



Středoškolská technika 2012

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Měnič 12/230V 50Hz

Václav Pokorný

Vyšší odborná škola a Střední škola slaboproudé elektrotechniky

Novovysočanská 48/280

190 00 Praha 9



Obsah

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Úvod do měničů | 3 |
| 1.1 | Principy měničů..... | 3 |
| 1.1.1 | Analogový princip měničů | 3 |
| 1.1.2 | Měniče na principu spínaného zdroje..... | 3 |
| 2 | Popis zařízení | 4 |
| 2.1 | Popis měniče | 4 |
| 1.2.1 | Funkce měniče..... | 4 |
| 1.2.2 | Popis řídicího prvku | 4 |
| 2.2 | Popis indikátoru..... | 6 |
| 2.3 | Konstrukce | 6 |
| 2.4 | Oživovací postup..... | 7 |
| 4.2.1 | Oživovací postup měniče | 7 |
| 4.2.2 | Oživovací postup indikátoru napětí..... | 7 |
| 3 | Elektrické výkresy..... | 8 |
| 3.1 | Schéma měniče..... | 8 |
| 3.2 | Schéma indikátoru napětí | 9 |
| 4 | Výkresy mechanické | 10 |
| 4.1 | Přední panel..... | 10 |
| 4.2 | Víko..... | 11 |
| 4.3 | Dno (základna) | 12 |
| 5 | Rozpiska materiálu | 13 |
| 5.1 | Součástky pro měnič | 13 |
| 5.2 | Součástky pro indikátor..... | 14 |
| 5.3 | Osazovací součástky | 14 |
| 6 | Návrh desky plošných spojů (DPS) | 15 |
| 6.1 | Předloha pro tvorbu DPS měniče | 15 |
| 6.2 | Osazovací plán měniče..... | 16 |
| 6.3 | Předloha pro tvorbu DPS indikátoru | 17 |
| 6.4 | Osazovací plán indikátoru | 17 |
| 7 | Měření | 18 |
| 7.1 | Měření vstupního proudu | 18 |
| 7.2 | Měření výstupního napětí..... | 19 |
| 7.3 | Výpočet účinnosti..... | 20 |
| 8 | Závěr..... | 21 |
| 9 | Použitá literatura | 22 |
| 10 | Seznam příloh..... | 22 |

1 Úvod do měničů

Měnič v elektrotechnice je zařízení sloužící ke změně napětí. Jedná se např. o situaci, kdy chcete použít měnič napětí s notebookem v autě. Nebo jako automatický záložní zdroj (UPS) který je určen k automatickému zálohování napájení připojeného spotřebiče. Účinnost přeměny energie je vždy menší než 100%, každý měnič má tedy ztráty. Měniče elektrické energie většinou pracují s velmi dobrou účinností.

1.1 Principy měničů

1.1.1 Analogový princip měničů

Měniče pracující na analogovém principu patří mezi vývojově starší kategorie. Jejich zapojení v převážné míře využívá dvoučinného střídače a klasický transformátor s železným jádrem. Podle způsobu, jakým jsou hlavní výkonové prvky (ať už bipolární transistory nebo MOSFETY) buzeny, může být průběh střídavého napětí na výstupu obdélníkový, obdélníkový s prodlevou, lichoběžníkový nebo sinusový. Tyto měniče bývají konstrukčně jednoduché, spolehlivé a výstupní obvod je zpravidla transformátorem zcela galvanicky oddělen od vstupního. Proto se tyto měniče používají pouze pro menší výkony.

1.1.2 Měniče na principu spínaného zdroje

Modernější kategorií jsou měniče pracující na principu spínaného zdroje s tzv. modifikovanou sinusovkou. Stejnoseměrný proud o nízkém napětí je nejprve přeměněn na proud o vysokém napětí a následně umělou komutací je převeden na proud střídavý. Proměnnou šířkou jednotlivých obdélníkových impulzů je ve výsledku vytvořen tvar „schodkovité“ (aproximované) sinusovky. Díky použití obdélníkových impulzů je i účinnost přeměny velmi dobrá. Protože je však zapotřebí tento komutační obvod nějak budit, bývá často provázán obvod primární i sekundární strany. Jedna ze slabín těchto měničů je totiž to, že vstupní okruh není v měniči oddělen a pokud se některá výstupní svorka omylem spojí se svorkou vstupní, dojde ke zničení měniče. Mezi výhody těchto měničů patří i to že měniče jsou i při značných výkonech malé, lehké, mají malou vlastní spotřebu a překvapivě vysokou účinnost.

