



## **Středoškolská technika 2018**

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

### **RLC měřicí přístroj**

**Lukáš Pavlásek**

SOŠ a SOU Nymburk  
V kolonii 1804, Nymburk

## **Anotace**

K výrobě tohoto přístroje mě dovedlo měření různých cívek, rezistorů a kondenzátorů v odborném výcviku pod vedením pana mistra Meda. Jelikož jsem člověk, který se o elektroniku zajímá a trávím nad návrhem a výrobou schémat mnoho času, tak jsem se rozhodl, že si postavím jednoduchý RLC měřicí přístroj. Od pana mistra jsem se dozvěděl, na jakém principu pracuje multimetr a jak se měří napětově rezistory. V odborné literatuře jsem se dozvěděl, jak se měří cívky, rezistory a kondenzátory. Zprvu jsem zkoušel vymyslet svou konstrukci, ale na konec jsem na internetu našel schéma zapojení, které mi vyhovovalo a bylo jen s menšími chybami, které jsem odladil.

## **Annotation**

To produce this instrument, I was able to measure induction coils, resistors and capacitors in professional training under the direction of Mister Meda. Since I am a person interested in electronics and spending design and production, I decided to build a simple RLC metering measure. I learned from the master that the multimeter works and how the voltage resistors measure. In the literature I learned how to measure induction coils, resistors and capacitor. First of all, I tried to construct my own construction, but at the end I found on the internet a schematic of engagement, which only accommodated me with the minor mistakes I made it.

# Obsah

1	Úvod .....	6
2	Seznam Tabulek .....	6
3	Seznam Obrázků .....	6
4	Teorie měření .....	7
4.1	Kondenzátorů .....	8
4.2	Indukčnosti .....	9
4.3	Rezistorů.....	10
5	Výpočty.....	11
5.1	Výpočet převodníku Kondenzátoru.....	11
5.2	Výpočet převodníku Indukčnosti .....	12
5.3	Výpočet převodníku Rezistorů .....	12
6	Ověření .....	13
6.1	Ověření převodníku Kondenzátoru .....	13
6.2	Ověření převodníku Indukčnosti .....	14
6.3	Ověření převodníku rezistoru .....	14
7	Postup Samostatného měření .....	15
7.1	Uvedení do chodu.....	15
7.2	Měření Kondenzátoru .....	16
7.3	Měření Indukčnosti.....	16
7.4	Měření rezistoru .....	16
8	Technické parametry přístroje .....	16
8.1	Rozsah pro měření C .....	16
8.2	Rozsah pro měření L .....	17
8.3	Rozsah pro měření R .....	18
9	Technická dokumentace.....	18
9.1	Schéma zapojení.....	18
9.2	Matrice plošných spojů .....	23
9.3	Osazovací plán .....	24
9.4	Fotografie hotového přístroje .....	29
9.5	Fotografie prototypových modulů.....	29
9.6	Fotografie přípravy přístroje .....	30
9.7	Fotografie měření kondenzátoru .....	32
9.8	Fotografie měření indukčnosti.....	33
9.9	Fotografie měření rezistoru .....	34
9.10	Program mikroprocesoru Attiny13A .....	35
9.11	Program mikroprocesoru Atmega328P-PU .....	35

10	Modernizace přístroje .....	40
10.1	Schéma zapojení .....	40
10.2	Matrice plošných spojů .....	42
10.3	Fotografie částí .....	43
10.4	Fotografie modernizovaného přístroje.....	44
11	Závěr .....	45
12	Zdroje .....	45

## 1 Úvod

Tento přístroj jsem se rozhodl postavit, protože ve volných chvílích vytvářím různé elektronické výrobky a také vyvíjím různé elektronické moduly pro modelovou železnici a často se setkávám s tím, že u malých kondenzátorů jsou buď nečitelné anebo špatně čitelné hodnoty.

Hodně dlouhou dobu jsem se zajímal, jak se měří jednotlivé prvky a jakými metodami se dají měřit.

Jednoho dne jsem našel relativně pěkný návod na internetu jenže s drobnými chybami, které jsem na nepájivém kontaktním poli odhalil a následně jej opravil. Po té co jsem tyto chyby odhalil, tak jsem se pustil nejprve do výroby dvou malých testovacích modulů pro měření cívek a kapacit (fotografie naleznete v technické dokumentaci).

A protože rád programuji různé vývojové desky (nejčastěji Arduino), tak užití samostatného čipu Atmega328 bez desky Arduino UNO (přes kterou se tento čip dá pohodlně programovat) nebyl v této konstrukci pro mě až moc velký problém.

Nynější době se začínám zajímat o programování mikropočítačů rodiny Atmega, Attiny v jazyce C přes Atmel studio a dále také programování mikropočítačů rodiny PIC přes program MPLAB X IDE od firmy MICROCHIP.

Jelikož se v modelech lokomotiv do velikosti H0 (1:87) vyskytují cívky do jmenovitých hodnot okolo mH, tak mi technické parametry udávané autorem vyhovovaly.

## 2 Seznam Tabulek

Tabulka č. 1: Porovnávací tabulka hodnot měření kondenzátoru

Tabulka č. 2: Porovnávací tabulka frekvencí cívky

Tabulka č. 3: Porovnávací tabulka změřených hodnot odporů

## 3 Seznam Obrázků

Obrázek č. 1: Schéma zapojení modulu pro měření kapacit

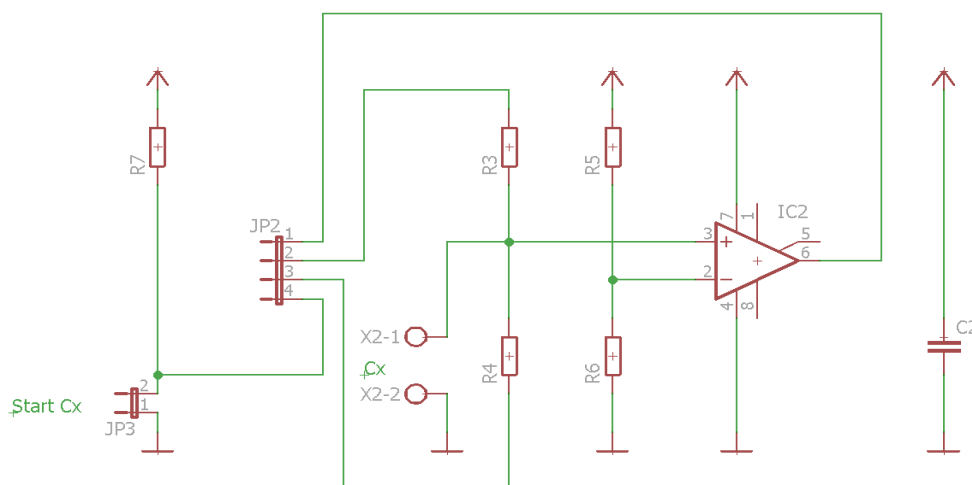
Obrázek č. 2: Schéma pro měření indukčnosti

Obrázek č. 3: Schéma zapojení děliče napětí  
Obrázek č. 4: Schéma zapojení celého zařízení  
Obrázek č. 5: Schéma zapojení zdroje  
Obrázek č. 6: Schéma zapojení modulu měření L  
Obrázek č. 7: Schéma zapojení modulu měření C  
Obrázek č. 8: Schéma zapojení hlavního modulu  
Obrázek č. 9: Schéma zapojení modulu displeje  
Obrázek č. 10: Schéma zapojení modulu pro připojení otočného přepínače  
Obrázek č. 11: Schéma zapojení zdroje  
Obrázek č. 12: Matrice plošných spojů modulu měření L a C (měřítko 1:1)  
Obrázek č. 13: Matrice plošných spojů hlavního modulu (měřítko 1:1)  
Obrázek č. 14: Matrice plošných spojů modulu displeje (měřítko 1:1)  
Obrázek č. 15: Matrice plošných spojů pro připojení otoč. přepínače (měřítko 1:1)  
Obrázek č. 16: Matrice plošných spojů zdroje (měřítko 1:1)  
Obrázek č. 17: Osazovací plán modulu měření L a C  
Obrázek č. 18: Osazovací plán hlavního modul  
Obrázek č. 19: Osazovací plán modulu displeje (měřítko 1:1)  
Obrázek č. 20: Osazovací plán pro připojení otoč. přepínače  
Obrázek č. 21: Osazovací plán zdroje  
Obrázek č. 22: Pohled na hotový přístroj  
Obrázek č. 23: Modul pro měření kondenzátorů  
Obrázek č. 24: Modul pro měření indukčnosti  
Obrázek č. 25: Uvítací obrazovka  
Obrázek č. 26: Detail displeje Přípravy  
Obrázek č. 27: Obrazovka přípravy přístroje  
Obrázek č. 28: Měření kondenzátorů  
Obrázek č. 29: Detail displeje měření C  
Obrázek č. 30: Měření indukčnosti  
Obrázek č. 31: Detail displeje měření indukčnosti  
Obrázek č. 32: Měření rezistoru  
Obrázek č. 33: Detail displeje měření rezistoru  
Obrázek č. 34: Celkové schéma zapojení hlavní měřicí desky  
Obrázek č. 35: Celkové schéma zapojení reléové karty  
Obrázek č. 36: Schéma zapojení čelního panelu  
Obrázek č. 37: Reléová karta  
Obrázek č. 38: Hlavní deska měřicího přístroje  
Obrázek č. 39: Čelní panel  
Obrázek č. 40: Hlavní deska  
Obrázek č. 41: Reléová deska  
Obrázek č. 42: Čelní panel  
Obrázek č. 43: Čelní panel přístroje (vypnutí displej)

## 4 Teorie měření

V této kapitole si povíme, jak jednotlivé rozsahy pracují a jakými metodami pracuje náš RLC měřicí přístroj.

### 4.1 Kondenzátorů



Přístroj nám nejdříve nabije kondenzátor a měří si uvnitř dobu nabití a dobu jeho vybití. Po změření již zmíněné doby máme celou dobu periody na základě, které vypočteme frekvenci, ze které podle vzorce viz níže stanovíme kapacitu (pomocí derivačního členu).

**Obr. 1: Schéma zapojení modulu pro měření kapacit**

Na vstupu tohoto rozsahu se nachází operační zesilovač v zapojení napěťového komparátoru, který nám převádí nabíjení a vybití kondenzátoru na logický signál.

Vstup do tohoto obvodu je na konektoru JP2 č.:2 a 3 a výstup je na pinu č.:1. Pro start měření kondenzátoru je zde i konektor (JP3) pro tlačítko připojené na pin č.:4 u konektoru JP2.

Jelikož v rámci úspory cuprexitu a napájecích svorkovnic byl tento modul s modulem pro měření cívek umístěný na společnou desku cuprexitu.

Hodnotu kondenzátoru vypočteme z tohoto vzorce, který je obsažen v programu mikroprocesoru

$$RC = \frac{-T}{\left(\log\left(\frac{U_{ref}-U_{cc}}{U_0-U_{cc}}\right)\right)}$$

log – dekadický logaritmus

$$U_{ref} = U_{cc}/2$$

$$U_0 = 0V$$

$$U_{cc} = 5V$$

Po následném vypočtení v programu mikroprocesoru se dostaneme na tento vzorec, ze kterého si vypočteme hodnotu kondenzátoru (C).

$$C = RC$$

R – vnitřní odpor přístroje = 1.0e6 ohmu

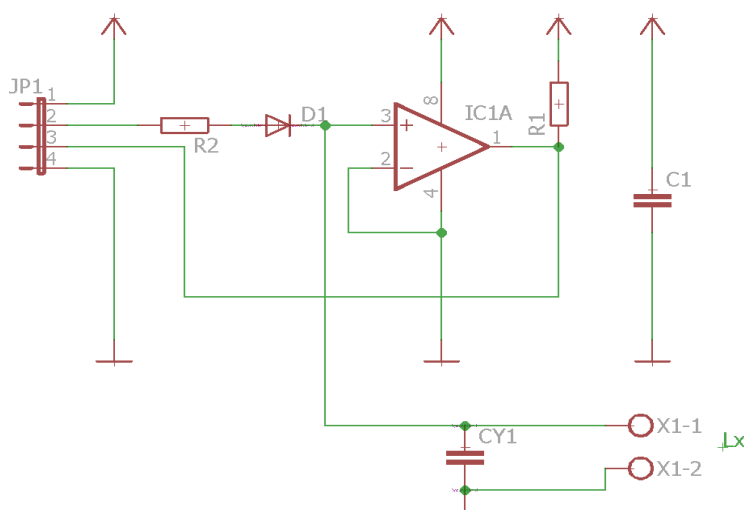
C – výsledná hodnota měřeného kondenzátoru

## 4.2 Indukčnosti

Přístroj RLC využívá rezonanční metodu měření.

