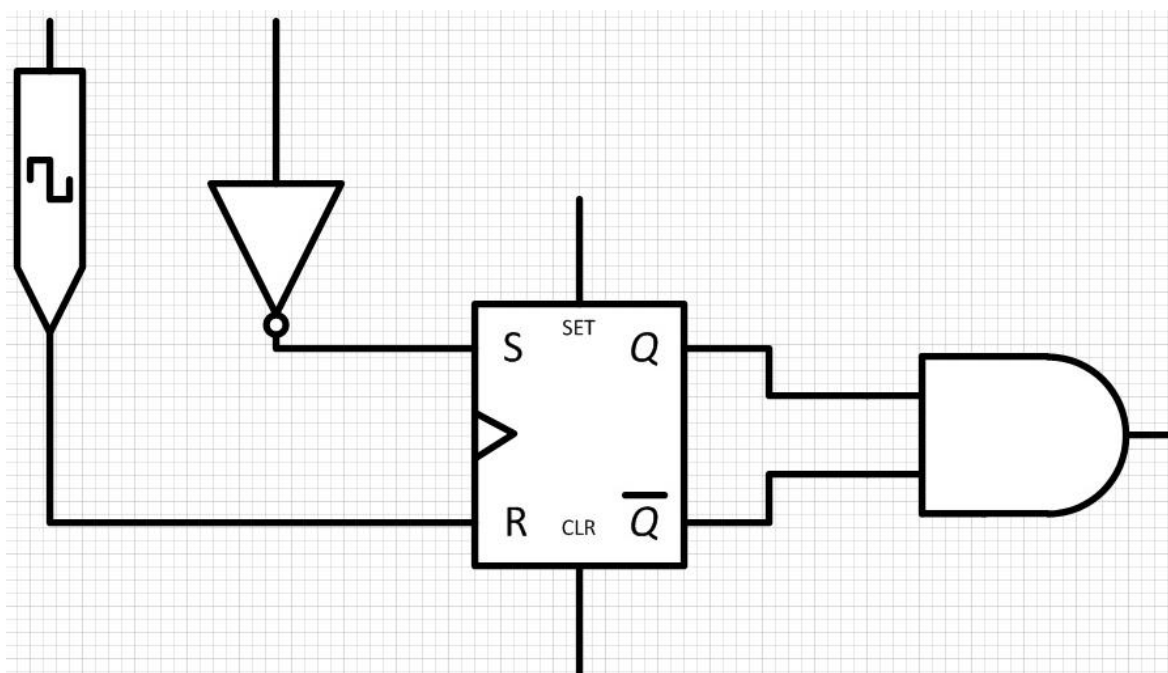


Netradiční sbírka z fyziky

Logické obvody a jejich zapojení

Jakub Šafařík



Obsah

Úvod	1
I. Základní zapojení	3
1. Světelné diody	3
2. Spínače	5
II. Logické funkce a logické členy	7
3. NOT (Invert) – negace	9
4. AND – konjunkce	10
5. OR – disjunkce	15
6. NAND	17
7. NOR	19
8. XNOR – ekvivalence	21
III. Kombinační obvody	23
9. Turnaj ve stolním tenise	27
10. Taneční vystoupení	29
11. Schůze studentské rady	31
12. Losování	33
13. Kódový zámek	35
14. Světelný spouštěč	37
15. Školní výlet	39
IV. Klopné obvody	41
16. Schmittův klopný obvod	41
17. Optická signalizace	43
18. Akustická signalizace	45
19. Opticko-akustická signalizace	49
Doporučená literatura	51

Seznam obrázků

Obr. 1.1: Vnitřní zapojení pole svítivých diod	3
Obr. 1.2: Propojení jednotlivých diod	4
Obr. 1.3: Schematické znázornění panelu diod	4
Obr. 1.4: Šipka.....	4
Obr. 2.1: Pole spínačů	5
Obr. 2.2: Řádky svítících diod	5
Obr. II.1: Logické členy	7
Obr. 3.1: Zapojení IO 74HC14	9
Obr. 3.2: Značka invertoru	9
Obr. 3.3: Označení invertoru ve stavebnici	9
Obr. 3.4: Obvod s invertorem: obvod s invertorem	10
Obr. 3.5: Zapojení dvou invertorů	10
Obr. 4.1: IO 74HC08.....	11
Obr. 4.2: Konjunkce (AND)	13
Obr. 4.3: Čtyřvstupový AND	14
Obr. 5.1: IO 74HC32.....	15
Obr. 5.2: Disjunkce (OR)	16
Obr. 5.3: Čtyřvstupový OR	16
Obr. 6.1: Zapojení členu NAND	17
Obr. 7.1: Zapojení členu NOR.....	19
Obr. 8.1: Zapojení XNOR.....	22
Obr. III.1: Světelný spouštěč	24
Obr. 9.1: Turnaj ve stolním tenise.....	28
Obr. 10.1: Taneční vystoupení	29
Obr. 11.1: Schůze studentské rady	31
Obr. 12.1: Losování.....	33
Obr. 13.1: Kódový zámek	35
Obr. 13.2: Kódový zámek s poplašným zařízením	36
Obr. 14.1: Světelný spouštěč.....	37
Obr. 15.1: Školní výlet	39
Obr. 16.1: Schmittův klopný obvod.....	41
Obr. 16.2: Rozšířený Schmittův klopný obvod	42
Obr. 17.1: Blikač.....	43
Obr. 17.2: Upravený blikač	44
Obr. 18.1: Bzučák.....	45
Obr. 18.2: Hlasitý bzučák.....	46
Obr. 18.3: Ovládaný bzučák.....	46
Obr. 18.4: Bzučák spínaný dvěma tlačítky.....	47
Obr. 19.1: Opticko-akustická signalizace	49
Obr. 19.2: Akustický blikač.....	50

Seznam tabulek

Tab. 3.1: Funkční tabulka negace (invertoru).....	10
Tab. 3.2: Dva invertory.....	10
Tab. 4.1: Funkční tabulka AND.....	12
Tab. 4.2: Funkční tabulka pro třívstupový člen.....	12
Tab. 4.3: Výrok konjunkce	12
Tab. 5.1: Funkční tabulka OR.....	15
Tab. 6.1: Funkční tabulka NAND	17
Tab. 6.2: Příklad NAND	18
Tab. 7.1: Funkční tabulka NOR.....	19
Tab. 7.2: Vyznamenání	19
Tab. 8.1: Funkční tabulka XNOR.....	21
Tab. 8.2: Příklad funkce XNOR	21
Tab. 9.1: Turnaj ve stolním tenise.....	27
Tab. 10.1: Taneční vystoupení	29
Tab. 15.1: Školní výlet	39
Tab. 15.2: Rozdělení spínačů	39

Seznam rovnic

Rce. II.1: Aritmetický součin	7
Rce. II.2: Logický součin.....	7
Rce. 3.1: Funkce NOT.....	9
Rce. 4.1: Logický součin	11
Rce. 5.1: Funkce OR	15
Rce. 6.1: Funkce NAND.....	17
Rce. 7.1: Funkce NOR.....	19

Předmluva

Logické obvody, respektive přístroje založené na těchto obvodech, v dnešní době využíváme prakticky všichni. Téměř každé zařízení napájené elektrinou obsahuje čip, který pracuje na principech logických obvodů. Tyto přístroje pracují na jednoduchém principu – vstupem, např. stiskem tlačítka, nebo spuštěným programem, ovládáme výstup. V dnešní době se většina lidí staví do role pouhých uživatelů. Netuší, co se nachází uvnitř těchto přístrojů a na jakém principu fungují. Uvědomit si vztah mezi vstupem a výstupem určitého systému, vede k pochopení základních principů elektronických zařízení. Za tímto účelem byla sbírka vytvořena.

Učebnice objasňuje funkce základních stavebních bloků logických obvodů. Text je zaměřen na praktické realizace těchto obvodů. K tomuto účelu je nejvhodnější použít stavebnici VOLTÍK III, z které jsou převzata některá schémata a návrhy obvodů [1]. 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 a elektrických obvodů zhruba na úrovni základní školy.

Text je rozdělen do devatenácti 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 další informace sahající za rámec této sbírky.

Věřím, že učebnice poslouží čtenářům k pochopení základních principů a zapojení 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 Trutnově 27.7.2012, rev. 1.0.6

Úvod

V gymnaziálním učivu matematiky se setkáváme s partií matematiky nazvanou matematická (výroková) logika. Tento matematický obor se zabývá studiem logiky pomocí matematických prostředků. Význam matematické logiky pro náš běžný život však z matematických souvislostí nemusí být zcela patrný. Spojíme-li však matematiku s technikou a přidáme elektronické přístroje a různá zařízení, význam matematické logiky z tohoto spojení jasně vyplyne. Všechna zařízení ovládáme určitými způsoby, které jsou pro ně typické. Ve své podstatě však pouze výstup (to co zařízení dělá a to co od něj požadujeme) je posloupnost jednotlivých dějů, které jsou řízeny vstupem (ovládání přístroje). Spojení ze vstupu na výstup nám po technické stránce zajišťují elektrické obvody a po logické stránce právě matematika. Jednoduchý příklad – pokud přepnu vypínač na mixéru z polohy 0 do polohy 1, mixér se roztočí.

Jednoduchou souvislost mezi vypínačem a funkcí mixéru vidí každý a je ji schopen pochopit i kdejaký fotbalista. Hlubavější jedince však bude zajímat, jak se ona jednička ze vstupu dostala až na výstup a umožnila připravit jeho oblíbený dort. Zde nastupuje podrobnější analýza vnitřních elektrických obvodů a řídicích obvodů ve spolupráci s matematickou logikou. V následujících devatenácti úlohách jsou jednoduchá zapojení popsána právě z hlediska elektrického zapojení i z hlediska logické funkce. Pokud pochopíme funkci, smysl a logiku jednoduchých obvodů, jsme nadále schopni tyto poznatky rozšiřovat na mnohem složitější systémy a funkční bloky.

Spojme tedy teoretické znalosti matematiky s praktickými znalostmi zapojení elektrických obvodů a pojďme objevovat krásy techniky...

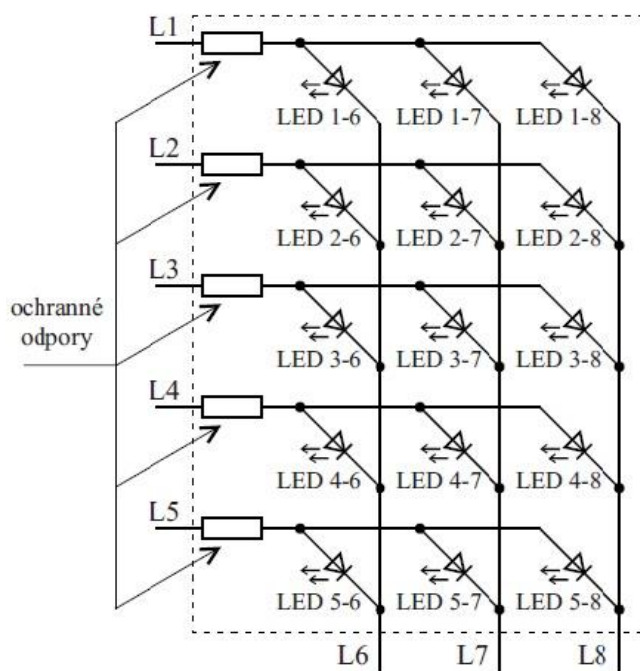
I. Základní zapojení

V následujících dvou kapitolách budou popsány základní principy zapojení nejjednodušších typů obvodů a postup práce pro řešení jednoduchých úloh za pomoci stavebnice. Bez pochopení těchto základních principů nelze pokračovat dále ke složitějším zapojením. Předpokládá se základní znalost elektrických obvodů.

1. Světelné diody

Jako identifikátor zapojení budeme ve valné většině úloh používat světelné diody¹. Díky diodám můžeme velmi snadno rozpoznat, je-li úloha správně zapojena a dále zkoumat logické výstupy v závislosti na vstupech. Jednoduše řečeno, vidíme, jestli dioda svítí, nebo nesvítí².

Kombinací propojení zdírek L1 až L8 s napájením můžeme rozsvěcovat různé skupiny světelných diod. Výhodou je, že vnitřní zapojení panelu neumožňuje zničení diod při jakémkoliv zapojení do ostatních částí stavebnice. Na Obr. 1.1 je vidět zapojení jednotlivých diod včetně ochranných rezistorů.



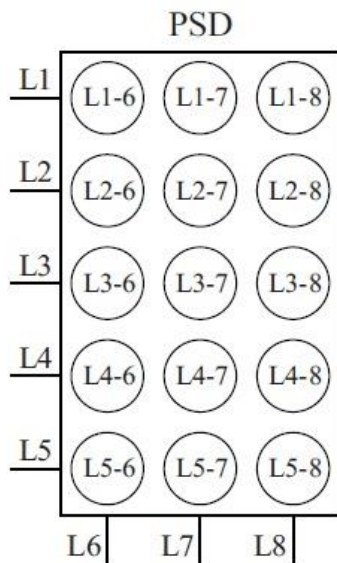
Obr. 1.1: Vnitřní zapojení pole svítivých diod

Dioda svítí jen při správné polaritě připojeného napětí. Tedy některá ze vstupních svorek L1 až L5 musí být připojena vždy na kladný pól zdroje a odpovídající výstup L6 až L8 na záporný pól zdroje (zem). Ve schématu vidíme, že elektrický proud musí protékat ve směru šipky, která reprezentuje značku diody.

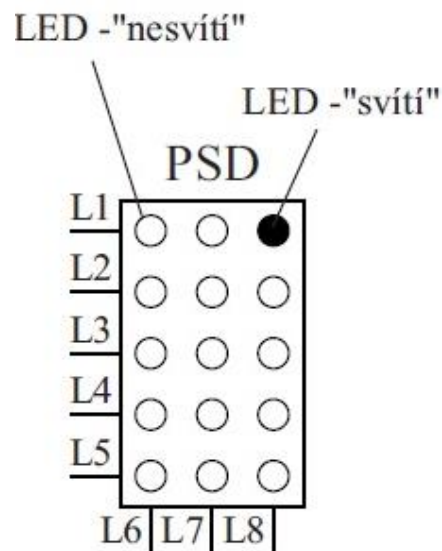
¹ Anglická zkratka LED pro světelnou diodu znamená Light Emitting Diode.

² Svítící dioda bude reprezentovat logický stav 1 (LOG-1), nesvítící logický stav 0 (LOG-0).

Představme si, že nyní chceme rozsvítit jen jedinou diodu – třeba tu v pravém horním rohu. Musíme tedy připojit vstup, kterému odpovídá svorka L1 a výstup L8. Dioda, která se rozsvítí, se vždy nachází v průsečíku vstupu a výstupu, viz Obr. 1.2. Značení, které budeme používat v dalších schématech je na Obr. 1.3.



