

Obvod 555 a jeho využití v elektronice

Pavel Struhár

Bakalářská práce
2006



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

Ústav aplikované informatiky

akademický rok: 2005/2006

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavel STRUHÁR**
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační technologie**

Téma práce: **Obvod 555 a jeho využití v elektronice**

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se podrobně s integrovaným obvodem 555 – časovačem.
2. V souladu s požadavky vedoucího bakalářské práce navrhňte alespoň dvě laboratorní úlohy s využitím časovače 555 pro předmět mikroelektronika.
3. Navržené úlohy prakticky realizujte.
4. Ověřte funkčnost navržených úloh, posuďte obtížnost navržené úlohy z pohledu studenta.
5. Vypracujte vzorové protokoly pro navržené laboratorní úlohy.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. ŠIMEK, J.: Elektronické systémy I, II. Praha, ČVUT, 2001.
2. NEUMANN, K.: Elektronické obvody a funkční bloky. Praha, ČVUT, 1999.
3. LÁNIČEK, R.: Elektronika. Praha, BEN, 1997.
4. KLAUS, T: Příručka pro elektrotechnika. Europa – Sobotáles, 2005.
5. HÁJEK, J.: Časovač 555 – praktická zapojení. Praha, BEN, 2004.
6. HÁJEK, J.: 2x časovač 555 – praktická zapojení. Praha, BEN, 2005.
7. HÁJEK, J.: 3x časovač 555 – praktická zapojení. Praha, BEN, 2005.
8. katalog EZK Rožnov pod Radhoštěm, 2005.

Vedoucí bakalářské práce:

Mgr. Milan Adámek, Ph.D.

Ústav elektrotechniky a měření

Datum zadání bakalářské práce:

14. února 2006

Termín odevzdání bakalářské práce:

16. června 2006

Ve Zlíně dne 14. února 2006

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
pověřený děkan



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

ABSTRAKT

Jedním z nejzajímavějších integrovaných obvodů bipolárního období je mimo operačního zesilovače jistě časovač, kombinace analogových a číslicových obvodů na jediném čipu.

Časovač 555 - ať již jako zdroj časových úseků nebo jako oscilátor - se mnohakilionkrát osvědčil a je používán ve stovkách zapojení a tisících přístrojů. Znalost jeho funkce je důležitá nejen pro vývojáře a konstruktéry, ale i pro experimentátory a elektroniky ze záliby, pro radioamatéry a další odborníky, kteří se zabývají opravami nebo vylepšováním nejznámějších přístrojů a zařízení. V této práci bych chtěl nastínit jeho funkci a základní zapojení s tímto obvodem, která jsou rozdělena ve dvou laboratorních úlohách.

Klíčová slova:

Integrovaný obvod, časovač, NE 555, multivibrátory, elektronika, laboratorní úlohy

ABSTRACT

Except of operational amplifier is timer one of the most important integrated circuits of bipolar times. Timer is a combination of analogue and digital circuits on the only chip.

Timer 555 proved very much and it is used in the hundreds of connection and in the thousands of devices as the source of time segments or as oscillator. Knowledge of its function is important not only for developers and constructors but for experimenters and hobby electronics, for radio amateurs and other professionals, who deal with repairing or upgrading most known devices and equipments. In this thesis I would like to outline its function and the basic connections with this integrated circuit, which are separated to two laboratory exercises.

Keywords:

Integrated circuit (IC), timer, NE 555, multivibrators, electronics, laboratory works.

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Mgr. Milanu Adámkovi, Ph.D. za neocenitelnou pomoc, odborné rady a věcné připomínky při práci na praktické části i při korekci výsledné formy bakalářské práce.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé bakalářské práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce a vedoucího katedry. V případě publikace budu uveden jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem na celé bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně, 12. 06. 2006

.....

Pavel Struhár

OBSAH

ÚVOD	7
1 TEORETICKÁ ČÁST	8
1.1 OBVOD NE555	8
1.1.1 Základní zapojení	8
1.1.2 Popis funkce časovače 555.....	8
1.1.2.1 Blokové zapojení	9
1.1.2.2 Vnitřní zapojení	12
1.2 GENERÁTORY NEHARMONICKÝCH SIGNÁLŮ	15
1.3 MULTIVIBRÁTORY	15
1.4 ROZDĚLENÍ KLOPNÝCH OBVODŮ DLE ZPŮSOBU REALIZACE.....	16
1.4.1 Realizace pomocí tranzistorů	17
1.4.2 Realizace pomocí operačních zesilovačů.....	20
1.4.3 Realizace pomocí logických členů.....	20
1.4.4 Realizace speciálními integrovanými obvody (NE555)	21
1.4.4.1 Monostabilní multivibrátor	21
1.4.4.2 Astabilní multivibrátor.....	27
1.4.4.3 Bistabilní multivibrátor	34
1.5 RC2000.....	36
2 PRAKTICKÁ ČÁST	37
2.1 ÚLOHA Č.1 – NÁVRH A OVĚŘENÍ FUNKCE KLOPNÝCH OBVODŮ SESTAVENÝCH POMOCÍ NE555	37
Stručná charakteristika.....	39
Postup měření	40
2.2 ÚLOHA Č.2 – NÁVRH A OVĚŘENÍ FUNKCE PRAKTICKÝCH OBVODŮ SESTAVENÝCH POMOCÍ NE555	45
Stručná charakteristika.....	47
Postup měření	48
ZÁVĚR	53
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	55
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	56
SEZNAM OBRÁZKŮ	57
SEZNAM TABULEK	58
SEZNAM PŘÍLOH	59

ÚVOD

Hned úvodem si řekněme, že integrovaný obvod 555 patří mezi nejlépe zkonstruované integrované obvody. Není proto divu že našel uplatnění v mnoha konstrukcích. A to byl také předpoklad k tomu, aby se mohl začít vyrábět ve velkých sériích. Téměř všichni výrobci jej zařadily do svého výrobního programu. Milionové série umožnily nízkou cenu, a tak se následovně obvod objevil v mnoha dalších zapojeních. Některé ani neodpovídaly původnímu určení, a přesto výsledky byly uspokojivé. V současné době, s odstupem téměř třiceti let, je možné bez nadsázky říct, že 555ka se přiřadila k jiným velice úspěšným integrovaným obvodům – k operačním zesilovačům. Z nich např. OZ 741, který dosáhl souhrnné výroby stovek milionů kusů.

Přes poměrné stáří má 555 zajištěno uplatnění přinejmenším do té doby, než se objeví nový, podařenější obvod, s podobným a ještě širším uplatněním. Tuto prognózu do určité míry podporuje i skutečnost, že se vyrábí verze CMOS, aniž by se v ní změnilo uspořádání nebo funkčnost obvodu.

Především je potřeba uznat, že přes svoji jednoduchost konstrukce vykazuje tento obvod pozoruhodné vlastnosti. Svědčí o tom nepřehledné množství zapojení v různých světových časopisech a nedá se říci, že by nepřibývaly nové nápady. Podívejme se, v čem spočívají hlavní směry jeho využití. Do značné míry to vyjadřuje samotný název „časovač“ nebo „timer“, jak se mu slangově říká. Skutečně umožňuje časování, a to několika způsoby a ve značném časovém rozpětí. Od zlomků sekundy až po desítky minut, a s doplněním některými součástkami až na celé hodiny. Podstatné přitom je, že dodržení časových úseků nezávisí na napájecím napětí. To je důležitá vlastnost, kterou postrádají mnohé jiné obvody s podobnou funkcí.

Tato bakalářská práce je zaměřena na obvod 555 a jeho využití v elektronice a měla by být rozšířením teoretických znalostí o praktické.

Práce je rozdělena do dvou částí. První z nich je část teoretická. V ní bude nejprve vysvětlena funkce obvodu 555, poté teorie multivibrátorů a jejich základní dělení. Pro jejich úplnost jsou zde i nastíněny principy multivibrátorů sestavených jinak než pomocí 555. V druhé části, která se nazývá praktická část přímo navazuje na část teoretickou a je složena ze dvou laboratorních úloh.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Obvod NE555

Obvod NE555 uvedla na trh v roce 1972 firma Signetics. Jedná se o poměrně jednoduchý, ale velice účelně navržený časovací obvod s analogovou i číslicovou částí integrovanou na jednom čipu. O zdařilosti této konstrukce svědčí celá řada aplikací, ve kterých obvod našel uplatnění, od řízení stěračů a směrových světel v automobilu, přes plašidlo na myši a jiné "hudební nástroje" až po automatické zalévání květin.

1.1.1 Základní zapojení

Základní zapojení jsou taková zapojení, na kterých se na jedné straně vysvětlují i základní principy funkce obvodu nebo na druhé straně představují jeho typická užití.

U časovače 555 je to blokové zapojení, jehož pomocí lze zjednodušeně zobrazit poměrně složité souvislosti ve vlastním obvodu, což postačuje pro vysvětlení a pochopení většiny jeho použití. Pro popis dalších zapojení je předpokládána znalost vnitřního blokového zapojení a časovač 555 je na vnějšek představován jen jako jednoduchý "blok" (z toho je odvozen název "blokové zapojení") s osmi vývody.

Vnitřní zapojení naproti tomu umožňuje poznat způsob práce časovače 555 až do nejzašších podrobností a dává obraz o komplikované stavbě monolitického integrovaného obvodu, který je jeho základem.

1.1.2 Popis funkce časovače 555

Funkci časovače lze popsat na základě zjednodušeného blokového zapojení nebo podrobně na základě kompletního vnitřního zapojení. Pro většinu případů je blokové zapojení postačující, koho však zajímají složité vnitřní souvislosti, může prohloubit studium časovače natolik, že se dostane při přesném popisu až na úroveň jednotlivých tranzistorů a odporů vnitřního zapojení.

1.1.2.1 Blokové zapojení

Časovač 555 je monolitický integrovaný obvod, provedený bipolární technikou.

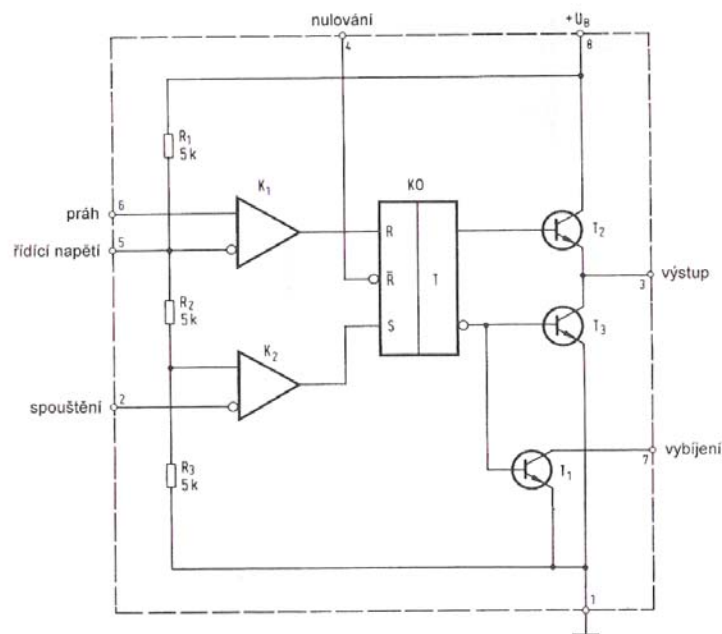
Jeho zapojení se skládá z napěťového děliče, ze dvou komparátorů, z paměťového klopného obvodu, z výkonového koncového stupně a ze spínacího tranzistoru.

Komparátor je vlastně porovnávač napětí. Jakmile překročí vstupní napětí hodnotu porovnávacího napětí, změní výstup skokově svůj stav.

Na obr. 1 je blokové zapojení, tedy zjednodušené a pro výklad funkce nejvhodnější zobrazení obvodu. Blokové zapojení ukazuje vzájemné propojení nejdůležitějších částí. Vstupy dvou operačních zesilovačů, zapojených jako komparátory jsou hlavními vstupy zapojení. Porovnávacími napětími jsou dvě referenční napětí, získaná napěťovým děličem.

Výstupy obou komparátorů jsou spojeny se vstupy klopného obvodu RS (reset-set), který má vyveden ještě jeden nulovací vstup.

Výstup klopného obvodu je spojen se vstupem výstupního výkonového stupně, jehož výstup je vyveden, tvoří hlavní výstup časovače 555 a umožňuje v různých zapojeních odpočívající zatížení.



Obr. 1 Blokové zapojení 555.

K_1 - horní komparátor (vypínací komparátor), K_2 - dolní komparátor (zapínací komparátor), KO – Flip-flop (klopný obvod), T - spínací tranzistor.

Na výstup klopného obvodu je navíc připojen tranzistorový spínací stupeň s takzvaným otevřeným kolektorem.

Vnitřní napěťový dělič tvoří tři shodné odpory s nominální hodnotou přibližně $5\text{ k}\Omega$. Dělič je připojen na napájecí napětí U_B a vytváří referenční napětí, potřebná pro vstupy komparátorů. Provozní napětí U_B (měřeno proti zemi, vývod 1), přiložené na vývod 8 je bez zapojení vnějších součástí nebo obvodů (nepřítomnost řídicího napětí na vývodu 5) děleno vždy v poměru odporů, tj. vznikají dvě částečná napětí: $2/3 U_B$ a $1/3 U_B$. Na tato dvě napětí jsou připojeny vstupy obou komparátorů. Na propojení obou horních odporů je připojen invertující vstup horního operačního zesilovače (komparátor K_1 , nazývaný též vypínací komparátor) - tento bod je současně vyveden (vývod 5). Na propojení dolních odporů je připojen neinvertující vstup dolního operačního zesilovače (komparátor K_2 , nazývaný též zapínací komparátor). Tímto spojením vstupů komparátorů s děličem napětí je dosaženo toho, že komparátor K_2 při poklesu spouštěcího napětí pod jeho prahové napětí nastaví klopný obvod, zatímco komparátor K_1 při zvětšení vstupního napětí nad jeho prahové napětí dává klopnému obvodu nulovací signál. [5]

Vstupy obou komparátorů jsou vyvedeny a tvoří hlavní vstupy časovače 555.

Vstup horního komparátoru K_1 je spojen s vývodem 6 a je označován jako práh (prahový vstup, prahová hodnota, prahové napětí, vypínací úroveň atd. německy "Schwelle", anglicky "threshold"),

Vstup dolního komparátoru K_2 je spojen s vývodem 2 a je označován jako spouštění (spouštěcí vstup, spouštěcí napětí, zapínací úroveň atd. anglicky "trigger"),

Za klopným obvodem je zapojen invertující výkonový stupeň, takže hlavní výstup (vývod 3) může zpracovávat i větší proudy.

Bez vnějšího zapojení se chová časovač 555 jako komparátor s hysterezí, podobně jako Schmittův obvod. Jestliže napětí na vstupu komparátoru K_2 (vývod 2) poklesne pod dolní referenční napětí, překlopí výstup (vývod 3) na úroveň H. Překročí-li naopak napětí na vstupu komparátoru K_1 (vývod 6) horní referenční napětí, překlopí výstup (vývod 3) na úroveň L. Klopný obvod slouží přitom k odstranění případných zákmitů obou komparátorů, které samy hysterezi nemají. Toto zapojení umožňuje tak zpracování i takových vstupních napětí, které se jen velmi málo mění. Tato vlastnost je využita např. při zapojení

multivibrátorů. Zátěž je zapojena buď mezi napájecím napětím U_B a výstupem nebo mezi výstupem a zemí (společný vodič). Maximální přípustný výstupní proud je 200 mA.

Časovač 555 má ještě jeden další výstup: vyvedený kolektor pomocného tranzistoru, který slouží jako spínač. Jak je z obr. 1 vidět, je tranzistor T_1 buzen ze stejného místa jako dolní tranzistor T_3 koncového stupně, takže je-li spojen kolektor tranzistoru T_1 zatěžovacím odporem s napájecím napětím, pracují oba výstupy soufázově.

Tento samostatný spínací tranzistor je používán k vybíjení vnějšího kondenzátoru v zapojeních multivibrátorů a proto je jeho kolektor (vývod 7) označován jako vybíjení (vybíjecí tranzistor, vybíjení kondenzátoru atd., německy „Entladen“, anglicky „discharge“).

Paměťový klopný obvod (KO) má ještě jeden nulovací vstup, přístupný na vývodu 4, který umožňuje nulování klopného obvodu nezávisle na signálech z komparátorů.

Úroveň L na tomto vstupu nastaví výstup klopného obvodu na úroveň H. Na výstupu časovače 555 (vývod 3) je pak vzhledem k invertující vlastnosti koncového zesilovače úroveň L.

Úroveň H na nulovacím vstupu nemá vliv na funkci zapojení - proto bývá vstup "nulování" (vývod 4) často spojován s napájecím napětím.

1.1.2.2 Vnitřní zapojení

Na obr. 2 je vnitřní zapojení, podrobný ekvivalent vnitřní stavby časovače 555. Obsahuje 16 odporů a 25 tranzistorů, přičemž dva jsou zapojeny jako diody.

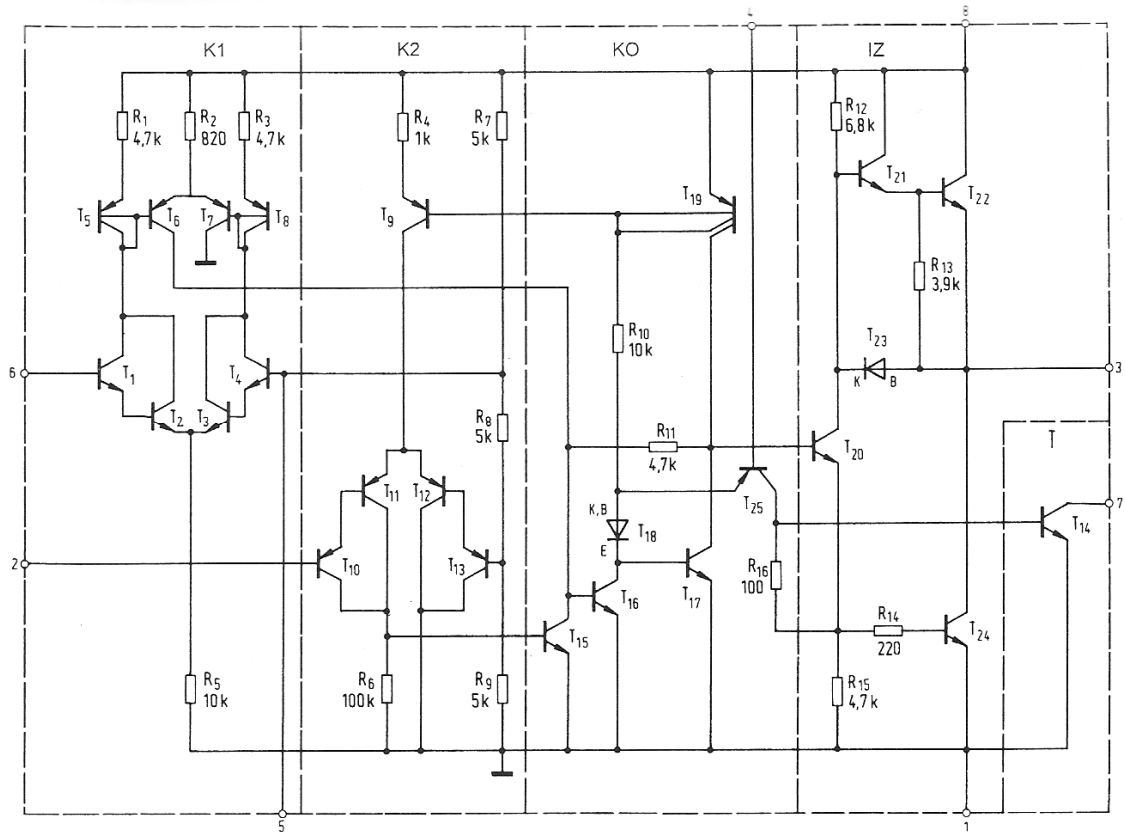
Pro snazší orientaci je vnitřní zapojení rozděleno do bloků, odpovídajících blokovému zapojení z obr. 1. Komparátor K_2 je tvořen diferenčním zesilovačem s tranzistory T_{10} až T_{13} (PNP) v Darlingtonově zapojení. Na invertující vstup tohoto operačního zesilovače (vývod 2) lze přivést napětí zvnějšku. 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} komparátoru 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_{R8} je $2/3 U_B$.

