



Středoškolská technika 2010

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

MĚŘIČ REAKČNÍ DOBY NA OPTICKÉ PODNĚTY

David Paškevič

Vyšší odborná škola a Střední škola slaboproudé elektrotechniky
Novovysočanská 48/280
190 00 Praha 9



Anotace

Cílem práce je zkonstruovat měřič lidské reakční doby na optický podnět v našem případě na zelenou vysoce svítivou LED diodu.

V první, více teoretické části se dozvíme o funkcích a vlastnostech zvolených součástek a o důvodech jejich zapojení v příslušné části obvodu. Zařízení bylo zkonstruováno z obvodů CMOS. Druhá část práce je věnována rozboru funkce zařízení a jeho následném využití. Jsou zde také uvedeny jiné možnosti řešení příslušné problematiky. Jsou uvedena schémata měřiče a je znázorněna jeho konstrukce.

Obsah

1. Prvky (části) obvodu

1.1 Zdroj napájecího napětí	4
1.1.1 Jeho funkce a rozbor	4
1.1.2 Popis stabilizátoru 78L05	4
1.2 Ovládání zařízení (pomocí 3 tlačítek)	4
1.3 Generátor hodinových impulsů.....	5
1.3.1 Rozbor funkce	5
1.3.2 Popis hradla NAND	5
1.3.3 Popis Schmittova klopného obvodu	6
1.3.4 Zapojení astabilního multivibrátoru	6
1.4 Čítač impulsů.....	6
1.4.1 IO CMOS 4026	6
1.4.2 Rozbor funkce dekodéru.....	7
1.5 Displeje.....	7
1.5.1 Funkce sedmi segmentového LED displeje.....	7
1.5.2 Technické parametry.....	8
1.6 zpožďovací člen.....	8
1.6.1 Časovač NE555	9
1.6.2 Monostabilní obvod s 555.....	10

2. Funkčnost a provedení zařízení (výrobku):

2.1 Schéma zapojení a seznam součástek.....	11
2.1.1 popis funkce zařízení.....	11
2.2 Fotografie zařízení a popis.....	14
2.3 Závěr.....	15
2.4 Použitá literatura	15
2.4.1 Internetové zdroje.....	15

1. Úvod

Při výběru tématu své maturitní práce jsem nepotřeboval dlouho váhat. Do oka mi padlo zajímavé téma měření reakční doby. Zjednodušeně se dá říci, že to jsou pouhopouhé stopky s náhodně rozsvěčující se diodou, avšak za tímto jednoduchým pojmem se přeci jen pár součástek skrývá. Tyto součástky si budeme na následujících stránkách popisovat.

Měl jsem pár základních požadavků:

1. Cena - zvolil jsem si sedmi segmentové LED displeje, které jsou asi tak sedmkrát levnější nežli LCD displeje a také podle mého se s nimi lépe pracuje.
2. Snaha o realizaci zařízení z dostupných komponentů.
3. Realizace pomocí jednoduchých a spolehlivých součástek. Použité napájení u tohoto obvodu se pohybuje v rozmezí od 7V až do 15V.

1. Prvky (části) obvodu

1.1 Zdroj napájecího napětí

1.1.1 Funkce a rozbor

Potřeba byla taková, aby nám stabilizovaný zdroj do obvodu dodával napětí v rozmezí od 8V až do 14V. Toto napětí se přivádí do napájecího konektoru.

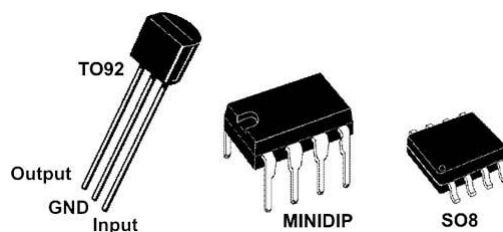
Napájecí napětí je dále jednocestně usměrněno (jednocestné usměrnění slouží hlavně jako ochrana proti přepólování zdroje) a je přivedeno na vstup stabilizátoru, který je realizován součástkou 78L05. Napájecí napětí je dále filtrováno filtračním kondenzátorem.

1.1.2 Popis stabilizátoru 78L05

Stabilizátor 78L05 v pouzdru TO92- Stabilizátor je to elektrotechnická součástka, která umožňuje stabilizovat výstupní napětí nebo proud při změnách:

- výstupního proudu,
- výstupního napětí,
- teploty okolí.

Na jiných veličinách obvykle hodnota výstupního napětí nezávisí, pokud ano, je třeba sledovat i takovéto vlivy (např. stárnutí součástek, vliv elektromagnetického rušení apod.). Kromě stabilizačních účinků (kterými je míněna regulace na konstantní hodnotu) každý typ stabilizátoru více či méně snižuje střídavou složku výstupního napětí (zvlnění) a pracuje tedy jako filtr.



