

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

PEDAGOGICKÁ FAKULTA

KATEDRA FYZIKY

Bakalářská práce

Autor: Jan Čejka

Vedoucí práce: PaedDr. Josef Voda

2006

Knihovna JU - PF



3115172534

Moduly klopných obvodů s IO 555 pro použití na magnetické tabuli

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně a že jsem všechny použité zdroje uvedl v Seznamu použité literatury na konci této práce. Zároveň povoluji Katedře fyziky PF JU v Č. Budějovicích libovolné využití této práce.

V Českých Budějovicích dne 20. 4. 2006

Jan Čejka



Poděkování

První a největší poděkování patří panu PaedDr. J. Vodovi, který mi umožnil vypracovat tuto práci a nejednou mi poradil. Dále bych chtěl poděkovat všem vyučujícím, kteří mne alespoň nepřímo poradili a pomohli mi prohloubit mé znalosti.

Poděkování

První a největší poděkování patří panu PaedDr. J. Vodovi, který mi umožnil vypracovat tuto práci a nejednou mi poradil. Dále bych chtěl poděkovat všem vyučujícím, kteří mne alespoň nepřímo poradili a pomohli mi prohloubit mé znalosti.

Poděkování:

Především musím poděkovat panu PaedDr. J. Vodovi, který mně umožnil vypracovat tuto práci a nejednou mi poradil. Dále bych chtěl poděkovat všem vyučujícím, kteří mne alespoň nepřímo poradili a pomohli mi prohloubit mé znalosti.

Anotace

Práce se zabývá návrhem, konstrukčním řešením a realizací dvou modulů. První modul, siréna s kolísavým tónem, je sestrojena pomocí dvou integrovaných obvodů NE555. Druhý modul, blikač, je sestrojen pomocí dvou integrovaných obvodů NE556. Zmiňuji zde také princip, základní parametry a funkci obvodu NE555, spínání větších výkonů pomocí relé, triaku a tyristoru.

Annotation

My dissertation occupies with design, constructional solution and realization of two moduluses. The first module is a siren with warble tone, it is constructed due to two integrated circuits NE 555. The second module is an indicator, it is constructed due to two integrated circuits NE 556. I mention here the principle, primary parameters and the function of an eletrical circuit NE 555, switching larger service by the help of relay, triac and thyristor.

Obsah

ÚVOD	8
1. HISTORIE	10
2. FUNKCE OBVODU	11
2.1. Části obvodu	11
2.1.1. Dělič napětí	12
2.1.2. Komparátory	12
2.1.3. Klopný obvod	13
2.1.4. Vybíjení	13
2.2. Vnitřní zapojení	14
2.2.1. Komparátor K_2	15
2.2.2. Komparátor K_1	16
2.2.3. Klopný obvod	16
2.3. Základní parametry	18
2.4. Zapojení vývodů	19
2.5. Spínání větší zátěže	20
2.5.1. Výhody a nevýhody bezkontaktních spínačů	20
2.2.1. Spínání pomocí relé	21
2.2.1. Spínání triakem	22
2.2.2. Spínání tyristorem	24
3. NÁVRH MODULŮ	26
3.1. Blikač	26
3.1.1. Schéma zapojení	26
3.1.2. Popis zapojení	27

3.1.3. Spuštění dalšího MKO	27
3.1.4. Spuštění a zastavení	28
3.1.5. Spínací část	28
3.1.6. Vlastní postřehy	29
3.2. Siréna	30
3.2.1. Schéma a zapojení	30
3.2.2. Popis zapojení	30
3.2.3. Vlastní postřehy	31
4. KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	32
4.1. Krabičky modulů	32
4.1.1. Krabička pro blikáč	33
4.1.2. Krabička pro sirénu	34
4.2. Konstrukce blikáče	35
4.3. Konstrukce sirény	37
5. PRAKTICKÁ ZAPOJENÍ S IO 555	38
5.1. IO 555 jako multivibrátor	38
5.1.1. Monostabilní multivibrátor MKO	38
5.1.2. Astabilní multivibrátor AKO	41
ZÁVĚR	44
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	45
SEZNAM DOPORUČENÉ LITERATURY	46
PŘÍLOHA OBRÁZKŮ	47

Úvod

Již odmalička se zabývám elektronikou a elektrotechnikou. Moje první krůčky doprovázely staré štípací kleště, které každý nepotřebný drátek musely přeštípnout, i když v raném dětství síly nebylo mnoho, ale úsilí nakonec zvítězilo. Zpočátku jsem vymýšlel věci typu domovního rozhlasu, který se skládal z vodičů obtočenými kolem bytu, několika reproduktorů a zejména radiomagnetofonu, který tvořil srdce mé domácí reprodukce. Později jsem začal pronikat do zákoutí elektřiny a jednotlivých součástek, ze kterých se skládaly nejroztodivnější a pro mne nepochopitelné elektrické přístroje. Zprvu jsem jednotlivé součástky ze starých televizorů štípal a zkoušel jejich funkci jednoduchou žárovkovou zkoušečkou, ale jednou o Vánocích mne pod stromečkem překvapila knížka o elektrotechnice „ELEKTROTECHNIKA 1“ od Václava Maliny. S touto knihou se mi otevřely jiné obzory a mé bádání nabylo jistějšího cíle. Už jsem marně nemusel hloubat nad funkcí černě zbarvené součástky se třemi vývody, teď stačilo mrknout do knihy a přečíst si něco nového o tranzistoru. V knize bylo mnoho schémat, většinu jsem vyzkoušel a mé nadšení pro elektroniku nezmizelo, ba naopak pořád vzrůstalo.

Kamarádi a příbuzní se pomalu dozvídali o mém zájmu a výměna přívodního napájecího kabelu k žehliče či fénu pro mne znamenala pouhou rutinu, proto jsem dostával „zakázky“ i na složitější zapojení nejrůznějších blikáčů, regulátorů otáček a výkonu, domácího telefonu, až po různá udělátka do auta.

Na konci základní školy nastalo další dilema, kde budu pokračovat ve studiu. Učitelé mne přesvědčovali, abych se přihlásil na gymnasium, ale mé srdce říkalo něco jiného. Nakonec jsem prosadil svou a mé další studium se vyvíjelo na Střední průmyslové škole elektrotechnické v Českých Budějovicích.

Po úspěšném absolvování SPŠ jsem po několika úskalích započal studium na Jihočeské univerzitě v oboru Měřicí a výpočetní technika. Jsem velmi rád, že zde mohu studovat. Dozvídám se zde mnoho nových a zajímavých věcí co se týče elektroniky, elektrotechniky a počítačů, které se staly mým novým a možná dnes již největším koníčkem.

Při výběru diplomové práce jsem vzal v úvahu mnoho aspektů, nejvíce mne ovlivnily předešlé zkušenosti a chuť k elektronice. Sám něco vymyslet, sám něco vyrobit, byl vždycky můj sen a jsem velmi rád, že i tentokrát se mi můj sen splnil a dokonce mohu přispět mým následovníkům, kteří, alespoň doufám, díky mému úsilí lépe pochopí zákonitosti a význam zapojení či jednotlivých součástí a názorně vše uvidí.

1. Historie

Na počátku století by jistě 555tka byla sestavena z řady odporu a elektromagnetických relé. S objevem elektronky, by sestavení bylo o něco jednodušší, ale i tak bychom narazili na řadu problémů. Polovodiče se již dávno používaly k usměrnění, teprve se zhotovením prvního tranzistoru v roce 1948 nastává jejich prudký rozvoj. V šedesátých letech dvacátého století byly zúročeny třicetileté zkušenosti s řízením polovodičů pomocí elektrického pole a začínají se vyvíjet první tranzistory MOSFET. TTL obvody mají poměrně velký příkon, a proto se zanedlouho začínají objevovat první obvody sestavené z MOSFET. V roce 1963 byl vyroben první obvod CMOS.

Integrovaný obvod s všeobecným označení 555 byl vyvinut firmou Signetics jako taktovač (proto anglické označení „timer“), v roce 1972 byl tento obvod uveden na trh. V roce 1974 začaly prodávat první verze CMOS-ové (complementar-metal-oxide-semiconductor), která se vyznačuje malou spotřebou.

Obvody 555, ale i jeho dvojitou verzi 556 i verzi CMOS vyrábí snad každá známější firma na světě. U nás můžeme vidět výrobky firem GoldStar (GL 555), Intersil (NE 555), Motorola (MC 1455), National (LM 555), Silicon General (SG 555) a další. Obvody jednotlivých firem se zpravidla liší jen mírně v parametrech, ale jsou i obvody lišící se v zapojení vývodů. Nedávno se začaly vyrábět čtyři obvody 555 v jednom pouzdře, obvod se nazývá 558.

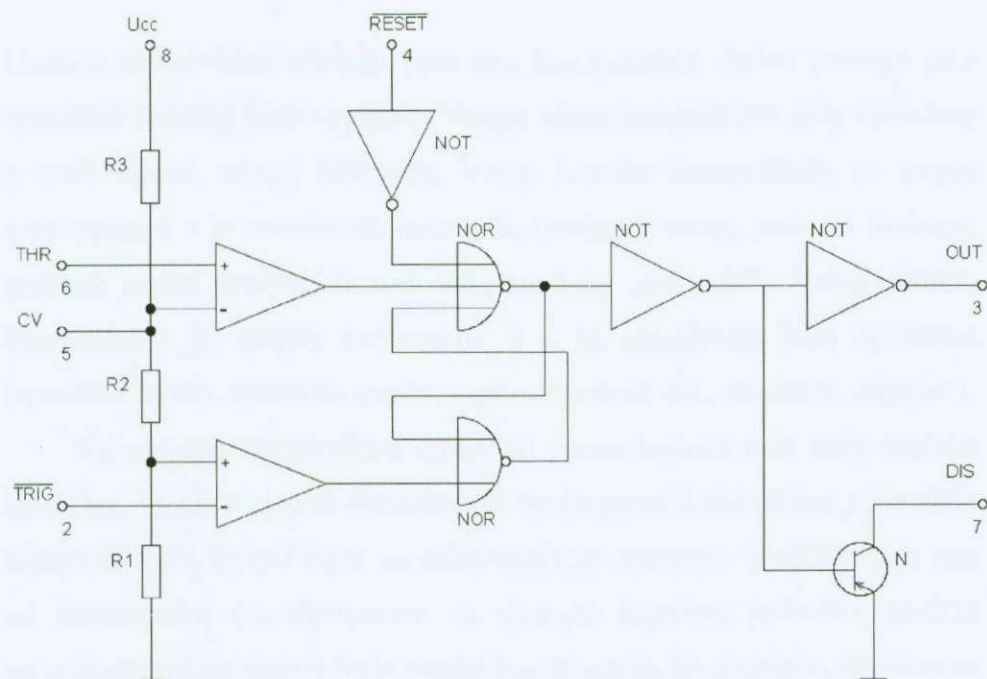
V mnoha knihách a časopisech na celém světě byly popsány stovky zapojení s časovačem 555, což poukazuje na ohromnou využitelnost tohoto obvodu. Většinou lze použít CMOS verzi i tam, kde v obvodu byla původně použita bipolární verze, díky stejně rozloženým vývodům.

2. Funkce obvodu

Funkci časovače lze popsat na základě zjednodušeného blokového zapojení nebo podrobně na základě kompletního vnitřního zapojení. Pro většinu případů je blokové zapojení postačující.

2.1. Části obvodu (viz. [1])

Obvod tvoří čtyři hlavní části.



Obr. 2.1. Zjednodušené blokové zapojení 555

Další zapojení viz. příloha obrázků: O 2.1. ...

2.1.1. Dělič napětí:

První částí je dělič napětí, který tvoří tři stejně velké rezistory (R_1 , R_2 , R_3) s nominální hodnotou přibližně $5k\Omega$. Tento dělič je na jednom (dolním) konci spojen s GND, na druhém konci (horním) s U_{CC} . Při připojení napětí na dělič, objeví se na každém rezistoru stejné napětí, přesněji, na každém rezistoru bude $1/3 U_{CC}$, součet jednotlivých napětí nám opět vrátí hodnotu U_{CC} . Na vývodu CV bude napětí $2/3 U_{CC}$.

2.1.2. Komparátory:

Druhou hlavní částí obvodu jsou dva komparátory. Jeden pracuje jako spouštěcí a druhý jako vypínací. Vstupy obou komparátorů jsou vyvedeny a tvoří hlavní vstupy časovače. Vstup horního komparátoru je spojen s vývodem 6 a je označován jako práh (prahový vstup, prahová hodnota, prahové napětí vypínací úroveň atd., anglicky „treshold“). Vstup dolního komparátoru je spojen s vývodem 2 a je označován jako spouštěcí (spouštěcí vstup, spouštěcí napětí, zapínací úroveň atd., anglicky „trigger“).

Na výstupu komparátoru může být pouze logická nula nebo logická jednička, všechna napětí samozřejmě vztahujeme k nulovému potenciálu zdroje (GND). Pokud bude na neinvertujícím vstupu (+) větší napětí než na invertujícím (-), dostaneme na výstupu logickou jedničku, jestliže na neinvertujícím vstupu bude napětí menší než na invertujícím, dostaneme na výstupu logickou nulu. Porovnáváme tedy vstupní napětí na obou vstupech a podle výsledku se nám na výstupu objeví určená logická úroveň. Kvalita komparátoru do velké míry ovlivňuje vlastnosti celého časovače.