Pokud je na vstupu komparátoru K_2 (vývod 2) napětí mezi $1/3 U_B$ a U_B , má výstup komparátoru 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. Emitorový proud diferenčního stupně je určen zdrojem konstantního proudu s tranzistorem T_9 , který dostává porovnávací napětí přes T_{19} . Komparátor K_1 je tvořen diferenčním zesilovačem s tranzistory T_1 až T_4 (NPN) v Darlingtonově zapojení. Pracovními odpory jsou proudové zdroje s tranzistory T_5 až T_8 . Neinvertující vstup komparátoru je vyveden (vývod 6), invertující vstup je spojen s interním referenčním napětím U_{R8} a je současně i z vnějšku dostupný (vývod 5).

Překročí-li napětí na neinvertujícím vstupu (vývod 6) referenční napětí U_{R8} , dojde tranzistorem T_6 k vynulování klopného obvodu KO.

Klopný obvod KO je tvořen tranzistory 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). [7]



Obr. 2 Podrobné vnitřní zapojení časovače 555.

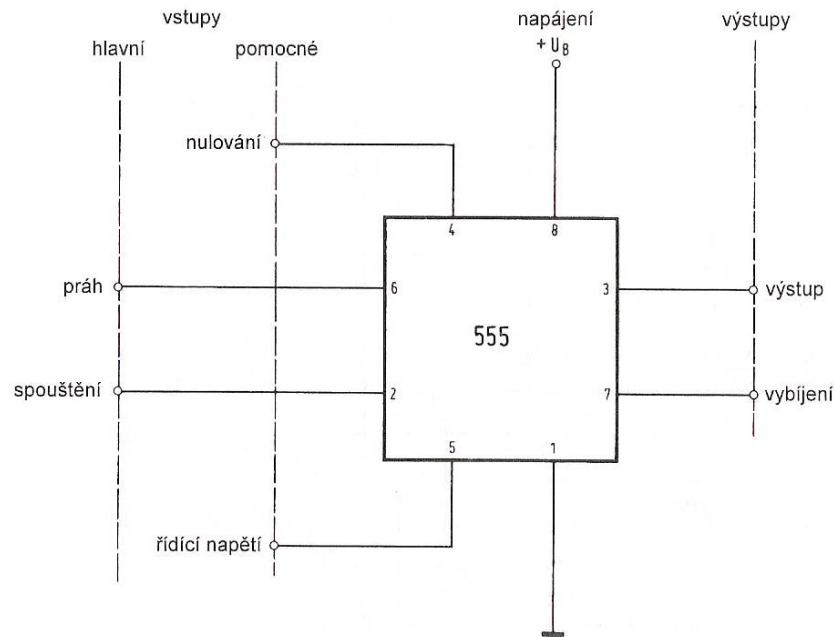
Nulování klopného obvodu KO je nezávislé na výstupních stavech komparátorů - možné tranzistorem T_{25} , jehož báze je dosažitelná z vnějšku (vývod 4). Připojení tohoto vývodu na potenciál země nebo na úroveň L způsobí vynulování klopného obvodu.

Náběhová rychlost nulovacího signálu má být dostatečně velká, aby se zabránilo výskytu nedefinovaných stavů. Pro potlačení nežádáného 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, t.j. 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.



Obr. 3 představa časovače pro použití v zapojeních a rozdělení jeho přívodů.

Obr. 3 představuje časovač 555 jako jednoduchou součástku se vstupy, výstupy a napájením. Komplexní a poměrně složité vnitřní zapojení bylo již popsáno a ve všech dalších zapojeních bude pracováno převážně s takovýmto jednoduchým obdélníčkem s odpovídajícím způsobem označenými vývody. Čtyři vstupy časovače 555 lze rozdělit na dva hlavní vstupy, na které se zpravidla přivádějí signály, a na dva pomocné vstupy, které umožňují dodatečné ovlivňování stavu zapojení.

Dva výstupy časovače budou vždy na pravé straně, pokud to bude možné (přinejmenším však hlavní výstup na vývodu 3), takže bude dodržován přirozený průběh signálů zleva napravo. Napájecí napětí je přiloženo na vývody 8 a 1.

Příkladem rozšířených možností pomocných vstupů je referenční napětí horního komparátorů (vývod 5). Je zde možnost zrněny prahových napětí obou komparátorů připo-

jením vnějších součástí. Všeobecně se však zapojuje mezi vývod 5 a společný vodič (vývod 1) kondenzátor, který zabraňuje pronikání krátkých poklesů a zbytkového zvlnění napájecího napětí, které by mohly ovlivňovat referenční napětí komparátorů.

1.2 Generátory neharmonických signálů

V základních radioelektronických zařízeních se převážně používají sinusové oscilátory. V zařízeních automatizační, výpočtové nebo měřicí techniky se zase setkáváme s generátory neharmonických, nesinusových signálů. Např. posun elektronového paprsku v obrazovce osciloskopu anebo v obrazovce televizního přijímače se uskutečňuje nejčastěji napětím pilovitého průběhu. Potřebný nesinusový průběh napětí se může získat přímo na výstupu vhodného generátoru a nebo tvarováním jiného (např. sinusového) průběhu napětí. Nejčastěji se k výrobě nesinusových kmitů používají klopné obvody. Tyto obvody jsou založeny na periodicky se opakujících přechodných jevech nabíjení a vybíjení kondenzátorů. Elektronické prvky tady působí jako elektricky ovládané spínače, kterými protéká vybíjecí, popřípadě nabíjecí proud kondenzátoru. Tyto elektricky ovládané spínače se v současnosti nejčastěji realizují tranzistory, či už v diskrétní nebo integrované podobě. Tranzistor tady pracuje ve spínacím režimu.

Mezi nejznámější generátory neharmonických signálů patří multivibrátory, které jsou generátory pravoúhlých signálů, blokovací generátory nebo jsou to generátory velmi úzkých pravoúhlých impulzů a generátory pilových nebo trojúhelníkových signálů. Frekvenční rozsah těchto generátorů je velice rozmanitý a pohybuje se od nejnižších až po velmi vysoké frekvence.

1.3 Multivibrátory

Multivibrátory (z lat. slova *multi* = více a *vibrátus* = rozechvěný, míhavý, kmitavý) patří mezi generátory periodických pravoúhlých signálů. Teoreticky vznikne multivibrátor spojením kondenzátoru a součástky se záporným diferenciálním odporem (např. vícevrstvá dioda). V praxi se dnes používají nejvíc multivibrátory s tranzistory, u kterých je potřebný průběh nelineárního odporu vytvořený vhodným spojením nejméně dvou tranzistorů a to zavedením velmi silné kladné zpětné vazby mezi těmito tranzistory. Potom v uzavřené smyčce kladné zpětné vazby se každá nepatrná změna vstupního napětí (např. způ-

sobená šumem) na výstupu zesílí a z výstupu obvodu se smyčkou zpětné vazby přenesse zpět na vstup tak, že dojde k zrychlující se lavinové změně vstupního napětí a tím i k lavinové změně výstupního napětí. Tento zrychlující se proces je označován jako proces regenerativní (z lat. *regeneratio* = *znovuzrození, obnovení*) a v překlápěcích obvodech provází všechny přechody mezi jednotlivými stavy.

Multivibrátory můžeme rozdělit podle počtu stabilních stavů na :

- **astabilní klopné obvody**, které se volně překlápějí (nemají žádný stabilní stav)
- **monostabilní klopné obvody**, které mají jeden stabilní a jeden nestabilní stav
- **bistabilní klopné obvody**, které mají dva stabilní stavy (nemají žádný nestabilní stav)
- obvody s více než dvěma stabilními stavy

Stabilním stavem rozumíme pracovní režim obvodu, v němž může obvod setrvávat neomezeně dlouhou dobu a v případě malých změn se do stabilního stavu vrací. Kvazistabilním stavem obvodu rozumíme pracovní režim obvodu, v němž se obvod nachází pouze přechodnou dobu, závislou na vlastnostech obvodu. Do kvazistabilního stavu přechází obvod buďto působením vnějšího signálu ze stabilního stavu nebo spontánně z druhého kvazistabilního stavu. Dále existuje nestabilní stav obvodu, z něhož obvod bez vnějších vlivů, např. působením rušivých signálů, vznikajících v obvodu samém, přechází do stabilního, případně kvazistabilního stavu.

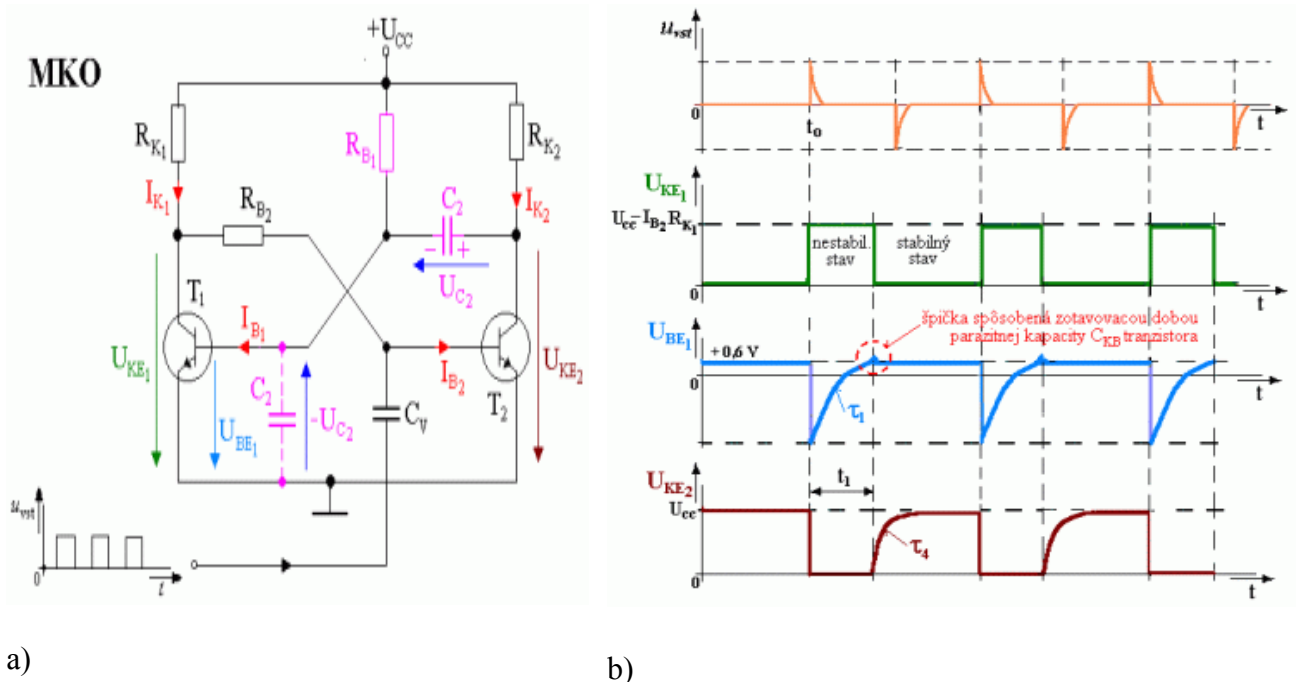
1.4 Rozdělení klopných obvodů dle způsobu realizace

Klopné obvody lze rozdělit podle způsobu realizace na obvody realizované

- tranzistory
- operačními zesilovači
- logickými členy
- speciálními integrovanými obvody určenými pro tento účel

1.4.1 Realizace pomocí tranzistorů

Monostabilní klopný obvod



a)

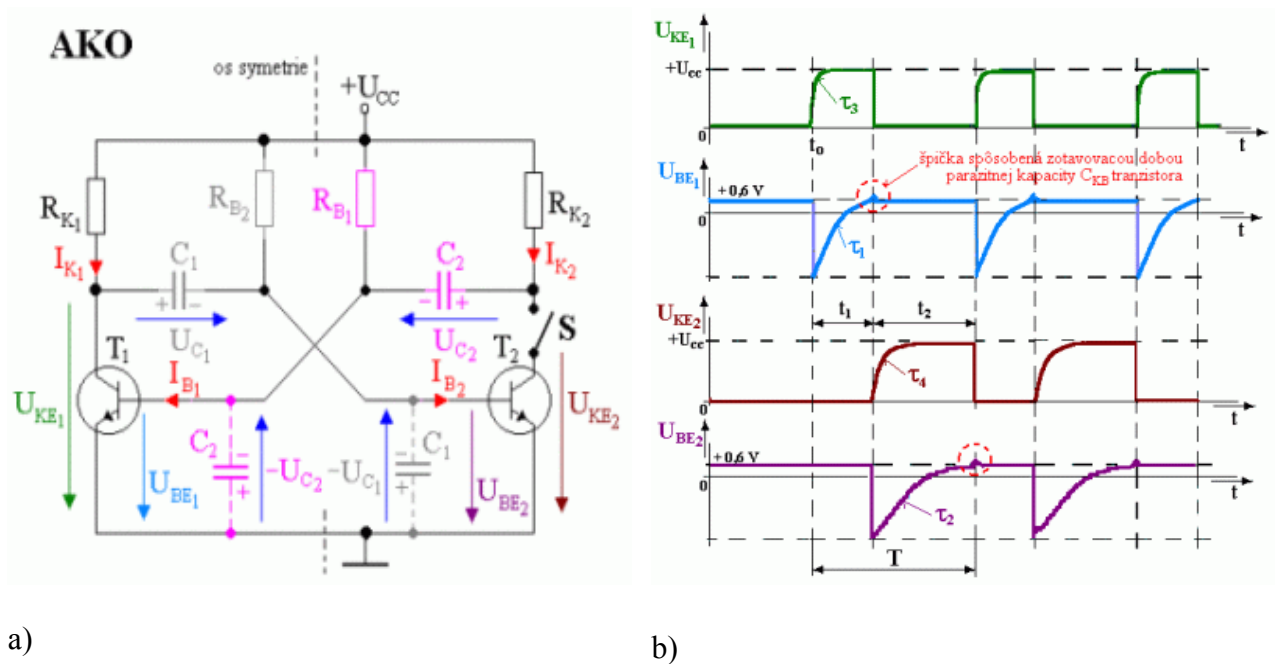
b)

Obr. 4 a) MKO pomocí tranzistorů

b) průběhy na MKO s tranzistory

V klidové poloze bude tranzistor T_1 zahrazen a tranzistor T_2 otevřen. V tomto stavu se bude kondenzátor C nabíjet na naznačenou polaritu. Pokud přivedeme kladný impuls do báze zahrazeného tranzistoru T_1 nebo záporný impuls do báze otevřeného tranzistoru T_2 , obvod se překlopí a kondenzátor C se bude přes odpor R_{B2} a otevřený T_1 vybíjet. Bude se vybíjet k nule a pak na opačnou polaritu než je naznačeno. V okamžiku, kdy napětí na kondenzátoru dosáhne prahového napětí B-E T_2 , T_2 se otevře, jeho kolektorové napětí klesne na nulu, tato záporná změna se přenesne do báze T_1 , T_1 se zahradí a obvod se dostane do výchozí klidové polohy. V ní bude vyčkávat příchodu dalšího spouštěcího impulsu.[8]

Astabilní klopný obvod



a)

b)

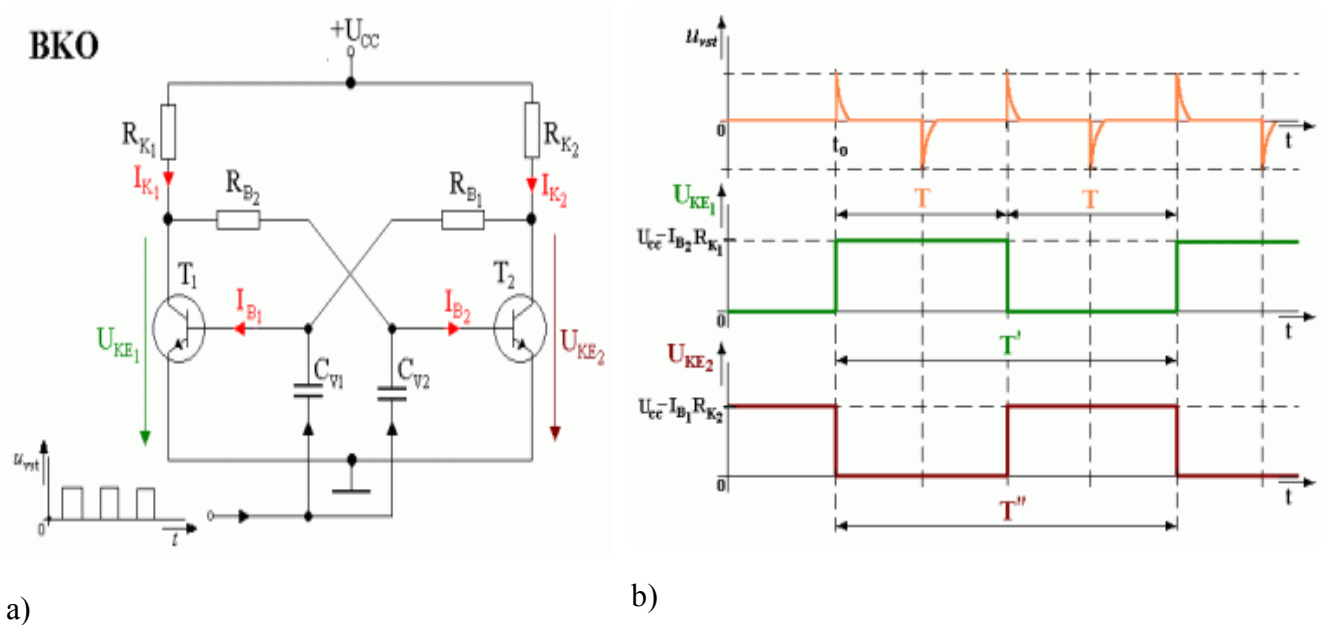
Obr. 5 a) AKO pomocí tranzistorů

b) průběhy na MKO s tranzistory

Funkce MKO s tranzistory je následující:

Když bude tranzistor T_1 zahrazen a tranzistor T_2 otevřen. V tomto stavu se bude nabíjet kondenzátor C_2 v obvodu $+U_{cc} - R_{C1} - C_2 - T_2(\text{B-E}) - \text{zem}$. Současně se bude vybíjet kondenzátor C_1 (nabitý v předchozím cyklu) v obvodu $+U_{cc} - R_{B1} - C_1 - T_2(\text{C-E}) - \text{zem}$. Bude se vybíjet k nule a pak na opačnou polaritu. V okamžiku, kdy napětí na něm dosáhne prahového napětí přechodu B-E T_1 , T_1 se otevře, jeho kolektorové napětí klesne k nule, tato záporná změna se přenesse přes C_2 na bázi T_2 a ten se uzavře. V tomto stavu se bude nabíjet kondenzátor C_1 v obvodu $U_{cc} - R_{C2} - C_1 - T_1(\text{B-E}) - \text{zem}$. Současně se bude vybíjet kondenzátor C_2 v obvodu $U_{cc} - R_{B2} - C_2 - T_1(\text{CE}) - \text{zem}$. Bude se vybíjet k nule a pak na opačnou polaritu. V okamžiku, kdy na něm napětí dosáhne prahové hodnoty přechodu B-E tranzistoru T_2 , T_2 se otevře, jeho kolektorové napětí klesne k nule, tato záporná změna se přenesse přes C_1 do báze T_1 a T_1 se zahradí. Tento děj se periodicky opakuje, než vypnou proud. [8]

Bistabilní klopný obvod



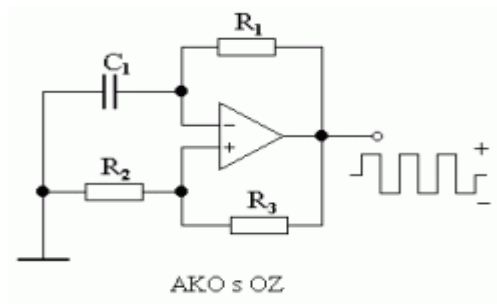
Obr. 6 a) BKO pomocí tranzistorů

b) průběhy na BKO s tranzistory

Po připojení ke zdroji napájecího napětí se obvod ustálí tak, že jeden tranzistor bude otevřen a druhý zahrazen. Zavedeme-li v libovolném čase do báze otevřeného tranzistoru záporný impuls, začne se tento tranzistor zavírat, jeho kolektorové napětí roste, tento vzrůst se přenesení na bázi druhého tranzistoru, ten se otevírá, děj probíhá lavinovitě, až se původně zahrazený tranzistor úplně otevře a původně otevřený tranzistor úplně zahradí.. Tím skončí překlápění a obvod setrvává v tomto stabilním stavu až do příchodu dalšího spouštěcího impulsu. Spouštět lze i zavedením kladného impulsu do báze zahrazeného tranzistoru. Spouštěcí impuls je vždy třeba přivést přes omezovací rezistor, nikdy nesmí být přiloženo plné napětí, aby nedošlo k destrukci tranzistoru.