Obr. 1.2: Propojení jednotlivých diod

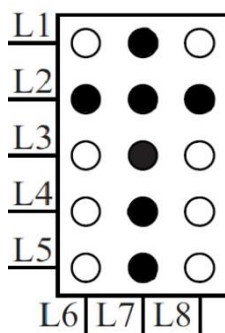


Obr. 1.3: Schematické znázornění panelu diod

Vždy při zapojování propojíme kladný pól soustavy čtyř baterií U+ s řadou devíti svorek v červeném poli, označených jako +. Analogicky také propojíme U- se zeleným polem devíti svorek označených jako zem. Propojení zdroje s dalšími částmi stavebnice realizujeme již z těchto svorek.

Úkol

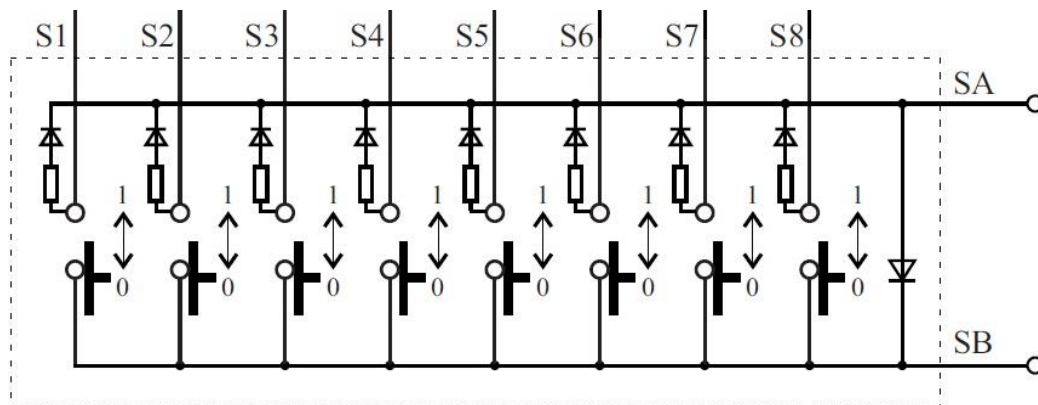
1. Zapojte pole diod tak, aby se rozsvítil celý první sloupec.
2. Zapojte pole diod tak, aby se rozsvítil celý poslední řádek.
3. Lze zapojit pole diod tak, aby svítící diody vytvořili „šipku“, viz Obr. 1.4?



Obr. 1.4: Šipka

2. Spínače

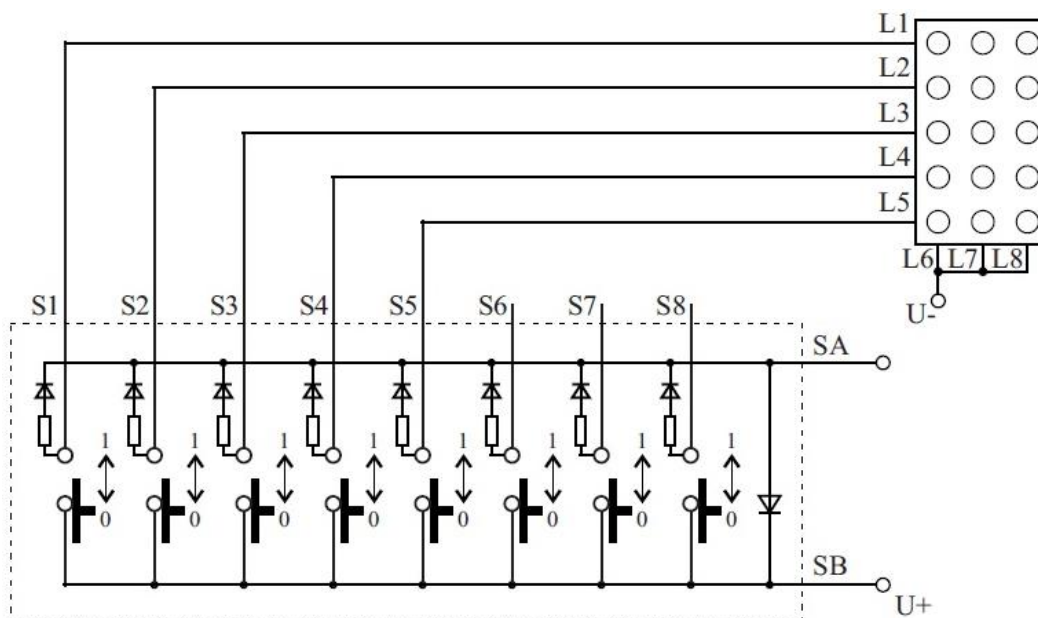
Při zapojování složitějších obvodů budeme potřebovat měnit jednotlivé vstupy. K tomu nám poslouží právě spínače. Na stavebnici jsou spínače označeny symboly S1 až S8. Pro pochopení zapojení jednotlivých spínačů slouží Obr. 2.1.



Obr. 2.1: Pole spínačů

Z Obr. 2.1 je vidět, že pokud připojíme vstup SB na kladný pól napájení, na stavebnici vyznačeno jako $U+$, tak přepínáním jednotlivých spínačů z polohy 0 do polohy 1 získáme na výstupu S1 až S8 připojené napětí $U+$. V dalších úlohách takto můžeme nastavovat logické úrovně na LOG-0 nebo LOG-1. Ze schématu je též vidět, že spínače jsou připojeny přes váhové odpory a diody na výstup SA, čehož využijeme u složitějších zapojení.

Nyní se pokusíme zapojit obvod, kterým budeme moci rozsvěcovat jednotlivé řady diod. Obvod je na Obr. 2.2 a je poměrně jednoduchý na zapojení.



Obr. 2.2: Řádky svítících diod

Ke spínání můžeme použít také přepínač SW, nachází se v levé horní části stavebnice ve žlutém poli. Oproti spínačům nám navíc umožňuje přepínání mezi jednotlivými vstupy (výstupy)³.

Úkol

1. Zapojte spínače a diody tak, abyste mohli rozsvěcovat jednotlivé sloupce diod.
2. Realizujte obvod, ve kterém díky přepínači SW budete střídavě rozsvěcet jednu a druhou diodu.
3. Sestavte obvod, který bude schopen střídavě rozsvěcet první dva, nebo poslední dva řádky pole diod, případně nechat vše zhasnuto.

³ Jestli se jedná o vstupy nebo výstupy závisí na konkrétním zapojení. Realizovat lze obě možnosti.

II. Logické funkce a logické členy

Logická funkce vyjadřuje vztah mezi vstupními a výstupními hodnotami, podobně jako v matematice. Například součin:

$$A \cdot B = C,$$

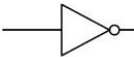
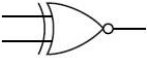
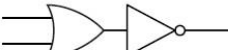
Rce. II.1: Aritmetický součin

kde vstupní hodnoty jsou činitelé A , B a výstupní hodnota C . Obdobně bude vypadat funkce logický součin:

$$A \cdot B = C,$$

Rce. II.2: Logický součin

kde veličiny A , B i C nabývají pouze hodnot logická 0, nebo logická 1 (LOG-0, LOG-1). Na rozdíl od algebraických funkcí, které lze poměrně složitě modelovat elektrickými obvody, mají logické funkce v elektronice jednoduché vyjádření a lze je snadno modelovat pomocí spínačů nebo elektronických logických členů. V praxi to znamená, že propojíte logické členy se spínači a výstupními indikátory (nejlépe diodami). Spínači si nastavíte hodnoty vstupních veličin a stavebnice vám vaši logickou úlohu vyřeší – diody ukáží logický výsledek. Ve stavebnici jsou dostupné následující logické členy.

	schematická značka	
INVERT - inverze - opak - negace		zapojení pomocí logických členů obsažených ve stavebnici Voltík 3.
AND - konjunkce - a zároveň		
OR - disjunkce - nebo		
NAND - negace AND		
NOR - negace OR		
XNOR - ekvivalence - shoda		
		
		

Obr. II.1: Logické členy

3. NOT (Invert) – negace

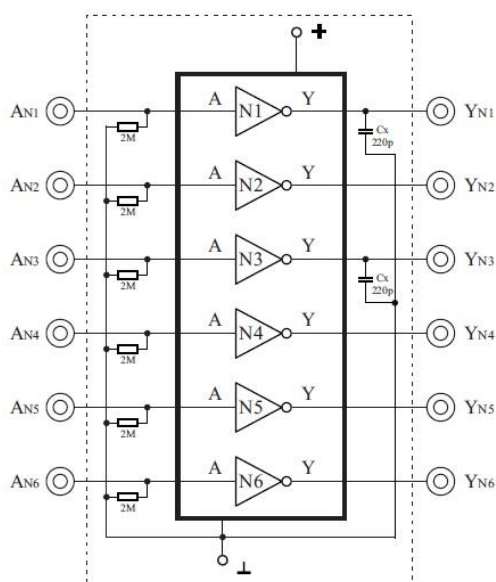
Jednou z nejjednodušších logických funkcí je negace. Logickým členem, který ji odpovídá, je invertor. Tento člen má za úkol přenést vstupní hodnotu A na výstup Y, při čemž tuto hodnotu změní na opačnou:

$$Y = \bar{A}.$$

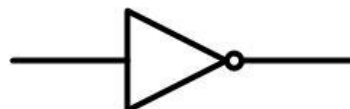
Rce. 3.1: Funkce NOT.

Pokud tedy na vstupu máme LOG-1, na výstup se nám přenese LOG-0 a obráceně.

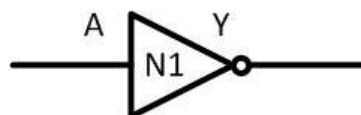
Otázka, která by mohla napadnout hloubavého čtenáře, by zněla následovně: Jak je možné, že když na vstupu invertoru není žádné napětí, na výstupu se nějaké objeví, odkud? Odpověď zní takto: Invertor musí mít opačnou hodnotu na vstupu nežli na výstupu, tudíž opravdu nějaké napětí na vstup přivede. To je zajištěno tím, že logické součástky jsou samostatně napájeny, jak je vidět na Obr. 3.1, proto je také nutné připojit ve stavebnici U+ na zdířky + a U- na zdířky zem, odtud jsou logické součástky napájeny.



Obr. 3.1: Zapojení IO 74HC14



Obr. 3.2: Značka invertoru



Obr. 3.3: Označení invertoru ve stavebnici

Na Obr. 3.1 je vidět integrovaný obvod 74HC14, který obsahuje 6 invertorů a je použit ve stavebnici VOLTÍK⁴. Obr. 3.2 znázorňuje schematickou značku invertoru a následující Obr. 3.3 ukazuje značení invertoru ve stavebnici⁵ včetně vstupu A a výstupu Y. Funkci negace si pro názornost popíšeme funkční tabulkou⁶ – Tab. 3.1. Hodnoty 1 a 0 ve funkčních tabulkách budou vždy znamenat LOG-0 a LOG-1.

vstup A	výstup Y
---------	----------

⁴ Kondenzátory Cx jsou zapojeny za účelem lepší stability.

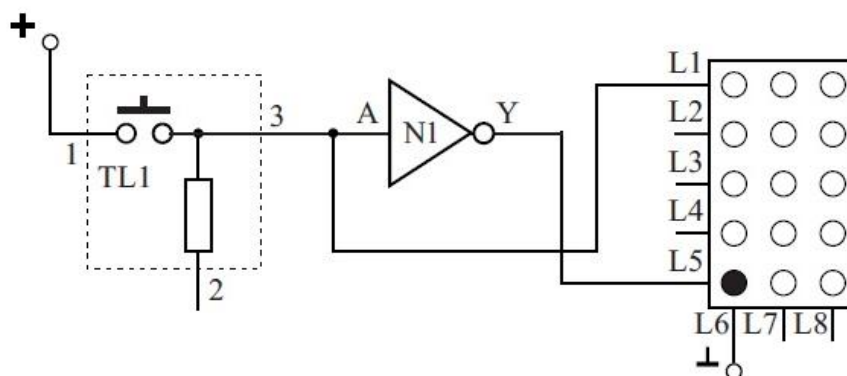
⁵ Značky dalších logických členů dále nebudou uváděny samostatně, neboť ze schématu je vždy patrné, o jakou součástku se jedná.

⁶ Někdy se označuje jako pravdivostní tabulka.

1	0
0	1

Tab. 3.1: Funkční tabulka negace (invertoru)

Zkusme nyní zapojit jednoduchý obvod s invertorem tak, jak je naznačeno na Obr. 3.4. Ještě před tím, nežli obvod zapojíte, vysvětlete jeho funkci. Kdy bude která dioda svítit?



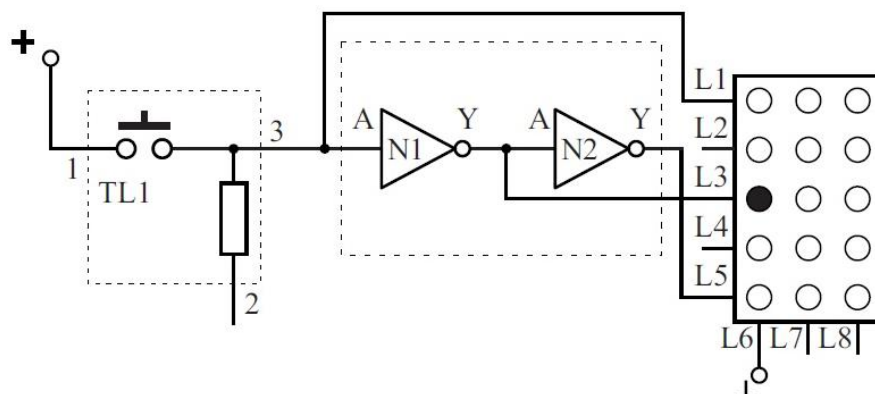
Obr. 3.4: Obvod s invertorem: obvod s invertorem

Úkol

1. Která dioda v zapojení na Obr. 3.4 indikuje vstup, která výstup a proč?
2. Jak souvisí funkční tabulka Tab. 3.1 s rozsvěcováním a pohasínáním diod na Obr. 3.4.
3. Napište funkční tabulku pro obvod na Obr. 3.5, rozhodněte, za jaké podmínky (TL1) bude která dioda svítit. Jak odpovídají diody vstupům a výstupům funkční tabulky? Obvod sestavte a ověřte správnost svého řešení.