Tato metoda pracuje na principu rezonančního kmitočtu, kdy nastavujeme frekvenci na generátoru takovou, až nastane stav oscilace.

U tohoto přístroje frekvenci 196,1Hz generuje mikroprocesor a přes komparátor se převádí oscilační signál na logický signál. Signál o frekvenci 196,1Hz přivádíme na vstup komparátoru a na jeho výstupu odebíráme logický signál.



Obr. 2: Schéma pro měření indukčnosti

Na konektor JP2, který slouží pro komunikaci s mikroprocesorem, tak na pin č.2 přivádíme signál o již zmíněné frekvenci a na pinu č.:3 máme již signál vzájemné oscilace cívky a paralelně připojeného kondenzátoru (CY1) převeden na logický signál.

Pro výpočet neznámé indukčnosti používáme tento vzorec, který je opět v upravené podobě se známými veličinami nahrán v mikroprocesoru.

$$Fr = \frac{1}{(2\pi \sqrt{LC})}$$

Upravený vzorec pro výpočet indukčnosti

$$L = \frac{1}{(4\pi^2 Fr^2 C)}$$

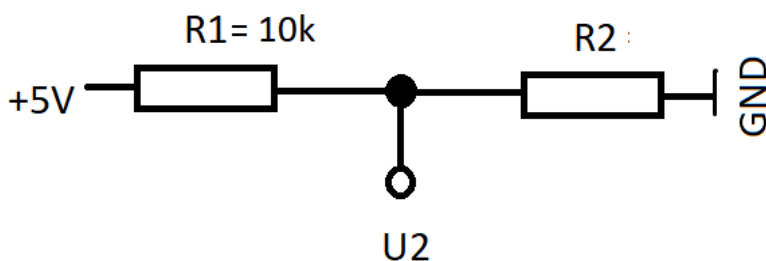
C – Kondenzátor = 1uF

F<sub>r</sub> – vypočtena z periody

Frekvenci si určíme ze signálu, kdy je první polovina periody v logické a nule a druhá polovina periody je v logické jedničce. Z doby trvání těchto period si stanovíme frekvenci.

## 4.3 Rezistorů

Tato metoda měření rezistorů je napětěová a používá se dnes hojně v digitálních měřicích přístrojích.



**Obr. 3: Schéma zapojení děliče napětí**

Neznámý rezistor R2 tvoří s rezistorem napětěový dělič napětí. Hodnotu napětí si přečte mikroprocesor, který na základě známých veličin jako je například napájecí napětí (+5V), hodnotu rezistoru R1 (10k) a hodnotu napětí na výstupu nám dle vzorce (viz níže) spočítá a zobrazí na displeji.



$$U_2 = \frac{R_2}{(R_1 + R_2)} * U_1$$

$U_2$  = napětí na výstupu

$U_1$  = napětí na vstupu

$R_1$  = rezistor (10k)

$R_2$  = neznámý rezistor

PS.:  $R_1$  – předřadný rezistor uvnitř přístroje

Pro výpočet programem mikroprocesoru musíme vzorec (viz výše) upravit na následující vzorec (viz níže).

$$R_2 = (R_1 * (\frac{U_1}{U_2})) - R_1$$

## 5 Výpočty

Zde v této kapitole si vypočteme hodnoty při měření prvku v ideálním případě se známými obvodovými veličinami, které si pak v následující kapitole ověříme na měřicích přístrojích.

### 5.1 Výpočet převodníku kondenzátoru

Jak velká je kapacita kondenzátoru je-li perioda doby nabití a vybití  $T=15\text{ms}$ ? Známe-li hodnotu  $R=1\text{e}6$ ;  $U_{\text{ref}} = U_{\text{cc}}/2$ ,  $U_0 = 0\text{V}$  a  $U_{\text{cc}} = 5\text{V}$ .

$$RC = \frac{-T}{(\log(\frac{U_{\text{ref}} - U_{\text{cc}}}{U_0 - U_{\text{cc}}}))}$$

Dosadíme hodnoty

$$10^6 * C = \frac{(-15 * 10^{-3})}{(\log(\frac{2.5 - 5}{0 - 5}))}$$

Odstraníme závorky v logaritmu

$$10^6 * C = \frac{-15 * 10^{-3}}{(\log(\frac{2.5}{-5}))}$$

Vypočteme zlomek

$$10^6 * C = \frac{-15 * 10^6}{(\log(0.5))}$$

Zlogaritmuje

$$10^6 * C = \frac{-15 * 10^6}{-0.301}$$

Ted odstraníme celkový zlomek

$$10^6 * C = 0,0498$$

máme výsledek ve Faradech

$$C = 0,0000000498[F]$$

A zaokrouhlíme na nano Farady

$$C = 49,8[nF]$$

## 5.2 Výpočet převodníku indukčnosti

Známa indukčnost  $L_x = 68\text{mH}$ ,  $C = 1\mu\text{F}$ . Jaká je rezonanční frekvence?

Postup výpočtu se provádí podle tohoto vzorce:

$$Fr = \frac{1}{(2\pi \sqrt{LC})}$$

Dosazení do vzorce

$$Fr = \frac{1}{(2 * 3,14 * \sqrt{(68 * 10^{-3}) * (1 * 10^{-6})})}$$

Matematicky se zbavíme násobení před odmocninou

$$Fr = \frac{1}{(6,28 * \sqrt{(68 * 10^{-3}) * (1 * 10^{-6})})}$$

Dalším kroku se zbavíme odmocniny

$$Fr = \frac{1}{(6,28 * (2,61 * 10^{-4}))}$$

Výsledná frekvence rezonance kondenzátoru a měřené cívky je

$$Fr = 609,75[Hz]$$

## 5.3 Výpočet převodníku rezistorů

Neznámá hodnota  $R_x$ , která při připojení na výstup vytvořila na děliči napětí  $U_2=1,5\text{V}$  a známé veličiny  $U_1= 5\text{V}$ ;  $R_1=10\text{k}$ . Jaká je hodnota  $R_x$  ( $R_2$ )??

Postupuje dle tohoto vzorce:

$$U_2 = \frac{R_2}{(R_1 + R_2)} * U_1$$

Vzorec následně upravíme pro výpočet  $R_2$  ( $R_x$ ):

$$R_2 = (R_1 * (\frac{U_1}{U_2})) - R_1$$

Po dosazení do vzorce:

$$R_2 = (10000 * (\frac{5}{1,5})) - 10000$$

Nejprve odstraníme závorku

$$R_2 = 33333,33 - 10000$$

A výsledný odpor

$$R_2 = 23333,33[\Omega]$$

V následující kapitole si jej ověříme prakticky pomocí digitálního přesného stolního multimetru od společnosti Rigol.

## 6 Ověření

V této části kapitoly si připojíme daný komponent na daný rozsah a změříme si parametry.

### 6.1 Ověření převodníku kondenzátoru

Hodnota měřeného kondenzátoru se vlivem teploty a průchodu elektrických veličin ohřívá, nebo jej pouhým dotekem ruky ohřejeme a tudíž v tomto důsledku se mění jeho kapacita.

Hodnoty naměřené za pomoci různých přístrojů v seznamu pomůcek můžeme porovnat v tabulce č. 1 (viz níže).

Regulovatelný zdroj používáme pro napájení celého přístroje, protože jsem ještě neměl napájecí konektor doma v době kontrolního měření.

#### Seznam použitých přístrojů a pomůcek

- 1x Digitální multimeter DM-332 GoldStar
- 1x Stolní multimetr Rigol
- 1x Regulovatelný zdroj Manson 0-30V 0-2,5A
- 1x Keramický kondenzátor 47nF

Měřicí přístroj	C
Stolní multimetr	75,3 nF
Digitální multimetr	95,4 nF
Náš RLC měřič	94,85 nF
Vypočtená hodnota	49,8 nF

**Tabulka č. 1: Porovnávací tabulka hodnot měření kondenzátoru**

## 6.2 Ověření převodníku indukčnosti

Pro ověření použijeme regulovatelný zdroj, cívku o jmenovité hodnotě indukčnosti 68mH, náš měřicí přístroj, digitální stolní multimetr s rozsahem pro měření frekvence.

Na zdířky našeho měřicího přístroje připojíme cívku s požadovanou indukčností a na výstupu modulu pro měření cívek připojíme digitální stolní multimetr s daným rozsahem a změříme frekvenci na výstupu obvodu, který převádí rezonanční frekvenci na digitální signál o dané frekvenci.

Regulovatelný zdroj používáme pro napájení celého přístroje, protože jsem ještě neměl napájecí konektor doma v době kontrolního měření.

Změřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce č.:2 (viz níže).

### Seznam použitých přístrojů a pomůcek:

1x Stolní multimetr Rigol

1x Regulovatelný zdroj Manson 0-30V 0-2,5A

1x Cívka 68uH

Měřicí vodiče

Měřicí přístroj	F	T
Stolní multimetr	610 Hz	0,00163 s
Náš RLC měřič	17584,6 Hz	0,000057 s
Vypočtená hodnota	609,75 Hz	0,00164 s

**Tabulka č. 2: Porovnávací tabulka frekvencí cívky**

## 6.3 Ověření převodníku rezistoru

Pro ověření příkladu z předchozí kapitoly si sestojíme pomoci odporového trimru a rezistoru obdobný dělič napětí, který si následně odměříme.

Nejprve si jej odměříme pomoci digitálního multimetru, poté si trimr připojíme k našemu RLC měřicímu přístroji a výsledné hodnoty uvedeme v tabulce č.:3.

Regulovatelný zdroj používáme pro napájení celého přístroje, protože jsem ještě neměl v době kontrolního měření napájecí konektor doma.

### Seznam použitých přístrojů a pomůcek:

1x Digitální multimeter DM-332 GoldStar  
 1x Stolní multimetr Rigol  
 1x Regulovatelný zdroj Manson 0-30V 0-2,5A  
 3x Uhlíkový rezistor 10K,0207  
 1x Potenciometr 10k/N  
 1x Nepájivé kontaktní pole  
 Měřicí vodiče

Měřicí přístroj	R
Stolní multimetr	23,000k
Digitální multimetr	22,980k
Náš RLC měřič	23,210k
Vypočtená hodnota	23,333k

**Tabulka č. 3: Porovnávací tabulka změřených hodnot odporů**

## 7 Postup samostatného měření

V této části práci si popíšeme samostatné měření a pracování s přístrojem.

### 7.1 Uvedení do chodu

Pro samotné spuštění si musíme nejprve zkontrolovat polohu přepínače.

Když máme napájecí adaptér s napájecím napětím vyšším než pět voltů stejnosměrných musí být přepínač také v této poloze.

Když máme napájecí zdroj s napětím na výstupu 5V stejnosměrných, tak poloha přepínače musí být v poloze pět voltů stejnosměrných.

!!! Pokud bychom toto nezkontrolovali, tak může dojít ke zničení přístroje!!!

Při správném nastavení přepínačů již můžeme zmáčknout tlačítko ON/OFF a rozsvítí se nám displej s kontrolkou ON, která indukuje, zdali je přístroj zapnut.

Dále po proběhnutí přípravy měřicího přístroje můžeme již měřit potřebnou součástku.

## 7.2 Měření kondenzátoru

Na otočném přepínači zvolíme rozsah pro měření kapacity kondenzátorů. Následně se nám rozsvítí kontrolka u požadované zdířky, kam připojíme kondenzátor. Pro samotné změření kondenzátoru stiskneme tlačítko start  $C_x$  a měření kondenzátoru se nám spustí.

Po určité době se nám na určitý čas v programu mikroprocesoru zobrazí naměřené hodnoty v pF, nF a uF.

## 7.3 Měření indukčnosti

Na otočném přepínači zvolíme polohu L a následně se nám zobrazí kontrolka u zdířek  $L_x$ , kam připojíme neznámou indukčnost.

## 7.4 Měření rezistoru

Otočným přepínačem přepneme na výchozí polohu s označením rozsahu R a následně se nám rozsvítí kontrolka u zdířek  $R_x$ , kam si připojíme neznámý rezistor o neznámé hodnotě.

