ve kterém je převeden číslicový signál na analogový signál, aby mohl být dále porovnáván v analogovém komparátoru. Pro správné fungování obvodu je potřeba nastavit počáteční podmínky na nulu. Nastavení jsem provedl v menu Simulate → Interactive Simulation Settings → Initial conditions → Set to zero.

3.5.4 VÝSLEDKY SIMULACE

Na obrázku je zachycen simulační model sledovacího převodníku. Převodník je vyladěn pro hodnotu 46.3V.



Obrázek 9 - ověření sledovacího převodníku

V levém horním rohu je výpočet kvanta, a dále hodnota napětí, které odpovídá kvantu 3. Potenciometr jsem nastavil přesně na tuto hodnotu tedy 9,26. Sledovací převodník se proto ustálil správně mezi hodnotou 2 a 3. Pokud bych nastavil U_1 na maximální hodnotu, převodník by přeskakoval mezi hodnotou F_{hex} a E_{hex} , což je dle zadání správné.

3.5.5 SADA OTÁZEK PRO AUTOTEST

Otázka číslo: 1

Rychlostí převodu patří mezi:

- a) velmi rychlé
- b) velmi pomalé
- c) středně rychlé

správná odpověď: c) středně rychlé

Otázka číslo: 2

Struktura sledovacího převodníku neobsahuje:

- a) reverzivní čítač
- b) binární násobičku
- c) analogový komparátor

správná odpověď: b) binární násobičku

Otázka číslo: 3

Rozlišovací schopnost převodníku se vyjadřuje:

- a) v sekundách
- b) v procentech
- c) v DPI

správná odpověď: b) v procentech

Otázka číslo: 4

Pokud se výstupní napětí navýší na hodnotu převáděného napětí, dojde k:

- a) skončení čítání
- b) čítání od nuly
- c) nebude to mít žádný vliv

správná odpověď: a) skončení čítání

Otázka číslo: 5

Převodník sledovacího typu:

- a) patří mezi nejpomalejší typ převodníku
- b) informuje průběžně o okamžité hodnotě převáděného signálu
- c) obsahuje $2^n - 2$ komparátorů

správná odpověď: b) informuje průběžně o okamžité hodnotě

Otázka číslo: 6

Zdroj ideálního napětí:

- a) udržuje na výstupu napětí, s ohledu na odebíraný proud
- b) udržuje na výstupu konstantní napětí, bez ohledu na odebíraný proud
- c) na výstup nepropouští napětí

správná odpověď: b) udržuje na výstupu konstantní napětí, bez ohledu na odebíraný proud

Otázka číslo: 7

Rychlost činnosti převodníku je dána:

- a) rychlostí rezistorů
- b) rychlostí čítače
- c) hodnotou Zenerovy diody

správná odpověď: b) rychlostí čítače

Otázka číslo: 8

Mezi chyby v činnosti převodníku nepatří:

- a) chyba zisku
- b) napěťový posun
- c) lineární převod

správná odpověď: c) lineární převod

3.6 SIMULAČNÍ MODEL ČÍTAČE SE ZKRÁCENÝM CYKLEM

3.6.1 ZADÁNÍ

Zadáním tohoto cvičení je navrhnout a realizovat v simulačním programu model čítače se zkráceným cyklem (tzv. modulo m čítač). Čítač bude obsahovat vstupy, které umožní pomocí signálu SET nastavit stav čítače před začátkem čítání. Dále bude čítač obsahovat signál RESET, který celý čítač vynuluje.

3.6.2 TEORETICKÝ ÚVOD

Klopný obvod typu JK vychází z klopného obvodu typu R – S. Jedná se o jeho zdokonalení, protože řeší problematiku při vstupu kombinace 11. Zatímco u typu R-S byla kombinace 11 zakázaná, protože způsobuje přechod obou výstupů do stejného stavu. (6)

Ještě je potřeba zmínit klopný obvod typu T. Jedná se o asynchronní klopný obvod, který obsahuje jediný vstup T a výstup Q. Klopný obvod T mění svůj stav vždy při náběžné hraně na vstupu. Při změně z hodnoty logická 1 na logická 0 se výstup nezmění. Klopný obvod typu T obsahuje i variantu, kde je navíc vstup pro hodinový signál C a navíc obsahuje výstup negace Q. Pokud je na vstupu T logická 0, po příchodu hodinového signálu se stav obvodu nezmění, pokud bude na vstupu T logická 1, tak se s příchodem hodinového signálu střídá stav na výstupu Q. (2)

Čítač je sekvenční obvod, který uchovává počet impulsů přivedených na jeho vstup. Čítače obsahují stavový diagram, což je orientovaný graf popisující činnost čítače. S tímto pojmem se pojí pojem stavové číslo, které vyjadřuje obsah čítače (počet načtených impulsů od začátku čítání). V tomto cvičení se bude používat čítač se zkráceným cyklem, neboli čítač modulo m . Tento čítač nikdy nenaplní celý svůj rozsah $2^n - 1$, ale pro čítač platí rozsah m , který je definován: $m < 2^n - 1$. Čítač modulo m některé stavy nevyužívá, nebo se tyto stavy používají pro zablokování činnosti. (10)

