

Závěrečný projekt z předmětu BPC-PNE

Univerzální časovač s NE555

Autor: **Jan Tomšej, 256421**

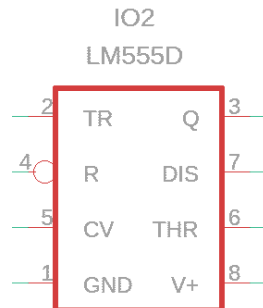
2. ročník BPC-AMT

Zimní semestr akademického roku 2024/25

1 Úvod

Součástí závěrečného projektu z předmětu BPC-PNE bylo navrhnout plošný spoj dle vlastní volby v návrhovém softwaru EAGLE a následně jej vlastnoručně osadit a oživit. Zvolil jsem si zapojení univerzálního časovače. Slouží ke spuštění a následnému automatickému vypnutí zátěže (např. vypínání světel v garáži).

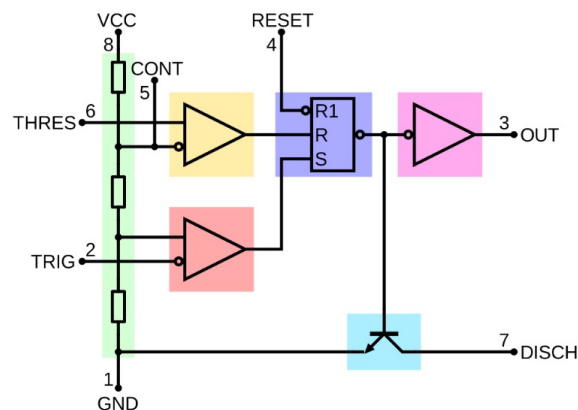
1.1 Princip integrovaného obvodu NE555



Obrázek 1: Integrovaný obvod NE555

Integrovaný obvod má tyto piny:

1. GND
2. TR (TRIGGER)
3. Q (výstup)
4. R (RESET)
5. CV (Control voltage)
6. THR (threshold)
7. DIS (discharge)



Obrázek 2: Vnitřní struktura časovače NE555

Popis vnitřní struktury:

- V_{CC} je napájecí napětí
- Dva komparátory
 - Žlutá - porovnává hodnotu napětí THRESHOLD s referenční hodnotou napětí
 - Červená - porovnává hodnotu napětí TRIGGER s referenční hodnotou napětí

- Trigger je vstupem invertujícím, threshold neinvertujícím.
- Napěťový dělič (zelený)
 - Dělí napětí v poměru 1:3.
 - Pokud přivedu na žlutý komparátor vyšší napětí než je $\frac{2}{3} V_{CC}$, objeví se na výstupu žlutého komparátoru napětí.
 - Pokud přivedu na červený komparátor nižší napětí než $\frac{1}{3} V_{CC}$, objeví se napětí na výstupu červeného komparátoru.
- Klopný obvod RS (fialový)
 - RESET je nuceným překlopením výstupu OUT do nuly poté, co na tento pin připojíme logickou nulu (je invertovaný). Otevře se světle modrý vybíjecí tranzistor.
 - Pokud je na TRIGGER nízká úroveň napětí (logická nula, menší než $\frac{1}{3} V_{CC}$), je na výstupu červeného komparátoru vysoká úroveň napětí (logická jednička). Flip-flop přejde do režimu set, výstup OUT je v logické jedničce.
 - Pokud je na THRESHOLD vysoká úroveň napětí (logická jednička, větší než $\frac{2}{3} V_{CC}$), přivedeme signál na vstup R. Výstup OUT je v logické nule.
- Invertor (růžový)
 - Překlápí výstupy fialového klopného obvodu RS (hodnoty lze vidět v pravdivostní tabulce RS klopného obvodu)
- CV – Control voltage
 - Umožňuje provést ladění napětí na děliči

R	S	$\neg Q$	-
0	0	$\neg Q$	Pamatovací stav
0	1	0	Set
1	0	1	Reset
1	1	-	Nevíme, co bylo předtím

Tabulka 1: Pravdivostní tabulka RS klopného obvodu

- Tranzistor (světle modrý)
 - Pokud je na výstupu klopného obvodu logická jednička, proudem do báze se otevře tranzistor, díky kterému se veškerý akumulovaný náboj vybije.