Obr. 1: pouzdra stabilizátorů

1.2 Ovládání zařízení

Ovládání měřiče reakcí provádíme pomocí tlačítek START, STOP a RESET. Tlačítka START a STOP jsou připojeny na vstupy RS klopného obvodu, který zajišťuje zapamatování požadovaného stavu. Klopný obvod je dále přiveden na hradlo NAND spolu se signálem generátoru hodinových impulsů. Hradlo NAND propouští nebo blokuje hodinový kmitočet k obvodům čítače 4026. Tlačítko RESET se přivádí na obvody čítače na jeho vstupní vývody označené číslem 15, viz obr. 5.

1.3 Generátor taktovacích (hodinových) impulsů

1.3.1 Rozbor funkce

Jako generátor těchto impulsů jsem zvolil zapojení se Schmittovým klopným obvodem. Tento člen provádí funkci negovaného logického součinu a jeho významnou vlastností je hystereze. Hradlo s hysteresí umožňuje zapojit jednoduchý astabilní multivibrátor. Bylo použito hradlo NAND. Propojením vstupů je schopno pracovat jako invertor. Tento obvod astabilního multivibrátoru jsem použil jako zdroj impulsů pro taktování čítačů. U tohoto generátoru jsem určil polovinu periody podle vztahu

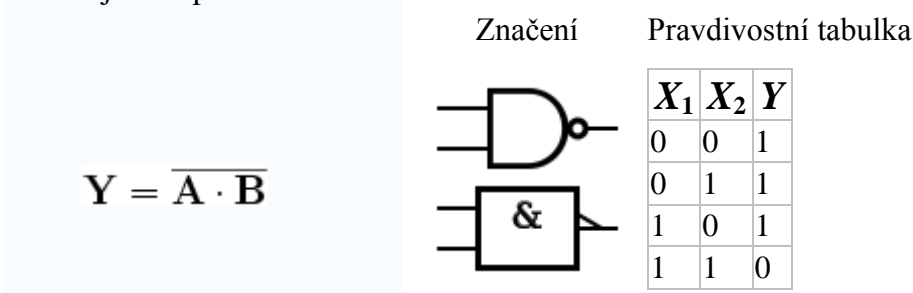
$$T_1 = RC \ln \frac{U_N - U_{T-}}{U_N - U_{T+}}, \quad (1)$$

kde U_{T-} je nižší a U_{T+} vyšší prahová úroveň Schmittova obvodu, U_N je napájecí napětí. Celková doba periody T bude

$$T = 2T_1 \quad (2)$$

1.3.2 Popis hradla NAND

Tento člen provádí funkci negovaného logického součinu. Je to nejběžněji používané hradlo. Propojením jeho vstupů je schopno pracovat jako invertor. Lze pomocí něho realizovat klopné obvody RS. Důležitou součástí NAND hradla TTL je víceemitorový tranzistor, pomocí něhož je logický součin realizován. Jeli aspoň jeden ze vstupů A,B na úrovni logické nuly (tj. napětí menší než 0,8V), je přechod báze emitor tranzistoru T1 otevřen a prochází jím ze zdroje U_{cc} proud.



Obr.2: Symbol hradla a pravdivostní tabulka

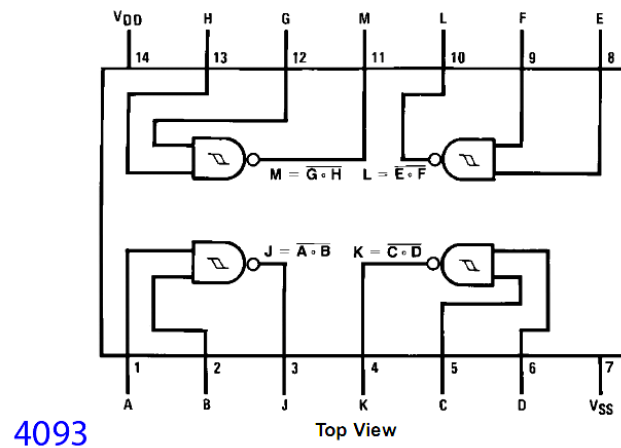
Logický člen je možno sestavit především z tranzistorů, dále pak diod, rezistorů či dalších pasivních součástek. Často se lze setkat s log. členy ve formě integrovaných obvodů (řady 74xx), v nichž jsou hradla sestavena z několika tranzistorů. Dnes se však samostatné logické členy používají velmi málo, neboť je nahradily komplexní logické obvody, které provádějí složitější logické funkce. Ve skutečnosti jsou samozřejmě tyto funkce složeny z mnoha jednodušších obvodů.

Jako hradlo NAND jsem použil CMOS 4093. U hradel CMOS je logická funkce vytvářena kombinací CMOS investorů.

1.3.3 Popis Schmittova klopného obvodu

Schmittův klopný obvod je velmi užitečný integrovaný obvod. U tohoto klopného obvodu se využívá hystereze, která zajišťuje, že k návratu do výchozího stavu dojde při výrazně nižší úrovni vstupního signálu, než jaká je zapotřebí k jeho překlopení.