# 8 Technické parametry přístroje

Zde si spočítáme ze známých hodnot maximální měřitelné parametry naším přístrojem v ideálním stavu.

## 8.1 Rozsah pro měření C

Testovacím měřením jsem zjistil, že měření kapacity větší než 1uF je relativně dost dlouhé. Zde si vypočítáme, jak dlouho trvá měření kapacity 1 $\mu$ F a 10 $\mu$ F.

Vpravo je výpočet pro kondenzátor hodnoty 1 $\mu$ F a vlevo výpočet pro kondenzátor hodnoty 10 $\mu$ F

$$RC = \frac{-T}{\left(\log\left(\frac{U_{ref}-U_{cc}}{U_0-U_{cc}}\right)\right)}$$

Pro výpočet periody měřených kapacit vzorec upravíme do následující podoby

$$T = (-1) * R * C * \log\left(\frac{U_{ref}-U_{cc}}{U_0-U_{cc}}\right)$$

Tento vzorec je pro oba výpočty stejný

$$T = (-1) * 1^6 * 1^{-6} * \log\left(\frac{\left(\frac{4,50}{2}-4,50\right)}{(0-4,50)}\right) \quad T = (-1) * 1^6 * 10^{-6} * \log\left(\frac{\left(\frac{4,50}{2}-4,50\right)}{(0-4,50)}\right)$$

upravíme si výpočet ve zlomku v logaritmu

$$T = (-1) * 1^6 * 1^{-6} * \log\left(\frac{(2,25-4,50)}{(0-4,50)}\right) \quad T = (-1) * 1^6 * 10^{-6} * \log\left(\frac{(2,25-4,50)}{(0-4,50)}\right)$$

Upravíme zlomek logaritmu

$$T = (-1) * 1^6 * 1^{-6} * \log\left(\frac{(-2,25)}{(-4,50)}\right) \quad T = (-1) * 1^6 * 10^{-6} * \log\left(\frac{(-2,25)}{(-4,50)}\right)$$

Zbavíme se zlomku v logaritmu

$$T = (-1) * 1^6 * 1^{-6} * \log(0,5) \quad T = (-1) * 1^6 * 10^{-6} * \log(0,5)$$

Upravíme si výpočet před logaritmem

$$T = (-1) * 1 * \log(0,5) \quad T = (-1) * 10 * \log(0,5)$$

Zbavíme se logaritmu

$$T = (-1) * 1 * (-0,301) \quad T = (-1) * 10 * (-0,301)$$

Vynásobíme a tudíž máme výsledek

$$T = 0,301 \quad T = 3,01[s]$$

Výpočtem jsem si ověřil, že doba měření kondenzátoru kapacity 10μF je mnohem delší než měření kapacit do 1μF

## 8.2 Rozsah pro měření L

Jak velké je možné měřit cívky? Rezonanční frekvence je stanovena na 196,1Hz, hodnota kondenzátoru je 1μF.

Pro stanovení maximální hodnoty měřené cívky počítáme dle tohoto vzorce:

$$Fr = \frac{1}{(2\pi \overline{LC})}$$

Vzorec si upravíme pro lepší práci:

$$L = \frac{1}{(4\pi^2 Fr^2 C)}$$

Dosadíme do vzorce:

$$L = \frac{1}{(4 * 3,14^2 * 196,1^2 * 1 * 10^{-6})}$$

poté se zbavíme mocnin

$$L = \frac{1}{(4*9,856*38455,21*1*10^{-6})}$$

Následně si upravíme výpočet

$$L = \frac{1}{(1516611,954*1*10^{-6})}$$

Provedeme odstranění poslední závorky

$$L = \frac{1}{1,516612}$$

A maximální měřitelná indukčnost vychází

$$L = 0,640[H] = 640[mH]$$

Tudíž maximální měřitelná hodnota je 640 mili Henry.

## 8.3 Rozsah pro měření R

Já jsem pro změření maximálního odporu použil odporovou dekádu, na které jsem od jednotek  $\Omega$  až po  $M\Omega$  nastavoval jednotlivé hodnoty rezistorů.

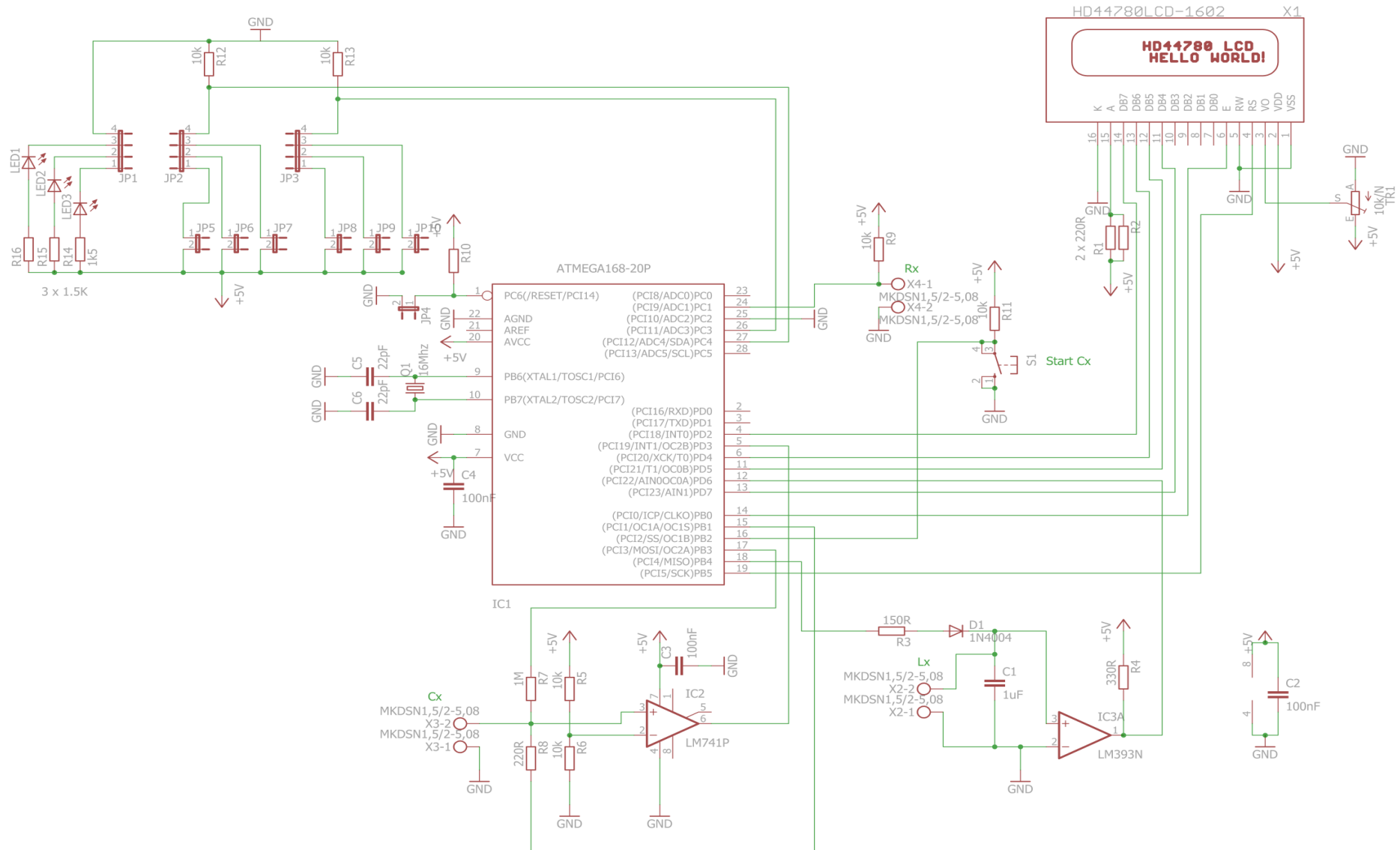
Tímto měření jsem došel k maximálnímu a minimálnímu měřitelnému odporu. Maximální hodnota je  $90k\Omega$  a minimální hodnota je  $20\Omega$ . Při překročení této hranice již přístroj neměřil přesně.

## 9 Technická dokumentace

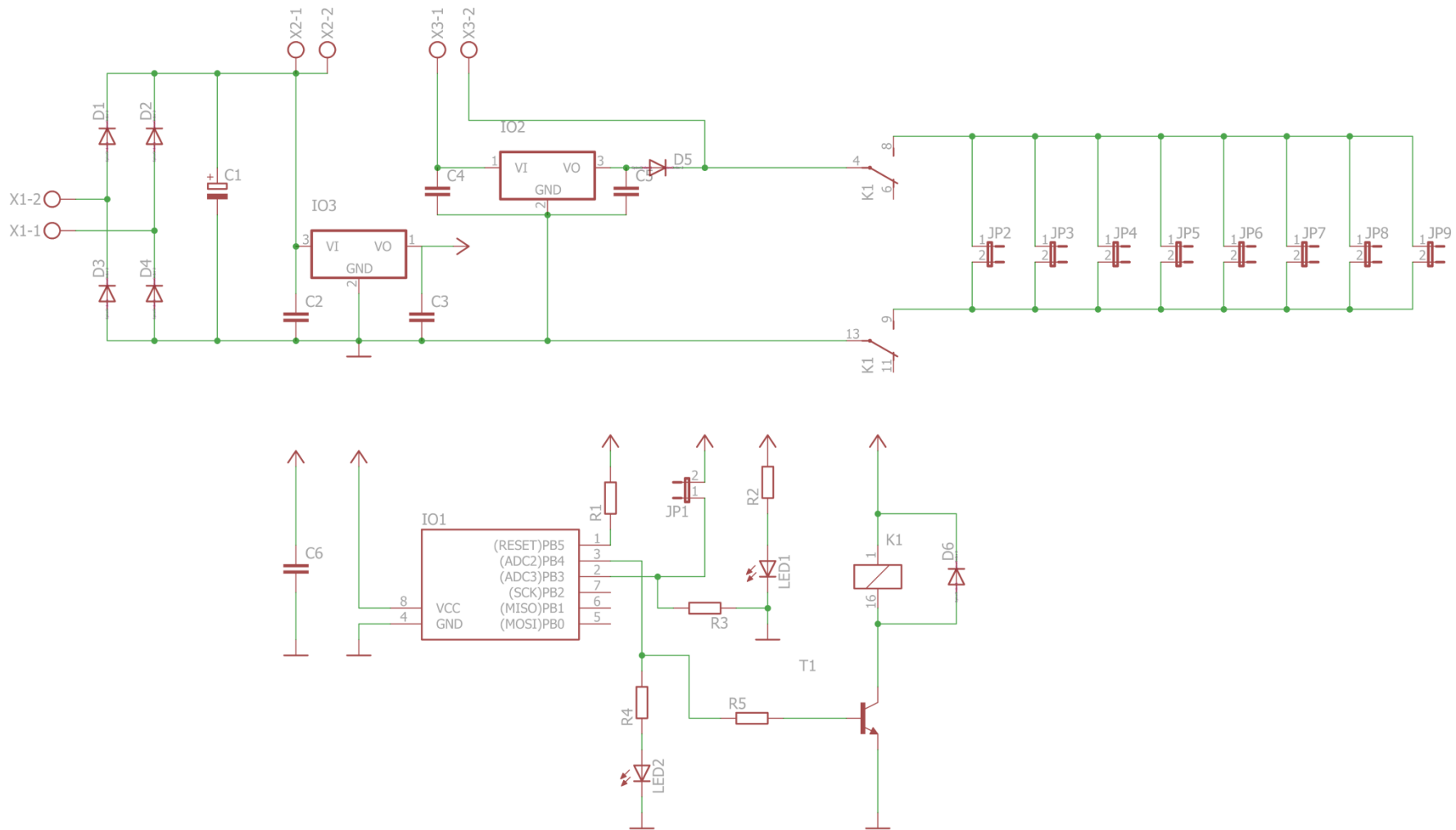
V této kapitole naleznete všechny schémata a plošné spoje.