1.2 Princip zapojení univerzálního časovače

Obvod můžeme rozdělit do 3 částí:

1. Napájení

- Napájecí napětí +5 V je zajištěno stabilizátorem napětí 7805.
- Tento stabilizátor potřebuje ke své správné funkci naětí na vstupu 7-20 V, proto se nabízí použít jako zdroj napájení dostupná 9 V baterka.
- Jsou použity ochranné rezistory R_1 a R_2 o velikosti $10k\Omega$.

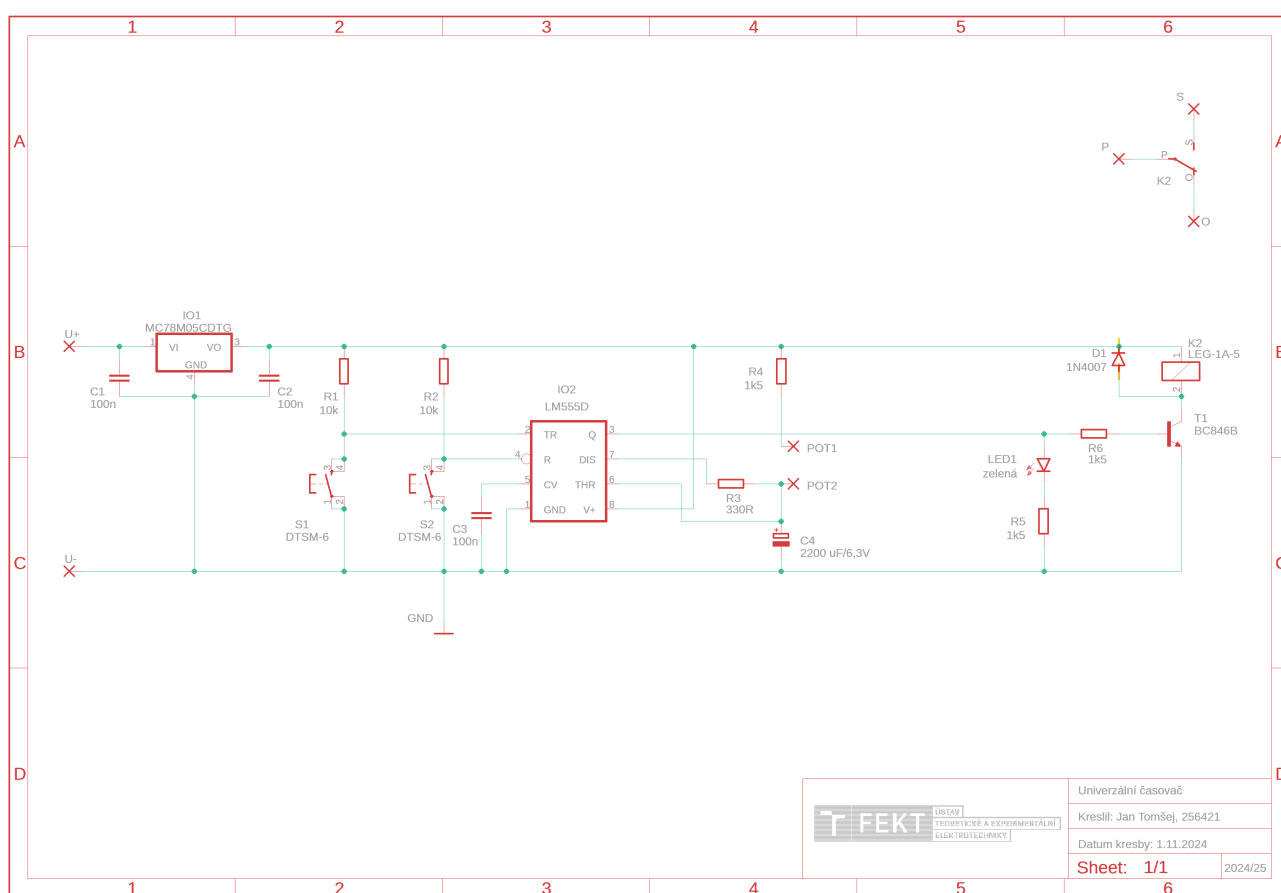
2. Časování

- Obvod NE555 v tomto zapojení funguje v tzv. **monostabilním režimu**.
- Časová konstanta obvodu se určí dle vztahu:

$$T = 1,1 \cdot (R_4 + P) \cdot C_4 \quad (1)$$

kde P ... potenciometr. Bude umístěn tam, kde vidíme zdířky POT_1 a POT_2

- Zmačkneme-li tlačítko S_1 , dojde k poklesu napětí na pinu TRIGGER pod $1/3$ napájecího napětí. Proto se na výstupu červeného komparátoru objeví napětí. Na výstupu integrovaného obvodu 555 se objeví logická jednička.
- Logická jednička na výstupu obvodu 555 způsobí, že se otevře tranzistor T_1 , a díky tomu sepne relé.
- Nabíjení kondenzátoru C_4 probíhá přes rezistor a potenciometr.
- Po dobu, když se kondenzátor C_4 nabíjí, je na THRESHOLD nízká hodnota napětí (menší než $2/3$ napájecího napětí).
- Jakmile se kondenzátor C_4 nabije, začne se vybíjet a způsobí tak nárůst napětí na THRESHOLD. Když toto napětí překoná hranici $2/3$ napájecího napětí, na výstupu integrovaného obvodu OUT bude logická nula (vnitřní struktura obvodu 555 popsána výše)
- Tato logická nula představuje snížení napětí na bázi tranzistoru T_1 . Bezpečné rozepínání relé (zabránění zpětnému proudu) zajišťuje dioda D_1 paralelně připojená k relátku.
- Tlačítkem S_2 provedeme RESET celého obvodu. Na výstupu obvodu 555 je logická nula (vnitřní struktura obvodu 555 popsána výše).



Obrázek 3: Schéma zapojení univerzálního časovače nakreslené v EAGLE

1.3 Hlavní použité součástky

1. Stabilizátor napětí MC78M05CDTG IO_1
 - Stabilizátor s maximálním výstupním proudem 0,5 A, což je desetinásobek maximálního změřeného vstupního proudu obvodem (tabulka 2).
 - Rozsah vstupních napětí je 7-20 V, pro napájení se nabízí použití snadno dostupné devítivoltové baterky.
2. Elektrolytický kondenzátor EEEFT0J222AP C_4
 - Jde o hliníkový elektrolytický kondenzátor s výrobní tolerancí 20 % a kapacitou 2200 μF , který je cenově dostupný. Jedná se o obvod fungující na nízkých frekvencích (menší než 10 kHz), proto se neprojeví parazitní vlastnosti elektrolytického kondenzátoru.
 - Nejvyšší povolené napětí kondenzátoru je 6,2 V (nejvyšší v obvodu je 5 V).
3. Dioda FM4007-LGE (D_1)
 - Podle katalogového listu univerzální SMD dioda. Je levná, její maximální souvislý proud je 1 A, maximální impulzní proud 25 A. Tyto parametry s přehledem vystačí pro náš výrobek.
4. Tranzistor BC846BPDW1T1G (T_1)
 - Běžný tranzistor NPN pro všeobecné použití. Proud kolektorem je přibližně 100 mA.
5. Rezistory ROYAL OHM CQ06S4F1501T5E ($R_{4,5,6}$)
 - Tlustovrstvé SMD rezistory s velmi dobrou výrobní tolerancí (kolem 1%)
6. Časovač 555 NA555S-13
 - Levný obvod 555 s SMD pouzdrem, jehož výstupní proud je 200 mA.
7. Relé LEG-1A-5 (K_1)
 - Miniaturní elektromagnetické relé. Maximální spínané napětí je 100 V stejnosměrného a 240 V střídavého napětí.
8. Rezistor CQ1206-330R-1% (R_3)
 - Tlustovrstvý rezistor s dobrou výrobní tolerancí 1%. Slouží k ochraně obvodu 555 proti napěťovým špičkám.
9. Rezistory HP06-10K1% ($R_{1,2}$)
 - Rezistory, které zajistí připojení kladného napětí (logické jedničky) na vstupy TR a R.
 - Hodnotu 10 k Ω jsme zvolili, aby do vstupů R a TR obvodu 555 tekla minimální proud.
10. Kondenzátory C1206C104K5RAC ($C_{1,2,3}$)
 - Všechny tři kondenzátory jsou použity jako **blokovací kondenzátory** (proti rušení).
 - C_1 zajišťuje, aby do stabilizátoru nevstupovalo rušení zvenku.
 - C_2 zabraňuje tomu, aby se obvodem šířilo rušení vzniklé na stabilizátoru.
 - C_3 brání, aby Control voltage (tj. jemné ladění napětí na děliči), které jsme nepoužili, ovlivněno šumem zvenčí.