A1	Y1=A2	Y2

Tab. 3.2: Dva invertory



Obr. 3.5: Zapojení dvou invertorů

4. AND – konjunkce

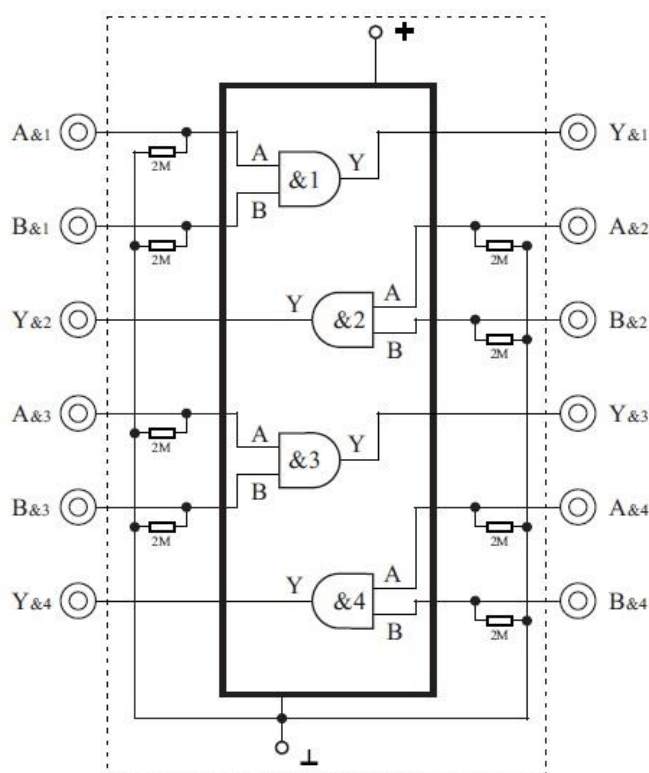
Další logická funkce je konjunkce, reprezentovaná členem AND. Tento člen má dva vstupy – A, B a jeden výstup Y. Na výstupu se objeví LOG-1 pouze tehdy, mají-li oba vstupy hodnotu LOG-1, jinak je na výstupu LOG-0. Jedná se tedy o logický součin:

$$Y = A \cdot B.$$

Rce. 4.1: Logický součin

Logické vstupy mezi sebou jednoduše vynásobíme jako běžná čísla a výsledek určí logickou hodnotu výstupu. Členu AND se též říká hradlo, neboť jedním vstupem (LOG-0, nebo LOG-1) můžete řídit to, jestli signál z druhého (LOG-1) projde na výstup.

Ve stavebnici jsou členy AND reprezentovány integrovaným obvodem 74HC08, který je znázorněn na Obr. 4.1: IO 74HC08⁷.



Obr. 4.1: IO 74HC08

Chceme-li zapsat funkční tabulku pro více vstupový člen, postupujeme následovně. Abychom postihli všechny možné kombinace na vstupech, u jedné proměnné střídáme 0 a 1, u další proměnné (která odpovídá další bitové úrovni) budou nejprve dvě 0 a následují dvě 1. Tato situace popisuje i náš člen AND – Tab. 4.1. Počet možných stavů pro dvě proměnné, kde každá může nabývat dvou hodnot, je 2^2 , tedy 4.

⁷ Odporů 2M jsou připojené na zem, jinak by bylo nutné pro správnou funkci obvodu nepoužité vstupy na zem připojit ručně.

Kdybychom měli 3 vstupy, budou se nejprve střídát 0 a 1, dále dvě 0 a dvě 1 a nakonec čtyři 0 a čtyři 1. Počet všech možných stavů je 2^3 , tedy 8 – Tab. 4.2.

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Tab. 4.1: Funkční tabulka AND

A	B	C	Y
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

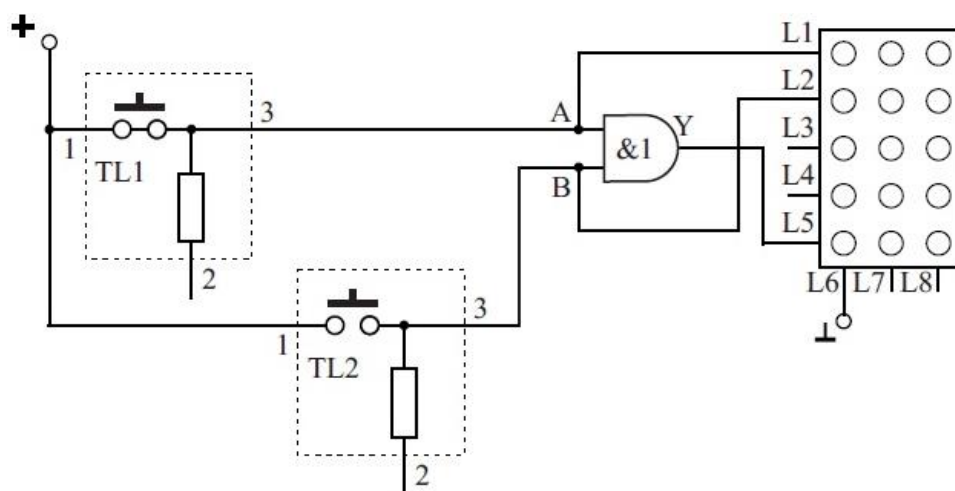
Tab. 4.2: Funkční tabulka pro třívstupový člen

Zavzpomínejme nyní na matematiku – konkrétně na výrokovou logiku, a pojďme ověřit správnost následujícího výroku: Alexandr Veliký dobyl Perskou říši a Ankara je hlavní město Turecka. Máme tedy dva dílčí výroky. Jako výrok A označíme dobytí Perské říše Alexandrem Velikým, jako výrok B nám poslouží Ankara jakožto hlavní město Turecka. Mezi oběma výroky je spojka a (AND), tedy konjunkce. Jak bylo výše řečeno, celý výrok je pravdivý $Y = 1$, pokud jsou pravdivé i jednotlivé vstupy $A = 1$ a zároveň $B = 1$. Pravdivostní tabulka pro náš výrok – Tab. 4.3.

A (dobytí Perské říše Alexandrem Velikým)	B (Ankara je hlavní město Turecka)	Y (Alexandr Veliký dobyl Perskou říši a Ankara je hlavní město Turecka)
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Tab. 4.3: Výrok konjunkce

Protože jsme inteligentní lidé, víme, že oba dílčí výroky (vstup A i vstup B) jsou pravdivé, je tedy pravdivý celý výrok (výstup Y). V Tab. 4.3 je tato skutečnost vyznačena tak, že jí odpovídající řádek je vybarven šedou barvou. Nyní zkusme sestavit odpovídající obvod, který je na Obr. 4.2



Obr. 4.2: Konjunkce (AND)

Analyzujeme nyní celou situaci podrobně. Pokud by výrok A nebyl pravdivý, na vstupu A by byla LOG-0, tlačítko TL1 by nebylo stlačeno, dioda L1-L6 (levý horní roh) by nesvítila. Protože výrok A pravdivý je, stlačíme tlačítko TL1, tím přivedeme na vstup AND A hodnotu LOG-1, dioda L1-L6 se rozsvítí a signalizuje nám pravdivost prvního výroku. Naprosto stejně funguje druhý vstup B, protože je výrok pravdivý, stlačíme tlačítko TL2 a na vstup AND B přivedeme též LOG-1, tuto skutečnost nám potvrdí dioda L2-L6 tím, že se také rozsvítí. Protože oba vstupy mají hodnotu LOG-1, dle funkční tabulky Tab. 4.1, bude i výstup nabývat hodnoty 1 a dioda L5-L6 se rozsvítí. Přepneme-li jakýkoliv vstup, případně oba najednou, na jinou hodnotu, bude na výstupu podle Tab. 4.1 LOG-0 a dioda L5-L6 nebude svítit.

Úkol

1. Vysvětlíte, jak funguje člen AND.
2. Sestavte funkční tabulku pro čtyřvstupový člen AND a rozhodněte, kdy bude výstup nabývat hodnoty LOG-1. Jaká je pravděpodobnost, že při prvním zapojení vstupů, na kterých jsou náhodně přivedeny hodnoty LOG-0 a LOG1, se na výstupu objeví LOG-1?
3. Sestavte funkční tabulku pro následující výrok, obvodově realizujte a rozhodněte, zda je výrok pravdivý: Nejvyšší horou Krkonoš je Sněžka, Václav III. byl synem Václava II. a chlorofyl je modré barvivo.

-

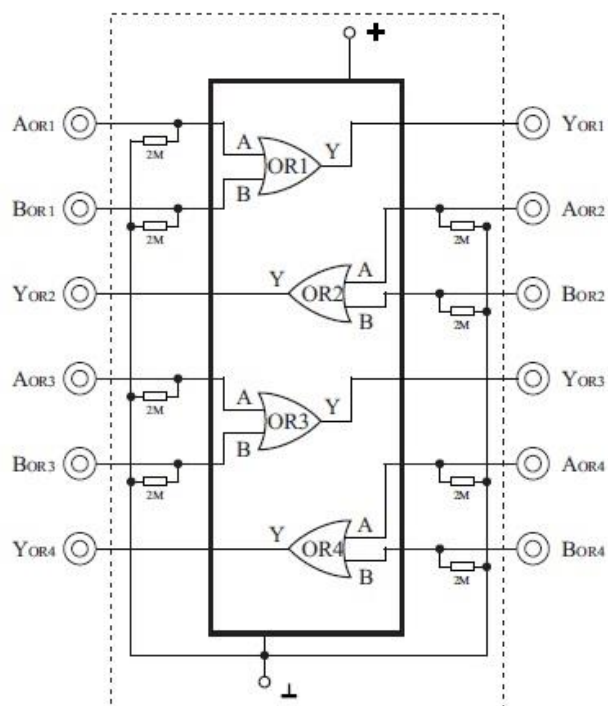
5. OR – disjunkce

Logickou funkci disjunkce, představuje člen OR. Tento člen má dva vstupy – A, B a jeden výstup Y. Na výstupu se objeví LOG-1, pokud má alespoň jeden vstup LOG-1, v případě, že mají oba vstupy hodnotu LOG-0, je i na výstupu LOG-0. Jedná se tedy o logický součet:

$$Y = A + B.$$

Rce. 5.1: Funkce OR

Stačí jeden nenulový vstup a výstupní hodnota už nemůže být nula. Ve stavebnici jsou členy OR reprezentovány integrovaným obvodem 74HC32, který je znázorněn na Obr. 5.1.



Obr. 5.1: IO 74HC32

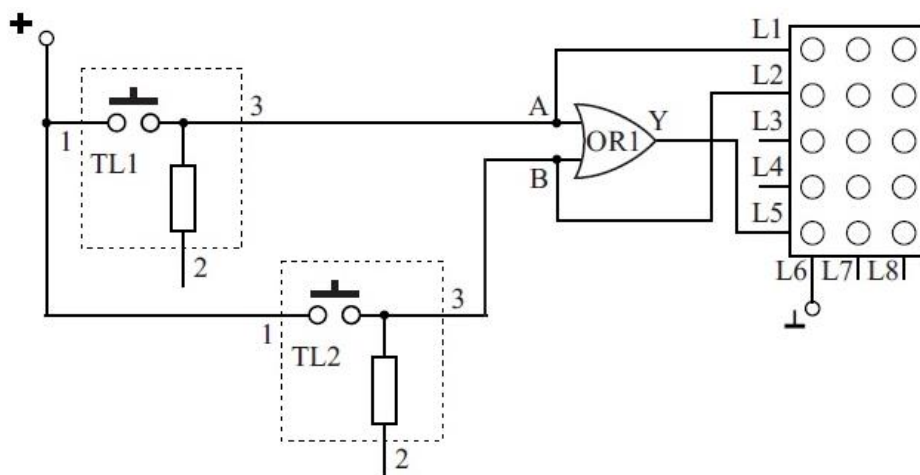
Funkční tabulka pro člen OR bude následující – Tab. 5.1.

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Tab. 5.1: Funkční tabulka OR

Nyní si ukážeme funkci členu OR na jednoduchém příkladu: Sofokles byl slavný řecký starověký dramatik, nebo Jaromír Jágr byl slavný řecký starověký dramatik. Máme tedy dva dílčí výroky. Jako výrok A označíme výrok o Sofoklovi, jako výrok B výrok o Jaromíru Jágrovi. Mezi oběma výroky je spojka nebo (OR), tedy disjunkce. Jak bylo výše řečeno, celý výrok je pravdivý $Y = 1$, pokud je pravdivý alespoň jeden vstup. V našem případě $A = 1$, přičemž $B = 0$. Pravdivostní tabulka pro náš výrok – Tab. 5.1

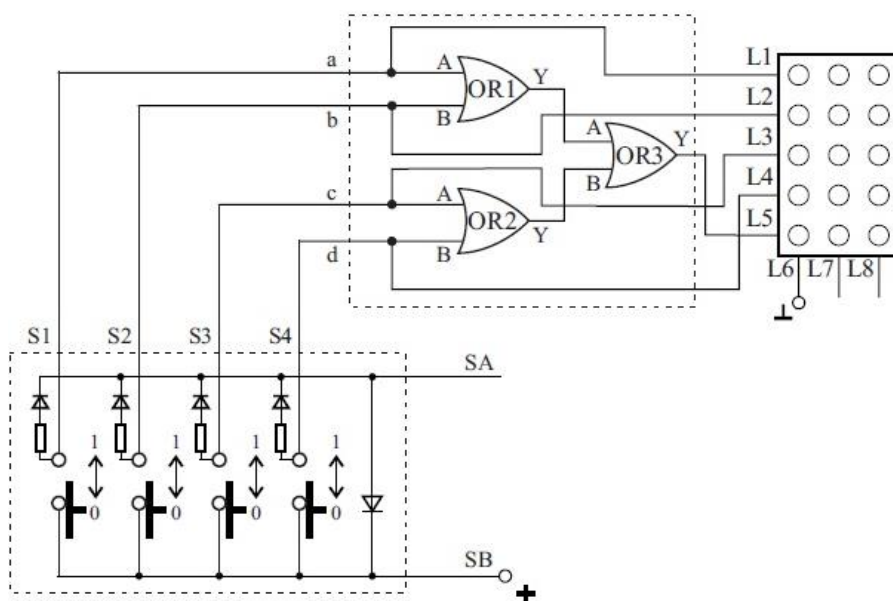
tedy říká, že celý výrok je pravdivý a $Y = 1$. Zapojení celé úlohy je na Obr. 5.2. Sepnutím tlačítek TL1 a TL2 vybíráme logické hodnoty vstupů (pravdivost dílčích výroků), které nám zobrazí diody L1-L6 a L2-L6. Pravdivost celého tvrzení nám ukáže dioda L5-L6.