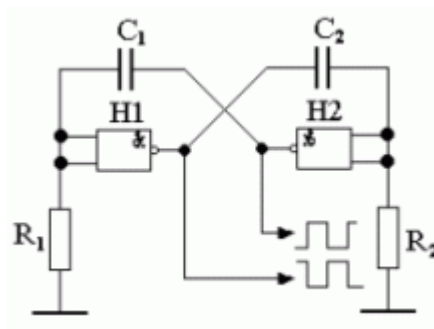
Pro urychlení překlápění se můžeme setkat se zapojením tzv. urychlovacích kondenzátorů C_1 a C_2 o relativně malé kapacitě. Tyto kondenzátory mají za úkol vázat na sebe náboj otevřeného přechodu B-E v okamžiku přechodu tranzistoru z vodivého do zahrazeného stavu. [8]

1.4.2 Realizace pomocí operačních zesilovačů



Obr. 7 AKO s OZ

1.4.3 Realizace pomocí logických členů



Obr. 8 AKO s logickými členy NAND

1.4.4 Realizace speciálními integrovanými obvody (NE555)

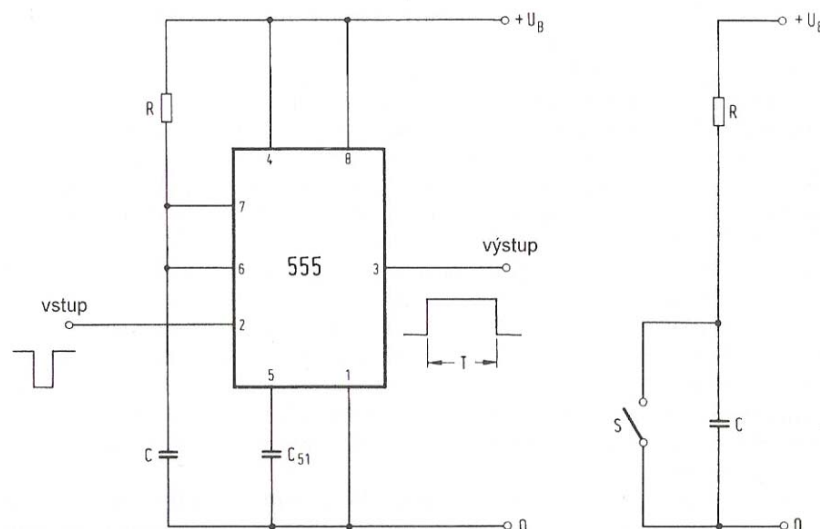
1.4.4.1 Monostabilní multivibrátor

Jedním ze základních zapojení časovače 555 je monostabilní zpožďovací obvod podle obr.4. Hlavním vstupem časovače je spouštěcí vstup (vývod 2), přičemž druhý vstup s definovaným prahovým napětím (vývod 6) je připojen zpravidla na člen RC (odpor R a kondenzátor C), určující čas (neboli délku, resp. šíři) výstupního impulzu.

Na hlavním výstupu (vývod 3) je odebírán výstupní impulz s definovanou délkou. Druhý výstup s pomocným tranzistorem (vývod 7) je připojen rovněž na RC člen a tranzistor T slouží k vybíjení kondenzátoru.

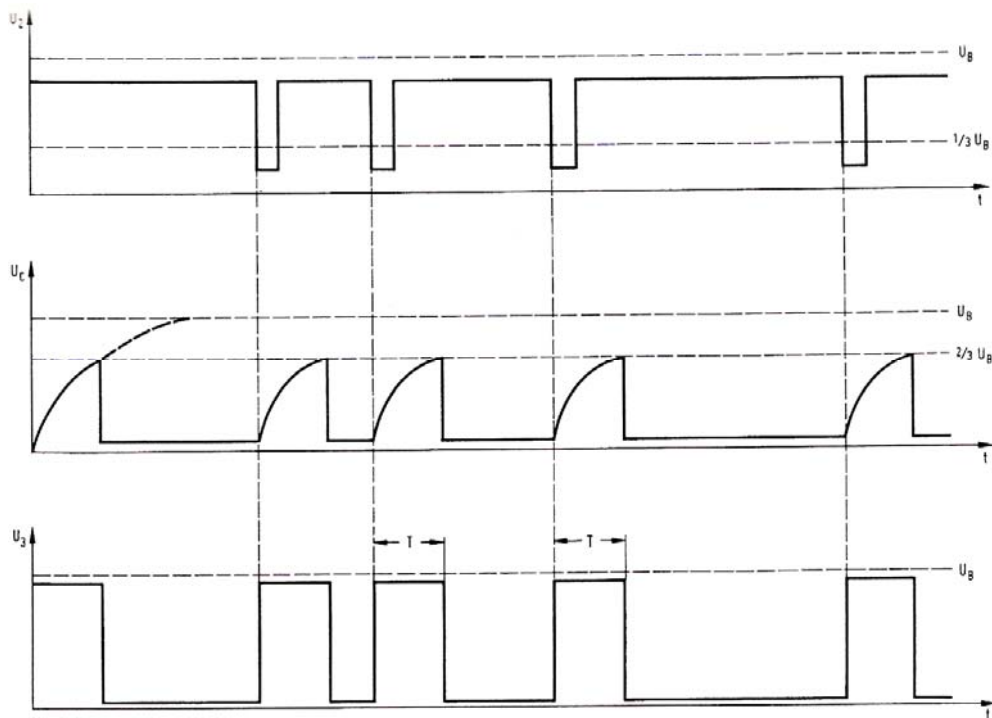
Nulovací vstup (vývod 4) je spojen s napájecím napětím U_B a pomocný vstup řídicího napětí (vývod 5) je buď volný nebo je lépe zablokován kondenzátorem C_{51} proti zemi (51 znamená připojení mezi vývody 5 a 1).

Na obr. 9 vpravo je náhradní zapojení vstupního obvodu monostabilního multivibrátoru, které se skládá ze součástek určujících čas (odpor R a kondenzátor C) a řízeného elektronického spínače S . Tento spínač jednak umožňuje nabíjení kondenzátoru C (je-li S rozpojen, nabíjí se C přes R z napájecího napětí U_B , na druhé straně jeho vybíjení (jestliže S sepne, je C vybíjen). Při připojení napájecího napětí je S sepnut a zabraňuje tak nabíjení C . Teprve po spuštění multivibrátoru spouštěcím impulzem se S rozpojí a C se nabíjí. To trvá tak dlouho, až S opět sepne a zkratuje kondenzátor C , který se přes S vybíjí. [5]

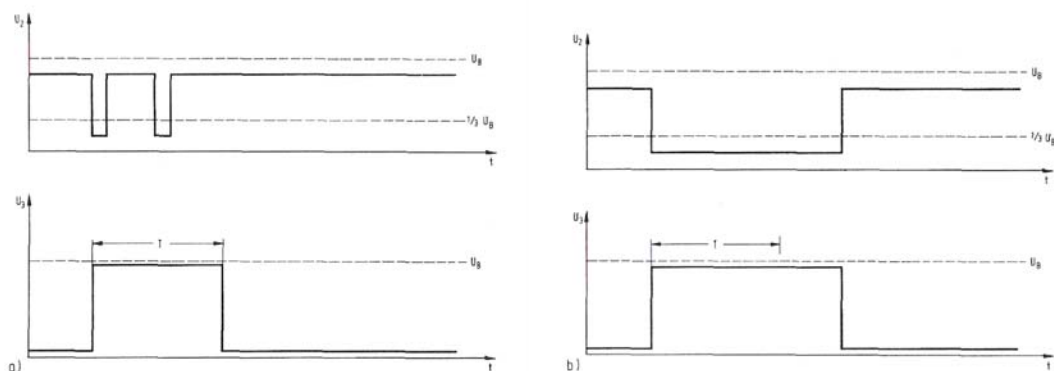


Obr. 9 časovač 555 jako monostabilní multivibrátor.

Spínač je ve skutečnosti realizován spínacím tranzistorem T uvnitř časovače 555. Jeho řízení přejímají ostatní části časovače, zejména dolní komparátor (vede k otevření tranzistoru, což odpovídá v náhradním zapojení sepnutí spínače S) a horní komparátor (vede k uzavření tranzistoru, což odpovídá rozpojení S). Kolektor vnitřního tranzistoru T je připojen na vývod 7 (pomocný výstup).



Obr. 10 Průběhy napětí v důležitých bodech monostabilního multivibrátoru.



Obr. 11 Průběhy napětí na vstupu a výstupu monostabilního multivibrátoru

- a) spouštěcí impuls, přicházející na vstup v době prodloužení nemá vliv na výstupní impuls
 b) příliš dlouhý vstupní impuls prodlužuje dobu výstupního impulsu.

Zapojení monostabilního multivibrátoru na obr. 9 funguje následujícím způsobem: v klidovém stavu má výstup časovače nízký potenciál (úroveň L) a pomocný tranzistor je otevřen (viz blokové zapojení na obr. 1), takže nabíjení kondenzátoru C není možné.

Signálové napětí na vstupu, které alespoň krátkodobě poklesne pod spodní referenční napětí ($= 1/3 U_B$) dolního komparátoru, způsobí spuštění časovače. Tímto poklesem pod referenční napětí na spouštěcím vstupu vznikne na výstupu komparátoru K_2 impuls, který překlopí klopný obvod KO (viz obr. 1). Na jeho výstupu se objeví nízké napětí (úroveň L) a invertující výstupní zesilovač způsobí na výstupu časovače vyšší napětí (úroveň H).

Pomocný tranzistor T se uzavře a protože je zapojen paralelně ke kondenzátoru C , umožní jeho nabíjení z napájecího napětí přes odpor R .

Kondenzátor C se nabíjí tak dlouho, až jeho napětí dosáhne prahového napětí horního komparátoru časovače: jestliže napětí U_C na kondenzátoru C převyší hodnotu $2/3 U_B$, sepne horní komparátor K_1 a uvede klopný obvod KO do původního stavu. Koncový stupeň způsobí, že na výstupu časovače bude opět nízké napětí (úroveň L) a tranzistor T se otevře, tedy vede. Přes kolektor a emitor tranzistoru se kondenzátor C vybije a monostabilní zpožďovací stupeň je opět ve stabilním stavu, ve kterém setrvává tak dlouho, dokud se na spouštěcím vstupu neobjeví opět záporný spouštěcí impuls. Pak se znova opakuje právě popsany pochod.

Na obr. 10 jsou průběhy napětí na časovači, který je zapojen jako monostabilní multivibrátor: nejprve napětí na vstupu U_2 , které vyvolává poklesem pod $1/3 U_B$ výše popsany pochod; pod ním napětí U_C na kondenzátoru C čas určujícího členu RC a zcela dole výstupní napětí časovače U_3 . Po spuštění spouštěcím impulzem a uzavření tranzistoru se kondenzátor nabíjí, napětí U_C stoupá až na hodnotu horního prahového napětí, tím spustí horní komparátor, klopny obvod se překlopí a celé zapojení se vrátí do stabilního stavu. Přitom se stane i tranzistor T vodivý a přes něj se vybije kondenzátor C . Při příchodu dalšího spouštěcího impulsu se celý pochod opět opakuje.

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

$$T = 1,1 \cdot R \cdot C \quad (0.1)$$

Pro rychlé zjištění potřebných hodnot odporu a kondenzátoru při zadaném prodloužení impulsu nebo požadovaném časovém zpoždění slouží nomogram pro monostabilní zapojení (viz příloha).

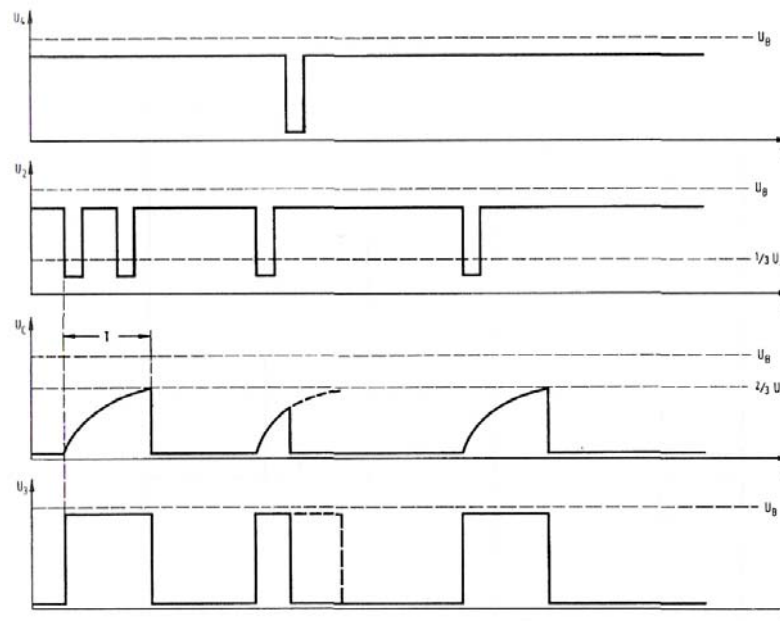
Doporučené hodnoty odporů a kondenzátorů pro spolehlivou a přesnou funkci monostabilního multivibrátoru podle obr. 9 jsou: odpory od 2 k Ω do 20 M Ω , kapacity od 500 pF do 6,8 μ F a časové zpoždění od 5 μ s do 150 s. Pro větší hodnoty klesá opakovači přesnost časového intervalu a není pak možno mluvit o precizním časovači. U malých hodnot se naráží na frekvenční hranici časovače 555.

Na obr. 11 jsou nakresleny zjednodušené průběhy napětí na vstupu a výstupu časovače v zapojení monostabilního multivibrátoru.

Když přichází spouštěcí impulsy častěji ještě v době trvání T výstupního impulsu, nemají žádný účinek, tedy opětné spouštění nemá vliv na zpoždění (na délku výstupního impulsu) viz obr. 11a.

Obr. 11b ukazuje že spouštěcí impulsy mají být kratší než délka určená časovacím členem RC, jinak nedojde k požadované funkci multivibrátoru -generování výstupního impulsu s délkou T.

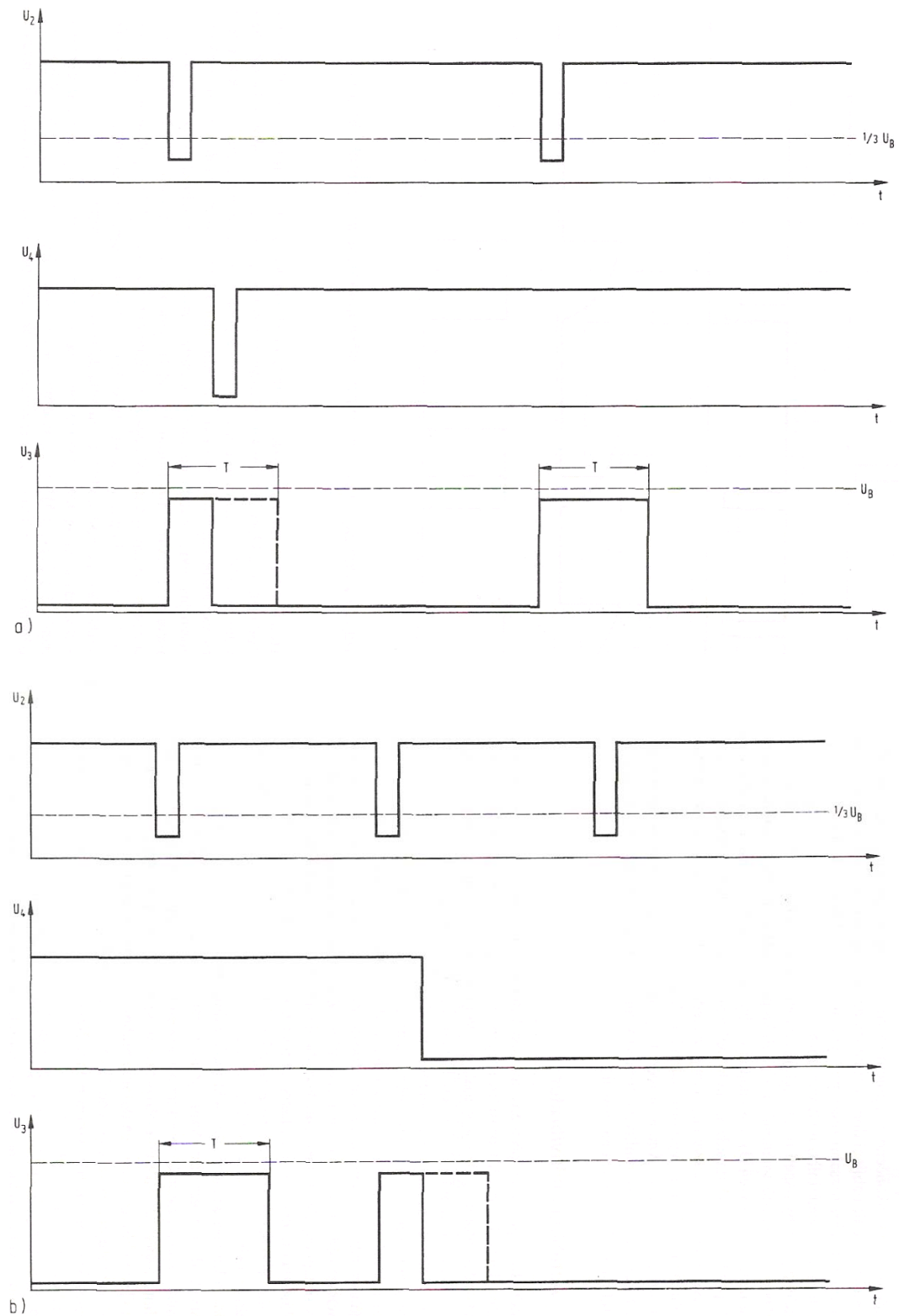
Vývod 4 je nulovací vstup, obvykle spojený s kladným pólem napájecího napětí, je tentokrát vyveden jako pomocný vstup. Přivedením úrovně L na tento vstup (vývod 4) je vnitřní klopný obvod uveden do původního stavu, (pokud se již v tomto stavu nenachází) a obvykle probíhající procesy jsou přerušeny. Při vynulování klopného obvodu se také otevře pomocný tranzistor *T* a nejen že vybijí kondenzátor *C*, nýbrž zabraňuje jeho nabíjení a to tak dlouho, pokud zůstává na nulovacím vstupu úroveň L, což je možno s výhodou využít k elektronickému přerušování monostabilní funkce zapojení.[6]



Obr. 12 Průběhy napětí v důležitých bodech rozšířeného monostabilního multivibrátoru s nulováním

Je-li vstupním signálem na nulovacím vstupu pouze krátký impulz s úrovní L , je přerušeno nabíjení kondenzátoru, který je vybit přes tranzistor T a teprve po skončení nulovacího impulzu může opět dojít k nabíjení kondenzátoru C a tím i k počátku výstupního impulsu (pokud dojde ke spuštění vstupním napětím U_2). Toto chování monostabilního zapojení lze nejlépe vidět na příslušných průbězích napětí na obr. 12, které odpovídají průběhům na obr. 10, přičemž přibylo napětí U_4 na nulovacím vstupu (vývod 4) s jeho vlivem na napětí U_c a U_3 . Žádný vliv naproti tomu nemá přídavný vstupní impulz na hlavním vstupu (spouštění), pokud přijde v době, kdy ještě trvá výstupní impulz. Z toho vyplývá, že časový odstup spouštěcích impulsů má být vždy větší než časovou konstantou RC určená doba výstupního impulsu.