2 Simulace

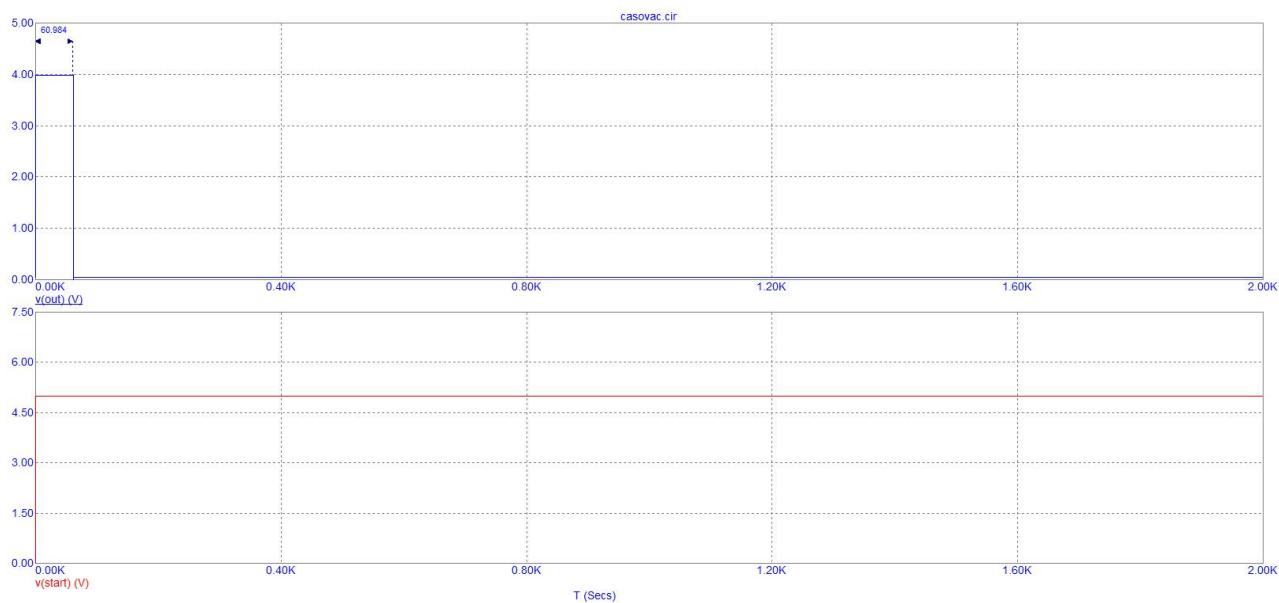
V microcapu bylo simulováno zapojení z obrázku 6. Ověřovali jsme doby spínání od 25k Ω do 500k Ω . Vidíme, že s rostoucí hodnotou rezistoru R_4 roste i doba, než dojde k poklesu napětí na bázi tranzistoru (doba spínání, časová konstanta). Výpočty časových konstant jsou uvedeny níže.

- Příklad výpočtu času sepnutí pro 500 k Ω .

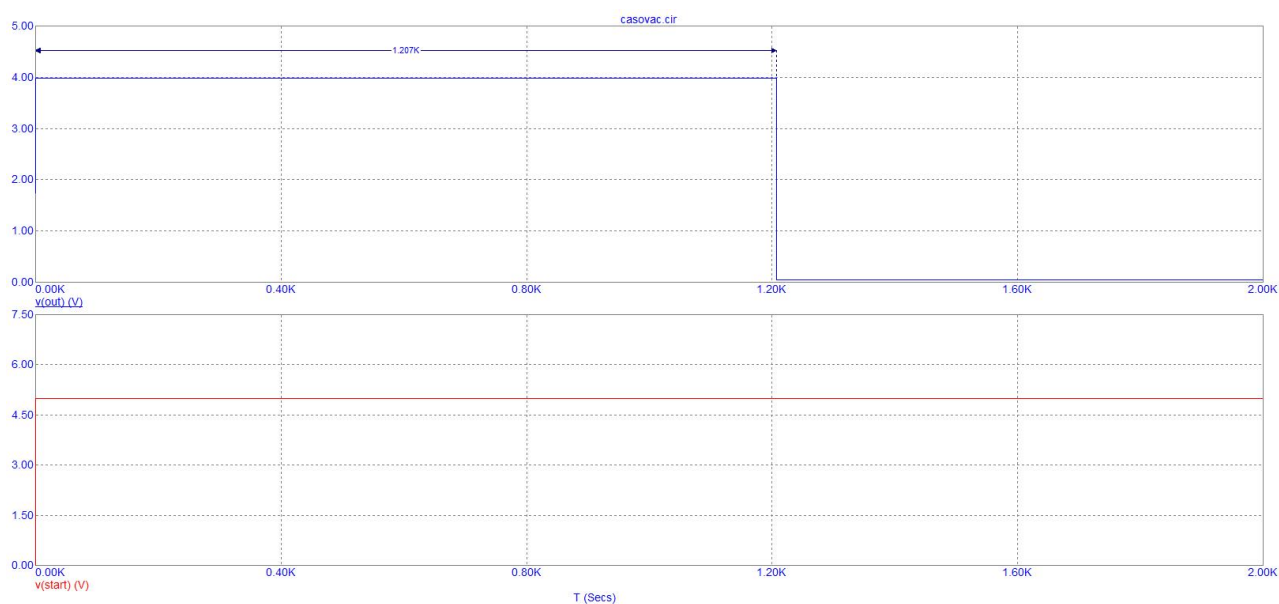
$$t = 1,1 \cdot (R_3 + R_4) \cdot C_2 = 1,1 \cdot (500 + 1) \cdot 10^3 \cdot 2200 \cdot 10^{-6} = 1212,42s \doteq 20,21min \quad (2)$$