Obr. 5.2: Disjunkce (OR)

Úkol:

1. Napište funkční tabulku pro disjunkci tří výroků.
2. Vymyslete výrok, který bude disjunkcí čtyř dílčích výroků, sestavte funkční tabulku, určete, který výstup funkční tabulky odpovídá skutečným faktům na vstupu.
3. Sestavte pravdivostní tabulku a zapojte schéma dle Obr. 5.3. Kolik máme vstupních veličin v tomto zapojení? Vymyslete logický výrok, který by popisoval tuto situaci.



Obr. 5.3: Čtyřvstupový OR

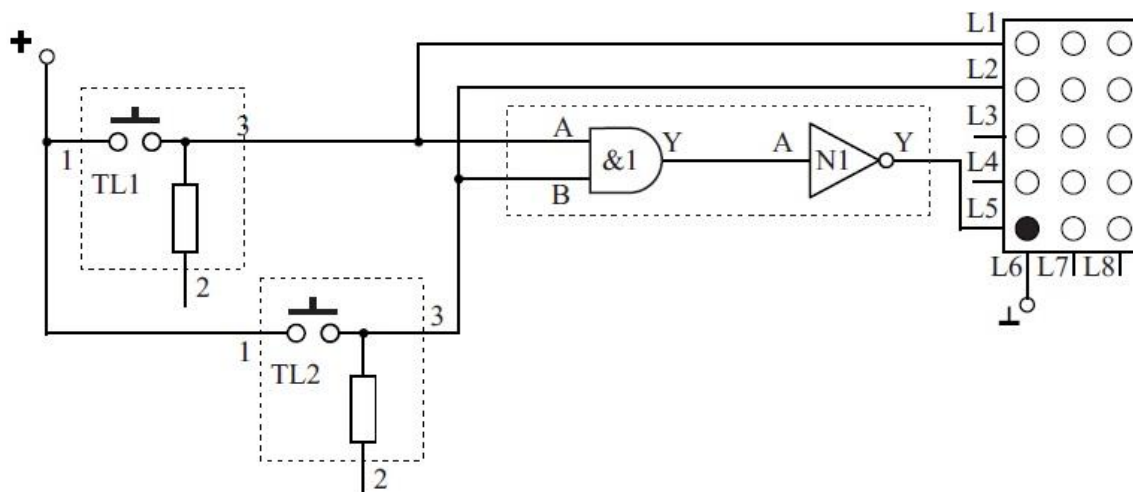
6. NAND

Jak už název napovídá, NAND je prakticky složen ze dvou členů – NOT a AND. Jedná se tedy o negovaný logický součin

$$Y = \overline{A \cdot B}.$$

Rce. 6.1: Funkce NAND

Budeme-li chtít NAND zapojit, jednoduše připojíme na výstup členu AND invertor, jak je znázorněno na Obr. 6.1.



Obr. 6.1: Zapojení členu NAND

Funkční tabulka bude obsahovat dva vstupy členu AND a jeho výstup, to bude zároveň vstup invertoru. Poslední sloupec bude tvořit výstup invertoru, což je tedy výstup celého členu NAND – Tab. 6.1. Protože se nám nyní v obvodu vyskytuje více součástek, budeme je rozlišovat pomocí indexů⁸.

$A_{\&}$	$B_{\&}$	$Y_{\&=A_N}$	Y_N
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

Tab. 6.1: Funkční tabulka NAND

Třetí sloupec Tab. 6.1 je logický součin obou vstupů a poslední sloupec je negací třetího sloupce. Takto se tedy dá zapsat funkční tabulka pro NAND.

Zkusme nyní vymyslet nějaký výrok, který by odpovídal zapojení na Obr. 6.1, tedy členu NAND: Nezůstanu sedět, pokud bude hrát hudba a všichni budou tančit. Svítící červená dioda nám indikuje stopku. Pokud dioda zhasne, můžeme jít tančit, to bude dle Tab. 6.2 pouze v případě, že bude hrát hudba a všichni budou tančit. Výrok

⁸ Index & reprezentuje člen AND a index N reprezentuje invertor. Obdobně pro člen OR budeme používat index OR. Pokud se v obvodu vyskytne více stejných součástek, do indexu přidáme odpovídající číslovku (např. $A_{\&1}$).

by se dal vyjádřit i funkcí AND, pak by zněl: Půjdu tančit, pokud bude hrát hudba a všichni budou tančit. V tomto případě by svítící dioda znamenala povel jít tančit.

A (bude hrát hudba)	B (všichni budou tančit)	Y (zůstávám sedět)
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0 (ne-zůstávám sedět)

Tab. 6.2: Příklad NAND

Úkol

1. Zapojte dva členy NAND paralelně vedle sebe. Vstupy A₁ a A₂ připojte na tlačítko TL1 a vstupy B₁ a B₂ na tlačítko TL2. Obě tlačítka připojte na U+. Výstupy obou dvou prvků přiveďte na vstupy třetího členu NAND, výstup tohoto prvku připojte k diodě. Sestavte funkční tabulku a diskutujte funkci tohoto obvodu. Vymyslete výrok, který by ilustroval toto zapojení.

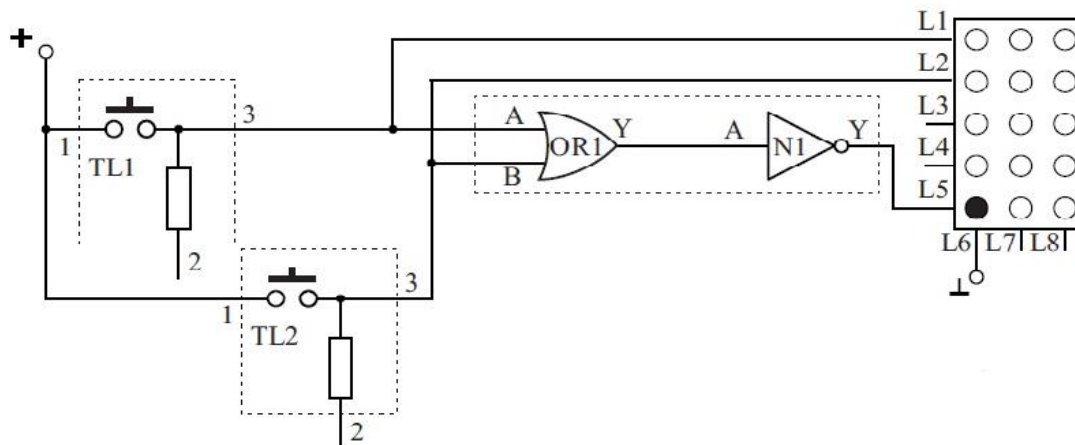
7. NOR

Obdobně jako v předchozím případě, kombinací členů NOT a AND vznikl NAND, tak kombinací NOT a OR vznikne NOR. Jedná se tedy o negovaný logický součet:

$$Y = \overline{A + B}$$

Rce. 7.1: Funkce NOR

Zapojení uvedené na Obr. 7.1, dostaneme doplněním schématu na Obr. 5.2 o invertor.



Obr. 7.1: Zapojení členu NOR

Funkční tabulka – Tab. 7.1 bude obsahovat vstupy A a B členu OR, výstup OR bude zároveň vstupem pro invertor a výstup invertoru bude tedy výstupem členu NOR.

A_{OR}	B_{OR}	$Y_{OR}=A_N$	Y_N
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

Tab. 7.1: Funkční tabulka NOR

Třetí sloupec je obyčejná disjunkce (OR), kterou poté v posledním sloupci znegujeme. Tak máme tedy člen NOR se vstupy A_{OR} , B_{OR} a výstupem Y_N .

Činnost obvodu můžeme opět prověřit na příkladu: Vyznamenání na vysvědčení dosáhnu jen tehdy, nebudu-li mít žádnou trojku a nebudu-li mít průměr větší než 1,5. Funkční tabulka pro náš případ bude vypadat takto – Tab. 7.2:

A (mám trojku)	B (mám průměr větší než 1,5)	Y (mám vyznamenání)
0 (nemám trojku)	0 (nemám průměr větší než 1,5)	1 (mám vyznamenání)
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Tab. 7.2: Vyznamenání

Úkol

1. Popište vztah mezi invertorem a členem OR v součástce NOR.
2. Šlo by sestavit NOR tak, že v zapojení by nejprve byly invertory před vstupy členu OR? Svou odpověď zdůvodněte funkční tabulkou.
3. Sestavte funkční tabulku, vymyslete výrok a realizujte zapojení pro třívstupový NOR.
4. Sestavte funkční tabulku pro logickou funkci implikace. Navrhněte, jak tuto funkci realizovat pomocí invertoru a členu OR, zapojte tento obvod.

8. XNOR – ekvivalence

Lehce složitější zapojení tří typů logických členů (AND, NOT a OR) nám umožní realizovat logickou funkci ekvivalence. Výstup má hodnotu LOG-1, pokud jsou na vstupech stejné logické hodnoty, viz Tab. 8.1. Tento člen tedy můžeme použít k porovnání dvou vstupních signálů. Pokud na vstupu budou stejné logické úrovně, výstup bude mít hodnotu LOG-1.

A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Tab. 8.1: Funkční tabulka XNOR

Zkusme opět vytvořit pomocí členu XNOR praktický příklad: Chci se svým spolužákem strávit víkend. O víkendu buď půjdeme do ZOO⁹, nebo nenavštívíme ZOO (zůstaneme doma). K tomu, abychom společný víkend mohli uskutečnit, se musíme shodnout na návštěvě ZOO. Jen pokud zvolíme stejnou variantu, můžeme společně strávit víkend. Pro přehlednost si opět napíšeme funkční tabulku – Tab. 8.2.

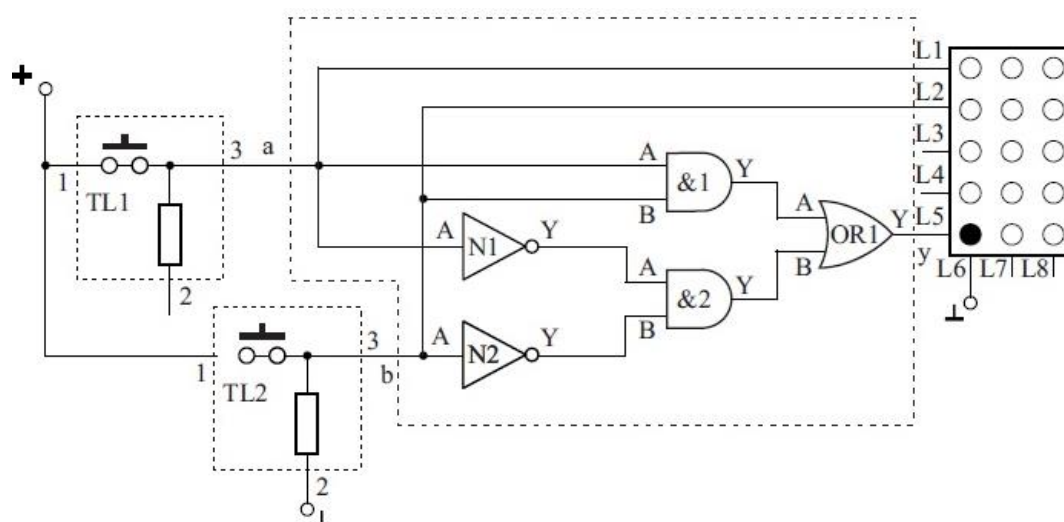
A (já)	B (můj spolužák)	Y (aktivita)
0 (nechci jít do ZOO)	0 (nechce jít do ZOO)	1 (můžeme být spolu)
0 (nechci jít do ZOO)	1 (chce jít do ZOO)	0 (nemůžeme být spolu)
1 (chci jít do ZOO)	0 (nechce jít do ZOO)	0 (nemůžeme být spolu)
1 (chci jít do ZOO)	1 (chce jít do ZOO)	1 (můžeme být spolu)

Tab. 8.2: Příklad funkce XNOR

Jak nyní danou funkci zrealizovat? Budeme postupovat odzadu. Funkce nabývá hodnoty LOG-1¹⁰ ve dvou případech, tedy víkend spolu strávíme, pokud půjdeme do ZOO, nebo zůstaneme doma. Abychom mohli postihnout oba případy, použijeme člen OR (buď- -anebo). Aby byla na výstupu členu OR LOG-1, musíme alespoň na jeden jeho vstup přivést hodnotu LOG-1. Nyní zapojíme další člen, který popíše situaci, že oba chceme jít do ZOO (spodní řádek Tab. 8.2). Na výstupu chceme mít hodnotu LOG-1, za podmínky, že na obou vstupech tohoto členu budou LOG-1. Této skutečnosti odpovídá člen AND, při jakékoliv jiné kombinaci vstupů bude výstup nabývat hodnoty LOG-0. Druhý člen mi musí vyjádřit skutečnost, že oba nechceme jít do ZOO (první řádek Tab. 8.2). To lze jednoduše zrealizovat opět členem AND, na jehož oba vstupy připojíme invertor. Celá situace je na Obr. 8.1.

⁹ Některé národnostní menšiny (obzvláště na Kremzírsku) používají jako genitiv singuláru tvar ZOA.

¹⁰ Stejně bychom mohli postupovat od hodnoty LOG-0.



Obr. 8.1: Zapojení XNOR

Úkol

1. Rozepište si jednotlivé vstupy ze zapojení na Obr. 8.1 do funkční tabulky a postupně řešte funkci jednotlivých členů, až se dostanete k výstupu Y_{OR} .

III. Kombinační obvody

Kombinační logické obvody jsou takové logické obvody, ve kterých stavy na výstupech závisí pouze na okamžitých kombinacích vstupních proměnných a nezávisí na jejich předchozích hodnotách, s výjimkou krátkého přechodového děje. Kombinační logické obvody nemají žádnou paměť předchozích stavů, takže jedné kombinaci vstupních proměnných odpovídá právě jediná výstupní kombinace funkčních hodnot. U kombinačních logických obvodů se závislost výstupních funkčních hodnot na hodnotách vstupních proměnných popisuje pravdivostní tabulkou nebo pomocí logických výrazů.

