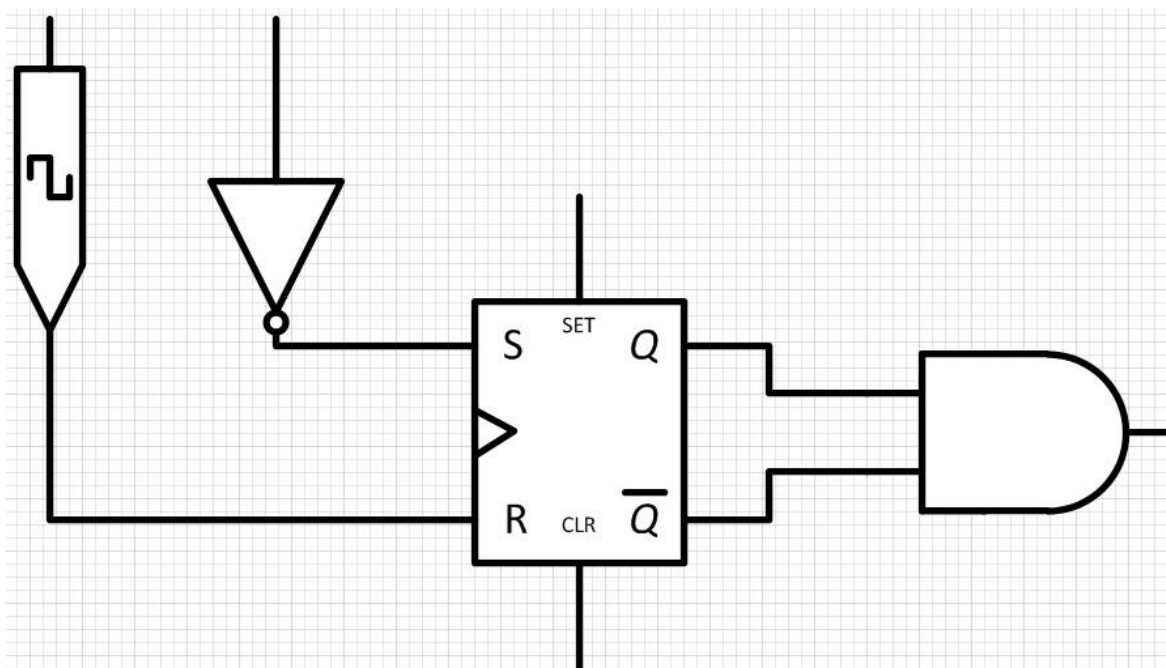


Netradiční sbírka z fyziky II

Logické obvody a jejich zapojení 2

Jakub Šafařík



Obsah

Úvod.....	1
I. Logické sekvenční obvody	3
1. Paměťový člen R-S	3
2. Bzučák s obvodem R-S.....	7
3. Zpožd'ovací obvod.....	9
4. Impulzní obvod.....	13
II. Čítač.....	15
5. Čítač dvojkové soustavy	15
6. Automatický čítač	17
7. Čítač jako dělič	19
8. Pomalý blikáč	21
9. Minutka.....	23
10. Frekvenční měnič s bzučákem.....	25
11. Houkačka	27
12. Převodník číslo-frekvence.....	29
Přílohy	33
Obvod 555	33
Dvojková soustava	34
Doporučená literatura.....	35

Seznam obrázků

Obr. 1.1: Paměťový člen R-S.....	4
Obr. 1.2: Blokové schéma členu R-S.....	4
Obr. 1.3: Člen R-S z hradel NOR.....	5
Obr. 1.4: Člen R-S z hradel NAND.....	5
Obr. 2.1: Bzučák s obvodem R-S.....	7
Obr. 3.1: Zpožďovací obvod při sepnutí.....	9
Obr. 3.2: Zpožďovač 2.....	10
Obr. 3.3: Rozšiřující obvod.....	11
Obr. 4.1: Zpožďovací obvod.....	13
Obr. 5.1: Čítač ve dvojkové soustavě.....	15
Obr. 5.2: Zapojení čítače 2.....	16
Obr. 6.1: Automatický čítač.....	17
Obr. 7.1: Časový průběh stavů na výstupech čítače.....	19
Obr. 8.1: Pomalý blikáč.....	21
Obr. 9.1: Kuchyňská minutka.....	23
Obr. 10.1: Frekvenční měnič.....	25
Obr. 11.1: Houkačka.....	27
Obr. 12.1: Převodník číslo- frekvence.....	29

Seznam tabulek

Tab. 1.1: Pravdivostní tabulka členu R-S.....	5
Tab. 9.1: Časy na minutce.....	24
Tab. 12.1: Převod čísla na frekvenci	30

Předmluva

Mnohá zařízení, která denně používáme, plní velice složité funkce. Zpracovat sady instrukcí a plnit tak různé příkazy většinou těmto zařízením umožňuje mikroprocesor. Pro laika je velice těžké pochopit celou funkci mikroprocesoru a jeho schopnost řešit složité typy úloh. Uvažme jen, jak komplexní zařízení je v dnešní době mobilní telefon a co všechno „umí“. Chceme-li pochopit, jak fungují složitá zařízení – mobilní telefony, počítače, moderní televizory..., musíme nejprve porozumět základním principům a zapojení jednodušších typů obvodů. Tato sbírka má za úkol převést některé složité operace mikroprocesoru do jednodušších obvodových zapojení realizovaných pomocí logických obvodů. V textu jsou principy a funkce těchto obvodů srozumitelně a názorně vysvětleny.

Učebnice, na rozdíl od jejího předchozího dílu, již neobjasňuje funkce základních stavebních bloků logických obvodů. Text je zaměřen na praktické realizace komplexnějších úloh. K tomuto účelu je nejvhodnější použít stavebnici VOLTÍK III, z které jsou převzata některá schémata a návrhy obvodů [5]. Není však nezbytně nutné používat danou stavebnici. Všechny uvedené úlohy je možné realizovat např. pomocí kontaktního nepájivého pole a součástek, které jsou v textu uvedeny. Předpokládá se, že čtenář má základní znalosti matematické logiky, elektrických obvodů a buď rozumí schémátům zapojení z prvního dílu učebnice, nebo má tuto sbírku k dispozici.

Text je rozdělen do dvanácti různých úloh, jejichž obtížnost se postupně zvyšuje. Postupy pro sestavení a funkce jednotlivých typů obvodů jsou v učebnici podrobně vysvětleny. Na základě popsaných úloh by měl být každý schopen splnit zadané úkoly. Tyto úkoly se nachází v každé kapitole a mají ověřit znalosti a procvičit nabyté zkušenosti v zapojování funkčního celku. Pro další studium slouží seznam doporučené literatury, ve které naleznete informace sahající za rámec této sbírky.

Věřím, že učebnice poslouží čtenářům k pochopení principů a zapojení funkčních bloků logických obvodů. Doufám, že tak čtenáři naleznou kladný vztah k srdci techniky, která nás obklopuje na každém kroku.

Jakub Šafařík
e-mail: SafarikJ@gybot.cz

V Praze 11. 11. 2013, rev. 1.1.0

Úvod

Druhý díl této sbírky přesouvá těžiště látky z kombinačních obvodů, které byly detailně popsány v prvním díle, k obvodům sekvenčním. Sekvenční obvody umožňují realizovat mnohem složitější praktické úlohy. Vyzkoušíme například, jak vytvořit zpožďovač zhasínání schodišťového osvětlení, kuchyňskou minutku, houkačku apod. Takovéto typy obvodů již plní složitější funkce. Nestarají se jen o převod vstupní hodnoty na výstup, ale výstupní hodnoty je možné ovlivňovat dalšími parametry. Ukážeme např., jak volit délku intervalů zpožďovacího obvodu, nebo jak volit výšku tónu houkačky.

Pochopit funkci jednotlivých obvodů včetně možnosti jejich ovlivnění změnou vybraných parametrů patří k pokročilejším schopnostem technicky založeného jedince. Není to úkol jednoduchý, obzvláště v době, kdy nás výrobci složitých zařízení nutí stát se pouhými uživateli těchto přístrojů, často bez možnosti porozumět principu jejich funkce. Věřím, že odpovědi na některé otázky, které si zvědavý uživatel moderních přístrojů ohledně jejich funkce pokládá, nalezne čtenář přímo v tomto textu.

V následujících dvanácti úlohách jsou popsána zapojení sekvenčních obvodů z hlediska logického i funkčního. Pokud pochopíme funkci, smysl a logiku těchto obvodů, jsme nadále schopni tyto poznatky rozšiřovat na mnohem složitější systémy a funkční bloky a jsme tedy opět o krůček blíže k pochopení těch nejsložitějších moderních přístrojů.

Při práci s touto sbírkou ve školních lavicích je doporučeno, aby studenti využívali tablety, pomocí nichž mohou rychle a snadnou kreslit schémata, či upravovat návrhy jednotlivých obvodů. Velmi jednoduše tak mohou své nápady pomocí připojeného projekčního zařízení prezentovat ostatním spolužákům a diskutovat o výhodách či nevýhodách jejich realizace.

I. Logické sekvenční obvody

Na rozdíl od logických kombinačních obvodů, kde stav na výstupu byl dán jen okamžitou hodnotou stavu na vstupu, je u sekvenčních obvodů výstupní stav závislý i na předcházejících stavech vstupu. Logické sekvenční obvody se skládají z kombinačních obvodů a paměti, do které se ukládají předchozí vstupní stavy – tzv. vnitřní proměnné. Existence vnitřních proměnných způsobuje, že stejné hodnoty vstupních proměnných přivedené na vstup obvodu, nevyvolávají vždy stejnou odezvu na výstupu obvodu. Podle vlastností použitého typu paměti můžeme sekvenční obvody rozdělit na dvě skupiny:

- synchronní obvody: všechny vnitřní proměnné se mění prakticky současně
- asynchronní obvody: ke změnám vnitřních proměnných dochází postupně v závislosti na tom, jak se šíří signál obvodem.

K realizaci asynchronního sekvenčního obvodu se mohou použít stejné základní logické členy jako v kombinačních obvodech s tím, že potřebné paměťové vlastnosti zajistíme zapojením zpětných vazeb. V následujících kapitolách si takovéto typy obvodů představíme detailněji.