### 9.1 Schéma zapojení



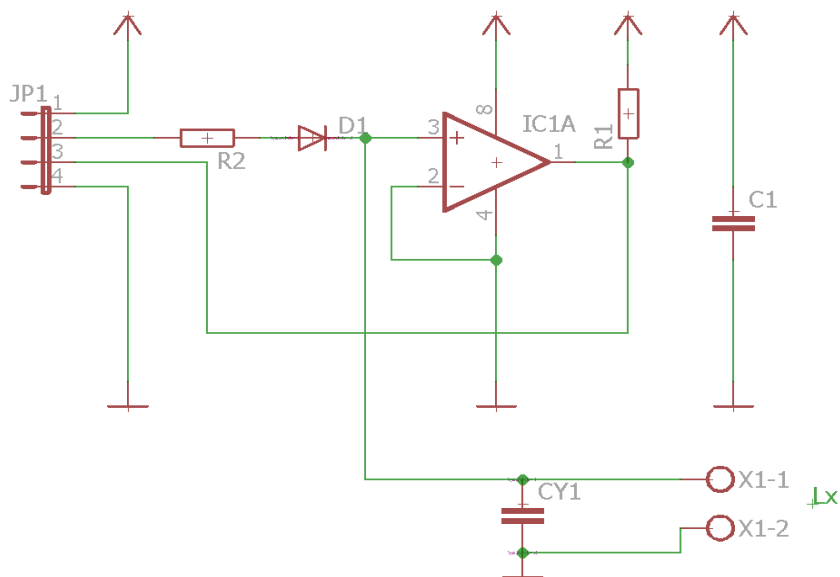


Obr. 4: Schéma zapojení celého zařízení



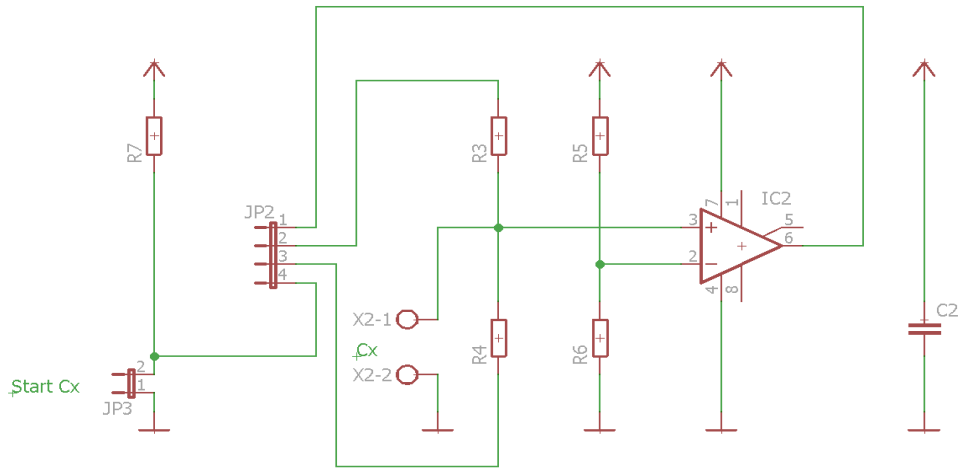
Obr. 5: Schéma zapojení zdroje

R1, R3 = 10K  
 R2, R4 = 1k5  
 R5 = 1k  
 C1= 10000uF/50V  
 C2, C4 = 220nF  
 C3, C5 = 100nF  
 LED1, LED2 = prům.3mm Modrá  
 D1, D2,D3, D4, D5, D6 = dioda 1N4007  
 IO1 = Attiny 13A  
 IO2 = 7805 1A  
 IO3 = 78L05  
 JP1, JP2, JP3, JP4, JP5, JP6, JP7, JP8, JP9 = Oboustranný kolík 1x2  
 X1, X2, X3 = svorkovnice dvouřadá  
 K1 = relé 5V



**Obr. 6: Schéma zapojení modulu měření L**

JP1= konektor oboustranný kolík 1x4  
 R1= 330R  
 R2 = 150R  
 D1 = 1N4007  
 IC1= LM393N  
 CY1 = 1uF/63V  
 C1 = 100nF  
 X1 = svorkovnice šroubovací dvouřadá



**Obr. 7: Schéma zapojení modulu měření C**

JP2 = Konektor oboustranný kolík 1x4

JP3 = Konektor oboustranný kolík 1x2

R3 = rezistor 1M

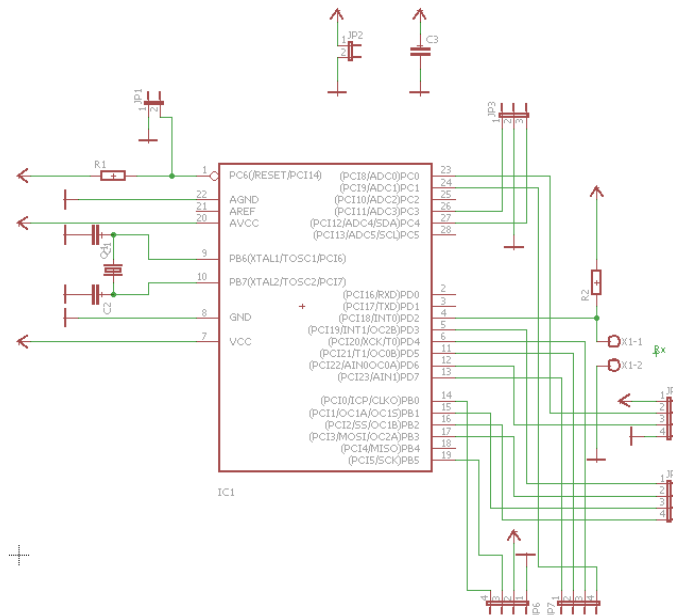
R4 = rezistor 220R

R5, R6, R7 = rezistor 10K

IC2 = LM741

C2 = 100nF

X2 = svorkovnice dvouřadá

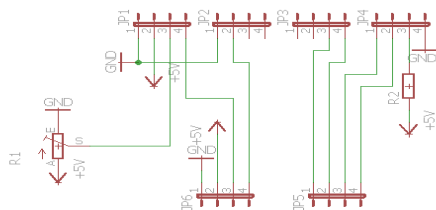


**Obr. 8: Schéma zapojení hlavního modulu**

PS.: na modulu hlavní desky je v rámci zmenšení poruchovosti umístěn modul pro měření R

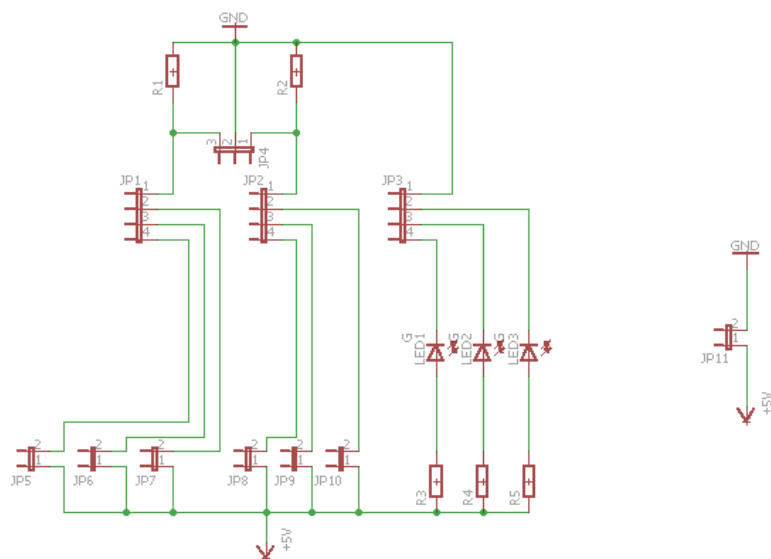
R1, R2 = 10k

C1, C2 = Keramický kondenzátor 22pF  
 C3 = Keramický kondenzátor 100nF  
 JP4, JP5, JP6, JP7 = oboustranný kolík 1x4  
 JP3 = Oboustranný kolík 1x3  
 JP1, JP2 = Oboustranný kolík 1x2  
 X1 = svorkovnice dvouřadá  
 IC1 = Atmega328P-PU  
 Q1 = krystal 16Mhz



**Obr. 9: Schéma zapojení modulu displeje**

R1 = Trimr 10k/N  
 R2 = 220R (paralelně připájených)  
 JP1, JP2, JP3, JP4 dutinka na oboustranný kolík 1x4  
 JP5, JP6 Oboustranný kolík úhlový 90°



**Obr. 10: Schéma zapojení modulu pro připojení otočného přepínače**

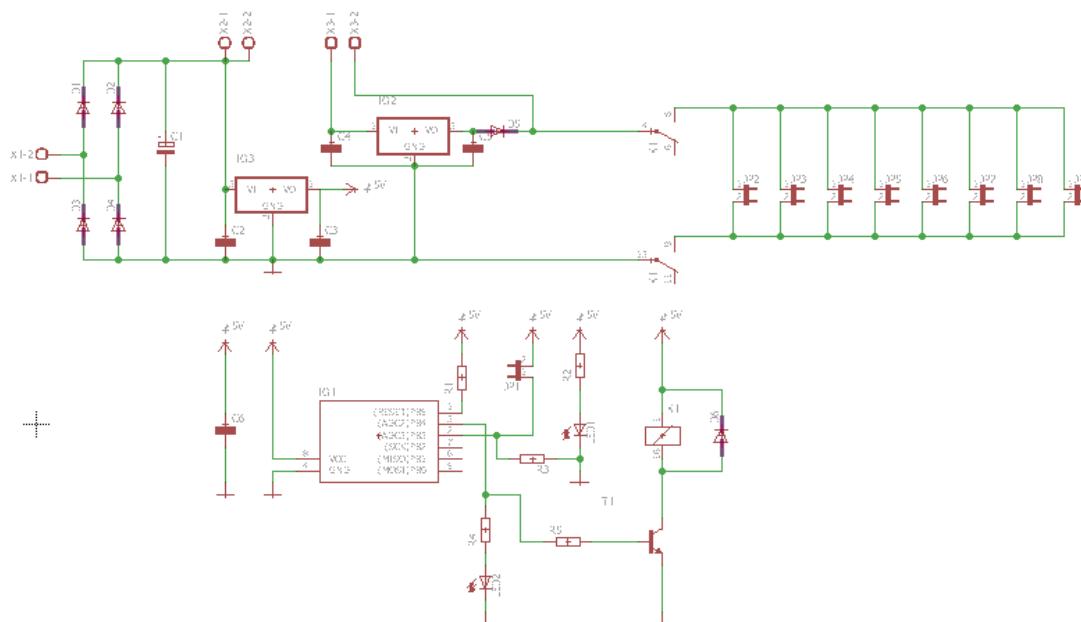
R1, R2 = 10k

R3, R4, R5 = 1k5

JP1, JP2, JP3 = Oboustranný kolík 1x4

JP4 = Oboustranný kolík 1x3

JP5, JP6, JP7, JP8, JP9, JP10, JP11 = Oboustranný kolík 1x2



**Obr. 11: Schéma zapojení zdroje**

R1, R3 = 10K

R2, R4 = 1k5

R5 = 1k

C1= 10000uF/50V

C2, C4 = 220nF

C3, C5 = 100nF

LED1, LED2 = modra prům.:3mm Modrá

D1, D2,D3, D4, D5, D6 = dioda 1N4007

IO1 = Attiny 13A

IO2 = 7805 1A

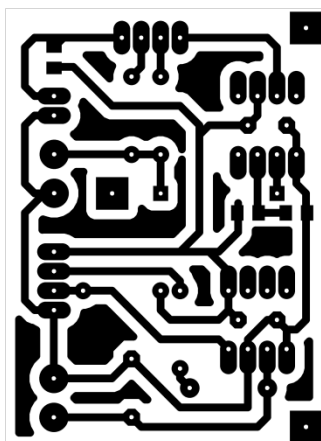
IO3 = 78L05

JP1, JP2, JP3, JP4, JP5, JP6, JP7, JP8, JP9 = Oboustranný kolík 1x2

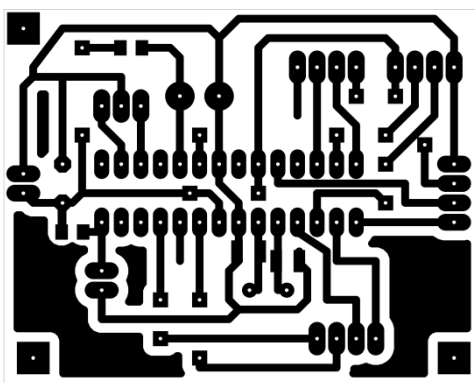
X1, X2, X3 = svorkovnice dvouřadá

K1 = relé 5V

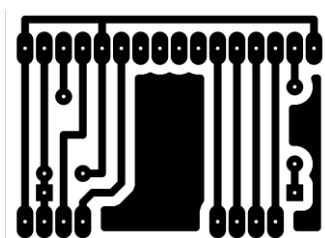
## 9.2 Matrice plošných spojů



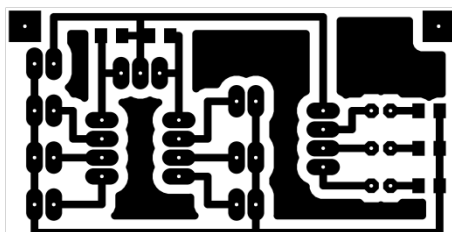
Obr. 12: Matrice plošných spojů modulu měření L a C (měřítko 1:1)