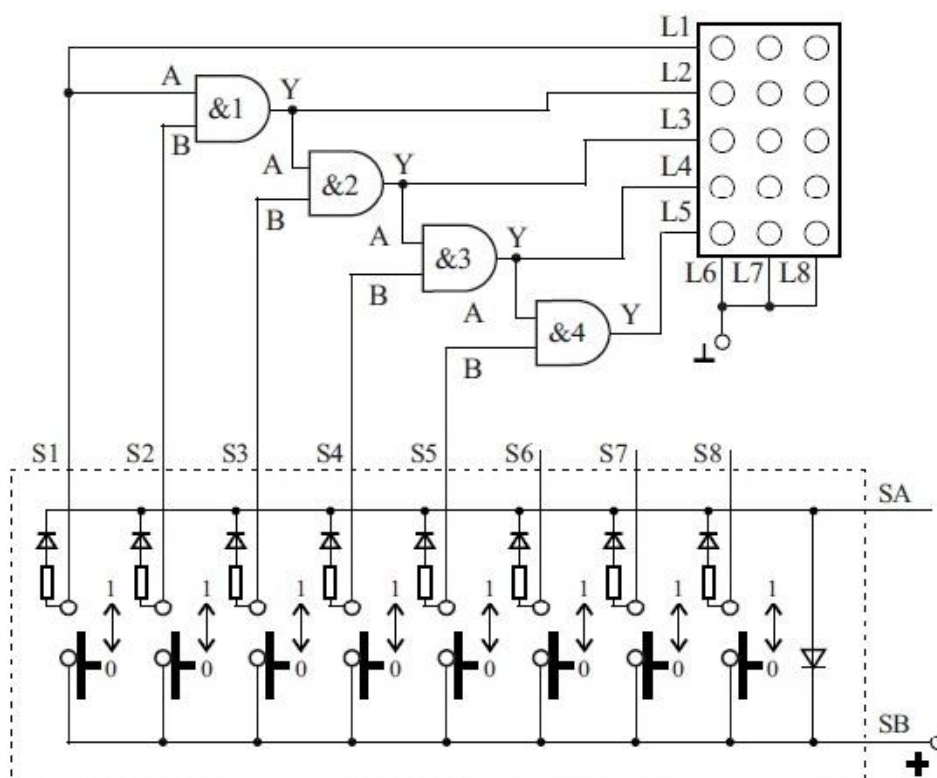
Druhou skupinu logických obvodů tvoří sekvenční logické obvody. Jsou to elektronické obvody složené z logických členů. Sekvenční obvod se skládá ze dvou částí – kombinační a paměťové. Abychom mohli určit hodnotu výstupní proměnné, je potřeba u sekvenčních obvodů sledovat kromě vstupních proměnných ještě i jeho vnitřní proměnné – vnitřní stav. Jsou to proměnné, které jsou uchovány v paměťových členech. Existence vnitřních proměnných způsobuje, že stejné hodnoty vstupních proměnných přivedené na vstup obvodu, nevyvolávají vždy stejnou odezvu na výstupu obvodu.

V dalších realizacích se podíváme na některé typy kombinačních obvodů. Úlohy tentokrát budou vyžadovat samostatné řešení. U každé úlohy je uveden i postup řešení.

Úkol

1. Ve škole se má uskutečnit turnaj ve stolním tenise, každá ze dvou školních tříd má dva reprezentanty pro turnaj. Turnaj mezi třídami se může uskutečnit jedině tehdy, když z každé třídy přijde alespoň 1 zástupce (samozřejmě mohou z jedné třídy přijít dva, nebo z každé třídy dva). Sestavte obvod, který bude tuto skutečnost reprezentovat a bude schopen vyhodnotit, kdy se turnaj může konat.
(řešení naleznete v kapitole 9 – Turnaj ve stolním tenise)
2. Taneční vystoupení na plesu se bude konat, jestliže se dostaví jeden ze dvou tanečních párů nebo oba. Pokud přijde jen chlapec z jednoho páru a dívka z druhého páru, nelze vystoupení uskutečnit. Sestavte obvod, který bude tuto skutečnost reprezentovat a bude schopen vyhodnotit, kdy se taneční vystoupení může konat.
(řešení naleznete v kapitole 10 – Taneční vystoupení)

3. Na schůzi studentské rady se musí dostavit z každé ze čtyř tříd alespoň jeden ze dvou zástupců. Jinak se schůze nemůže konat. Sestavte obvod, který bude tuto skutečnost reprezentovat a bude schopen vyhodnotit, kdy se schůze může konat. Je rozumné, abychom pro tento příklad sestavovali funkční tabulku?
(řešení naleznete v kapitole 11 – Schůze studentské rady)
4. Vymyslete obvod, kterým bude možné z osmi lidí vybrat předem stanovené čtyři páry. Tento obvod poté sestavte a ověřte funkčnost.
(řešení naleznete v kapitole 12 – Losování)
5. Zkuste vymyslet zapojení binárního kódového zámku. Zámek se odemkne (rozsvítí), až když je nastavena správná kombinace 0 a 1.
(řešení naleznete v kapitole 13 – Kódový zámek)
6. Vysvětlete, jak funguje obvod na Obr. III.1. Zapojte a vymyslete praktické využití tohoto obvodu.
(řešení naleznete v kapitole 14 – Světelný spouštěč)



Obr. III.1: Světelný spouštěč

7. Ve třídě se řeší, kam se pojedete na školní výlet. Třída se rozdělila na čtyři skupiny. Skupina 1 chce jet buď na vodu, případně na kola. Skupina 2 by preferovala vodu nebo pěší výlet. Skupina 3 chce na kola, ale spokojí se i s pěším výletem. Skupina 4 by ráda letěla do Burkiny Faso, ale rádi pojedou i na vodu. Je možné jet jen na jeden výlet a splnit tak přání všech skupin? Pokud ne, jaký nejmenší počet výletů musíme podniknout a které to jsou, aby všichni byli spokojeni?
(řešení naleznete v kapitole 15 – Školní výlet)

9. Turnaj ve stolním tenise

Pro přehlednost si nejprve situaci přepíšeme do funkční tabulky. Účastníkům vymyslíme fiktivní jména a rozdělíme je do tříd. Celou situaci (logickou funkci) si rozdělíme na dvě části. První podmínka sleduje, jestli z každé třídy přišel alespoň jeden účastník. Druhá podmínka udává možnost konání turnaje, pokud máme alespoň jednoho účastníka z každé třídy. Celou situaci řeší Tab. 9.1.

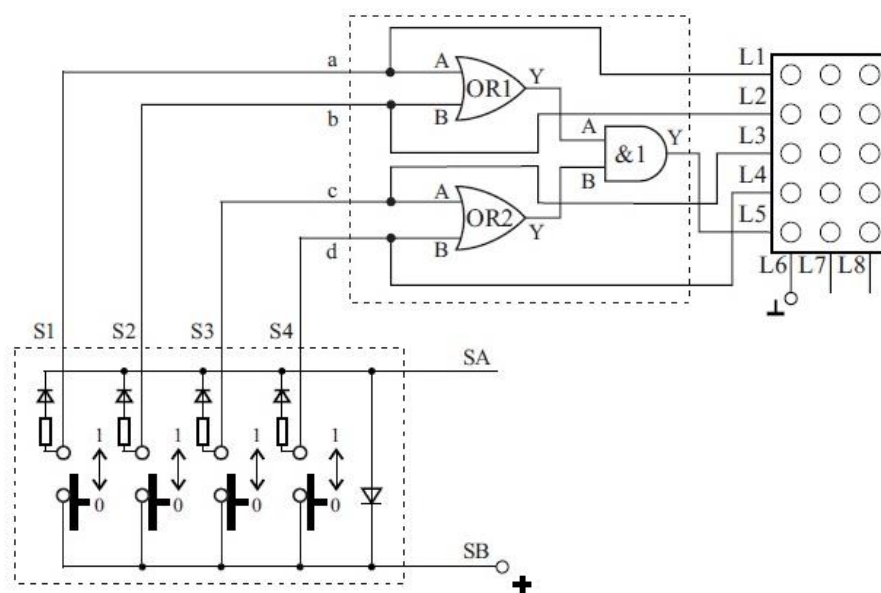
1. třída		přijde alespoň jeden	2. třída		přijde alespoň jeden	možnost konání turnaje
Iveta	Lukáš		Dominika	Jakub		
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	0
0	0	0	1	0	1	0
0	0	0	1	1	1	0
0	1	1	0	0	0	0
0	1	1	0	1	1	1
0	1	1	1	0	1	1
0	1	1	1	1	1	1
1	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	1	1	1
1	0	1	1	0	1	1
1	0	1	1	1	1	1
1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	0	1	1	1
1	1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	1	1	1

Tab. 9.1: Turnaj ve stolním tenise

V první řadě musí být splněna podmínka, že z každé třídy přijde alespoň jeden účastník¹¹, tuto skutečnost nám postihne člen OR (alespoň jeden ze vstupů musí být 1, pak je výstup 1). Pro každou třídu tedy připojíme člen OR, jehož vstupy budou jednotliví účastníci. Tím máme vyřešeno, že z každé třídy přijde alespoň jeden hráč. Pokud z 1. třídy i 2. třídy máme alespoň jednoho hráče¹² (hodnota 1 ve sloupci „přijde alespoň jeden“), může se turnaj konat. Skutečnost, že tehdy a jen tehdy, když jsou oba vstupy na hodnotě LOG-1, nabývá i výstup hodnoty LOG-1 nám reprezentuje člen AND. Je tedy již jasné, že výstupy obou členů OR budou vstupy pro AND. Schéma zapojení je na Obr. 9.1.

¹¹ Přijde první NEBO druhý účastník (případně oba), to jasně definuje použití členu OR.

¹² Máme hráče z první a z druhé třídy – tedy člen AND.



Obr. 9.1: Turnaj ve stolním tenise

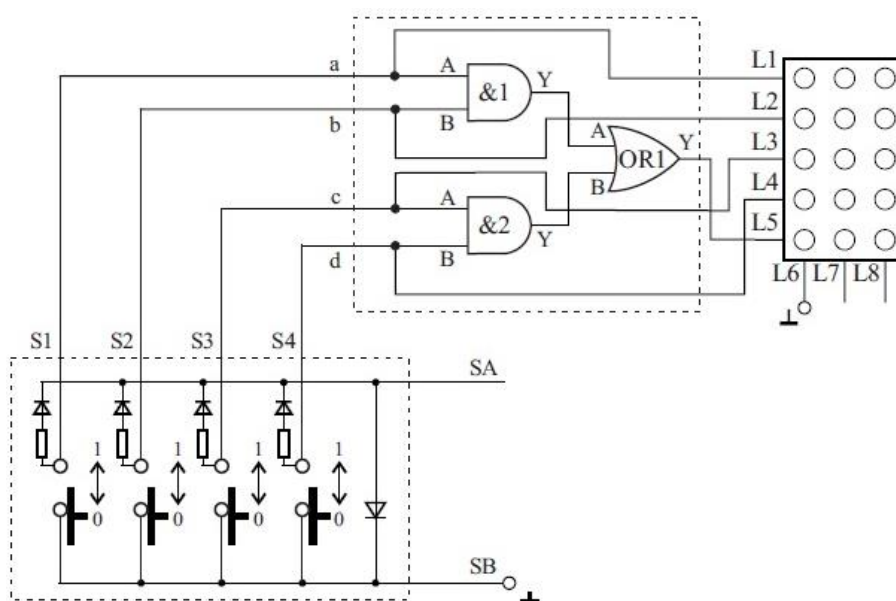
10. Taneční vystoupení

Vždy musí přijít chlapec a dívka alespoň z jednoho páru, aby se vystoupení konalo. Situace je vyřešena v podobě tab. 10.1

1. třída		pár přijde	2. třída		pár přijde	možnost konání tance
Iveta	Lukáš		Dominika	Jakub		
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1
0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	0	1	0	0
0	1	0	1	0	0	0
0	1	0	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0
1	0	0	1	0	0	0
1	0	0	1	1	1	1
1	1	1	0	0	0	1
1	1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	0	0	1
1	1	1	1	1	1	1

Tab. 10.1: Taneční vystoupení

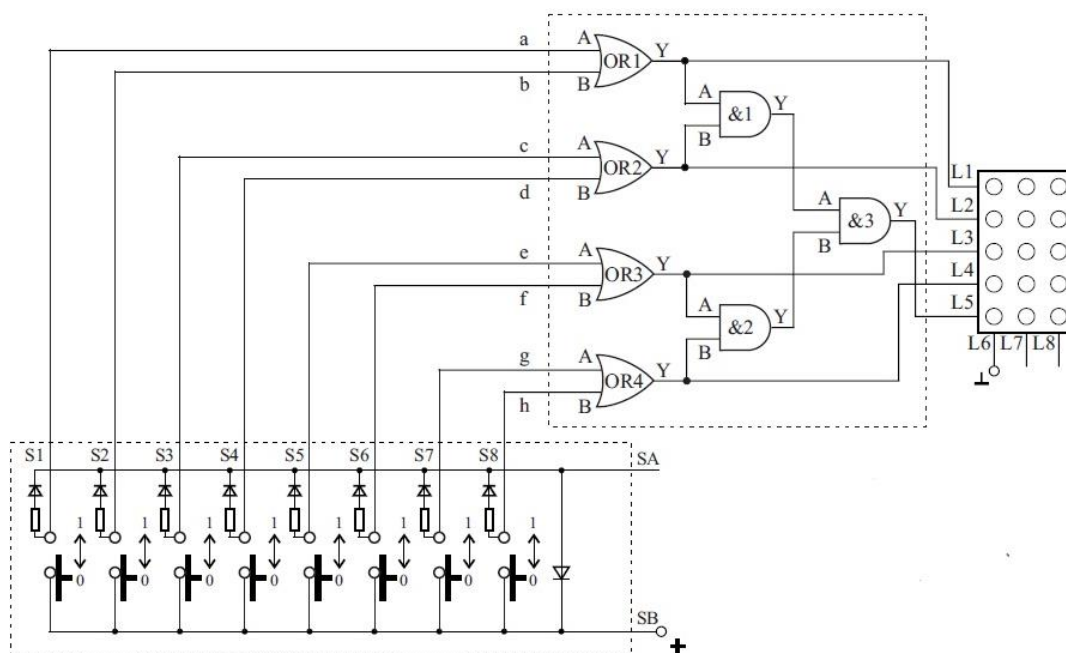
Skutečnost, že musíme mít v jednom páru chlapce A dívku, postihuje člen AND. Stejně tak u druhého páru. Tyto dva výstupy budou tvořit vstupy pro část logické funkce. Realizaci skutečnosti, že potřebujeme jeden pár, NEBO druhý pár, umožní člen OR. Schéma zapojení je na Obr. 10.1.



Obr. 10.1: Taneční vystoupení

11. Schůze studentské rady

Řešení je podobné předchozím úlohám. To, že přijde jeden NEBO druhý (případně oba) zástupce třídy vyjádříme členem OR. Vstupy budou připojeny ke spínačům, které reprezentují jednotlivé osoby. Máme čtyři třídy, tudíž zapojíme čtyři dvouvstupové členy OR. Aby se schůze mohla konat, musí mít všechny třídy nějakého účastníka – na všech výstupech OR musí být LOG-1. Všechny logické výstupy budeme nyní chtít svázat v jeden a připojit na indikační diodu. Potřebujeme člen, který nám zajistí LOG-1 na výstupu, pokud na všech vstupech je LOG-1. To je člen AND. V našem případě bychom potřebovali čtyřvstupový AND, ten k dispozici nemáme, proto nejprve funkčně propojíme dva a dva výstupy OR do dvou členů AND a tyto výstupy následně na vstup posledního AND. Výstup posledního členu AND připojíme k diodě. Můžeme ještě připojit výstupy členů OR k diodám a nechat si tak indikovat, která třída dodala/nedodala zástupce. Zapojení je na Obr. 11.1.