2 Popis zařízení

Ještě než začnu popisovat vlastnosti a výrobu měniče, chtěl bych podotknout, že vzhledem k rozsahu práce a časově náročné přípravě jsem si většinu komponentů předem připravil. Během dvou dnů praktické maturity jsem dodělával některé nezbytné maličkosti, poté jsem veškeré komponenty nastavoval a zapojoval, abych vše dopracoval do finální podoby.

2.1 Popis měniče

Měnič z 12V stejnosměrného napětí na 230V/50Hz střídavého napětí. Je navržen pro napájení spotřební elektroniky např. v autě, na chatě, nebo pro malé ruční vrtačky do 200W. Zařízení je sestaveno ze tří DPS a transformátoru, to vše je umístěno v přenosné ocelové krabici s hliníkovými panely. V předním panelu je umístěna 230V zásuvka pro spotřebič spolu s hlavním vypínačem a indikátorem napětí baterie. Dále pak dvě LED diody, jedna pro signalizaci připojení napájení měniče a druhá LED dioda zobrazující případné zablokování měniče. V zadním panelu jsou vyvedené napájecí kabely zakončené svorkami pro připojení baterie. V boční stěně je umístěn ventilátor, který zajišťuje chlazení měniče.

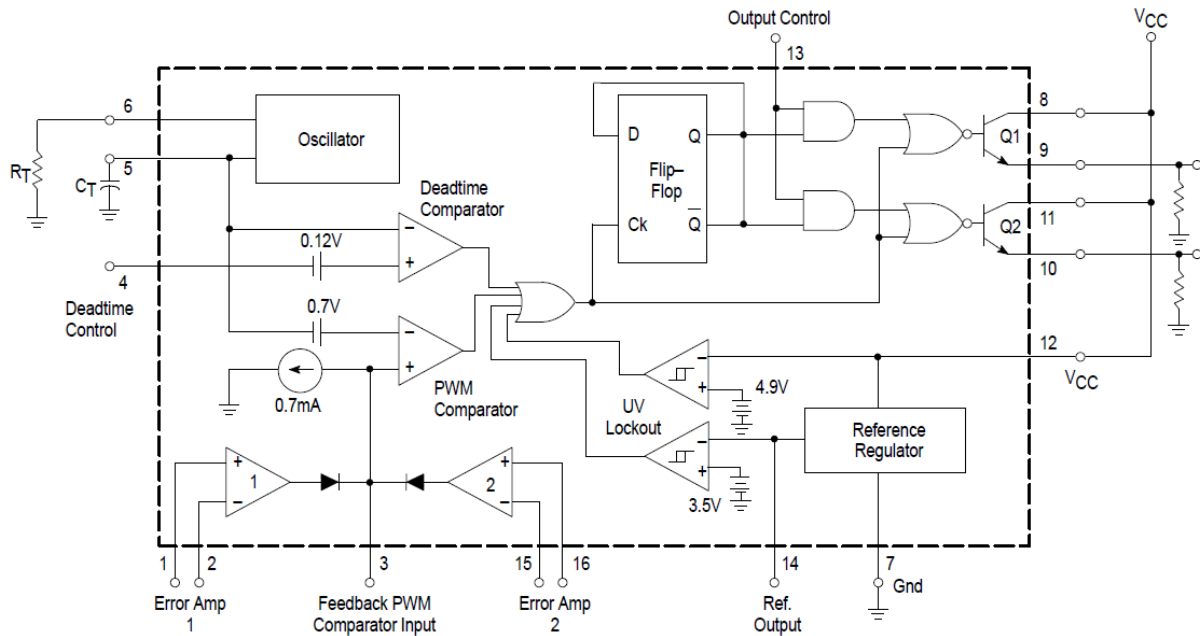
1.2.1 Funkce měniče

Mezi důležité funkce měniče patří podpět'ová ochrana baterie, kterou zajišťuje integrovaný obvod TL494, který i mimo jiné obsahuje také dva komparátory se společným výstupem, které jsou využity k hlídání poklesu napětí baterie na 10,5V. Pokud pokles napětí baterie nastane je důležité aby zablokování měniče bylo trvalé. To zajišťuje tyristor, který svým trvalým sepnutím znemožňuje znovuzapnutí měniče. Vstupní i výstupní napětí je chráněno rychlou pojistkou. Regulaci výstupního napětí obstarává zpětnovazební regulační smyčka.

1.2.2 Popis řídicího prvku

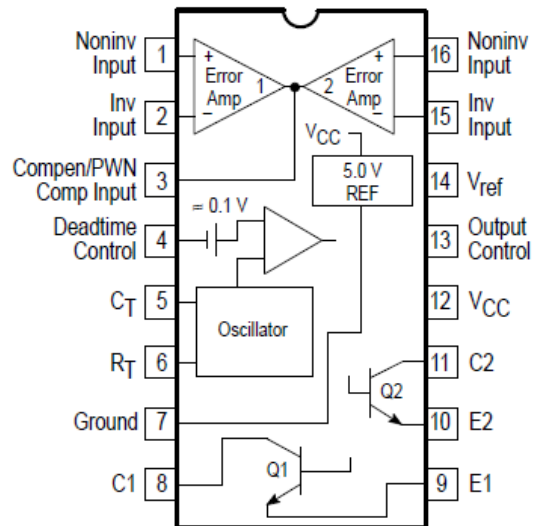