Bez vnějšího zapojení se chová časovač jako komparátor s hysterezí, podobně jako Schmidtův obvod.

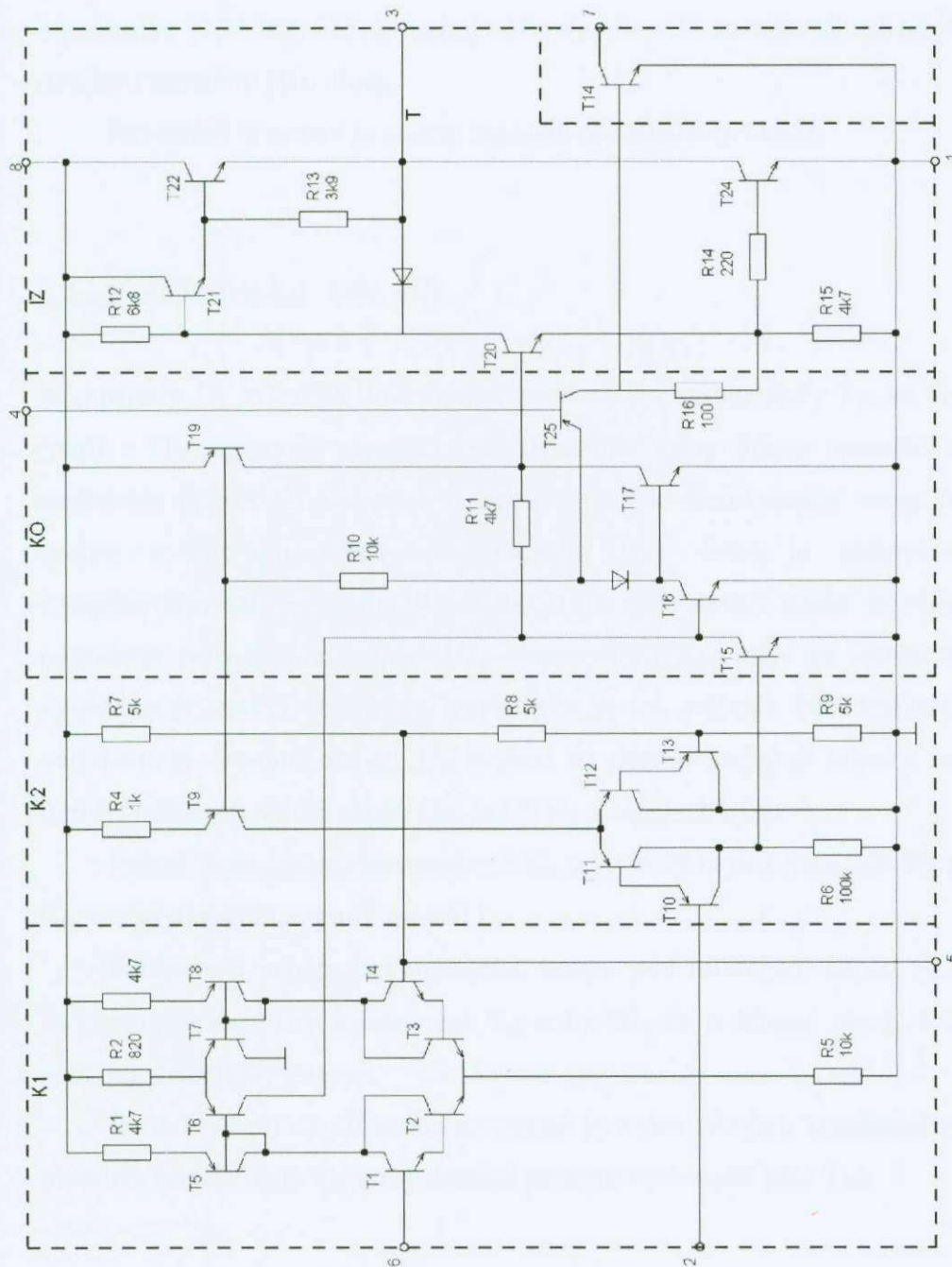
2.1.3. Klopný obvod:

Výstupy komparátorů jsou přivedeny na vstupy klopného obvodu R-S, který je tvořen z logických členů NOR, proto se budou jeho vstupy aktivovat logickou jedničkou. Obvod R-S zde funguje jako paměť s možností nulování.

2.1.4. Vybíjení:

Poslední blok zajišťuje řízení výstupu a vybíjení časovacího kondenzátoru. Tvoří jej dva invertory (NOT) a vybíjecí tranzistor a proto je jeho kolektor označován jako vybíjení (vybíjecí tranzistor, vybíjení kondenzátoru atd., anglicky „discharge“).

2.2. Vnitřní zapojení



Obr. 2.2. Podrobné vnitřní zapojení bipolárního časovače 555

Další zapojení viz. příloha obrázků: O 2.2. ...

Na obr. 2.2. je vnitřní zapojení, podrobný ekvivalent vnitřní stavby bipolárního časovače 555. Obsahuje 16 odporů a 25 tranzistorů, přičemž dva jsou zapojeny jako diody.

Pro snazší orientaci je vnitřní zapojení rozděleno do bloků.

2.2.1. Komparátor K_2 : (viz. [2])

Komparátor K_2 je tvořen diferenčním zesilovačem s tranzistory T_{10} až T_{13} (pnp) v Darlingtonově zapojení. Na invertující vstup tohoto operačního zesilovače (vývod 2) lze přivést napětí zvnějška. Neinvertující vstup je spojen s interním referenčním napětím U_{R9} , které je získáváno z napěťového děliče (odpory R_7 až R_9). Toto porovnávací napětí je vždy polovinou referenčního napětí U_{R8} komparátorů K_1 , které je současně vyvedeno (vývod 5) a vnějším zapojením je lze ovlivnit. Bez vnějšího ovlivnění je napájecí napětí U_B (vývod 8) děleno stejnými odpory na třetiny, takže referenční napětí U_{R9} je $1/3 U_B$ a U_{RS} je $2/3 U_B$.

Pokud je na vstupu komparátorů K_2 (vývod 2) napětí mezi $1/3 U_B$ a U_B , má výstup komparátorů úroveň L.

Poklesne-li napětí na spouštěcím vstupu pod referenční napětí ($1/3 U_B$), stoupne napětí na kolektorech T_{10} a T_{11} tak, že je klopný obvod KO přes tranzistor T_{15} nastaven.

Emitterový proud diferenčního stupně je určen zdrojem konstantního proudu s tranzistorem T_9 , který dostává porovnávací napětí přes T_{19} .

2.2.2. Komparátor K_1 : (viz. [2])

Komparátor K_1 je tvořen diferenčním zesilovačem s tranzistorem T_1 až T_4 (nnp) v Darlingtonově zapojení. Pracovními odpory jsou proudové zdroje s tranzistorem T_5 až T_8 . Neinvertující vstup komparátorů je vyveden (vývod 6), invertující vstup je spojen s interním referenčním napětím U_{RS} a je současně i z vnějšku dostupný (vývod 5).

Překročí-li napětí na neinvertujícím vstupu (vývod 6) referenční napětí U_{RS} , dojde tranzistorem T_6 k vynulování klopného obvodu KO.

2.2.3. Klopný obvod KO: (viz. [2])

Klopný obvod KO je tvořen tranzistorem T_{16} , T_{17} a zpětnovazebním odporem R_{11} spolu se zdrojem proudu T_{19} a tranzistorem T_{18} , zapojeným jako dioda. Na nastavovacím vstupu S je ještě připojen pomocný tranzistor T_{15} . V nastaveném stavu je na kolektoru T_{17} nízké napětí (úroveň L).

Nulování klopného obvodu KO je - nezávisle na výstupních stavech komparátorů - možné tranzistorem T_{25} , jehož báze je dosažitelná z vnějšku (vývod 4). Připojení tohoto vývodu na potenciál země nebo na úroveň L způsobí vynulování klopného obvodu.

Náběhová rychlost nulovacího signálu má být dostatečně velká, aby se zabránilo výskytu nedefinovaných stavů. Pro potlačení nežádaného vynulování vnějšími vlivy se doporučuje zapojit na vývod 4 napětí větší, než je $1/3 U_B$. V mnoha zapojeních bývá vývod 4 spojen přímo s napájecím napětím (vývod 8).

Řídicí signál pro koncový stupeň je odebírán z kolektoru T_{17} a budícím stupněm s T_{20} invertován. Dvojčinný výkonový stupeň se sestává z tranzistorů T_{21} až T_{24} . Ve vynulovaném stavu T_{24} vede, tj. na výstupu (vývod 3) je úroveň L. V nastaveném stavu vede T_{22} a výstup má úroveň H.

Dvojčinný výkonový stupeň dovoluje kladné a záporné výstupní proudy až do 200 mA, takže je vnější zátěž možno připojit jak mezi výstup a napájecí napětí, tak i mezi výstup a zem. Výstupní napětí je však možno odebírat i bez připojení zatěžovacího odporu.

Klopným obvodem je současně přes T_{20} řízen vybíjecí stupeň s tranzistorem T_{14} tak, že se při nastaveném stavu nachází ve vodivém stavu.

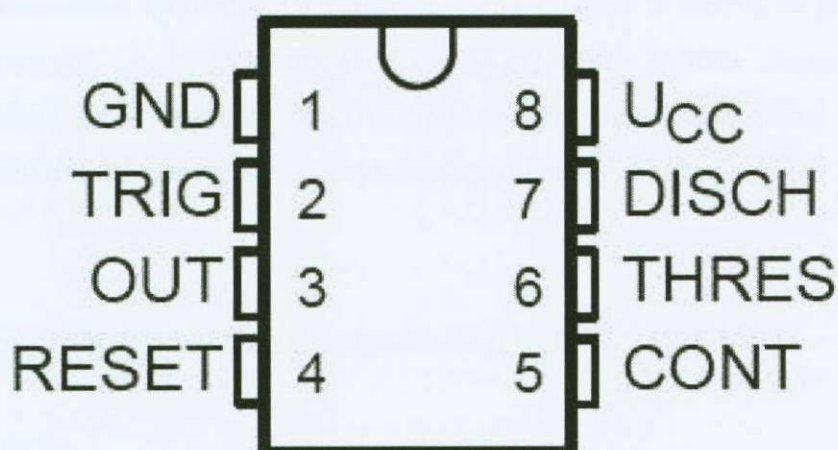
2.3. Základní parametry (viz. [4])

Parametr	Poznámka	Hodnota			Jednotka
		Min.	Typická	Max.	
Napájecí napětí: U_{CC}	-20 až 70 °C	2		18	V
Napájecí proud: I_{CC}	$U_{CC} = 2 \text{ V}$		60	200	μA
	$U_{CC} = 18 \text{ V}$		120	300	μA
Napětí na trigger, threshold, reset: U_{CC}	-20 až 70 °C	-0,3		+0,3	V
Proudy vstupů: I_{TRIG}, I_{THR}	$U_{CC} = 2 \text{ V}$		1		pA
	$U_{CC} = 18 \text{ V}$		50		pA
Proud vstupu: I_{RESET}	$U_{CC} = 2 \text{ V}$		2		pA
	$U_{CC} = 18 \text{ V}$		100		pA
Nul. napětí: U_{RST}	$U_{CC} = 2 \text{ až } 18 \text{ V}$	<0,4		1,0	V
U_{THR} mezní	$x U_{CC}$	0,65	0,67	0,69	V
U_{TRIG} mezní	$x U_{CC}$	0,31	0,33	0,35	V
Výstupní napětí: U_{OL}	$I_0 = 3 \text{ mA}$ $U_{CC} = 5 \text{ V}$		0,20	0,40	V
	$I_0 = 20 \text{ mA}$ $U_{CC} = 15 \text{ V}$		0,40	1,00	V
Výstupní napětí: U_{OH}	$I_0 = 0,8 \text{ mA}$ $U_{CC} = 5 \text{ V}$	4,0	4,3		V
	$U_{CC} = 15 \text{ V}$	14,3	14,6		V
Výstupní proud: I_0	-20 až 85 °C			100	mA
Max. kmitočet: f_{MAX}	AKO	500			kHZ

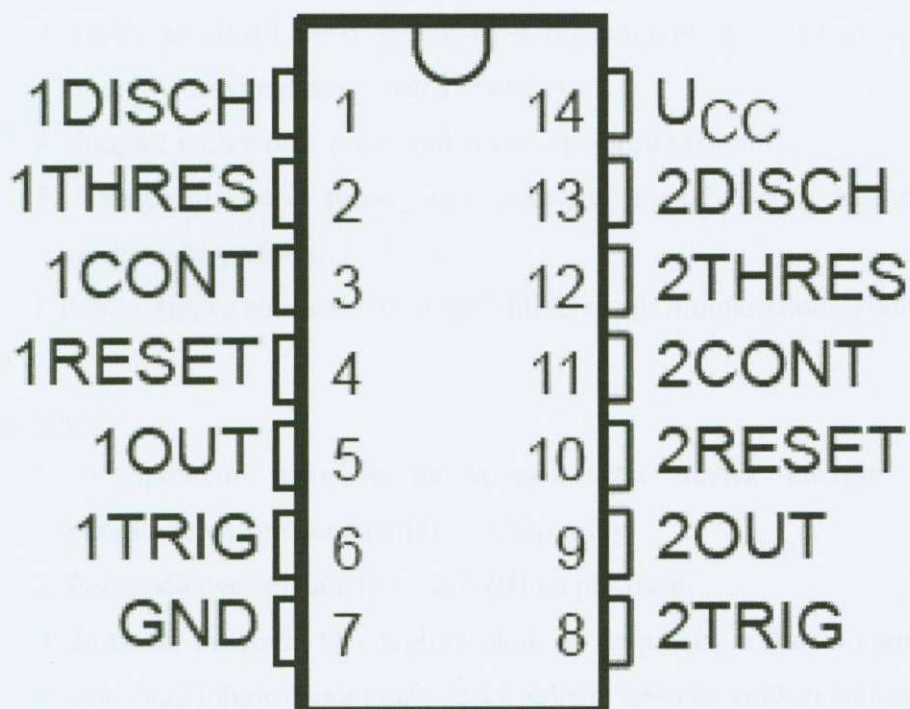
Tabulka 2.3. Základní parametry obvodu GLC 555

Další parametry viz. příloha obrázků: O 2.3.