V překlopeném stavu vydrží jen po dobu trvání vstupního impulsu. Úrovně hystereze u těchto obvodů bývají v rozsahu $U_{T-} = 1,8 \text{ V}$ a $U_{T+} = 3,5 \text{ V}$. Používá se jako tvarovač při přeměně různých průběhů signálů na obdélníkové impulsy, k indikaci překročení napěťových úrovní a ke generování impulsů. Na obr. 3 je uvedeno zapojení hradel v obvodu 4093.

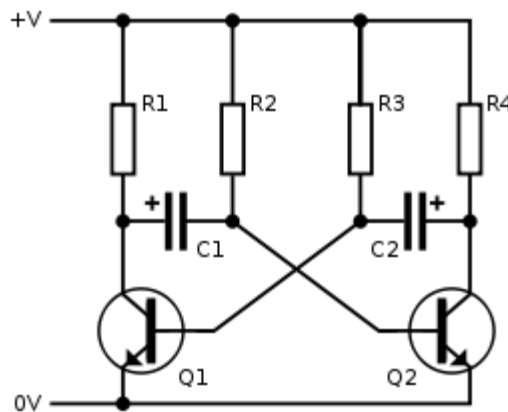


Obr. 3: Zapojení vývodů IO 4093.

1.3.4 Zapojení astabilního multivibrátoru

Astabilní klopné obvody, označované také jako AKO, nemají žádný stabilní stav, což znamená, že tyto obvody neustále oscilují (překlápějí se) mezi jedním a druhým stavem. AKO jsou proto používány jako impulsní generátory, tónové generátory, blikače.

AKO se dá realizovat pomocí diskretních součástek, s použitím dvou tranzistorů (viz obr. 4), nebo s pomocí logických členů (např. dvou hradel NAND), nebo s využitím časovače 555.



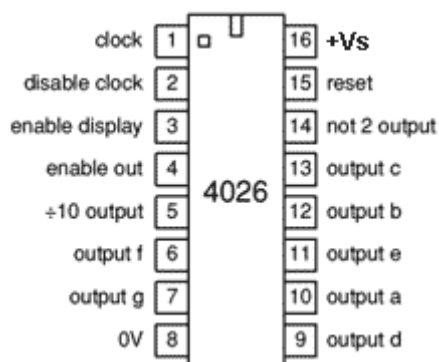
Obr.4: Astabilní multivibrátor s tranzistory.

1.4 Čítač impulsů

1.4.1 Čítač CMOS 4026

Jako čítače jsem použil integrovaný obvod CMOS 4026 což je dekadický čítač se 7 segmentovým dekodérem v jednom pouzdru. Výhodou tohoto IO jsou jeho výstupní charakteristiky. Při vyšších výstupních proudech dochází k jejich uzavírání.

Tudíž není třeba používat rezistory na jeho výstupech. Nevýhodou tohoto zapojení je absence možnosti zákazu zobrazení znaku 0.



Obr. 5: Zapojení vývodů integrovaného obvodu 4026.

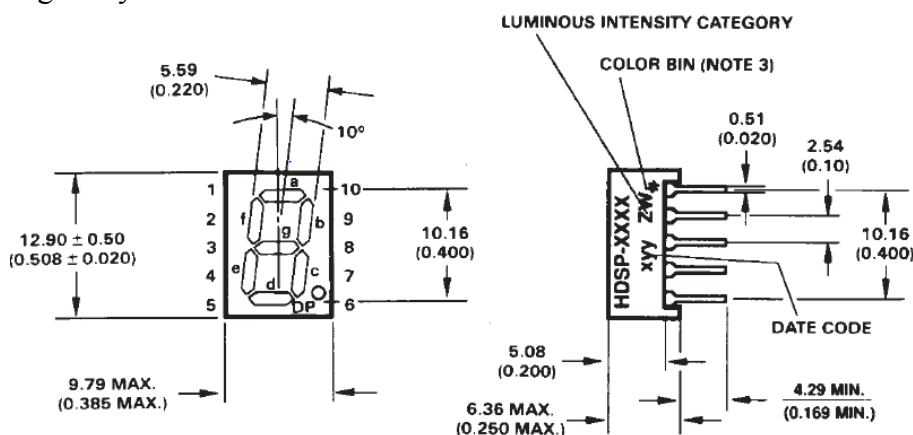
1.4.2 Rozbor funkce dekodéru

Dekodéry pro sedmi segmentové displeje používají jako vstup číslo v BCD kódu a výstupem je sedm signálů a až g v sedmisegmentovém kódu. Dekodér je určen pro buzení zobrazovacích jednotek tvořených sedmisegmentovými displeji. Jeho výstupní stavy rozsvěčují některé ze sedmi světelných segmentů tak, aby tvořily dekadické číslice od 0 do 9. Existují též dekodéry z hexadecimálního kódu, které rozsvěčují též symboly A až F.

1.5 Displeje

1.5.1 funkce sedmi segmentového LED displeje

Jako zobrazovací elementy jsem použil součástky z označením HDSP-F203. Integrované obvody CMOS 4026 vyžadují připojení 7 segmentovek se společnou katodou. Zobrazovací displeje jsou tvořeny svítivými diodami uspořádanými v LED jednotce a mají rozmístěny jednotlivé segmenty do tvaru znázorněném na obr 6.