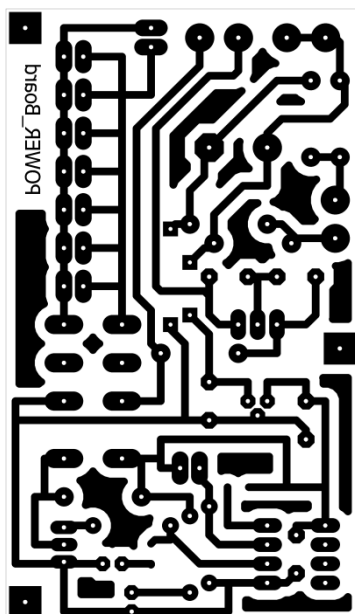
Obr. 13: Matrice plošných spojů hlavního modulu (měřítko 1:1)



Obr. 14: Matrice plošných spojů modulu displeje (měřítko 1:1)

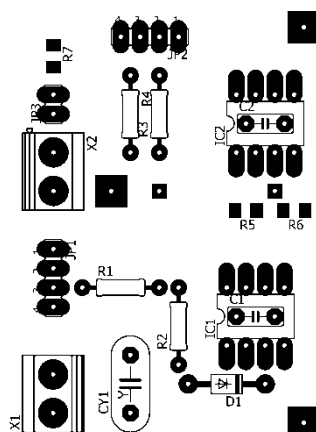


Obr. 15: Matrice plošných spojů pro připojení otoč přepínače (měřítko 1:1)



Obr. 16: Matrice plošných spojů zdroje (měřítko 1:1)

### 9.3 Osazovací plán



Obr. 17: Osazovací plán modulu měření L a C (měřítko 1:1)

#### Seznam materiálu:

##### část modulu C

3ks Rezistor 10k, CR1206, Uhlíkový,  $\pm 1\%$ , 0.25W

1ks Rezistor 1M, 0207, Uhlíkový,  $\pm 1\%$ , 0.6W

1ks Rezistor 220R, 0207, Uhlíkový,  $\pm 1\%$ , 0.6W

1ks Operační zesilovač LM741

1ks Patice precizní DIL8

1ks Svorkovnice dvouřadá, RM = 5.0 mm

1ks oboustranný kolík 1x4

JP2 = Konektor oboustranný kolík 1x4

JP3 = Konektor oboustranný kolík 1x2

R3 = rezistor 1M



R4 = rezistor 220R  
R5, R6, R7 = rezistor 10K  
IC2 = LM741  
C2 = 100nF  
X2 = svorkovnice dvouřadá

### část modulu L

1ks Rezistor 150R, 0207, Uhlíkový,  $\pm 1\%$ , 0.6W  
1ks Rezistor 330R, 0207, Uhlíkový,  $\pm 1\%$ , 0.6W  
1ks Fóliový kondenzátor 1u/63V  
1ks Dioda 1N4007  
1ks LM393  
1ks Patice precizní DIL8  
1ks Svorkovnice dvouřadá, RM = 5.0 mm

JP1= konektor oboustranný kolík 1x4

R1= 330R

R2 = 150R

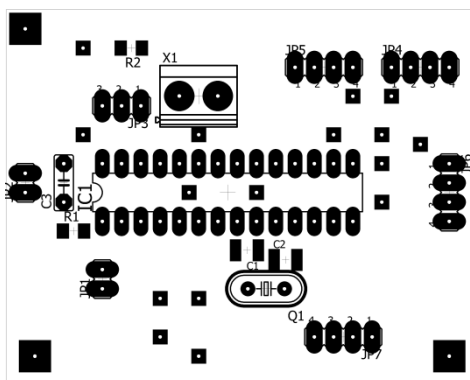
D1 = 1N4007

IC1= LM393N

CY1 = 1uF/63V

C1 = 100nF

X1 = svorkovnice šroubovací dvouřadá



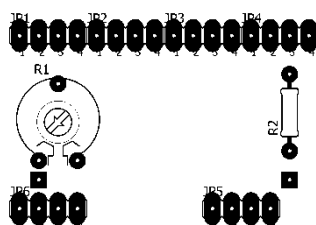
**Obr. 18: Osazovací plán hlavního modulu (měřítko 1:1)**

### **Seznam materiálu:**

1ks Krystal 16Mhz  
2ks Keramický kondenzátor 22pF; CR1206  
1ks Keramický kondenzátor 100nF  
1ks Patice precizní DIL28 - úzká

1ks Atmega328P-PU  
 2ks Rezistor 10k, CR1206, Uhlíkový,  $\pm 1\%$ , 0.25W  
 1ks Svorkovnice dvouřadá, RM = 5.0 mm

R1,R2 = 10k  
 C1, C2 = Keramický kondenzátor 22pF  
 C3 = Keramický kondenzátor 100nF  
 JP4, JP5, JP6, JP7 = oboustranný kolík 1x4  
 JP3 = Oboustranný kolík 1x3  
 JP1, JP2 = Oboustranný kolík 1x2  
 X1 = svorkovnice dvouřadá  
 IC1 = Atmega328P-PU  
 Q1 = krystal 16Mhz

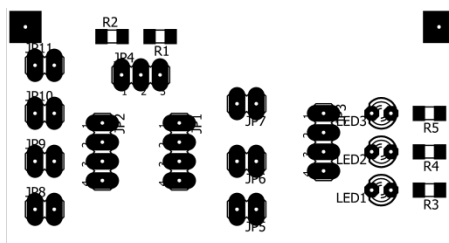


**Obr. 19: Osazovací plán modulu displeje (měřítko 1:1)**

### Seznam materiálu:

2ks Rezistor 220R, 0207, Uhlíkový,  $\pm 5\%$ , 0.25W  
 1ks Trimr 10k/N, Uhlíkový, 0.25W  
 4ks Dutinka oboustranný kolík 4x1  
 Oboustranný kolík 90°

R1 = Trimr 10k/N  
 R2 = 220R (paralelně připájených)  
 JP1, JP2, JP3, JP4 dutinka na oboustranný kolík 1x4  
 JP5, JP6 Oboustranný kolík úhlový 90°



**Obr. 20: Osazovací plán pro připojení otoč přepínače**

### Seznam materiálu:

3ks Rezistor 1.5k, CR1206, Uhlíkový,  $\pm 1\%$ , 0.25W  
 2ks Rezistor 10k, CR1206, Uhlíkový,  $\pm 1\%$ , 0.25W

3ks Led dioda prům.3mm modrá difúzní

Oboustranný kolík

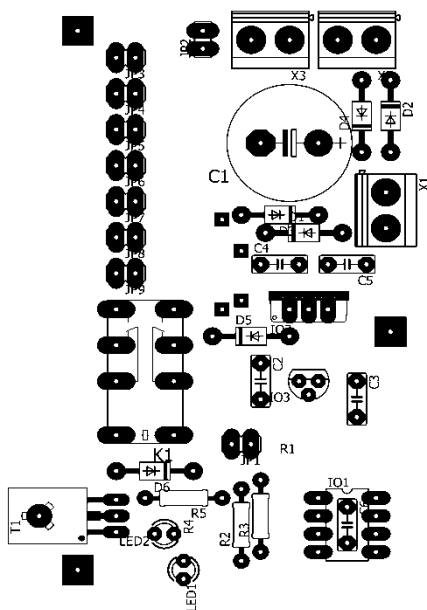
R1, R2 = 10k

R3, R4, R5 = 1k5

JP1, JP2, JP3 = Oboustranný kolík 1x4

JP4 = Oboustranný kolík 1x3

JP5,JP6, JP7, JP8, JP9, JP10, JP11 = Oboustranný kolík 1x2



Obr. 21: Osazovací plán zdroje

### Seznam materiálu:

- 1ks Rezistor 1k, 0207, Uhlíkový, ±5%, 0.25W
- 1ks Rezistor 1.5k, 0207,Uhlíkový, ±5%, 0.25W
- 1ks Rezistor 1.5k, CR1206, Uhlíkový, ±1%, 0.25W
- 1ks Rezistor 10k, 0207, Uhlíkový, ±5%, 0.25W
- 1ks Rezistor 10k, CR1206, Uhlíkový, ±1%, 0.25W
- 1ks Elektrolytický kondenzátor 1000uF/50V
- 3ks Keramický kondenzátor 100nF
- 2ks Keramický kondenzátor 220nF
- 6ks Dioda 1N4007
- 1ks relé 5V typ: M4 - 5H
- 1ks Tranzistor BD139
- 1ks Stabilizátor 78L05, 0,5A
- 1ks Stabilizátor 7805, 1A
- 1ks Attiny 13A
- 2ks Led dioda modrá, prům.: 3mm, difuzní
- 1ks mikro tlačítko