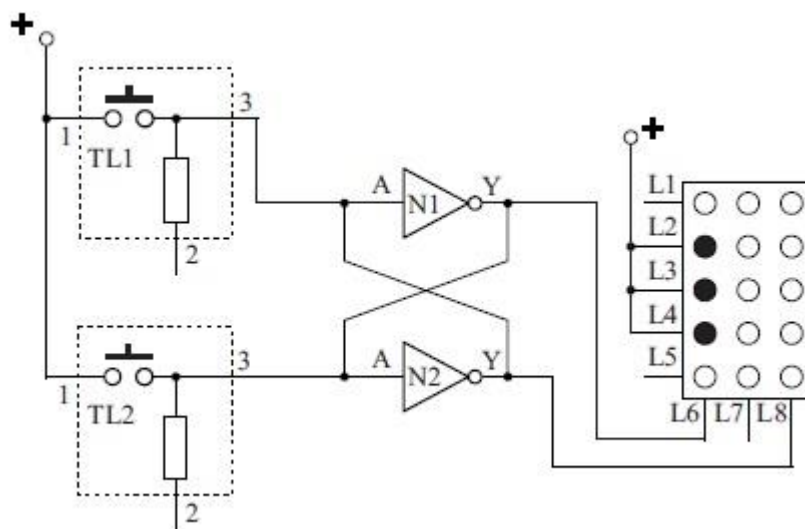
1. Paměťový člen R-S

Paměťové členy, někdy jsou nazývány klopnými obvody, se využívají k ukládání logických proměnných. Jsou to asynchronní logické sekvenční obvody, které mají dva různé vstupní stavy.

Paměťový člen R-S je obvod řízený dvěma vstupními signály R (reset) a S (set). Na Obr. 1.1 je znázorněna realizace tohoto paměťového členu pomocí invertorů a zpětné vazby. Při stisku tlačítka se obvod překlápí (přepne se na nový stav – set) a pamatuje si tento stav i po uvolnění tlačítka. Při opětovném stisku stejného tlačítka zůstává obvod pořád v novém stavu. Abychom obvod opět překlápili do původního stavu, musíme stisknout druhé tlačítko (reset). Po překlopení si obvod stav opět pamatuje i po uvolnění tlačítka. Přivedeme-li na oba vstupy zároveň LOG-0, zůstane stav obvodu nezměněn. Přivedeme-li na oba vstupy LOG-1, což je nepřípustné, nastaví se oba výstupy nejdříve do stavu LOG- 0 a konečný stav bude záležet na zpoždění použitých členů, nebo na tom, který ze signálů R a S dříve skončí. Tento stav je tudíž nedefinovaný a v obvodové realizaci ho nebudeme používat¹.

Běžně se s tímto principem setkáváme u strojů či přístrojů, kde stiskem jednoho tlačítka (zelené) zařízení zapínáme a stiskem druhého tlačítka (červené) jeho činnost ukončíme.

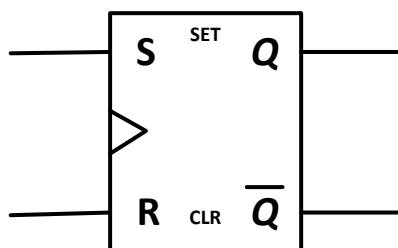
¹ Detailněji o této problematice v [1] a [7].



Obr. 1.1: Paměťový člen R-S

Vstupy R a S jsou v tomto jednoduchém zapojení ovládány pomocí tlačítek TL1 a TL2. Pokud stiskneme tlačítko TL1 (set – první sloupec diod), přivedeme na vstup invertoru N1 LOG-1, na jeho výstupu se tedy objeví LOG-0. Protože pole diod je na vstupech L2-L4 připojeno k plus pólu napájení a na výstupu L6 je LOG-0, může v prvním sloupci diodami protékat elektrický proud a ty se pak rozsvítí. Po uvolnění TL1 se díky zpětné vazbě na výstup N1 dostane LOG-0 ze vstupu N2 a diody tak dále svítí přestože TL1 již dále není stlačeno. Situace ve třetím sloupci pole diod bude přesně opačná. Při stisku TL1 je přes zpětnou vazbu přivedena na výstup N2 LOG-1 nehledě na činnost N2. Diody tedy svítit nebudou. Po uvolnění TL1 bude na výstupu N2 stále LOG-1, tentokrát díky negaci LOG-0 na vstupu N2. Při stisku TL2 je situace přesně opačná (reset – první sloupec diod a set – třetí sloupec).

Na obrázku Obr. 1.2 je uvedeno blokové schéma obvodu R-S tak, jak se běžně značí. Vstup S je v našem případě ovládán pomocí TL1 a vstup R pomocí TL2. Výstup Q je v našem případě výstup první negace Y_{N1} (první sloupec diod) a výstup $\bar{Q}$ je v našem schématu výstup druhé negace Y_{N2} (třetí sloupec diod).



Obr. 1.2: Blokové schéma členu R-S

Pravdivostní tabulka pro paměťový člen z Obr. 1.1 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** bude mít následující tvar:

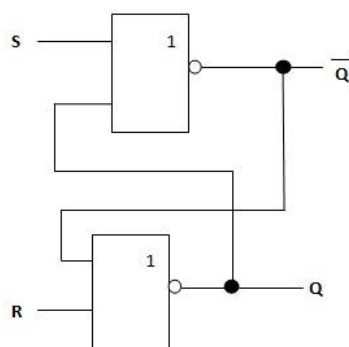
S	R	Q^{t+1}	$\overline{Q^{t+1}}$
0	0	Q^t	$\overline{Q^t}$
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	X	X

Tab. 1.1: Pravdivostní tabulka členu R-S

Výstupy jsou v tabulce označeny jako Q^{t+1} a $\overline{Q^{t+1}}$, což koresponduje s blokovým schématem na Obr. 1.2. Ve schématu zapojení z Obr. 1.1 výstupu Q^{t+1} odpovídá levý sloupec diod a výstupu $\overline{Q^{t+1}}$ pravý sloupec diod. Křížky (X) je v tabulce označen zakázaný stav.

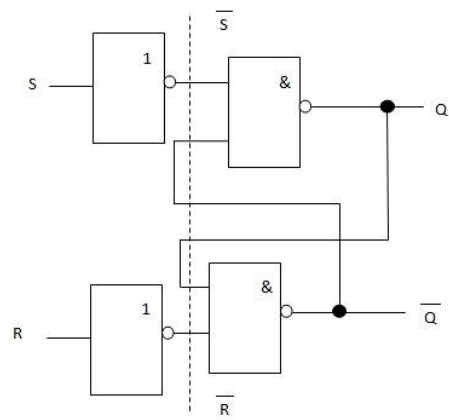
Úkol

1. Sestavte obvod R-S z hradel NOR dle Obr. 1.3, ověřte jeho funkci a napište pravdivostní tabulku.



Obr. 1.3: Člen R-S z hradel NOR

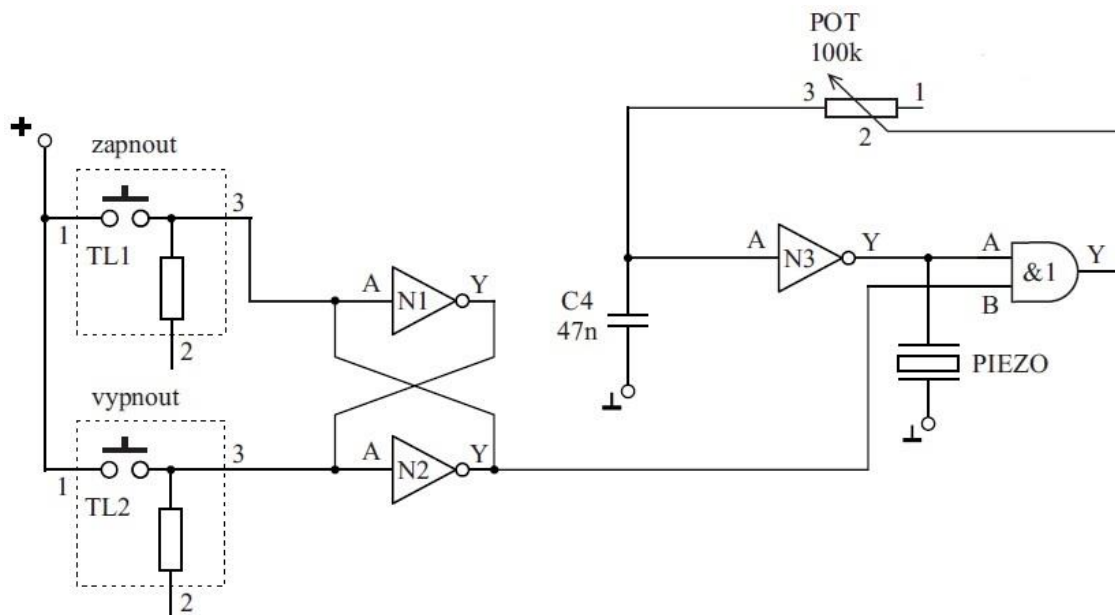
2. Sestavte obvod R-S z hradel NAND dle Obr. 1.4, ověřte jeho funkci a napište pravdivostní tabulku.



Obr. 1.4: Člen R-S z hradel NAND

2. Bzučák s obvodom R-S

V další úloze se pokusíme připojit obvod R-S k bzučáku a umožnit tak nechat znít zvukový signál i po uvolnění spouštěcího tlačítka. Z logiky fungování obvodu R-S je jasné, že bzučák bude možné vypnout až stiskem druhého tlačítka. Vstupy R a S klopného obvodu budou opět reprezentovat tlačítka TL. Bzučák realizujeme pomocí PIEZO členu².



Obr. 2.1: Bzučák s obvodom R-S

Ze schématu na Obr. 2.1 je patrné, že jsme použili stejné zapojení klopného obvodu R-S jako v předchozí kapitole – Obr. 1.1. Výstup však použijeme jen jeden, neboť tentokrát nechceme rozsvěcovat dvě řady diod, ale spouštět jen jeden bzučák. Pokud má tlačítko TL1 bzučák spouštět a TL2 vypínat, musí být obvod představující bzučák připojen k výstupu negace N2. Detailnější vysvětlení je v kapitole 1.