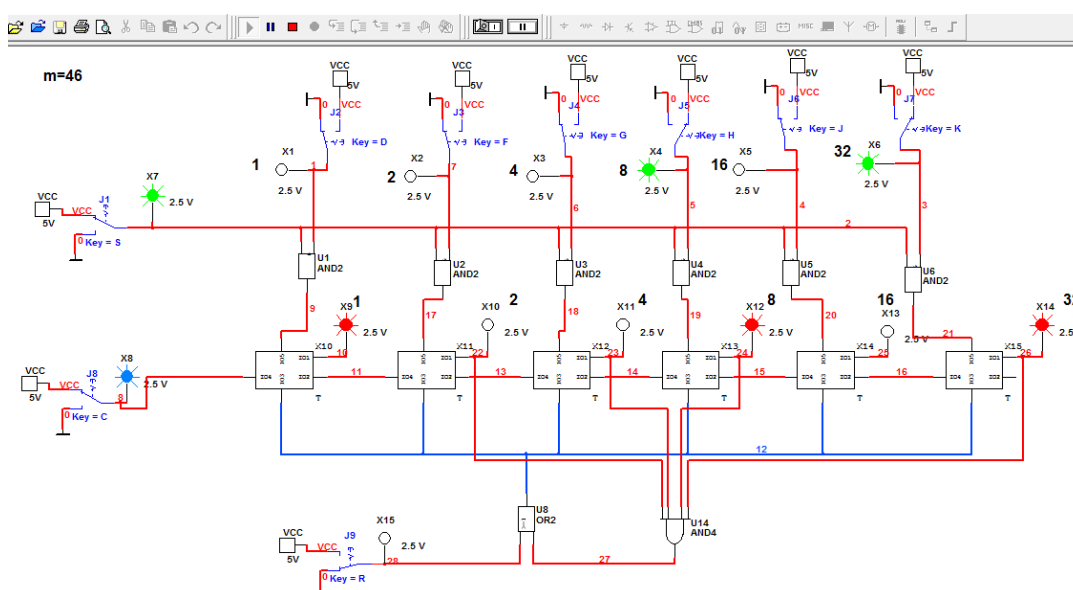
3.6.3 VYPRACOVÁNÍ VÝUKOVÉHO SIMULAČNÍHO MODELU ČÍTAČE MODULO m

Ve cvičení je hodnota modulo m zadána a obvod je vyladěn tak, aby při snaze tuto hodnotu překročit byl čítač vynulován a začal čítání od nuly. Činnost obvodu je řízena pomocí tří signálů. Signál Set má za úkol nahrát uživatelem nastavenou hodnotu do čítače. Hodnota je nastavována pomocí přepínačů. Jedná se o šestibitové slovo, tudíž maximální hodnota je $2^n - 1$, kde n je počet bitů. Další signál slouží pro navyšování hodnoty čítače o 1. Poslední signál je Reset, který slouží k vynulování čítače.

Nahrávání hodnoty do čítače je realizováno pomocí logických hradel AND. Signál se odešle po sepnutí signálu Set a to jen u aktivních váhových bitů. Klopné obvody typu JK, které jsou v obvodu použity, jsou v multisim označeny jako JK_FF (JF FLIP FLOP). Počet klopných obvodů potřebných k sestavení modulu čítače závisí na čísle m . Můj simulační model je vyladěn pro hodnotu $m=46$. Zjistím nejbližší vyšší hodnotu druhé mocniny, což je v mém případě $64=2^6$. Budu tedy potřebovat 6 klopných obvodů, nejvyšší klopný obvod bude reprezentovat hodnotu 32. Klopné obvody jsou zapojeny za sebou, a tudíž při příchodu hodinových signálů dochází k jejich zvyšující se hodnotě. Pod klopnými obvody se ještě nachází hradlo typu AND, které hlídá, zda již není čítač na hodnotě m . K tomu v mém případě dojde, pokud je aktivní klopný obvod 2,4,8 a 32, což po sečtení odpovídá hodnotě 46. Po dosažení této hodnoty dojde k vynulování všech klopných obvodů. Druhá možnost kdy dojde k vynulování klopných obvodů je po aktivování signálu reset.

3.6.4 VÝSLEDKY SIMULACE

Na obrázku je zachycen simulační model čítače modulu m .



Obrázek 10 - ověření modulu m čítače

Během ověřování funkčnosti bylo potřeba vyzkoušet celkem 3 signály. Datové slovo jsem nastavil na hodnotu 40 a pomocí signálu SET nahrál datové slovo do klopných obvodů. Druhé ověřování spočívalo v navýšení hodnoty o 1, čehož bylo dosaženo pomocí hodinového cyklu. Hodinový cyklus proběhl také v pořádku, a proto je na obrázku zachycena hodnota 41 (40 nahráno a o 1 navýšeno). Pokud bych přesáhl hodnotu $m=46$ byl by klopný obvod vynulován a obdobně by se choval i při aktivaci signálu Reset.