3ks Svorkovnice dvouřadá, RM = 5.0mm

Oboustranný kolík

R1, R3 = 10K

R2, R4 = 1k5

R5 = 1k

C1= 10000uF/50V

C2, C4 = 220nF

C3, C5 = 100nF

LED1, LED2 = modra prům.:3mm Modrá

D1, D2, D3, D4, D5, D6 = dioda 1N4007

IO1 = Attiny 13A

IO2 = 7805 1A

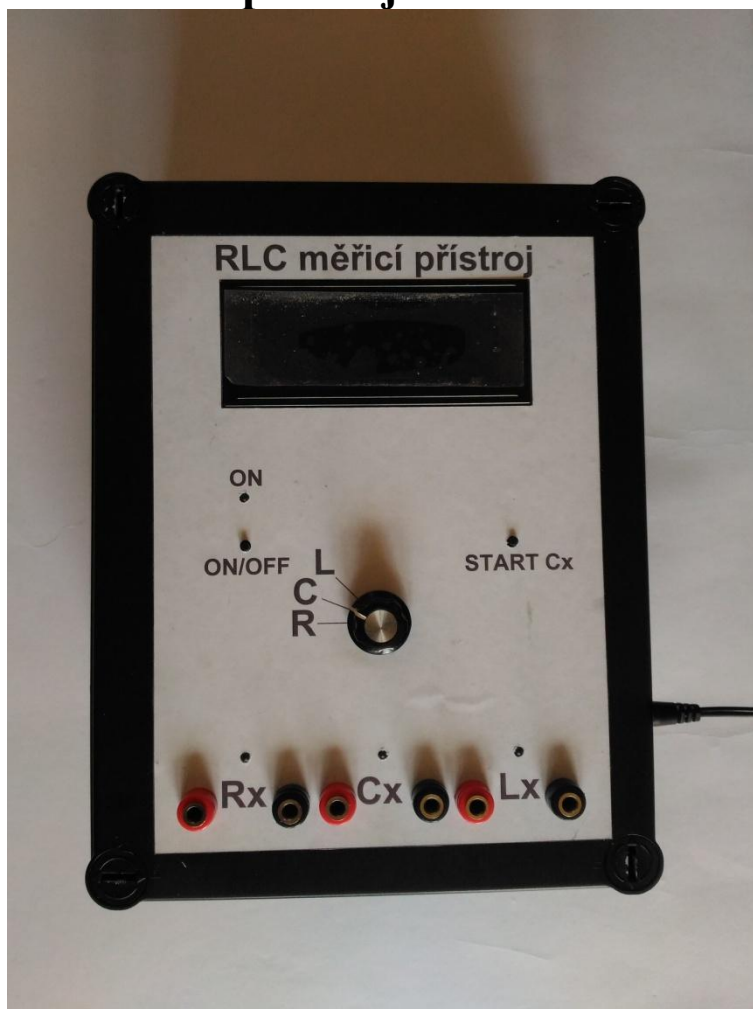
IO3 = 78L05

JP1, JP2, JP3, JP4, JP5, JP6, JP7, JP8, JP9 = Oboustranný kolík 1x2

X1, X2, X3 = svorkovnice dvouřadá

K1 = relé 5V

## 9.4 Fotografie hotového přístroje

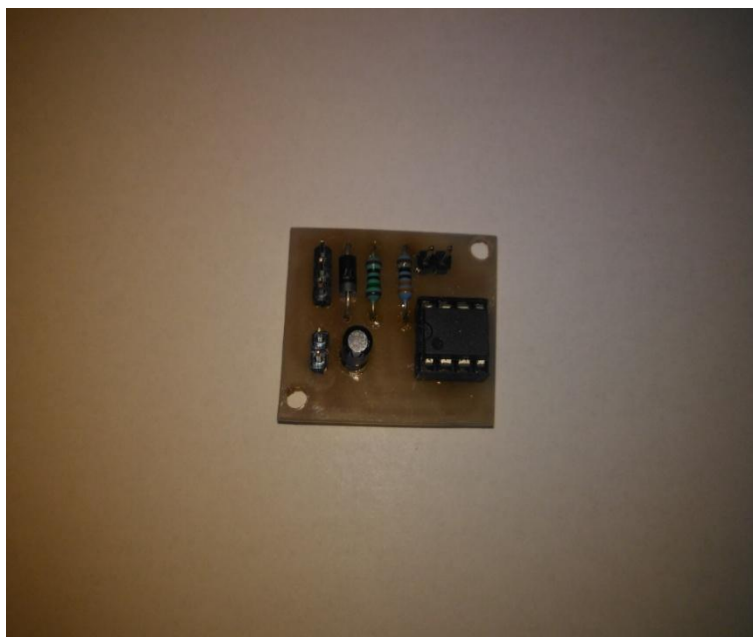


Obr. 22: Pohled na hotový přístroj

## 9.5 Fotografie prototypových modulů



Obr. 23: Modul pro měření kondenzátorů



Obr. 24: Modul pro měření indukčnosti

## 9.6 Fotografie přípravy přístroje



Obr. 25: Uvítací obrazovka

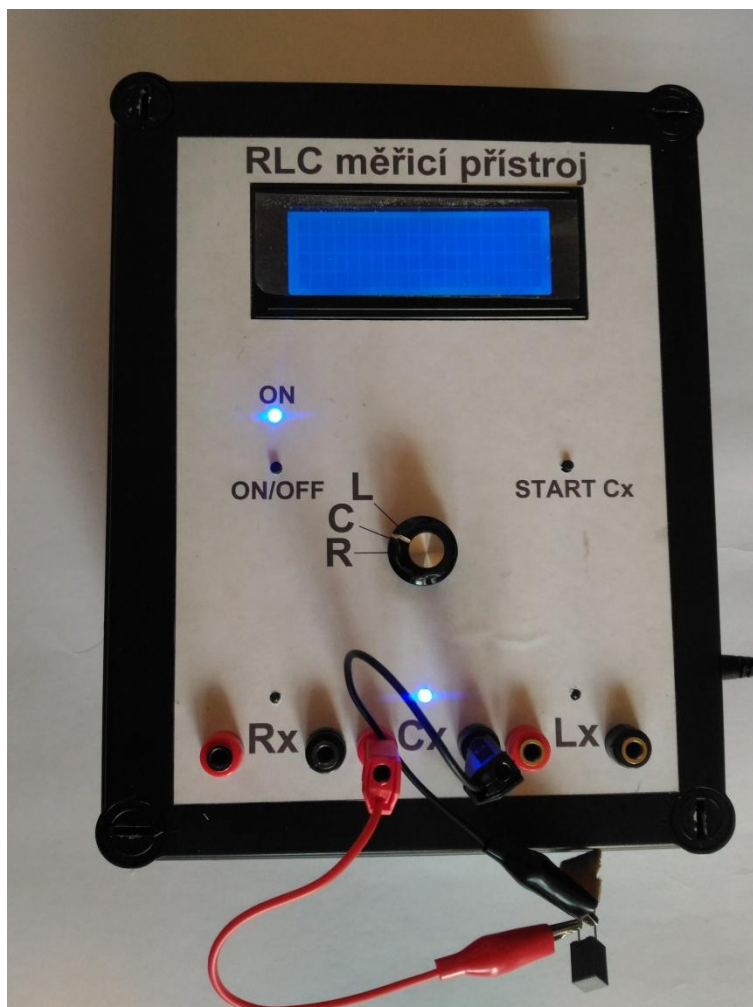


Obr.26: Detail displeje Přípravy



Obr. 27: Obrazovka přípravy přístroje

## 9.7 Fotografie měření kondenzátoru



Obr. 28: Měření kondenzátorů



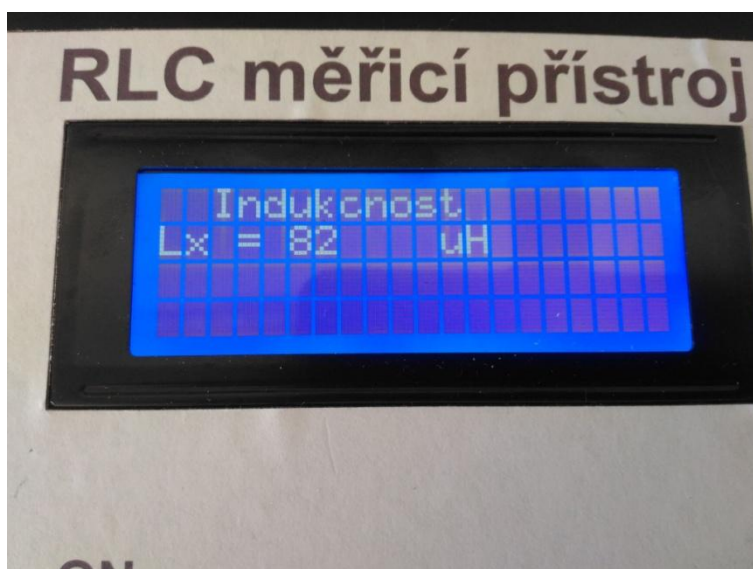
Obr. 29: Detail displeje měření C



## 9.8 Fotografie měření indukčnosti

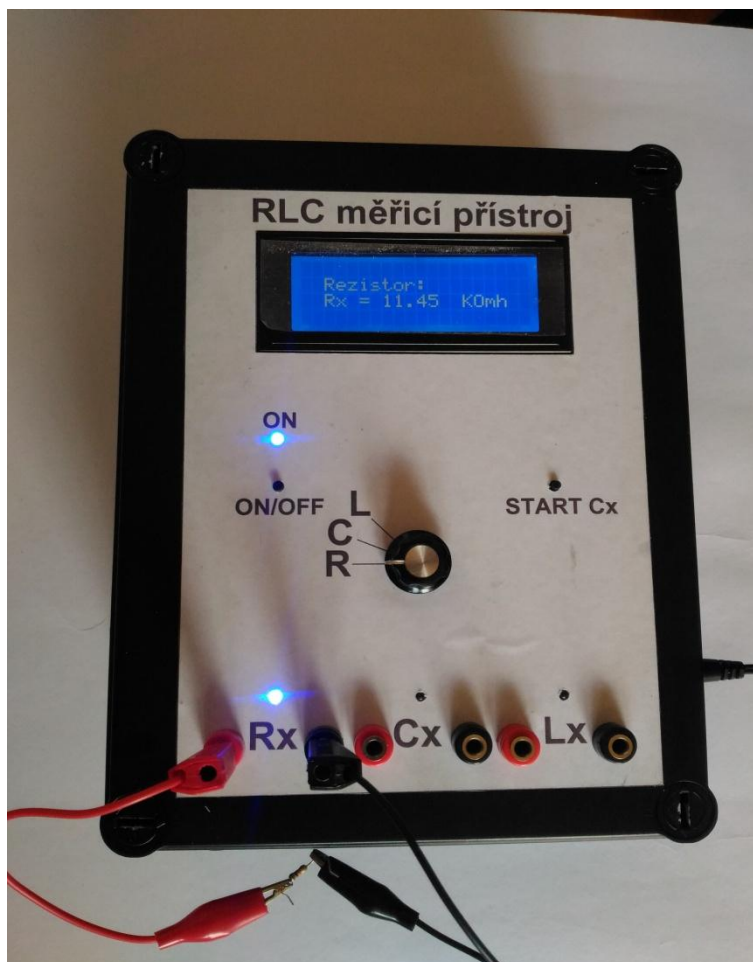


Obr. 30: Měření indukčnosti



Obr. 31: Detail displeje měření indukčnosti

## 9.9 Fotografie měření rezistoru



Obr. 32: Měření rezistoru



Obr. 33: Detail displeje měření rezistoru

## 9.10 Program mikroprocesoru Attiny13A

```
int led=LOW;
void setup()
{
  pinMode(3, INPUT);
  pinMode(4, OUTPUT);
}
void loop()
{
  if(digitalRead(3)==HIGH && led==LOW)
  {
    digitalWrite(4, HIGH);
    led=HIGH;
    while(digitalRead(3)==HIGH)
    {
      delay(10);
    }
  }
  if(digitalRead(3)==HIGH && led==HIGH)
  {
    digitalWrite(4, LOW);
    led=LOW;
    while(digitalRead(3)==HIGH)
    {
      delay(10);
    }
  }
}
```

## 9.11 Program mikroprocesoru Atmega328P-PU

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(13, 8, 7, 5, 4, 2);

#define R_1 A1
#define R_2 A2
#define IND_1 6
#define IND_2 12
#define fuente_pin 11
#define switch_pin 10
#define descarga_pin 9

#define PIN_1 A3
#define PIN_2 A4

//Variables leer pines
int pin_1;
int pin_2;

//Variables para inductometro
double pulso;
double frecuencia;
double capacitancia;
double inductancia;
double cor=0.07;
double oprL=0;

//Capacimetro
float R = 1.0e6;
float C = 0;
float RC = 0;
long t_inicio = 0;
volatile long t_alto = 0;
long T = 0;
float VCC = 4.50;
float Vref = VCC / 2;
float V0 = 0;
float error_correccion = 40.;
int retardo_delay = 20;
```



```

lcd.print("////////////////");
delay(700);
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("////////////////");
delay(700);
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("////////////////");
delay(700);
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("////////////////");
delay(700);
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("////////////////");
delay(700);
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("////////////////");
delay(700);
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("////////////////");
delay(700);
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("////////////////");
delay(800);
lcd.clear();
pinMode(PIN_1, INPUT);
pinMode(PIN_2, INPUT);

pinMode(IND_1, INPUT);
pinMode(IND_2, OUTPUT);
capacitancia = 0.00001021;

pinMode(R_1, INPUT);
pinMode(R_2, INPUT);

attachInterrupt(1, stop, RISING);
Vref = VCC / 2;
pinMode(fuente_pin, OUTPUT);
digitalWrite(fuente_pin, LOW);
pinMode(switch_pin, INPUT);
pinMode(descarga_pin, INPUT);
}

void loop() {
  leerpines();

  if (pin_1 == LOW && pin_2 == LOW) {
    digitalWrite(IND_2, HIGH);
    delay(5);
    digitalWrite(IND_2, LOW);

    delayMicroseconds(100);

    pulso = pulseIn(IND_1, HIGH, 5000);
    lcd.clear();
    if (pulso > 0.1) {
      frecuencia = 1.E6 / (2 * pulso);
      inductancia = 1. / (capacitancia * frecuencia * frecuencia * 4.*3.1459 * 3.14159);
      inductancia *= 1E6;

      lcd.setCursor(2, 1);
      lcd.print("Indukenost");
      //delay(200);
      if (inductancia >= 1000) {
        lcd.setCursor(0,2);
        lcd.print("Lx = ");
        lcd.setCursor(5, 2);
        int valor = (inductancia / 1000);
        lcd.print(valor);
        lcd.setCursor(11, 2);
        lcd.print("mH");
      } else {
        oprL = inductancia - (inductancia * cor);
        lcd.setCursor(0, 2);
        lcd.print("Lx = ");
        lcd.setCursor(5, 2);
        int valor_2 = oprL ;

```