Obr.6: Znázornění zobrazovacích jednotek.

Segmenty jsou označeny písmeny a,b,c,...g. Stejně označení mají i výstupy dekodéru. Pokud rozsvítíme všechny diodové segmenty, svítí číslice 8.

Pokud nevybudíme segment g, uvidíme na displeji číslici 0, atd. V praxi existují sedmisegmentové displeje se společnou anodou nebo katodou. V zařízení jsem použil katodový displej, protože jej obvod 4026 vyžaduje.

1.5.2 Technické parametry displejů:

Tabulka č.1 : Parametry displeje HDSP-F203

Typ	Sklad. číslo	MC	vlnová délka	barva a typ
HDSP-F203	512-047	32,00	626 nm	červená, SC, DP vpravo

Iv na seg.	při If	Vf typ	pouzdro
1,2 mcd	5 mA	2,0 V	HDSP-B

AlGaAs Red

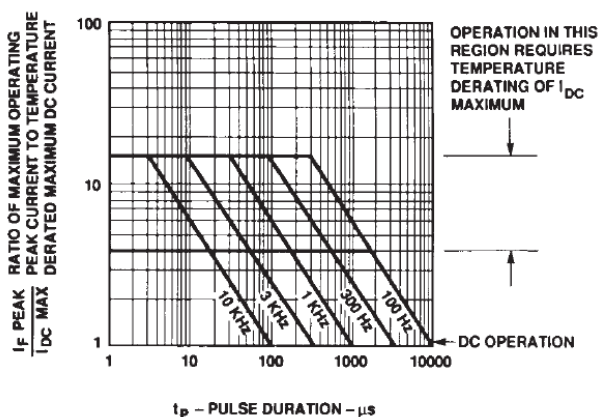


Figure 1. Maximum Tolerable Peak Current vs. Pulse Duration - AlGaAs Red.

a)

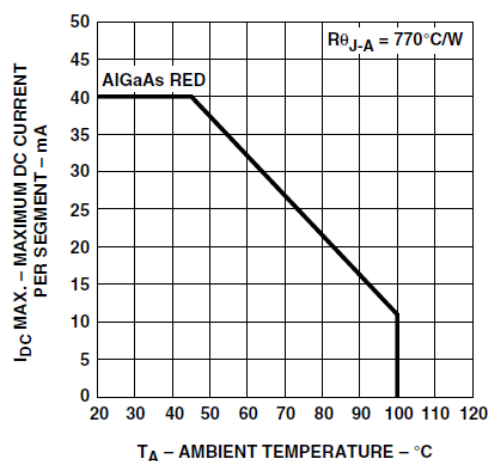


Figure 2. Maximum Allowable DC Current vs. Ambient Temperature.

b)

Obr.7: Katalogové údaje, závislost a) špičkový proud na délce pulsu, b) ss proud na teplotě.

1.6 Zpožd'ovací člen

1.6.1 Časovač NE555

Ačkoli se tento malý nenápadný integrovaný obvod vyrábí již více jak 30 let, stále nalézá uplatnění v mnoha konstrukcích, ve kterých má své nezastupitelné místo. Zapojení s ním jsou jednoduchá, nevyžadují žádné speciální součástky a oživení konstrukce nečiní problém ani začátečníkům. Díky těmto přednostem je stále oblíbený, a proto neuškodí podrobnější seznámení s jeho funkcí.

Časovač se vyrábí ve dvou provedeních, klasickém a CMOS (a samozřejmě, že také pro povrchovou montáž), ve druhém provedení existuje ještě dvojitý časovač pod označením 556. Jednoduchá verze se vyrábí v pouzdře DIL8, výhody jsou číslovány stejným způsobem jako u jiných integrovaných obvodů.

K napájení obvodu slouží vývody 1 a 8, na 8 se připojuje kladný pól napájení, na 1 záporný. Výhodou je, že stačí nesymetrický zdroj. U klasické verze by se mělo napájecí napětí pohybovat v intervalu od 4,5 V do 18 V, verze CMOS se spokojí i s nižším. Vývod 3 slouží

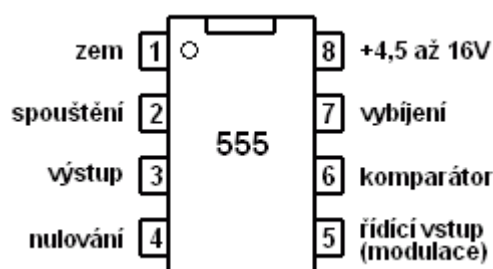
jako výstup, díky vnitřnímu zesilovači dokáže dodat proud až 200 mA. K zablokování funkce obvodu slouží vývod 4, jeho připojením na záporný pól napájení se činnost obvodu přeruší. Nebude-li této vlastnosti potřeba, nechává se trvale připojen na napájecí napětí.

Napět'ový dělič složený ze tří rezistorů o stejném odporu rozděluje napětí na třetiny, na vývodu 5 se tedy nachází $2/3$ napájecího napětí, je dobrým zvykem, není-li využita možnost změny poměru napětí, připojit tento vývod přes kondenzátor 10 nF na zem, u CMOS verze je to dokonce nutnost.

