

# **Časovače a jejich konstrukce**

## **Timers and their construction**

Jan Šimara

---

Bakalářská práce  
2010

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2009/2010

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan ŠIMARA**  
Osobní číslo: **A07103**  
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**

Téma práce: **Časovače a jejich konstrukce**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte přehled v současnosti dostupných časovačů.
2. Porovnejte vybrané časovače.
3. Navrhněte časový spínač na základě pokynů vedoucího práce.
4. Navržený časový spínač prakticky realizujte.



Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. HÁJEK, J. Časovač 555 – praktická zapojení. Praha: AA / BEN, 2004. 128 s. ISBN 80-901984-1-4
2. MATOUŠEK, D. Číslicová technika. Praha: BEN, 2004. 208 s. ISBN 80-7300-025-3
3. ANTOŠOVÁ, M.; DAVÍDEK V. Číslicová technika. České Budějovice: KOPP, 2006. 286 s. ISBN 80-7232-207-9
4. JURÁNEK, A. MultiSIM — elektronická laboratoř na PC. Praha: BEN, 2008. 288 s. ISBN 978-80-7300-194-0
5. BASTIAN, P. Praktická elektrotechnika. Praha: Europa-Sobotáles, 2004. 296 s. ISBN 80-86706-07-9

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lubomír Macků, Ph.D.**  
Ústav elektroniky a měření

Datum zadání bakalářské práce: **5. března 2010**

Termín odevzdání bakalářské práce: **1. června 2010**

Ve Zlíně dne 5. března 2010

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*děkan*



doc. Ing. Ivan Zelinka, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

## ABSTRAKT

Obsah této bakalářské práce se věnuje tématu časovačů a jejich praktické konstrukci. Práce má za úkol vyhledat a porovnat dostupné časovače, což je provedeno v teoretické části. Porovnány jsou technologie TTL a CMOS. Dále jsou představeni hlavní distributoři časovačů 555, sepsány konkrétní nabídky a srovnány jednotlivé typy časovačů 555. Praktická část se věnuje praktické konstrukci časovacího zařízení za použití časovače 555, jako jádra celého zařízení.

**Klíčová slova:** časovač, technologie TTL, technologie CMOS, NE555, ICM7555, TS555, impulzní generátor, simulace

## ABSTRACT

The bachelor thesis deals with the issue of timers, their construction and the usage in practical purposes. In the theoretical part the author searches and compares the available timers, and the TTL and CMOS technologies. In addition are presented the major distributors of the timers 555, are elaborated the offers and compared the exact types of the timers 555. In the practical part is described the construction of the timing device with the help of the timer 555 as a core of the whole device.

**Keywords:** timer, technology TTL, technology CMOS, NE555, IMC7555, TS555, impulse generator, simulation

Upřímně děkuji vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Lubomírovi Macků Ph.D. za odborné vedení, podporu, cenné podněty a připomínky, poskytované v průběhu zpracování této práce.

**Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Prohlašuji,**

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....  
podpis diplomanta

**OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 ČASOVAČ 555</b> .....	<b>11</b>
1.1 BLOKOVÉ ZAPOJENÍ.....	12
1.1.1 Označení vývodu v češtině a angličtině .....	13
1.2 ZÁKLADNÍ ZAPOJENÍ S ČASOVAČEM 555 .....	14
1.2.1 Astabilní klopný obvod .....	14
1.2.2 Monostabilní klopný obvod .....	15
<b>2 DOSTUPNÉ ČASOVAČE NA TRHU</b> .....	<b>16</b>
2.1 GM ELECTRONIC .....	16
2.2 TM ELECTRONIC .....	17
2.3 SOS ELECTRONIC .....	17
2.4 POROVNÁNÍ PŘEDSTAVENÝCH DISTRIBUTORŮ.....	18
<b>3 TECHNOLOGIE TTL A CMOS</b> .....	<b>19</b>
3.1 TECHNOLOGIE TTL .....	19
3.2 TECHNOLOGIE CMOS .....	21
3.3 POROVNÁNÍ TTL A CMOS .....	22
<b>4 POROVNÁNÍ DOSTUPNÝCH ČASOVAČŮ</b> .....	<b>24</b>
4.1 NE555, SE555 .....	24
4.2 ICM7555 .....	25
4.3 TS555 .....	26
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>28</b>
<b>5 ZDROJ HODINOVÉHO SIGNÁLU</b> .....	<b>29</b>
5.1 IMPULZNÍ GENERÁTOR.....	29
5.2 ELEKTRICKÉ IMPULZNÍ GENERÁTORY .....	29
5.2.1 Jednoduchý impulzní generátor .....	29
<b>6 SIMULACE</b> .....	<b>32</b>
6.1 SCHÉMA ZAPOJENÍ V MULTISIMU .....	32
6.1.1 Automatické čítání času .....	33
6.1.2 Manuální nastavení času .....	35
6.2 VYHODNOCENÍ ČASOVÁNÍ.....	36
6.3 FINÁLNÍ VÝSTUP.....	37
<b>7 REÁLNÁ KONSTRUKCE</b> .....	<b>38</b>
7.1 OŽIVENÍ 7SEGMENTOVEK .....	38
7.2 FILTRAČNÍ A BLOKOVACÍ KONDENZÁTORY .....	39
7.3 PULL-UP A PULL-DOWN REZISTORY .....	39
7.4 NÁVRH PLOŠNÉHO SPOJE .....	40
<b>8 POUŽITÉ SOUČÁSTKY</b> .....	<b>42</b>
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>44</b>
<b>ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ</b> .....	<b>45</b>

<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>46</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>48</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>49</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>50</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>51</b>



## ÚVOD

Časovače jsou všudypřítomná zařízení, která jsou ve většině elektromechanických a elektronických přístrojů, najdeme je i v mechanických zařízeních. Jejich konkrétní využití je nepřehledné množství. Ať už jde o řízení doby osvětlení na chodbách, časování v domácích spotřebičích nebo časovače přímo v mikroprocesoru, všechny tyto přístroje nutně potřebují nějaký druh časování.

Možností jejich konstrukce je široké spektrum, od mechanických přes elektromechanické a digitální až k časovačům přímo integrovaným do procesorů. Uplatnění nalézají všechny výše uvedené typy. Určitě si nebudeme odměřovat dobu vaření na digitálních stopkách, ale spíše použijeme mechanický kuchyňský časovač s výstražným zvoněním při dosažení požadovaného času.

Konstrukce časovače na plošném spoji může využít již zmíněného mikroprocesoru nebo integrovaných logických obvodů. Pokud použijeme mikroprocesor, časování v podstatě programujeme a to většinou jazykem symbolických adres, nazývaném assembler. Při použití integrovaných logických obvodů je nezbytný přesný zdroj hodinového signálu, který zajistíme krystalem, pasivní elektronickou součástí pracující jako rezonátor o velmi přesné frekvenci, nebo velmi známým a rozšířeným elektronickým obvodem 555, příhodně zvaným časovač 555. Tento integrovaný obvod má mnoho využití. Pro funkci zdroje hodinového signálu použijeme zapojení jako astabilní klopný obvod.

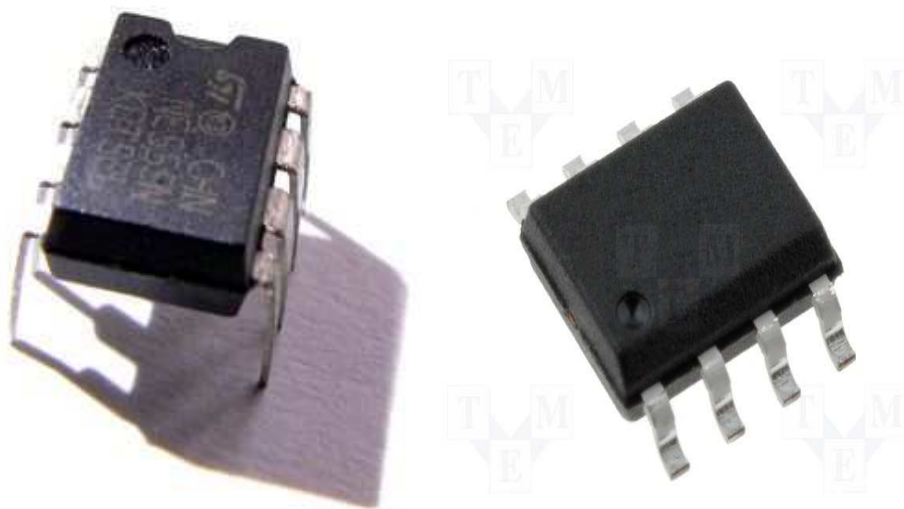
Druhou fází konstrukce časovače pomocí integrovaných logických obvodů je návrh logiky řízení. Existuje množství možností, jak provést řízení. Nejběžnějším způsobem je nastavení určité hodnoty do kaskádově řazených čítačů. Po následném spuštění a odečítání této hodnoty podle hodinového signálu je časování dokončeno v okamžiku dosažení nuly na všech čítačích. Druhou možností může být nastavení času do jedněch čítačů a následném porovnání s čítači, jež pracují jako hodiny od okamžiku spuštění. V této bakalářské práci je použita druhá varianta logiky řízení.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 ČASOVAČ 555

V roce 1972 uvedla firma Signetics na trh časovač 555. V průběhu dalších let ho začalo vyrábět mnoho firem, tento obvod se rozšířil do celého světa. Jedná se o zdařilou konstrukci časovacího obvodu s analogovou a číslicovou částí, která je integrovaná na jednom čipu. Tento obvod byl vyvinut jako taktovač, časem se však ukázalo, že se dá použít i v mnoha jiných zapojeních a plnit rozmanitou škálu funkcí.

Na počátku se vyráběl pomocí bipolárních logických obvodů, též TTL. Dnes je dostupný i jako CMOS. Sehnat 2, dokonce i 4 časovače 555 v jednom pouzdře není žádný problém. Z hlediska konstrukce se vyrábí jako Dip a také SMD, jelikož je tato technologie výroby plošných spojů dnes velkým trendem. Porovnání těchto dvou provedení můžeme vidět na obrázku (obr. 1). Technologie Dip spočívá v tom, že desku plošného spoje provrtáme na určených místech, těmi prostrčíme součástku a z druhé strany zapájíme. Technologie SMD odbourává vrtání (Hájek, 2004).

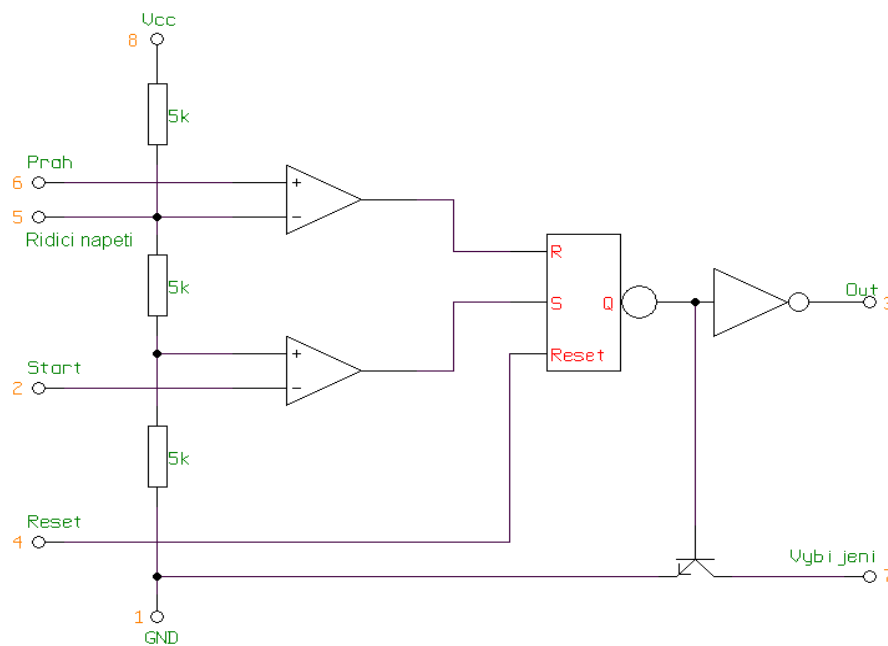


Obr. 1. Časovač 555 DIP a SMD

Tak jako u všech ostatních integrovaných obvodů, je cena časovače 555 velmi nízká. A to v jednotkách korun. Díky tomu si může experimentování s tímto obvodem dovolit naprosto každý.