Úkol

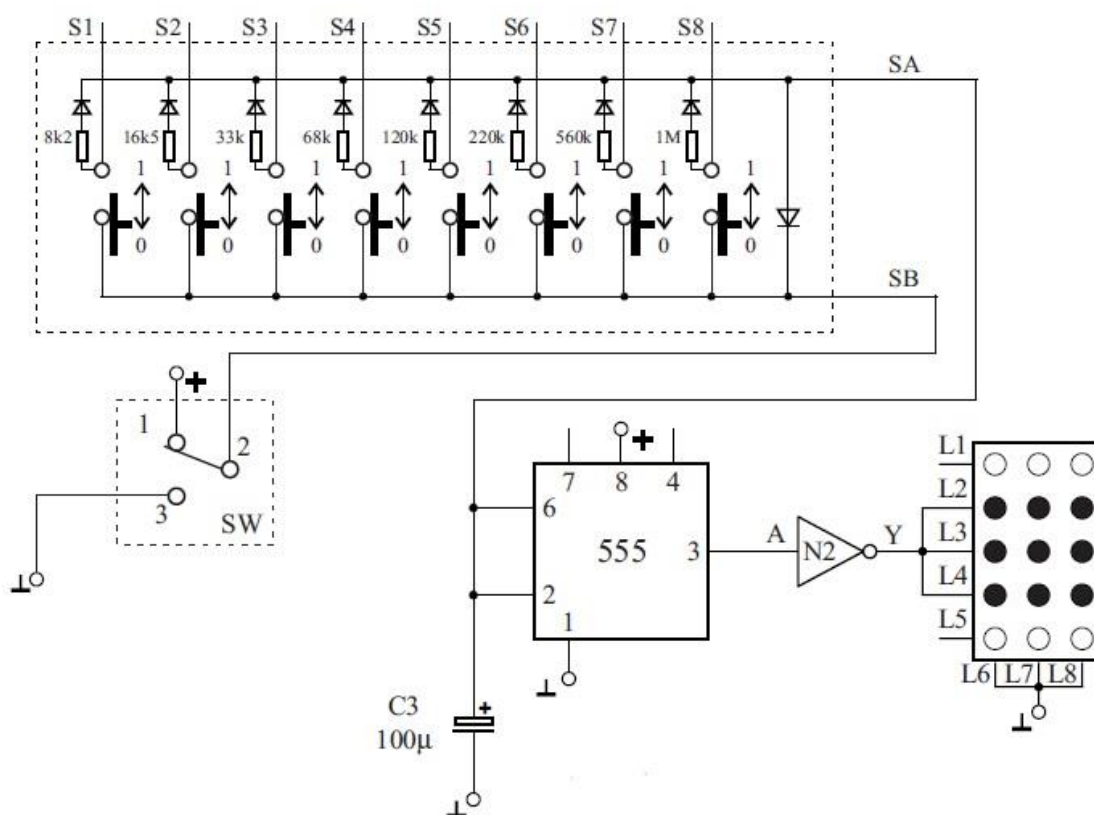
1. Vysvětlíte, jak je možné změnit výšku tónu bzučáku.
2. Připojte bzučák na výstup negace N1, které tlačítko nyní bude obvod spouštět a které vypínat a proč?
3. Ve schématu na Obr. 2.1 nahrad'te hradlo R-S tak, že bude tvořeno členy NOR. Jak bude obvod fungovat? Obvod realizujte.
4. Ve schématu na Obr. 2.1 nahrad'te hradlo R-S tak, že bude tvořeno členy NAND. Jak bude obvod fungovat? Obvod realizujte.

² Různé typy zapojení bzučáku jsou popsány a vysvětleny v prvním díle této sbírky [2].

3. Zpožďovací obvod

V určitých aplikacích můžeme požadovat tzv. zpoždění signálu. Znamená to, že obvod, či přístroj nevykoná danou funkci ihned po stisku tlačítka. Mezi spouštěcím impulzem a reakcí obvodu uplyne námi nadefinovaný čas. Toto zpoždění je záměrné a my si ukážeme některé možnosti jeho realizace. Praktickým příkladem je nemožnost otevření dvířek pračky ihned po ukončení pracího cyklu, nebo zpoždění zhasínání světel po stisku vypínače.

Nyní se pokusíme sestavit obvod, který bude plnit funkci zpoždění po sepnutí. Budeme chtít, aby se po sepnutí spínače rozsvítily diody, ale s určitým zpožděním. Navíc budeme požadovat, abychom délku zpoždění mohli nastavit na různé hodnoty. Schéma takového obvodu je na následujícím obrázku – Obr. 3.1.



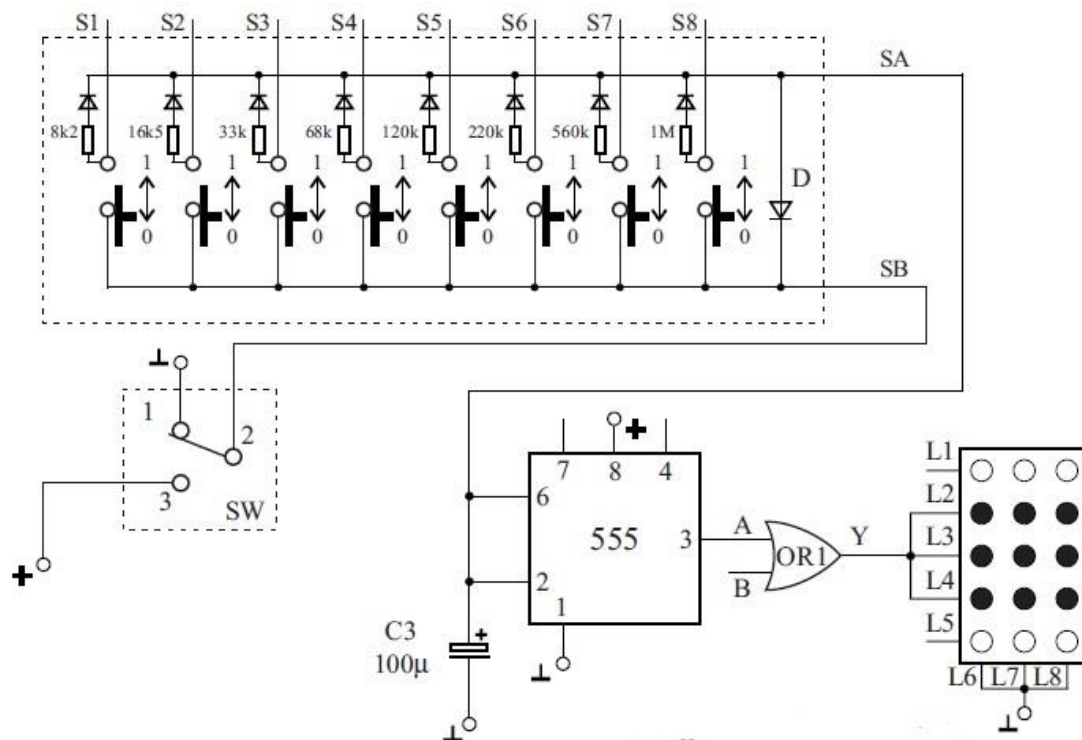
Obr. 3.1: Zpožďovací obvod při sepnutí

Funkce obvodu na Obr. 3.1 je následující. Pokud sepneme spínač SW, tak se přes zvolený odpor (závisí na volbě spínačů S1-S8) začne nabíjet kondenzátor C3. Pokud byl kondenzátor vybitý, na vstupech 2 a 6 byla LOG-0, což znamená, že na výstupu 555 byla LOG-1. Přes negaci N2 se na diody dostane LOG-0 a ty tedy nesvítí. Jakmile napětí na C3 dosáhne požadované úrovně, objeví se na výstupu 3 LOG-0 a přes negaci N2 se na diody dostane LOG-1. Délku zpoždění, tedy dobu nabíjení C3, volíme velikostí odporu

spínače S1-S8 či jejich kombinací. Největší odpor znamená nejdelší dobu nabíjení a naopak.³

Úkol

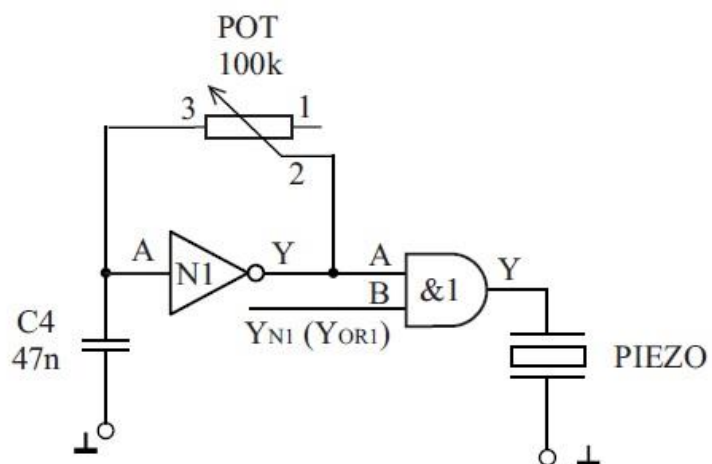
1. Jaký spínač (spínače) S1-S8 sepneme, aby doba zpoždění obvodu na Obr. 3.1 byla co nejdelší/nejkratší?
2. Vysvětlete, jak funguje obvod na Obr. 3.2. Následně obvod zapojte a ověřte jeho funkci.



Obr. 3.2: Zpožd'ovač 2

³ Vnitřní zapojení obvodu je pro lepší srozumitelnost popsáno v kapitole Přílohy. Detailně je funkce obvodu 555 popsána ve [3] a [4].