3.6.5 SADA OTÁZEK PRO AUTOTEST**Otázka číslo: 1**

Klopný obvod lze realizovat pomocí:

- a) číslicových součástek
- b) analogových součástek
- c) pomocí číslicových i analogových součástek

správná odpověď: c) pomocí číslicových i analogových součástek

Otázka číslo: 2

Bistabilní klopný obvod obsahuje:

- a) jeden stabilní stav
- b) dva stabilní stavy
- c) tři a více stabilních stavů

správná odpověď: b) dva stabilní stavy

Otázka číslo: 3

Klopný obvod typu T mění stav:

- a) při doběžné hraně na vstupu
- b) při náběžné hraně na vstupu
- c) při doběžné i náběžné hraně na vstupu

správná odpověď: b) při náběžné hraně na vstupu

Otázka číslo: 4

Schmittův klopný obvod je dle počtu stabilních stavů:

- a) monostabilní
- b) bistabilní
- c) stereostabilní

správná odpověď: b) bistabilní

Otázka číslo: 5

Reverzivní čítače dokáží čítat:

- a) pouze vpřed
- b) pouze vzad
- c) vpřed i vzad

správná odpověď: c) vpřed i vzad

Otázka číslo: 6

Čítač modulo m má:

- a) $m > 2^n$ stavů
- b) $m < 2^n$ stavů
- c) $m > 2^n + 1$ stavů

správná odpověď: b) $m < 2^n$ stavů

Otázka číslo: 7

Dekadické čítače využívají:

- a) ABC kód
- b) BCD kód
- c) CDE kód

správná odpověď: b) BCD kód

Otázka číslo: 8

Počet klopných obvodů typu T v čítači je dán:

- a) počtem bitů datového slova
- b) požadavkem na rychlost čítače
- c) požadavkem na přesnost čítače

správná odpověď: a) počtem bitů datového slova

3.7 SIMULAČNÍ MODEL BINÁRNÍ NÁSOBIČKY

3.7.1 ZADÁNÍ

Úkolem tohoto cvičení je vytvořit simulační model binární násobičky 4x3 bitů. Do násobičky bude vstupovat datové slovo A (4 bitové) a datové slovo B (3 bitové). Výstupem ze sčítačky bude součin těchto datových slov označený jako datové slovo C (7 bitové).

3.7.2 TEORETICKÝ ÚVOD

Princip binárního násobení je totožný s násobením čísel pod sebe, které si každý z nás osvojil již na základní škole.

Dekadické násobení	
	11
*	5
	55

Tabulka 7 - dekadické násobení

Binární násobení					
		1	0	1	1
	*	0	1	0	1
		1	0	1	1
	0	0	0	0	
1	0	1	1		
1	1	0	1	1	1
32+16+8+4+2+1= 55					

Tabulka 8 - binární násobení

Jak je vidět, tak při binárním násobení mohou nastat pouze dvě možnosti. Horní číslo se buď opíše v nezměněné podobě (při násobení 1), nebo se řádek naplní nulami (při násobení 0). (8) V následující tabulce je naznačeno, jak bude probíhat násobení datových slov konkrétně pro binární násobičku 4x3 bitů.

Binární násobička 4x3 bitů						
			A3	A2	A1	A0
		*		B2	B1	B0
			D3	D2	D1	D0
	+	E3	E2	E1	E0	
		V4	V3	V2	V1	V0
+	F3	F2	F1	F0		
C6	C5	C4	C3	C2	C1	C0

Tabulka 9 - násobení 4x3 bitů

A a B je označení pro vstupní datová slova, indexy pak označují, o jaký váhový bit se jedná. D je součin datového slova A s B0. E je součin datového slova A s B1. Písmeno V označuje součet D a E. F je součin datového slova A s B2. C je pak výsledné datové slovo, které vzniklo součinem datového slova A a B.

3.7.3 VYPRACOVÁNÍ VÝUKOVÉHO SIMULAČNÍHO MODELU BINÁRNÍ NÁSOBIČKY

Na začátku zapojování binární násobičky jsem si připravil tak jak už je zvykem vstup datových slov. Pro datové slovo A se jedná o 4 zdroje napětí, uzemnění, přepínače a signalizaci datového slova pomocí LED diody. Pro datové slovo B je to obdobné akorát obsahuje o jeden bit méně.

Jednotlivé váhové bity datového slova A jsou označeny A0 – A4. A0 odpovídá hodnotě 1 a A4 hodnotě 8. Stejně je řešeno datové slovo B, pro které je označení B0 – B2. B0 opět odpovídá hodnotě 1 (2^0) a B2 hodnotě 4 (2^2).