## 1.1 Blokové zapojení

Blokové schéma časovače 555 se skládá z napěťového děliče, dvou komparátorů, paměťového klopného obvodu, výkonového koncového stupně a ze spínacího tranzistoru. Na obrázku (obr. 2) máme blokové zapojení, které je zjednodušením vnitřního zapojení a je vhodnější pro vysvětlení funkce. Hlavními vstupy zapojení jsou vstupy dvou operačních zesilovačů, zapojených jako komparátory. Výstupy těchto komparátorů jsou připojeny na vstupy klopného obvodu RS (reset-set), ten má ještě vstup pro nulování. Výstup tohoto klopného obvodu je propojen se vstupem s koncovým výkonovým stupněm, jehož výstup je vyveden a tvoří hlavní výstup časovače 555 (Hájek, 2004).



Obr. 2. Blokové schéma časovače 555

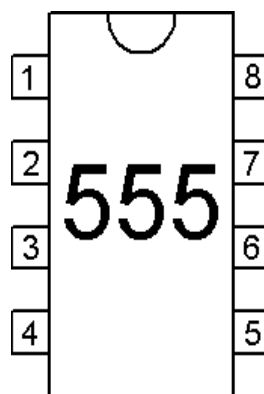
Vývody 1 a 8 slouží pro napájení, na vývod 8 přijde kladný pól a na vývod 1 záporný. Výhodou je, že může být použit i nesymetrický zdroj napětí. Pro klasickou verzi TTL by mělo být napájecí napětí od 4,5V do 18V, u verze CMOS může být napájecí napětí i nižší. Výstupem je vývod 3, který dokáže dodat proud až 200mA díky vnitřnímu zesilovači. Připojením záporného pólu napájení na vývod 4 se zablokuje funkce celého časovače. Pokud není potřeba funkci reset využívat, připojí se vývod 4 trvale na kladný pól napájecího napětí. Napěťový dělič, obsahující tři stejné odpory rozdělí napětí na třetiny.

Tím pádem se na vývodu 5 nachází 2/3 napájecího napětí. Nebude-li potřeba měnit poměr těchto napětí, je vhodné na vývod 5 připojit kondenzátor 10nF na zem, pokud jde o verzi CMOS je připojení kondenzátoru dokonce povinností (Hájek, 2004).

Vývody 2 a 6 slouží nepřímo k ovládní RS klopného obvodu (RSKO), napětíové úrovně na těchto vývodech jsou porovnávány komparátory s 1/3 a 2/3 napájecího napětí ( $V_{cc}$ ). Klesne-li napětí na vstupu 2 pod 1/3  $V_{cc}$ , přepne se RSKO do log.H (napětí alespoň 2,5V). To samé se děje na vstupu 6 s opačným efektem. Přesáhne-li napětí na vstupu 6 (práh) 2/3  $V_{cc}$ , RSKO se překloupí do log.L. Zároveň se otevře tranzistor a na vývodu 7 dostaneme záporné napětí, čehož se nejčastěji využívá právě k vybití kondenzátoru (Hájek, 2004).

### 1.1.1 Označení vývodu v češtině a angličtině

Při praktické konstrukci je velice důležité znát rozložení vývodů a také jejich anglická označení.



*Obr. 3. Označení  
vývodů časovače*

555

- 1 – zem – GND
- 2 – spouštění – TRIGGER
- 3 – výstup – OUTPUT
- 4 – resetování – RESET
- 5 – řídicí napětí - CONTROL VOLTAGE

6 – práh - TRESHHOLD

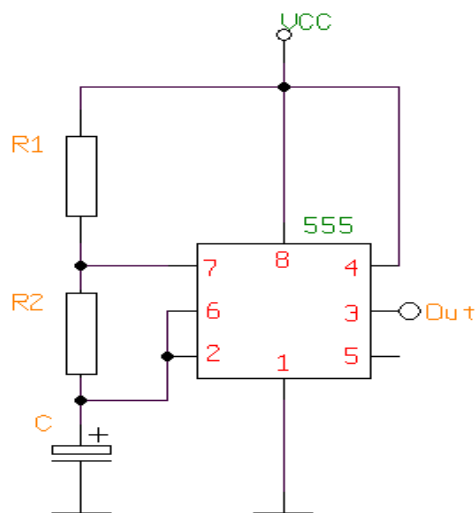
7 – vybíjení - DISCHARGE

8 – napájecí napětí – Vcc

## 1.2 Základní zapojení s časovačem 555

Zapojení s časovačem 555 jsou obrovská množství, jedná se ovšem o modifikaci dvou základních zapojení. Z tohoto důvodu jsou uvedena tato dvě zapojení.

### 1.2.1 Astabilní klopný obvod



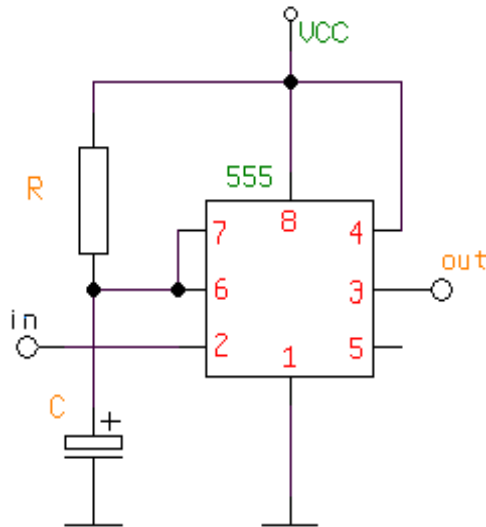
Obr. 4. Astabilní klopný obvod

U tohoto zapojení pracuje časovač 555 jako multivibrátor. Po připojení Vcc se začne nabíjet kondenzátor C přes rezistory R1 a R2. Během tohoto procesu je na výstupu log. L (zesilovač invertuje signál z RSKO). Vstupy 2 a 6, jež jsou spojeny, kontrolují napětí na kondenzátoru. Jakmile dosáhne  $2/3 V_{cc}$ , dojde k překlopení RSKO a na vývodu 7 se objeví nulové napětí. V tomto okamžiku se začne kondenzátor vybíjet přes odpor R2 až do doby, kdy jeho napětí klesne na  $1/3 V_{cc}$ . RSKO se překlopí a kondenzátor se začne opět nabíjet přes rezistory R1 a R2. Tento děj se stále opakuje, pokud je připojeno napájecí napětí. Střída výstupního signálu je 1:1, poněvadž se kondenzátor nabíjí přes R1 i R2, ale vybíjí jen přes R2 (Hájek, 2004).

Výsledná frekvence je vyjádřena následujícím vztahem:

$$f = \frac{1,4}{C(R_1 + 2R_2)} \quad (1)$$

### 1.2.2 Monostabilní klopný obvod



Obr. 5. Monostabilní klopný obvod

Zapojení je v klidu, RSKO má log. L, tranzistor je tedy otevřený a přes vývod 7 zkratuje kondenzátor, který se proto nemůže nabíjet. V okamžiku spouštěcího impulsu, který je připojen na vývod 2 se překlopí RSKO a kondenzátor C se začne nabíjet přes rezistor R. Ve chvíli, kdy se dosáhne napětí  $2/3 V_{cc}$  na kondenzátoru, se RSKO opět překlopí a kondenzátor se vybije. Obvod je opět v klidu až do dalšího spouštěcího impulsu (Hájek, 2004).

Doba nabíjení kondenzátoru, tedy doba, po kterou setrvává na výstupu log.L, je vyjádřena vztahem:

$$T = 1,1RC \quad (2)$$

## 2 DOSTUPNÉ ČASOVAČE NA TRHU

Jak již bylo řečeno, časovač 555 vyrábí mnoho firem. Prvním historicky známým výrobcem tohoto časovače byla firma Signetics. Poprvé uvedla obvod s označením 555 na trh v roce 1972. V této době byl časovač vyráběn technologií TTL. Tento obvod převzalo mnoho firem, které jej vyrábí v mnoha různých verzích. Nejobvyklejším označením je NE555 nebo NE556, kde jsou 2 časovače 555 v jednom pouzdře. V Rumunsku se vyráběl pod označením  $\beta$ E555. Firma Motorola jej vyráběla pod názvem MC1455 a MC3556 pro dvojité provedení. V technologii CMOS má většina těchto výrobků označení 7555 nebo 7556, nebo CM555.

### 2.1 GM electronic

GM electronic je hlavním českým zástupcem distribuce elektronických součástek na trhu. Z hlediska vzdálenosti od Zlína je nejbližší pobočka až v Brně. Sortiment této firmy je opravdu rozsáhlý, v této bakalářské práci se však jedná zejména o časovače. V nabídce najdeme velká množství časovačů 555, které jsou sepsány níže (Gme [online]).

Tab. 1. Časovače 555 od firmy GM electronic

Označení	Popis	Cena s DPH [Kč]
CM555	CMOS; DIP	7,00
CM555 SMD	CMOS; SMD	7,00
CM555ID SMD	CMOS; SMD; -40°C,+85°C	8,50
CM555IPA	CMOS; DIP; 2V,18V; -25°C,+85°C	19,90
CM556	2xCMOS; DIP	8,00
NE555	TTL; DIP	4,00
NE555 SMD	TTL; SMD	4,50
NE556	2xTTL; DIP	5,00
NE556 SMD	2xTTL; SMD	5,50
SA555 SMD	TTL; SMD; -40°C,+85°C	11,00
SA555N	TTL; DIP; -40°C,+85°C	6,94
TLC556 SMD	2xCMOS; SMD	19,00
TS555ID SMD	CMOS; SMD; nízká spotřeba	10,00
TS555IN	CMOS; DIP; -40°C,+105°C	11,00
TS556 CD SMD	2xCMOS; SMD	21,80



## 2.2 TM electronic

TM electronic, polská firma s velmi dobrým sortimentem a příznivými cenami, jeden z hlavních distributorů elektronických součástek na evropském trhu. Uvedené ceny se týkají odběru tří kusů, což je absolutní možné minimum. S vyšším odběrem součástek samozřejmě klesá i jejich cena. Tato firma však nenabízí příliš mnoho informací, nebyly nalezeny ani odkazy na příslušné datasheety, což je určitě velký nedostatek (Tme [online]).

Tab. 2. Časovače 555 od firmy TM electronic

Označení	Popis	Cena s DPH [Kč]
IMC7555IBAZ	CMOS; SMD	9,80
IMC7555IPAZ	CMOS; DIP	8,92
LMC555CM	CMOS; SMD	19,78
LMC555CN	CMOS; DIP; -40°C, +85°C	18,78
TLC555CD	CMOS; SMD	7,54
TS555CD	CMOS; SMD; nízká spotřeba	6,22
TS555CN	CMOS; DIP; nízká spotřeba	8,73
TS555IN	CMOS; DIP	6,03

## 2.3 SOS electronic

Posledním uvedeným zástupcem je slovenská firma SOS electronic. Zde je minimální odběr dvou nebo pěti kusů výrobků, jejichž ceny obsahuje tabulka (tab. 3). Nebyly však opět nalezeny datasheety k jednotlivým součástkám (SOSelectronic [online]).