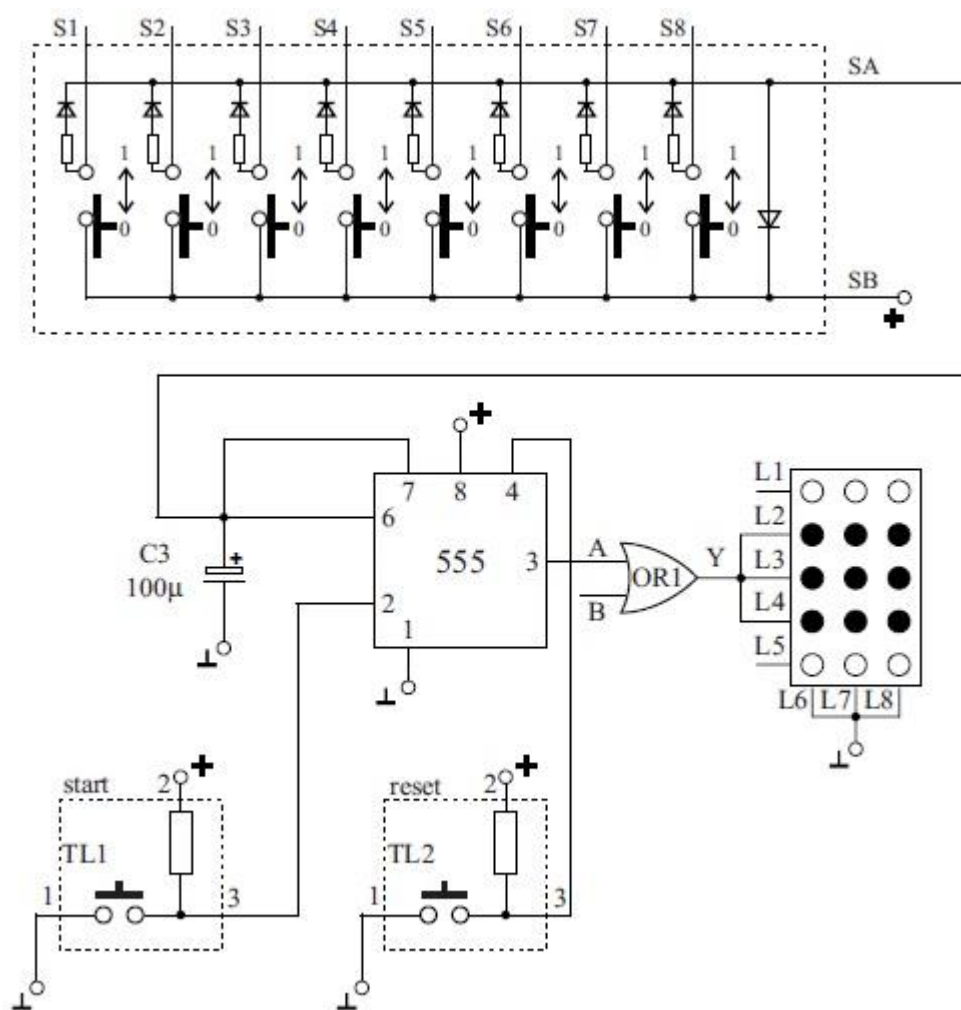
3. K obvodům z Obr. 3.1 a Obr. 3.2 připojte obvod na Obr. 3.3 a vysvětlete, jak bude fungovat. Následně ověřte zapojením.



Obr. 3.3: Rozšiřující obvod

4. Impulzní obvod

Nyní budeme chtít opačnou situaci nežli v předchozí kapitole. Budeme požadovat, aby námi vytvořený obvod rozsvítil diody hned po stisknutí tlačítka a po námi definované době, aby diody zhasly. Doba svícení diod budeme opět měnit pomocí spínačů S1-S8. Praktické využití takového zapojení by bylo jako spínač osvětlení na schodech domu. Pro různě dlouhá schodiště bychom mohli nastavovat různě dlouhé prodlevy pro zhasnutí světél. Obvod, který nám to umožní realizovat je na Obr. 4.1.



Obr. 4.1: Zpožďovací obvod

Po stisku tlačítka TL1 se na výstupu obvodu 555 objeví LOG-1, výstup členu OR1 bude také LOG-1, diody se tedy rozsvítí. Zároveň přes vstup 7 se vybije kondenzátor C3.⁴ Dle toho, který ze spínačů S1-S8 je sepnut, se začne kondenzátor C3 nabíjet.⁵ Při dostatečném nabití C3 bude na vstupu obvodu 555 LOG-1 a na jeho výstupu LOG-0. Diody tedy zhasnou. Tlačítko TL2 slouží k okamžitému zhasnutí diod. Při jeho stisku se obvod 555 resetuje neohledně na ostatní vstupy (stav TL1) a na jeho výstupu se nastaví

⁴ Při stisku TL1 se vstup 7 stává průchozím, viz Přílohy.

⁵ Popsáno v kapitole 3.

úroveň LOG-0. Diody tak okamžitě zhasnou. Na první pohled by se mohlo zdát, že člen OR zapojený na výstup obvodu 555 je zbytečný. Ten nijak nemění logickou hodnotu výstupu obvodu 555, zajišťuje však dostatečný proud pro napájení světelných diod. Pokud člen OR nezapojíme a diody tak připojíme rovnou na výstup 3 obvodu 555, bude funkce obvodu totožná, ale diody budou svítit jen velmi slabě.

Úkol

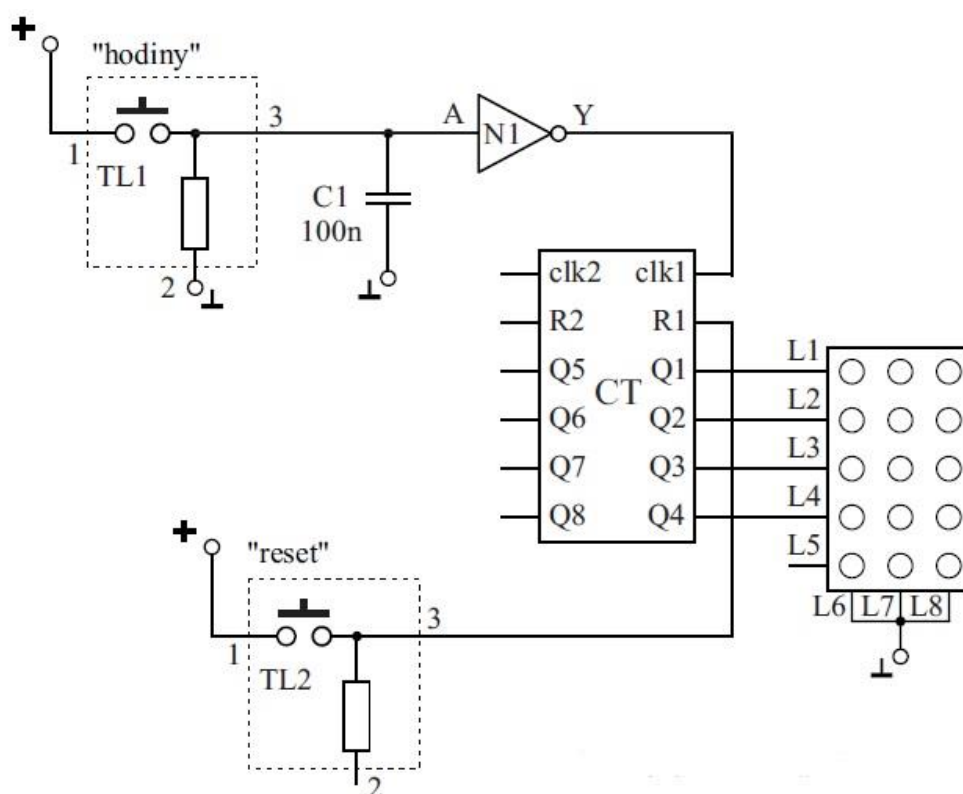
1. Jakého nejdelšího/nejkratšího času svícení můžeme dosáhnout? Čas změřte.
2. Ke schématu na Obr. 4.1 připojte bzučák (např. Obr. 3.3) a obvod realizujte.

II. Čítač

Čítače jsou logické sekvenční obvody, které realizují funkci čítání. Svým vnitřním stavem vyjadřují počet impulzů přivedených na jejich synchronizační vstup. Impulzy se sčítají v soustavě se základem M, kde M se nazývá modul čítače.⁶

5. Čítač dvojkové soustavy

Jak bylo detailně vysvětleno v předchozím díle této sbírky [2], pro digitální techniku je velmi podstatná dvojková soustava. Pojďme se nyní podívat na to, jak by vypadalo přičítání ve dvojkové soustavě a jak bude vypadat obvodová realizace. Funkci čítače nám bude plnit obvod 74HC393. Obvod je možné realizovat například tak, jak je uvedeno na Obr. 5.1.



Obr. 5.1: Čítač ve dvojkové soustavě

Nejprve stiskneme tlačítko TL2, které je připojeno na vstup čítače R1, což znamená reset. Tím se vymažou vnitřní stavy čítače. Pokud zmáčkne tlačítko TL1, změní se hodnota na vstupu čítače z LOG-1 na LOG-0. Tím tedy přivedeme na hodinový vstup čítače (clk1) impuls. Kondenzátor C1 a zemní rezistor z TL1 slouží ke správnému rozpoznání jen jednoho stisku tlačítka. V případě nedokonalého stisku by se situace pro čítač mohla jevit jako vícenásobný stisk.⁷ Tento impuls se zaznamená

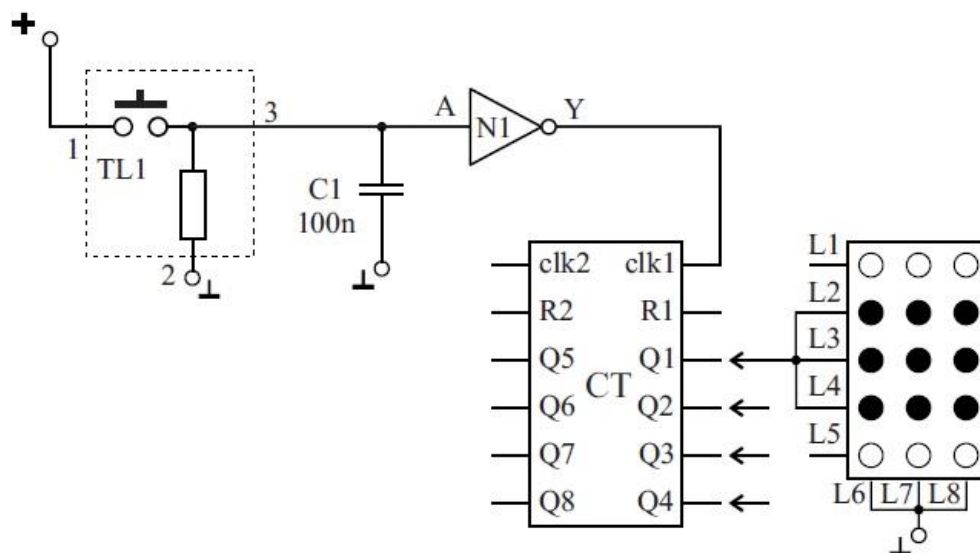
⁶ Více o čítačích naleznete v [1] a [6].