TL494CN je integrovaný obvod, který byl sestaven především jako regulační obvod pro spínané řízení napájení. Zajišťuje pulzní šířkovou modulaci a má stálou frekvenci. Ve své struktuře obsahuje dva komparátory se společným výstupem, které jsou využity pro hlídání

poklesu napětí. Dále zajišťuje výstupní kontrolu pro „Push-Pull“ a také nastavitelné „Deadtime“ ovládání.



Obr. 1 – Blokové schéma TL494CN

- Napájecí napětí je od 7 do 42V.
- Měníč pracuje při teplotě od 0° do +70°C.
- Při teplotě $70^{\circ}\text{C} \leq 45^{\circ}\text{C}$ má integrovaný obvod ztrátový výkon 1W.
- TL494CN zesiluje vstupní napětí v rozsahu od -0,3 do 42V.



Obr. 2 – Přehled pinů TL494CN

2.2 *Popis indikátoru*

Zařízení je především určeno pro indikaci napětí akumulátoru v automobilu. Napájecí napětí je 9 – 18V, rozsah indikovaného napětí je 11 – 15,5V. Měřené napětí se zobrazuje na 10 LED diodách. Po propojení „MODE“ výstupů zobrazuje integrovaný obvod úroveň vstupního napětí ve sloupcovém režimu, jinak je provoz bodový.

Pro indikátor je použit integrovaný obvod typu LM 3914, který převádí úroveň vstupního napětí na rozsvícení jedné (bodový provoz) nebo několika diod LED (proužkový provoz).

Indikátor je napájen přímo z měřené baterie. Na vstupu je zapojena dioda D1, která chrání indikátor před přepolováním napájecího napětí. Stabilizátor IO1 slouží jednak jako ochrana integrovaného obvodu IO2 proti napěťovým špičkám. Kondenzátory C1 a C2 zabraňují rozkmitání stabilizátoru IO1 a kondenzátor C3 je filtrační. Trimr P1 slouží k nastavení napětí, při němž se rozsvítí první dioda (D11) a trimr P2 k nastavení napětí, při kterém se rozsvítí poslední indikační dioda (D2). Rezistor R3 posouvá rozsah napětí, nastavitelných trimrem P2 nahoru.