Tab. 3. Časovače 555 od firmy SOS electronic

Označení	Popis	Cena s DPH [Kč]
NE555D	TTL; SMD	3,15
S555CD	CMOS; SMD	6,95
TS555	CMOS; DIP	6,95
NE555N	TTL; DIP	2,73
SA555N	TTL; DIP	3,04
TS555ID	CMOS; SMD	6,95

## 2.4 Porovnání představených distributorů

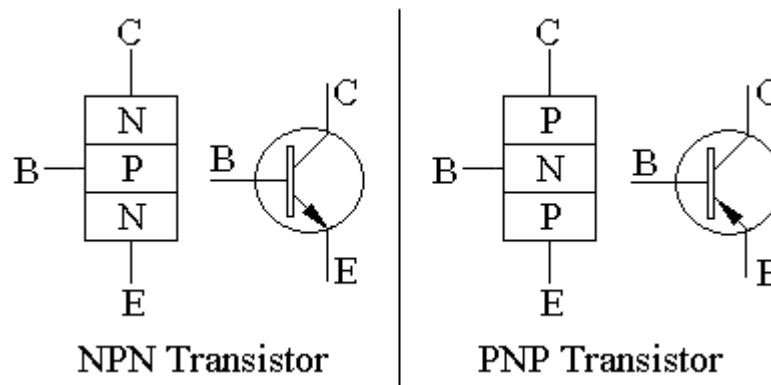
Slovenská firma SOS electronic má suverénně nejnižší ceny, ale na druhou stranu neoplývá příliš širokou nabídkou. Další nevýhodou je absence datasheetů, které k nahlédnutí nenabízí ani Polská firma TM electronic. Jednoznačně nejrozsáhlejší nabídku výrobků má na trhu český zástupce, firma GM electronic. Ceny jsou optimální a můžeme okamžitě nahlédnout do datasheetu u každé součástky. GM electronic je z těchto důvodů nejsolventnější z představených firem.

### 3 TECHNOLOGIE TTL A CMOS

V první řadě bude porovnána starší technologie TTL a novější CMOS, jelikož se vlastnosti použité technologie odrážejí ve vlastnostech daného časovače.

#### 3.1 Technologie TTL

Jedná se o bipolární technologii, využívající ke své činnosti bipolární tranzistory. Bipolární tranzistor se skládá ze tří polovodičových vrstev, řazených za sebou při střídání typu vodivosti. Rozlišujeme tranzistory typu NPN a PNP.



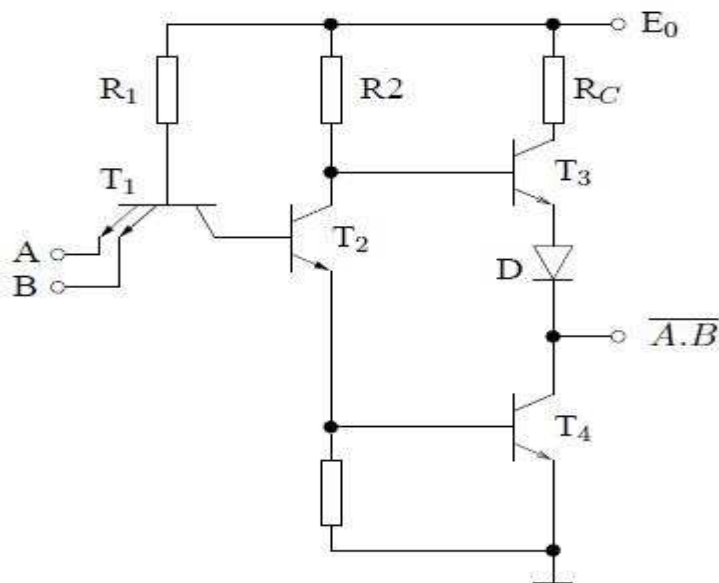
Obr. 6. Tranzistor NPN a PNP

Tranzistor má tři elektrody: emitor (E) emituje (vysílá) nosiče náboje, báze (B) řídí emisi nosičů náboje a kolektor (C) sbírá emitované el. náboje. Tranzistor obsahuje dva PN přechody, přičemž přechod B-E je pólován v propustném a přechod B-C v závěrném směru (Bastián, 2004).

Malý proud do báze  $I_B$  vyvolá v emitoru emisi majoritních nosičů náboje a velký proud emitoru  $I_E$ . Tyto nosiče náboje projdou tenkou vrstvou báze, takže nestačí zrekombinovat, jsou přitahovány kolektorovým napětím ke kolektoru a vytvoří kolektorový proud  $I_C$ . Malá změna proudu báze (řídícího výkonu) přitom vyvolá v tranzistoru velkou změnu kolektorového proudu (výstupního výkonu), dojde k zesílení proudu i výkonu. Poměr kolektorového a bázového proudu se nazývá proudový zesilovací činitel tranzistoru  $\beta$  (Bastián, 2004).

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \quad (2)$$

Technologie TTL pracuje na základě tranzistorových obvodů s tranzistorovou logikou (Tranzistor Tranzistor Logic). Logika je tvořena tranzistorem s vícenásobným emitorem, který umožňuje vytvářet logické funkce. Princip činnosti je vysvětlen na elementárním prvku TTL, což je logický obvod NAND (Bastián, 2004).



Obr. 7. NAND technologii TTL

Pokud je na jeden emitor vstupního tranzistoru přivedena log.0, začne tímto emitorem protékat proud v předním směru. Tranzistor T1 se otevře a z báze tranzistoru T2 je velmi rychle odveden přebytečný náboj přes nízkou impedanci otevřeného tranzistoru T1. Díky tomu je dosaženo velmi vysoké spínací rychlosti. Pokud je připojena log.1 na všechny emitory vstupního tranzistoru T1, bude pracovat v inverzním režimu. To znamená, že se zamění funkce emitoru a kolektoru. Spojením báze přes otevřený přechod báze-kolektor tranzistoru T1 se otevře tranzistor T2. Ten je polarizovaný v propustném směru přes odpor R1 se zdrojem napájecího napětí (Bastián, 2004).

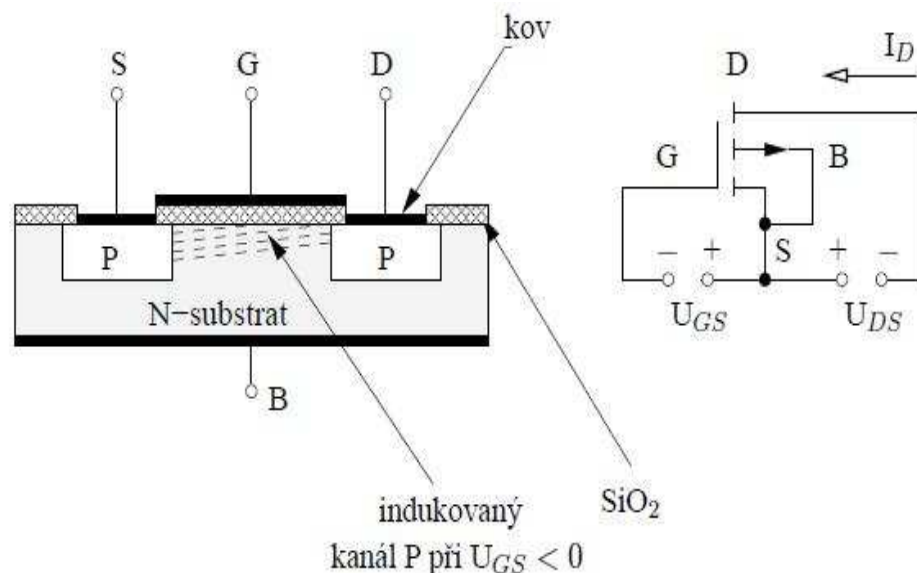
Výstupní obvod je zapojen jako sériový dvojčinný stupeň, který je buzen tranzistorem T2 v zapojení jako fázový invertor. Jestliže nebude T2 vybuzen (alespoň

jeden ze vstupů má log.0), zůstane tranzistor T2 a také tranzistor T4 zavřený. T3 dostává kladné napětí a otevře se, na výstupu je kladné napětí, to je log.1.

Když je na všech vstupech tranzistoru T1 log.1, tranzistor T2 je buzen a otevře se. Na emitoru T2 vzroste napětí tak, že se T4 otevře, zatímco na kolektoru T2 potenciál klesne tak, že předpětí pro tranzistor T3 z důvodu úbytku napětí na diodě D nestačí tranzistor T3 vybudit a proto se uzavře. Na výstupu přes tranzistor T4 se tak objeví napětí blízké 0V, to je log.0 (Bastián, 2004).

### 3.2 Technologie CMOS

Technologie CMOS používá tranzistory unipolární. Unipolární tranzistor se skládá z křemíkového monokrystalu vodivosti N nebo P (substrát), v němž je difúzí vytvořen kanál tak, aby měl vodivost opačného typu než substrát. Podle typu dotace rozlišujeme tranzistory FET s kanálem N a FET s kanálem P. Koncové elektrody kanálu se nazývají source S (emitor - zdrojová elektroda) a drain D (kolektor - sběrací elektroda). Substrát musí být spojen se source. Gate se proti kanálu izoluje, aby neprocházela žádný proud mezi G a S (Bastián, 2004).

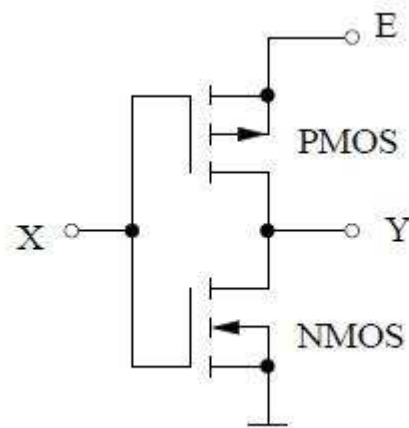


Obr. 8. Struktura tranzistoru MOS s obohacováním kanálu P

Princip činnosti spočívá ve vytváření a rozšiřování vodivého kanálu mezi emitorem S a kolektorem D, vlivem příčného elektrického pole, vyvolaného přivedením napětí na

hradlo G. Činnost obohacovacího typu MOSFET s kanálem N je analogická, s tím rozdílem, že polarity proudů a napětí budou opačné (kladné), šipka ve schematické značce bude mít opačný směr (Bastián, 2004).

Technologie CMOS (Complementary MOS) je technologie, která vychází z použití obou tranzistorů PMOS i NMOS. Oba druhy tranzistorů se střídají ve funkci řízeného zatěžovacího tranzistoru a spínacího tranzistoru.



*Obr. 9. Zapojení invertoru  
v technologii CMOS*

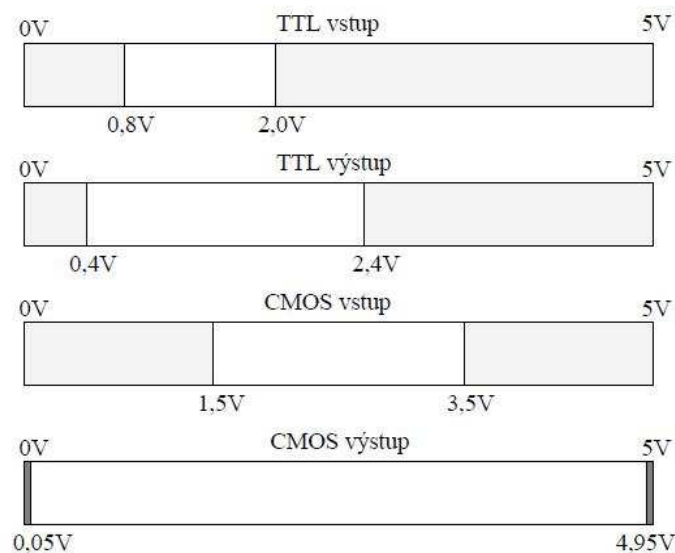
Pokud je signál na vstupu X log.1, je vodivý (zapnutý) tranzistor NMOS a tranzistor PMOS naopak vypnutý, pak je na výstupu Y log.0. Při log.1 na vstupu X je tranzistor PMOS zapnutý a tranzistor NMOS vypnutý. Na výstupu Y se objeví log.1.

