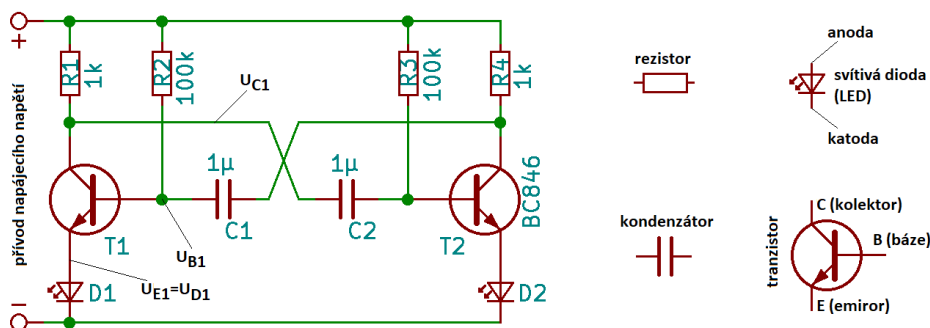


Tranzistorový blikáč – multivibrátor

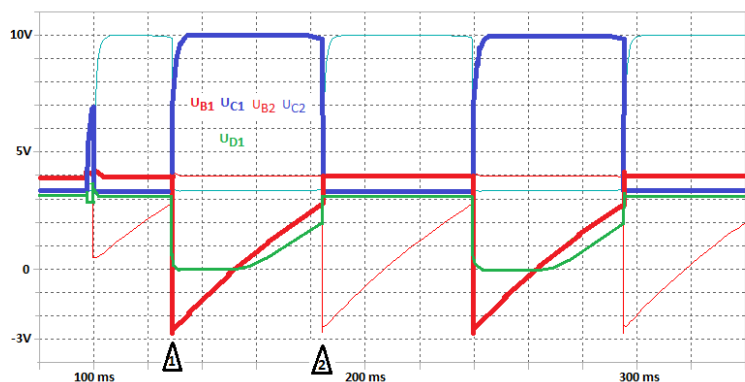
Princip činnosti

Poznámka: Pokud nevíte co dělají součástky ve schematu, přečtěte si nejprve text „O součástkách“.

Jedná se o klasické zapojení symetrického relaxačního oscilátoru, též zvané astabilní klopný obvod, nebo multivibrátor. Na následujícím obrázku je schéma. Kdybychom vynechali kondenzátory, nastane po zapnutí napájení jednoduchý stav, kdy se každý tranzistor otevře proudem z rezistoru zapojeného do jeho báze, rozdíl napětí mezi kolektorem a emitorem klesne na pár desetin V a LEDky budou svítit, napájené převážně proudem omezeným rezistorem nad kolektorem (v našem případě přes 99 %).



Přítomnost kondenzátorů ale způsobí, že obvod začne fungovat tak, jak je vidět na následujícím grafu ze simulátoru LTSpice:



Po zapnutí napájení se nejprve nějakou dobu „nic neděje“ a kdyby poměr mezi odpory u bází a kolektorů byl moc malý a všechny součástky symetrické, tak by to i zůstalo. V našem případě obvod po chvíli začne kmitat. Jak konkrétně k tomu dojde, závisí na volbě součástek a dalších okolnostech a vrátíme se k tomu později.

Nyní k vlastnímu kmitání: Podívejme se těsně před okamžik přepnutí (značka 1 v grafu): Tranzistor T1 je zapnutý a na jeho kolektoru (silná modrá křivka) je něco přes 3 V, z čehož naprostá většina je napětí na LED D1 (zelená křivka). Na bázi (silná červená) je o necelých 0,7 V více, tedy skoro 4 V. Do báze prochází proud daný odporem R2 a drží T1 zapnutý. Protože T2 je vypnutý, na jeho kolektoru je plné napájecí napětí (v našem případě 10 V), kondenzátor C1 je nabitý na přibližně 10-4=6 V.