V obr. 9 se základní formou monostabilního zapojení odpovídá prahové napětí dvěma třetinám napájecího napětí ($2/3 U_B$), tedy referenčnímu napětí horního komparátoru, které



Obr. 13 Zjednodušené průběhy napětí - vliv nulovacího vstupu:

a) záporný vstupní impulz **zkracuje** dobu prodloužení.

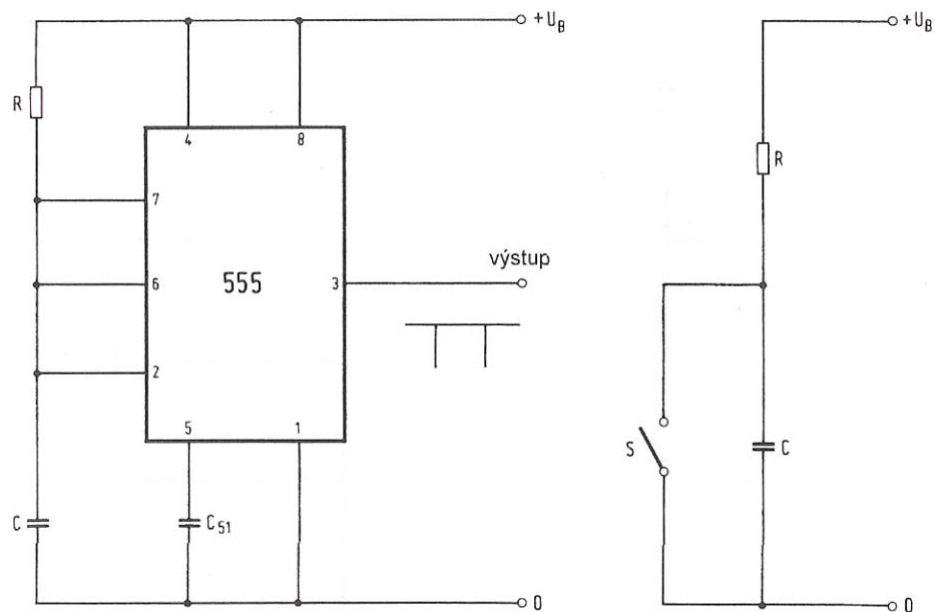
b) úroveň L na U_4 zabraňuje spouštění.

vzniká dělením U_B na třech odporech shodné velikosti (viz blokové zapojení). Referenční napětí je však současně z vnějšku přístupné (vývod 5). [5]

Je-li přiložena na nulovací vstup úroveň L, je zkrácen nejen případný kladný výstupní impulz, nýbrž nemají na stav multivibrátoru vliv ani následující spouštěcí impulzy, a to tak dlouho, dokud napětí U_A zůstává na úrovni L obr. 13 a) a b) .

1.4.4.2 Astabilní multivibrátor

Nejjednodušším způsobem přeměny monostabilního multivibrátoru na astabilní je jeho samospouštění, které lze docílit prostým spojením hlavního vstupu „spouštění“ (vývod 2) s časovacím kondenzátorem C . Tím je využita při vybíjení kondenzátoru C spínacím tranzistorem T (vývod 7) vzniklá napěťová úroveň L jako spouštěcí impulz k opětovnému spuštění multivibrátoru. Takové jednoduché zapojení je na obr. 14.

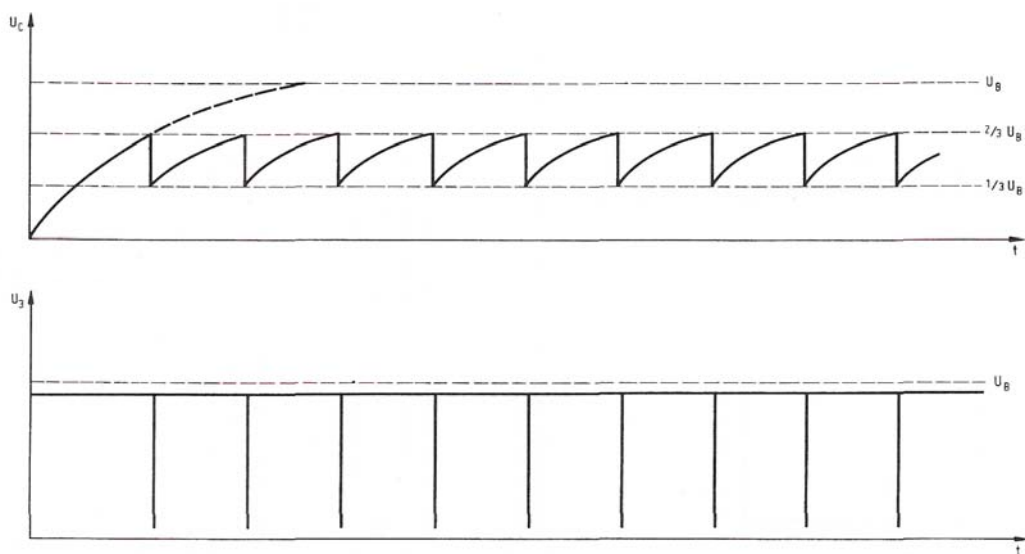


Obr. 14 Přejít z monostabilního na astabilní multivibrátor zapojením spouštěcího vstupu (vývod 2) na čas určující kondenzátor C .

Na pravé straně obr. 14 je znázorněno náhradní zapojení takto vzniklého astabilního multivibrátoru, které se sestává pouze z odporu R , z kondenzátoru C a spínače S . Spínač, kterým je kondenzátor vybíjen, je ve skutečnosti realizován vnitřním tranzistorem. Ča-

sovače je řízen ostatními částmi časovače v závislosti na okamžitém napětí na kondenzátoru C (S je sepnut nebo rozepnut). Je-li dosaženo horního prahového napětí časovače, spínač S sepne a přemostí časovači kondenzátor C , který se přes S vybíjí, napětí na něm klesá. Při dosažení spodního prahového napětí spínač S rozepne a kondenzátor C se může opět nabíjet přes odpor R z napájecího napětí.[5]

Vybíjení kondenzátoru C je velmi rychlé, takže dolní prahové úrovně, při které spíná spodní komparátor (vývod 2) je brzy dosaženo a multivibrátor přechází okamžitě do stavu, ve kterém se opět časovací kondenzátor C nabíjí až na úroveň horního prahového napětí (vývod 6). Při dosažení tohoto napětí se multivibrátor překlápí, vnitřní výstupní tranzistor (vývod 7) vede, kondenzátor C se vybíjí až na úroveň dolního prahového napětí a zapojení se opět samo spustí. Tím vznikají na výstupu časovače (vývod 3) velmi krátké poklesy výstupního napětí, nazývané jehlové impulzy, které mají napětíovou úroveň L . Napětíové průběhy na časovacím kondenzátoru a na výstupu časovače jsou na obr. 15.

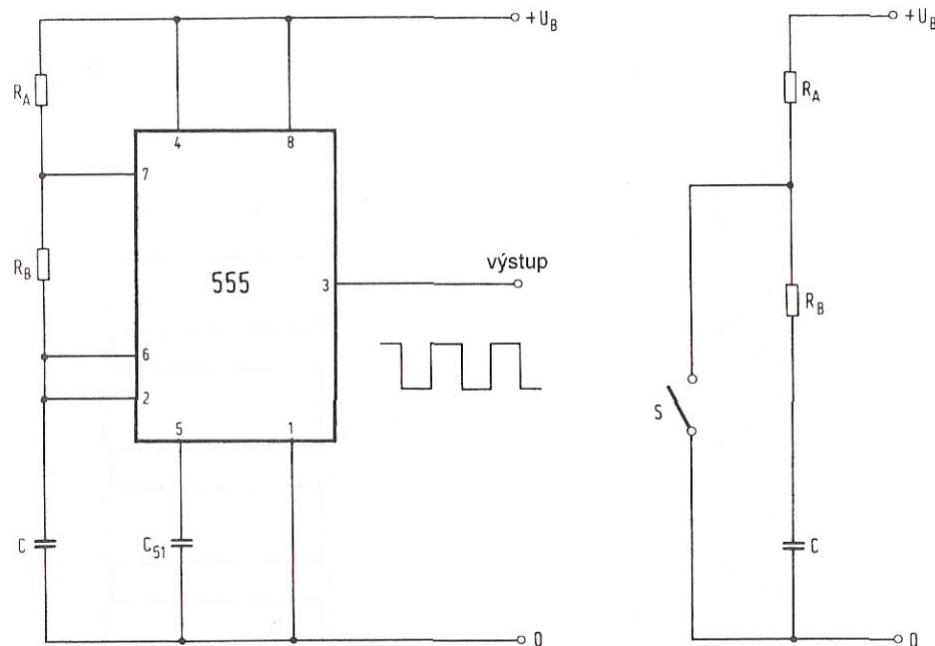


Obr. 15 Průběhy napětí k Obr. 14: na výstupu vznikají jehlové impulzy.

K prodloužení výstupních jehlových impulzu je nutno kondenzátor C vybíjet pomaleji, tedy přes odpor. Tento vybíjecí odpor se obvykle zapojuje mezi vývod 7 a oba spojené hlavní vstupy časovače (vývody 2 a 6), takže je současně dvakrát využit: při nabíjení i při vybíjení kondenzátoru C .

Zapojení takto vzniklého astabilního multivibrátoru je na obr. 16. Kondenzátor C se nabíjí přes odpory R_A a R_B z kladného napájecího napětí U_B tak dlouho, až je dosaženo horního prahového napětí (vývod 6). Pak se multivibrátor překlápí, tranzistor (vývod 7) se

otevře a kondenzátor C se vybíjí přes odpor R_B a otevřený tranzistor tak dlouho, až je dosaženo dolního prahového napětí. Multivibrátor se vrací do původního stavu, vybíjecí tranzistor přejde do nevodivého stavu a kondenzátor C se opět nabíjí z napájecího napětí U_B - celý postup se opakuje.



Obr. 16 Časovač 555 jako astabilní multivibrátor.

Náhradní zapojení na obr. 16 vpravo ukazuje opět zjednodušené nabíjecí a vybíjecí poměry. Spínač S je realizován vnitřním tranzistorem časovače a je řízen dosažením prahových napětí na jeho vstupech. Odpovídající napěťové průběhy jsou znázorněny na obr. 17. Napětí na kondenzátoru C se pohybuje mezi horní a dolní prahovou úrovní ($2/3$ a $1/3 U_B$). Po dobu nabíjení (časový úsek t_1) je na výstupu časovače (vývod 3) úroveň H, zatímco po dobu vybíjení (časový úsek t_2) je na výstupu úroveň L.

$$\text{Doba nabíjení } t_1 \text{ je} \quad t_1 = 0,693 \cdot (R_A + R_B) \cdot C \quad (0.2)$$

$$\text{Doba vybíjení } t_2 \text{ je} \quad t_2 = 0,693 \cdot R_B \cdot C \quad (0.3)$$

Celková doba periody je pak $t = t_1 + t_2 = 0,693 \cdot (R_A + 2 \cdot R_B) \cdot C$ (0.4)

a frekvence výstupního napětí $f = \frac{1}{T} = \frac{1,44}{(R_1 + 2 \cdot R_2) \cdot C_X} = \frac{1}{(t_{\text{high}} + t_{\text{low}})}$ (0.5)

Pro stanovení potřebných hodnot kondenzátoru a odporů při žádané frekvenci nebo zjištění frekvence či časových úseků ze známých hodnot součástek lze buď dosadit do výše uvedených vzorců nebo použít pro rychlý odečet hodnot nomogramu (v příloze).

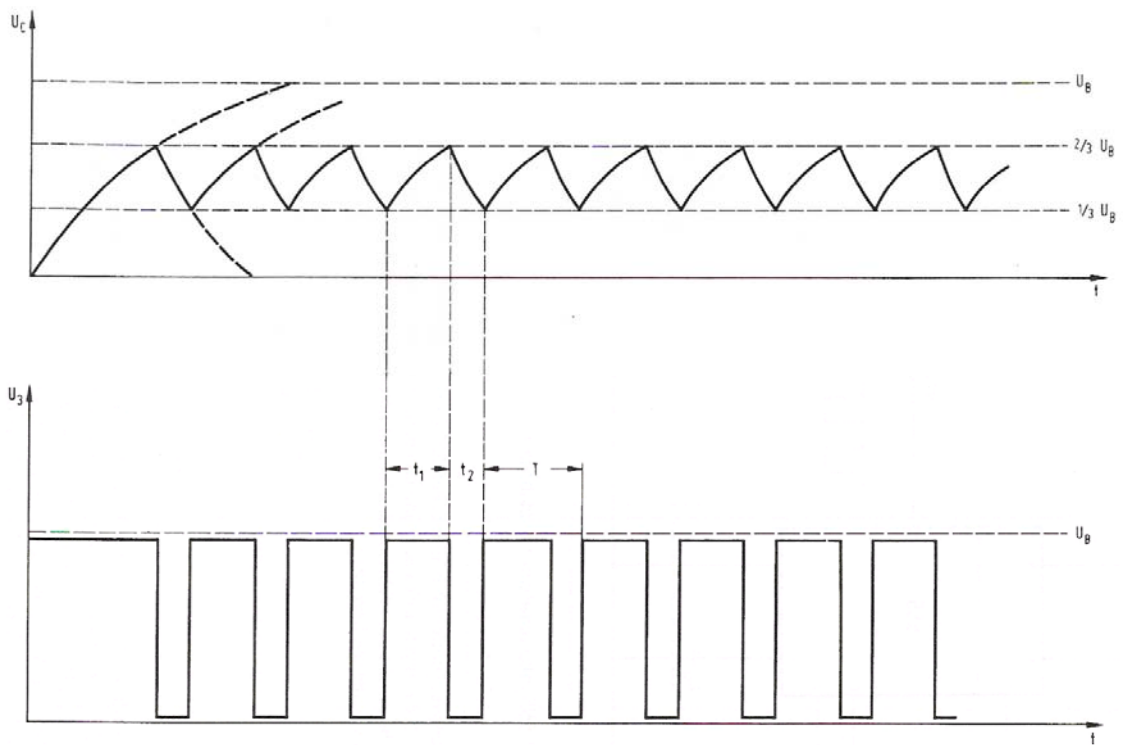
Střída výstupních impulzů je

$$D = \frac{t_1}{T} = \frac{R_A + R_B}{R_A + 2 \cdot R_B} \quad (0.6)$$

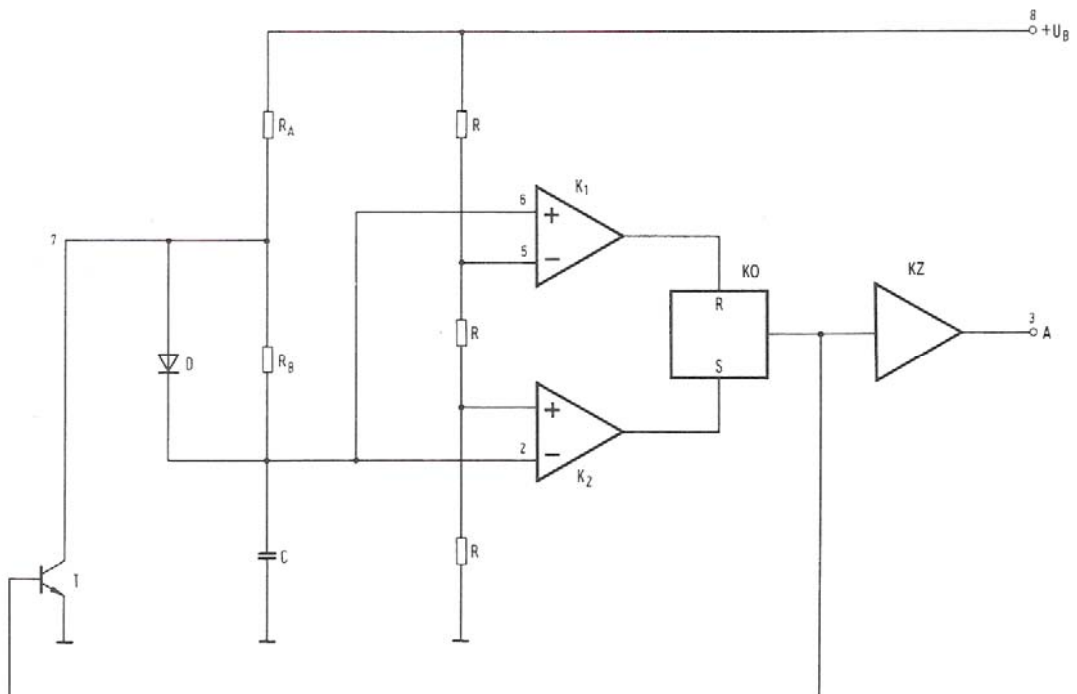
nebo

$$D = \frac{t_2}{T} = \frac{R_B}{R_A + 2 \cdot R_B} \quad (0.7)$$

podle toho, zda je střída definována poměrem šíře impulzů (doba napěťové úrovně H na výstupu časovače 555) k celkové periodě nebo jako doba výstupní úrovně L k periodě T. Z obou vzorců je zřejmé, že střída 0,5 (šíře impulzu a mezery jsou shodné) je v zapojení podle obr. 16 neuskutečnitelná. Vysvětlení je jednoduché: čas určující kondenzátor C se nabíjí přes odpory R_A a R_B , vybíjí se však jen přes odpor R_B . Tím jsou odlišné i nabíjecí a vybíjecí doby, odpovídající šíři impulzu a mezery.[5]



Obr. 17 Průběhy napětí astabilního multivibrátoru.



Obr. 18 Astabilní multivibrátor s časovačem 555 rozložen na jednotlivé části pro názornější vysvětlení funkce.

Na obr. 18 je pro názornost s blokovým zapojením časovače 555 rozkresleno zapojení, aby bylo možno podrobně vysvětlit funkci astabilního multivibrátoru a poznat lépe některé jeho vlastnosti.

Kondenzátor C se nabíjí přes odpor R_A a diodu D z napájecího napětí U_B tak dlouho, až okamžité napětí na něm dosáhne horní prahovou úroveň ($2/3 U_B$ - vývod 6). Horní komparátor K_1 se překlápí, na jeho výstupu se objeví napěťová úroveň H, klopný obvod KO je vynulován (reset) a na výstupu časovače (vývod 3) se objeví napěťová úroveň L.

Současně se otevře i spínací tranzistor T . Kondenzátor C se vybíjí přes odpor R_B tak dlouho, až okamžité napětí na něm poklesne pod dolní prahovou úroveň ($1/3 U_B$ - vývod 2). Dolní komparátor K_2 se překlápí, na jeho výstupu se objeví napěťová úroveň H, klopný obvod KO je opět nastaven (set), tranzistor se uzavře a na výstupu časovače (vývod 3) se objeví napěťová úroveň H. Kondenzátor C se začíná opět nabíjet a celý postup se opakuje.

Napětí na kondenzátoru C se pohybuje mezi horní a dolní prahovou úrovní ($2/3 U_B$ a $1/3 U_B$). Na výstupu časovače se objeví pravoúhlé napětí o frekvenci, daném Čas určujícími hodnotami odporů a kondenzátoru, se střídou závisící na hodnotách odporů R_A a R_B a s amplitudou, rovnou téměř napájecímu napětí.

Nabíjecí a vybíjecí časy a tím i frekvence jsou v širokých mezích nezávislé na napájecím napětí U_B . Této vlastnosti je dosaženo šikovním zapojením: vnitřní napěťový dělič, jímž jsou vytvářena referenční napětí pro oba komparátory je totiž připojen k těmtož napájecímu napětí U_B jako čas určující větev s oběma odpory a kondenzátorem (viz obr. 18). Tím se projevují případné změny napájecího napětí současně na obě větve a vlivy se vzájemně kompenzují. To je jedno z tajemství pověstné časové přesnosti a z něho vyplývajícího světového úspěchu časovače 555.