2.4. Zapojení vývodů



Obr. 2.4.A Zapojení vývodů GLC (NE, SA, SE ...) 555 (viz. [1])



Obr. 2.4.B Zapojení vývodů GLC (NE, SA, SE ...) 556 (viz. [1])

2.5. Spínání větší zátěže

Problematika spínání větší zátěže je velmi obsáhlé a zabývá se jí mnoho odborných i vědeckých publikací. Zahrnuje spínání kontaktní i bezkontaktní. Prakticky oba dva způsoby umožňují spínat velmi vysoká napětí a dokáží sepnout ve výkonových aplikacích až tisíce ampér.

2.5.1. Výhody a nevýhody bezkontaktních spínačů: (viz. [5])

Výhody:

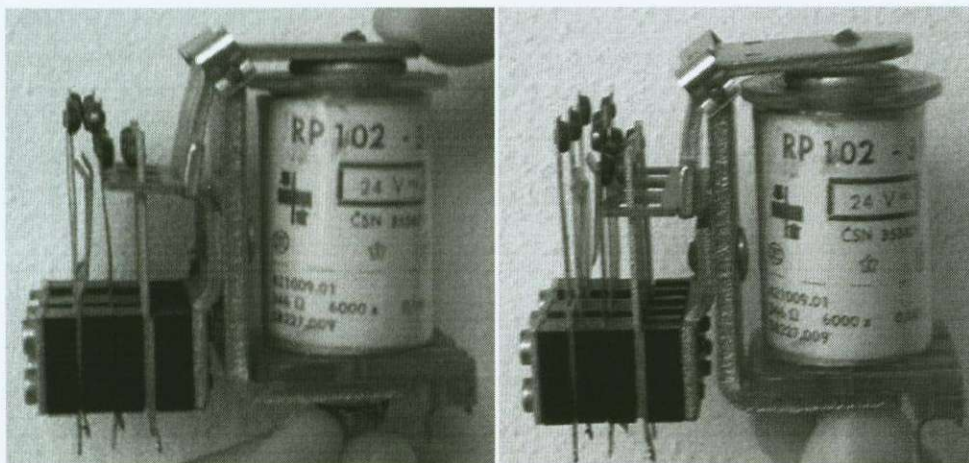
1. Bezkontaktní spínače nemají pohyblivé části. Spínání probíhá bezhlučně, bez nárazů a otřesů.
2. Spínání probíhá v pevné fázi hmoty, není tedy provázeno vznikem elektrického oblouku, jiskření, opálení kontaktů atd.
3. Doby přechodů mezi sepnutým a rozepnutým stavem jsou velmi krátké ve srovnání se spínači s kontakty.
4. Fungují v libovolné poloze a jsou odolné proti otřesům.
5. Spínače pro velké proudy jsou podstatně menší a lehčí, než jejich mechanická podoba.
6. Polovodičové součástky jsou spolehlivé a mají dlouhou dobu života

Nevýhody:

1. V sepnutém stavu je na spínači větší úbytek energie, než u kontaktních spínačů, mají tedy větší ztráty.
2. Polovodičové spínače jsou citlivější na přetížení.
3. Je nutné uvažovat vliv teploty okolí na parametry a funkci spínače, zanedbání tohoto vlivu může vést k selhání nebo ke zničení spínače.
4. I při rozepnutém stavu není spotřebič galvanicky oddělen od zdroje.
5. Vstupní (budící) obvod je galvanicky spojen se spínaným obvodem.

2.5.2. Spínání pomocí relé: (viz. [7])

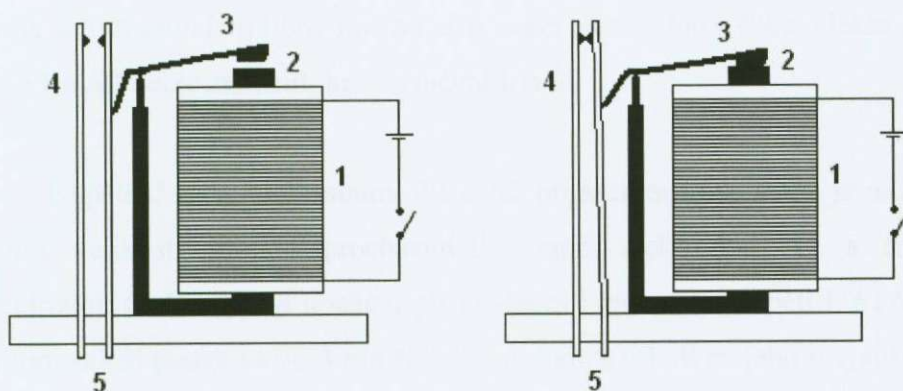
Elektromagnetické relé je součástka, která obsahuje elektromagneticky ovládané vypínače. Bylo vynalezeno v roce 1835 Josefem Henrym. Součástka byla původně využívána jako mechanický zesilovač na telegrafních linkách. Název pochází z přepřahací stanice na kurýrních cestách. Dnes se relé používá v mnoha aplikacích, byť jeho funkci v mnoha případech přebírají obvody založené na polovodičích. Elektromagnetické relé je příkladem využití elektromagnetu v zařízení, které je důležitým funkčním prvkem v soustavách automatizace.



Obr. 2.5.2.A Relé RP 102-3

V blízkosti elektromagnetu tvořeného cívkou a jádrem z magneticky měkké oceli je pohyblivá kotva, rovněž z magneticky měkké oceli. Kotva se dotýká pružných kontaktů, k nimž je připojen obvod ovládaného zařízení. Jakmile elektromagnetem začne procházet ovládací proud, jádro cívky se zmagnetuje a přitáhne kotvu relé, čímž se sepnou pružné kontakty.

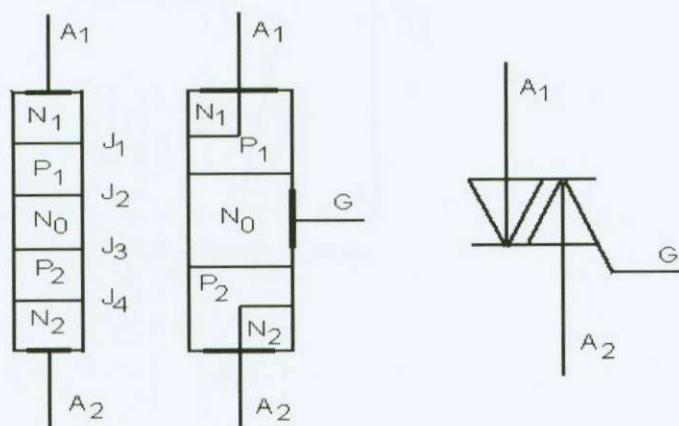
Tím je ovládané zařízení uvedeno do chodu. Přitom k přitažení kotvy postačuje mnohem menší ovládací proud, než je proud, který prochází obvodem ovládaného zařízení.



Obr. 2.5.2.B Popis fungování relé

1. – cívka
2. – jádro z magneticky měkké oceli
3. – pohyblivá kotva
4. – pružné kontakty
5. – místo připojení ovládaného zařízení

2.5.3. Spínání triakem: (viz. [8])

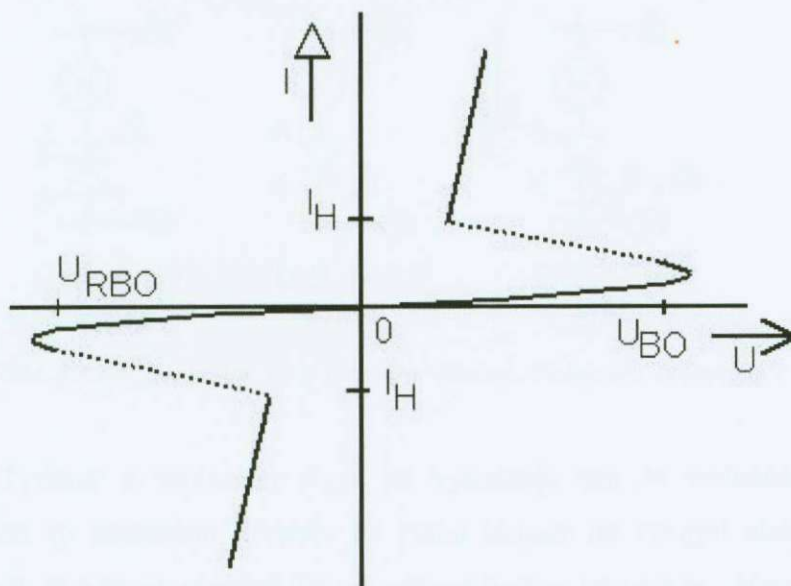


Obr. 2.5.3.A Průřez a schématická značka triaku

Triak je pětivrstvá spínací součástka se symetrickou soustavou přechodů NP. (NPNPN) Triak se chová jako dva antiparalelně zapojené tyristory, každý spíná v jedné půlce střídavého napětí. Řídit lze jak kladným tak i záporným řídicím napětím, takže lze použít pro spínání střídavého napětí. Triak se řídí proudem libovolné polarity mezi elektrodou a řídicí elektrodou G. A1 a A2 nelze zaměnit, hrozí zničení triaku.

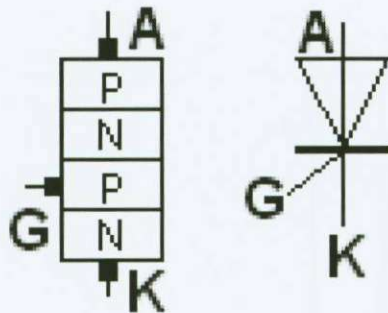
Napětí U mezi elektrodami A1 a A2 při kterém triak sepne je možné měnit velikostí proudu procházejícího mezi elektrodou A2 a řídicí elektrodou G. K sepnutí dochází při kladném i záporném napětí U_{A1A2} a přitom záleží pouze na velikosti řídicího proudu a nikoli na jeho smyslu.

Triak lze vypnout poklesem proudu pod hodnotu vratného proudu I_H . Triak se používá pro spínání střídavých napětí, regulace výkonu atd.



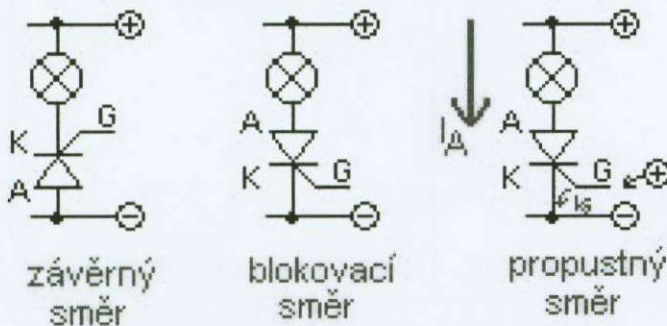
Obr. 2.5.3.B VA charakteristika triaku

2.5.4. Spínání tyristorem: (viz. [6])



Obr. 2.5.4.A Průřez a schématická značka tyristoru (viz. [6])

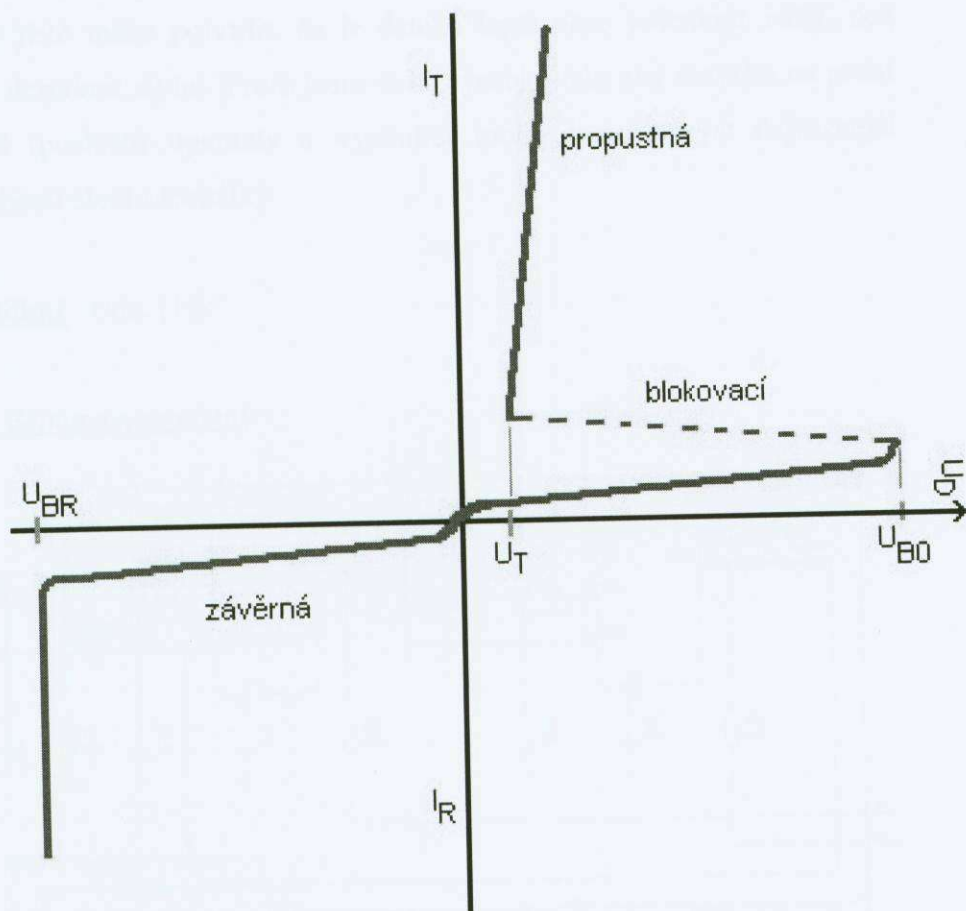
Tyristor je čtyřvrstvý polovodičový prvek vodivosti PNPN, méně často NPNP. Má tedy tři přechody. Příklad uspořádání polovodičových přechodů a schématickou značku ukazuje obrázek. 2.5.3.A.