- Příklad výpočtu času sepnutí pro 25 k Ω .

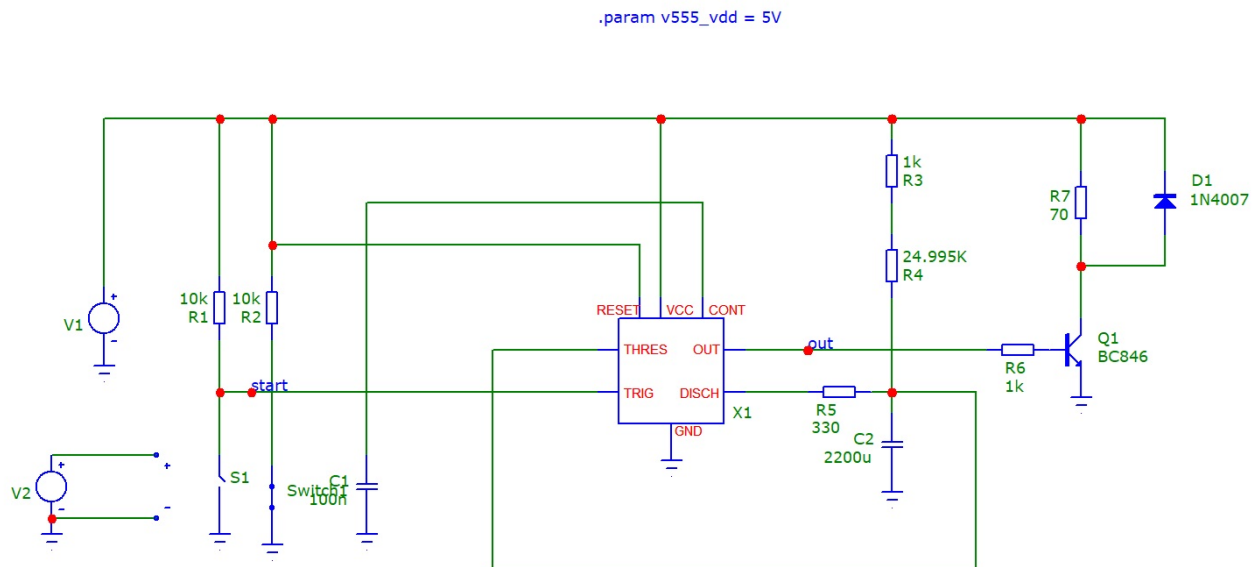
$$t = 1,1 \cdot (R_3 + R_4) \cdot C_2 = 1,1 \cdot (25 + 1) \cdot 10^3 \cdot 2200 \cdot 10^{-6} = 62,92s \quad (3)$$



Obrázek 4: Průběhy napětí na vstupu a výstupu obvodu pro hodnotu potenciometru 25 kΩ



Obrázek 5: Průběhy napětí na vstupu a výstupu obvodu pro hodnotu potenciometru 500 kΩ