⁷ Čítač pracuje velice rychle a zaznamenává a velice krátké impulzy.

uvnitř čítače. Jeho vnitřní stav se změní z hodnoty 0 na 1. Výstupy, které máme zapojeny, jsou Q1-Q4. Každý může udržovat jednobitovou informaci (buď hodnota 0, nebo 1). Změna se projeví nejprve na nejnižším bitu (Q1), pokud již má nejnižší bit hodnotu stavu 1, tak následovně i na bitech vyšších. K pochopení funkce čítače je nutné rozumět základům dvojkové soustavy. Pro úplnost je dvojková soustava popsána v kapitole Přílohy. Každý stisk TL1 znamená přičtení hodnoty 1 k nejnižšímu řádu, eventuálně přenos do vyšších řádů. Tlačítkem TL2 můžeme kdykoliv vnitřní stavy čítače resetovat. Při bližší analýze zapojení obvodu stojí za povšimnutí, že přičítání se provádí hodnotou LOG-0 a resetování hodnotou LOG-1.

Úkol

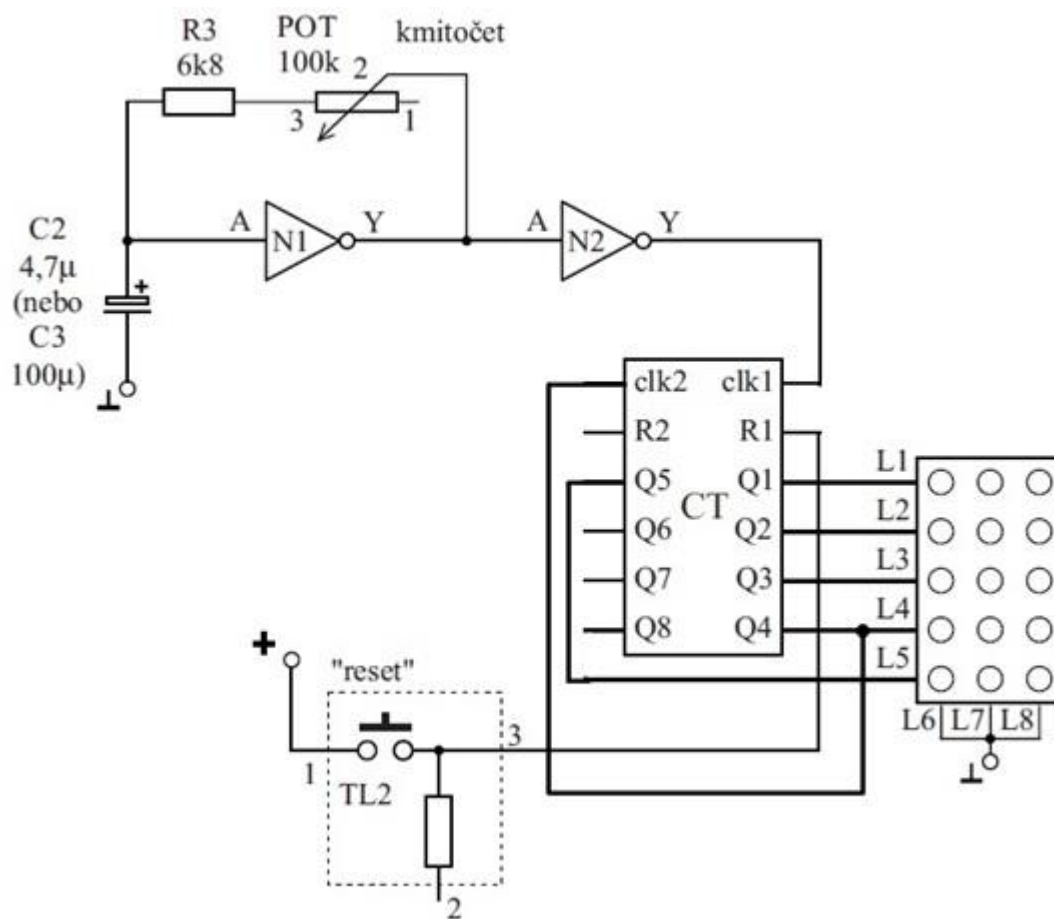
1. Kolik různých stavů je možné vyjádřit zapojením na Obr. 5.1?
2. Čísla 0-15 převed'te do dvojkové soustavy a přiřad'te jim označení řádků diod, které znázorňují dané číslo ve schématu z Obr. 5.1.
3. Schéma na Obr. 5.1 obměňte tak, aby výstup čítače byl 5-bitový. (Budete muset použít další čítač a vstup clk2.)
4. Kolika bitový čítač je ve stavebnici k dispozici? Kolik čítačů je ve stavebnici celkem? Jaký maximální počet stavů může vyjádřit spojením čítačů?
5. Jaká bude funkce obvodu na Obr. 5.2? Ověřte zapojením.



Obr. 5.2: Zapojení čítače 2

6. Automatický čítač

V další úloze se pokusíme sestavit čítač bez tlačítka, které by plnilo funkci přičítání. Budeme požadovat, aby tuto funkci plnil automatický obvod. S takovýmto obvodem jsme se již setkali v předchozím díle této sbírky [2] v kapitole 17. Výsledné schéma je znázorněno na Obr. 6.1.



Obr. 6.1: Automatický čítač

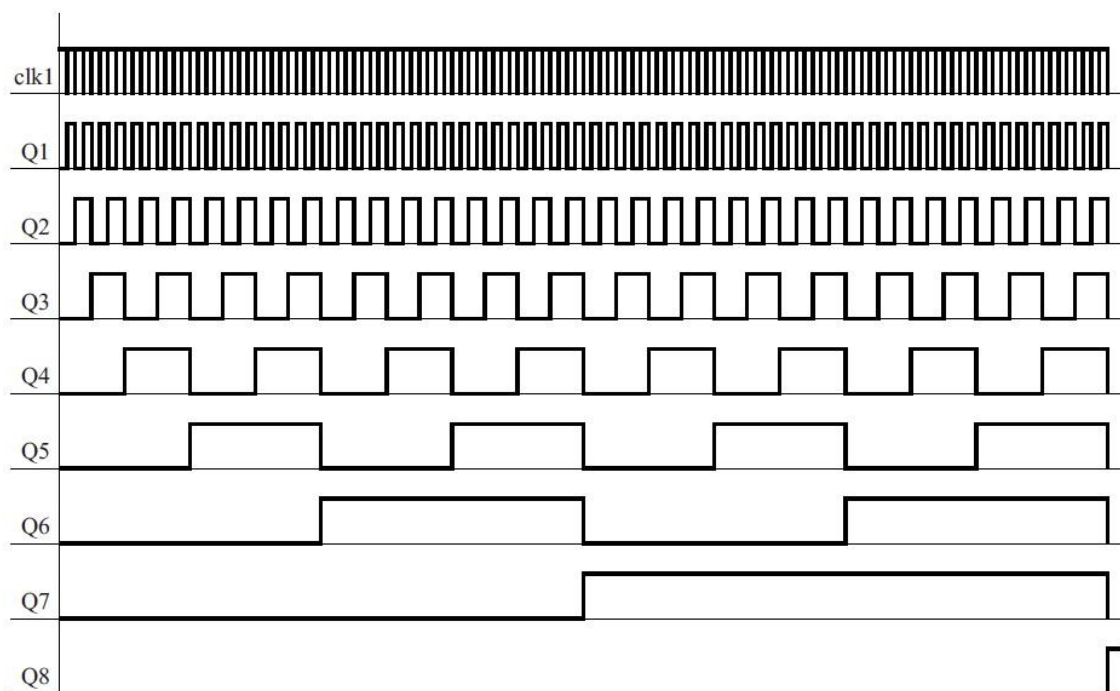
Obvod na začátku plní funkci generátoru signálu a posílá tak impulzy do vstupu čítače clk1. Čítač máme tentokrát 5-bitový. Protože ve stavebnici jsou jen dva 4-bitové čítače, je výsledný 5-bitový čítač realizován spojením dvou 4-bitových. Výstup prvního čítače s nejvyšší váhou (Q4) je spojen se vstupem druhého čítače clk2. Výstupní bit druhého čítače Q5 – bit s nejmenší váhou druhého čítače, je tak bitem s nejvyšší váhou celého 5-bitového čítače. Nyní můžeme vyjádřit celkem 2^5 stavů. Chování obvodu je obdobné jako na Obr. 5.1 s výjimkou automatického generování vstupních stavů. Impulzy jsou do čítače posílány tak, že kondenzátor C2 (C3) se střídavě vybíjí, nebo nabíjí přes odpor, který měníme otáčením potenciometru. Změnou odporu měníme rychlost nabíjení/vybíjení kondenzátoru a tím i rychlost přičítání v čítači. Tlačítko TL2 opět plní funkce reset a nuluje tedy vnitřní stavy čítače.

Úkol

1. Jakým způsobem můžeme měnit rychlost generování výstupních stavů čítače? Vysvětlete.
2. Určete, jaký nejdelší/nejkratší čas je třeba pro generování impulzů, tedy změny výstupů čítače.
3. Do obvodu na Obr. 6.1 připojte na vstup čítače R2 tlačítko TL1 tak, aby umožnilo správnou funkci vstupu R2. Jak stisk tlačítka TL1 ovlivní chování celého obvodu (svícení diod)?

7. Čítač jako dělič

Z chování čítače, jak je popsáno v kapitole 5 a 6 je jasné, že pokud chceme změnu výstupu Q2, musí jí předcházet dvě změny výstupu Q1 (dvakrát přičteme 1). Stejně tak budeme-li chtít změnu výstupu Q3, musí jí předcházet dvě změny výstupu Q2 atd. Celou situaci si můžeme nakreslit jako časový rozvoj – znázorněno na Obr. 7.1: Časový průběh stavů na výstupech čítače.