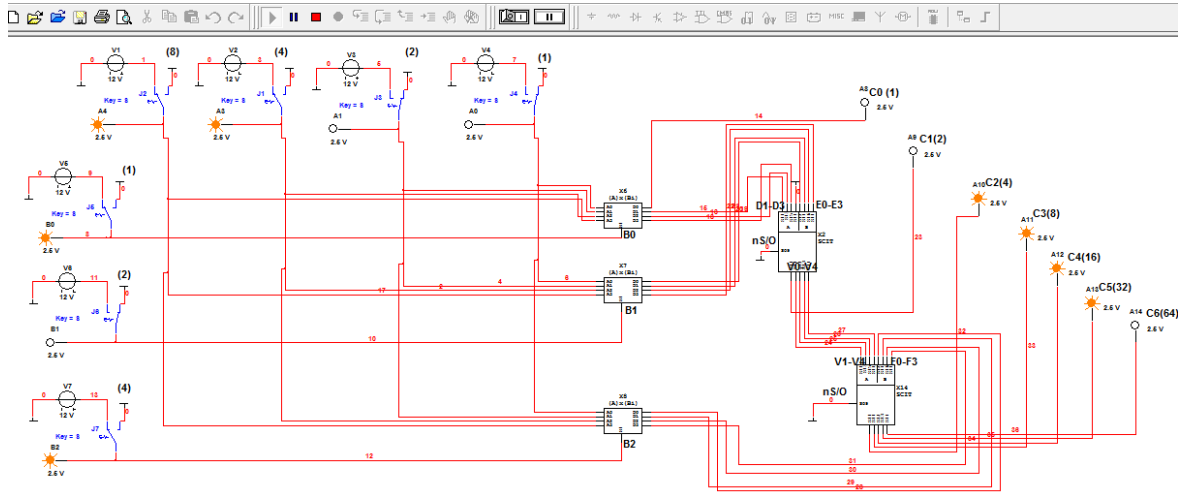
Další co bylo potřeba vytvořit, byly tři subobvody, do kterých vždy vstupuje celé datové slovo A, a jeden váhový bit slova B. (Do prvního datové slovo A a B0, do druhého datové slovo A a B1). Subobvod obsahuje čtyři dvouvstupová logická hradla AND. Výstup prvních dvou subobvodů pokračuje do úplné binární sčítačky. Vysvětlení fungování úplné binární sčítačky je na začátku mé práce, proto ho zde znovu nebudu rozepisovat. Výstup z posledního subobvodu je poté přiveden do druhé binární sčítačky spolu se součtem z předchozí sčítačky. Výstup z druhé binární sčítačky je již výsledek násobení. Pro přehlednost je tento výstup označen jak LED diodami, tak i popiskami o jaký váhový bit se jedná a jakou hodnotu reprezentuje.

Stěžejní na tomto zapojení bylo osvojit si, jak funguje v číslicové technice binární násobení, a pak tento poznatek aplikovat pomocí známých součástek. V tomto případě logických hradel a úplné binární sčítačky.

Všechny vstupy a výstupy jsem si v programu MultiSim popisoval pomocí textových polí, což mi zabralo jen o trochu více času při realizaci, ale výsledkem mi bylo srozumitelné zapojení, na kterém je přehledně vidět co jakým vodičem proudí za data.

3.7.4 VÝSLEDKY SIMULACE

Následující obrazovka zachycuje ověřování funkčnosti binární násobičky:



Obrázek 11 - ověření binární násobičky

Datové slovo A je nastaveno na hodnotu 12. Datové slovo B na hodnotu 5. Výsledek násobičky by měl tedy ukazovat hodnotu 60. Pro přehlednost jsou jednotlivé vstupní a výstupní váhové bity označeny vahou, kterou reprezentují. Rychle tak dokážeme přechíst výslednou hodnotu $4+8+16+32$, což opravdu odpovídá hodnotě 60. Tím byla ověřena funkčnost mnout zapojené binární násobičky.

3.7.5 SADA OTÁZEK PRO AUTOTEST

Otázka číslo: 1

Pokud do násobičky vstupují 4 bitové slovo A a 3 bitové slovo B výstupem bude:

- a) 12 bitové datové slovo
- b) 7 bitové datové slovo
- c) 4 bitové datové slovo

správná odpověď: b) 7 bitové datové slovo

Otázka číslo: 2

Operace násobení nelze realizovat pomocí:

- a) opakovaného sčítání
- b) aritmetických posuvů
- c) ASCII kódu

správná odpověď: c) ASCII kódu

Otázka číslo: 3

Pro 3 proměnné obsahuje pravdivostní tabulka:

- a) 8 řádků
- b) 6 řádků
- c) 12 řádků

správná odpověď: a) 8 řádků

Otázka číslo: 4

Obvody řízené hodinami se řadí:

- a) synchronní
- b) asynchronní
- c) asynchronní i synchronní

správná odpověď: a) synchronní

Otázka číslo: 5

1 bajt obsahuje:

- a) 8 bitů
- b) 2^8 bitů
- c) 8 slov

správná odpověď: a) 8 bitů

Otázka číslo: 6

Výsledná hodnota při násobení $C*5$ je:

- a) F
- b) 60
- c) CD

správná odpověď: b) 60

Otázka číslo: 7

Binární sčítačka využívající přenos z nižšího řádu se označuje jako:

- a) úplná
- b) neúplná
- c) sériová

správná odpověď: a) úplná

Otázka číslo: 8

Binární sčítačku, která má pouze jeden vstup, označujeme jako:

- a) paralelní
- b) sériová
- c) neúplná

správná odpověď: b) sériová

3.8 SIMULAČNÍ MODEL ČÍSLICOVÝ KOMPARÁTOR

3.8.1 ZADÁNÍ

Cílem cvičení je vytvořit 2 typy číslicového komparátoru. První komparátor bude porovnávat dvoubitové datové slovo A s dvoubitovým datovým slovem B. Po spuštění animace se rozsvítí jeden ze tří možných výsledků ($A > B$, $A < B$, $A = B$). Druhé zapojení bude rozšířením prvního a dále bude obohaceno o datové slovo C. Zároveň bude obsahovat navíc i signalizaci, jaké datové slovo je největší.