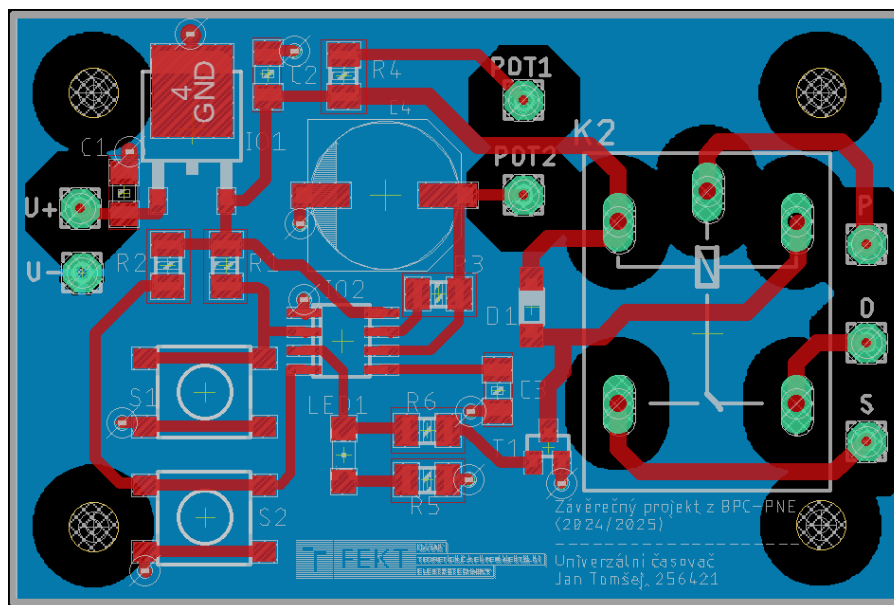
Obrázek 6: Schéma časovače nakreslené v programu MICROCAP

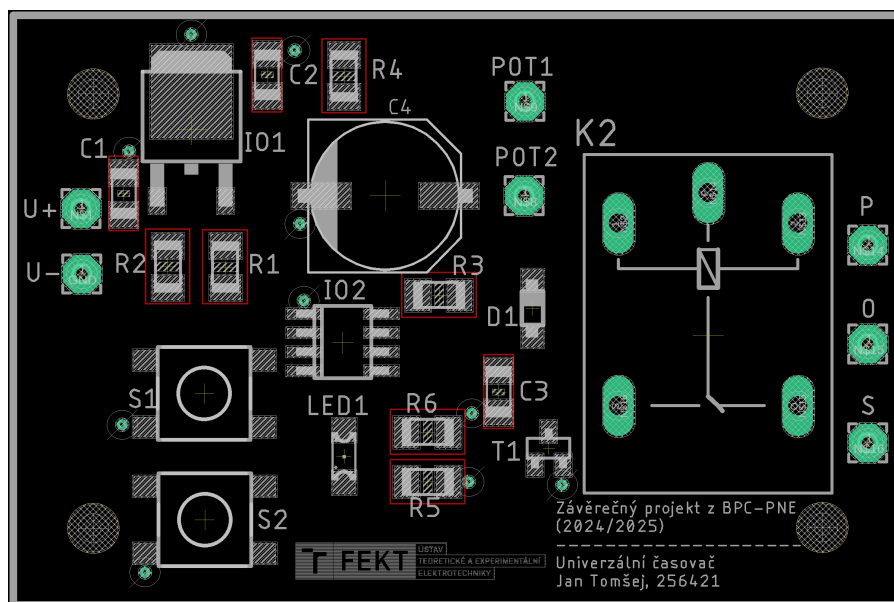
3 Vlastní provedení desky

Jak schéma, tak desku, jsme kreslili v programu EAGLE. Byl použit nejvyšší rozměr desky, který jsme měli povolen: 60 x 40 mm. Písmo jsem musel ze základního fontu přepnout do **vektorového**.

- Blokovací kondenzátory bylo nutné vždy umístit co možná nejbližně stabilizátoru (kondenzátory C_1, C_2) a obvodu 555 (C_3).
- Nepoužíval jsem šířku cesty větší než šířku padu menší ze součástek.
- Cesty u relé jsem vedl maximálně daleko od sebe (relé může spínat až 100 V stejnosměrného proudu)
- Jediné možné úhly mezi cestami jsou 0° , 45° a 90° , žádné jiné nesmíme používat.