Obr. 11.1: Schůze studentské rady

Pro tento příklad nebudeme sestavovat funkční tabulku, neboť by měla 256 řádků. Jak jsme k tomuto číslu dospěli? První účastník má dvě možnosti (přijít NEBO nepřijít) A druhý účastník také dvě možnosti, třetí účastník... Celkem máme osm účastníků, což nám dává jednoduchou rovnici¹³ – Rce. 11.1: Počet stavů.

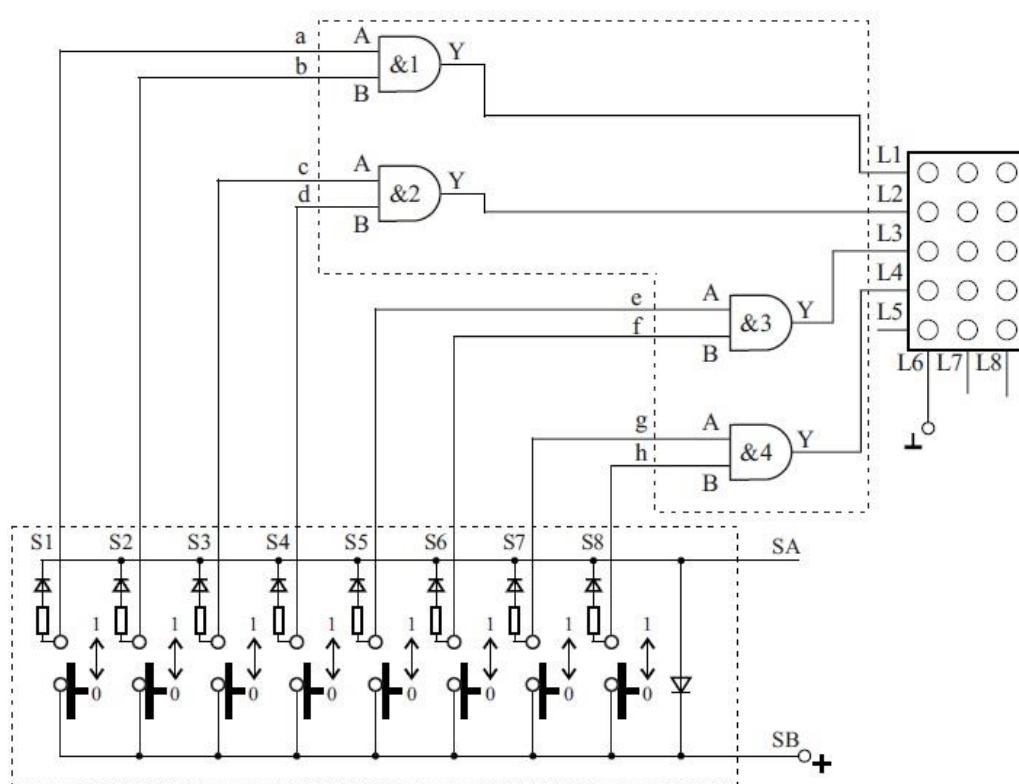
$$\text{Počet možných stavů} = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 2^8 = 256$$

Rce. 11.1: Počet stavů

¹³ Počet všech možností, které můžeme dostat, z n prvků o x stavech je x^n .

12. Losování

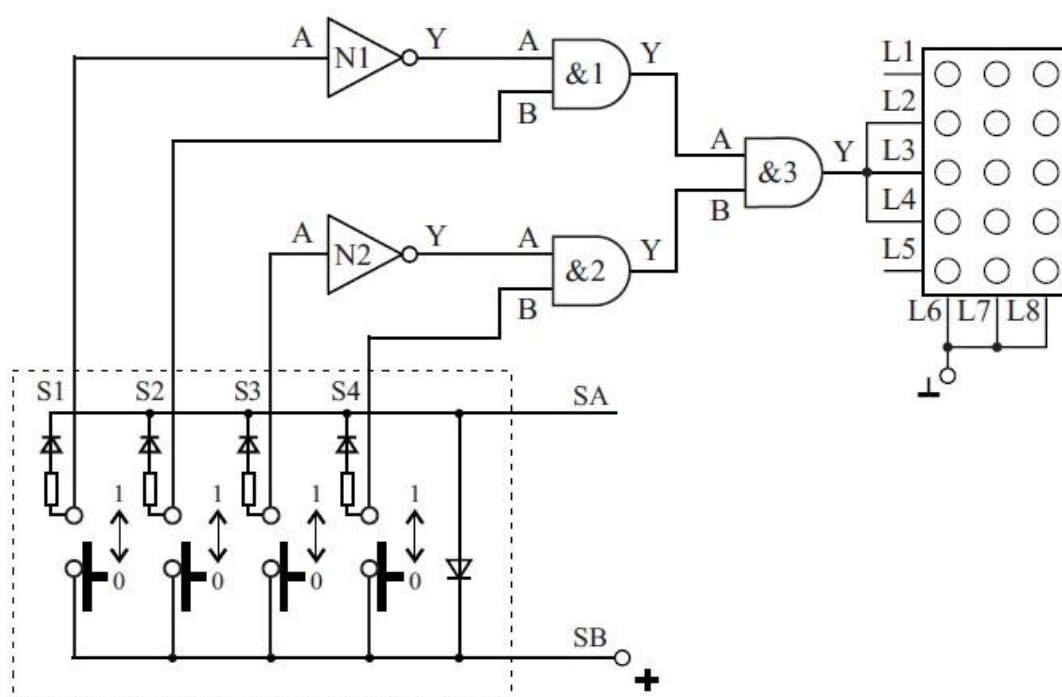
Máme osm lidí, tedy osm vstupů, které připojíme na spínače. Pokud přepneme správné dva spínače do polohy 1, budeme chtít, aby dioda indikovala správný výběr. Toho je možné docílit tak, že dva libovolné vstupy (odpovídají dvěma lidem) zapojíme vždy do členu AND, pokud budou oba mít hodnotu LOG-1, objeví se i na výstupu LOG-1 a připojená dioda se rozsvítí. Stejnou realizaci uskutečníme i pro další tři členy AND. Zapojení je na Obr. 12.1.



Obr. 12.1: Losování

13. Kódový zámek

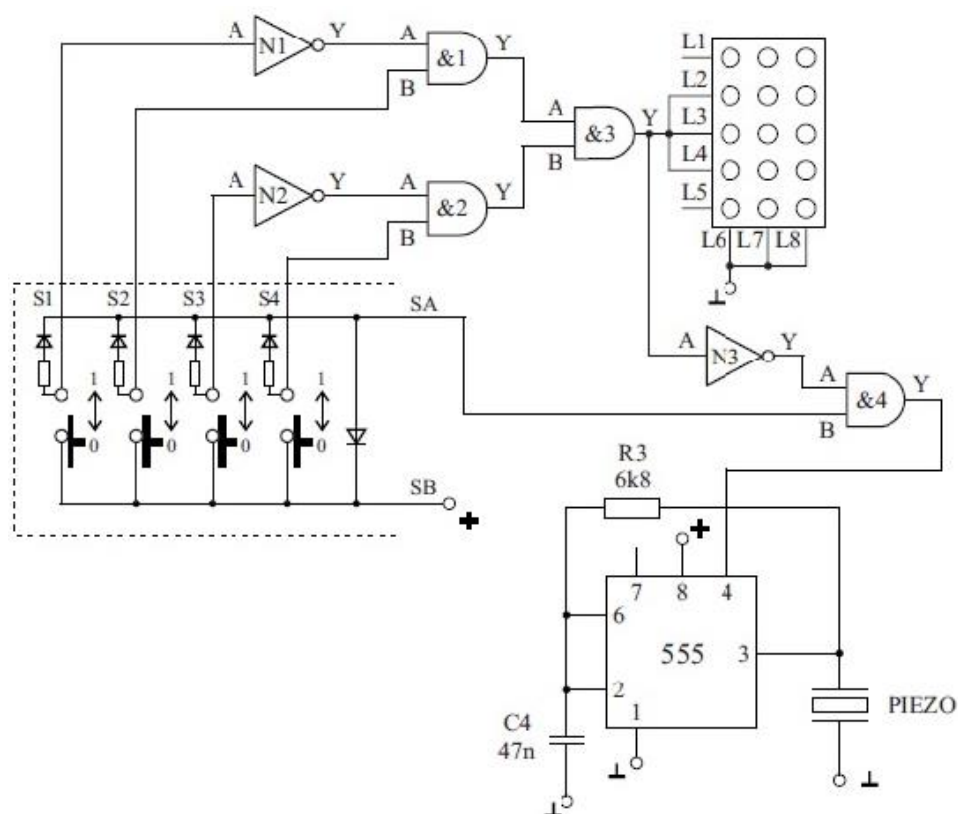
Velice jednoduchý zámek by šel sestavit z jednoho členu AND. Měl by dva vstupy připojené na spínače a výstup na diodu. Kód k jeho otevření by byl 1 1, protože víme, že pokud chceme na výstupu AND LOG-1 (svítící dioda), musíme i na jeho oba vstupy přivést LOG-1. Pokud bychom chtěli změnit kód např. na 1 0, museli bychom na vstup AND, kde má být LOG-0, připojit ještě invertor, aby opět oba vstupy měli hodnotu LOG-1 a výstup tedy též LOG-1. Dále bychom mohli chtít rozšířit počet stavů tohoto zámku ze dvou na čtyři. To však není nic obtížného, přidáme další člen AND jehož vstupy propojíme obdobně jako u prvního členu. Nyní máme dva výstupy ze dvou členů AND, pokud budou oba nabývat hodnoty LOG-1, pak je kód správný a zámek se má otevřít (tedy výstup je také LOG-1). Tudíž oba dva výstupy spojíme do dalšího členu AND, jehož výstup připojíme k diodě¹⁴. Situaci ilustruje Obr. 13.1.



Obr. 13.1: Kódový zámek

Další možná úprava kódového zámku přidává poplašné zařízení. To se spustí a vydává poplašný zvuk, dokud není nastavena správná kombinace. Kódový zámek s poplašným zařízením je na Obr. 13.2.

¹⁴ Mohli bychom výstup každého jednotlivého členu AND připojit k diodě a zapojit tak všechny čtyři členy AND ke vstupům. Rozšířili bychom si tak možnost kombinací na 256. Jednotlivé výstupy AND bychom připojily k diodám a přímo bychom sledovali, zdali nastavení každého tlačítka je správné.



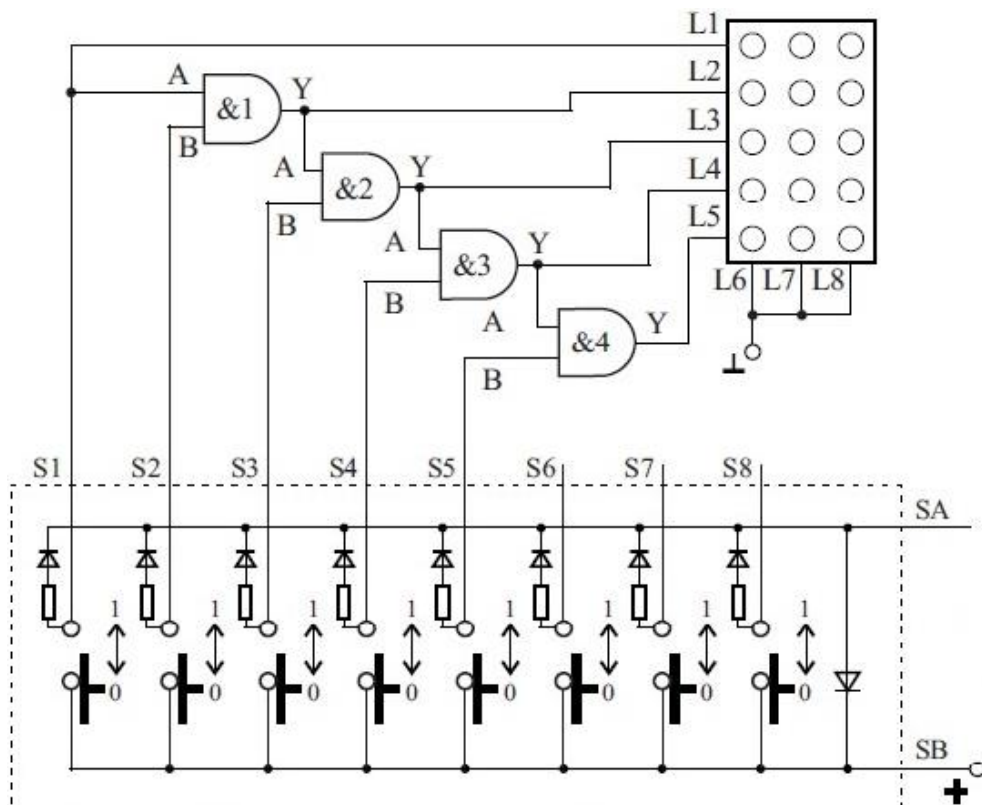
Obr. 13.2: Kódový zámek s poplašným zařízením

Poplašné zařízení (bzučák) funguje následovně. Spouštění a vypínání je řízeno vstupem 4 na součástce 555¹⁵. Pokud je na vstupu LOG-1, bzučák píská, pokud LOG-0, je potichu. Máme-li všechny spínače v poloze 0, je i na SA LOG-0 a tudíž i na jednom vstupu AND4. Nehledě na druhý vstup, na výstupu AND4 bude LOG-0, bzučák tedy bude potichu. Přepneme-li jakýkoliv spínač/spínače do polohy 1, objeví se na SA LOG-1. Jeden vstup AND4 tedy již má hodnotu LOG-1. Díky tomu, že není nastavena správná kombinace a na Y_{AND3} je LOG-0, ta projde přes invertor a změní se na LOG-1, druhý vstup AND4 má tedy hodnotu LOG-1. Na výstupu se objeví LOG-1, která spouští vstupem 4 na členu 555 bzučák a ten píská. Pokud nalezneme správnou kombinaci, na Y_{AND3} dostaneme LOG1, invertor ji změní na LOG-0 a na výstupu AND4 bude též LOG-0. Bzučák tedy opět utichne a zámek je odemčen.

¹⁵ Více o obvodu 555 naleznete v [2]

14. Světelný spouštěč

Pro názornou ilustraci si zadání Obr. 1.1 znovu překreslíme.