Obr. 2.5.4.B Tři možné stavy tyristoru: závěrný, blokovací, propustný (viz. [6])

Tyristor v sepnutém stavu se vyznačuje tím že nedokáže proud přerušit, tj. rozepnout, třebaže již řídicí impuls na vstupní elektrodě G odezněl. V tom se zásadně liší od spínací funkce tranzistoru. Nastává tedy problém, jak tyristor vypnout. Obvykle se musí na některém místě přerušit obvod nebo rovnou odpojit zdroj. Situace je však mnohem jednodušší, jestliže se obvod napájí tepavým stejnosměrným proudem. U pulsujícího stejnos. proudu totiž dochází k přerušování každou setinu sekundy, a proto

s uzavřením tyristoru nejsou potíže. Totéž platí pro tyristor v obvodu střídavého proudu.



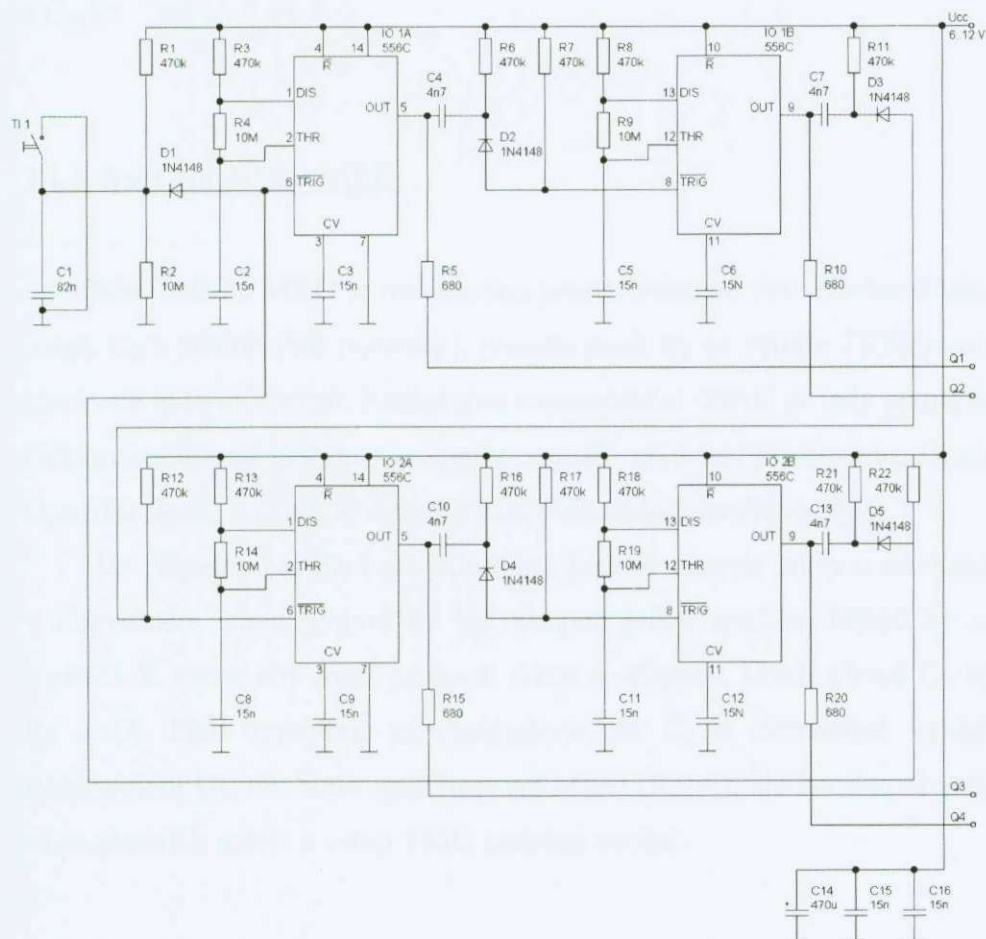
Obr. 2.5.4.C VA charakteristika tyristoru (viz. [6])

3. Návrh modulů

Každý jistě může potvrdit, že je daleko lepší něco jedenkrát vidět, než o tom desetkrát slyšet. Proto jsem volil výrobky tak, aby člověka na první pohled (poslech) upoutaly a vyučující mohl demonstrovat nejrůznější zákonitosti elektrotechniky.

3.1. Blikač (viz. [1])

3.1.1. Schéma a zapojení:



Obr. 3.1.1. Schéma a zapojení blikače

3.1.2. Popis zapojení:

Základem zapojení jsou čtyři shodně zapojené monostabilní klopné obvody. Je-li právě spuštěn první, pak po uplynutí stanovené doby spustí následující a tak to pokračuje stále dokola. Diody LED, které můžeme zapojit přímo mezi výstupy $Q_1 - Q_4$ a nulový potenciál zdroje, se budou rozsvěcovat jedna po druhé.

Doba nabíjení a vybíjení u každého z monostabilního klopného obvodu závisí na nabíjecím (např. R_3+R_4) a vybíjecím (např. R_4) odporu a na kapacitě časovacího kondenzátoru (např. C_2). Je výhodné, že ji můžeme nastavit pro každý z obvodů jinou (například různými hodnotami C_2, C_5, C_8 a C_{11}).

3.1.3. Spuštění dalšího MKO:

Spouštění dalšího MKO je realizováno prostřednictvím derivačního článku (např. C_4 s příslušnými rezistory), protože jinak by na vstupu TRIG trvale zůstávala aktivní úroveň. Následující monostabilní obvod je tedy spouštěn každou sestupnou hranou výstupního signálu předchozího obvodu. Diody D_2 až D_5 slouží k ochraně vstupů TRIG před nedovoleným napětím.

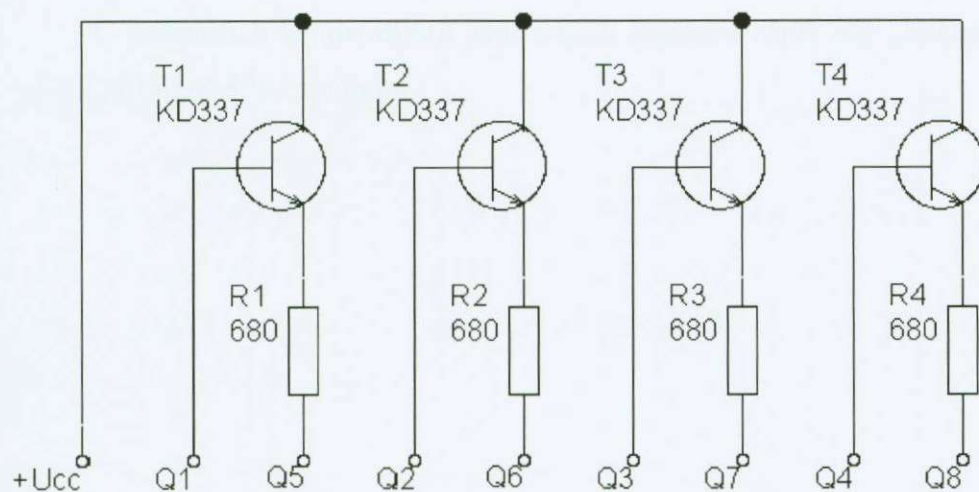
Po připnutí napájení se jednotlivé klopné obvody mohou nacházet v libovolném stavu. Pokud by byl alespoň jeden spuštěn, blikáč by se rozběhl. K tomu, aby začal pracovat určitě a vždycky, slouží obvod C_1, R_1, R_2 a D_1 . Před zapnutím předpokládáme, že C_1 je dostatečně vybitý. Po připojení U_{cc} tak bude spuštěn první MKO (IO1A), ale kondenzátor C_1 se za okamžik nabije a vstup TRIG nadobro uvolní.

3.1.4. Spuštění a zastavení:

Tlačítkem $T1$ lze blikáč zastavit, ale i znovu spustit. Dokonce jej lze spustit i vícekrát! Proto jsme neponechali vybíjecí dobu časovačích kondenzátorů u monostabilních klopných obvodů co nejkratší, ale naopak ji hodně prodloužili. Pokud totiž blikáč už běží a znovu ho spustíme, budou nabíjecí doby u předchozích MKO výrazně kratší a diody na výstupech se chvilku budou zajímavě stíhat.

Podle způsobu připojení zátěže dostaneme buď běžící světlo, nebo běžící díru. Příkladně diody LED zapojené mezi výstupy a nulový potenciál fungují jako běžící světlo. Pokud je však umístíme mezi výstupy a kladný potenciál zdroje, budou se chovat jako běžící díra - všechny svítí a jen jedna je vždy zhasnutá.

3.1.5. Spínací část:



Obr. 3.1.5. Schéma a zapojení spínací části

Maximální výstupní proud u NE 555 je cca. 100mA. Pro větší zátěže např. žárovku musíme navrhnout spínací obvod, který bude větší výkony spínat. Osobně jsem zvolil tranzistor TESLA KD337, který má mezní (maximální) proud protékající kolektorem $I_C = 2A$ při $U_{CE} = 20V$. Jak je vidět z parametrů, není problém spínat i větší zátěže. Výstupy z předchozího schématu (Q1-Q4) jsou přivedeny na báze tranzistorů, které spínají napětí U_{CC} na emitory, za kterými jsou ochranné rezistory o jmenovité hodnotě 680Ω . Na každý výstup Q5-Q8 jsou připojeny čtyři svítivé diody.

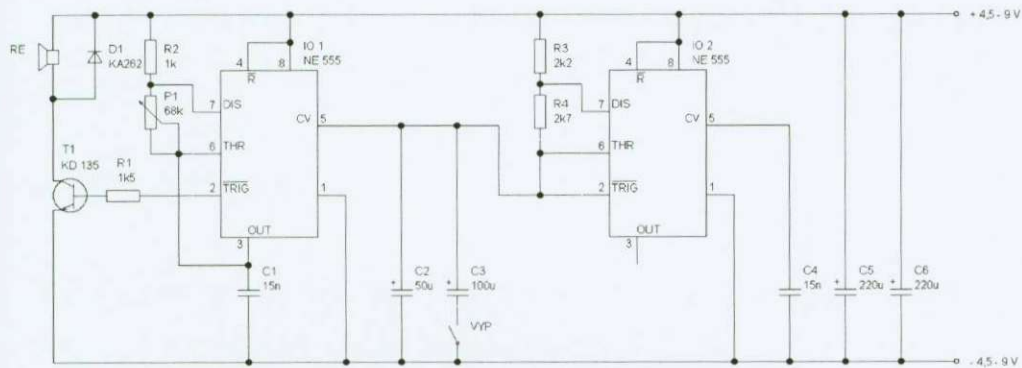
3.1.6. Vlastní postřehy:

Výstupy Q1-Q4 nemůžeme příliš zatěžovat, vazební kondenzátory by se nemusely dostatečně vybit a blikání by se mohlo zastavit. Proto jsme na výstupy připojili budící tranzistory, které nám umožní odebírat mnohem větší výkon.

U časovacích kondenzátorů jsme zvolili kapacitu 15nF, aby „blikač“ oběhl přibližně 80x za minutu.

3.2. Siréna (viz. [3])

3.2.1. Schéma a zapojení:



Obr. 3.2.1. Schéma a zapojení sirény

3.2.2. Popis zapojení:

V zapojení sirény jsou dva integrované obvody NE555 a jeden tranzistor. Integrovaný obvod IO 2 mění časovou změnu tónu. Délka změny ovlivňuje připojení kondenzátoru C3 přes vypínač.

Výstup IO1 je přiveden na vstup IO2. Obvod IO1 určuje výšku tónu, který můžeme libovolně měnit pomocí trimru P1. Vstupem IO1 je přes rezistor R1 a tranzistor T1 napájen reproduktor RE. Zvýšením hodnoty rezistoru R1 lze snížit hlasitost.

3.2.3. Vlastní postřehy:

Do vlastního zapojení jsme dali reproduktor z telefonního přístroje, jen jsme museli nahradit původní rezistor 3k9 za rezistor 1k5, protože tón nebyl dostatečně slyšitelný.