Mezitím do C2 jde proud z R3, takže roste napětí na bázi T2 (tenká červená), až dosáhne hodnoty, kdy se T2 začne otevírat. Tím začne klesat napětí na jeho kolektoru. Pokles se okamžitě přenáší přes C1 na bázi T1, ten se zavírá, roste napětí na jeho kolektoru a tento nárůst přes C2 urychlí otevírání T2, což zas přes C1 urychlí zavírání T1. Výsledkem je, že nejpozději za několik desítek nanosekund (nano = miliardtina) je T1 vypnutý a T2 zapnutý, jejich stavy se tedy prohodí.

Protože C1 byl nabitý na cca 6 V s kladným pólem vpravo, kde jsou nyní jen 3 V, jsou na bázi T1 mínus 3 V a tak je zcela vypnutý a na D1 je 0 V. C1 se nyní vybíjí proudem z R2. Až na jeho levém konci bude napětí dostatečné k otevření T1, stavy tranzistorů se zase prohodí (značka 2). Tento děj se periodicky opakuje.

Kondenzátory se nabíjejí/vybíjejí tím pomaleji, čím mají větší kapacitu a čím větší je odpor omezující proud. Doba trvání půlperrody je tedy dána vztahem:

$$T = kRC \text{ [s, } \mu\text{s, ns, } \Omega, \text{ F nebo např. ms, } \mu\text{s, k}\Omega, \mu\text{F]}$$

kde **R** je odpor rezistoru, **C** kapacita kondenzátoru a **k** (bez jednotky, proto je ve výčtu jednotek –) je konstanta daná tím, na jakou část napájecího napětí se má kondenzátor nabít, či o jakou část vybit. Např. pro $1 - e^{-1} = 0,632..$ by bylo přesně $k=1$ (poznámka: v některých příručkách je chybně uvedeno $1/\sqrt{2}=0,707..$). Pro nabití na celé napětí by k bylo teoreticky nekonečné (nabíjí se čím dál pomaleji, protože čím dál menší napětí zůstává na odpor). Ale již při $k=3$ by se nabíjelo na 95 %. V našem případě se vybíjí celkovým rozdílem $10 - (-3) = 13$ V o přibližně $3 - (-3) = 6$ V, což je $6/13 = 0,46..$ a k je tedy asi 0,55. Pro hodnoty ve schématu vychází:

$$T = 0,55 \cdot 100k \cdot 1\mu = 55 \text{ ms}$$

Poznámka: Podíl napětí závisí na napájecím napětí i úbytku napětí na LED a tak bývá k 0,4-0,8. Přesná hodnota k se vypočítat dá, ale jedná se o řešení exponenciální rovnice.

Jak je to s tím rozběhem:

1. Pokud je poměr $R2/R1$ a $R3/R4$ malý, musí být na počátku rozdíl (např. úbytků na LED, nebo přechodů BE v tranzistorech, případně v kapacitách), který způsobí, že některý z tranzistorů se zapne jako první.
2. Je-li poměr naopak blízký zesilovacímu činiteli tranzistoru, takže tranzistory nejsou příliš dokonale sepnuté, začne obvod po vhodném nabití kondenzátorů fungovat jako zesilovač, který má spojený vstup s výstupem. Zesilováním vlastního šumu se rychle dostane do přebuzení a začne pracovat jako multivibrátor. To je i náš případ.

Tranzistorový blikáč – multivibrátor O součástkách

Nejprve si povíme, **co je napětí a proud**: Dá se říci, že elektřina v drátech se chová podobně, jako voda v trubkách. Napětí je něco jako tlak a proud je něco jako průtok. Napětí je něco jako síla, která tlačí proud, aby drátem procházel. Podobně jako tlak měříme třeba v Pascalech, **napětí měříme ve voltech**. Podobně, jako voda má objem, který měříme třeba v litrech, množství elektřiny, zvané **náboj, měříme v coulombech**. Proud je pak něco jako průtok v litrech za sekundu, zde máme coulomby za sekundu a říkáme jim zkráceně **ampéry**. Základní, nejmenší „kousek“ elektřiny je elektron. Elektrony jsou součástí atomů. Zatímco voda může z trubky vytéct, elektrony nikoli, respektive jen v zanedbatelném počtu. Když je v nějakém předmětu elektronů málo, je kladně nabitý a elektrony přitahuje. Když je jich více, je záporně nabitý a elektrony odpuzuje.