K ovládání RS klopného obvodu (RSKO) nepřímo slouží vývody 2 a 6, jejich napět'ové úrovně 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 2,5 V). A naopak – přesáhne-li napětí na vstupu 6, označovaném jako práh, $2/3 V_{cc}$ RSKO se dostane do log. L (napětí 0 V). Zároveň se otevře tranzistor a na vývod 7 (vybijení) se dostane záporné napájení. Toho se nejčastěji využívá právě k vybití kondenzátoru.

Vlastnosti:

- Spínací doba menší než 2 ms
- Maximální pracovní frekvence větší než 500 kHz
- Délka jednoho impulsu od ms po hodiny
- Pracuje jako astabilní i jako monostabilní multivibrátor
- Velký výstupní proud
- Nastavitelná střída (poměr impulsu k mezeře)
- Kompatibilita s TTL
- Teplotní stabilita 0,005% na 1°C

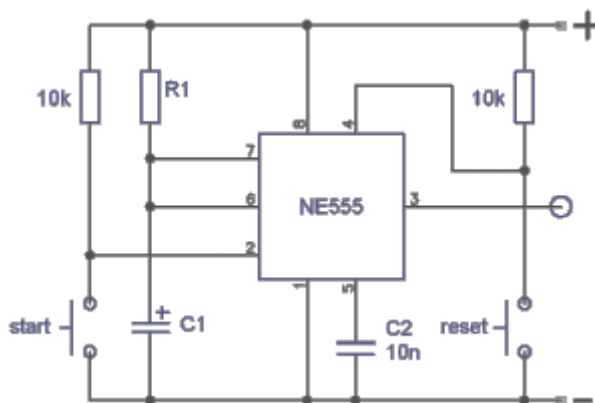


Obr. 8: Vývody časovače 555

1.6.2 Monostabilní obvod s 555

Monostabilní obvod vyrábí pouze jediný impuls a to hned po zapnutí. Proto se nazývá „mono“stabilní, protože je v klidovém stavu v jednom stavu (nízká úroveň na výstupu). Na vysoké úrovni je jen dočasně. Monostabilní obvod s časovačem 555 je znázorněn na obr. 9.

Jde tedy o klasické zapojení časovače, kdy v nastaveném čase je výstup ve vysoké úrovni a po doběhnutí přechodného děje daného časovou konstantou $R1C1$, přejde výstup na nízkou úroveň, kde setrvá až do dalšího spuštění časovače stiskem tlačítka START.



Obr. 9: Monostabilní zapojení 555

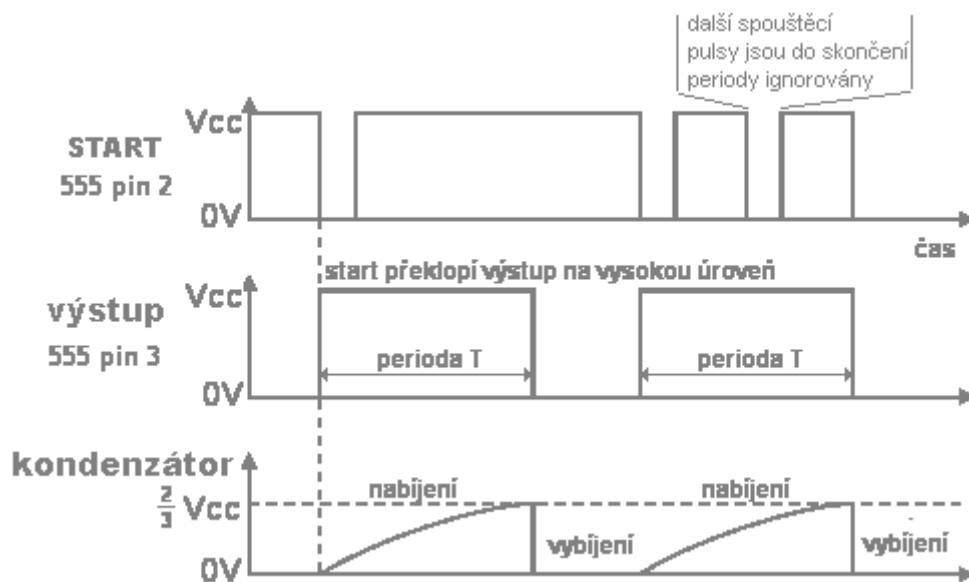
Nastavená doba trvání pulsu se nazývá perioda (T), je v sekundách [s] a je určena následujícím vzorcem:

$$T = 1,1 \cdot R1 \cdot C1 \quad (3)$$

T je perioda v sekundách [s]

$R1$ časovací rezistor a $C1$ je časovací kapacitor.

Na obr. 10 jsou znázorněny časové průběhy monostabilního obvodu s NE 555.