4. Konstrukční řešení

Není jednoduché něco vyrobit pomocí plánku a vyrobit něco podle vlastního návrhu je ještě o hodně složitější. I tak jsem se snažil všechno předem promyslet a doufám, že se nemusím za mé nápady stydět.

4.1. Krabičky modulů

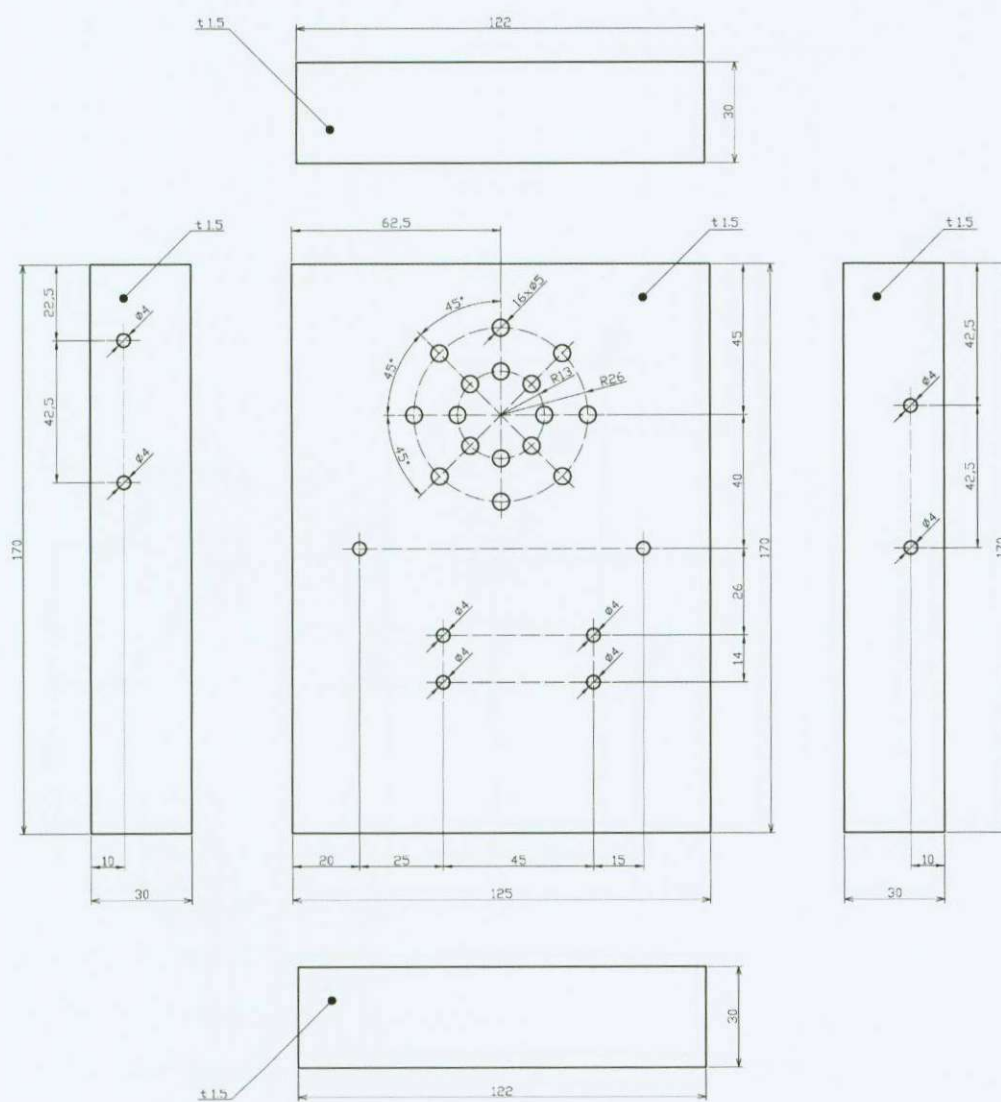
Již od zadání práce jsme přemýšleli z čeho uděláme vlastní „obal“ výrobku. Nejdříve nás napadlo udělat jej z měkkého PVC, ale pochybujeme, že by vydrželo nešetrné zacházení. Nakonec po krátké debatě s panem PaedDr. Josefem Vodou, jsme přistoupili na návrh, krabičku udělat z kuprexidu, který je dosti pevný a manipulace s ním není obtížná. Dalším aspektem byl i stejný vzhled s již dříve vyrobenými moduly.

Obě krabičky tvoří kuprexidové desky o tloušťce 1.5 mm, které jsou sletované letovací měkkou pájkou do rozměrů 170 mm x 125 mm x 30 mm. Před letováním je dobré očistit Cu vrstvu v místech styčných ploch z důvodu lepší přilnavosti pájky. Tímto zamezíme velkému prohřátí a následnému odlepení vrstvičky mědi od kuprexidu.

Jednotlivé desky jsme předem nastříhali nůžkami na plech a poté zarovnali smirkovým papírem, aby desky na sebe dosedaly. Na bočních (delších) stěnách jsou otvory o průměru 4 mm pro přišroubování magnetek, kterými je možno krabičku přichytit na magnetickou tabuli.

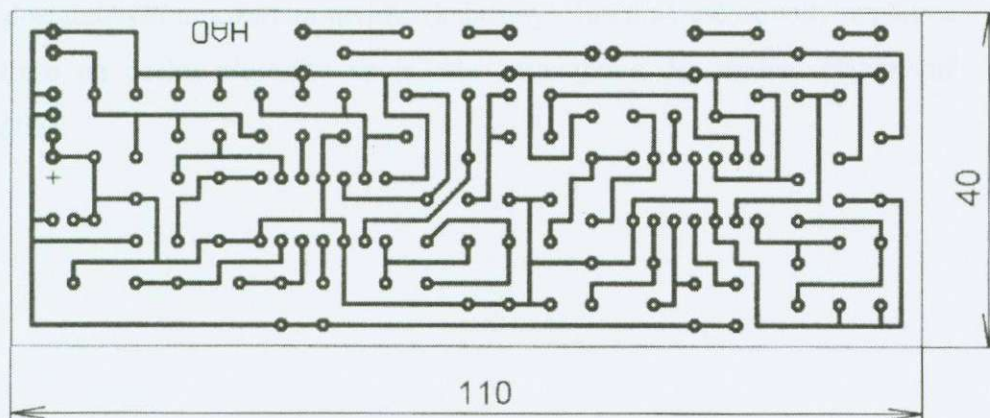
Po sletování krabiček jsme na stěny nanесли slabou vrstvu autokarosářského tmelu, nechali zatvrdnout a následně vše začistili a zabrousili smirkovým papírem. Po řádném zarovnání jsme nanесли tři vrstvy zelené barvy.

4.1.1. Krabička pro blikáč:



Obr. 4.1.1. Krabička pro blikáč

4.2. Blikač



Obr. 4.2. Plošný spoj blikače

Plošný spoj s IO je leptán „fotocestou“, tím jsme dosáhli nejen velké přesnosti, ale i pěkného vzhledu. Deska musí být přesná, protože musíme napájet velké množství součástek na poměrně malou plochu.

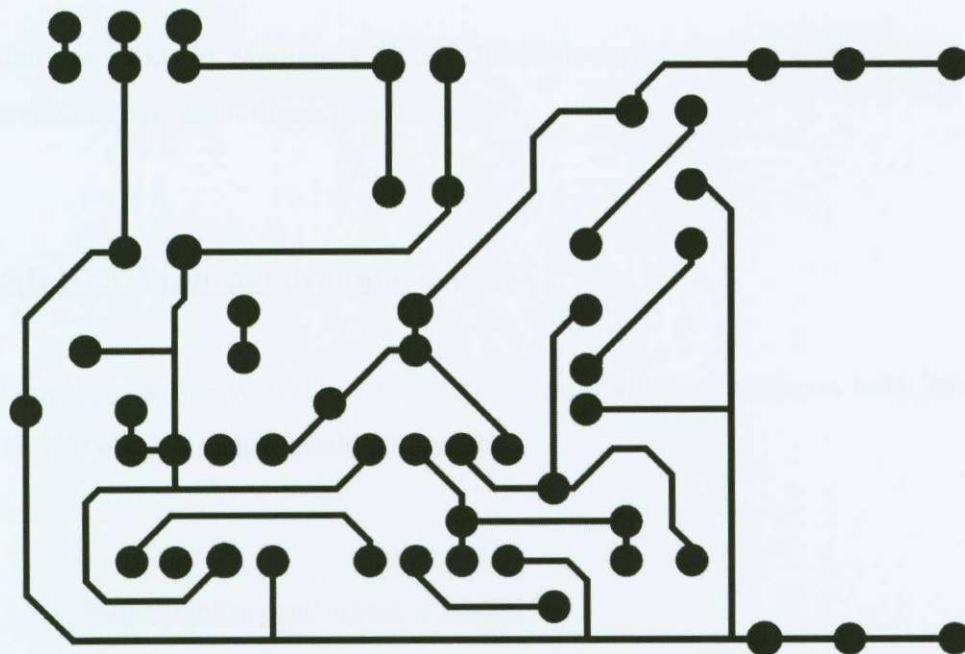
Druhý plošný spoj se spínacími tranzistory byl nakreslen ručně a posléze vyleptán. Zde jsme nepotřebovali zajistit velkou přesnost, protože zde není mnoho součástek a součástky jsou poměrně daleko od sebe.

Plošný spoj spínací části s tranzistory je v krabičce upevněn pomocí čtyřech šroubků M4,5. Samotná deska s plošnými spoji je odizolována čtyřmi umělohmotnými distančními sloupky o výšce 5mm. Pro úsporu místa jsme byli nuceni desku s integrovanými obvody umístit nad desku se spínacími tranzistory. Deska s integrovanými obvody je upevněna dvojicí gumových držáků.

Každý plošný spoj je izolován pomocí fólie z PVC o tloušťce 1mm. Takto zabráníme nechtěnému dotyku vývodu součástek jednotlivých desek.

Desky s plošnými spoji jsou propojeny drátovými propojkami, které pokud nepřekáží manipulaci při rozebírání, jsou přímo napájeny, ostatní jsem na jedné straně opatřil konektory pro snadné odpojení.

4.3. Siréna



Obr. 4.3. Plošný spoj sirény

Plošný spoj s IO je leptán „fotocestou“, tak jsme dosáhli nejen velké přesnosti, ale i pěkného vzhledu. Deska musí být přesná, protože musíme napájet velké množství součástek na poměrně malou plochu.

„Siréna“ je v krabičce upevněna pomocí dvou šroubků M4,5. Samotná deska s plošnými spoji je odizolována dvěma umělohmotnými distančními sloupky o výšce 5mm.

Reproduktor je upevněn pomocí dvojice drátů, které jsou připájeny přímo na kuprexidovou desku. Dráty mají na sobě izolační bužírku.

Součástky osazujeme v pořadí: 1. rezistory a kondenzátory; 2. spínač; 3. patice pro integrované obvody; 4. polovodiče; 5. reproduktor. Požíváme kvalitní pájku s dostatečným množstvím tavidla (kalafuny). Integrované obvody nepájíme přímo na desku plošného spoje, ale zasazujeme do předem připravené patice.

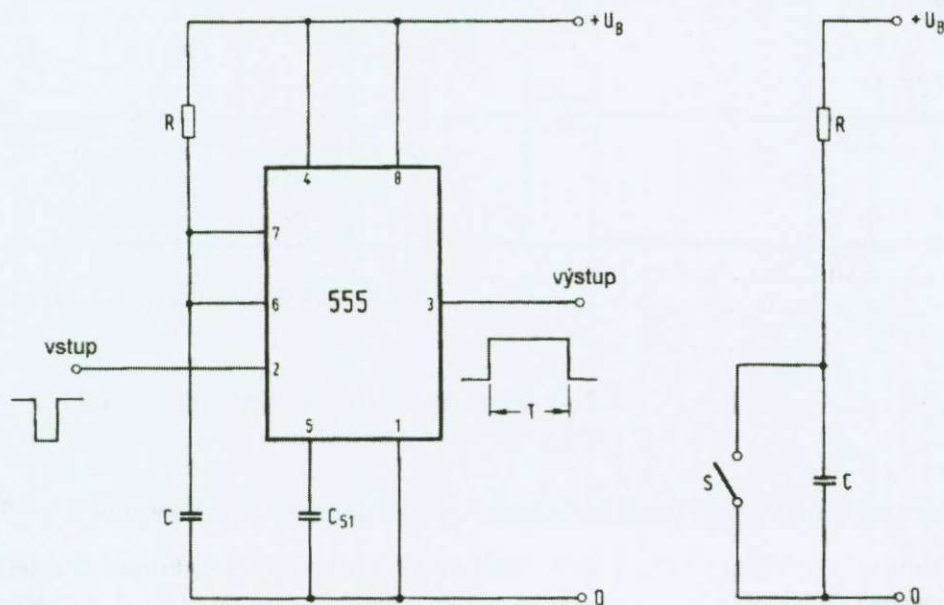
5. Praktická zapojení s IO 555

Jen pár příkladů zapojení s IO 555. Dalšíh zapojení je nepočítaně, proto uvádíme jen základní praktická zapojení.

5.1. IO 555 jako multivibrátor (viz. [2])

Nejčastěji se časovač 555 zapojuje jako multivibrátor, většinou tedy jako klopné obvody monostabilní a astabilní.