Rezistor: Nejjednodušší elektronická součástka. Jeho jedinou funkcí je, že skrz něj prochází **proud daný poměrem napětí a odporu**. Odpor měříme v jednotkách zvaných ohmy, které značíme velkým řeckým písmenem Ω (omega). Například rezistorem 1 Ω prochází právě tolik ampérů, kolik na něj přivedeme voltů, rezistorem 1 k Ω prochází právě tolik mA, kolik na něj přivedeme V a skrz 100 k Ω prochází 100krát méně.

$$I = \frac{U}{R} \quad [A, V, \Omega \text{ nebo např. mA, V, k}\Omega]$$

Kde I je proud (ampéry), U je napětí (volty) a R je odpor (ohmy).

Kondenzátor: Jedná se o něco jako malý akumulátor. V porovnání s klasickým akumulátorem se do něj vejde velmi málo energie, za to ho můžeme nabíjet a vybijet velmi rychle, třeba miliardkrát za sekundu. Jeho základní vlastností je kapacita a její jednotkou je farad, který značíme F . **Kapacita udává, kolik coulombů se do kondenzátoru vejde na každý volt napětí**. Např. kondenzátor 1 μF (μ – mikro – miliontina) se proudem 1 mA nabije za každou ms o 1 V.

$$u = U_0 + \frac{I \cdot t}{C} \quad [V, V, A, s, F \text{ nebo např. V, V, mA, ms, }\mu F]$$

Kde u je aktuálně nabitě napětí, U_0 je napětí, které na kondenzátoru bylo v době $t=0$, I je proud, t doba nabíjení a C kapacita. Při zadání záporného proudu dostaneme vybíjení – napětí bude klesat. Nabíjení kondenzátoru si také můžeme představit, jako napouštění sudu vodou. Proud pak bude průtok vody, napětí výška hladiny a kapacita bude plocha hladiny.

Kondenzátorů existuje mnoho druhů a provedení s dostupnými kapacitami od keramických kondenzátorů s desetiny pF (p – piko – biliontina) až po kilofaradové superkondenzátory, které nastartují starý traktor. V naší stavebnici jsou použity SMD keramické. Jsou dostupné s kapacitami do stovek μF , ale již v řádu desítek μF začíná jejich cena nepříjemně růst. Zde si naštěstí vystačíme s malými.

Dioda: Diod existuje mnoho různých druhů. Jejich společnou vlastností je, že vedou proud jen jedním směrem. Velká část použití vychází jen této vlastnosti, ať už k usměrňování střídavého proudu, nebo v rozhodovacích obvodech, kdy takto můžeme zajistit, že se na společný výstup dostane nejvyšší napětí. Diody ovšem nejsou v propustném směru dokonale vodivé, vykazují určitý úbytek napětí, nejčastěji 0,6-1 V. Toho se také někdy využívá, třeba když se nám právě takové napětí k něčemu hodí. Většinou je ale na obtíž.

Svítilná dioda: (**LED** – light emitting diode) Energie, kterou elektrony potřebují k průchodu diodou se může uvolňovat ve formě fotonů, nejmenších „kousků“ světla. Když diodu zkonstruujeme tak, že úbytek napětí je záměrně dostatečně vysoký, vznikají fotony, které naše oči vnímají jako viditelné. Nejmenší energii mají fotony červené, proto může být úbytek na červené LED i pod 1,5 V. Naopak pro výrobu modrých fotonů je potřeba elektrony urychlit napětím kolem 3 V, proto jsou modré LEDky ještě při 2,5 V prakticky nevodivé. **Bílé LED** jsou zvláštní, musí „umět“ všechny barvy najednou. Jsou to ve skutečnosti LEDky modré, které navíc obsahují **luminofor**, látku která většinu modrého světla konvertuje na ostatní barvy. Na pohled je poznáme tak, že v nich vidíme nažloutlou hmotu, to je ten luminofor.