Tranzistory tedy fungují jako spínače, které přepínají výstup buď na napájecí napětí, nebo k zemi. Jestliže nezatěžujeme výstup takového obvodu, je jeho spotřeba v klidovém stavu prakticky nulová.

### 3.3 Porovnání TTL a CMOS

Technologie TTL, využívající ke své činnosti bipolární tranzistory, má oproti technologii CMOS (využívající tranzistory unipolární) vyšší rychlost, avšak také větší spotřebu. Nejdůležitějším faktorem je možnost integrace, která je u technologie CMOS

mnohem vyšší. Z tohoto důvodu je CMOS technologie spojena s bouřlivým vývojem osobních počítačů. Jedině díky vysoké integraci, dosahované touto technologií, je možné vyrábět dnešní personální počítače.



Obr. 10. Napěťové úrovně TTL a CMOS

Díky extrémně nízkému příkonu, dobré šumové imunitě, slučitelnosti s obvody TTL, širokému rozmezí napájecího napětí, velkému pracovnímu rozsahu teplot a velkému logickému zisku došlo k obrovskému rozšíření obvodů CMOS a k jejich převládnutí na trhu. Tato technologie je dosud nejpoužívanější technologií ze všech.

## 4 POROVNÁNÍ DOSTUPNÝCH ČASOVAČŮ

### 4.1 NE555, SE555

NE555 je původní verze časovače 555. Jedná se o provedení v TTL, z čehož vycházejí vlastnosti časovače. Tento obvod se vyrábí také ve dvojité verzi (dva časovače v jednom pouzdru) pod označením NE556 a dokonce ve verzi, kde jsou 4 tyto časovače v jednom pouzdru – NE558. Pro nepříznivé pracovní podmínky, zejména teplotu, se vyrábí verze SA555 a SE555, která vydrží teploty od  $-55^{\circ}\text{C}$  do  $125^{\circ}\text{C}$ . Maximální pracovní frekvence je nad 500kHz. Obvody jsou dostupné jak v provedení DIP, tak i SMD (Gme [online]).

Tab. 4. Charakteristické údaje NE555

Parametr	Podmínky	Min	Typ	Max	Jednotka
Napájecí napětí		4,5		16	V
Proudový odběr	V <sub>cc</sub> =5V V <sub>cc</sub> =15V		3 10	5 12	mA
Rozhodovací úroveň (555 pin 6)	V <sub>cc</sub> =5V V <sub>cc</sub> =15V	2,4 8,8	3,33 10,0	4,2 11,2	V
Proud do pinu č.6 (555)			0,1	0,25	uA
Resetovací napětí (555 pin 4)	V <sub>cc</sub> =15V	0,3		1,0	V
Resetovací proud (555 pin 4)		0,1		1,5	mA
Výstupní napětí - L	V <sub>cc</sub> =15V I=10mA I=100mA I=200mA V <sub>cc</sub> =5V I=5mA I=8mA		0,1 2,0 2,5	0,25 2,5	V
Výstupní napětí - H	V <sub>cc</sub> =15V I=100mA I=200mA V <sub>cc</sub> =5V I=100mA	12,75 2,75	13,3 3,3	12,5	V
Sestupná hrana na výstupu			100	300	ns
Náběžná hrana na výstupu			100	300	ns
Teplotní rozsah		0		+70	°C



Tab.5.Charakteristické údaje SE555

Parametr	Podmínky	Min	Typ	Max	Jednotka
Napájecí napětí		4,5		18	V
Proudový odběr	V <sub>cc</sub> =5V V <sub>cc</sub> =15V		3 10	6 15	mA
Rozhodovací úroveň (555 pin 6)	V <sub>cc</sub> =5V V <sub>cc</sub> =15V	2,7 9,4	3,33 10,0	4,0 10,6	V
Proud do pinu č.6 (555)			0,1	0,25	uA
Resetovací napětí (555 pin 4)	V <sub>cc</sub> =15V	0,3		1,0	V
Resetovací proud (555 pin 4)		0,1		1,0	mA
Výstupní napětí - L	V <sub>cc</sub> =15V I=10mA I=100mA I=200mA V <sub>cc</sub> =5V I=5mA I=8mA		0,1 2,0 2,5	0,15 2,5	V
Výstupní napětí - H	V <sub>cc</sub> =15V I=100mA I=200mA V <sub>cc</sub> =5V I=100mA	13,0 3,0	13,3 12,5 3,3		V
Sestupná hrana na výstupu			100	200	ns
Náběžná hrana na výstupu			100	200	ns
Teplotní rozsah		-55		+125	°C

## 4.2 ICM7555

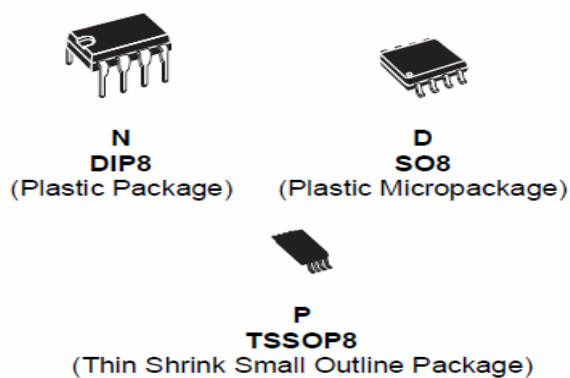
Označení CM říká, že se jedná o provedení v CMOS technologii. Avšak je nutné zdůraznit, že toto označení není nijak normováno a některé firmy si vedou své vlastní označení. Příkladem může být označení CM555, pod kterým je možné tento časovač velmi často nalézt. Také tato verze časovače se vyrábí ve dvojitěm provedení, zpravidla to poznáme podle poslední číslice (ICM7556). Tak jako ostatní verze se i tento časovač vyrábí jako DIP a SMD. Dokáže pracovat na frekvenci až 1MHz. Největšího pracovního teplotního rozpětí dosahuje typ IMC7556M, schopný správně fungovat od -55°C do 125°C (Gme [online]).

Tab.6. Charakteristické údaje IMC7555

Parametr	Podmínky	Min	Typ	Max	Jednotka
Napájecí napětí		3		16	V
Proudový odběr	V <sub>cc</sub> =3V V <sub>cc</sub> =16V		0,05 0,18	0,20 0,30	mA
Rozhodovací úroveň (555 pin 6)	V <sub>cc</sub> =3V V <sub>cc</sub> =16V		2,0 10,6		V
Proud do pinu č.6 (555)		1	10	50	pA
Resetovací napětí (555 pin 4)	V <sub>cc</sub> =3-16V	0,4	0,7	1,0	V
Resetovací proud (555 pin 4)		2		100	pA
Výstupní napětí - L	V <sub>cc</sub> =15V I=3,2mA V <sub>cc</sub> =5V I=3,2mA		0,1 0,2	0,4 0,4	V
Výstupní napětí - H	V <sub>cc</sub> =15V I=-1mA V <sub>cc</sub> =5V I=-1mA	15,25 4,0	15,7 4,5		V
Sestupná hrana na výstupu			10	75	ns
Náběžná hrana na výstupu			45	75	ns
Teplotní rozsah		-55		+150	°C

### 4.3 TS555

Časovač TS555 je také vyráběn technologií CMOS. Na rozdíl od klasického IMC7555 má nižší odběr, který činí 110μA při napájení 5V a 90μA při 3V. Napájení může být v rozsahu od 3V do 16V. Dalším vylepšením je vyšší limit pro maximální frekvenci 2,7MHz. Výstup je kompatibilní s technologiemi TTL. Další vlastností je velmi vysoká vstupní impedance 10<sup>12</sup>Ω. Možnost pořízení časovače jako DIP a SMD snad nemusí být ani zmíněna, ale takzvaná zmenšená SMD verze už není tak obvyklá. Pro představu je zde obrázek (Obr. 11) (Gme [online]).



*Obr. 11. TS555*

Tento typ časovače 555 jednoznačně předčí své starší předchůdce snad ve všech směrech. Ať už v odběru elektrického proudu, maximální pracovní frekvenci nebo rozměrech při použití miniaturního provedení.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 ZDROJ HODINOVÉHO SIGNÁLU

Nejdůležitějším faktorem časovacího obvodu je bezesporu hodinový signál. Ten je v této bakalářské práci realizován pomocí integrovaného obvodu 555. Jedná se o modifikované zapojení astabilního klopného obvodu s použitím výše zmíněného integrovaného obvodu 555.

### 5.1 Impulzní generátor

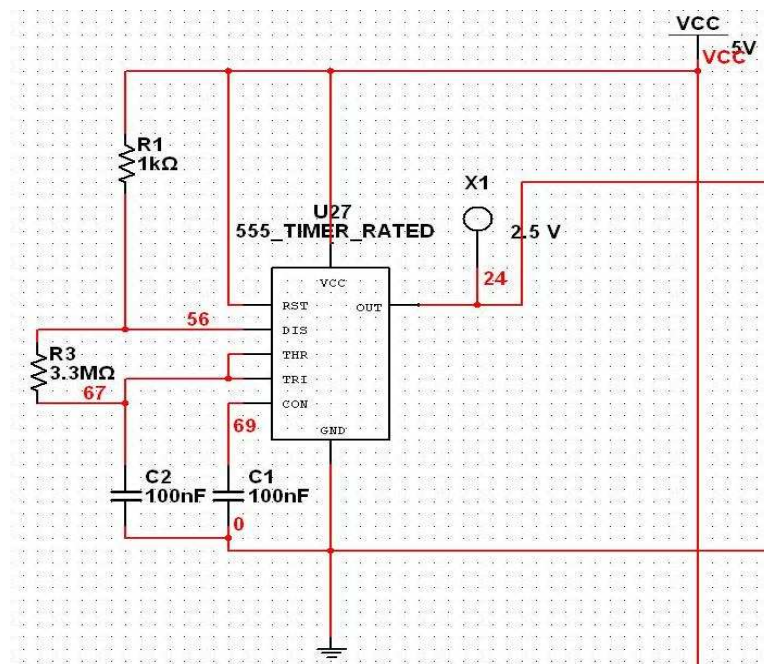
Impulzní generátory s použitím časovače 555 se nazývají astabilní multivibrátory. Tyto obvody nepřetržitě vyrábějí impulzy. Podle druhu výstupního signálu jsou generátory rozděleny do 4 skupin: elektrické impulzní generátory, optické impulzní generátory, akustické impulzní generátory a impulzní generátory s mechanickým výstupem (Hájek, 2004).

### 5.2 Elektrické impulzní generátory

Elektrické impulzní generátory s časovačem 555 mají za úkol výrobu pravouhlých impulzů o určité frekvenci pro další elektrická zapojení. Frekvence může být i měnitelná, například pro měřicí účely. Tyto generátory mají často možnost měnit nejen frekvenci, ale také amplitudu výstupního signálu (Hájek, 2004).

#### 5.2.1 Jednoduchý impulzní generátor

Pokud chceme experimentovat s číslicovými obvody, je potřeba mít impulzní generátor, který dává impulzy s logickými napěťovými úrovněmi L a H (low a high, nebo také log. 0 a log. 1, dále jen L a H) s různou frekvencí. Pro tyto účely je možno použít impulzní generátor s velmi úzkými impulzy. Na obrázku č. 10 můžeme vidět schéma zapojení. Hlavním prvkem řídícím frekvenci je kondenzátor C1. Pokud bude jeho hodnota 1nF, 10nF, 100nF, 1μF, měly by být frekvence výstupního signálu podle pořadí 100Hz, 10Hz, 1Hz, 0,1Hz. Je vhodné použít velmi kvalitní kondenzátory (ne keramické, mají příliš velkou teplotní závislost). Samotný časovač 555 zaručuje stabilní signál i při kolísání teploty i napájecího napětí  $U_B$ . Výstupní signál nám může indikovat LED dioda (Hájek, 2004).