Obr. 7.1: Časový průběh stavů na výstupech čítače

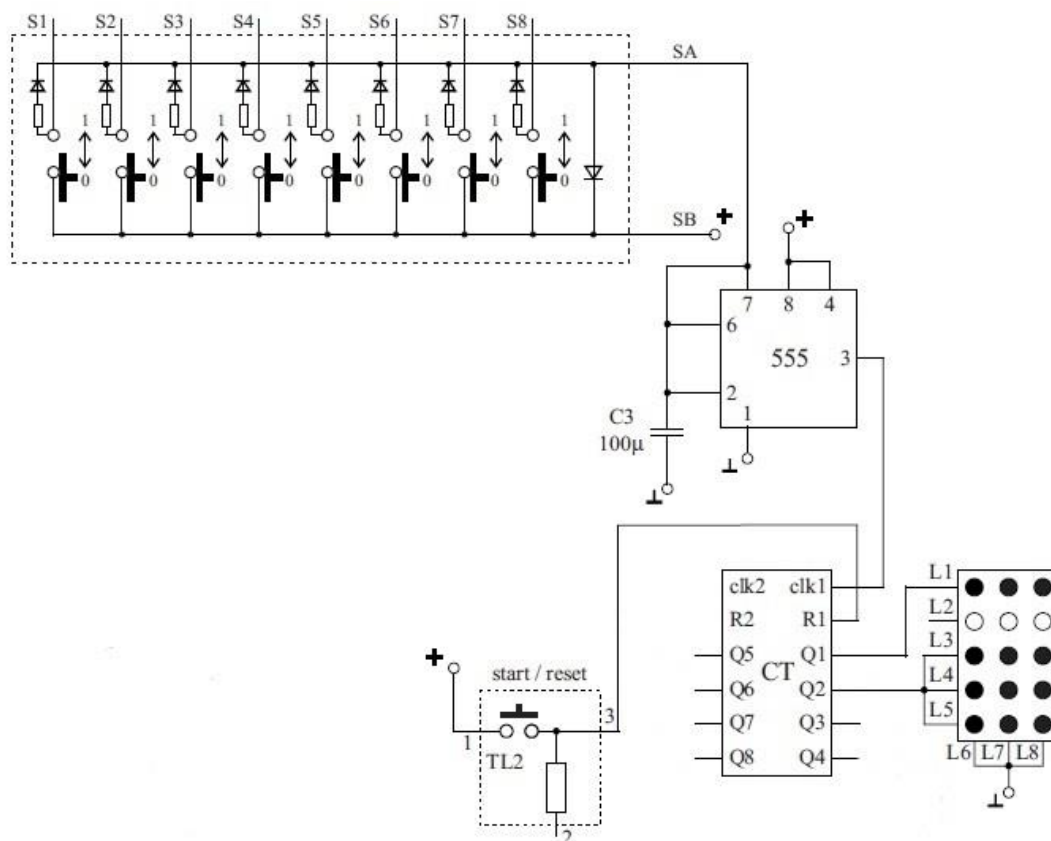
Na celou situaci můžeme nahlížet i z opačné strany. Pokud sledujeme výstup Q8, hodnoty proměnných se mění s danou frekvencí. Díky výše uvedeným skutečnostem, musí být na výstupu Q7 frekvence dvojnásobná. Obecně platí, že každý vstup s nižším číslem má dvojnásobnou frekvenci nežli jeho předchůdce s vyšším číslem.

Úkol

1. Zapojte 8-bitový čítač tak, že se vstupy budou generovat automaticky a jejich prodlevu budeme moci ovlivňovat potenciometrem. Dále připojte tlačítko, po jehož sepnutí se bude resetovat celý čítač. K poli diod připojte výstupy čítače Q1, Q5, Q6, Q7 a Q8. Pomocí Obr. 7.1 diskutujte, jak rychle se budou rozsvěcovat diody.

8. Pomalý blikáč

Požadujeme-li větší prodlevu při změně stavů čítače, není nic jednoduššího, nežli na jeho vstup (clk1) připojit zpožd'ovač. Funkci zpožd'ovače jsme si popsali v kapitole 3 a 4. Samotný čítač zapojíme dle již známého schématu.⁸



Obr. 8.1: Pomalý blikáč

Vstupní signál clk1 tentokrát generuje obvod 555, jehož spínání je řízeno pomocí propojek S1-S8. Čím nižší číslo propojky nastavíme do polohy zapnuto (a čím více jich bude současně zapnuto), tím větší frekvenci signálu přivedeme na vstup čítače.⁹ V důsledku zmíněného se nám budou diody rychleji, nebo pomaleji rozsvěcet a zhasínat. Tlačítko TL2 opět resetuje vnitřní stavy čítače a zhasíná tak všechny diody.

⁸ Zapojení je vysvětleno v kapitole 6.

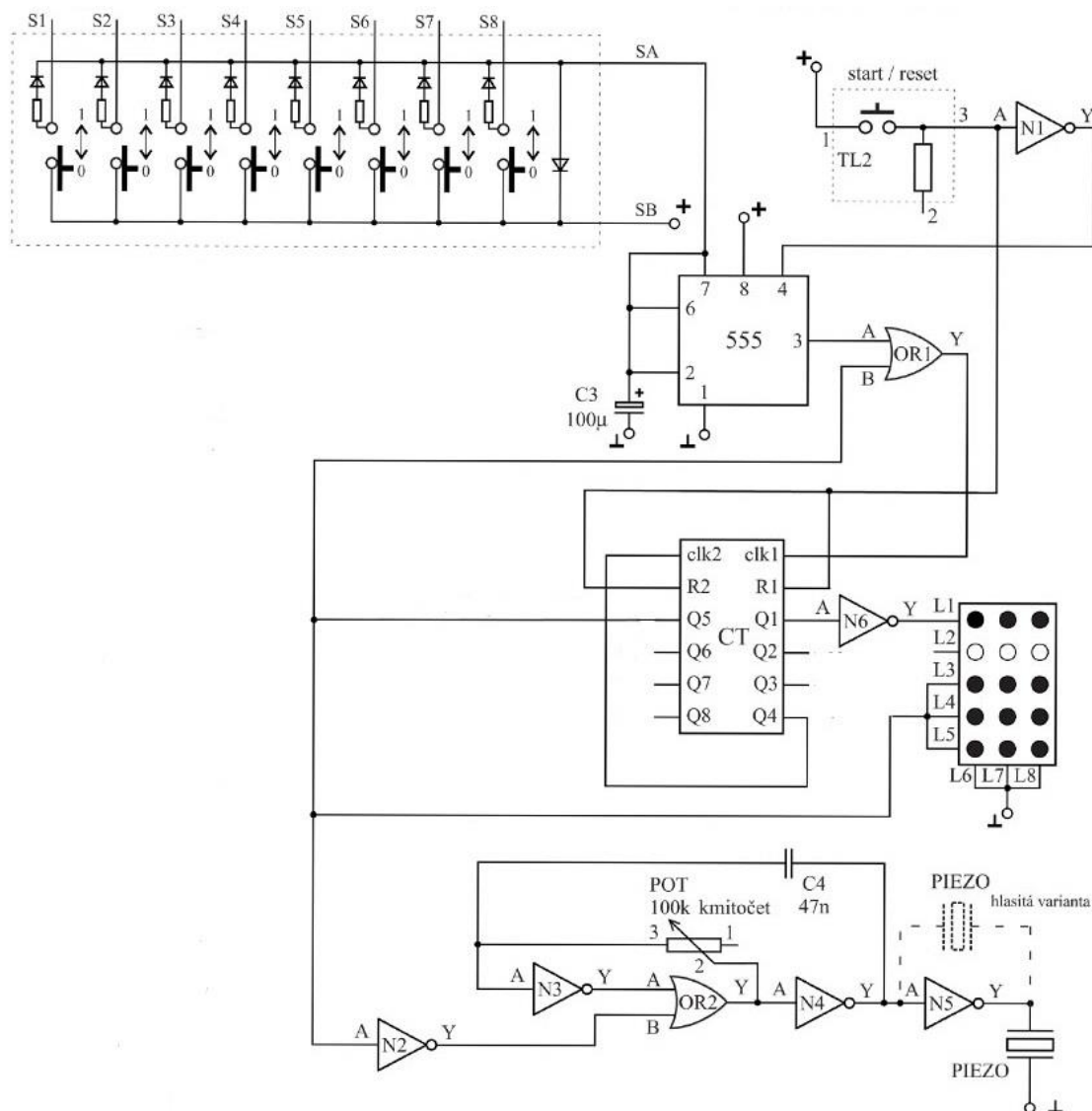
⁹ Spínač S1 má nejmenší odpor, každý následující spínač má větší hodnotu odporu nežli ten předchozí.

Úkol

1. Nastavte propojky S1-S8 ve schématu na Obr. 8.1 tak, aby prodleva mezi rozsvěcením a zhasínáním diod byla co největší/nejmenší.
2. Upravte schéma na Obr. 8.1 tak, aby čítač rozsvěcel a zhasínal diody s největším možným zpožděním. Tlačítko TL2 zapojte tak, aby resetovalo celý čítač. Pomocí Obr. 7.1 a výsledku úkolu 1 v kapitole 4 odhadněte, jak dlouhé je toto zpoždění.

9. Minutka

Každý jistě zná kuchyňskou minutku. Zařízení, od kterého chceme, aby nám optickou či akustickou signalizací oznámilo uplynutí předem definovaného časového intervalu. Nyní si takovouto minutku zkusíme sestavit. Budeme požadovat optickou i akustickou signalizaci zároveň a možnost nastavovat různě dlouhé časové intervaly. Čítač zapojíme analogicky jako v předchozí kapitole – 8, do obvodu připojíme ještě bzučák¹⁰, abychom splnili podmínku současné optické i akustické signalizace. Výsledné schéma je znázorněno na Obr. 9.1.



Obr. 9.1: Kuchyňská minutka

¹⁰ Tento typ bzučáku je detailně popsán v prvním díle této sbírky [2] v kapitole 18.

Jako generátor impulzů použijeme opět obvod 555. Nastavením spínačů S1-S8 volíme délku trvání těchto impulzů.¹¹ Pokud stiskneme tlačítko TL2, čítač i obvod 555 resetujeme, tudíž resetujeme celé zapojení.

Vybereme požadovanou kombinaci spínačů S1-S8, přes tyto spínače se nabíjí kondenzátor C3. Je-li vybitý, je na výstupu 3 obvodu 555 LOG-1, přes člen OR1 se na vstup čítače clk1 přenáší LOG-1 a nic se neděje. Výstup Q1 má hodnotu LOG-0 a před negací se na řadu diod L1 dostane LOG-1 a ty tedy svítí. Pokud se kondenzátor C3 nabije, objeví se na výstupu obvodu 555 LOG-0, kondenzátor se přes vstup 7 okamžitě vybijí a dochází k opětovnému nabíjení. LOG-0 z výstupu 3 obvodu 555 se přenáší dál přes člen OR1 na vstup čítače a dojde tak ke změně jeho vnitřního stavu. Na Q1 se objeví LOG-1 a řada diod L1 tedy zhasne. Tím jak se rozsvěcejí a zhasínají diody (mění se logické hodnoty na Q1 čítače) se postupně mění i ostatní vnitřní stavy čítače (Q2-Q8). Po dostatečně dlouhé době se i na Q5 objeví hodnota LOG-1, která zajistí, že výstup OR1 bude nadále již jen LOG-1. Řady diod L1, L3-L5 budou stále svítit a o akustickou signalizaci se postará bzučák, který se díky LOG-1 na vstupu negace N2 spustí.