Tranzistor: Tranzistor je nejjednodušší aktivní prvek. Umožňuje slabším signálem ovládat signál silnější. Tranzistorů existuje mnoho druhů. Základní rozdělení je na **bipolární** a **unipolární**. Bipolární tranzistory ovládají větší proud menším proudem, unipolární mají řídicí elektrodu nevodivou a proud se tak ovládá jen řídicím napětím. Oba typy mají dále dvě varianty polarity. Bipolární NPN a PNP, unipolární N a P. NPN a N má funkční polaritu napětí a proudů kladnou, v PNP a P je polarita záporná. Kdybychom v našem blikáči použili PNP místo NPN, museli bychom ještě obrátit směry LEDek, a polaritu zdroje.

Nyní si podrobněji probereme **bipolární tranzistor NPN**. Má 3 vývody:

báze (na schematické značce je vyvedena rovně, zkratka B),

emitor (na schematické značce má šipku – NPN šipka ven, PNP dovnitř, zkratka E)

kolektor (šikmo jako emitor, ale bez šipky, zkratka C).

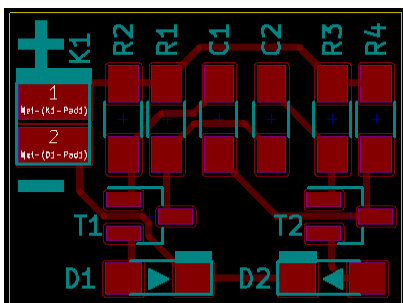
Základním parametrem bipolárního tranzistoru je **zesilovací činitel**.

Dejme tomu, že náš tranzistor má zesilovací činitel 200. Emitor připojíme na záporný pól zdroje a kolektor na kladný. Zatím nebude procházet téměř žádný proud. Nyní do báze pustíme kladný proud 1 mA. Tranzistor začne cestou mezi C a E odebírat proud 200 mA. Když proud do báze zvýšíme na 2 mA, odběr kolektoru vzroste na 400 mA. Můžeme tedy říct, že **tranzistor se snaží kolektorem odebrat proud, odpovídající proudu báze násobenému zesilovacím činitelem**.

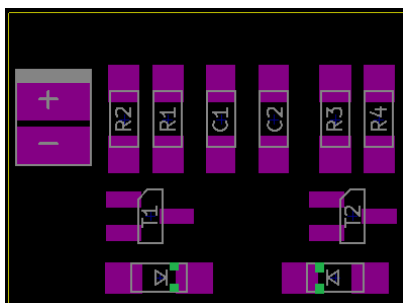
Co když něco brání dosažení takového proudu? To je velmi běžná situace, pokud zrovna nechceme tranzistor použít k zesilování signálu a je to tak i v našem blikadle. Tam proud omezují rezistory R1 a R4. V tom případě poklesne napětí mezi C a E na pár desetin V a nastane stav zvaný **saturovací**. Tranzistor nyní můžeme považovat za sepnutý spínač.

Tranzistorový blikač – multivibrátor

Návod



Takhle nějak by měla DPS vypadat



Takto by měly být umístěné součástky

Ještě nikdy jsem nepájel SMD, co mám dělat?

Především nezoufat. **Je to méně pracné, než pájet ty „obyčejné“.** Dají se pájet mikropáječkou i traťopáječkou. Kromě páječky bude potřeba pinzeta, nebo delší nehty, nejlépe obojí. K pájení použijeme trubičkový cín o průměru 0,6 mm, ale i 1 mm je použitelný. K mikropáječce se dále bude hodit čistítka, možná by se mohla hodit kalafuna, nebo jiné tavidlo, případně i odsávací licna, nebo kus slinějši obyčejné.

Základní postup:

modré pocínovat >

(Teplotu mikropáječky nastavíme na 270°C)

1. Vezmeme do jedné ruky cín a do druhé páječku. Od každé součástky pocínujeme jednu pájecí plochu. Ano, **jen jednu, ne více!** Cín by měl tvořit bouli vysokou 0,2 až 0,4 mm. Snažíme se to dělat rychle, aby se nestihlo vypařit tavidlo uvolněné z trubičkového cínu.

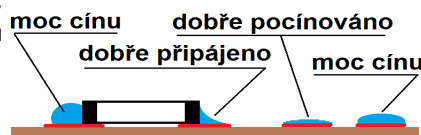
2. Vezmeme do jedné ruky páječku, do druhé pinzetu. Postupně bereme jednotlivé součástky a pájíme na pocínovaná místa, aniž bychom přitom používali nějaký další cín. **Nepájíme nic dalšího!** Pokud jsme od nějaké součástky předtím pocínovali víc než jednu plochu, bude nyní tato součástka nejspíš šikmo a bude těžké to opravit.