3.8.2 TEORETICKÝ ÚVOD

Číslicový komparátor je tvořen z největší části logickými hradly. Před samotným zapojením jsem si napsal pravdivostní tabulku, abych zjistil, jaká hradla budu potřebovat. Pravdivostní tabulka je tvořena skupinou řádků a sloupců. Ve sloupcích jsou zapsány vstupy a výstupy. V řádcích poté hodnoty vstupů a odpovídající hodnoty výstupů. Jedná se vlastně o sepsání všech variant, co do obvodu může vstupovat a co za daných podmínek z obvodu vystupuje. (6)

3.8.3 VYPRACOVÁNÍ VÝUKOVÉHO SIMULAČNÍHO MODELU KOMPARÁTOR 2 DATOVÁ SLOVA

Po sepsání pravdivostní tabulky bylo nutné minimalizovat dvě logické funkce. Jedna bude pro případ kdy je $A > B$ a druhá pro případ že se datová slova rovnají. Pokud bych chtěl vytvořit minimalizace „z hlavy“, mohl bych si načrtnout Karnaughovu mapu, zanést do ní mé logické funkce a poté buď pomocí součtu součinů, nebo součinu součtů funkce minimalizovat. (6)

Já jsem ovšem použil postup z hlediska výpočetní techniky a přirozené lenosti člověka příjemnější. V oficiálním manuálu k programu MultiSim (7) jsem si vyhledal komponentu Logic Converter. Jedná se o velmi šikovný nástroj pro práci s logickými funkcemi. Jelikož se nejedná o součástku jako takovou, ale spíše nástroj, může být jeho dohledání pro někoho komplikovanější (nenachází se v klasickém seznamu součástek). Pro vložení Logic Converteru je potřeba mít viditelný panel nástrojů instruments. Vložil jsem si na pracovní plochu 2 kusy tohoto nástroje (pro $A > B$ a $A = B$). Poté už stačilo nástroj rozkliknout a pomocí intuitivního ovládání „naklikat“ obě logické funkce. Použití nástroje Logic Converter je obsažen v animaci k tomuto cvičení, takže mi přijde podrobnější popisování v textové formě jako nejen zbytečné, ale také nepřehledné.

Po minimalizování funkcí jsem přistoupil k samotnému zapojení obvodu. Zadávání datových slov je opět řešeno pomocí přepínače reagujícího na klávesové zkratky, který se vždy nachází buď v poloze logická 1 (5V), nebo logická 0 (zem).

Nástroj Logic Converter sám a rychle minimalizoval funkci do tvaru součtu součinů (disjunktivní tvar). Pro realizaci zapojení tedy využijeme kombinaci hradel typu negace (non), logický součin (and) a logický součet (OR). (6)

Tímto postupem jsem si vytvořil varianty $A > B$ a $A = B$ ještě zbývala varianta $A < B$, kterou jsem po krátkém zamyšlení realizoval pomocí negovaných vstupů dvou předchozích variant do logického součinu. To znamená, že pokud není datové slovo A větší než slovo B a zároveň (AND) není ani shodné, musí být logicky A menší než B.

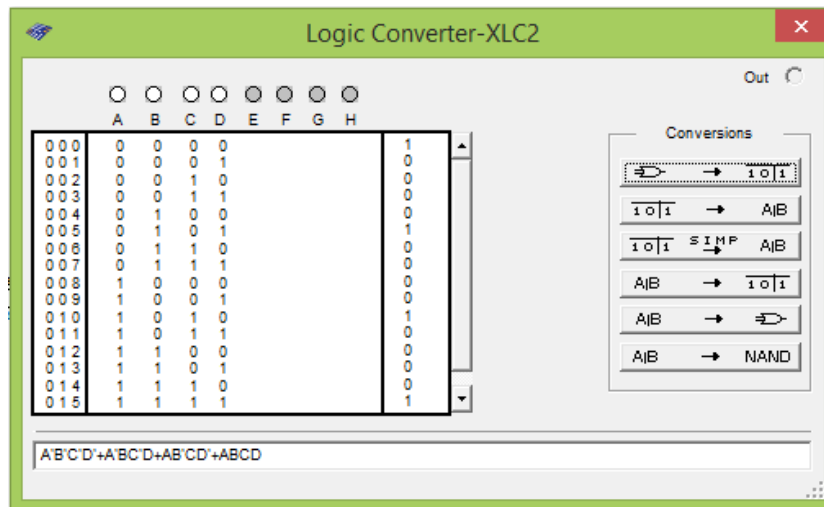
3.8.4 VYPRACOVÁNÍ VÝUKOVÉHO SIMULAČNÍHO MODELU KOMPARÁTOR 3 DATOVÁ SLOVA

Do druhého zapojení vstupuje navíc další datové slovo C. Při realizaci jsem použil první schéma a logická hradla jsem pro přehlednost vložil do subobvodu. Tento subobvod využijeme v zapojení 2x, abychom ošetřili všechny stavy, které mohou nastat. První subobvod řeší situace $A > B$, $A < B$ a $A = B$, druhý poté $A > C$, $A < C$ a $A = C$. Do obvodu jsem ještě přidal signalizace největšího datového slova. Největší datové slovo je realizováno pomocí logických součinů. Je zřejmé, že pokud je datové slovo větší než jedno i než druhé, tak že musí být největší.

U zapojování komparátorů se nevyskytl žádný závažnější problém, který by zkomplikoval realizaci toho simulačního modelu. S radostí jsem využil nástroj Logic Converter, který mi časově značně usnadnil práci.