Obr. 12. Jednoduchý impulzní generátor

Podle knihy by tedy měla být výstupní frekvence 1s, při použití 100nF. To se však rozchází s výpočtem provedeným na základě rovnice uvedené ve všech internetových zdrojích, která je:

$$f = \frac{1,49}{C(R_A + 2R_B)} \quad (3)$$

Rezistor  $R_A$  je  $1k\Omega$  a rezistor  $R_B$   $3,3M\Omega$ , jestliže požadujeme frekvenci 1s, po dosazení a vypočítání dostaneme hodnotu  $C=226nF$

$$C = \frac{1,49}{1(10^3 + 2 \cdot 3,3 \cdot 10^6)} = 225,72 \cdot 10^{-9} F \quad (4)$$

Sehnat nastavitelný kondenzátor v okolí této hodnoty není nic jednoduchého, jestli vůbec možného. Proto jsou použity dva svitkové, paralelně zapojené kondenzátory s hodnotami kapacit 220nF a 6,8nF. Kapacity paralelně zapojených kondenzátorů se sčítají, tudíž je výsledná hodnota 226,8nF velmi blízká požadované hodnotě. Po dosazení do první rovnice dostaneme hodnotu frekvence 0,99525Hz.

$$f = \frac{1,49}{226,8 \cdot 10^{-9} (10 + 2 \cdot 3,3 \cdot 10^6)} = \underline{\underline{0,99525Hz}} \quad (5)$$

To znamená, že každou sekundu se časovač opozdí o 4,75ms. Chyba je pro lepší představu vynásobena počtem sekund za hodinu, dále počtem hodin za den a převedena na minuty.

$$\Delta t_{hod} = 3600 \cdot 4,75 \cdot 10^{-3} = 17,1s \quad (6)$$

$$\Delta t_{den} = \frac{24 \cdot 17,1}{60} = 6,84 \text{ min} \quad (7)$$

Za hodinu je tedy chyba časování 17,1 sekundy a za den 6,84 minut. Není to zanedbatelná chyba, ale pro předpokládané účely tohoto časovače, což je například časovač pro nabíjení akumulátorů, to není nic dramatického. Časovač je zkonstruován na maximální dobu běhu 99h, reálně se však bude nejspíš využívat pouze v rozsahu do 24h.

Druhou možností, jak doladit frekvenci, by bylo použití nastavitelného rezistoru. Požadovaná hodnota tohoto rezistoru je získána vyjádřením  $R_B$  a následným dosazením.

$$f = \frac{1,49}{C(R_A + 2R_B)} \Rightarrow R_A + 2R_B = \frac{1,49}{fC} \Rightarrow R_B = \frac{\frac{1,49}{fC} - R_A}{2} = \frac{\frac{1,49}{1,226,8 \cdot 10^{-9}} - 10^3}{2} = 3,28M\Omega \quad (8)$$

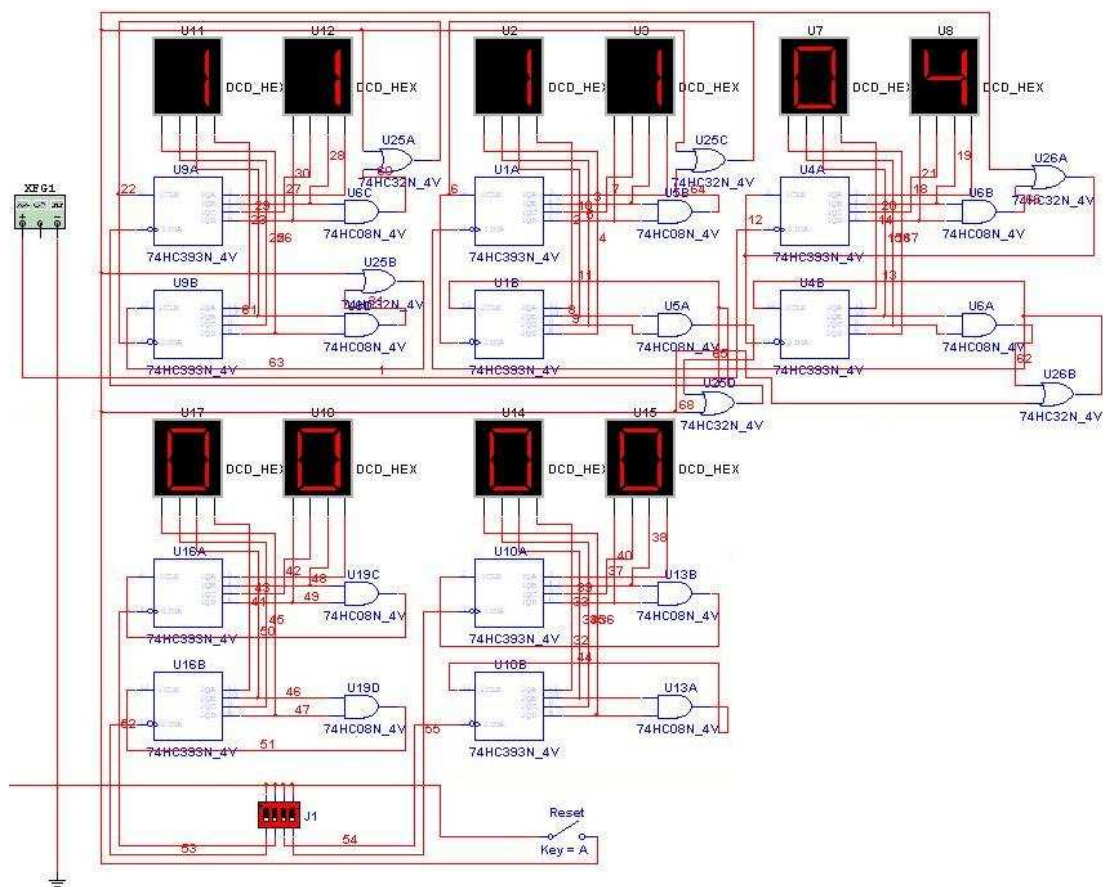
Hodnota odporu aplikovaného rezistoru je o 20k $\Omega$  vyšší, než ideální požadovaná hodnota. Pro přesnější doladění frekvence by bylo nutné testovat reálně sestavený obvod s nejméně čtyřmi kaskádově zapojenými čítači 74hc393, budiči 74ls47 a 7segmentovkami. Z důvodu rozměrů nepájivého kontaktního pole byl testován pouze cyklus 60 sekund, u kterého nebyla naměřena znatelná odchylka.

## 6 SIMULACE

Tato kapitola se bude zabývat strukturou řízení plošného spoje pomocí logických integrovaných obvodů, která byla simulována v prostředí Multisimu. Zásadní princip spočívá v manuálním nastavení požadovaného času pomocí tlačítek, který se uloží do čítačů a zobrazí na 7segmentovkách. Poté se spustí časování, které se opět provádí za pomoci čítačů v druhé části obvodu, aktuální čas je také zobrazován na 7segmentovkách. Dosažení shodných časů se projeví na výstupu obvodu.

### 6.1 Schéma zapojení v Multisimu

Jako první je uvedeno celkové schéma provedené v Multisimu a dále pak podrobněji rozebrány jednotlivé části.



Obr. 13. Hlavní schéma zapojení

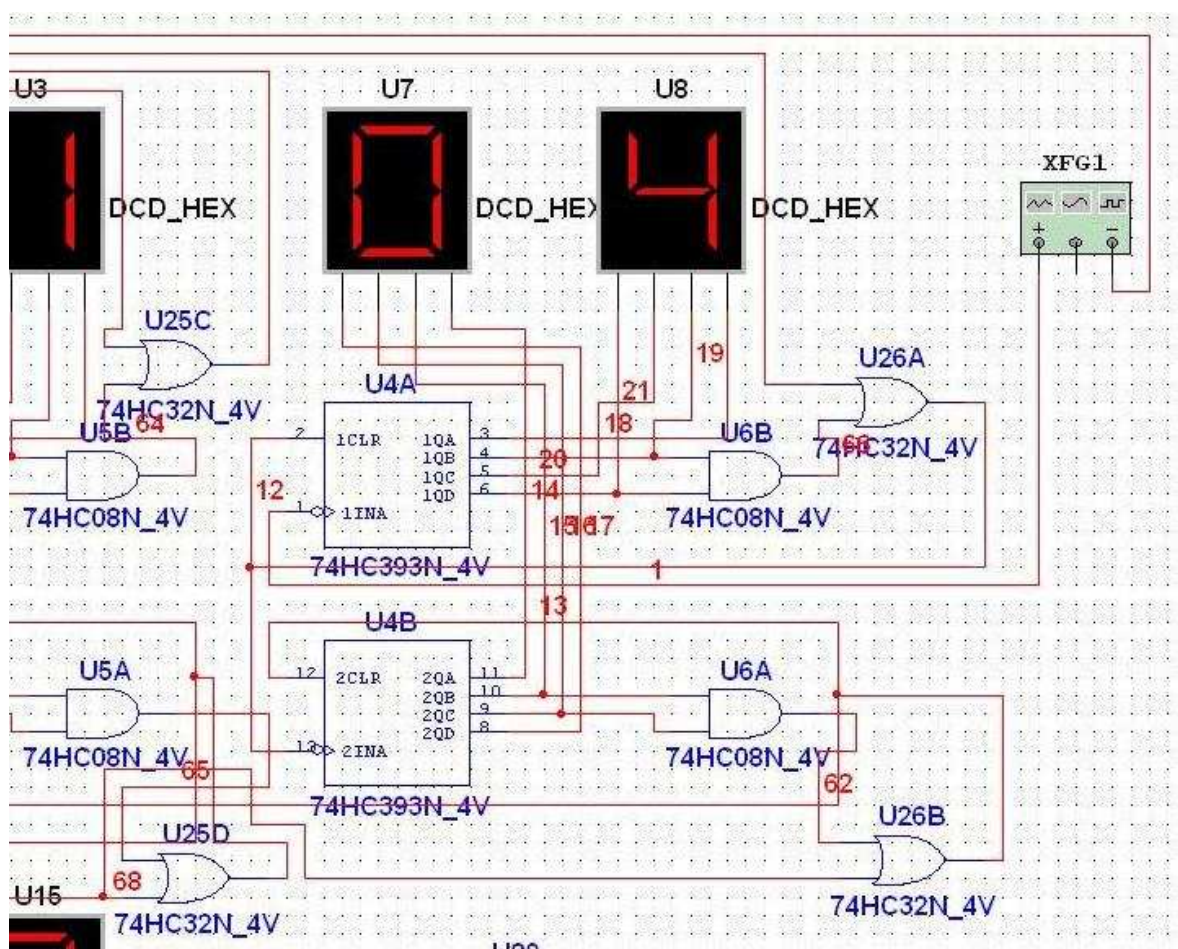


Místo zapojení obvodu s časovačem 555 bylo pro zjednodušení simulace použito virtuálního impulzního generátoru. Také zde ještě chybí vyhodnocení shodných časů pomocí komparátorů a následné zpracování tohoto signálu na finální výstup obvodu.

Hlavní obvod se skládá ze dvou částí. První část je automatické čítání, které je možné vidět v horní části obrázku (Obr. 13). Jsou to v podstatě hodiny, které spustí uživatel hlavním spouštěcím tlačítkem. Druhá část obvodu v dolní části obrázku (Obr.13) slouží k manuálnímu nastavení časového limitu, do kterého se má časovat.

### 6.1.1 Automatické čítání času

Pro vysvětlení principu automatického čítání času bude dostačující detailní zobrazení jedné třetiny z horní poloviny obrázku (Obr. 13). Další dvě třetiny jsou téměř totožné, poněvadž jde o kaskádové zapojení.