Pro indikaci napětí automobilové baterie je výhodné indikátor nastavit tak, aby se rozsvítila první dioda LED (D11) při vstupním napětí 10 V a poslední dioda LED (D2) při napětí 14,5 V. Potom bude každému rozsvícení následující indikační diody odpovídat přírůstek sledovaného napětí baterie 0,5 V.

2.3 *Konstrukce*

Desky s plošnými spoji je třeba vyvrtat různými velikostmi vrtáků. Proto jsem veškeré díry vyvrtal nejprve vrtákem o průměru 0,8mm a poté jsem jednotlivé díry převrtal větší velikostí. Týká se to hlavně zenerových diod, potenciometrů, fastonových kontaktů, atd. Dále je třeba dostatečně zesílit a pocínovat tlustou vrstvou cínu cesty od transformátoru k výkonovým tranzistorům, protože zde protéká proud až 10A. Pojistky jsem se rozhodl dát do zadního panelu kvůli snadnému přístupu při výměně. LED diody pro indikaci jsem umístil na přední panel.

2.4 Oživovací postup

4.2.1 Oživovací postup měniče

Po osazení všech součástek se nejprve trimrem P1 nastaví vypnutí při poklesu napětí na 10,5V. Na toto seřízení je vhodný stabilizovaný zdroj, kterým se nastaví napájecí napětí pro měnič na 10,5V. Trimr P1 se vytočí doleva, po připojení napětí se nesmí rozsvítit dioda D1, velmi pomalým pootáčením trimrem se snižuje napětí na komparátoru (vývod 5) až na 5V, kdy se komparátor překloupí, sepne se tyristor, svítí D1, na výstupech 8 a 11 IO1 je 12V a na kolektorech budících tranzistorů 0V. Spínací tranzistory jsou uzavřeny a měnič přestane pracovat. Zvýšením napětí nad 10,5V se nesmí nic změnit, znovuzběhnutí generátoru IO1 je možné jen vypnutím a zapnutím přístroje. Při použití pomocného zdroje je vhodné překontrolovat činnost IO1 a budičů. Protože každý nemá osciloskop, postačí voltmetr připojit postupně na báze výkonových tranzistorů, přepínač přepnout do polohy „nastavení“. Otáčením trimrem P2 se musí měnit napětí asi od 2 do 4,8V. Trimr P2 necháme v levé krajní poloze. Pokud je funkce správná, připojíme transformátor. Na další oživování jsou třeba dva voltmetry, střídavý připojíme na svorky zásuvky 230V. Trimr P2 vytočit doleva, připojit napájení 12V, přepínač v poloze „nastavení“, trimrem P2 nastavit na střídavém voltmetru 230V. Dále připojíme voltmetr na vývod 3 OZ2 a trimrem P4 nastavit napětí 6V. Poté připojíme voltmetr na vývod 4 IO1, napětí by mělo být asi 1,1 až 1,4V. Voltmetr připojíme na běžec trimru P3 a tímto trimrem nastavíme na vlastním běžci napětí stejné jako na vývodu 4 IO1.