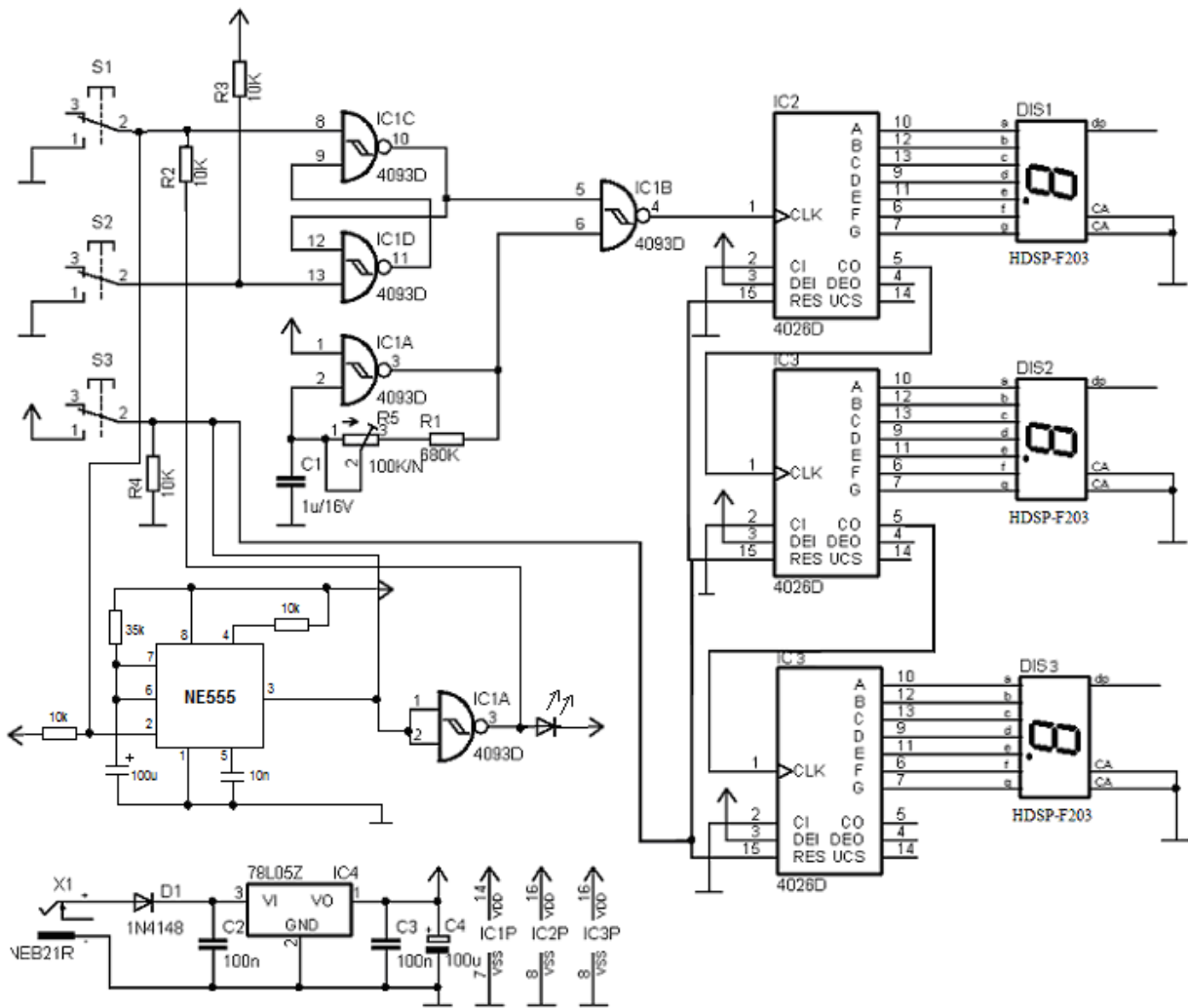
Obr. 10: Časové průběhy MKO s NE 555.

2.1 Schéma zapojení a seznam součástek

2.1.1 popis funkce zařízení

Mé zařízení podle obr. 11 slouží k měření lidské reakce na optický podnět. Jako zdroj optického podnětu jsem zvolil diodu LED zelené barvy. Rozsah měření jsem zvolil v rozsahu 0 až 9,99s. Přesnost na setiny sekundy se mi zdála dostačující. Ovládaní se děje pomocí 3 základních tlačítek START, STOP a RESET.

Nejdříve stiskneme tlačítko START a poté vyčkáme na signalizaci od zpoždovacího monostabilního multivibrátoru. Ten rozsvítí LED diodu. Ta se rozsvítí ve zvoleném intervalu. Dobu rozsvícení můžeme navolit změnou rezistoru R1 či kapacitoru C1 v obvodu zpoždovacího členu. Následně po rozsvícení LED diody, stiskneme testovaná osoba v co nejrychlejším čase tlačítko STOP. V tuto chvíli se na sedmi segmentových LED displejích zobrazí námi dosáhnutá reakční doba. Pro následné vynulování se používá tlačítko RESET a můžeme zkusit dosáhnout lepšího času. Průměrná doba dosáhnutých časů je 0,25 až 0,35 s.