Úkol

1. Jak se změní vlastnosti obvodu na Obr. 9.1, propojíme-li výstup čítače s další částí obvodu přes jiný výstup než Q5. Diskutujte, následně zapojte a ověřte.
2. Vyplňte tabulku – Tab. 9.1, která udává, jak dlouho bude trvat, nežli se rozsvítí a zazní signalizaci při různé kombinaci spínačů S1-S8 a výstupů čítače Q2-Q8. Menší hodnoty vypočtete z vyplněné hodnoty v tabulce a následně ověřte měřením, větší hodnoty pouze vypočtete.

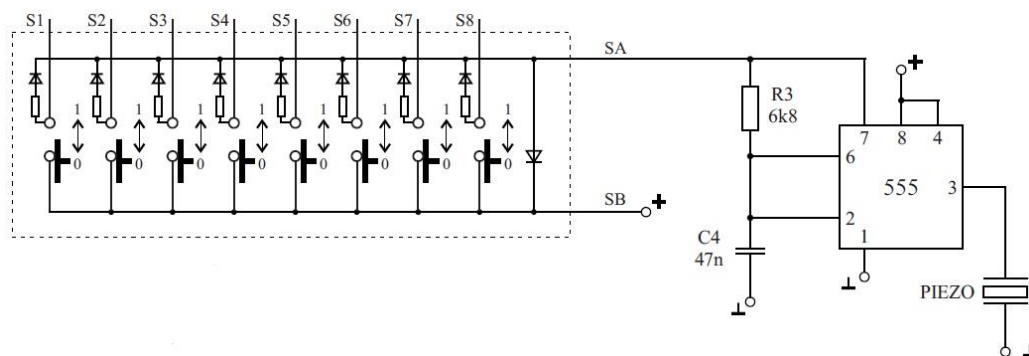
Spínač	Výstup čítače							
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q7
S1	2 s							
S2								
S3								
S4								
S5								
S6								
S7								
S8								

Tab. 9.1: Časy na minutce

¹¹ Viz 8.

10. Frekvenční měnič s bzučákem

V předchozích kapitolách jsme ke schémátům připojovali bzučák, jehož frekvenci bylo možné měnit otočením potenciometru, tedy změnou nabíjecího/vybíjecího odporu kondenzátoru.¹² Na Obr. 10.1 je obvod, ve kterém můžeme jednotlivé frekvence volit sepnutím spínačů.



Obr. 10.1: Frekvenční měnič

V momentě, kdy jsou všechny spínače vypluty, je kondenzátor C4 vybitý a na výstupu obvodu 555 je LOG-1. Pokud nastavíme pouze spínač S8 do polohy zapnuto, začne se kondenzátor C4 nabíjet přes odpor R3. Protože spínač S8 má největší odpor ze všech spínačů S1-S8, bude se kondenzátor nabíjet nejpomaleji. Bude tedy trvat dlouhou dobu¹³, nežli se kondenzátor nabije a změní se tak vstupní stavy obvodu 555 a tedy i jeho výstup na LOG-0. Při této změně dojde k otevření vstupu 7 obvodu 555 a následnému vybíjení kondenzátoru C4. Na piezo členu se změnila LOG-1 na LOG-0. Pokud se kondenzátor C4 vybijí, změní se opět stav na vstupech obvodu 555 na LOG-0, výstup 3 na LOG-1, vstup 7 se odpojí od země a kondenzátor se opět nabíjí. Takto se děj opakuje. Je jasně vidět, že podstatou pískání piezo členu jsou změny logických úrovní na jeho neuzemněné části.

Z uvedených skutečností je jasné, že rychlost nabíjení a vybíjení kondenzátoru můžeme ovlivnit volbou sepnutých spínačů (jejich odporů). Touto skutečností volíme rychlost změny logických stavů na neuzemněné části piezo členu a tím tedy frekvenci vyluzovaného zvuku.

¹² Rychlost nabíjení a vybíjení kondenzátoru v daných schématech byla nastavována pomocí potenciometru, viz Obr. 2.1, Obr. 3.3 a Obr. 9.1.

¹³ Dlouhou dobu v porovnání s ostatními spínači, v praxi se pořád jedná o zlomky sekundy.

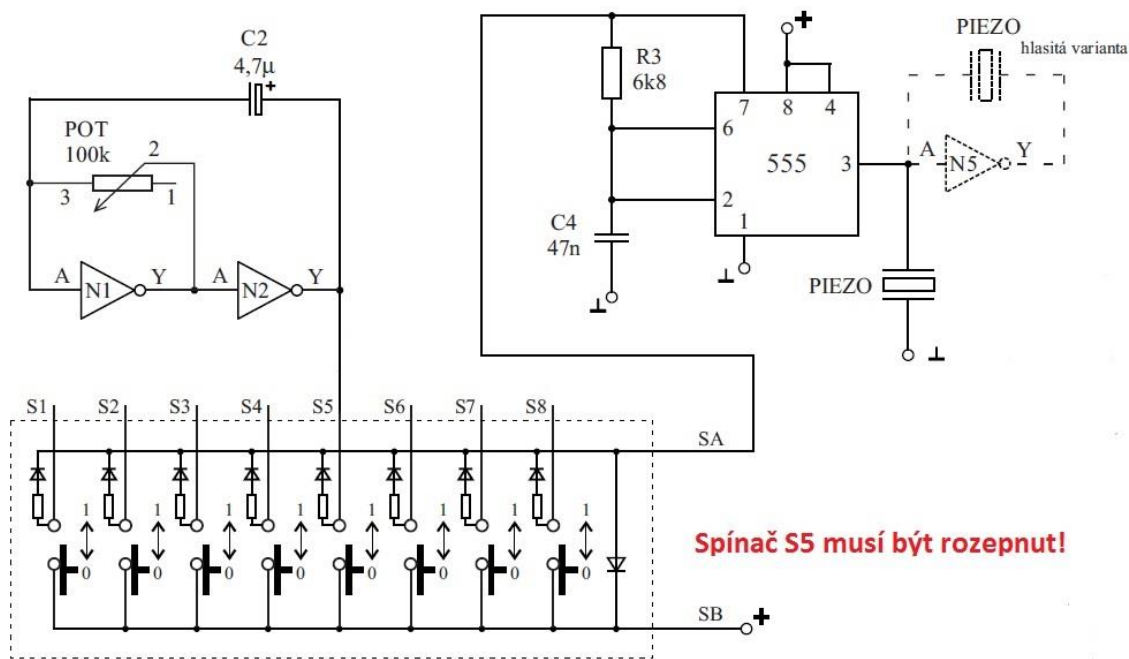
Úkol

1. Jakou kombinaci spínačů S1-S8 musíte nastavit, aby frekvence zvuku piezo členu byla nejvyšší/nejnižší?
2. K obvodu 555 zapojte tlačítko TL1 tak, aby i při nastavení spínačů S1-S8 piezo člen pískal, jen pokud je stlačeno/nestlačeno tlačítko TL1.
3. V čem je zásadní rozdíl v zapojení blikajících diod a bzučáku?

11. Houkačka

Zkusme opět obměnit schéma z předchozí úlohy a zkusme vytvořit dvojtónovou houkačku. Praktické použití by bylo jako poplachový signál, či vyzvánění telefonu. Dále budeme požadovat možnost přepnutí frekvencí pomocí tlačítek. Schéma požadovaného obvodu je na Obr. 11.1.

PŘI ZAPOJOVÁNÍ OBVODU JE TŘEBA DÁVAT POZOR NA TO, ŽE SPÍNAČ, KE KTERÉMU MÁME PŘIPOJEN GENERÁTOR (S5), MUSÍ BÝT VYPNUT! Při nerespektování této skutečnosti dojde po určité době ke zničení invertorů N1 a N2!¹⁴



Obr. 11.1: Houkačka

Jako generátor frekvencí nám bude sloužit obvod sestavený ze dvou negací, potenciometru a kondenzátoru C2. Kondenzátor se střídavě nabíjí a vybíjí, tím přes spínač S5 střídavě protéká a neprotéká proud. Tento proud tedy nabíjí nebo nenabíjí kondenzátor C4. Celá funkce zbývajících částí obvodu je popsána v předchozí kapitole 1. Pokud zároveň sepneme některý ze zbývajících spínačů S1-S8, umožníme kondenzátoru C4 se nabíjet i ve chvíli, kdy z generátoru přes S5 neteče žádný proud. Zajistíme tím druhý tón a zároveň ovlivníme tón vytvořený generátorem, neboť změním velikost nabíjecího proudu kondenzátoru C4.

Délku generovaného signálu můžeme ovlivňovat nastavením potenciometru. Měníme tak velikost nabíjecího proudu kondenzátoru C2 a tedy rychlost jeho nabíjení.