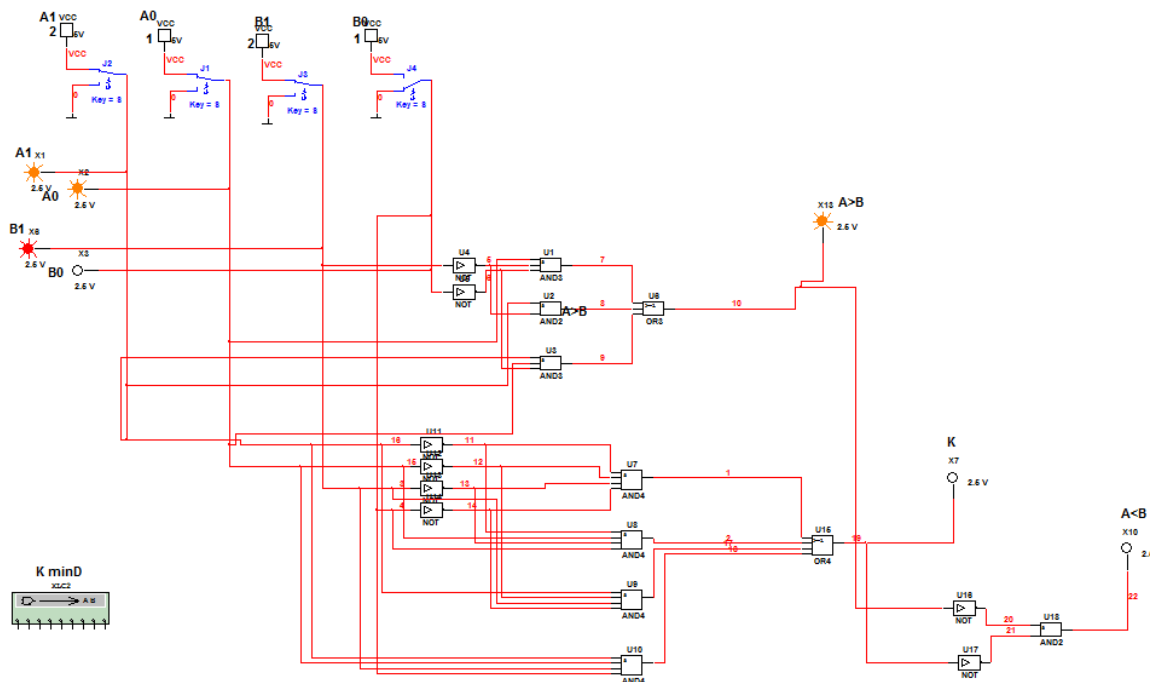
3.8.5 VÝSLEDKY SIMULACE

Na prvním obrázku jsou zobrazeny možnosti komponenty Logic Converter.



Obrázek 12 - využití logic converter

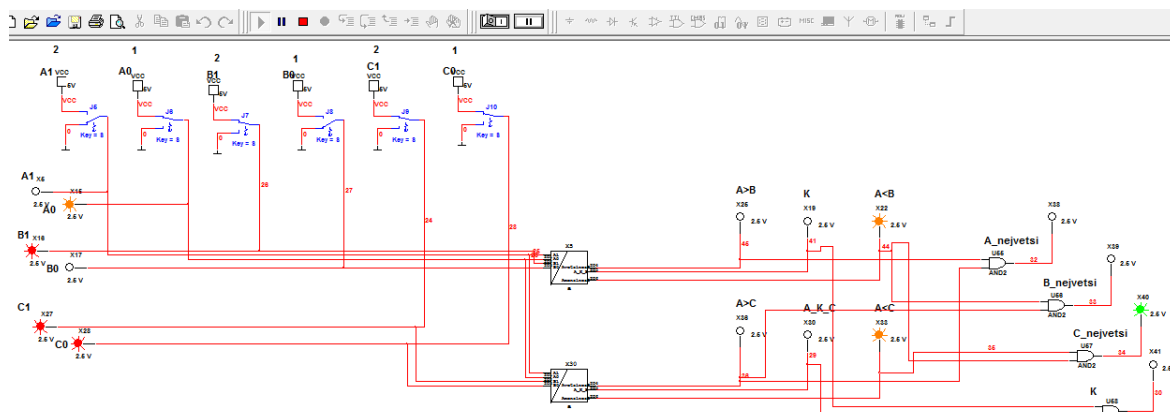
Obrázek zachycuje minimalizování funkce $A=B$. Pro obě datová slova jsem naklikal všechny možnosti které mohou nastat a u možností kdy se $A=B$ jsem nastavil na výstupu hodnotu logická 1. Po kliknutí na tlačítko minimalizace se v dolní části objevil minimalizovaný disjunktivní stav (tzv. součet součinů). Obdobně vypadala minimalizace pro ostatní varianty rovností. Pro ověření prvního simulačního modelu, do kterého vstupují dvě slova, jsem porovnával datové slovo A (hodnota 3) s datovým slovem B (hodnota 2).



Obrázek 13 - ověření komparátoru (2 datová slova)

Na obrázku je vidět že se rozsvítila led dioda u možnosti A>B, což je správně. Ověření jsem provedl na více hodnotách, abych ověřil i možnosti rovnosti a A<B. Vše je zachyceno v příložené animaci.

Ověřování pro komparátor tří datových slov probíhal obdobným způsobem. Na obrázku je nastaveno datové slovo A na hodnotu 1, datové slovo B na hodnotu 2 a datové slovo C na hodnotu 3.