V mém provedení jsem veškeré cesty vedl vrchní vrstvou (top - červená), ve spodní (bottom) vrstvě jsem potom rozlil zem. Použil jsem prokovy. Dírky pro umístění do krabičky jsem volil pro nejdostupnější šrob M5 (průměr každé z děr byl zvolen asi 5,2 cm).



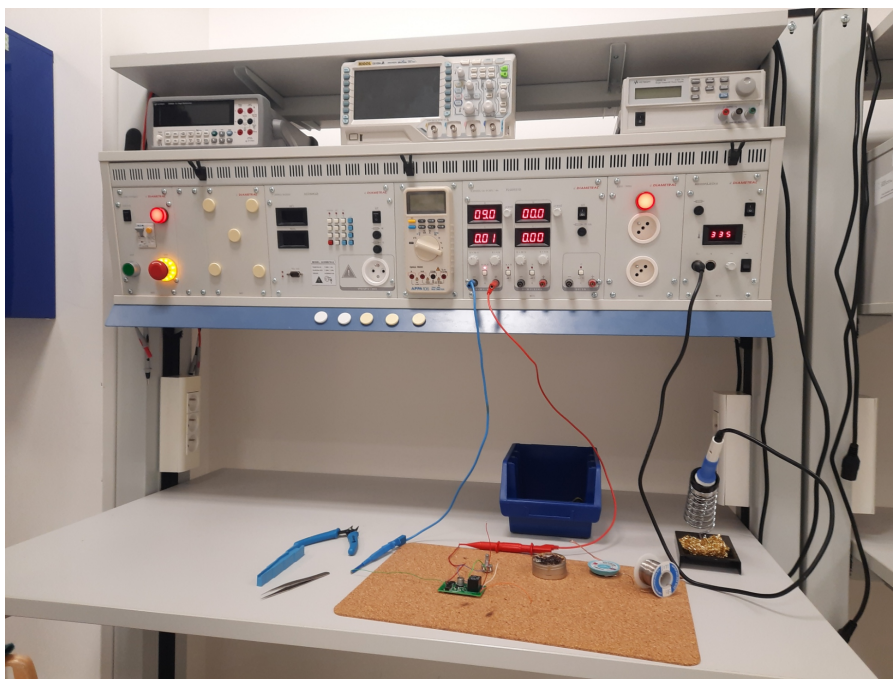


Obrázek 8: Osazovací plán

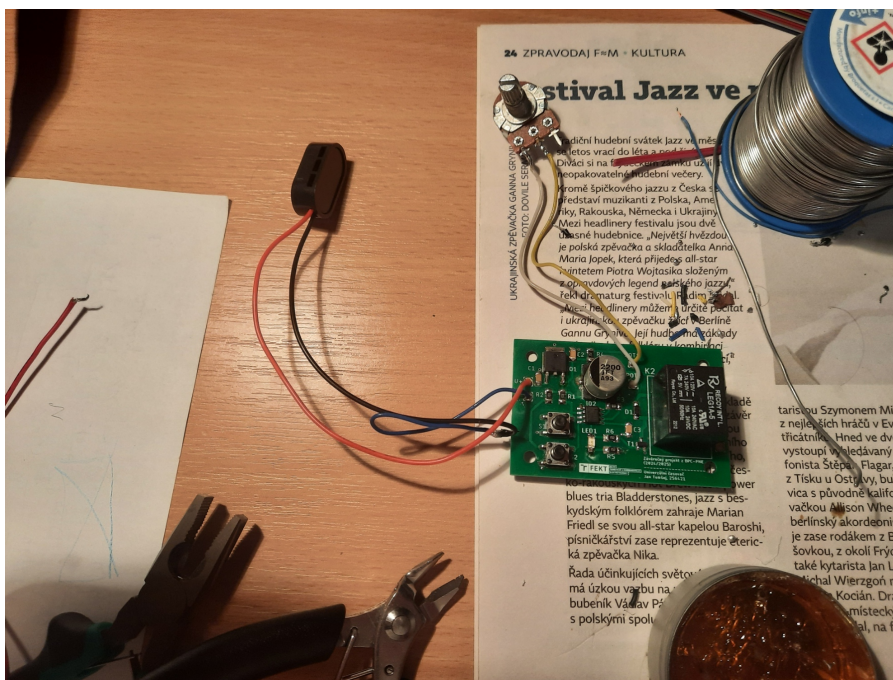
4 Pájení, oživení

Po dobu dvou cvičení jsme prováděli osazování a oživení. Jakmile byla deska osazená, připojil jsem napájení 9 V. Použil jsem zdroj ve školní laboratoři (obrázek 10). Nastavil jsem potenciometr na nejmenší hodnotu odporu (tj. jsem nastavil nejkratší časovou konstantu) a pozoroval jsem, zda se skutečně časovač spustí po stisknutí tlačítka S_1 a po pár sekundách se vypne (uslyšíme cvaknutí relátka a zhasne se LED dioda). Dále jsem nastavil potenciometr na nejvyšší hodnotu odporu (tj. nastavil jsem nejdelší časovou konstantu), spustil jsem jej opět tlačítkem S_1 a po asi deseti sekundách jsem zmáčkł tlačítko S_2 (RESET). Neuslyšíme-li cvaknutí relé po zmáčknutí tlačítka S_1 , jedná se buď o špatný tranzistor, nebo o závadu na integrovaném obvodu.

- Katoda LED diody je na osazovacím plánu obrázku 2 označená křížkem
- PAD číslo 1 integrovaného obvodu 555 určíme na osazovacím plánu pomocí svislé čáry v levé části obvodu. První pad je pro nás levý horní.
- Zakoupené obvody 555 mohou být označeny třemi možnými způsoby:
 1. Způsob výše uvedený.
 2. Označení vodorovnou čarou - pokud držíme vodorovnou čáru směrem od sebe, je pad 1 nalevo od čáry.
 3. Pomocí výřezu - pokud držíme výřez směrem od sebe, je pad 1 nalevo od výřezu.
- Orientace elektrolytického kondenzátoru na desce byla určena podle tvaru pouzdra.



Obrázek 9: Pracoviště



Obrázek 10: Hotový výrobek

Změřili jsme:

Parametr	Hodnota	Odpor potenciometru [Ω]
Nejkratší časová konstanta	3,64 s	1,939 Ω