Obr. 14. Automatické čítání sekund

Výstupní signál z impulzního generátoru je přiveden na vstup IN čítače 74hc393. S každou sestupnou hranou na tomto vstupu se zvýší vnitřní hodnota čítače o 1, vstup In je totiž vstupem negovaným. Tato hodnota je vyjádřena binárním číslem o čtyřech bitech ( $Q_A, Q_B, Q_C, Q_D$  na výstupu). Na začátku čítání jsou na binárních výstupech čítače hodnoty 0000, po příchodu sestupné hrany na vstupu In jsou na výstupech hodnoty 0001 atd.

Maximální hodnota před přetečením čítače je ve dvojkové soustavě 1111 (dále jen  $xxxx_2$ ), což odpovídá hodnotě 15 v desítkové soustavě (dále jen  $xx_{10}$ ). Proto musí být čítače resetovány dříve, než sami přetečou. Pro jednotky sekund a minut je to hodnota  $1010_2$ , tedy  $10_{10}$ . U desítek sekund a minut je to hodnota  $0110_2 = 6_{10}$ , tyto hodnoty jsou dány tím, že minuta má 60 sekund a hodina 60 minut. U čítání hodin budou resetovány oba čítače na hodnotě  $10_{10}$ . Horní mezní hodnotu čítání by bylo zbytečné nějak omezovat, protože zde kaskáda končí. Pokud by byly použity i čítače pro čítání dnů, resetovaly by se čítače hodin na hodnotách  $2_{10}$  a  $4_{10}$ , jelikož den má 24 hodin.

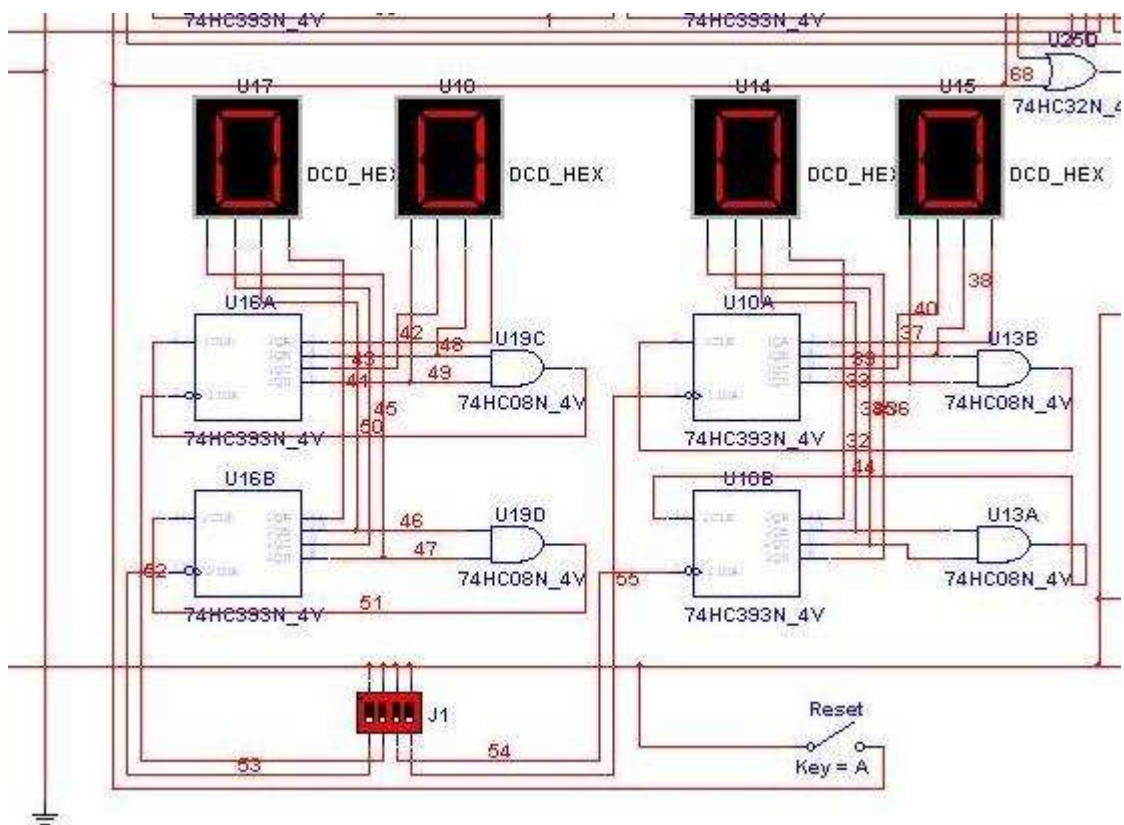
Musí být zmíněna chyba učiněná při výběru čítačů. Kdyby byly aplikovány čítače pracující v BCD kódu, odpadlo by tím nucené resetování na hodnotách  $10_{10}$ . BCD kód je 4 bitové vyjádření jednociferného desítkového čísla, tedy končí u  $9_{10} = 1001_2$ . Vyšší binární hodnoty zůstávají nevyžity. Z toho důvodu by se čítače automaticky resetovaly při dosažení hodnoty  $1010_2$  a jako jediné by zbylo ošetření resetování na hodnotách  $6_{10}$ . V době odhalení této chyby, už byly tyto součástky nakoupeny, byla tedy zachována původní koncepce.

Resetování na tomto čítači se provádí přivedením náběžné hrany na vstup CLR. Jako první jsou přivedeny bity, na kterých bude log.1 při dosažení hodnoty pro resetování, přivedeny na log. obvod AND. Pokud jsou na všech vstupech tohoto obvodu log. 1, na jeho výstupu bude log. 1, jinak log. 0. Výstup tohoto obvodu je připojen na vstup log. obvodu OR. Na druhý vstup log. obvodu OR je přiveden signál z hlavního tlačítka RESET, kterým je možné kdykoliv resetovat celé automatické čítání času, na všech čítačích naráz. Toto tlačítko je realizováno jako vratné. Pokud je na vstupech log. obvodu OR alespoň jedna log. 1, je na jeho výstupu také log. 1. Díky tomu probíhá resetování čítačů automaticky nebo při stisku tlačítka RESET.

Tento signál pro resetování jednoho čítače je použit jako vstup čítání pro další čítač v kaskádě. Při každém přetečení (respektivě resetování) se zvýší hodnota dalšího čítače o 1.

### 6.1.2 Manuální nastavení času

Tato část obvodu slouží pro nastavení požadovaného časování. Uživatelem je ovládána pomocí vratných tlačítek. Pro názornější představu je uveden detail spodní části hlavního schématu na obrázku (Obr.13).



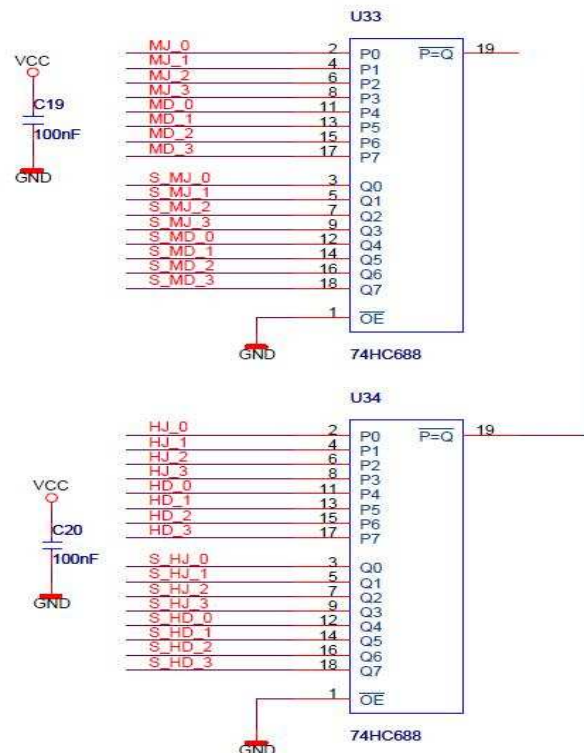
Obr. 15. Manuální nastavení času

Princip této části je na stejném principu jako automatické čítání. Hlavním rozdílem je, že vstup čítačů IN není propojen s impulzním generátorem, ale jsou zde přivedeny výstupy vratných tlačítek, kterými může uživatel nastavit požadované časování. Všechny resety jsou nastaveny na hodnoty  $10_{10}$ , kromě čítače desítek minut. Ten je resetován na hodnotě  $6_{10}$ . Bylo by nesmyslné ponechat možnost nastavení více než 59 minut, v takovém případě by časování probíhalo donekonečna, poněvadž by se hodnoty čítačů automatického čítání a hodnoty čítačů manuálního nastavení nikdy neseťkaly. Tlačítka RESET není

potřeba. Čítače pro sekundy jsou vynechány, nepředpokládá se požadavek na časování v časech tak krátkých, aby bylo potřeba zadat přesné hodnoty sekund.

## 6.2 Vyhodnocení časování

Vyhodnocení shodnosti času dosaženého na automatickém čítání a času požadovaném (manuálně nastaveném) je provedeno integrovanými komparátory. Porovnávají se bitové hodnoty čítačů minut a hodin z automatického čítání a manuálního nastavení, což je dohromady 16 a 16 bitů. Je vhodné použít komparátor, který dokáže porovnat co největší množství bitových hodnot. Komparátor s největším počtem porovnávaných bitů je integrovaný obvod 74hc688, který dokáže porovnat 2x8bitů. Je překvapivé, že není tento integrovaný obvod v nabídce simulačního programu Multisim. Proto je uvedeno schéma zapojení z programu Orcad, který je použit pro finální návrh plošného spoje.

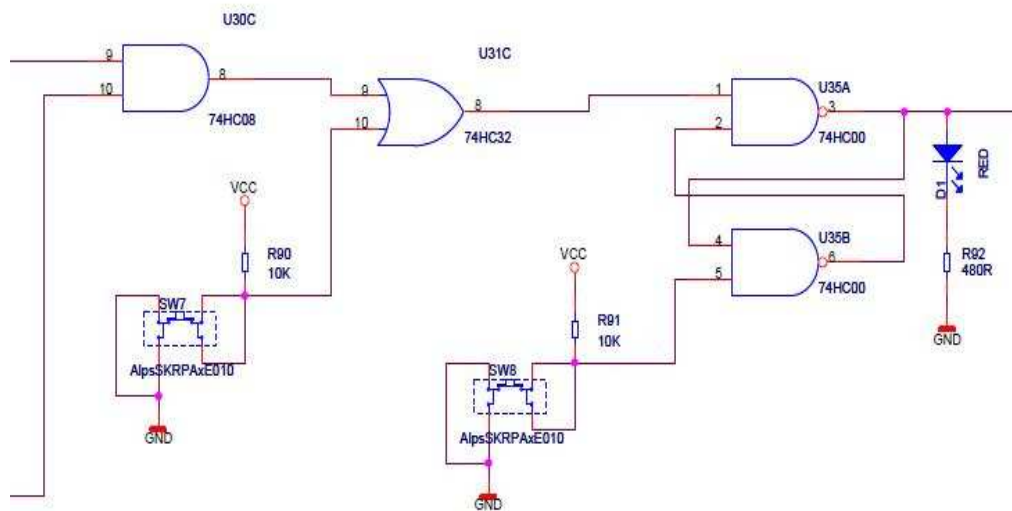


Obr. 16. Porovnání časů

Obrázek (Obr. 16) znázorňuje, že na jednom komparátoru jsou porovnávány hodnoty čítačů pro minuty a na druhém hodnoty čítačů pro hodiny. Jediným dalším vstupem tohoto integrovaného obvodu je negovaný vstup OE. E znamená anglické slovo „enable“, v překladu „uvolnit“. Na tento vstup je přivedena log. 0 (zem), čímž zajistíme trvale povolení komparace. Výstup komparátorů  $P=Q$  je také negovaný, takže při shodnosti všech porovnávaných bitů budou na výstupech komparátorů log. 0.