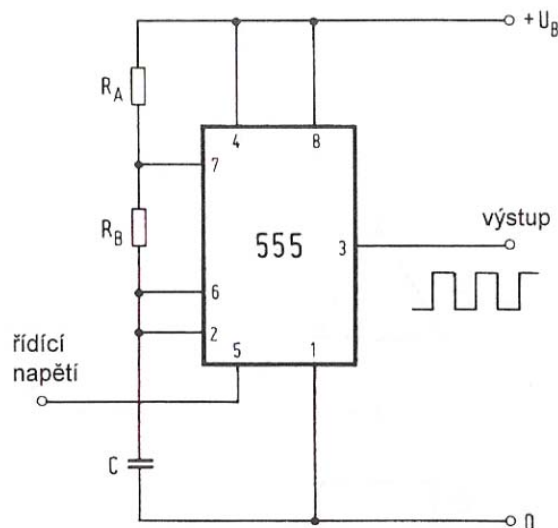
Bohužel jsou zapojením diody D podle obr. 18 zhoršeny jinak vynikající vlastnosti, a to jak tepelná stabilita, tak i nezávislost na napájecím napětí U_B . Dioda by měla mít co nejmenší napětí v propustném směru (to je splněno u germaniové diody, která však má větší závislost na teplotě oproti diodě křemíkové). Zapojení s diodou paralelně k odporu R_B se používá proto jen tam, kde nejsou na stabilitu frekvence kladeny příliš vysoké požadavky.

Z napěťových průběhů astabilního multivibrátoru na obr. 17 je patrné, že první výstupní impuls s napěťovou úrovní H je při dosud nenabitém kondenzátoru C delší než impulzy následující. To je zapotřebí vzít v úvahu zejména u spínaných impulzních generátorů.

Jak je vidět na obr. 18, je tranzistor T spojen přes odpor R_A s napájecím napětím U_B , takže jím protéká nejen vybíjecí proud kondenzátoru C , nýbrž i proud, jehož velikost je dána hodnotou odporu R_A a velikostí napájecího napětí. Aby nedošlo k přetížení tranzistoru, nesmí být hodnota tohoto odporu menší než nejmenší přípustná hodnota (přibližně $1\text{ k}\Omega$). To je zapotřebí brát v úvahu zejména tehdy, je-li na místě R_A použit k nastavení frekvence potenciometr, jehož odpor může být v některé z krajních poloh blízky nule. Pak je nutno zapojit do série s potenciometrem vždy odpor s hodnotou minimálně $1\text{ k}\Omega$.

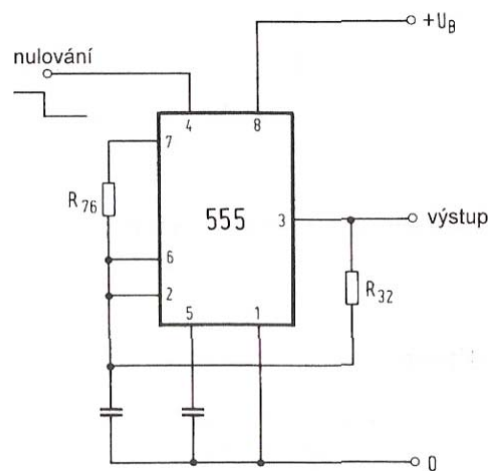
Výstupní impulzy astabilního multivibrátoru lze ovlivňovat rovněž použitím pomocných vstupů. Na obr. 19 je zapojení s vyvedeným řídicím vstupem (vývod 5). Přiložením řídicího napětí na tento vstup se změní referenční napětí obou komparátorů, která určují jak horní, tak i dolní prahové napětí. Tím se změní též doba nabíjení a jí odpovídající šířka impulzů. Z toho vyplývá, že se změní i celková perioda a tím i frekvence výstupních impulzů.

Přivedením modulačního napětí tak vzniká šířková modulace impulzů nebo frekvenční modulace výstupního napětí. Přiváděné řídicí napětí ovlivňuje šířku impulzů a délku mezer a musí být vždy menší než napájecí napětí U_B (jinak by nedocházelo k zaručenému spínání komparátorů).



Obr. 19 Astabilní multivibrátor s vyvedeným pomocným vstupem pro ovlivňování výstupních impulzů přiloženým řídicím napětím.

Z literatury je známo ještě jedno zapojení časovače 555 jako astabilního multivibrátoru, ve kterém je napětí, ze kterého se nabíjí čas určující kondenzátor C nikoli napájecí napětí U_B , ale výstupní napětí U_3 . Nabíjecí odpor R_A je připojen na výstup časovače (vývod 3), vybíjecí odpor R_B je připojen jako obvykle na výstup „vybíjení“ (vývod 7), jak je zřejmé z obr. 20. Toto zapojení využívá skutečnosti, že po připojení napájecího napětí se objeví na výstupu časovače (vývod 3) napěťová úroveň H , ze které se začne kondenzátor C nabíjet. Další funkce odpovídá výše popsaným opakujícím se průběhům astabilního multivibrátoru.



Obr. 20 Varianta astabilního multivibrátoru.

Nevýhodou tohoto zapojení je menší stabilita frekvence výstupních impulzů, podmíněná tím, že výstupní napětí U_3 je závislé na zatížení výstupu. Čím více je výstup časovače (vývod 3) zatížen (čím menší je tedy hodnota zatěžovacího odporu), tím menší je napětí U_3 . Změny zatěžovacího odporu se z tohoto důvodu také projevují na stabilitě frekvence multivibrátoru.

1.4.4.3 Bistabilní multivibrátor

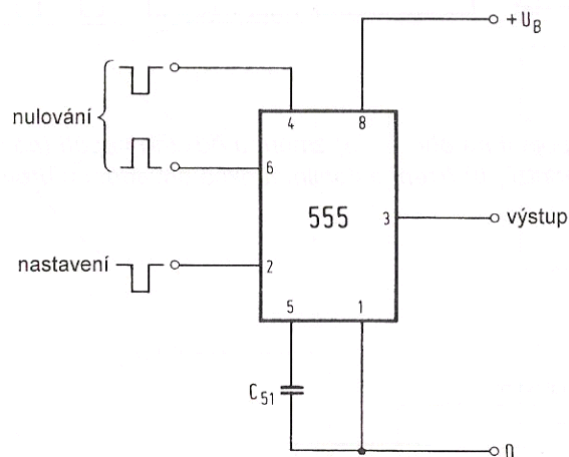
Bistabilní klopný obvod lze spouštět buď: nesouměrně, tzn. že spouštěcí impulsy budeme přivádět střídavě na oba vstupy, nebo souměrně, tzn. že spouštěcí impulsy přivádíme na jeden společný vstup přes hradlo.

Nesouměrné spouštění:

V samotném časovači 555 se již nachází klopný obvod se dvěma stabilními stavy, tedy bistabilní multivibrátor (viz blokové zapojení). Tento klopný obvod je možno z vnějšku nastavit a vynulovat, přičemž je odpovídající signál vždy jen na výstupu časovače (vývod 3).

Obr. 21 ukazuje různé možnosti řízení Časovače 555 jako bistabilní multivibrátor. Spouštěcí vstup (vývod 2) slouží k nastavení úrovně L, nulovací vstup (vývod 4) slouží k nulování, rovněž úrovní L. Vstupem prahového napětí (vývod 6) je možno též nulovat, tentokrát úrovní H.

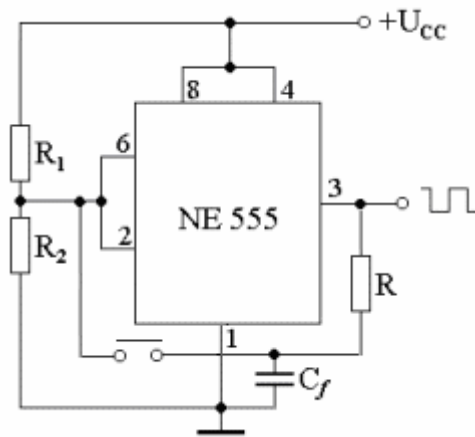
Výše popsané chování časovače 555 lze využít ke stavbě bistabilních klopných obvodů, které mají dva stabilní stavy. Bohužel se chovají výrobky různých firem v bistabilní funkci různým způsobem (např. NE 555 V firmy Signetics a LM 555 H firmy National Semiconductors), takže je vždy nutno nejprve vyzkoušet, zda dotyčné zapojení pracuje tak, jak je popsáno.



Obr. 21 Časovač 555 jako bistabilní multivibrátor – nesouměrné spouštění.

Souměrné spouštění:

V případě souměrného spouštění dělí obvod frekvence vstupního signálu na jeho polovinu. V hudbě to znamená snížení tónu o 1 oktávu. Lze ho tedy v tomto zapojení použít jako děličku dvěma.



Obr. 22 Časovač 555 jako bistabilní multivibrátor – souměrné spouštění.

1.5 RC2000

Tento počítačový program zajišťuje využití výpočetní jako výkonové periferie pro sběr dat z měření, řízení procesů počítačem. Program umožňuje velice názorné zobrazení učebních úloh na obrazovce monitoru, jejich záznam ve formě souborů pro archivaci na disketu nebo bitových dat pro další zpracování protokolů o měření. Tento program byl vyvinut spolu s elektro stavebnicí DONINOPUTER, se kterou se spojuje pomocí sériového rozhraní za pomoci modulu stavebnice. Práce tohoto programu je rozdělena v základní nabídce na tyto činnosti:

- Dvoukanálový osciloskop
- Osciloskop + generátor
- Voltampérové charakteristiky
- Frekvenční charakteristiky
- Logický analyzátor
- Logický analyzátor + generátor
- Dvoukanálový čítač

2 PRAKTICKÁ ČÁST

2.1 Úloha č.1 – návrh a ověření funkce klopných obvodů sestavených pomocí NE555

Úkol měření:

Monostabilní KO

- Seznamte se s principem monostabilního klopného obvodu.
- Navrhněte a sestavte monostabilní klopný obvod realizovaný pomocí NE555
- Zaznamenejte pomocí RC2000 průběhy napětí na výstupu a na kondenzátoru pro dvě různé hodnoty kapacity a odporu.

Astabilní KO

- Seznamte se s principem astabilního klopného obvodu.
- Navrhněte a sestavte astabilní klopný obvod realizovaný pomocí NE555
- Nastavte parametry obvodu tak, aby generoval pulsy o frekvenci 3kHz se střídou 55% ve prospěch logické jedničky. Ověřte funkčnost vzorců, které se v této souvislosti používají.
- Zaznamenejte pomocí RC2000 průběhy napětí na výstupu a na kondenzátoru pro dvě různé hodnoty kapacity a odporů.
- Zjistěte závislost výstupního signálu na velikosti napájecího napětí. Toto napětí měňte od 4,5V do 15V s krokem 1,5V.

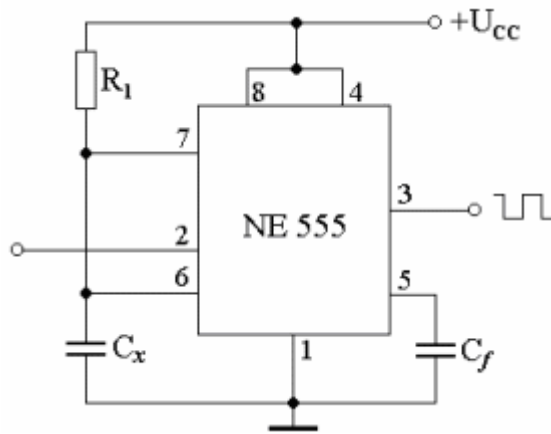
Bistabilní KO

- Seznamte se s principem bistabilního klopného obvodu.
- Navrhněte a sestavte bistabilní klopný obvod realizovaný pomocí NE555

Seznam použitých přístrojů a součástek:

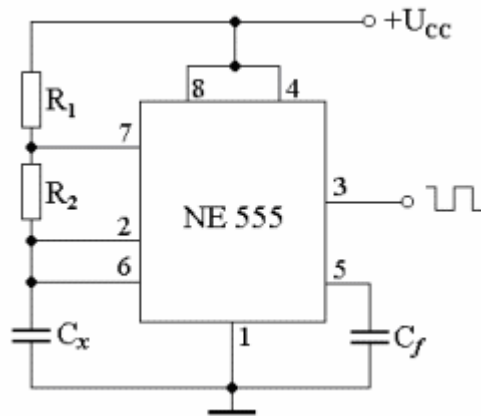
- Stavebnice DOMINOPUTER
- Zdroj 5V ss. a maximální zatížitelností 3A
- Obvod NE555
- Generátor obdélníkového signálu
- Počítač s programovým vybavením RC2000
- Rezistor se značkou R
- Kondensátor se značkou C

Schémata zapojení:

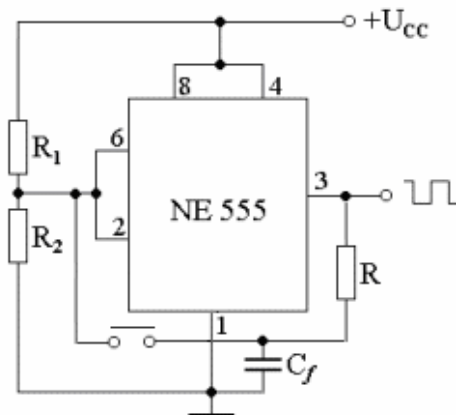


Obr. 23 Schéma zapojení monostabilního klopného obvodu (MKO)

$$C_f = 0.01 \mu F$$



Obr. 24 Schéma zapojení astabilního klopného obvodu (AKO)



Obr. 25 Schéma zapojení bistabilního klopného obvodu (BKO)

$$R_1 = R_2 = 1 k\Omega; R = 10 k\Omega; C = 22 \mu F$$

Stručná charakteristika

Časovač 555 je snad nevíce využívaným obvodem v elektrotechnice vůbec. Jedná se o univerzální obvod, jehož různým zapojením můžeme dostat různé druhy časovacích obvodů (např. monostabilní, bistabilní nebo astabilní). Skládá se z napětového děliče, dvou komparátorů, klopného obvodu RS, výkonového koncového stupně a vybíjecího tranzistoru.

Monostabilní multivibrátory (univibrátory) vytvářejí po spuštění spouštěcím impulzem výstupní impulz s definovanou šířkou (dobou). Spouštěcí impulz je na vstupuje vždy kratší než výstupní impulz a monostabilní multivibrátory jsou proto používány pro prodloužení nebo pro obnovení impulzů. Délka impulzu je dána členem určujícím čas (zpravidla RQ. Monostabilní multivibrátor mění po jisté době (za jistý přednastavený čas) stav svého výstupu. Proto je také nazýván časovač (timer) a právě pro tuto funkci byl vyvinut. Vzhledem k preciznímu dodržení nastaveného času se využívá v zapojeních jako přesný časový spínač pro vytváření definovaných časových úseků. Časový spínač není nic jiného než monostabilní multivibrátor, který po startu (= spouštěcí impulz) zapne připojený spotřebič a po jisté době (délka výstupního impulzu) jej opět vypne (nebo obráceně, pokud je to tak žádáno).

$$T = 1,1 \cdot R_1 \cdot C_X \quad (0.8)$$

Astabilní multivibrátory jsou impulsní generátory, které pracují astabilně a nepřetržitě vyrábějí impulzy. Astabilní znamená, že žádný z obou výstupních stavů není stabilní a na výstupu se bez vnějšího ovlivňování oba stavy střídají (na rozdíl od monostabilního multivibrátoru, který má jeden stabilní stav a po spuštění jej jen na jistou dobu opustí). Astabilní multivibrátory jsou používány jako impulsní generátory, tónové generátory, blikače a pod., přičemž je často použito možností ovlivňování řízení výstupního sledu impulzů pomocnými vstupy.

$$t_{high} = 0,693 \cdot (R_1 + R_2) \cdot C_X \quad (0.9)$$

$$t_{low} = 0,693 \cdot R_2 \cdot C_X \quad (0.10)$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1,44}{(R_1 + 2 \cdot R_2) \cdot C_X} = \frac{1}{(t_{\text{high}} + t_{\text{low}})} \quad (0.11)$$

$$duty = t_{\text{high}} \cdot \frac{100}{(t_{\text{high}} + t_{\text{low}})} \quad (0.12)$$

Bistabilní multivibrátory představují zapojení se dvěma stabilními stavy, které přecházejí teprve po vstupním impulzu z jednoho do druhého stavu, ve kterém zůstávají tak dlouho, dokud nepřijde další impulz. Jinými slovy, udržují (zaznamenávají, pamatují si) informaci. Dokonce i časovač 555 obsahuje takový bistabilní multivibrátor, který se nachází za oběma komparátory jako paměťový klopný obvod - viz blokové zapojení (dvoustavová funkce je v angličtině vyjádřena velmi typicky: Flip-Flop - buď tak nebo jinak - z toho také často užívané označení FF). S Časovačem 555 zapojeným jako bistabilní multivibrátor jsou realizovány zapínací a vypínací obvody, dotykové spínače a pod.

Postup měření

Po seznámení se s principy funkce klopných obvodů jsem navrhl velikosti odporu a kapacity dle (0.9). u monostabilního klopného obvodu a ten dle obr.1 sestrojil. Na konektor 2 jsem přivedl obdélníkový řídicí signál z generátoru osciloskopu. Konektor 3 jsem připojil na vstup osciloskopu kanálu A a na kanál B jsem přivedl napětí na kondenzátoru a průběhy obou napětí jsem uložil pomocí RC 2000 a vygeneroval graf v excelu.

Poté podle obrázku 2 byl sestaven astabilní klopný obvod a velikosti odporů kondenzátoru byly zvoleny, aby bylo možno odzkoušet jaký mají různé velikosti odporů a kapacity vliv na výstupní signál. Pro ověření správnosti byla provedena kontrola pomocí (0.10) až (0.12). V dalším bodu měření jsem měl navrhnout obvod tak, aby generoval pulsy o frekvenci 3kHz se střídou 0.9 ve prospěch logické jedničky. Což jsem pomocí již zmíněných vzorců provedl a sestavený obvod proměřil na osciloskopu. Pro zjištění závislosti výstupního signálu na velikosti napájecího napětí jsem postupně zvyšoval napětí od 4,5V do 15V po 1,5V a výstupní průběhy jsem si uložil a poté v grafu porovnal.

Při sestavování bistabilního klopného obvodu jsem použil R_1 a $R_2=2K\Omega$ a R jsem použil $10K\Omega$. Velikost kapacity musela být zvolena mezi jedním až devíti μF , protože jinak se obvod choval nestabilně.