Obrázek 14 - ověření komparátoru (3 datová slova)

Na výstupu je vidět rozsvícení diod: C největší, A<B a A<C. Tento výsledek je rovněž správný.

3.8.6 SADA OTÁZEK PRO AUTOTEST

Otázka číslo: 1

Mezi základní operace s logickými proměnnými patří:

- logický součet, logický rozdíl, negace
- negace, logický součet, logický součin
- logický součet, minimalizace, negace

správná odpověď: b) negace, logický součet, logický součin

Otázka číslo: 2

Při součtu proměnné A a 0 (A+0) je výsledek:

- A
- 0
- nelze určit

správná odpověď: C) nelze určit

Otázka číslo: 3

Při logickém součinu proměnné A a negace A ($A \cdot \text{neg}A$) je výsledek:

- a) 0
- b) 1
- C) nelze určit

správná odpověď: a) 0

Otázka číslo: 4

Pokud je při logickém součtu jedna z proměnných 0, bude výsledek:

- a) 0
- b) 1
- c) nelze určit pouze z jedné proměnné

správná odpověď: c) nelze určit pouze z jedné proměnné

Otázka číslo: 5

K minimalizaci logických funkcí se používá:

- a) Hammingův kód
- b) Shannonův rozklad
- c) Karnaughova mapa

správná odpověď: c) Karnaughova mapa

Otázka číslo: 6

Na výstupu číslicového komparátoru se objeví logická 1 pokud:

- a) datová slova se shodují ve všech bitech
- b) datová slova se neshodují ve všech bitech
- c) datová slova se shodují právě v 1 bitu

správná odpověď: a) datová slova se shodují ve všech bitech

Otázka číslo: 7

Využití číslicového komparátoru je:

- a) ke sčítání datových slov
- b) porovnání datových slov
- c) k odčítání datových slov

správná odpověď: b) porovnání datových slov

Otázka číslo: 8

Činnost kterou nevykonává inteligentní komparátor je:

- a) porovnávání datových slov
- b) signalizace většího datového slova
- c) sčítání datových slov

správná odpověď: c) sčítání datových slov

4 ZÁVĚR

Tématem mé bakalářské práce bylo vytvořit komponenty pro elektronický kurz Příklady Technika počítačů 1. Zaměřil jsem se především na tvorbu cvičení, animací a autotestů. Myslím, že jsem cíl své bakalářské práce splnil v plném rozsahu a vím, že jsem jednotlivá zapojení a komponenty vytvářel tak, jak jsem dovedl nejlépe. Motivací k nejlepšímu výsledku mi nebylo pouze úspěšné splnění podmínek bakalářské práce, ale také vědomí že mnou vytvořené komponenty mohou pomoci při studiu budoucím studentům na Katedře výpočetní a didaktické techniky Fakulty pedagogické ZČU v Plzni.

Bakalářská práce je rozdělena do čtyř kapitol. Druhá kapitola obsahuje popis programů, ve kterých byly komponenty vytvářeny. Jedná se o kapitolu podstatně kratší. Délka kapitoly je záměrná, neboť cílem mé bakalářské práce nebylo zdlouhavě popisovat jednotlivé programy a jejich možnosti. Zároveň by ale nebylo vhodné tyto informace vynechat úplně, tak jsem zvolil stručnější popis.

Třetí kapitola je těžištěm mé práce, protože pojednává o vytváření simulačních modelů. Jednotlivé simulační modely jsou seřazeny chronologicky, tak jak jsou probírány během semestru v předmětu Technika počítačů 1. Každý model je zařazen do samostatné podkapitoly, což dle mého názoru zvyšuje přehlednost a orientaci v mé práci. Podkapitoly obsahují základní teorii a principy fungování jednotlivých modelů a dále pak popis zapojování a ověření funkčnosti. V závěru každého probíraného modelu je zařazen autotest, ve kterém jsou testové otázky spojené s konkrétní problematikou, která se k simulačnímu modelu váže.

Na začátku své bakalářské práce jsem se obával, že nebude dostatek odborných informací a materiálů k mému tématu. Po bližším hledání informací jsem objevil mnoho cenných zdrojů, které mi pomohli tuto práci zpracovat. Pracoval jsem pouze s odbornými a ověřenými informacemi.

Věřím, že jsem se svého úkolu zhostil ve vší vážnosti a že jsem tuto bakalářskou práci vyhotovil v pořádku jak po stránce obsahové, tak i gramatické. Jsem přesvědčen, že tento odborný text bude vhodným informačním materiálem pro budoucí studenty, kteří si vyberou stejný studijní obor, jaký jsem si vybral v minulosti já.

5 RESUMÉ

The topic of my thesis was to create components for e-rate examples TCHP1. The work is focused on creating exercises, animations and tests. The work is divided into four chapters.

The first chapter contains a description of the thesis. Furthermore, the definition of objectives and results.

The second chapter describes the software that was needed to create all the components. Chapter describes these programs: Multisim, Adobe Captivate and ProAuthor.

The third chapter is the most important, because it contains a description of the creation of simulation models. Each model is discussed in a separate subsection. Subchapter contains important theory, principles, description schemes and validation of the model. This is especially the A/D and D/A converters, flip-flops and involvement of implementing arithmetic operations.

The final chapter contains a description of the assessment of writing my thesis.