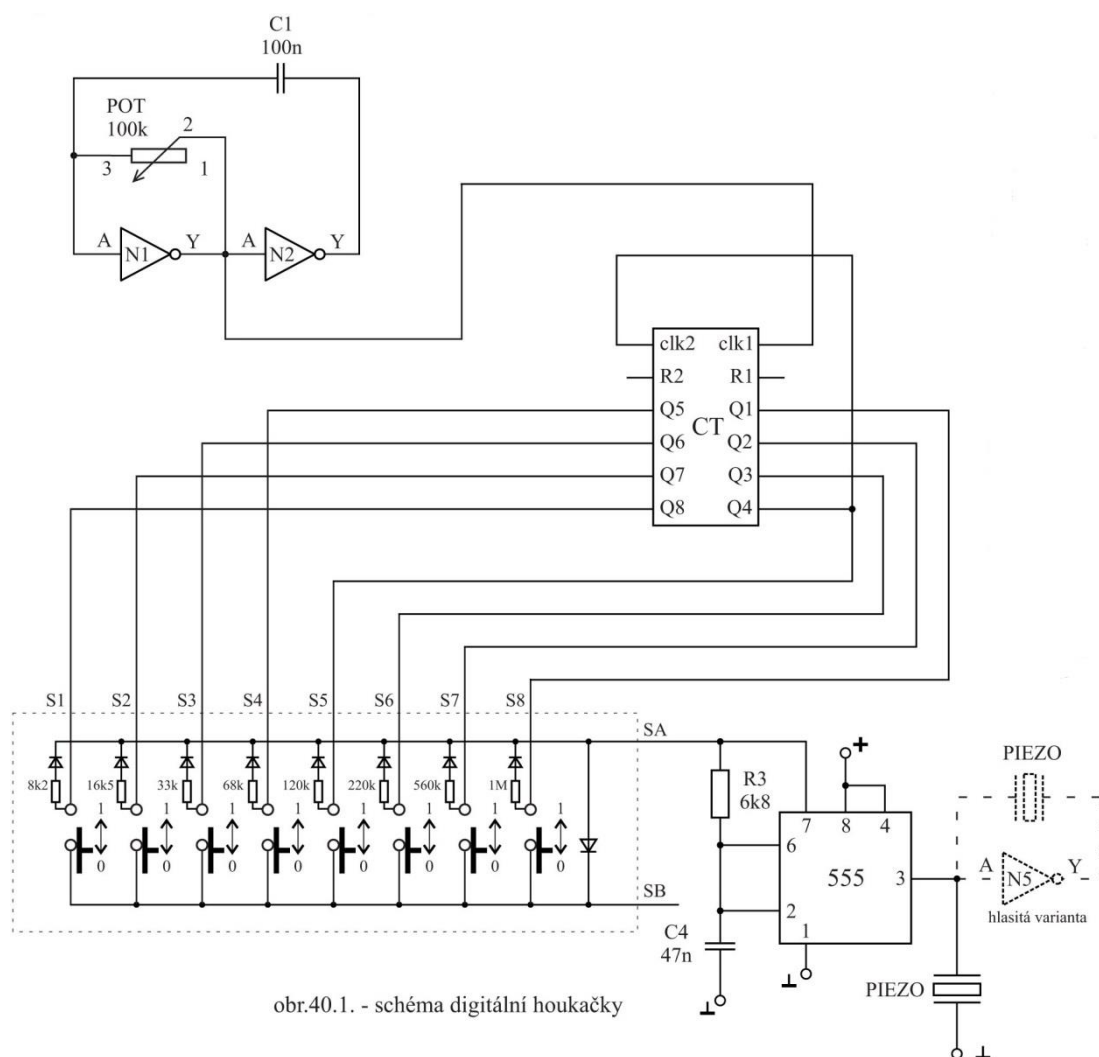
¹⁴ Při sepnutí spínače by do výstupu negace tekla proud a ta by se tím zničila.

Úkol

1. Jak nastavíte jen jednotónovou houkačku a jak dvojtónovou? Proč je to tak možné? Vyzkoušejte.
2. Jak upravíte obvod jednotónové houkačky, aby vyluzovaný zvuk měl co nejvyšší/nejnižší frekvenci? Vyzkoušejte.
3. Zkuste obvod zapojit a nastavit tak, abyste dostali zvuk podobný poplachovému signálu „hoří-hoří“.
4. Vyzkoušejte si různé kombinace dvojtónových houkaček.
5. Pomocí multimetru změřte frekvence generovaného signálu přiváděného na vstup S5 a frekvence signálu na piezo. Měřte při různých variantách sepnutých spínačů. Dále zkuste otáčet potenciometrem, jak se frekvence změní?

12. Převodník číslo-frekvence

V této poslední úloze spojíme znalosti a zkušenosti z předchozích úloh v této sbírce a vytvoříme tak digitální houkačku. Prakticky se jedná o převodník číslo-frekvence. Kde každému číslu můžeme přiřadit právě jednu frekvenci vyluzovaného zvuku. Jak je v číslicové technice zvykem, budeme pracovat ve dvojkové soustavě, nicméně pro přehlednost jí přiřadíme čísla v soustavě desítkové. Skutečnost ilustruje schéma na Obr. 12.1.



obr.40.1. - schéma digitální houkačky

Obr. 12.1: Převodník číslo- frekvence

V levé horní části schématu je generátor, jehož pulzy jsou přivedeny na vstup čítače clk1. Délku pulzů můžeme nastavovat potenciometrem. Výstupy čítače Q1-Q8 jsou připojeny k tlačítkům S8-S1. Z předchozích kapitol víme, že každý další výstup čítače má oproti svému předchůdci dvojnásobnou frekvenci.

Jsou-li všechny spínače S1-S8 v poloze sepnuto (nahore), všechny výstupy čítače jsou uzemněny a nebude tedy znít žádný zvuk. Rozepneme-li tedy spínač S1, kondenzátor C4 se bude nabíjet přes nejnižší možný odpor (spínač S1). Skutečnost, že

nám teče do C4 nejvyšší úroveň signálu způsobí, že piezo bude vyluzovat zvuk o nejvyšší frekvenci ze všech jednotlivých rozepnutých spínačů S1-S8. Každý následující spínač má větší odpor (při rozepnutí – menší nabíjecí proud pro C4). Spínač S2 má oproti S1 dvojnásobný odpor, proto piezo pracuje při tomto zapojení s poloviční frekvencí. Kombinací sepnutí/rozepnutí spínačů můžeme dostat různé frekvence zvuků.¹⁵

Další vliv na výslednou podobu zvuku bude mít i to, ze kterého výstupu Q1-Q2 čítače přivádíme signál do bzučáku. Z kapitoly 1 víme, že signál z výstupu Q8, má oproti signálu z výstupu Q1 256krát menší frekvenci. Znamená to mnohem větší pauzy v nabíjení/vybíjení kondenzátoru C4 a tím i slyšitelné pauzy v pískání bzučáku.

Pokud rozepneme všechny spínače S1-S8 uslyšíme zvuk s postupně vzrůstající frekvencí. Frekvence se bude zvyšovat tím, jak se postupně budou na nabíjení kondenzátoru C4 podílet další výstupy čítače. V prvním taktu je to jen Q1 přes S1 (tedy nejnižší frekvence), v druhém taktu jen Q2 přes S2 (vyšší frekvence), v třetím taktu Q1 i Q2 zároveň (ještě vyšší frekvence) atd. Situaci nejlépe ilustruje Tab. 12.1, která je kvůli přehlednosti uvedena jen pro čtyři poslední spínače. Samozřejmě bychom mohli tabulku napsat pro všech osm spínačů, ta by však při osmi binárních výstupech měla 256 řádků.¹⁶

Číslo (desítková soustava)	Číslo (dvojková soustava)			
	S8 Q1	S7 Q2	S6 Q3	S5 Q4
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1

Tab. 12.1: Převod čísla na frekvenci

¹⁵ Při rozepnutí samotného S1 a nastavení potenciometru na – uslyšíme dvě frekvence, které odpovídají vyšší a nižší hodnotě signálu (LOG-1 a LOG-0).

¹⁶ Ze dvojkové soustavy vychází pro 8 různých binárních stavů 2^8 možností, tedy 256.

Z Tab. 12.1 je dobře vidět, jak každému číslu (ať už v dekadické formě nebo binární) odpovídá právě jedna frekvence. Každé číslo, má jedinečnou formu vyjádření jedniček a nul (proudů tekoucích přes jednotlivé spínače).

Úkol

1. Vyzkoušejte různé kombinace sepnutých a rozepnutých spínačů.
2. Zkuste k Tab. 12.1 doplnit, kolikrát bude frekvence daného stavu vyšší, nežli stavu označeného v dekadické soustavě jako 1. Pozor – rozmyslete si, jaká je frekvence následujícího stavu oproti původnímu a uvědomte si fakt, že vzniklý zvuk je vždy kombinací zvuků předchozích stavů.
3. Zkuste některé výstupy čítače Q1-Q9 odpojit, či připojit na různé kombinace spínačů S1-S8, dostanete tak nové zvuky.

konfiguraci otevírá tranzistor a umožňuje vybíjení přes vstup 7. Pokud přivedeme na vstup 6 LOG-1 (větší napětí, nežli na vstupu 5 do vrchního komparátoru), přivedeme na vstup R RS obvodu LOG-1, výstup negovaného RS obvodu bude LOG-1 a celkový výstup obvodu 555 bude LOG-0. Zároveň je opět otevřen vybíjecí tranzistor u vstupu 2.

Dvojková soustava

Dvojková soustava pracuje jen se dvěma stavy: 0 a 1. My jsme zvyklí běžně počítat v desítkové soustavě, tedy s deseti stavy (0-9). Na jedné platné cifře se tedy v desítkové soustavě může vystřídat deset hodnot, ve dvojkové se na jedné platné cifře (jeden bit) mohou vystřídat jen dvě hodnoty. Pokud přičteme v desítkové soustavě k číslu devět jedničku, dojde k přenosu do vyššího řádu a na místě devítky se objeví číslo nula. Pokud přičteme k číslu deset jedničku, součet se projeví opět jen v nejnižším řádu atd. Dvojková soustava funguje na stejném principu, posledním číslem v řádu je však jednička. Jedna pus jedna znamená tedy přenos do vyššího řádu a v daném řádu začínáme opět od nuly. Situaci znázorňuje obrázek níže.

Desítková soustava	Dvojková soustava
0	0
+1	+1
1	1
9	1
+1	+1
10	10
10	10
+1	+1
11	11
11	11
+1	+1
12	100

Obr. P. 2: Desítková a dvojková soustava

Doporučená literatura

- [1] PODLEŠÁK, Jiří a Petr SKALICKÝ. *Spínací a číslicová technika*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 1994, 235 s.
- [2] Šafařík, Jakub. *Netradiční sbírka z fyziky – Logické obvody a jejich zapojení*. 1. vyd. Praha: Gymnázium Botičská, 2012, 51 s.
Dostupné z: <http://gybot.cz>
- [3] HÁJEK, Jan. *Časovač 555: praktická zapojení s jedním časovačem*. 2. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 1999, 127 s. ISBN 80-901-9841-4.
- [4] SCHOMMERS, Anton. *Elektronika tajemství zbavená: objevovat, experimentovat, porozumět*. 1. české vyd. Ostrava: HEL, 1998, 112 s. ISBN 80-902-0599-2.
- [5] SVOBODA, Ivan a Radka SVOBODOVÁ. *Průvodce stavebnicí VOLTÍK III*. Ostrava – Petřkovice: SVOBODA, 2000.
Dostupné z: http://voltik.cz/fotky/voltik/v3/prirucka_v3.pdf
- [6] KOLOUCH, Jaromír a Viera BIOLKOVÁ. *Impulzová a číslicová technika* [online]. Brno, [cit. 2012-07-22]. Dostupné z: <http://www.unium.cz>
- [7] BARTONĚK, Luděk. *Informatika I: Struktura počítačů* [online]. Olomouc, 2012 [cit. 2012-07-22]. ISBN 978-80-244-2973-1.
Dostupné z: <http://fyzika.upol.cz/cs/predmety-kef-slo/informatika-1>