Výpočty pro určení velikostí odporů a kapacity pro:

- monostabilní klopný obvod:

$$T = 1,1 \cdot R_1 \cdot C_X$$

Pro náhodně zvolené T:

$$1, T=0,1s$$

$$2, T=0,01s$$

$$C=410nF \quad R=230k\Omega$$

$$C=90nF \quad R=110k\Omega$$

- astabilní klopný obvod:

$$T_1 = 0,693 \cdot (R_1 + R_2) \cdot C_X$$

$$T_2 = 0,693 \cdot R_2 \cdot C_X$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1,44}{(R_1 + 2 \cdot R_2) \cdot C_X} = \frac{1}{(t_{\text{high}} + t_{\text{low}})}$$

$$duty = t_{\text{high}} \cdot \frac{100}{(t_{\text{high}} + t_{\text{low}})}$$

$$C=40nF; R_1=10k\Omega; R_2=5k\Omega$$

$$C=21,64nF; R_1=2,222k\Omega; R_2=10k\Omega$$

$$T_1=4,158 \cdot 10^{-4}s$$

$$T_1=1,833 \cdot 10^{-4}s$$

$$T_2=1,386 \cdot 10^{-4}s$$

$$T_2=1,499 \cdot 10^{-4}s$$

$$f=1800 \text{ Hz}$$

$$f=2995 \text{ Hz}$$

- stabilní klopný obvod generující puls o frekvenci 3kHz se střídou 55%

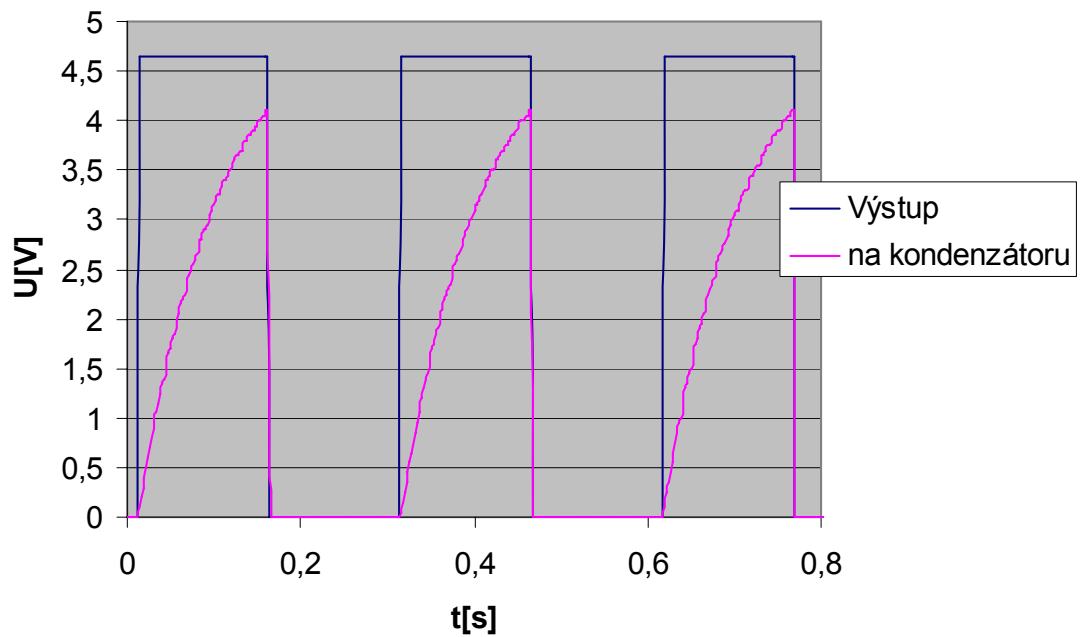
$$3000 = \frac{1}{(t_{\text{high}} + t_{\text{low}})} \Rightarrow 3000(t_{\text{high}} + t_{\text{low}}) = 1$$

$$55 = t_{\text{high}} \cdot \frac{100}{(t_{\text{high}} + t_{\text{low}})} \Rightarrow 45 \cdot t_{\text{high}} = 55 \cdot t_{\text{low}}$$

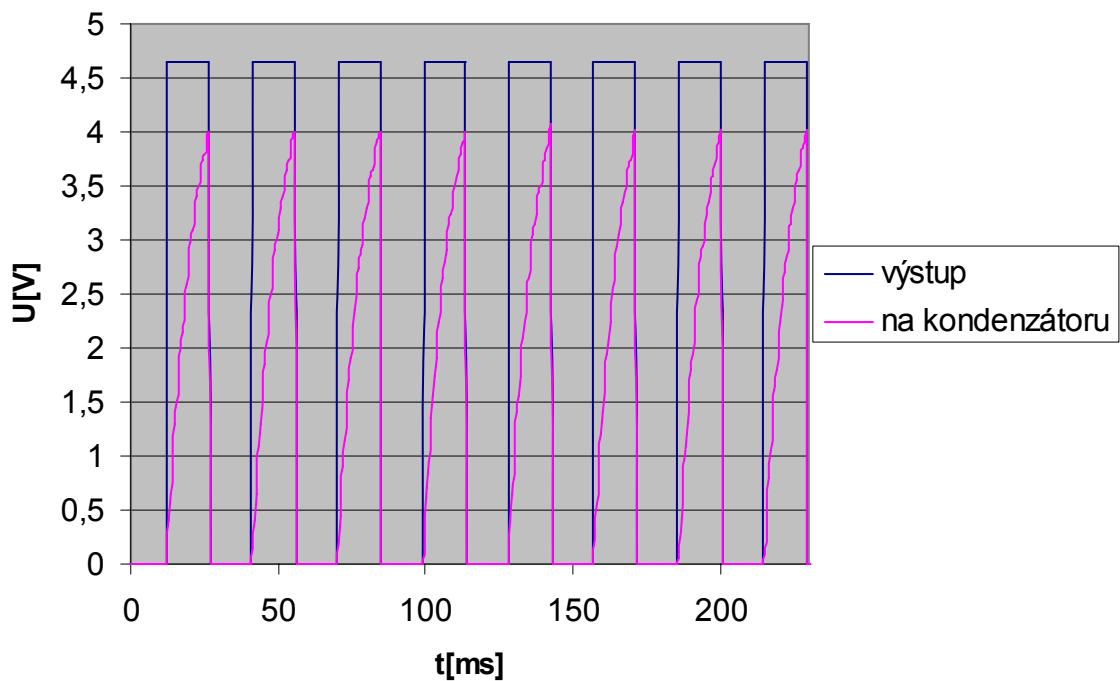
$$t_{\text{high}} = 183,3\mu s; t_{\text{low}} = 150\mu s$$

$$R_A = 2,222k\Omega; R_B = 10k\Omega; C = 21,64nF$$

Zobrazení výsledků - grafy závislosti napětí na čase:

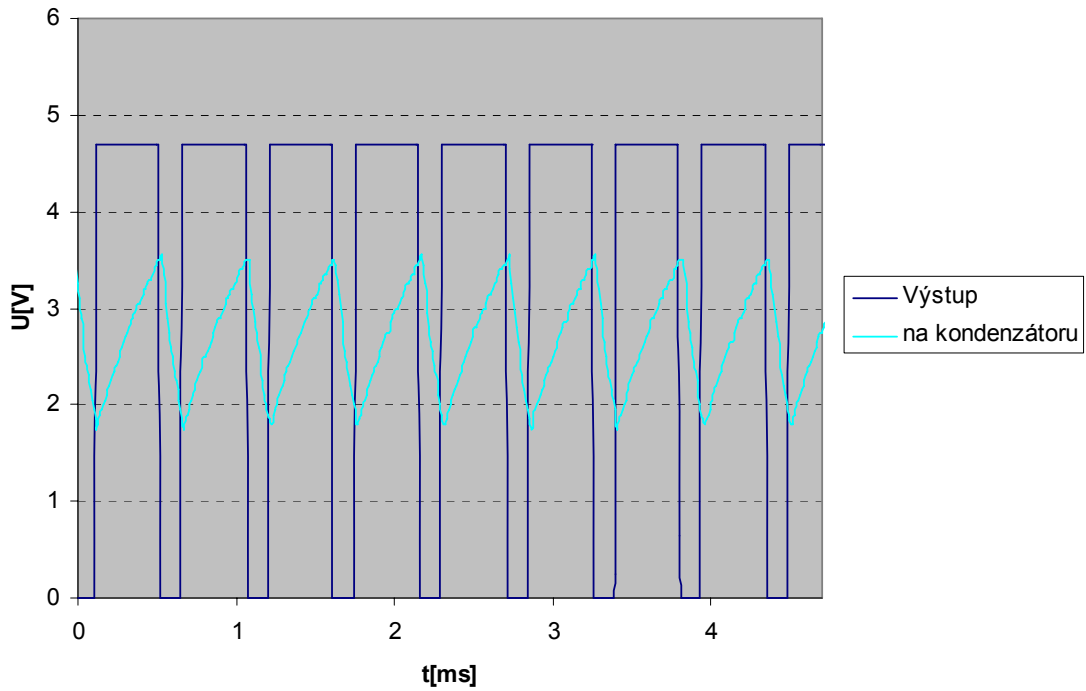
Monostabilní KO:

Graf 1 závislost napětí na výstupu a na kondenzátoru na čase pro $C=410nF$; $R=230K\Omega$



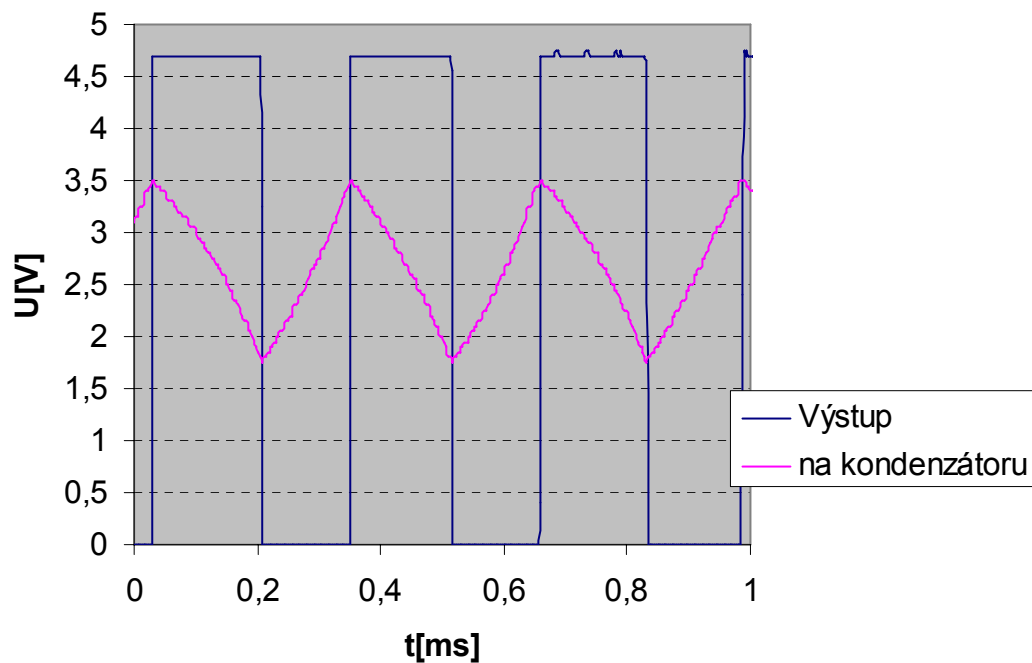
Graf 2 závislost napětí na výstupu a na kondenzátoru na čase pro $C=90nF$; $R=110K\Omega$

Astabilní KO:



Graf 3 závislost napětí na výstupu a na kondenzátoru na čase pro

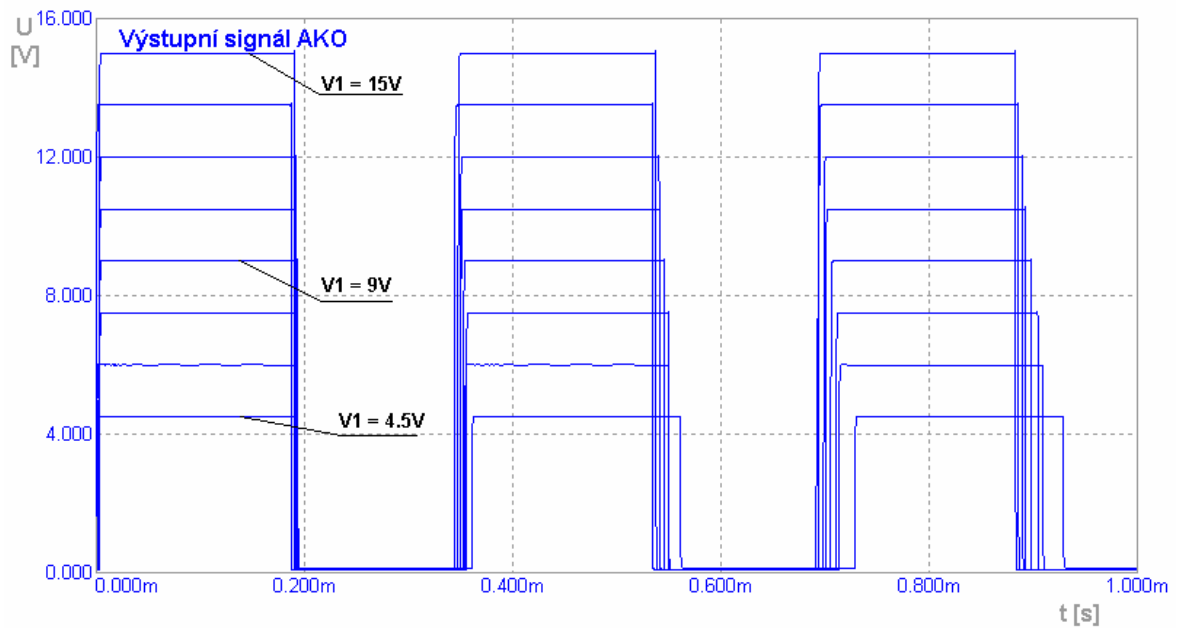
$$C=40\text{nF}; R_1=10\text{k}\Omega; R_2=5\text{k}\Omega$$



Graf 4

závislost napětí na výstupu a na kondenzátoru na čase pro $R_1 = 2,222\text{k}\Omega$; $R_2 = 10\text{k}\Omega$;

$$C=21,64\text{nF}$$



Graf 5 závislost výstupního signálu na velikosti napájecího napětí

Závěr:

V laboratorní úloze jsem ověřil a navrhl zapojení klopných obvodů s integrovaným obvodem NE555. Z velkého rozsahu napájecího napětí, malé spotřeby a velké zatížitelnosti je vidět jeho univerzálnost.

U monostabilního klopného obvodu jsem ověřil funkčnost vztahu pro výpočet délky pulzu na výstupu. U tohoto obvodu je pro názornost lepší přivést na vstup signál o menší frekvenci.

U astabilního obvodu jsem ověřil funkci zapojení i uvedených vztahu, které jsem ověřil jak analýzou s náhodnými hodnotami součástek a vypočítáním chování výstupu, tak i syntézou ze znalosti průběhu výstupního napětí jsem dopočítal velikosti odporů a kapacity. Z následujícího měření závislosti výstupního signálu na velikosti napájecího napětí vyplývá, že s rostoucím napětím se zvyšuje amplituda signálu. Také dochází ke zvyšování frekvence. To je dáno tím, že kondenzátor určující frekvenci se vyšším napětím nabíjí rychleji.

2.2 Úloha č.2 – návrh a ověření funkce praktických obvodů sestavených pomocí NE555

Úkol měření:

Časový spínač

- Seznamte se s principem monostabilního klopného obvodu.
- Navrhněte a sestavte schodišťový automat realizovaný pomocí NE555
- Nastavte automat tak, aby po stisknutí světlo svítilo 5s
- Nastavte automat tak, aby po stisknutí světlo svítilo 50s

Dětské varhany

- Seznamte se s principem astabilního klopného obvodu.
- Sestavte astabilní klopný obvod realizovaný pomocí NE555 kde $C_x=47\mu F$, $C=100\mu F$, $R_2=10k\Omega$ a R_1 =dekáda
- Sestavte astabilní klopný obvod realizovaný pomocí NE555 kde $C_x=40nF$, $C=100\mu F$, $R_2=500\Omega$ a R_1 =dekáda a zjistěte závislost velikosti výstupní frekvence na velikosti odporu na dekádě od 20Hz do 20kHz.
- Naměřené hodnoty dejte do grafu a porovnejte s teoretickými.

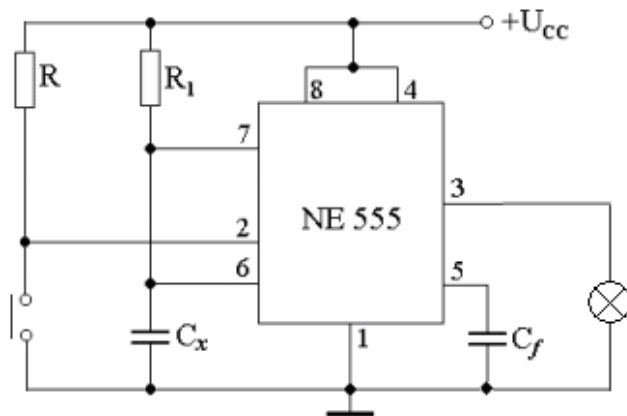
Generátor frekvence řízený světlem

- Seznamte se s principem astabilního klopného obvodu.
- Navrhněte a sestavte generátor frekvence řízený světlem realizovaný pomocí NE555

Seznam použitých přístrojů a součástek:

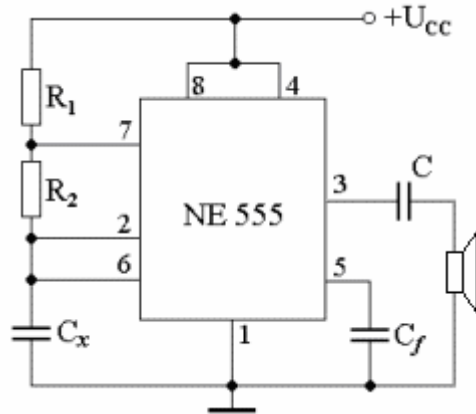
- Stavebnice DOMINOPUTER
- Zdroj 5V ss. a maximální zatížitelností 3A
- Obvod NE555
- Generátor obdélníkového signálu
- Počítač s programovým vybavením RC2000
- Rezistor se značkou R
- Kondensátor se značkou C

Schémata zapojení:

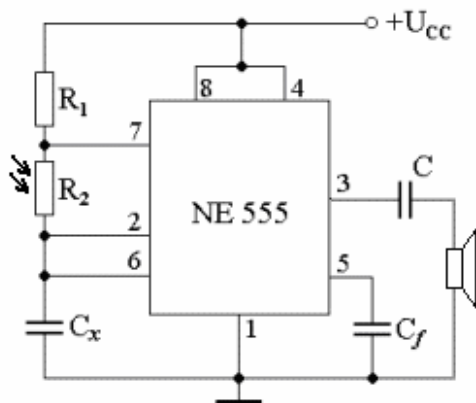


Obr. 26 Schéma zapojení schodišťového automatu

$$C_x = 47\mu F, C_f = 40nF, R = 47k\Omega$$



Obr. 27 Schéma zapojení dětských varhan



Obr. 28 Schéma zapojení bistabilního klopného obvodu (BKO)

$$R_1 = 22k\Omega, R_2 = \text{foto}; C_x = 10\mu F$$

Stručná charakteristika

Časovač 555 je snad nevíce využívaným obvodem v elektrotechnice vůbec. Jedná se o univerzální obvod, jehož různým zapojením můžeme dostat různé druhy časovacích obvodů (např. monostabilní, bistabilní nebo astabilní). Skládá se z napěťového děliče, dvou komparátorů, klopného obvodu RS, výkonového koncového stupně a vybíjecího tranzistoru.

Schodišťové časové spínače patří mezi jednoduché časové spínače a slouží k automatickému vypínání osvětlení chodeb a schodů (ale i jiných krátkodobě osvětlovaných prostor jako např. garáží, WC a pod.) po jisté době od zapnutí. Dosud byly takovéto spínače realizovány elektromechanicky nebo elektropneumaticky, nyní je možno je jednodušeji postavit elektronicky.

Časové spínače s časovačem 555 pracují v podstatě vždy v základním zapojení monostabilního multivibrátoru. Po spuštění přecházejí na jistou dobu do druhého „opačného“ stabilního stavu, který je však časově omezen. Po uplynutí předem určeného času se vracejí opět do původního klidového stavu.

Monostabilní multivibrátory (univibrátory) vytvářejí po spuštění spouštěcím impulzem výstupní impuls s definovanou šířkou (dobou). Spouštěcí impuls je na vstupuje vždy kratší než výstupní impuls a monostabilní multivibrátory jsou proto používány pro prodloužení nebo pro obnovení impulsů. Délka impulsu je dána členem určujícím čas (zpravidla RQ). Monostabilní multivibrátor mění po jisté době (za jistý přednastavený čas) stav svého výstupu. Proto je také nazýván časovač (timer) a právě pro tuto funkci byl vyvinut. Vzhledem k preciznímu dodržení nastaveného času se využívá v zapojeních jako přesný časový spínač pro vytváření definovaných časových úseků. Časový spínač není nic jiného než monostabilní multivibrátor, který po startu (= spouštěcí impuls) zapne připojený spotřebič a po jisté době (délka výstupního impulsu) jej opět vypne (nebo obráceně, pokud je to tak žádáno).

$$T = 1,1 \cdot R_1 \cdot C_x \quad (0.13)$$

Tónové generátory s časovačem 555 jsou vlastně astabilní multivibrátory s akustickým výstupem. Jejich frekvence je ve slyšitelném pásmu, což je dáno hodnotami čas určujícího kondenzátoru a odporů.