### 6.3 Finální výstup

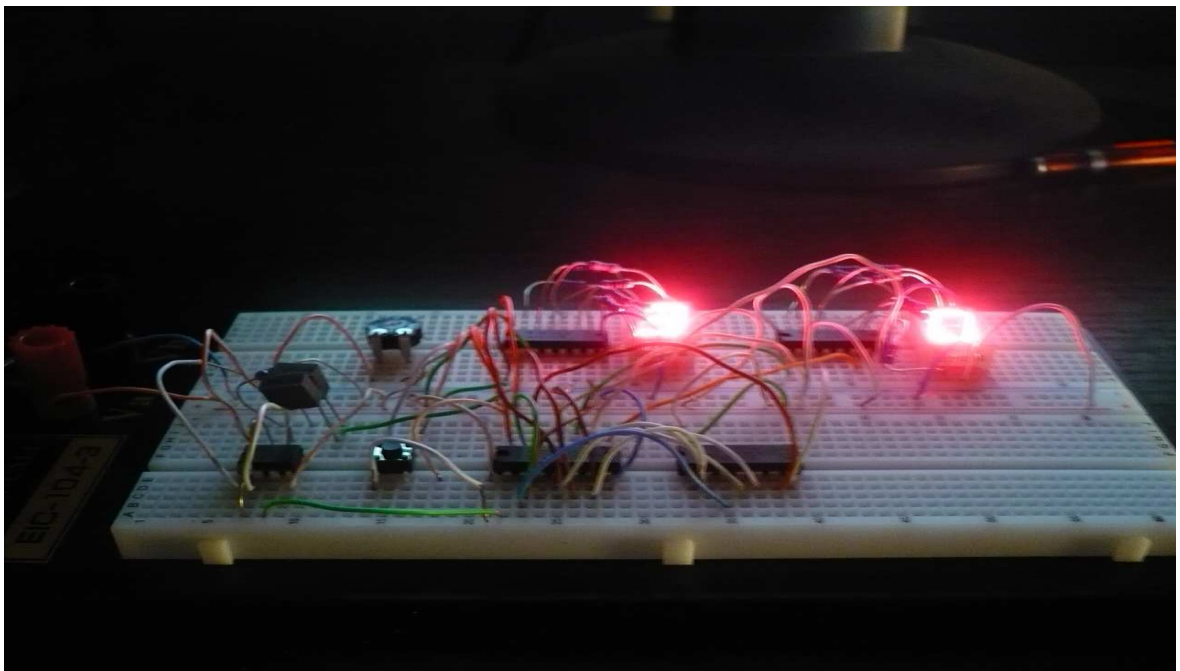
Výstupy obou komparátorů jsou vyvedeny na vstupy log. obvodu AND. Komparátory indikují správnost porovnání log. 0 na výstupu, tudíž bude log. 0 i na výstupu obvodu AND. Aby mohl být výstupní signál řízen nejen automaticky, ale i manuálně vratným tlačítkem SW7, následuje log. obvod OR. Posledním členem je RS klopný obvod. RSKO plní funkci paměti, sepnutí je řízeno výše popsanými komparátory nebo vratným tlačítkem SW7 a rozepnutí vratným tlačítkem SW8. RSKO složený z NANDů je řízen sestupnými hranami vstupních signálů, proto obě tlačítka při stisku odpojí log. 1, která je jinak stále připojena na vstupy RSKO.



Obr. 17. Logika finálního výstupu

## 7 REÁLNÁ KONSTRUKCE

Jako ve všech jiných oborech, tak také v elektronice se rozchází teorie s praxí. Další kapitola se proto bude zabývat problémy a jejich řešeními, které se vyskytly při reálném testování. Testování jednotlivých částí zapojení bylo provedeno pomocí nepájivého kontaktního pole, ve kterém se daly velmi dobře odhalit a následně odladit všechny problémy které se vyskytly.



Obr. 18. Nepájivé kontaktní pole

### 7.1 Oživení 7segmentovek

7segmentovky jsou buzeny integrovaným obvodem 74ls47. Výstupní napětí těchto obvodů je sníženo rezistory s odporem  $150\Omega$ , aby byl správně nastaven pracovní bod na jednotlivých diodách 7segmentového displeje.

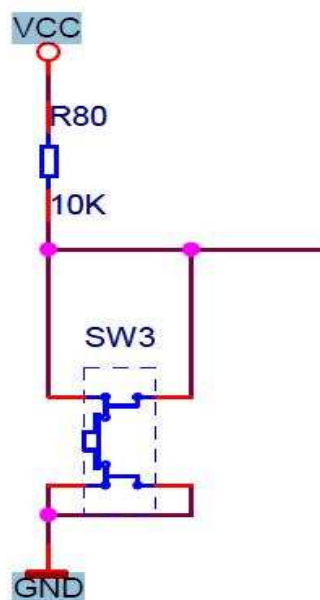
## 7.2 Filtrační a blokovací kondenzátory

Na plošném spoji jsou umístěny 2 válcové filtrační kondenzátory s kapacitou  $100\mu\text{F}$ . Jejich funkce je filtrace kolísání napájecího napětí. Vyhlažují napěťové špičky napájecího napětí.

Blokovací kondenzátory s kapacitou  $100\text{nF}$  mají za úkol zásobovat blokováný obvod elektrickým proudem při rychlých změnách odběru. Jsou zapojeny co nejbližší napájecím vývodům integrovaného obvodu. Snižuje se tak působení impedance přívodních vodičů, jimiž je obvod připojen k napájecímu zdroji.

## 7.3 Pull-up a pull-down rezistory

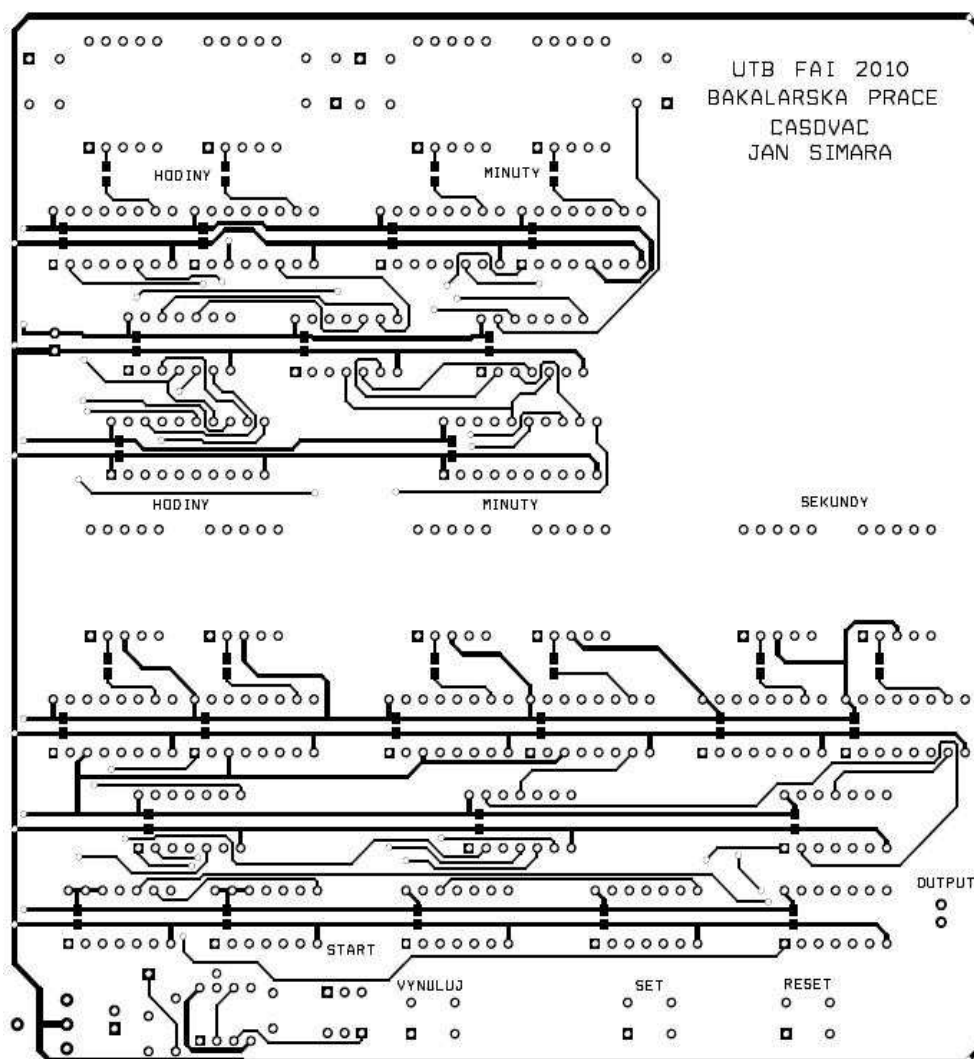
Hradlo na vstupu pinu reaguje na všechna indukovaná napětí v jeho okolí, takže i na rušení okolních vlivů. To je vyřešeno pull-up rezistorem, který slouží k tomu, aby zabezpečil přívod žádané hodnoty napětí pro žádanou logickou úroveň v čase, kdy tlačítko není stlačené. Jeho velikost by měla být okolo  $1\text{k}\Omega$ . Stiskem tlačítka se hodnota napětí změní, protože odpor tlačítka je téměř nulový. Vratné tlačítko, jež při stisku připojí log. 1 je ošetřeno pull-down rezistorem, který je připojen k zemi.



Obr.19. Pull-up rezistor

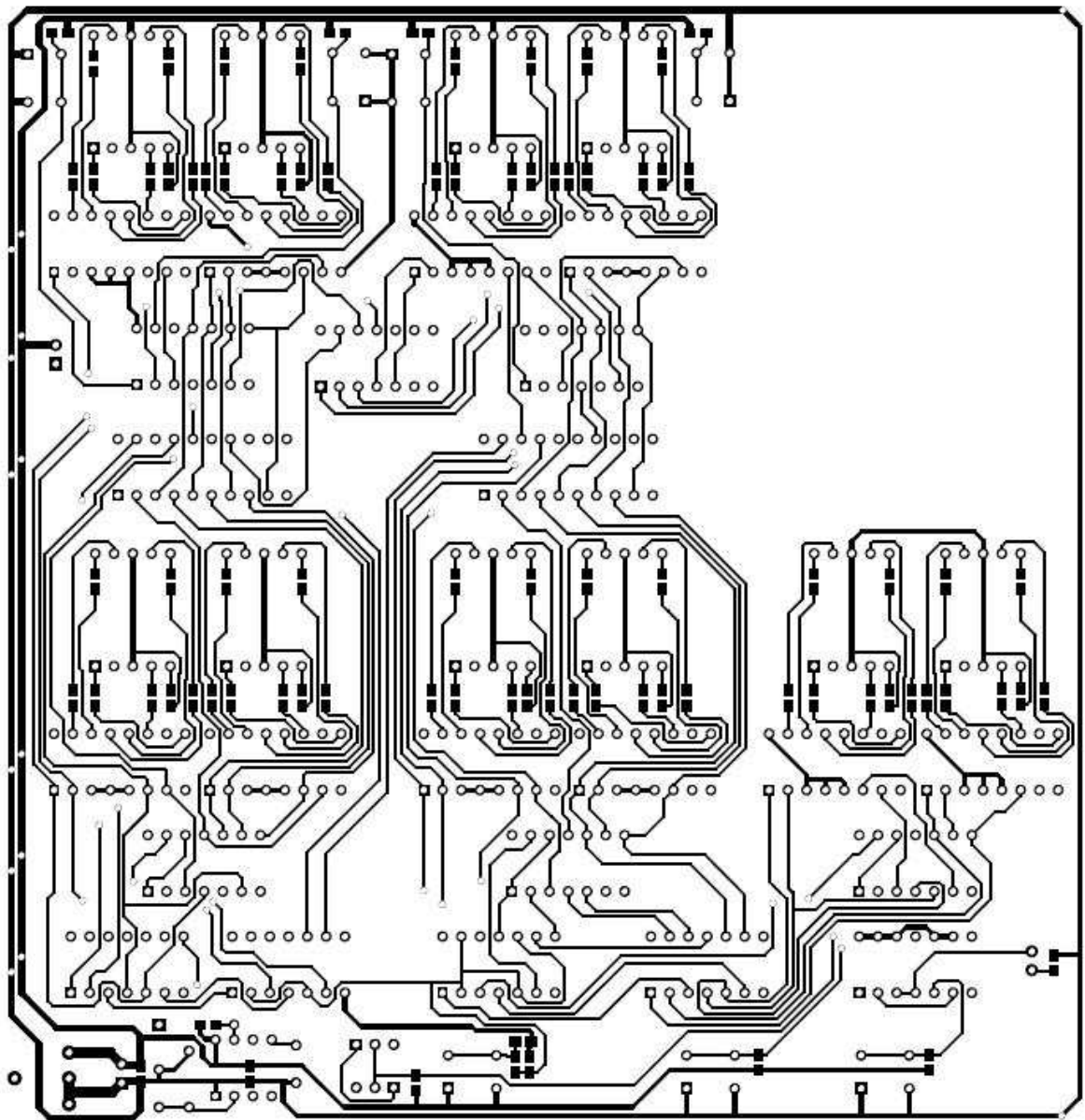
## 7.4 Návrh plošného spoje

Schéma zařízení bylo prvně překresleno ze simulačního programu Multisim do programu Orcad, který slouží pro návrh plošných spojů. Modul pro kreslení schémat se nazývá Capture. V druhém modulu, zvaném Layout, byl navrhnut samotný plošný spoj. Složitost zapojení zapříčinila, že plošný spoj je oboustranný. Konečné zapojení integrovaných obvodů je přes patice DIP.