3. Zkontrolujeme, zda jsme všechny součástky připájeli na správná místa, jestli nejsou diody obráceně a tak dále. Nalezené chyby opravíme, srovnáme co je nakřivo. Pokud jsme nějakou součástku předtím připájeli za víc než jeden konec, bude tohle podstatně těžší.

4. Když jsme si jisti, že je všechno jak má, vezmeme do jedné ruky cín, do druhé páječku a připájíme všechny ještě nepřipájené konce.

5. Zkontrolujeme, zda je vše dobře připájeno.

6. Připájíme drátky.



Co pájet dřív a co později?

Nejprve pájíme rezistory a kondenzátory, potom tranzistory a diody. Kdybychom pájeli něco složitějšího, je nutno navíc upřednostnit nižší součástky před vyššími. Např. malý tranzistor se špatně pájí mezi dvěma 1 cm vysokými cívkami.

Jak poznat součástky a jejich polaritu?

Rezistor: Tenký obdélníček z bílé keramiky, se dvěma vodivými konci, na horní straně má černou plochu s čísly (nejlevnější, nebo velmi malé mohou mít plochu bez čísel).

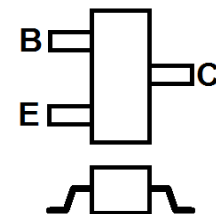
Na SMD rezistorech použitých ve stavebnici je napsán číselný kód, kde první číslice (dvě nebo tři) znamenají číslice z hodnoty a poslední číslice udává, kolik nul za ty první máme dopsat. Tím dostaneme odpor v ohmech. Např. 123 tedy znamená 12 000 Ω = 12 kΩ (kiloohmů). Stejná hodnota může být zapsána i jako 1202. Ve schematu pak zpravidla používáme zápis, kdy je za hodnotou jen předpona, v našem případě tedy 12k. Pokud hodnota obsahuje desetinnou čárku (třeba 4,7 MΩ – megaohmů), dáme předponu na místo čárky (4M7). Pokud předpona není, napíšeme místo ní R (6R8 = 6,8 Ω).

Keramikový kondenzátor: Obdélníček z keramiky, která není bílá a není na něm nic napsáno.

Přibližně platí, že čím tmavší a čím silnější, tím větší můžeme očekávat kapacitu. V našem případě jsou oba stejné, ale kdyby v jiném složitějším výrobku byly použity třeba 100 pF a 10 μF a v pytlíčku najdeme světle růžové, stejně tenké jako rezistory a pak tmavě hnědé a silné, je jasné, které jsou které. Pozor, pokud by zapojené obsahovalo i cívky ve stejném provedení, ty jsou na venek z tmavě šedého až černého feritu.

Tranzistor: Malý obdélníček z černého plastu, má 3 nožičky. Na horní straně bývá několik písmen a číslic, tzv. marking kód. Např. na BC846B od firmy OnSemi nalezneme 8AB.

Nožičky jsou ohnuté dolů a tam rozehnuté do stran, aby se zvýšila kontaktní plocha. Pokud tranzistor připájíte „vzhůru nohama“, prohodíte bázi s emitorem a obvod nebude fungovat. Součástky lze podle marking kódů dohledat na internetu vyhledáním řetězce, jako *3F smd marking*. V tomto případě bychom našli BC857B, což je tranzistor PNP, který se nám nehodí.



LEDka: Malý obdélníček s vodivými konci, spodní strana z laminátu, uprostřed je symbol polarity. Horní strana je z průhledného, nebo barevného plastu. V rohu u katody (mínus) je malinká tečka zpravidla zelené barvy. Tečky mohou být i dvě, na obou bocích.

Podstatně lépe viditelný je symbol na spodní straně: Trojúhelníková šipka směřující ke katodě (mínus), nebo něco jako T, směřující „nožičkou“ ke katodě. Symbol T se nějak vyvinul ze šipky, která byla v dávných časech tvořena čtyřmi čtvercovými pixely, takže zároveň připomínala T.