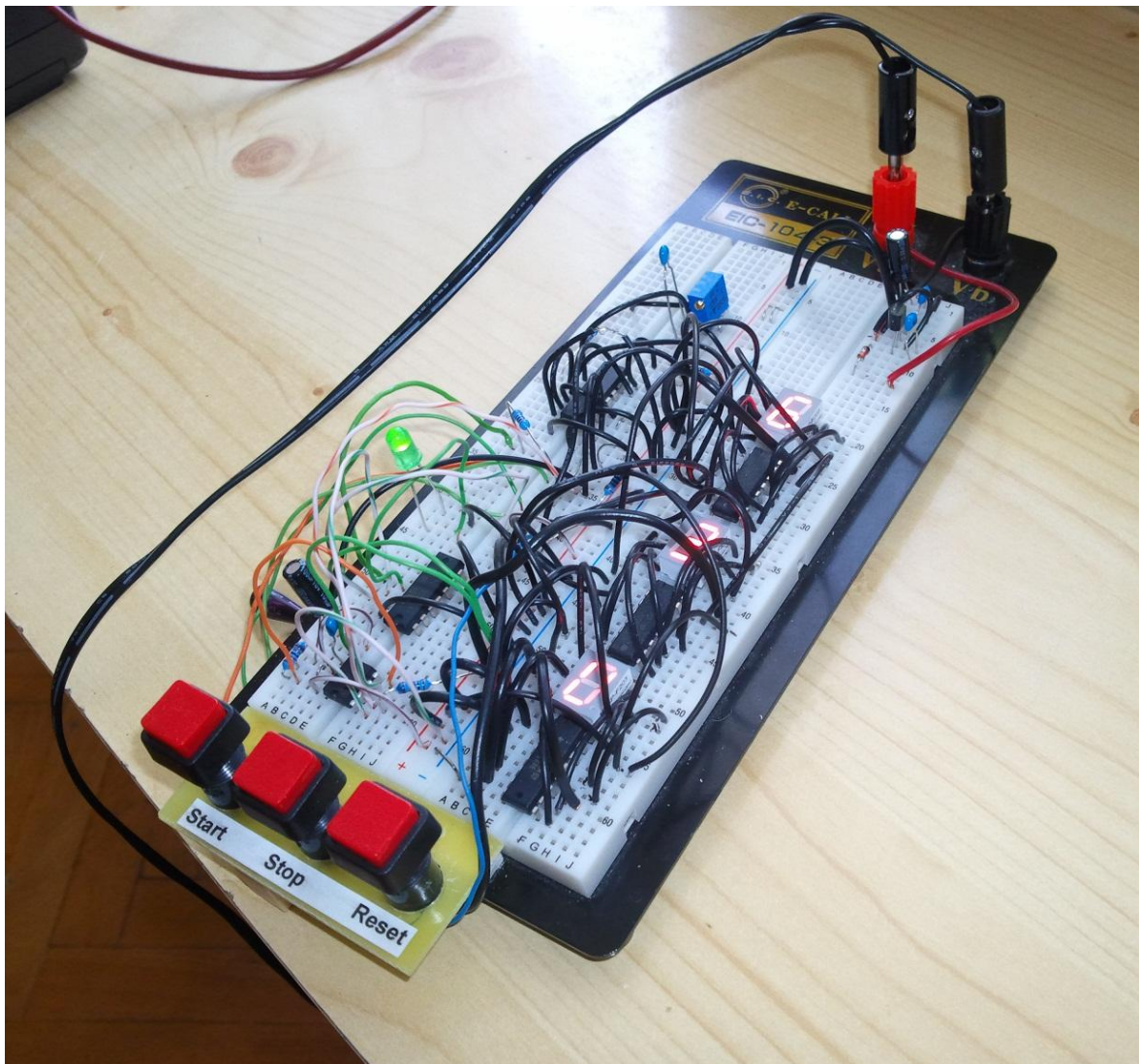
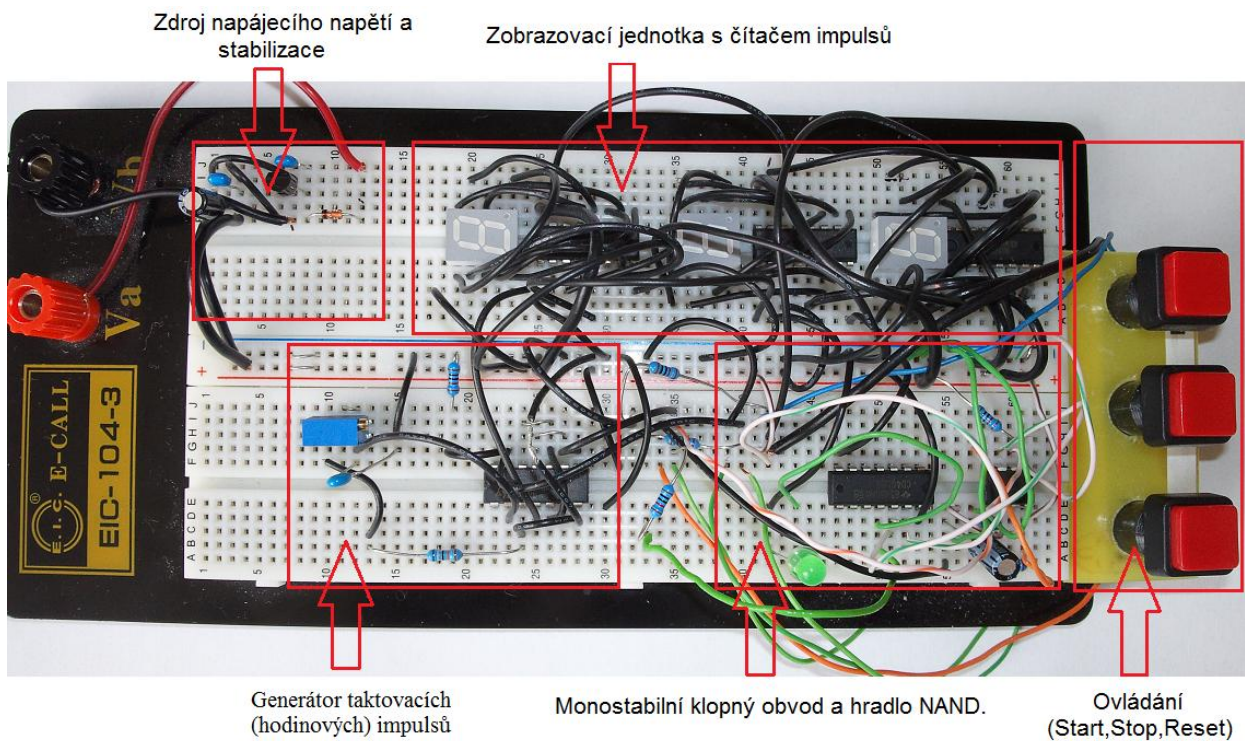