Obr. 14.1: Světelný spouštěč

Na vstup SB máme přivedeno napájecí napětí, pokud sepneme první spínač, rozsvítí se první řádek diod. První AND má na vstupu jednu LOG-1 a LOG-0, jeho výstup je tedy LOG-0. Všechny ostatní členy mají na vstupu LOG-0, tedy i na výstupu mají LOG-0 a ostatní diody proto nesvítí. Sepneme-li spínač S2, budou na vstupech AND1 LOG-1, tedy i na výstupu bude LOG-1. Rozsvítí se druhý řádek diod. Takto můžeme pokračovat, až rozsvítíme všechny diody. Co kdybychom ale spínače přepínali na přeskáčku a ne popořadě, resp. vypnuli jeden spínač, zatímco by ostatní byly zapnuty. Zkuste tedy analyzovat situaci, kdy máme všechny spínače v poloze 1 a rozhodneme se S3 přepnout do polohy 0. První dva řádky diod budou svítit, neboť jim odpovídající vstupy mají hodnotu LOG-1. AND2 má na svém vstupu LOG-1 a díky vypnutému S3 také LOG-0. Jeho výstup je tedy LOG-0, která se zároveň stává vstupem pro AND3 atd. Z uvedeného je tedy jasné, že třetí až pátý řádek diod bude zhasnutý.

15. Školní výlet

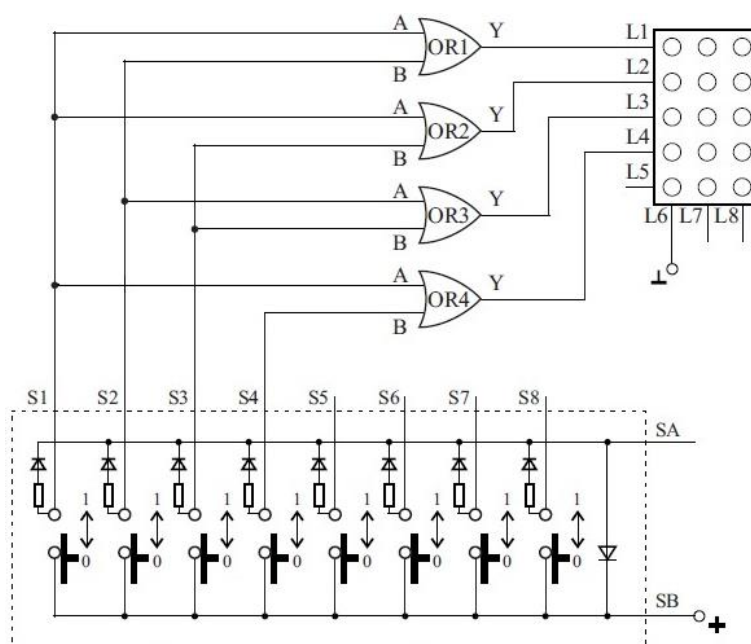
Zkusíme si nejprve sestavit funkční tabulku, abychom viděli, zda je možné realizovat jen jediný výlet.

Skupina 1	Skupina 2	Skupina 3	Skupina 4	Výlety
1	1	0	1	voda
1	0	1	0	kola
0	1	1	0	pěší
0	0	0	1	Burkina Faso

Tab. 15.1: Školní výlet

Z Tab. 15.1 vidíme, že neexistuje řádek, ve kterém by byly samé 1. Nelze tedy jet jen na jeden výlet a tím vyhovět všem skupinám. Největší shoda je v prvním řádku (voda), tuto variantu podporuje nejvíc skupin. Nejmenší počet výletů jsou dva. Pojede se tedy na vodu, a aby bylo vyhověno i skupině C, je nutné ještě podniknout buď kola, nebo pěší výlet.

Kdybychom nechtěli sestavovat funkční tabulku, mohli bychom sestavit obvod, který je znázorněn na Obr. 15.1. Každý člen OR by odpovídal jedné ze čtyř skupin. Využili bychom čtyři spínače, jako čtyři možnosti výletů. Vždy dva spínače (možnosti výletu) je nutné zapojit do správného členu OR (skupina ve třídě), dle Tab. 15.2. Postupným přepínáním bychom mohli vyzkoušet všech šestnáct možností.



Obr. 15.1: Školní výlet

Výlety	Spínače
voda	S1
kola	S2
pěší	S3
Burkina Faso	S4

Tab. 15.2: Rozdělení spínačů

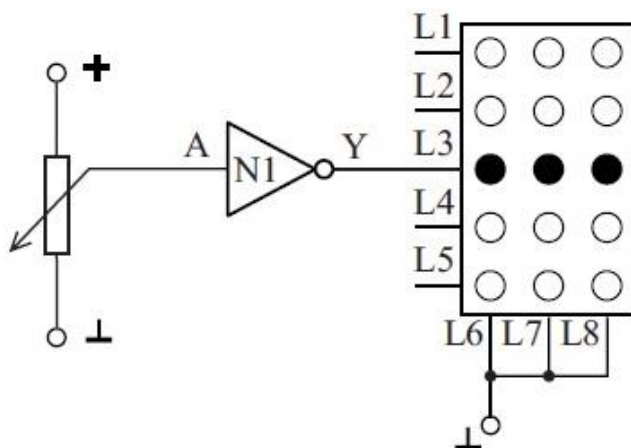
IV. Klopné obvody

Klopný obvod (nebo také KO) je elektronický obvod, který může nabývat právě dva odlišné napěťové stavy, přičemž ke změně z jednoho stavu do druhého dochází skokově. Tyto obvody se skládají z několika hradel nebo jiných aktivních prvků a lze je použít např. jako paměťové prvky, impulzní generátory nebo časovače. Podle charakteru stabilních rovnovážných stavů se klopné obvody dělí na:

- Bistabilní – má dva stabilní stavy, pro jejichž změnu je nutný impuls zvenčí.
- Monostabilní – má pouze jeden stabilní stav, vhodný impuls překlápí KO na určitou dobu do opačného stavu. Po uplynutí této doby¹⁶ se klopný obvod sám, bez vnějšího impulsu, uvede do původního stavu.
- Astabilní – stavy jeho výstupů nejsou stálé, ale periodicky se střídají¹⁷.

16. Schmittův klopný obvod

V kapitole 3 byla popsána funkce invertoru. Tento člen má však ještě jinou funkci – jako tzv. Schmittův klopný obvod. Mějme na počátku na vstupu invertoru napětí 0 V, na výstupu je tedy LOG-1. Postupně zvyšujeme napětí na vstupu invertoru, při dosažení přibližně 2,4 V (panel napájíme 4,5 V) nastane skoková změna výstupu na LOG-0. Pokud nyní začneme na vstupu napětí snižovat, nepřeklopí se výstup zpět na LOG-1 okamžitě, ale až při dosažení asi 1,4 V. Kdybychom napětí opět zvyšovali, nastalo by opětovné překlacení výstupu až při úrovni 2,4 V. Tato vlastnost se nazývá hystereze neboli necitlivost¹⁸. Zkusme nyní tuto vlastnost ověřit na zapojení dle Obr. 16.1.



Obr. 16.1: Schmittův klopný obvod

Pokud otáčíme potenciometrem, je jasně vidět, kdy diody zhasnou a kdy se rozsvítí, tato situace tedy nenastává v jednom místě.

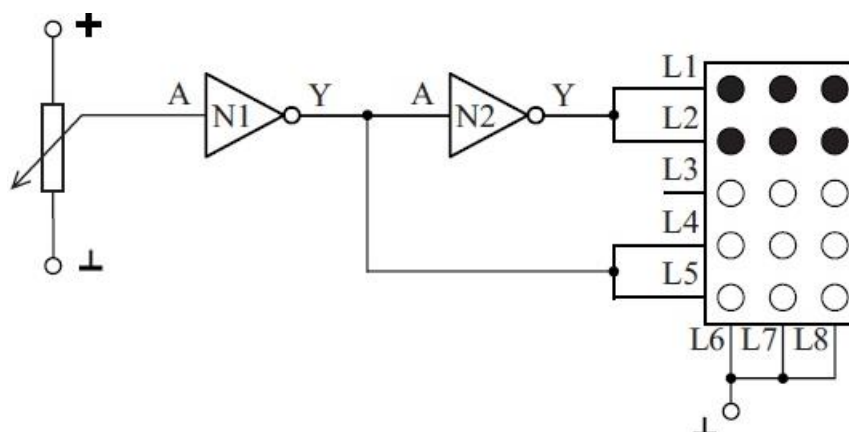
¹⁶ Čas je dán kapacitou připojeného kondenzátoru.

¹⁷ Rychlost překlápění je dána velikostí odporů a kondenzátorů zapojených v obou větvích zpětné vazby.

¹⁸ Díky této vlastnosti obvod můžeme použít jako jednobitový analogově-digitální převodník, více v [3, str. 59].

Úkol

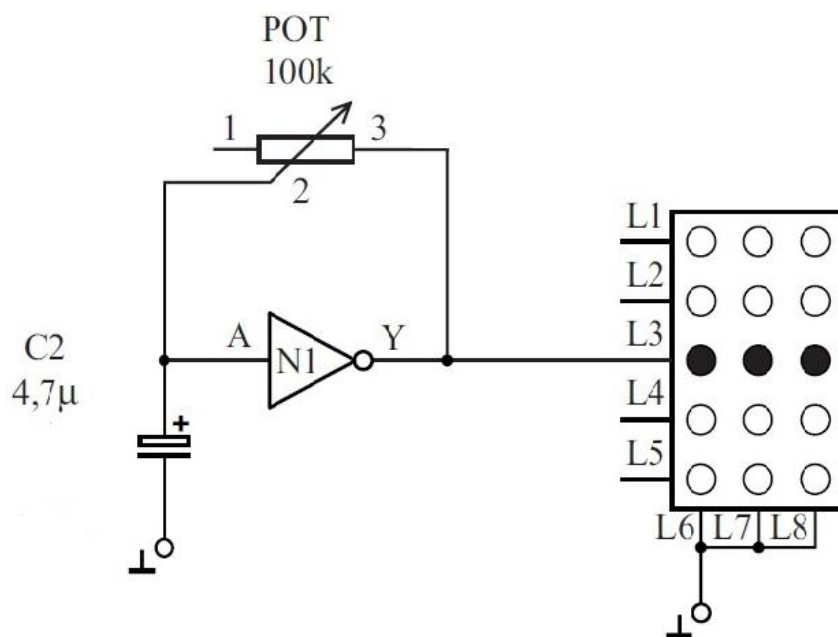
1. Zapojte do schématu dle Obr. 16.1 místo invertoru člen OR. Oba vstupy připojte k potenciometru. Jaká je situace s hysterezí u členu OR?
2. Zapojte obvod dle schématu na Obr. 16.2. Vysvětlete, jak obvod funguje, zapojte a ověřte.
3. Na vstup a výstup N1 připojte osciloskop a pozorujte úrovně napětí.



Obr. 16.2: Rozšířený Schmittův klopný obvod

17. Optická signalizace

K sestrojení blikače využijeme Schmittova klopného obvodu. Rychlost blikání budeme chtít regulovat pomocí potenciometru. Odpovídající schéma je na Obr. 17.1.



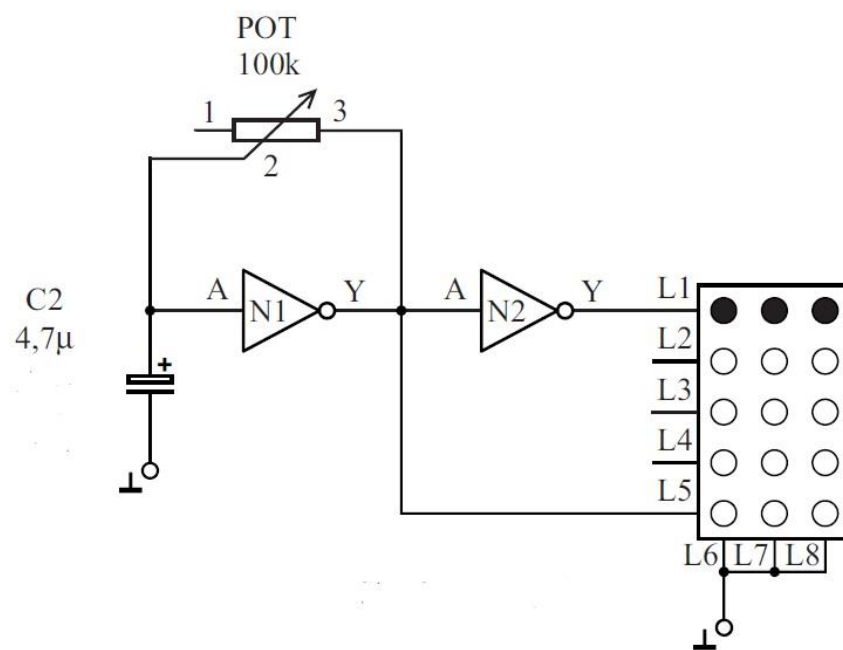
Obr. 17.1: Blikač

Pokud připojíme napájení, obvod se bude chovat následovně. Kondenzátor C2 je vybitý, na vstupu invertoru je tedy LOG-0, na jeho výstupu musí být LOG-1 (asi 4,4 V). Díky tomuto napětí se přes potenciometr začne kondenzátor C2 nabíjet. V okamžiku, kdy jeho napětí dosáhne úrovně 2,4 V, se překlopí výstup invertoru na LOG-0¹⁹. Napětí na výstupu invertoru je 0 V. Tentokrát se začne kondenzátor přes potenciometr vybíjet. Jakmile klesne napětí na kondenzátoru na 1,4 V, překlopí se výstup invertoru na LOG-1. Celý děj se takto opakuje. Je vidět, že čím bude odpor potenciometru větší, tím bude nabíjení a vybíjení probíhat pomaleji a tím bude počet bliknutí za určitý čas menší. Frekvenci blikání můžeme též měnit použitým kondenzátorem. Pokud zapojíme kondenzátor s větší kapacitou, frekvence se zmenší.

Úkol:

1. V zapojení z Obr. 17.1 vyměňte kondenzátor C2 (4,7 μF) za C3 (100 μF). Co se stane? Zdůvodněte.
2. Jak bude fungovat obvod na Obr. 17.2? Obvod zapojte a potenciometrem nastavujte různé hodnoty odporu. Zkuste zaměnit kondenzátor C2 (4,7 μF) za C3 (100 μF), co se stane?
3. Na vstup a výstup N1 a N2 připojte osciloskop a pozorujte napěťové úrovně.

¹⁹ Blíže popsáno v kapitole 16.