6 SEZNAM LITERATURY A OSTATNÍCH ZDROJŮ

- [1] MICHALÍK, Petr a Pavel BENAJTR. ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI. Multisim NI 10. 2011 Dostupné z: <http://www.kvd.zcu.cz/cz/materialy/msm/msm/msm/index.htm>
- [2] SEMRÁD, P., MICHALÍK, P. Číslicové prvky a systémy[online]. Verze 1. 08.03.2007. Dostupné z <http://www.kvd.zcu.cz/cz/materialy/cps/cps/cps/index.htm>
- [3] ČURDOVÁ, Dagmar a Petr VELECH. SPŠ A SOU TRUTNOV. Multisim: Simulace a analýza číslicových obvodů. Trutnov, 2005, 33 s. Dostupné z: <files.ein-coptkm.webnode.cz/200000051.../multisim-cislicove-obvody.pdf>
- [4] e-learningový portál SPŠ Dopravní a.s. Kybernetika: Převodníky. 6.9.2011, 89 s. Dostupné z: [e-learning.sps-dopravni.cz/mod/resource/view.php?id=2285](http://dopravni.cz/mod/resource/view.php?id=2285)
- [5] HÁZE PH.D, Doc. Ing. Jiří, Prof. Ing. Radimír VRBA CSC, Doc. Ing. Lukáš FUJCIK PH.D a Ing. Ondřej SAJDL PH.D. FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Teorie vzájemného převodu analogového a číslicového signálu. Brno, 10.2.2010, 139 s. Dostupné z: https://www.umel.feec.vutbr.cz/MTVP/prednasky/AD_DA_scripta.pdf
- [6] MATOUŠEK, David. Číslicová technika: základy konstruktérské praxe. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2001, 207 s. ISBN 80-730-0025-3.
- [7] NATIONAL INSTRUMENTS. Multisim™: User Guide. 2007, 713 s. Dostupné z: <http://www.ni.com/pdf/manuals/374483a.pdf>
- [8] Amatérské radio: pro konstruktéry. Praha: Naše vojsko, 1989, XXXVIII, č. 5. ISSN index: 46044.
- [9] GEBAUER, Jan. VŠB - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava ADOBE CAPTIVATE 5.5: Metodická příručka. první, 2011. Ostrava, 2011, 27 s. Dostupné z: http://www.person.vsb.cz/cz/kurzy/Captivate%205_5%20Strucny%20pruvodce.pdf
- [10] JIŘINA, CSC., Ing. Marvel, Ing. Eduard KOTTEK, a Ing. Vladimír KRÁTKÝ, CSC. SNTL. Kurs: navrhování číslicových obvodů. první. Praha: SNTL, 1988. ISBN 04-516-88. 11) coptel - cit
- [11] CHLUBNÝ, Ing. Jaroslav. COPTTEL - Elektrotechnika. Výukové materiály: Číslicová technika [online]. 2009, č. 1 [cit. 2014-04-01]. Dostupné z: <http://copttel.coptkm.cz/index.php?action=2&doc=36093&docGroup=167&cmd=0&instance=1>
- [12] REK, Tomáš. UNIVERZITA PARDUBICE Fakulta elektrotechniky a informatiky Analyzátor AD převodníků. 2009, Pardubice. Dostupné z: https://dspace.upce.cz/bitstream/10195/34869/1/RekT_Analyzator_AD_MH_2009.pdf. Bakalářská práce. Fakulta elektrotechniky a informatiky - Univerzita Pardubice. Vedoucí práce Ing. Martin Hájek.
- [12] ZEMAN, Pavel. ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI. Analogové prvky a systémy. 2012. Dostupné z: <http://www.kvd.zcu.cz/cz/materialy/aps/aps/aps/index.htm>

7 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1 - prostředí programu Multisim	2
Obrázek 2 - prostředí programu Captivate	4
Obrázek 3 - pracovní prostředí Proauthor	5
Obrázek 4 - ověření binární sčítačky	10
Obrázek 5 - ověření D/A převodníku	15
Obrázek 6 - nastavení počátečních podmínek	20
Obrázek 7 - ověření integračního převodníku	21
Obrázek 8 - ověření paralelního převodníku	26
Obrázek 9 - ověření sledovacího převodníku	30
Obrázek 10 - ověření modulu m čítače.....	34
Obrázek 11 - ověření binární násobičky.....	39
Obrázek 12 - využití logic converter	44
Obrázek 13 - ověření komparátoru (2 datová slova)	44
Obrázek 14 - ověření komparátoru (3 datová slova)	45
Tabulka 1 - pravidla pro binární sčítání.....	7
Tabulka 2 - pravidla pro přenos.....	7
Tabulka 3 - hodnota datového slova.....	8
Tabulka 4 - jednotkový doplněk.....	9
Tabulka 5 - binární odčítání.....	9
Tabulka 6 - pravdivostní tabulka	25
Tabulka 7 - dekadické násobení	37
Tabulka 8 - binární násobení	37
Tabulka 9 - násobení 4x3 bitů	37

8 PŘÍLOHY

Veškeré materiály k bakalářské práci jsou uloženy na přiloženém CD. Konkrétně se jedná o:

- 1) Animace ve formátu cp a swf
- 2) Simulační modely v programu Multisim ve formátu ms10
- 3) Použité obrázky ve formátu png
- 4) Text BP ve formátech docx a pdf
- 5) Cvičení v programu Proauthor