5.1.1. Monostabilní multivibrátor MKO:

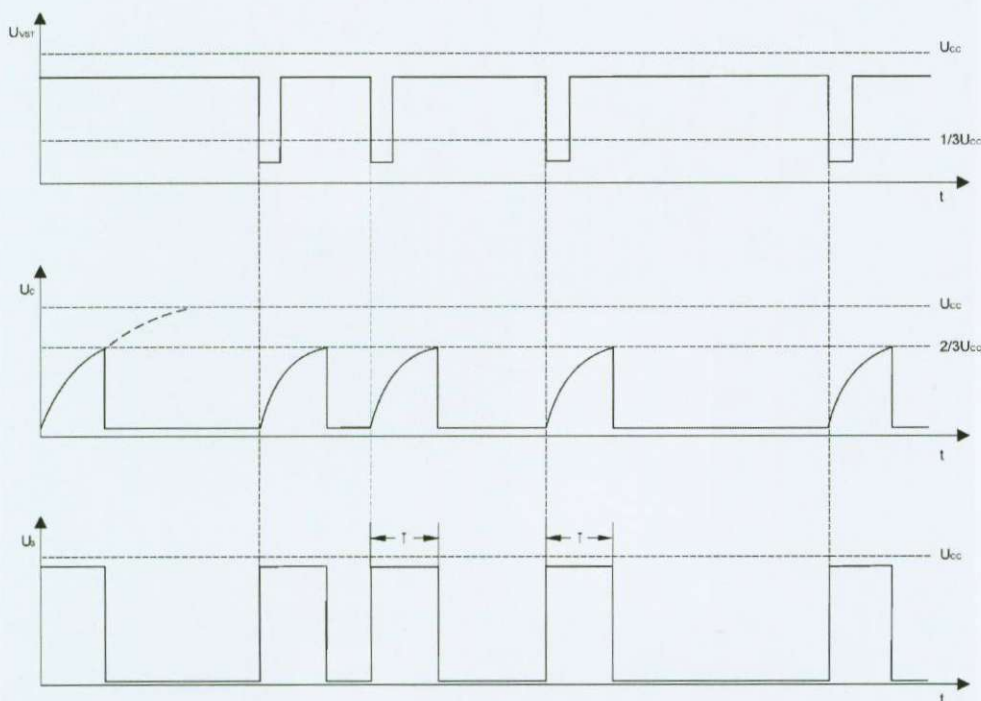


Obr. 5.1.1.A Časovač 555 jako monostabilní multivibrátor (viz. [2])

Monostabilní multivibrátor (univibrátor) je jedním ze základních zapojení časovače. Multivibrátor vytváří po spuštění vstupním impulzem

delší výstupní impulz s určenou šířkou (dobou). Délka výstupního impulzu je dána z pravidla RC členem.

Monostabilní zapojení mění po určité době stav svého výstupu, proto je také nazýván časovač (timer) a právě pro tuto funkci byl původně vyvinut. Vzhledem k vynikajícímu dodržení nastaveného času se využívá jako zdroj přesných impulzů, přesný časovač či časový spínač.



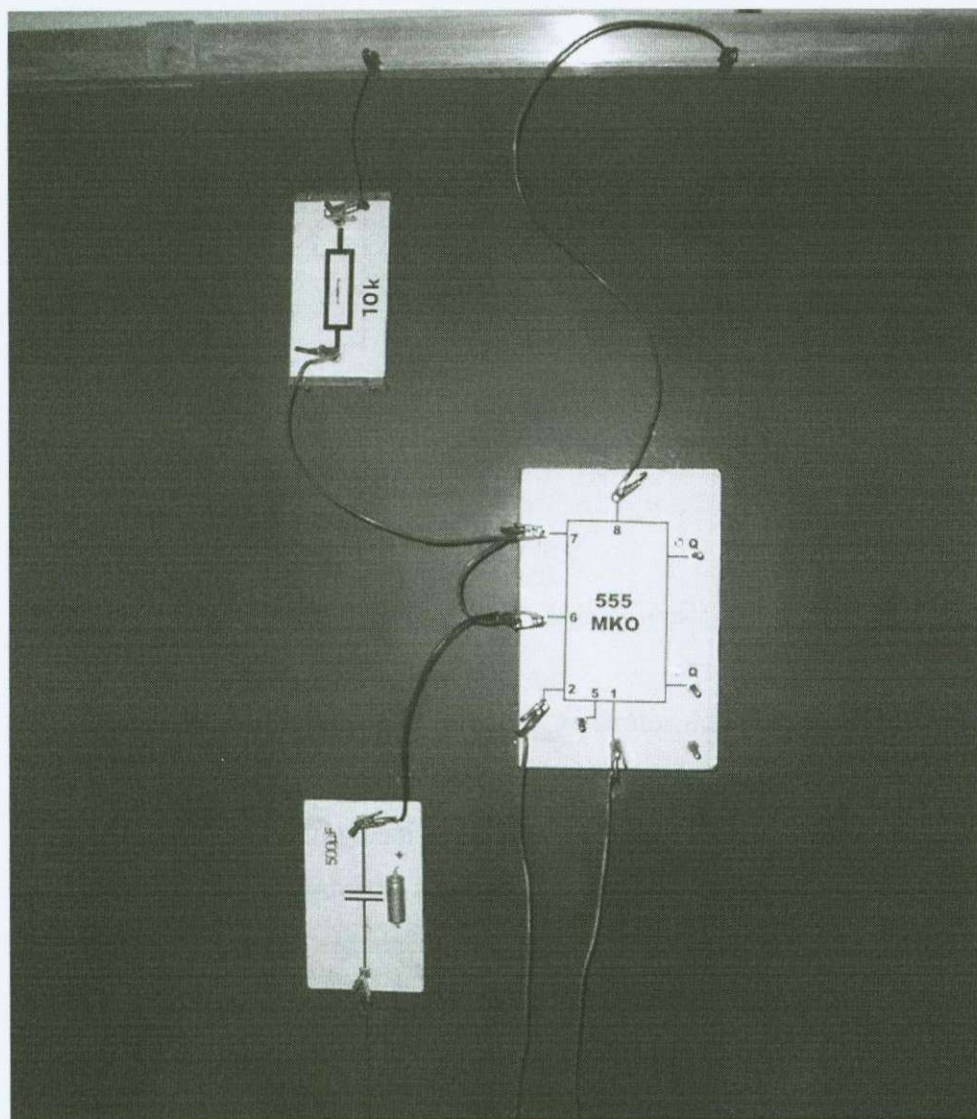
Obr. 5.1.1.B Průběh napětí k obr. 5.1.1.A

Další parametry viz. příloha obrázků: O 5.1.

Výstupní impulzy mají výšku téměř velikosti napájecího napětí a délku T , danou čas určujícím členem RC:

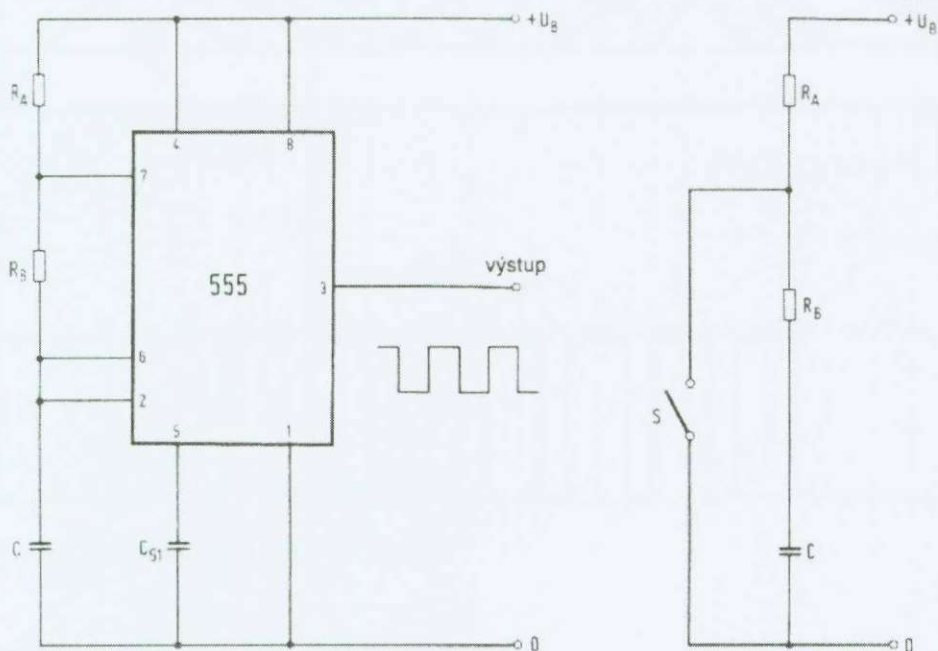
$$T = 1,1 \cdot R \cdot C \quad (1)$$

Doporučené hodnoty pro spolehlivou a přesnou funkci MKO jsou u odporů od $2\text{k}\Omega$ do $20\text{M}\Omega$, kondenzátorů od 500pF do $6,8\mu\text{F}$ a časové zpoždění od $5\ \mu\text{s}$ do 150s pro dané zapojení.



Obr. 5.1.1.C Praktické zapojení časovače jako monostabilní multivibrátor

5.1.2. Astabilní multivibrátor AKO:

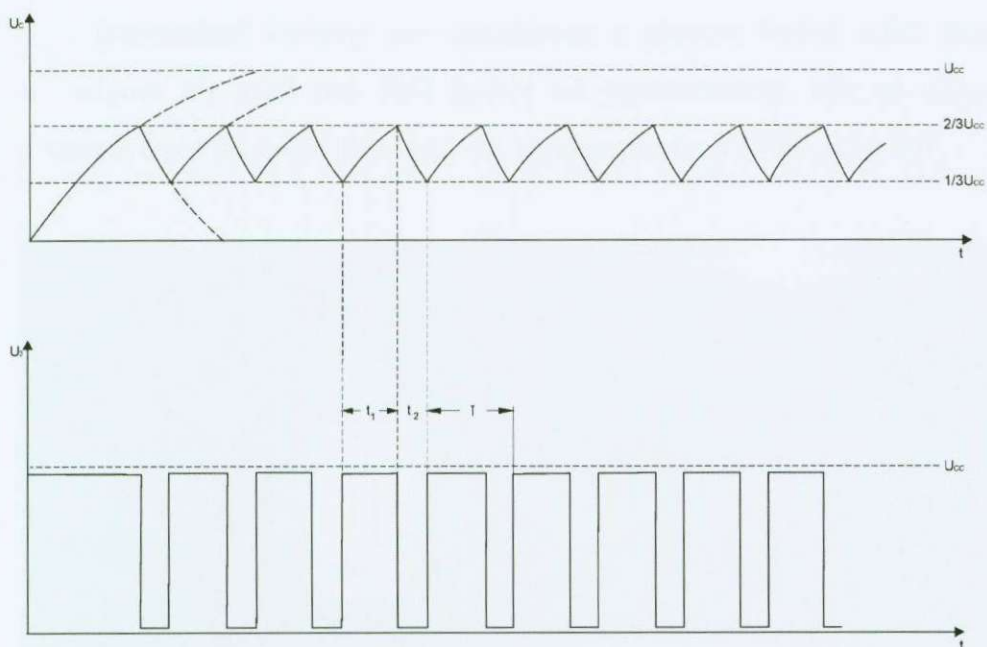


Obr. 5.1.2.A Časovač 555 jako astabilní multivibrátor (viz. [2])

Astabilní multivibrátor je impulsní generátor, který nepřetržitě vyrábí impulzy. Na výstupu se bez vnějšího ovlivňování oba stavy střídají.

Používá se jako impulsní generátor, generátor zvuku, blikače atd.

Jedním ze základních zapojení je na obr. Kapacita C se nabíjí přes odpory R_A a R_B z kladného napájecího napětí U_{CC} , než je dosaženo horního prahového napětí a poté se multivibrátor překlápí na výstupu. Pomocný tranzistor (vývod 7) se otevře a kapacita C se vybíjí přes odpor R_B .



Obr. 5.1.2.B Průběh napětí k obr. 5.1.2.A

Další parametry viz. příloha obrázků: O 5.2.

Po dobu nabíjení (t_1) je na výstupu (3) úroveň H, zatímco po dobu vybíjení (t_2) je na výstupu (3) úroveň L.