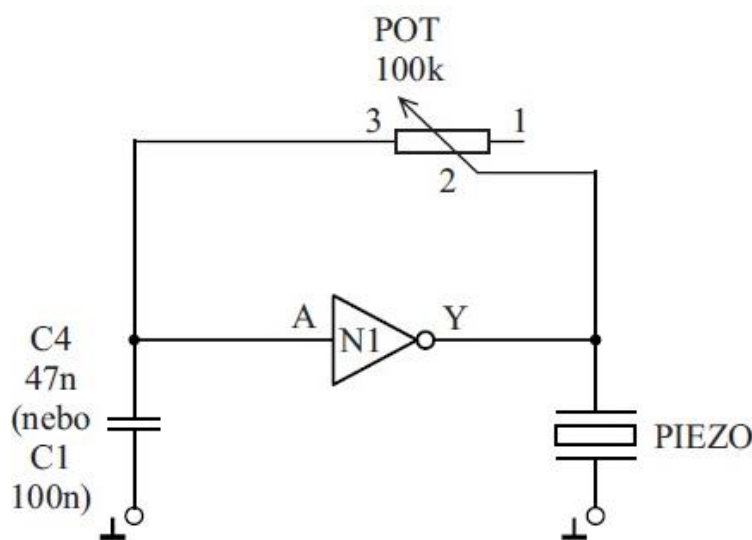


Obr. 17.2: Upravený blikáč

18. Akustická signalizace

Jak sestavit obvod pro světelnou signalizaci jsme si ukázali v minulé kapitole (17), nyní se podíváme na to, jak sestavit obvod pro akustickou signalizaci, tzv. bzučák. V kapitole 13, jsme si již uvedli zapojení bzučáku a to s obvodem 555. Nyní se podíváme na zapojení se Schmittovým klopným obvodem, jehož funkce byla vysvětlena v kapitole 16.

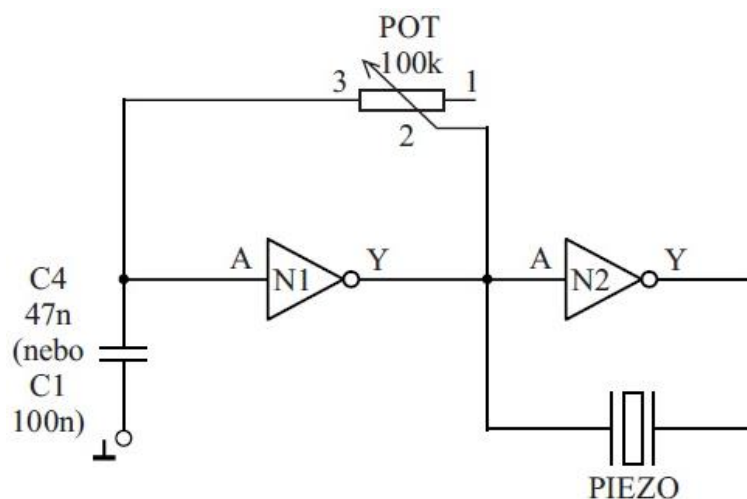
Zapojení se prakticky neliší od zapojení blikače, jen světelná signalizace (diody) je nahrazena akustickou (PIEZO²⁰). Podrobnější popis funkce naleznete v kapitole 17. Musíme však vyměnit kondenzátor za nějaký jiný s menší kapacitou, na rozdíl od blikání, při reprodukci zvuku potřebujeme mnohem vyšší frekvence. Pokud má kondenzátor menší kapacitu, nabíjí a vybíjí se rychleji. Schéma je na Obr. 18.1.



Obr. 18.1: Bzučák

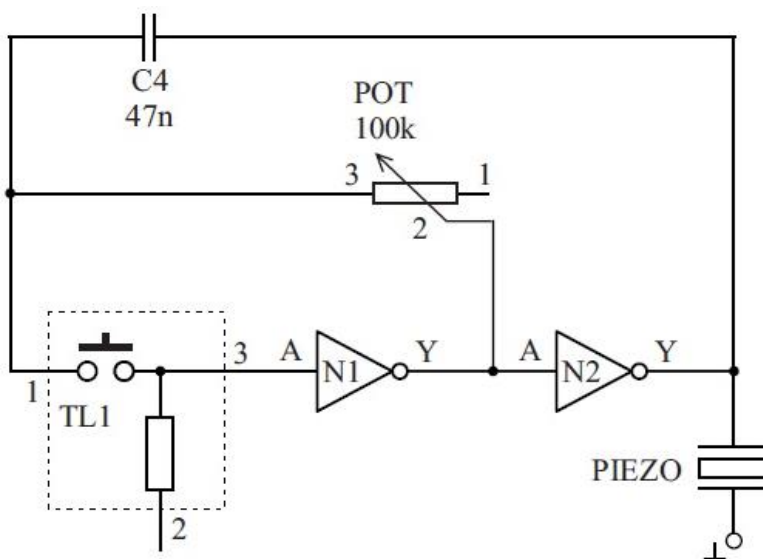
Jak je vidět na Obr. 18.1 napěťová úroveň na PIEZO se pohybuje v úrovních LOG-0 a LOG-1, nebo LOG-0 a LOG-0. Na uzemněné straně je vždy 0 V tedy LOG-0. Pokud bychom chtěli upravit úrovně, a tím zvýšit hlasitost, zapojíme PIEZO člen dle Obr. 18.2. Napěťové úrovně na PIEZO odpovídají vždy LOG-0 a LOG-1 a střídají se, intenzita vyluzovaného zvuku bude větší.

²⁰ Obsahuje piezoelektrický krystal. Vlivem vnějšího elektrického pole se tento krystal rozkmitá.



Obr. 18.2: Hlasitý bzučák

Poslední úprava zapojení bzučáku nám umožní bzučák ovládat tlačítkem a mít větší stabilitu zapojení²¹ – Obr. 18.3. Bzučák však při použití stejných součástek kmitá na nižší frekvenci. Je to dáno zapojením kondenzátoru mezi vstup jednoho invertoru a výstup druhého²². Jedna strana PIEZO je opět připojena na zem (stálá LOG-0).



Obr. 18.3: Ovládaný bzučák

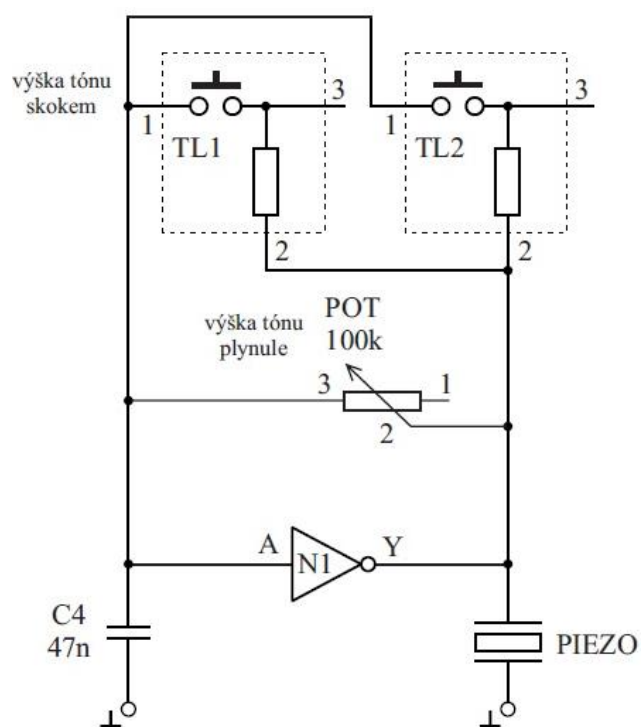
Úkol

1. Zapojte bzučák dle Obr. 18.4. V čem bude toto zapojení odlišné oproti předchozím?
2. Upravte schéma zapojení z předchozího úkolu na tzv. hlasitý bzučák.

²¹ Krystal v PIEZO kmitá na daném kmitočtu, nepřeladuje se na jiné frekvence.

²² Napěťové úrovně na vstupu N1 jsou 1,4 V a 2,4 V na výstupu N2 přibližně 4,4 V.

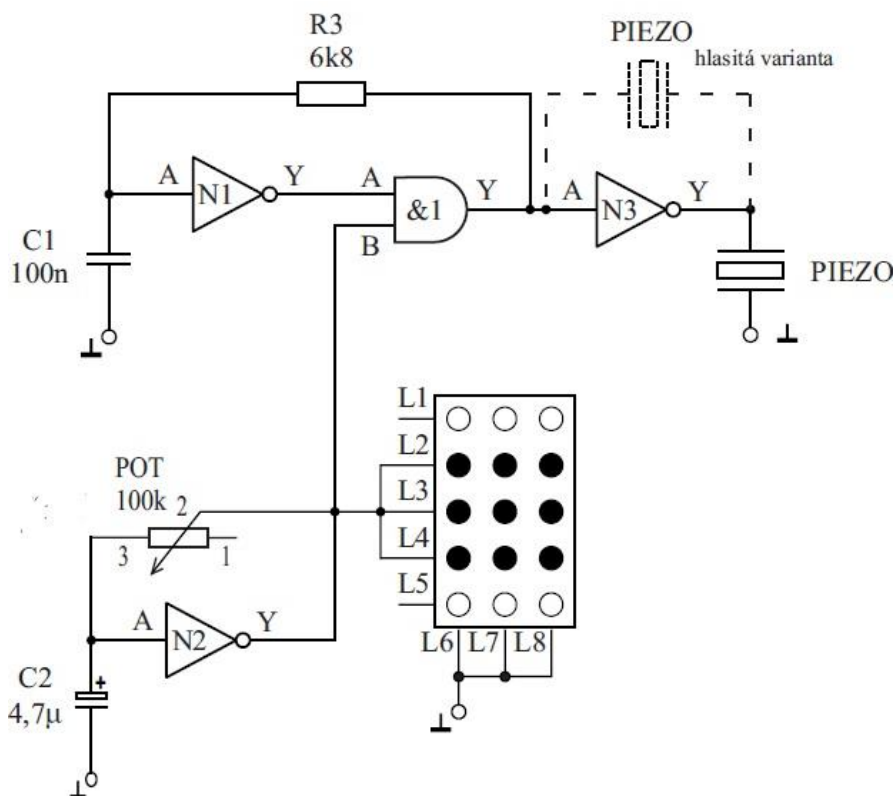
3. Na vstupy a výstupy invertorů v předchozích zapojeních připojte osciloskop a pozorujte úrovně napětí.



Obr. 18.4: Bzučák spínaný dvěma tlačítky

19. Opticko-akustická signalizace

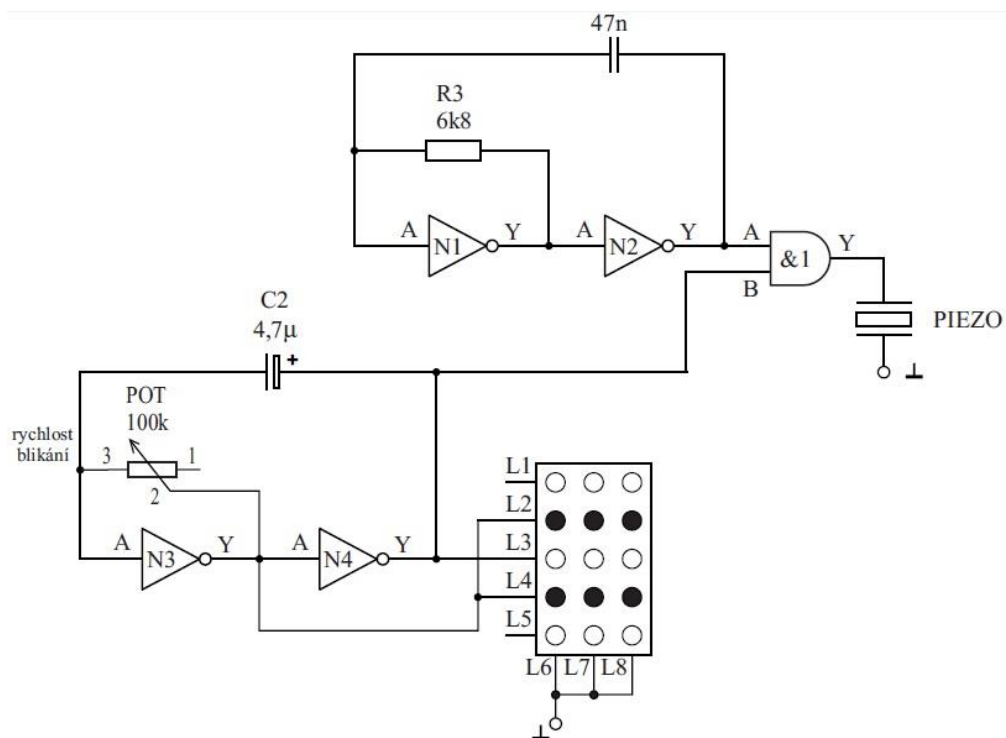
V této kapitole spojíme znalosti z předchozích dvou kapitol a zapojíme obvod, který bude plnit funkci jak optické signalizace (diody), tak akustické signalizace (bzučák). Jak již bylo uvedeno, obvod bzučáku potřebuje pro správnou funkci mnohem větší kmitočet nežli ten optický. Musíme tedy obvod rozdělit na dvě části, v každé bude použit jiný kondenzátor. Optická část bude spínáním členu AND řídit akustickou část, viz Obr. 19.1. Princip zapojení je stejný jako v předchozích kapitolách.



Obr. 19.1: Opticko-akustická signalizace

Úkol

1. Popište funkci obvodu na Obr. 19.2. Obvod zapojte a určete, do kterých míst bude vhodné zapojit osciloskop pro pozorování průběhů napětí, jak tyto průběhy budou vypadat? Osciloskop připojte a ověřte správnost svých předpokladů.



Obr. 19.2: Akustický blikáč

Doporučená literatura

- [1] SVOBODA, Ivan a Radka SVOBODOVÁ. *Průvodce stavebnicí VOLTÍK III*. Ostrava – Petřkovice: SVOBODA, 2000.
Dostupné z: http://voltik.cz/fotky/voltik/v3/prirucka_v3.pdf
- [2] HÁJEK, Jan. *Časovač 555: praktická zapojení s jedním časovačem*. 2. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 1999, 127 s. ISBN 80-901-9841-4
- [3] KOLOUCH, Jaromír a Viera BIOLKOVÁ. *Impulzová a číslicová technika* [online]. Brno, [cit. 2012-07-22]. Dostupné z: <http://www.unium.cz>
- [4] PODLEŠÁK, Jiří a Petr SKALICKÝ. *Spínací a číslicová technika*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 1994, 235 s
- [5] 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>
- [6] KRYNICKÝ, Martin. *Učebnice matematiky* [online]. 2010 [cit. 2012-07-22].
Dostupné z: <http://www.realisticky.cz/ucebnice.php?id=1>