Nejdélší časová konstanta	28 min 36,02 s	0,48663 M Ω
Vstupní proud při zapnutém relé	0,07518 A	-
Vstupní proud při vypnutém relé	0,00681 A	-

Tabulka 2: Parametry časovače



Obrázek 11: Průběh napětí na kondenzátoru

Na obrazovce osciloskopu můžeme vidíme průběh napětí na kondenzátoru. To, jak rychle se nabíjí kondenzátor, určuje rychlost spínání časovače neboli časovou konstantu obvodu (nyní pro nás je to zhruba 5 sekund). Výpočet nejkratší časové konstanty

$$T = 1,1 \cdot (R_4 + P) \cdot C_4 = (1000 + 1,939) \cdot 2200 \cdot 10^{-6} = 2,204 \text{ s} \quad (4)$$

Výpočet nejdelší časové konstanty

$$T = 1,1 \cdot (R_4 + P) \cdot C_4 = (1000 + 0,48663 \cdot 10^6) \cdot 2200 \cdot 10^{-6} = 1072,786 \text{ s} = 17 \text{ min } 53 \text{ s} \quad (5)$$

5 Závěr projektu

V rámci našeho projektu jsem nejprve provedl analýzu obvodu NE555. Schéma univerzálního časovače jsem poté nakreslil v návrhovém software EAGLE. Využíval jsem součástky uvedené v eLearningu předmětu. Ve stejném programu byla nakreslena i deska. Řídil jsem se při návrhu DPS radami svých cvičících. Snažil jsem se aplikovat to, co jsme si na cvičeních říkali, například využívat úhly mezi cestami pouze 90 a 45 stupňů, dávat blokové kondenzátory co nejblíže ke stabilizátorům, nepoužívat větší šířku cesty, než je šířka padu menší součástky atd.

Osazení proběhlo ve školní laboratoři, společně s oživením zabralo cca 4 hodiny. Měřil jsem nejkratší a nejdelší časovou konstantu, vstupní proud při sepnutém a vypnutém relé a průběh napětí na kondenzátoru. Jak je v tabulce 2 uvedeno, nejkratší časová konstanta je 3,64 s a nejdelší 28 minut 36,02 s. S rovnicemi se tyto hodnoty neshodují. Je to podmíněno výrobní tolerancí kondenzátoru (podle katalogu je to $\pm 20\%$). Z tohoto důvodu se náš obvod nehodí do krizových aplikací, ale tam, kde nám postačí přibližný časový údaj (například vypínání ventilátoru na záchodě apod.).