Obr.20. Plošný spoj, vrchní strana





Obr.21. Plošný spoj, spodní strana

## 8 POUŽITÉ SOUČÁSTKY

Zde jsou sepsány všechny použité integrované obvody a další součástky. Jelikož jsou uvedena přesná označení, je potřeba objasnit co znamenají.

xxhcxxx - hc nám říká, že se jedná o CMOS

xxlsxxx - ls je označení pro TTL, „Low Power Schottky“ (nízkopříkonová logika s schottkyho diodami)

xxhctxxx - hcl je CMOS kompatibilní s TTL, ale pouze pokud je TTL obvod zapojena až za CMOS (hcl) obvodem

Z nedostatku dostupných součástek ve zlínské prodejně bylo nutné zkusit připojit obvod 74ls47 za obvod 74hc393. Obvody bez problémů spolupracovaly.

Další rozdělení integrovaných obvodů, ale i ostatních součástek, je podle jejich vnějšího provedení. Může to být DIP nebo SMD. Tento rozdíl byl vysvětlen v teoretické části. Provedení SMD se využilo pro rezistory za integrovanými obvody 74ls47 a blokovací kondenzátory. Předešlo zbytečnému zvětšení plošného spoje, protože provedení SMD má mnohem menší rozměry. Tabulka (Tab. 7) je převzata z programu Orcad.

Tab.7. Použité součástky

Item	Quantity	Reference	Part	Footprint
1	26	C1,C2,C3,C4,C5,C6,C7,C8, C9,C10,C11,C12,C13,C14, C15,C16,C17,C19,C20,C22, C24,C25,C26,C27,C28,C29	100nF	C0805
2	1	C18	C0805	C0805
3	1	C21	6n8	C0805
4	1	C23	220n	C0805
5	2	C98,C99	100u/20V	LYT_HMT100X200
6	1	D1	RED	LED_HMT100_ ROUND
7	1	J1	RCA JACK	jack_4
8	1	R1	1K0	R0805
9	1	R2	3M3	R0805
10	70	R3,R4,R5,R6,R7,R8,R9,R10, R11,R12,R13,R14,R15,R17, R18,R19,R20,R21,R22,R23,	150R	R0805

		R24,R25,R26,R27,R28,R29,		
		R31,R32,R33,R34,R35,R36,		
		R37,R38,R39,R40,R41,R42,		
		R43,R48,R49,R50,R51,R52,		
		R53,R54,R55,R56,R57,R58,		
		R59,R60,R63,R64,R65,R66,		
		R67,R68,R69,R70,R71,R72,		
		R73,R74,R75,R83,R84,R85,		
		R86,R87		
11	18	R16,R30,R44,R45,R46,R47,	10K	R0805
		R61,R62,R76,R77,R78,R79,		
		R80,R81,R82,R89,R90,R91		
12	1	R88	0R0	R0805
13	1	R92	480R	R0805
14	7	SW1,SW2,SW3,SW4,SW5,SW 7	AlpsSKRPaxE01 0	ALPS_SKRPax E010H100
		SW8		
15	1	SW6	Tlac	ARETACNI_TL_BEZ
16	10	U1,U4,U5,U6,U7,U8,U9,U10,	74LS47	DIP16
		U11,U12		
17	5	U2,U16,U19,U24,U27	74HC393	DIP14
18	1	U3	NE555	DIP 8
19	10	U14,U15,U17,U18,U20,U21,	SA52-11EWA	oo
		U25,U26,U28,U29		
20	3	U22,U30,U32	74HC08	DIP14
21	3	U22,U30,U32	74HC08	DIP14
22	2	U23,U31	74HC32	DIP14
23	2	U23,U31	74HC32	DIP14
24	2	U33,U34	74HC688	DIP20
25	1	U35	74HC00	DIP14

## ZÁVĚR

Tato bakalářská práce je psána z pohledu konstruktéra časovacího zařízení, jenž má být sestaveno podle zadání vedoucího práce s použitím časovače 555.

V teoretické části jsou rozebrány a následně porovnány technologie výroby TTL a CMOS. Novější technologie CMOS má mnohem lepší vlastnosti, zejména z hlediska spotřeby. Dále je zpracován přehled dostupných časovačů 555. Jako zástupci na trhu s elektronickými součástkami byly zvoleny tři velké distribuční firmy a to česká firma GM electronic, polská firma TM electronic a SOS electronic ze Slovenska. Srovnání cen vyhrála firma SOS electronic, ale rozsah nabízeného sortimentu a dostupnost informací o jednotlivých výrobcích (datasheety) je jasně nejlepší u českého zástupce GM electronic.

Praktické část se zabývá návrhem a následnou konstrukcí plošného spoje. Prvním krokem byla simulace v programu Multisim. Tento program není příliš spolehlivý, protože vykazoval mnoho chybných simulací, které se při reálném testování jednotlivých částí zařízení na nepájivém kontaktním poli vůbec neprojeví. Finální návrh plošného spoje byl proveden pomocí programu Orcad.

Realizace tohoto zařízení byla vcelku náročná i nákladná. Jednodušším způsobem realizace této aplikaci by bylo použití mikroprocesoru, což ovšem není zadáním této bakalářské práce.

## ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

This bachelor thesis has been written from a timing machine constructor's point of view. The machine should have been compiled according to supervisor's submission with use of timer 555.

Manufacture technologies TTL and CMOS have been described and compared in the theoretical part. The newer CMOS technology has much better features, especially from the view of the consumption. Furthermore, the list of available timers 555 has been elaborated. Three distribution companies from the market with electronic materials have been chosen – Czech GM electronic, polish TM electronic and Slovakian SOS electronic. SOS electronic won the price comparison, but the GM assortment extent and availability of information about particular products (datasheets) is the best of chosen.

Practical part is concerned on the technical project and following construction of the printing circuit. The first step was the simulation in Multisim programme. This programme is not fully reliable, because many wrong simulations which did not appear during the testing of particular device components on the testing device. Printing circuit final proposal has been created in Orcad programme.

Construction of the device has been quite complicated and expensive. The less complicated process of construction would have been use of microprocessor, however that is not the task of the thesis.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] HÁJEK, J. *Časovač 555 - praktická zapojení*. Praha: AA / BEN, 2004. 128 s. ISBN 80-901984-1-4
- [2] MATOUŠEK, D. *Číslicová technika*. Praha: BEN, 2004. 208 s. ISBN 80-7300-025-3
- [3] ANTOŠOVÁ, M.; DAVÍDEK V. *Číslicová technika*. České Budějovice: KOPP, 2006. 286 s. ISBN 80-7232-207-9
- [4] JURÁNEK, A. *MultiSIM – elektronická laboratoř na PC*. Praha: BEN, 2008. 288 s. ISBN 978-80-7300-194-0
- [5] BASTIAN, P. *Praktická elektrotechnika*. Praha: Europa-Sobotáles, 2004. 296 s. ISBN 80-86706-07-9

## INTERNETOVÉ ZDROJE

Gme. *Datasheet* [online]. [cit. 2010-5-15]. Dostupné z WWW:

<[http://www.gme.cz/\\_dokumentace/dokumenty/927/927-001/dsh.927-001.1.pdf](http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/927/927-001/dsh.927-001.1.pdf)>

Gme. *Datasheet* [online]. [cit. 2010-5-15]. Dostupné z WWW:

<[http://www.gme.cz/\\_dokumentace/dokumenty/312/312-010/dsh.312-010.1.pdf](http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/312/312-010/dsh.312-010.1.pdf)>

Gme. *Datasheet* [online]. [cit. 2010-5-15]. Dostupné z WWW:

<[http://www.gme.cz/\\_dokumentace/dokumenty/930/930-004/dsh.930-004.1.pdf](http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/930/930-004/dsh.930-004.1.pdf)>

Gme. *Katalog* [online]. [cit. 2010-5-15]. Dostupné z WWW:

<<http://www.gme.cz/cz/elektronicke-soucastky/casovace/552871568.html?type=2>>

Tme. *Katalog* [online]. [cit. 2010-5-16]. Dostupné z WWW:

<<http://www.tme.eu/cz/katalog/artykuly.phtml?search=555%20CMOS&idp=1#search%3D555+CMOS>>

Soselectronic. *Katalog* [online]. [cit. 2010-5-15]. Dostupné z WWW:

<<http://www.soselectronic.cz/?str=378&searchstring=555&p=C102010&act=1>>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

TTL Transistor-Transistor-Logic

CMOS Complementary Metal–Oxide–Semiconductor

DIP Dual Inline Package

SMD Surface Mount Device



**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1. Časovač 555 DIP a SMD .....</i>	<i>11</i>
<i>Obr. 2. Blokové schéma časovače 555 .....</i>	<i>12</i>
<i>Obr. 3. Označení vývodů časovače 555 .....</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 4. Astabilní klopný obvod .....</i>	<i>14</i>
<i>Obr. 5. Monostabilní klopný obvod .....</i>	<i>15</i>
<i>Obr. 6. Tranzistor NPN a PNP .....</i>	<i>19</i>
<i>Obr. 7. NAND technologií TTL.....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 8. Struktura tranzistoru MOS s obohacováním kanálu P.....</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 9. Zapojení invertoru v technologii CMOS.....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 10. Napěťové úrovně TTL a CMOS.....</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 11. TS555.....</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 12. Jednoduchý impulzní generátor .....</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 13. Hlavní schéma zapojení.....</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 14. Automatické čítání sekund.....</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 15. Manuální nastavení času.....</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 16. Porovnání časů.....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 17. Logika finálního výstupu .....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 18. Nepájivé kontaktní pole .....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 19. Pull-up rezistor.....</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 20. Plošný spoj, vrchní strana .....</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 21. Plošný spoj, spodní strana.....</i>	<i>41</i>

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1. Časovače 555 od firmy GM electronic .....</i>	16
<i>Tab. 2. Časovače 555 od firmy TM electronic .....</i>	17
<i>Tab. 3. Časovače 555 od firmy SOS electronic .....</i>	17
<i>Tab. 4. Charakteristické údaje NE555.....</i>	24
<i>Tab. 5. Charakteristické údaje SE555 .....</i>	25
<i>Tab. 6. Charakteristické údaje IMC7555 .....</i>	26
<i>Tab. 7. Použité součástky.....</i>	42

## SEZNAM PŘÍLOH