Tónové generátory lze rozdělit na generátory jednotónové a vícetónové. Oba druhy mohou být řízeny nebo spínány. Vícetónové generátory lze přepínat tak, že se vhodným ovládním získá melodie. Vícetónové generátory mohou být též průběžně přeladitelné, tedy pracují s trvale se měnícím tónem. Takové generátory se pak nazývají modulované tónové generátory. Modulace výšky tónu je u časovače 555 obzvláště jednoduchá.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1,44}{(R_1 + 2 \cdot R_2) \cdot C_X} = \frac{1}{(t_{\text{high}} + t_{\text{low}})} \quad (0.14)$$

Pro několik účelů lze využít tónový generátor, jehož frekvence je řízen světlem. Jedním z možných použití je zvuková signalizace blesků, jiným je např. hlídací zařízení. Nejzajímavější je využití přístroje ve funkci jednoduchého radaru pro nevidomé. V kombinaci se světelným zdrojem lze (po určitém zacvičení) identifikovat velikost i vzdálenost předmětů ve tmě, a radar tak těmto osobám umožní orientaci a bezpečný pohyb. Přitom je zapojení značně jednoduché. Časovač obvod typu NE 555 pracuje jako astabilní multivibrátor, na který je přes transformátor vázán reproduktor nebo sluchátka.

Připojíme-li výstupní impulsy ze snímače k čítači a využijeme-li pouze část pracovní oblasti fotorezistoru, kde závislost jeho odporu na osvětlení je lineární, vytvoříme integrátor vhodný např. k určování expozice.

Postup měření

Po seznámení se s principy funkce klopných obvodů a po prostudování problematiky časových spínačů jsem pomocí dané hodnoty $C_x = 47 \mu\text{F}$ spočetl ze vzorce pro monostabilní klopný obvod hodnoty odporu R_1 pro čas 5s a pro čas 50s, které vyšly $1\text{M}\Omega$ pro čas 50s a $100\text{k}\Omega$ pro čas 5s. Po navržení obvodu jsem ho sestavil podle obrázku 1 a vyzkoušel jeho funkci pro oba časy.

Poté jsem podle obrázku 2 sestavil astabilní klopný obvod, který má na výstupu kondenzátor o velikosti $100 \mu\text{F}$ a reproduktor a hodnoty jsem nejprve zvolil $C_x = 47 \mu\text{F}$, $C = 100 \mu\text{F}$, $R_2 = 10\text{k}\Omega$. Přepínání velikosti na dekádě R_1 měnilo frekvenci na výstupu a tím i

zvuk který reproduktor vydával. V dalším kroku jsem odpojil kondenzátor C na výstupu společně s reproduktorem a mezi konektor 3 a zem jsem připojil čítač a začal jsem měřit závislost frekvence na výstupu a velikosti odporu R_1 . Na dekádě jsem si nastavil odpor $2k\Omega$ a odečetl jsem frekvenci z čítače a postupně jsem odpor zvětšoval. Zpočátku jsem musel zvětšovat po $1k\Omega$, protože malá změna odporu vyvolala velkou změnu frekvence. Tak jsem měřil až do frekvence $20kHz$ a sestrojil graf z naměřených hodnot a ten jsem doplnil i daty vypočtenými pro porovnání.

Jednoduchou obměnou odporu R_2 za fotoodpor citlivý na viditelné světlo máme zapojen generátor frekvence řízený světlem.

Výpočty pro určení velikostí odporů a kapacity pro:

- časový spínač:

$$T = 1,1 \cdot R_1 \cdot C_X$$

s náhodně zvolené T:

$$1, T=5s$$

$$C=47\mu F \quad R=100K\Omega$$

$$2, T=50s$$

$$C=47\mu F \quad R=1M\Omega$$

- dětské varhany:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1,44}{(R_1 + 2 \cdot R_2) \cdot C_X} = \frac{1}{(t_{\text{high}} + t_{\text{low}})}$$

Tabulka 1 Naměřené hodnoty kde $C_x=40\text{nF}$, $C=100\mu\text{F}$, $R_2=500\Omega$ a $R_1=\text{dekáda}$:

R1[kΩ]	F[kHz]	R1[kΩ]	f[kHz]
2	23,33	30	2,285
3	17,56	40	1,729
4	14,08	50	1,389
5	11,7	75	0,932
6	10,08	100	0,704
7	8,8	110	0,64
8	7,85	120	0,586
9	7,07	130	0,542
10	6,4	150	0,472
11	5,9	200	0,353
12	5,45	250	0,284
13	5,062	300	0,237
14	4,72	400	0,179
15	4,43	500	0,141
16	4,171	600	0,12
17	3,9	700	0,102
18	3,7	800	0,09
19	3,5	900	0,08
20	3,37	999	0,07
25	2,27		

Tabulka 2 Vypočtené hodnoty kde $C_x=40\text{nF}$, $C=100\mu\text{F}$, $R_2=500\Omega$ a $R_1=\text{dekáda}$:

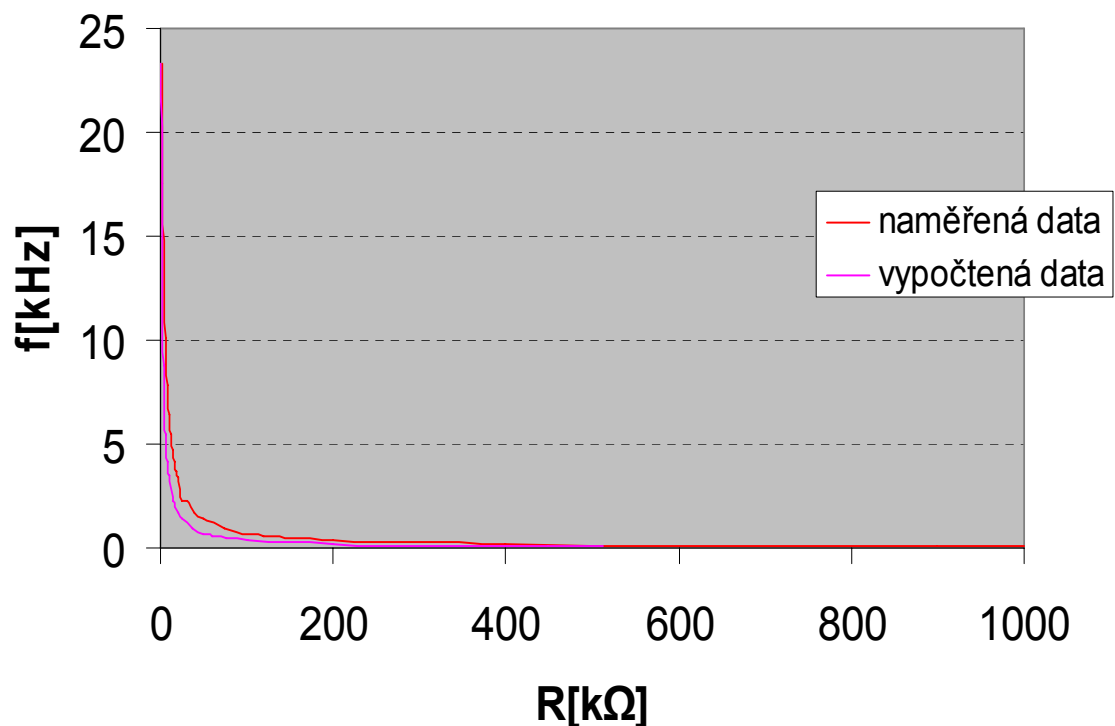
R1[kΩ]	F[kHz]	R1[kΩ]	f[kHz]
0,54	23,33	14,75	2,285
1,05	17,56	19,82	1,729
1,56	14,08	24,92	1,389
2,08	11,7	37,63	0,932
2,57	10,08	50,14	0,704
3,09	8,8	55,25	0,64
3,59	7,85	60,43	0,586
4,09	7,07	65,42	0,542
4,63	6,4	75,27	0,472
5,10	5,9	100,98	0,353
5,61	5,45	125,76	0,284
6,11	5,062	150,90	0,237
6,63	4,72	200,12	0,179
7,13	4,43	254,32	0,141
7,63	4,171	299,00	0,12
8,23	3,9	351,94	0,102
8,73	3,7	399,00	0,09
9,29	3,5	449,00	0,08
9,68	3,37	513,29	0,07
14,86	2,27		

Příklad výpočtu R_1 pro $f=90\text{Hz}$:

$$f = \frac{1,44}{(R_1 + 2 \cdot R_2) \cdot C_x} \Rightarrow \frac{1,44 - 2 \cdot R_B \cdot f \cdot C}{C \cdot f} = R_1$$

$$R_1 = \frac{1,44 - 2 \cdot 500 \cdot 90 \cdot 40 \cdot 10^{-9}}{40 \cdot 10^{-9} \cdot 90} = 399 \text{ k}\Omega$$

Zobrazení výsledků – Graf závislosti výstupní frekvence na odporu R_1 :



Závěr:

V laboratorní úloze jsem ověřil a navrhl zapojení klopných obvodů s integrovaným obvodem NE555.

Při měření časového spínače jsem si ověřil jeho funkci a také nastavení délky časového úseku po kterém se má na výstupu 555 objevit nula. Čas vypočtený podle vzorce se lišil a tato odchylka je dána špatnou synchronizací spuštění obvodu a stopek a z velké míry nepřesností součástek.

Dále jsem sestrojil a ověřil funkci varhan a u nich jsem i proměřil závislost frekvence na velikosti odporu od 70Hz do 23 KHz, kterou jsem znázornil spolu s teoretickými hodnotami vypočtenými ze vzorce pro monostabilní multivibrátor do grafu. Z grafu je vidět, že obě závislosti jsou si podobné, ale po nahlédnutí do tabulek s hodnotami je vidět, že při frekvenci 23KHz je velikost vypočteného odporu 4x menší než naměřeného, ale už při frekvenci 70 Hz je tento rozdíl ani ne dvojnásobný. Tento rozdíl může být zapříčiněn velikostí kondenzátoru, protože jeho velikost má na frekvenci značný vliv a nebo necitlivostí čítače z důvodu, že na výstupu 555 byly jen pulzy v velmi malé šířce. Astabilní KO byl takto nastaven, aby byl frekvenční rozsah dostatečně široký. Při ponechání reproduktoru na výstupu při měření charakteristiky se dá změřit i frekvenční rozsah, který slyšíme, ale z důvodu málo kvalitního zdroje spíše rozsah reproduktoru.

Při sestavení generátoru frekvence řízeného světlem jsem si ověřil funkci a zjistil jsem, že při nízkém osvětlení fotoodporu odpor stoupá a frekvence na výstupu se snižuje a naopak při osvětlení se jeho odpor se sníží a frekvence naroste.

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce je psána z pohledu studenta a byla vytvořena za účelem návrhu laboratorních úloh s využitím integrovaného obvodu NE555. Tyto úlohy byly konstruovány tak, aby byly realizovatelné při základních znalostech elektrotechniky. Jejich realizace je snadná, protože jednotlivé zapojení se sestavují na stavebnici DOMINOPUTER, která je navíc připojena přes sériový port do počítače a napojena na program RC 2000, pomocí kterého se provádí monitorování průběhů napětí – ve funkci osciloskop a nebo i generování předem vytvořených signálů ve funkci generátor. Realizace pomocí této stavebnice sebou nese řadu výhod, mezi které patří široký sortiment připojitelných zařízení (krabiček) a velice přesné dekády, jak odporové tak i kapacitní, sérioparalelní obvod a modul pro již zmíněné připojení stavebnice k počítači.

Laboratorní úloha číslo jedna je zaměřena na návrh a sestavení klopných obvodů sestavených pomocí integrovaného obvodu 555. Předpoklad této úlohy je, že se student nejprve seznámí s funkcí sestavovaných klopných obvodů a poté se tyto obvody pokusí zrealizovat.

První z těchto obvodů je monostabilní klopný obvod a studentem by měl být sestavován s vědomím, že má jeden stabilní stav, v němž může setrvat libovolně dlouho. Spouštěcím impulsem ho lze vychýlit do kvazistabilního stavu, v němž setrvá po určitou dobu a poté se vrátí zpět do stabilního stavu. Tato funkce by měla být ověřena na jednoduchých zapojeních při dvou délkách času, ve kterých se obvod nachází v kvazistabilním stavu. V této úloze studenti poprvé pracují s programem RC 2000 spuštěným jako dvoukanálový osciloskop na jehož první kanál se přivádí výstup KO a na druhý kanál průběhy napětí na kondenzátoru. Protože je na vývod 2 přiváděn obdélníkový signál o určité frekvenci, je potřeba, aby na vstupu byla frekvence menší z důvodu aby funkce byla viditelná z průběhů.

Druhý obvod je astabilní klopný obvod, který by měl studenty sestavován s vědomím, že tento klopný obvod nemá žádnou klidovou polohu, neustále kmitá a že je to generátor obdélníkových průběhů. Po sestavení astabilního klopného obvodu s náhodně zvolenými velikostmi součástek, by měli studenti začít s návrhem AKO se zadaným výstupním signálem. Ze znalosti z elektrotechniky, co je to střída, by se pomocí daných vzorců měli dopracovat k hodnotám součástek a tento obvod sestrojil, průběhy na výstupu i na kondenzátoru tohoto, tak i předchozího nastavení KO zobrazil. Součástí této úlohy je i

měření závislost výstupního signálu na velikosti napájecího napětí, z jehož výsledku je viditelné že při zvětšujícím se napětím se frekvence na výstupu AKO zvětšuje. Zde by si studenti měli všimnout vlastnosti kondenzátoru a to, že se vyšším napětím rychleji nabíjí.

Třetí obvod je bistabilní klopný obvod. Po jeho nastudování a před jeho realizací by studenti měli vědět, že tento obvod má dvě klidové polohy. V každé z nich může setrvat libovolně dlouhou dobu a vnějším impulsem lze klopný obvod překlopit z jedné stabilní polohy do druhé. Realizace obvodu je velice jednoduchá a jeho funkce je názorná s připojenou světelnou diodou nebo žárovkou na výstup KO.

Laboratorní úloha číslo dvě je zaměřena spíše na využití klopných obvodů a před její realizací by student měl mít vypracovanou úlohu číslo jedna z důvodu pochopení funkce. Předpoklad této úlohy je tedy že se student nejprve seznámí s funkcí klopných obvodů, poté s funkcí sestavovaných odvodů a tyto obvody pokusí zrealizovat.

První obvod této úlohy je realizace časového spínače pomocí obvodu 555 a zde by měl student nejprve pochopit funkci monostabilního klopného obvodu a poté s funkcí časového spínače který je v tomto zapojení jako schodišťový automat a jeho funkci. To je, že po stisknutí tlačítka by se mělo na výstupu KO objevit napětí odpovídající velikostí napájecímu napětí 555 a toto napětí by mělo zůstat na výstupu dobu přesně danou velikostí odporu a kapacity RC členu. Studenti tento obvod nastavují a měří pro dva různé časy dle vzorce a ověřují funkci stopkami.

Druhý a třetí obvod pracují jako astabilní klopný obvod, čili i zde by studenti měli znát funkci astabilního klopného obvodu a poté pochopit funkci obvodů.

První z nich je obvod dětských varhan pro dvě velikosti součástí. První velikost je na odzkoušení funkce varhan a druhá velikost je na proměření závislosti velikosti výstupní frekvence na velikosti odporu na dekádě od 20Hz do 20kHz, kterou studenti navíc v grafu porovnávají s ideálními hodnotami vypočtenými ze vzorce pro astabilní KO. Při tomto měření se studenti navíc seznámí s novým přístrojem – čítačem.

Druhý z nich je obvod generátoru frekvence řízený světlem. Při tomto měření studenti využijí znalosti z elektroniky o fotoodporu a to jeho základní vlastnost. Při zvyšujícím se osvětlení odpor klesá a této vlastnosti je v tomto zapojení využito.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ŠIMEK, J.: Elektronické systémy I, II. Praha, ČVUT, 2001.
- [2] NEUMANN, K.: Elektronické obvody a funkční bloky. Praha, ČVUT, 1999.
- [3] LÁNÍČEK, R.: Elektronika. Praha, BEN, 1997.
- [4] KLAUS, T: Příručka pro elektrotechnika. Europa - Sobotáles, 2005.
- [5] HÁJEK, J.: Časovač 555 - praktická zapojení. Praha, BEN, 2004.
- [6] HÁJEK, J.: 2x časovač 555 - praktická zapojení. Praha, BEN, 2005.
- [7] HÁJEK, J.: 3x časovač 555 - praktická zapojení. Praha, BEN, 2005.
- [8] Šulcová, H. :Radio-elektronická příručka I, PRÁCE, 1972
- [9] katalog EZK Rožnov pod Radhoštěm, 2005.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

- PNP** (**Positive – Negative - Positive**). Typ polovodičového přechodu bipolárního tranzistoru.
- NPN** (**Negative – Positive - Negative**). Typ polovodičového přechodu bipolárního tranzistoru.
- TTL** (**Transistor Transistor Logic**). Tranzistor – tranzistorová logika.
- KO** Klopný obvod

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Blokové zapojení 555.	9
Obr. 2 Podrobné vnitřní zapojení časovače 555.....	13
Obr. 3 představa časovače pro použití v zapojeních a rozdělení jeho přívodů.	14
Obr. 4 a) MKO pomocí tranzistorů.....	17
Obr. 5 a) AKO pomocí tranzistorů.....	18
Obr. 6 a) BKO pomocí tranzistorů.....	19
Obr. 7 AKO s OZ.....	20
Obr. 8 AKO s logickými členy NAND.....	20
Obr. 9 časovač 555 jako monostabilní multivibrátor.	21
Obr. 10 Průběhy napětí v důležitých bodech monostabilního multivibrátoru.	22
Obr. 11 Průběhy napětí na vstupu a výstupu monostabilního multivibrátoru.....	22
Obr. 12 Průběhy napětí v důležitých bodech rozšířeného monostabilního multivibrátoru s nulováním	25
Obr. 13 Zjednodušené průběhy napětí - vliv nulovacího vstupu:	26
Obr. 14 Přejít z monostabilního na astabilní multivibrátor zapojením spouštěcího vstupu (vývod 2) na čas určující kondenzátor C.	27
Obr. 15 Průběhy napětí k Obr. 14: na výstupu vznikají jehlové impulzy.....	28
Obr. 16 Časovač 555 jako astabilní multivibrátor.	29
Obr. 17 Průběhy napětí astabilního multivibrátoru.....	31
Obr. 18 Astabilní multivibrátor s časovačem 555 rozložen na jednotlivé části pro názornější vysvětlení funkce.....	31
Obr. 19 Astabilní multivibrátor s vyvedeným pomocným vstupem pro ovlivňování výstupních impulzů přiloženým řídicím napětím.	33
Obr. 20 Varianta astabilního multivibrátoru.	34
Obr. 21 Časovač 555 jako bistabilní multivibrátor – nesouměrné spouštění.....	35
Obr. 22 Časovač 555 jako bistabilní multivibrátor – souměrné spouštění.....	36
Obr. 23 Schéma zapojení monostabilního klopného obvodu (MKO).....	38
Obr. 24 Schéma zapojení astabilního klopného obvodu (AKO).....	38
Obr. 25 Schéma zapojení bistabilního klopného obvodu (BKO)	38
Obr. 26 Schéma zapojení schodišťového automatu	46
Obr. 27 Schéma zapojení dětských varhan	46
Obr. 28 Schéma zapojení bistabilního klopného obvodu (BKO)	46

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Naměřené hodnoty kde $C_x=40\text{nF}$, $C=100\mu\text{F}$, $R_2=500\Omega$ a $R_1=\text{dekáda}$:	50
Tabulka 2 Vypočtené hodnoty kde $C_x=40\text{nF}$, $C=100\mu\text{F}$, $R_2=500\Omega$ a $R_1=\text{dekáda}$:	50
Tabulka 3 Elektrická data časovače 555	60