Doba nabíjení t_1 :

$$t_1 = 0,693 \cdot (R_A + R_B) \cdot C \quad (2)$$

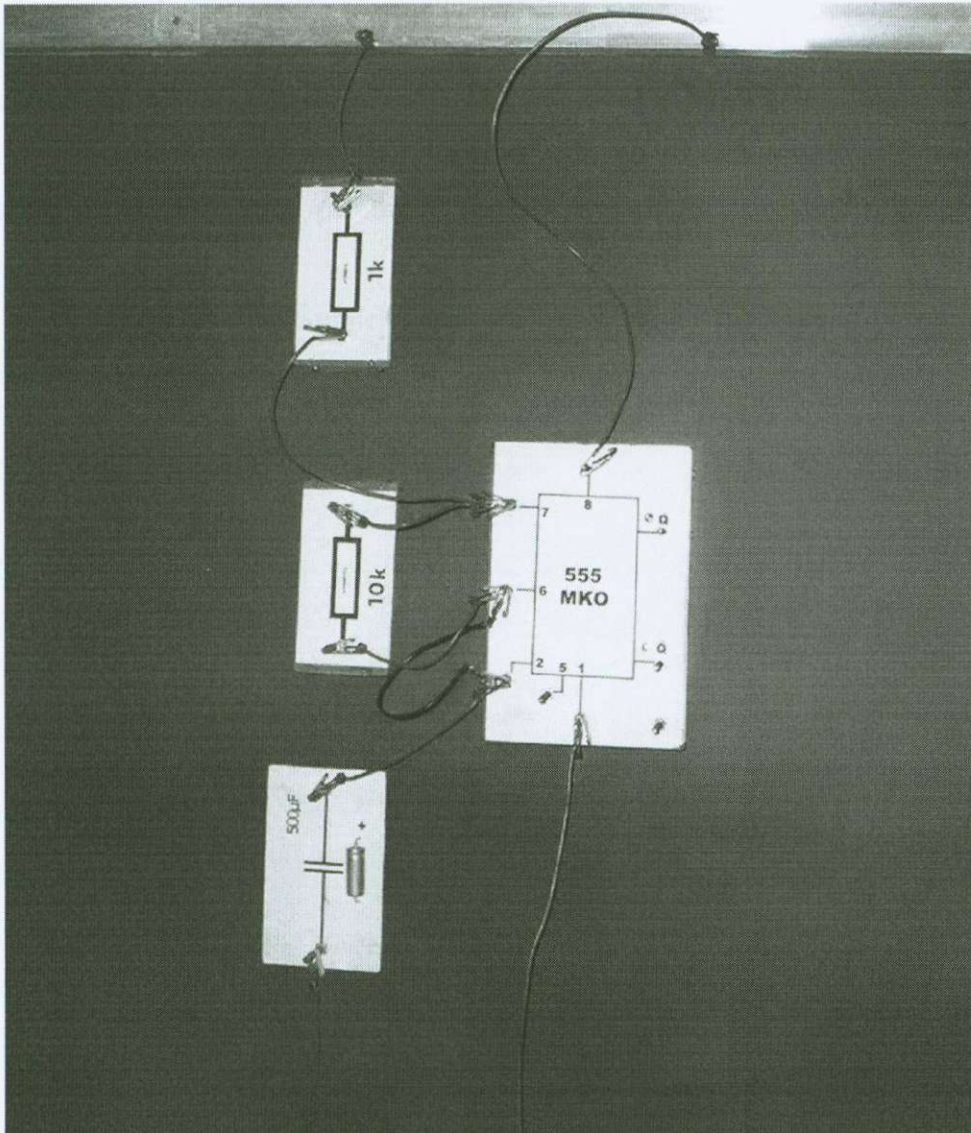
Doba vybíjení t_2 :

$$t_2 = 0,693 \cdot R_B \cdot C \quad (3)$$

Celková doba periody T:

$$T = t_1 + t_2 = 0,693 \cdot (R_A + 2 \cdot R_B) \cdot C \quad (4)$$

Doporučené hodnoty pro spolehlivou a přesnou funkci AKO jsou u odporu R_A větší než $1k\Omega$ (pozor na potenciometry, kdy se odpor v koncové poloze může blížit k nule), kondenzátorů od $500pF$ do $6,8\mu F$.



Obr. 5.1.2.C Praktické zapojení časovače jako monostabilní multivibrátor

Závěr

Výsledkem praktické části jsou dva funkční moduly, které se mohou libovolně zapojovat již s dříve vyrobenými. Vlastní využití výrobků je jen na fantazii každého a možnost uplatnění v nejrůznějších zapojení je obrovská.

Dále jsem v práci shrnul nejdůležitější a nejpoužívanější zapojení s IO 555 se základními parametry i základními charakteristikami průběhů napětí.

Zmiňuji se o základních principech spínání větších výkonů pomocí relé, triaku a tyristoru.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:

- [1] Kaválek, Jan: *555C++ praktická příručka pro konstruktéry*. Epsilon, Praha, 1996, použité stránky: 10,19-22 , ISBN 80-902011-2-1.
- [2] Hájek, Jan: *Časovač 555 praktická zapojení*. BEN, Praha, 1996, použité stránky: 12-14, 24-33 , ISBN 80-85230-20-8, ISBN 80-901984-1-4.
- [3] KTE Rádio plus: *Sirána s kolísavým tónem*. Praha, 5/2004.
- [4] GES Electronics: *Elektronické součástky*. URL: <http://www.ges.cz/>.
- [5] Radiový konstruktér: *Spínací obvody v praxi*. Praha, 1973, ročník IX.
- [6] Prof. RNDr. Tichý, Milan, DrSc.: *Elektronika*. Praha, Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, 2002,
URL: <http://lucy.troja.mff.cuni.cz/~tichy/>.
- [7] Wikipedie: *Internetová encyklopedie*. URL: <http://cs.wikipedia.org>.
- [8] EDUnet: *Školní portál*. 1999, URL: <http://www.souepl.cz/portal>.
- [9] Integrované obvody: *Katalogy elektronických součástek*.
URL: <http://io.freehosting.cz/>.

SEZNAM DOPORUČENÉ LITERATURY:

Pütz, J. a kol.: *Úvod do číslicové techniky*. SNTL, Praha, 1983.

Hrázský, J., Andrlé, H.: *Kurz elektronických obvodů pro průmyslovou elektrotechniku*. SNTL, Praha, 1976.

Liman, O., Pelka, H.: *Elektronika bez balastu*. Alfa, Bratislava, 1990.

Syrovátko, M.: *Zapojení s polovodičovými součástkami*. SNTL, Praha, 1987.

Farský, V., Prokeš, J.: *Elektrické obvody I*. skripta UJEP, Brno 1979.

Šícha, M., Tichý, M.: *Elektronické obvody II*. SNP, Praha, 1982.

Voda, J.: *Elektrotechnická praktika I*. PF, Č. Budějovice, 1982.

Rauner, K.: *Základy elektroniky*. skripta ZČU, Plzeň, 2001.

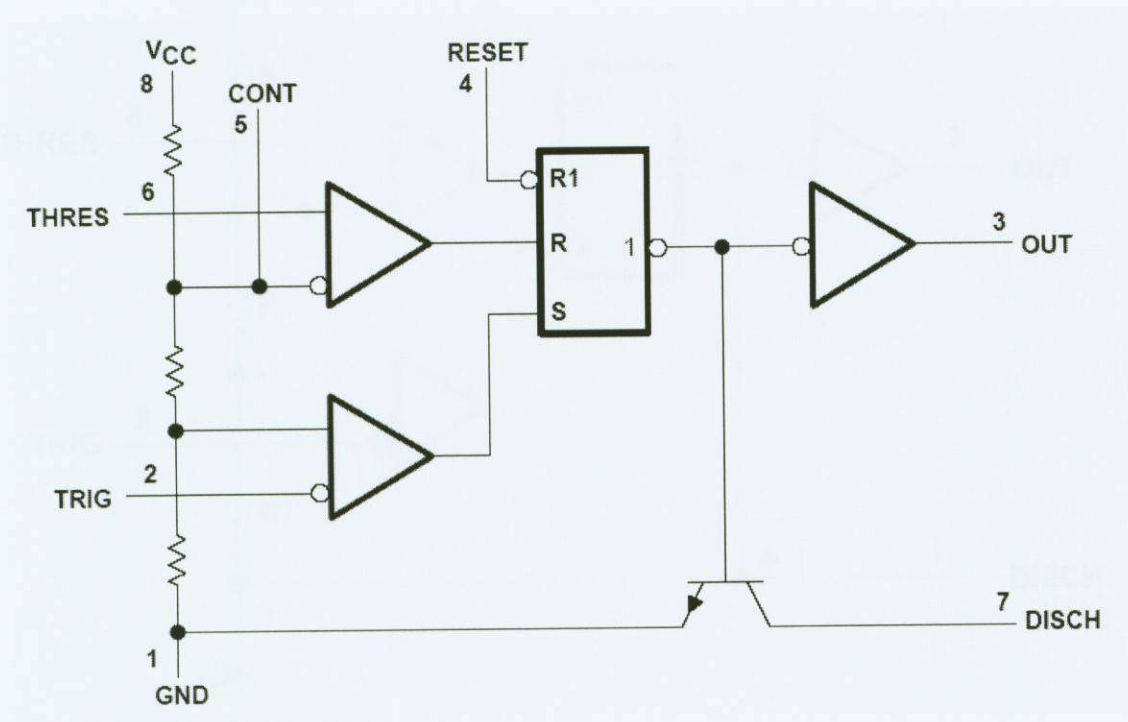
Frish, M.: *Základy elektroniky a elektronických obvodů*. SNTL, Praha, 1987.

Malina, V.: *Poznáváme elektroniku I-IV*. Kopp, Č. Budějovice, 1997 – 1999.

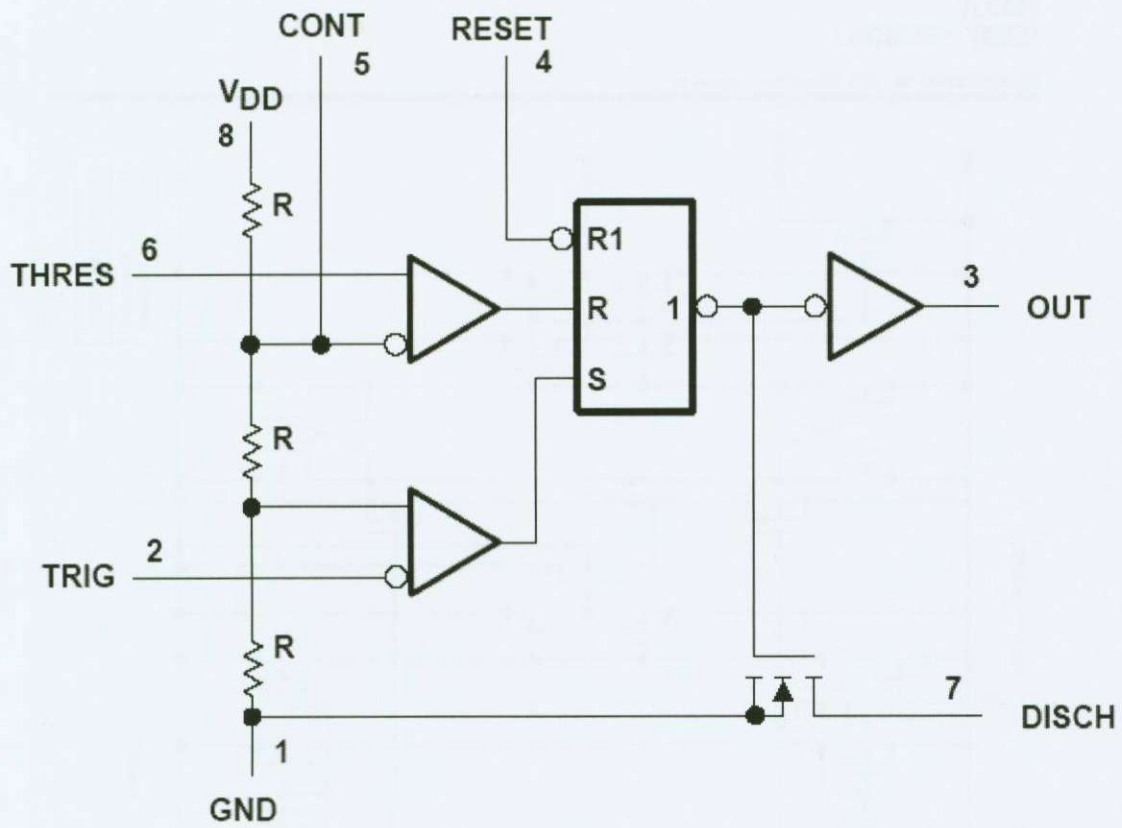
Malina, V.: *Digitální technika*. Kopp, Č. Budějovice, 2000.

Klaus, T. a kol.: *Příručka pro elektrotechniku*. Europa-Sobotáles cz, Praha, 2002.