Obr. 11: Schéma zapojení zařízení pro měření reakční doby

2.1.2 Soupiska použitých součástek

Název	Hodnota	Zařízení	Pouzdro
C1	1u/16V	C-EUC3216	C3216
C2	100n	C-EUC3216	C3216
C3	100n	C-EUC3216	C3216
C4	100u	CPOL-EUE2.5-7	E2,5-7
D1	1N4148	1N4148	DO35-10
D2	525 nm	LED dioda	Ovál 5 mm
DIS1	626 nm	HDSP-F203	HDSP-B
DIS2	626 nm	HDSP-F203	HDSP-B
NE555		TIMER	
IC1	4093D	4093D	SO14
IC2	4026D	4026D	SO16
IC3	4026D	4026D	SO16
IC4	78L05Z	78L05Z	TO92
R1	680K	R-EU_M1206	M1206
R2	10K	R-EU_M1206	M1206
R3	10K	R-EU_M1206	M1206
R4	10K	R-EU_M1206	M1206
R5	100K/N	R-TRIMM64Z	RTRIM64Z
R6	35K	R-EU_M1206	M1206
R7	330K	R-EU_M1206	M1206
S1	P-PB303B RED	P-PB303B RED	P-PB303B RED
S2	P-PB303B RED	P-PB303B RED	P-PB303B RED
S3	P-PB303B RED	P-PB303B RED	P-PB303B RED

2.2 Fotografie zařízení a jeho jednotlivých částí



2.3. Závěr

Toto zařízení jsem realizoval pomocí diskretních součástek a je zcela funkční. Mohl jsem použít též zapojení s mikrokontrolerem PIC16F84A. Schéma by bylo asi složitější a vyžadovalo by to znalost příslušného programovacího jazyka a vývojového prostředí. Výhodou takového zapojení je jeho univerzálnost a programovatelnost funkcí.

Zapojení, které jsem zkonstruoval má velice malý odběr díky využití obvodů CMOS. Výhodou těchto obvodů je také to, že po odpojení napájecího napětí zůstává stav čítačů stejný po dobu několika hodin. Komplikace, která se vyskytla v uvedeném zapojení se týkala sedmi-segmentového displeje se společnou katodou. Vyskytlo se nesprávné označení vývodů na příslušném schématu v katalogu součástek. Bylo stejné označení jako u displeje se společnou anodou. V jiných katalozích byla již chyba opravena.

2.4. Použitá literatura

Bezděk M.: Elektronika I a II, nakladatelství Kopp
Antošová M. – Davídek V.: Číslicová technika, nakladatelství Kopp
Hájek J.: Časovač 555 praktická zapojení, nakladatelství BEN
Elektrotechnická měření, nakladatelství BEN

2.4.1 Internetové zdroje

Obr.1- (http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/330/330-011/dsh.330-011.1.pdf)
Obr.3 – (http://www.getlofi.com/uploaded_images/4093-Pins-765933.JPG)
Obr.5 – (<http://www.kpsec.freeuk.com/images/4026.gif>)
Obr.6 - (http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/512/512-047/dsh.512-047.1.pdf)
Obr. 8 - (http://pandatron.cz/elektronika2/555_556_mon_2.gif)