SEZNAM PŘÍLOH

P I: technická data

P II: vzorový protokol č.1

P III: vzorový protokol č.2

PŘÍLOHA P I: TECHNICKÁ DATA

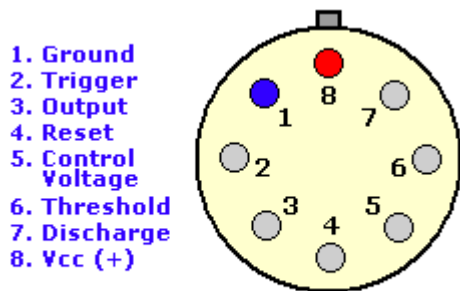


fig. 1. 8-pin T package

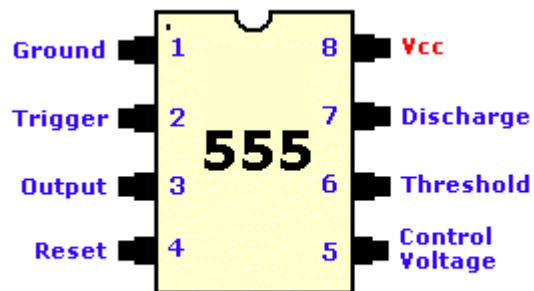
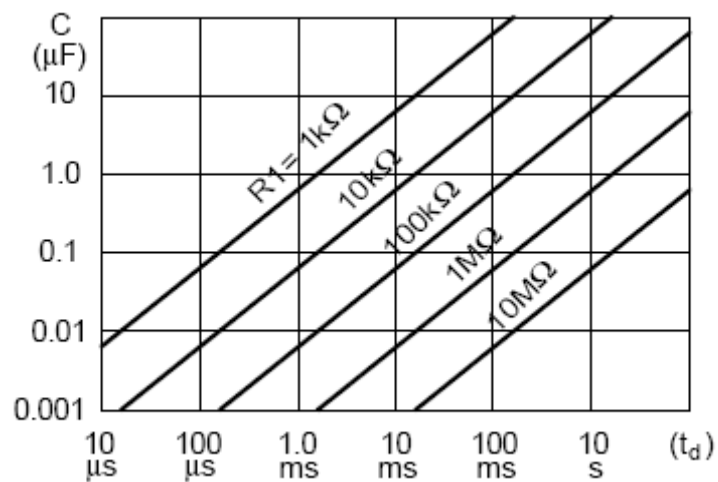


fig. 2. 8-pin V package

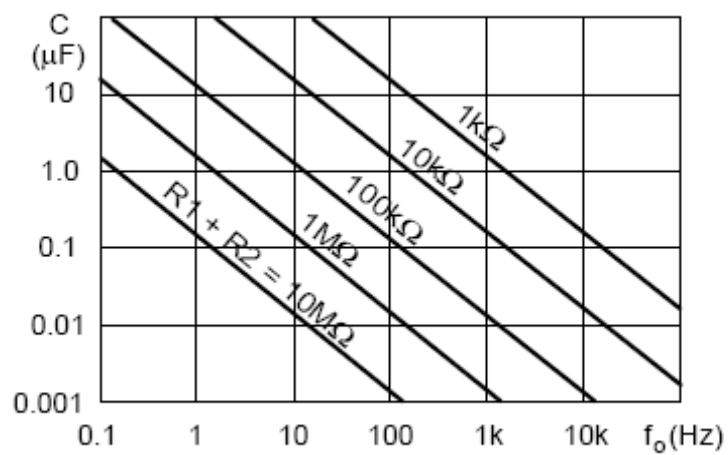
Obr. 29 Zapojení vývodů časovače 555

Tabulka 3 Elektrická data časovače 555

parametr	označení	jednotka	hodnota
odběr proudu obvodu 555 bez zátěže	I_{CC}	[mA]	3 - 15
vstupní proud nulování	I_6	[μ A]	< 0,25
vstupní proud nastavení	I_2	[μ A]	0,5
rozsah kmitočtů	f	[Hz]	0,001 - 10^6
napájecí napětí	U_{CC}	[V]	4,5 - 16
maximální výstupní proud	I_3	[mA]	200
nastavovací napětí	U_2	[V]	$1/3 \cdot U_{CC}$
nulovací napětí	U_6	[V]	$2/3 \cdot U_{CC}$
opakovací přesnost	p	[%]	1
koeficient závislosti na napájecím napětí	K	[% / V]	0,1



Obr. 30 Nomogram pro dobu zpoždění T u monostabilní funkce v závislosti R a C



Obr. 31 Nomogram výstupního kmitočtu f u stabilní funkce v závislosti na R_A, R_B a C (přitom $R = R_A + 2R_B$).

PŘÍLOHA P II: VZOROVÝ PROTOKOL Č.1

Návrh a ověření funkce klopných obvodů sestavených pomocí NE555

Úkol měření:

Monostabilní KO

- Seznamte se s principem monostabilního klopného obvodu.
- Navrhněte a sestavte monostabilní klopný obvod realizovaný pomocí NE555
- Zaznamenejte pomocí RC2000 průběhy napětí na výstupu a na kondenzátoru pro dvě různé hodnoty kapacity a odporu.

Astabilní KO

- Seznamte se s principem astabilního klopného obvodu.
- Navrhněte a sestavte astabilní klopný obvod realizovaný pomocí NE555
- Nastavte parametry obvodu tak, aby generoval pulsy o frekvenci 3kHz se střídou 55% ve prospěch logické jedničky. Ověřte funkčnost vzorců, které se v této souvislosti používají.
- Zaznamenejte pomocí RC2000 průběhy napětí na výstupu a na kondenzátoru pro dvě různé hodnoty kapacity a odporů.
- Zjistěte závislost výstupního signálu na velikosti napájecího napětí. Toto napětí měňte od 4,5V do 15V s krokem 1,5V.

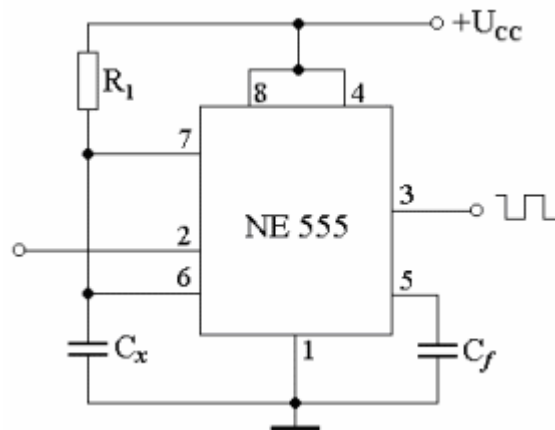
Bistabilní KO

- Seznamte se s principem bistabilního klopného obvodu.
- Navrhněte a sestavte bistabilní klopný obvod realizovaný pomocí NE555

Seznam použitých přístrojů a součástek:

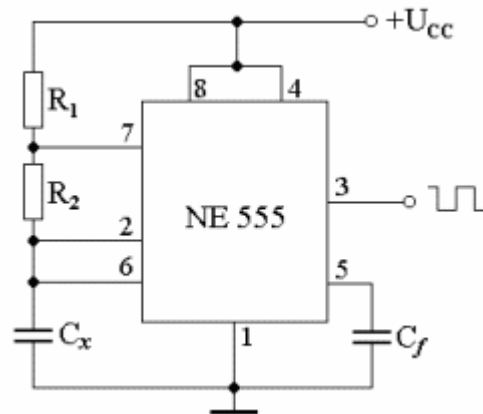
- Stavebnice DOMINOPUTER
- Zdroj 5V ss. a maximální zatížitelností 3A
- Obvod NE555
- Generátor obdélníkového signálu
- Počítač s programovým vybavením RC2000
- Rezistor se značkou R
- Kondensátor se značkou C

Schémata zapojení:

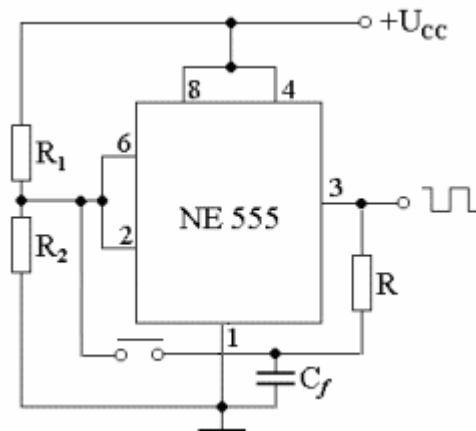


Obr. 1 Schéma zapojení monostabilního klopného obvodu (MKO)

$$C_f = 0.01 \mu F$$



Obr. 2 Schéma zapojení astabilního klopného obvodu (AKO)



Obr. 3 Schéma zapojení bistabilního klopného obvodu (BKO)

$$R_1 = R_2 = 1 k\Omega; R = 10 k\Omega; C = 22 \mu F$$

Stručná charakteristika

Časovač 555 je snad nevíce využívaným obvodem v elektrotechnice vůbec. Jedná se o univerzální obvod, jehož různým zapojením můžeme dostat různé druhy časovacích obvodů (např. monostabilní, bistabilní nebo astabilní). Skládá se z napětového děliče, dvou komparátorů, klopného obvodu RS, výkonového koncového stupně a vybíjecího tranzistoru.

Monostabilní multivibrátory (univibrátory) vytvářejí po spuštění spouštěcím impulzem výstupní impuls s definovanou šířkou (dobou). Spouštěcí impuls je na vstupuje vždy kratší než výstupní impuls a monostabilní multivibrátory jsou proto používány pro prodloužení nebo pro obnovení impulsů. Délka impulsu je dána členem určujícím čas (zpravidla RQ. Monostabilní multivibrátor mění po jisté době (za jistý přednastavený čas) stav svého výstupu. Proto je také nazýván časovač (timer) a právě pro tuto funkci byl vyvinut. Vzhledem k preciznímu dodržení nastaveného času se využívá v zapojeních jako přesný časový spínač pro vytváření definovaných časových úseků. Časový spínač není nic jiného než monostabilní multivibrátor, který po startu (= spouštěcí impuls) zapne připojený spotřebič a po jisté době (délka výstupního impulsu) jej opět vypne (nebo obráceně, pokud je to tak žádáno).

$$T = 1,1 \cdot R_1 \cdot C_X \quad (0.15)$$

Astabilní multivibrátory jsou impulsní generátory, které pracují astabilně a nepřetržitě vyrábějí impulzy. Astabilní znamená, že žádný z obou výstupních stavů není stabilní a na výstupu se bez vnějšího ovlivňování oba stavy střídají (na rozdíl od monostabilního multivibrátoru, který má jeden stabilní stav a po spuštění jej jen na jistou dobu opustí). Astabilní multivibrátory jsou používány jako impulsní generátory, tónové generátory, blikače a pod., přičemž je často použito možností ovlivňování řízení výstupního sledu impulsů pomocnými vstupy.

$$t_{high} = 0,693 \cdot (R_1 + R_2) \cdot C_X \quad (0.16)$$

$$t_{low} = 0,693 \cdot R_2 \cdot C_X \quad (0.17)$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1,44}{(R_1 + 2 \cdot R_2) \cdot C_X} = \frac{1}{(t_{\text{high}} + t_{\text{low}})} \quad (0.18)$$

$$duty = t_{\text{high}} \cdot \frac{100}{(t_{\text{high}} + t_{\text{low}})} \quad (0.19)$$

Bistabilní multivibrátory představují zapojení se dvěma stabilními stavy, které přecházejí teprve po vstupním impulzu z jednoho do druhého stavu, ve kterém zůstávají tak dlouho, dokud nepřijde další impulz. Jinými slovy, udržují (zaznamenávají, pamatují si) informaci. Dokonce i časovač 555 obsahuje takový bistabilní multivibrátor, který se nachází za oběma komparátory jako paměťový klopný obvod - viz blokové zapojení (dvoustavová funkce je v angličtině vyjádřena velmi typicky: Flip-Flop - buď tak nebo jinak - z toho také často užívané označení FF). S Časovačem 555 zapojeným jako bistabilní multivibrátor jsou realizovány zapínací a vypínací obvody, dotykové spínače a pod.

PŘÍLOHA P III: VZOROVÝ PROTOKOL Č.2

Návrh a ověření funkce praktických obvodů sestavených pomocí NE555

Úkol měření:

Časový spínač

- Seznamte se s principem monostabilního klopného obvodu.
- Navrhněte a sestavte schodišťový automat realizovaný pomocí NE555
- Nastavte automat tak, aby po stisknutí světlo svítilo 5s
- Nastavte automat tak, aby po stisknutí světlo svítilo 50s

Dětské varhany

- Seznamte se s principem astabilního klopného obvodu.
- Sestavte astabilní klopný obvod realizovaný pomocí NE555 kde $C_x=47\mu F$, $C=100\mu F$, $R_2=10k\Omega$ a R_1 =dekáda
- Sestavte astabilní klopný obvod realizovaný pomocí NE555 kde $C_x=40nF$, $C=100\mu F$, $R_2=500\Omega$ a R_1 =dekáda a zjistěte závislost velikosti výstupní frekvence na velikosti odporu na dekádě od 20Hz do 20kHz.
- Naměřené hodnoty dejte do grafu a porovnejte s teoretickými.

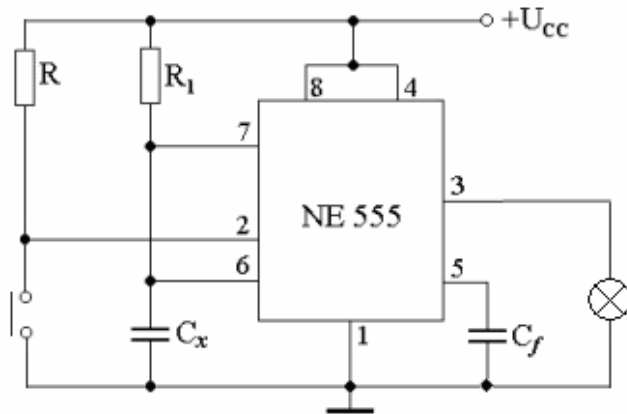
Generátor frekvence řízený světlem

- Seznamte se s principem astabilního klopného obvodu.
- Navrhněte a sestavte generátor frekvence řízený světlem realizovaný pomocí NE555

Seznam použitých přístrojů a součástek:

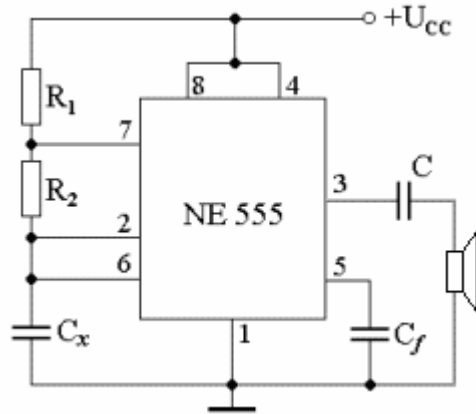
- Stavebnice DOMINOPUTER
- Zdroj 5V ss. a maximální zatížitelností 3A
- Obvod NE555
- Generátor obdélníkového signálu
- Počítač s programovým vybavením RC2000
- Rezistor se značkou R
- Kondensátor se značkou C

Schémata zapojení:

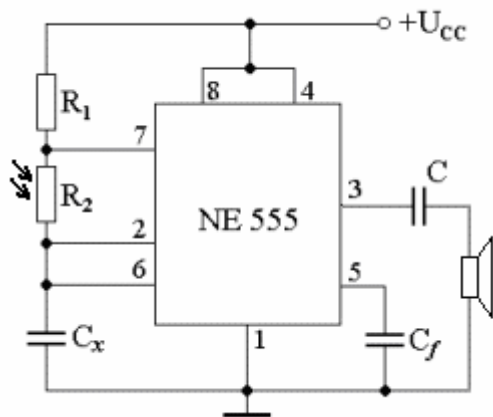


Obr. 1 Schéma zapojení schodišťového automatu

$$C_x = 47\mu F, C_f = 40nF, R = 47k\Omega$$



Obr. 2 Schéma zapojení dětských varhan



Obr. 3 - Schéma zapojení bistabilního klopného obvodu (BKO)

$$R_1 = 22k\Omega, R_2 = \text{foto}; C_x = 10\mu F$$

Stručná charakteristika

Časovač 555 je snad nevíce využívaným obvodem v elektrotechnice vůbec. Jedná se o univerzální obvod, jehož různým zapojením můžeme dostat různé druhy časovacích obvodů (např. monostabilní, bistabilní nebo astabilní). Skládá se z napěťového děliče, dvou komparátorů, klopného obvodu RS, výkonového koncového stupně a vybíjecího tranzistoru.

Schodišťové časové spínače patří mezi jednoduché časové spínače a slouží k automatickému vypínání osvětlení chodeb a schodů (ale i jiných krátkodobě osvětlovaných prostor jako např. garáží, WC a pod.) po jisté době od zapnutí. Dosud byly takovéto spínače realizovány elektromechanicky nebo elektropneumaticky, nyní je možno je jednodušeji postavit elektronicky.

Časové spínače s časovačem 555 pracují v podstatě vždy v základním zapojení monostabilního multivibrátoru. Po spuštění přecházejí na jistou dobu do druhého „opačného“ stabilního stavu, který je však časově omezen. Po uplynutí předem určeného času se vracejí opět do původního klidového stavu.

Monostabilní multivibrátory (univibrátory) vytvářejí po spuštění spouštěcím impulzem výstupní impuls s definovanou šířkou (dobou). Spouštěcí impuls je na vstupuje vždy kratší než výstupní impuls a monostabilní multivibrátory jsou proto používány pro prodloužení nebo pro obnovení impulsů. Délka impulsu je dána členem určujícím čas (zpravidla RQ). Monostabilní multivibrátor mění po jisté době (za jistý přednastavený čas) stav svého výstupu. Proto je také nazýván časovač (timer) a právě pro tuto funkci byl vyvinut. Vzhledem k preciznímu dodržení nastaveného času se využívá v zapojeních jako přesný časový spínač pro vytváření definovaných časových úseků. Časový spínač není nic jiného než monostabilní multivibrátor, který po startu (= spouštěcí impuls) zapne připojený spotřebič a po jisté době (délka výstupního impulsu) jej opět vypne (nebo obráceně, pokud je to tak žádáno).

$$T = 1,1 \cdot R_1 \cdot C_x \quad (0.20)$$

Tónové generátory s časovačem 555 jsou vlastně astabilní multivibrátory s akustickým výstupem. Jejich frekvence je ve slyšitelném pásmu, což je dáno hodnotami čas určujícího kondenzátoru a odporů.

Tónové generátory lze rozdělit na generátory jednotónové a vícetónové. Oba druhy mohou být řízeny nebo spínány. Vícetónové generátory lze přepínat tak, že se vhodným ovládním získá melodie. Vícetónové generátory mohou být též průběžně přeladitelné, tedy pracují s trvale se měnícím tónem. Takové generátory se pak nazývají modulované tónové generátory. Modulace výšky tónu je u časovače 555 obzvláště jednoduchá.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1,44}{(R_1 + 2 \cdot R_2) \cdot C_X} = \frac{1}{(t_{\text{high}} + t_{\text{low}})} \quad (0.21)$$

Pro několik účelů lze využít tónový generátor, jehož frekvence je řízen světlem. Jedním z možných použití je zvuková signalizace blesků, jiným je např. hlídací zařízení. Nejzajímavější je využití přístroje ve funkci jednoduchého radaru pro nevidomé. V kombinaci se světelným zdrojem lze (po určitém zacvičení) identifikovat velikost i vzdálenost předmětů ve tmě, a radar tak těmto osobám umožní orientaci a bezpečný pohyb. Přitom je zapojení značně jednoduché. Časovač obvodu typu NE 555 pracuje jako astabilní multivibrátor, na který je přes transformátor vázán reproduktor nebo sluchátka.

Připojíme-li výstupní impulsy ze snímače k čítači a využijeme-li pouze část pracovní oblasti fotorezistoru, kde závislost jeho odporu na osvětlení je lineární, vytvoříme integrátor vhodný např. k určování expozice.