```

    lcd.print(valor_2);
    lcd.setCursor(11, 2);
    lcd.print("uH");
}
} else if (pulso < 0.1) {
    lcd.setCursor(2, 1);
    lcd.print("Pripojite");
    lcd.setCursor(4, 2);
    lcd.print("Inducknost");
}
}
delay(300);
}

if (pin_1 == LOW && pin_2 == HIGH) {
    lcd.clear();
    for (int i = 0 ; i <= 7; i++) {
        Resistor_1[i] = analogRead(R_1);
        ResArreglo_1 = ResArreglo_1 + Resistor_1[i];
    }
    vR_1 = (ResArreglo_1 / 8.0);
    Vout = (Vin * vR_1) / 1023;
    r_1 = Res_1 * (1 / ((Vin / Vout) - 1));
    lcd.setCursor(2, 1);
    lcd.print("Rezistor:");
    if (r_1 <= 999) {
        lcd.setCursor(2, 2);
        lcd.print("Rx");
        lcd.setCursor(7, 2);
        lcd.print(r_1);
        lcd.setCursor(14, 2);
        lcd.print("Omh");
    } else if (r_1 >= 1000) {
        r_1 = r_1 / 1000;
        lcd.setCursor(2, 2);
        lcd.print("Rx = ");
        lcd.setCursor(7, 2);
        lcd.print(r_1);
        lcd.setCursor(14, 2);
        lcd.print("KOmh");
    }
}
delay(500);
ResArreglo_1 = 0;
}

if (pin_1 == HIGH && pin_2 == LOW) {
    lcd.clear();
    if (debounce(switch_pin) == LOW)
    {
        pinMode(descarga_pin, OUTPUT);
        digitalWrite(descarga_pin, LOW);
        delay(100);
        pinMode(descarga_pin, INPUT);
        digitalWrite(fuente_pin, HIGH);
        t_inicio = micros();
    }
}

if (t_alto > 0 && t_inicio > 0 && (t_alto - t_inicio) > 0 )
{
    T = (t_alto - t_inicio);
    RC = -T / log((Vref - VCC) / (V0 - VCC));
    //Vref = VCC/2
    //V0 = 0V
    C = RC / R; //Valor en uF

    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Kapacita - C");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("C:");
    lcd.setCursor(3,1);
    lcd.print(C);
    lcd.setCursor(13,1);
    lcd.print("uF");
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("C:");
    lcd.setCursor(3, 2);
    lcd.print(C * 1000);
}

```

```

lcd.setCursor(13, 2);
lcd.print("\nF");
lcd.setCursor(0, 3);
lcd.print("C:");
lcd.setCursor(3, 3);
lcd.print(C * 1000000 - error_correccion , 0);
lcd.setCursor(13, 3);
lcd.print("pF");

t_inicio = 0;
t_alto = 0;