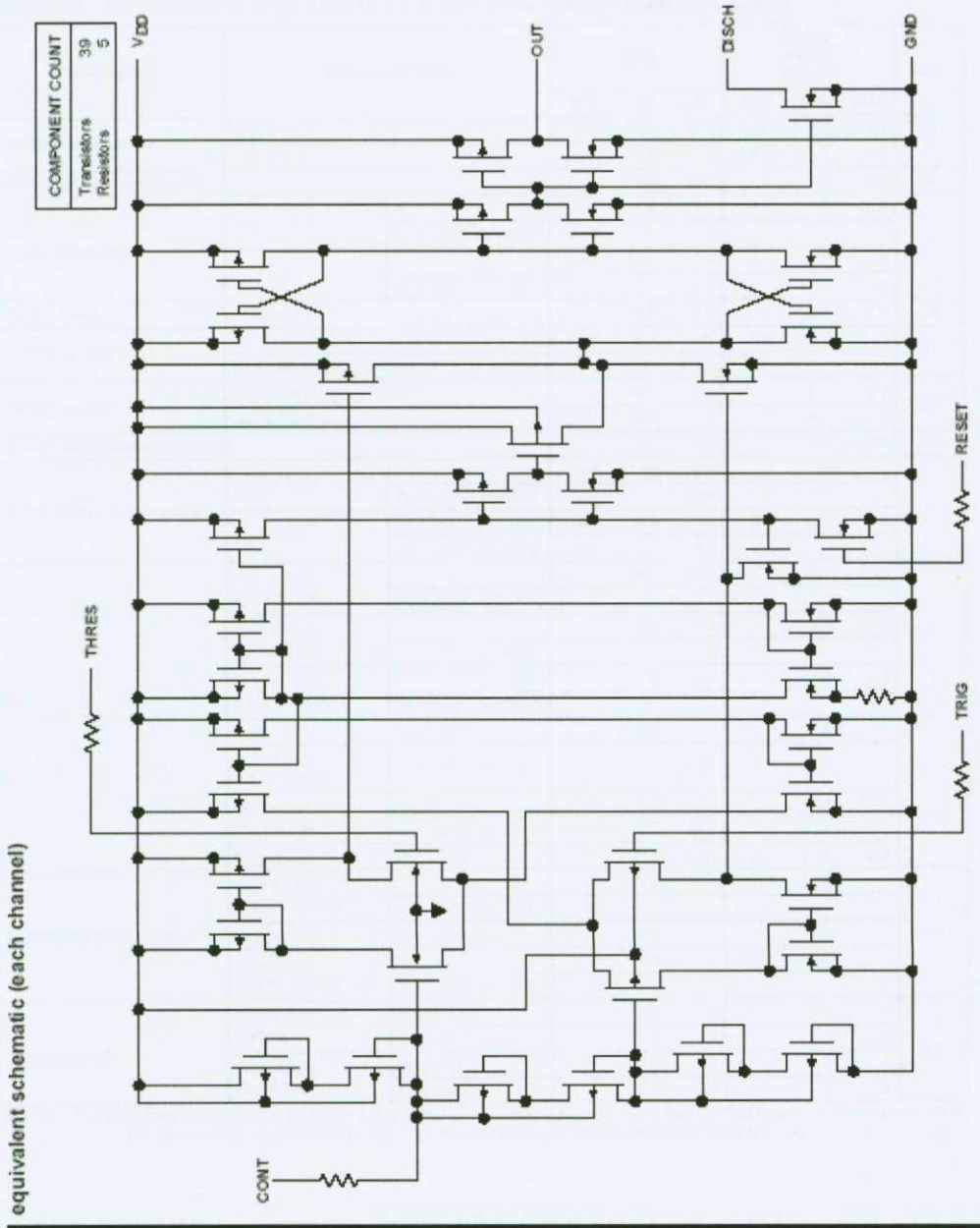
Příloha obrázků:



Obr. O 2.1.A Blokové schéma NE555 (viz. [4])



Obr. O 2.1.B Blokové schéma TLC555 - CMOS verze (viz. [4])



Obr. O 2.2.A Ekvivalentní schéma TLC555 - CMOS verze (viz. [4])

NE555, SA555, SE555, SE555C
PRECISION TIMERS

SLFS022B - SEPTEMBER 1973 - REVISED NOVEMBER 2001

electrical characteristics, $V_{CC} = 5\text{ V to }15\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS		SE555			NE555 SA555 SE555C			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
THRES voltage level	$V_{CC} = 15\text{ V}$		9.4	10	10.6	8.8	10	11.2	V
	$V_{CC} = 5\text{ V}$		2.7	3.3	4	2.4	3.3	4.2	
THRES current (see Note 3)			30			30			nA
TRIG voltage level	$V_{CC} = 15\text{ V}$	$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	4.8	5	5.2	4.5	5	5.6	V
			3			6			
	$V_{CC} = 5\text{ V}$	$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	1.45	1.67	1.9	1.1	1.67	2.2	
			1.9						
TRIG current	TRIG at 0 V		0.5			0.5			μA
RESET voltage level	$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$		0.3			0.3			V
			0.7			0.7			
RESET current	RESET at V_{CC}		0.1			0.1			mA
	RESET at 0 V		-0.4			-1.5			
DISCH switch off-state current			20			20			nA
CONT voltage (open circuit)	$V_{CC} = 15\text{ V}$	$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	9.6	10	10.4	9	10	11	V
			9.6			10.4			
	$V_{CC} = 5\text{ V}$	$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	2.9	3.3	3.8	2.6	3.3	4	
			2.9			3.8			
Low-level output voltage	$V_{CC} = 15\text{ V}$, $I_{OL} = 10\text{ mA}$	$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	0.1	0.15		0.1	0.25	V	
			0.4			0.5			
	$V_{CC} = 15\text{ V}$, $I_{OL} = 50\text{ mA}$	$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	2			2			
			2.5			2.5			
	$V_{CC} = 15\text{ V}$, $I_{OL} = 100\text{ mA}$	$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	2.5			2.5			
			0.35			0.35			
	$V_{CC} = 5\text{ V}$, $I_{OL} = 3.5\text{ mA}$	$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	0.1			0.1			
			0.8			0.8			
$V_{CC} = 5\text{ V}$, $I_{OL} = 8\text{ mA}$	$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	0.15			0.15				
		0.25			0.25				
High-level output voltage	$V_{CC} = 15\text{ V}$, $I_{OH} = -100\text{ mA}$	$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	13	13.3		12.75	13.3	V	
			12						
	$V_{CC} = 15\text{ V}$, $I_{OH} = -200\text{ mA}$	$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	3			3			
			2			2			
Supply current	Output low, No load	$V_{CC} = 15\text{ V}$	10			10			mA
		$V_{CC} = 5\text{ V}$	3			3			
	Output high, No load	$V_{CC} = 15\text{ V}$	9			9			
		$V_{CC} = 5\text{ V}$	2			2			

NOTE 3: This parameter influences the maximum value of the timing resistors R_A and R_B in the circuit of Figure 12. For example, when $V_{CC} = 5\text{ V}$, the maximum value is $R = R_A + R_B = 3.4\text{ M}\Omega$, and for $V_{CC} = 15\text{ V}$, the maximum value is $10\text{ M}\Omega$.

Obr. O 2.3. Základní parametry obvodu NE 555, SA555? SE555 a SE555C

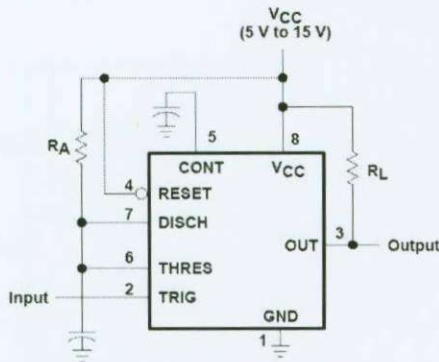
NE555, SA555, SE555, SE555C PRECISION TIMERS

SLFS022B - SEPTEMBER 1973 - REVISED NOVEMBER 2001

APPLICATION INFORMATION

monostable operation

For monostable operation, any of these timers can be connected as shown in Figure 9. If the output is low, application of a negative-going pulse to the trigger (TRIG) sets the flip-flop (\bar{Q} goes low), drives the output high, and turns off Q1. Capacitor C then is charged through R_A until the voltage across the capacitor reaches the threshold voltage of the threshold (THRES) input. If TRIG has returned to a high level, the output of the threshold comparator resets the flip-flop (\bar{Q} goes high), drives the output low, and discharges C through Q1.



Pin numbers shown are for the D, JG, and P packages.

Figure 9. Circuit for Monostable Operation

Monostable operation is initiated when TRIG voltage falls below the trigger threshold. Once initiated, the sequence ends only if TRIG is high at the end of the timing interval. Because of the threshold level and saturation voltage of Q1, the output pulse duration is approximately $t_w = 1.1R_A C$. Figure 11 is a plot of the time constant for various values of R_A and C. The threshold levels and charge rates both are directly proportional to the supply voltage, V_{CC} . The timing interval is, therefore, independent of the supply voltage, so long as the supply voltage is constant during the time interval.

Applying a negative-going trigger pulse simultaneously to RESET and TRIG during the timing interval discharges C and reinitiates the cycle, commencing on the positive edge of the reset pulse. The output is held low as long as the reset pulse is low. To prevent false triggering, when RESET is not used, it should be connected to V_{CC} .

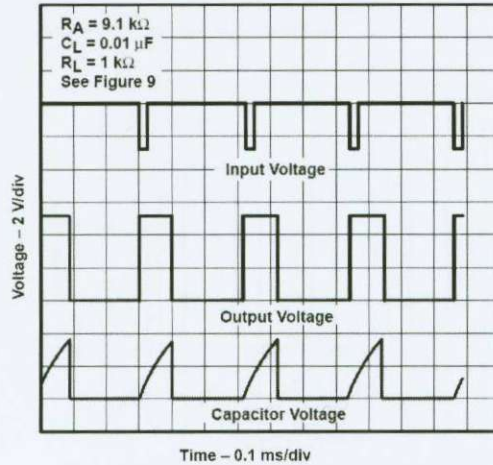


Figure 10. Typical Monostable Waveforms

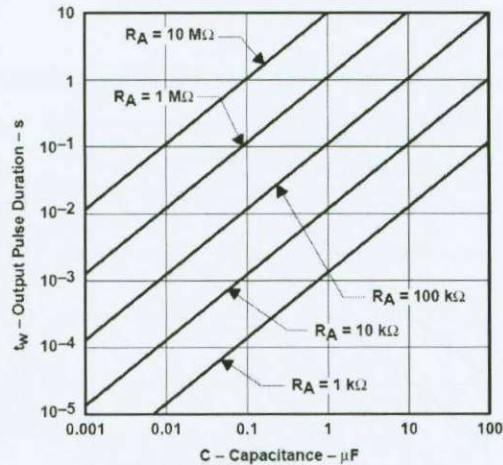


Figure 11. Output Pulse Duration vs Capacitance

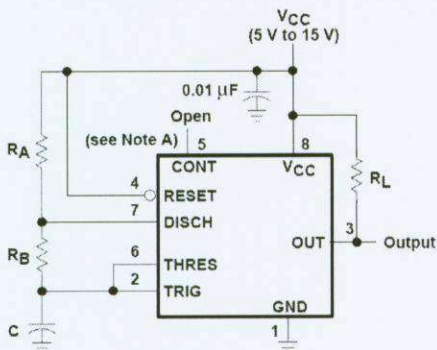
Obr. O 5.1. Základní parametry obvodu NE 555, SA555, SE555 a SE555C v monostabilním zapojení

APPLICATION INFORMATION

astable operation

As shown in Figure 12, adding a second resistor, R_B , to the circuit of Figure 9 and connecting the trigger input to the threshold input causes the timer to self-trigger and run as a multivibrator. The capacitor C charges through R_A and R_B and then discharges through R_B only. Therefore, the duty cycle is controlled by the values of R_A and R_B .

This astable connection results in capacitor C charging and discharging between the threshold-voltage level ($\approx 0.67 \times V_{CC}$) and the trigger-voltage level ($\approx 0.33 \times V_{CC}$). As in the monostable circuit, charge and discharge times (and, therefore, the frequency and duty cycle) are independent of the supply voltage.



Pin numbers shown are for the D, JG, and P packages.
NOTE A: Decoupling CONT voltage to ground with a capacitor can improve operation. This should be evaluated for individual applications.

Figure 12. Circuit for Astable Operation

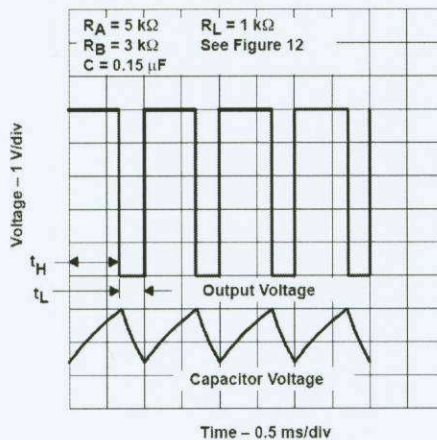


Figure 13. Typical Astable Waveforms

Figure 13 shows typical waveforms generated during astable operation. The output high-level duration t_H and low-level duration t_L can be calculated as follows:

$$t_H = 0.693 (R_A + R_B) C$$

$$t_L = 0.693 (R_B) C$$

Other useful relationships are shown below.

$$\text{period} = t_H + t_L = 0.693 (R_A + 2R_B) C$$

$$\text{frequency} \approx \frac{1.44}{(R_A + 2R_B) C}$$

$$\text{Output driver duty cycle} = \frac{t_L}{t_H + t_L} = \frac{R_B}{R_A + 2R_B}$$

$$\text{Output waveform duty cycle} = \frac{t_H}{t_H + t_L} = 1 - \frac{R_B}{R_A + 2R_B}$$

$$\text{Low-to-high ratio} = \frac{t_L}{t_H} = \frac{R_B}{R_A + R_B}$$

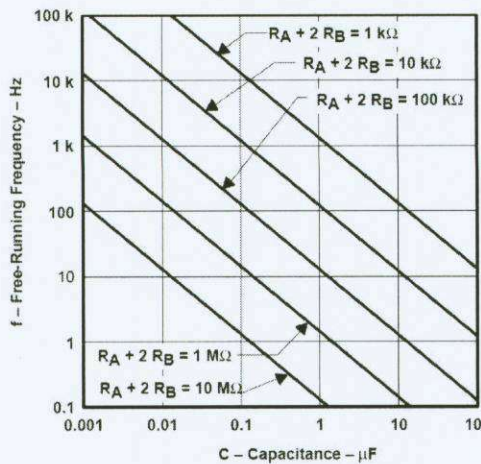


Figure 14. Free-Running Frequency

Obr. O 5.2. Základní parametry obvodu NE 555, SA555, SE555 a SE555C v astabilním zapojení