digitalWrite(fuente_pin, LOW);
delay(2000);
}
}
}

void leerpines() {
pin_1 = digitalRead(PIN_1);
pin_2 = digitalRead(PIN_2);
}

void stop()
{
t_alto = micros();
}

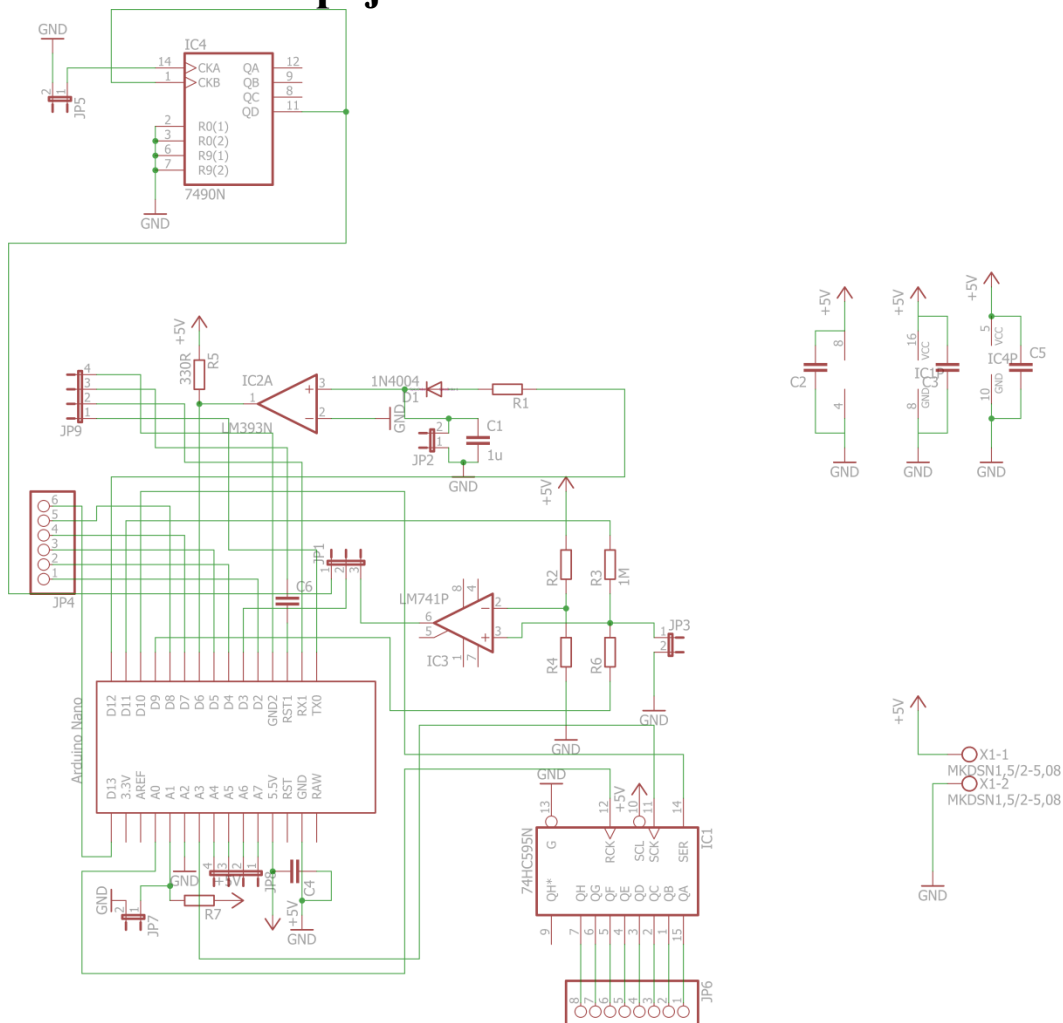
int debounce(int pin)
{
int estado;
int previo_estado;
previo_estado = digitalRead(pin);
for (int i = 0; i < retardo_delay; i++)
{
delay(1);
estado = digitalRead(pin);
if ( estado != previo_estado)
{
i = 0;
previo_estado = estado;
}
}
}
return estado;
}

```

# 10 Modernizace přístroje

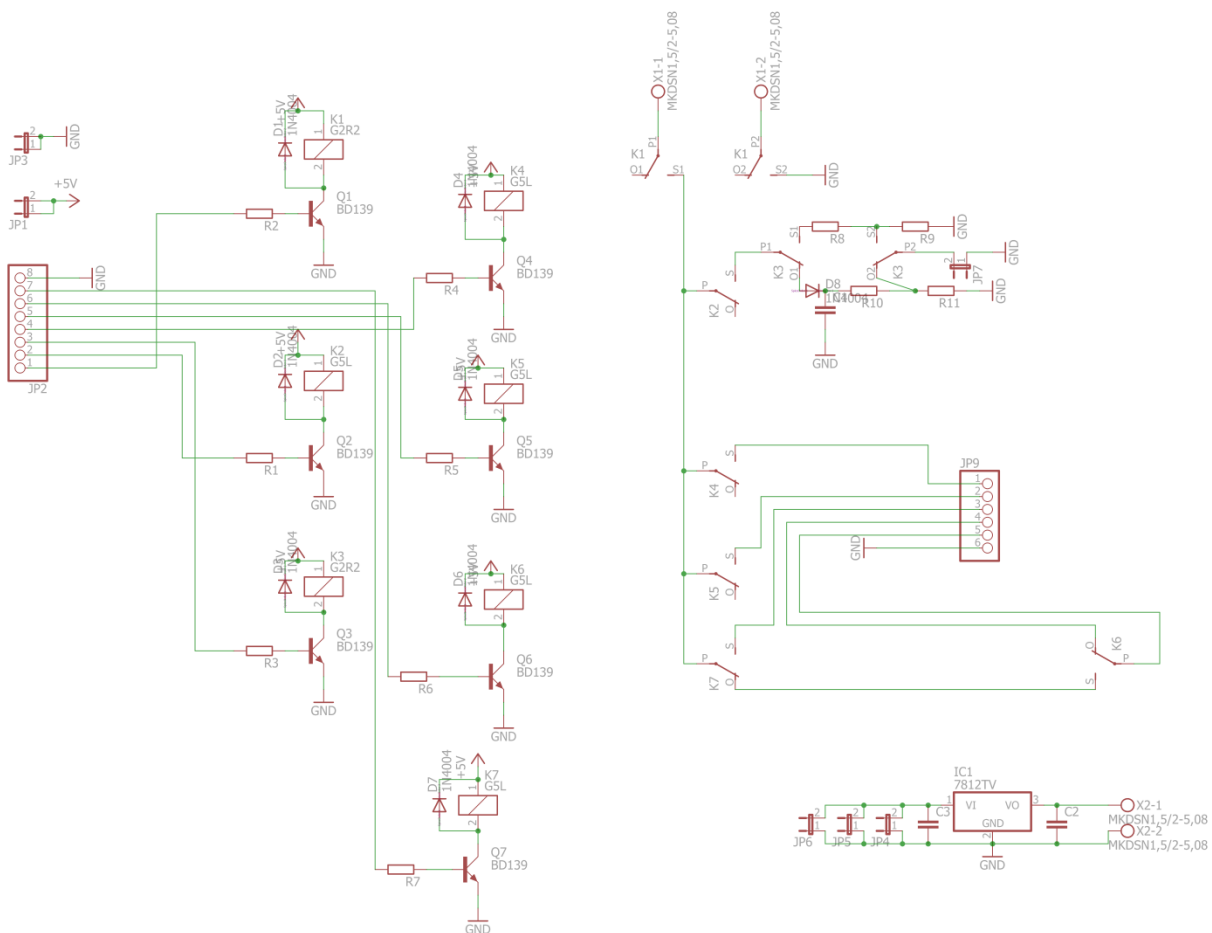
Výše uvedený RLC měřicí přístroj jsem rozšířil o měření stejnosměrného a střídavého napětí a rovněž i o měření frekvence. V této konstrukci jsem vypustil výběr v menu za pomoci otočného přepínače a provádím výběr menu tlačítky. Zapojení tlačítek jsem čerpal ze schémat Arduino lcd keypad, kdy na jeden analogový pin můžete za pomoci rezistorů připojit pět tlačítek. Místo klasického displeje LCD jsem použil displej OLED, sice malých rozměrů, ale do další verze bych chtěl použít trochu větší.

## 10.1 Schéma zapojení

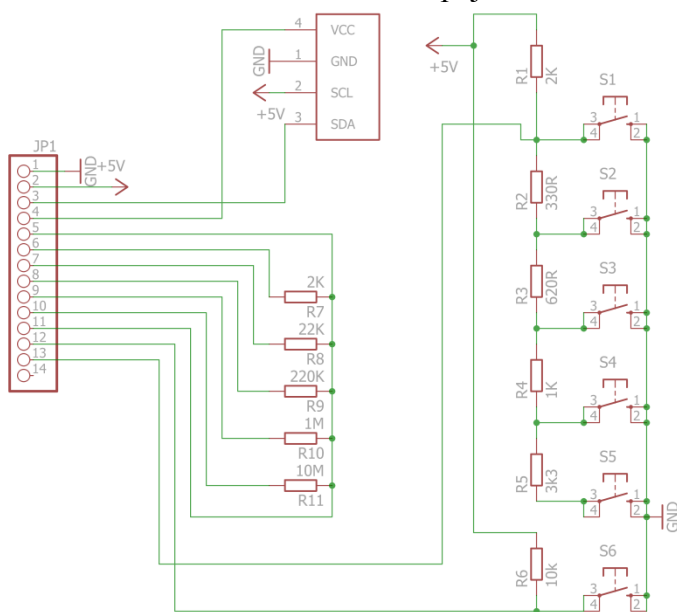


Obrázek č. 34: Celkové schéma zapojení hlavní měřicí desky



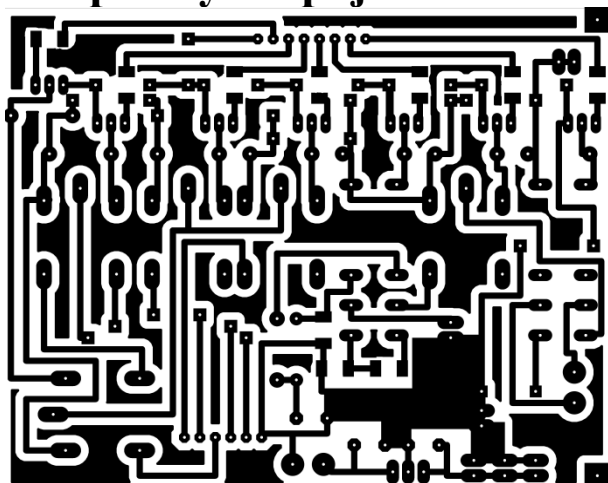


Obrázek č. 35: Celkové schéma zapojení reléové karty

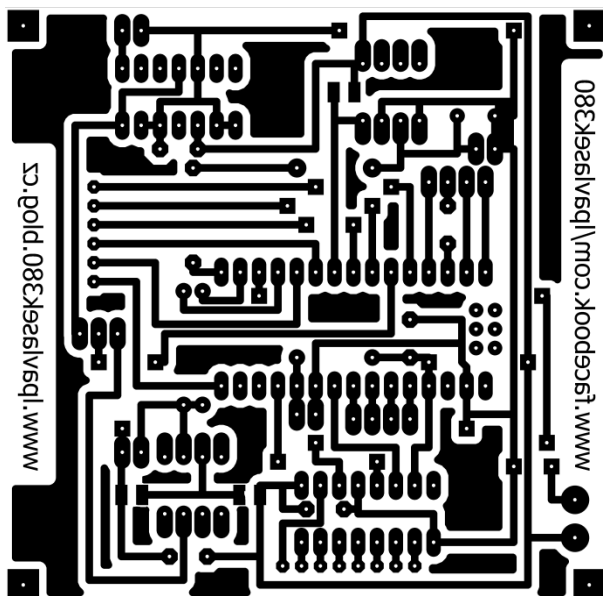


Obrázek č. 36: Schéma zapojení čelního panelu

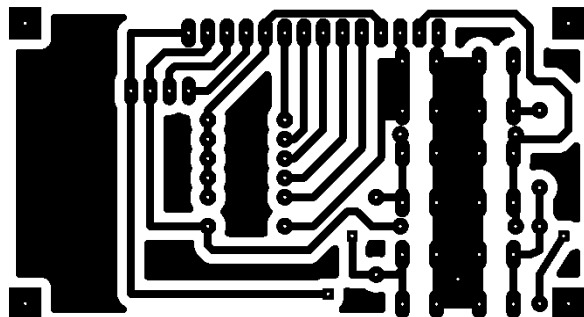
## 10.2 Matrice plošných spojů



Obrázek č. 37: Reléová karta

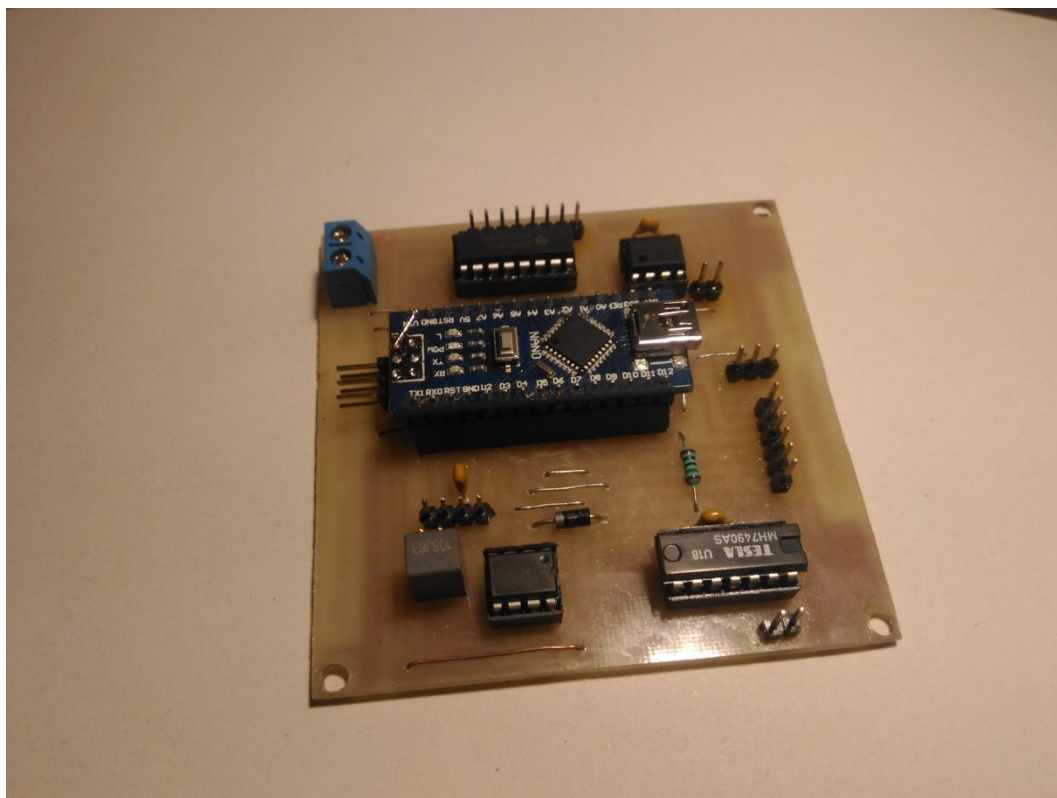


Obrázek č. 38: Hlavní deska měřicího přístroje

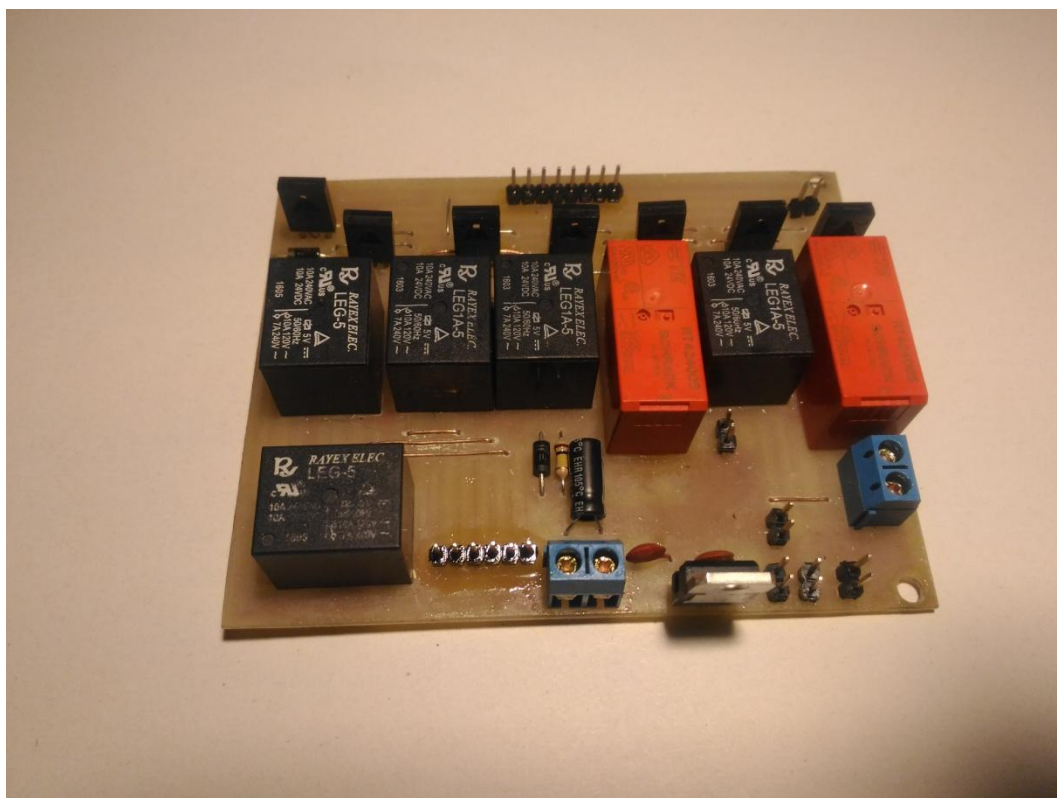


Obrázek č. 39: Čelní panel

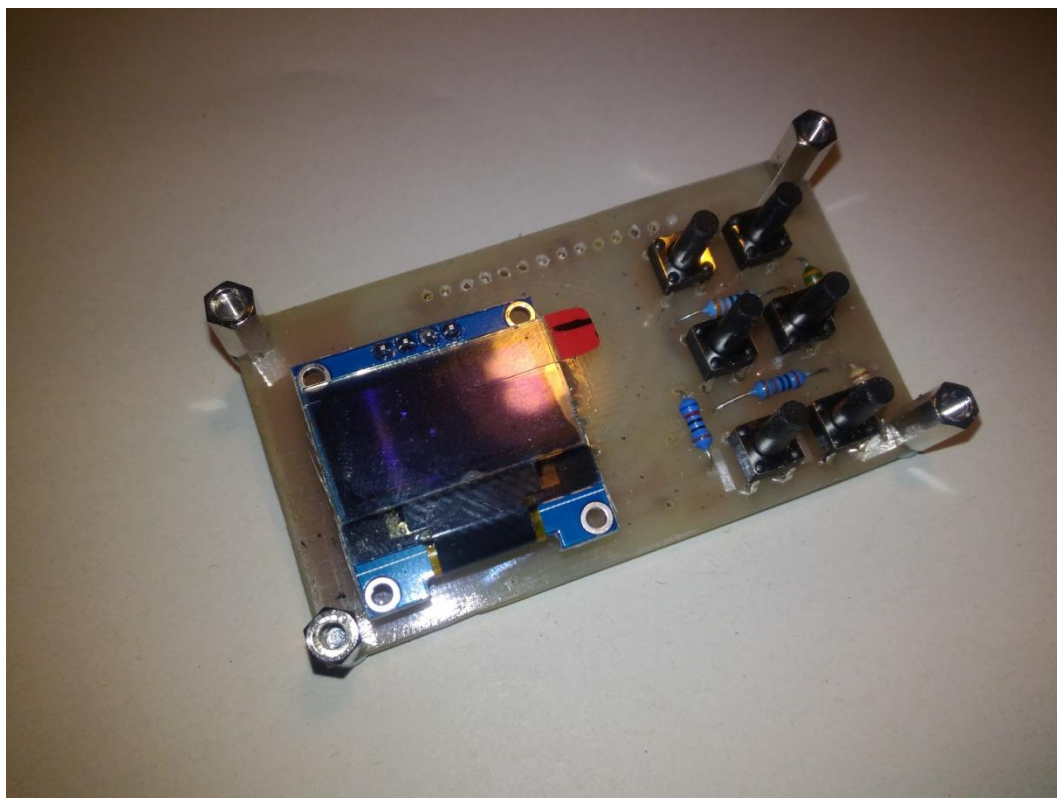
## 10.3 Fotografie částí



Obrázek č. 40: Hlavní deska



Obrázek č. 41: Reléová deska



Obrázek č. 42: Čelní panel

## 10.4 Fotografie modernizovaného přístroje



Obrázek č. 43: Čelní panel přístroje (vypnutí displej)

Cílem této modernizace bylo postavit miniaturní stolní měřicí přístroj, který se zdárně

podářilo realizovat s minimální velikostí a také s rozšířenou možností měření napětí a frekvence. Dále jsem oproti předchozí verzi zlepšil měření rezistorů.

## 11 Závěr

Stavba těchto přístrojů byla pro mě zajímavá, část RLC přístroje jsem zmenšil za pomoci technologie SMD a použiji ho i pro své další konstrukce, kde budu výrazně pozměňovat hardware a software. Místo otočného přepínače zde budou tlačítka a celý přístroj by měl mít při použití modulů pro měření proudu dva páry zdířek, jinak pouze jeden.

Po ukončení ročníku bude tato práce prezentována na mém blogu a na webových stránkách tohoto blogu.

## 12 Zdroje

D., Tadeáš. Tlačítkový spínač. Navody.arduino-shop. cz [online]. navody.Arduino-shop.cz, 2016, 18.3.2016 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://navody.arduino-shop.cz/arduino-projekty/tlacitkovy-spinac.html>

Arduino Inductance/Capacitance/Resistance Meter. *Instructables.com* [online]. Instructables, 2016 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://www.instructables.com/id/Arduino-InductanceCapacitanceResistance-Meter/>

Inductance meter. Electronoobs [online]. Electronoobs, 2016, 2016 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: [http://electronoobs.com/eng\\_arduion\\_tut10\\_3.php](http://electronoobs.com/eng_arduion_tut10_3.php)