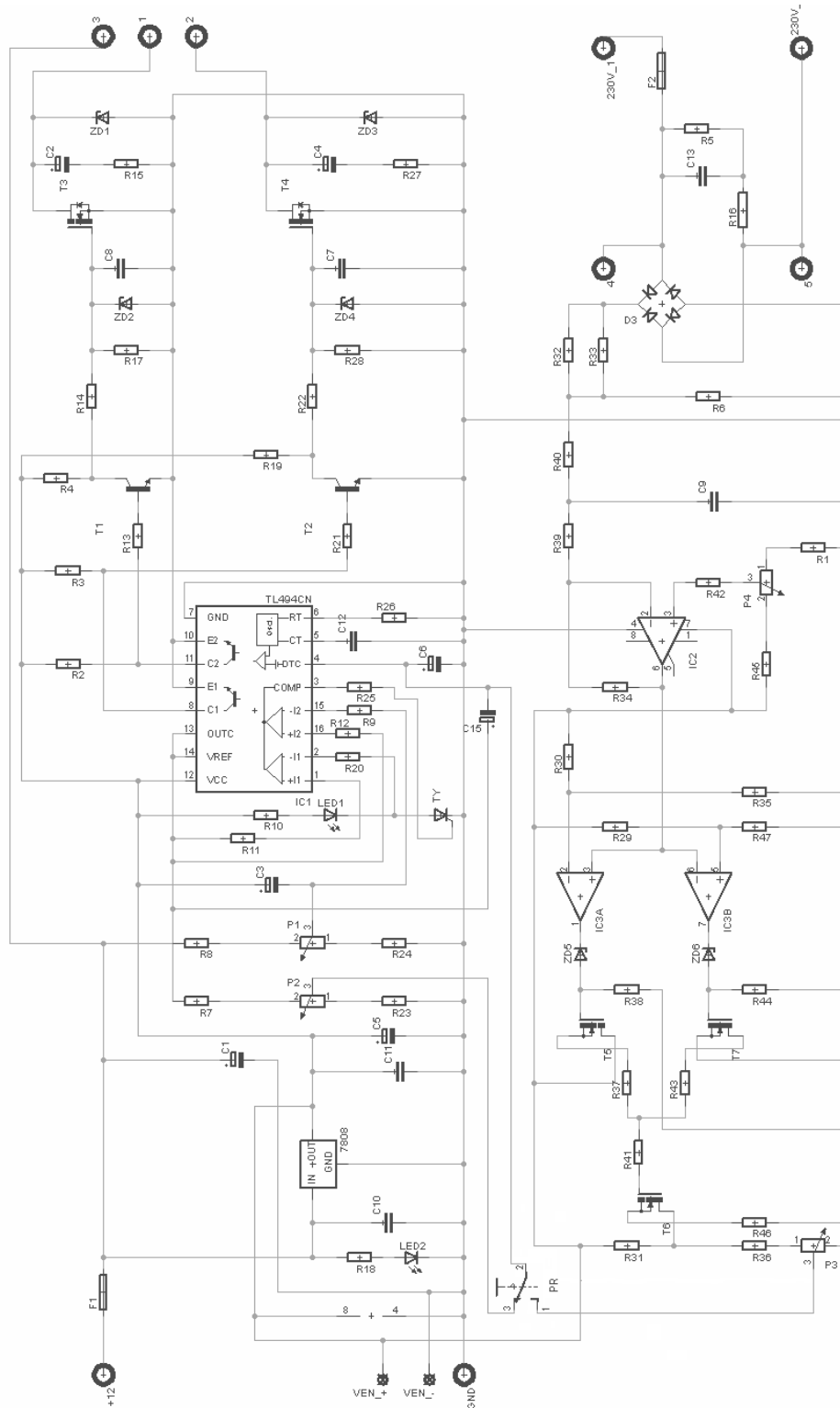
Přepínač přepneme do polohy „automatická regulace“, napětí 230V na střídavém voltmetru se nesmí změnit, nebo jen minimálně. Následně trimrem P3 snížíme napětí na 225V a trimrem P4 dorovnáme zpět na 230V. Přepínač po oživení zůstane trvale v poloze „automatická regulace“. Za provozu se nesmí přepínač nikdy přepínat do polohy nastavení!

4.2.2 Oživovací postup indikátoru napětí

Po sestavení indikátoru přivedeme na jeho vstup stejnosměrné (vyhlazené) napájecí napětí z regulovatelného zdroje. Mezi body O1 a O2 připojíme voltmetr. Na zdroji nastavíme napětí, které chceme jako minimální napětí indikovat LED diodou D11. Potom nastavíme běžec odporového trimru P1 tak, aby se tato dioda právě rozsvítila. Napětí zdroje zvýšíme na velikost, kterou má jako maximální napětí indikovat poslední LED dioda D2, a běžcem trimru P2 otáčíme tak dlouho, dokud se nerozsvítí dioda D2.

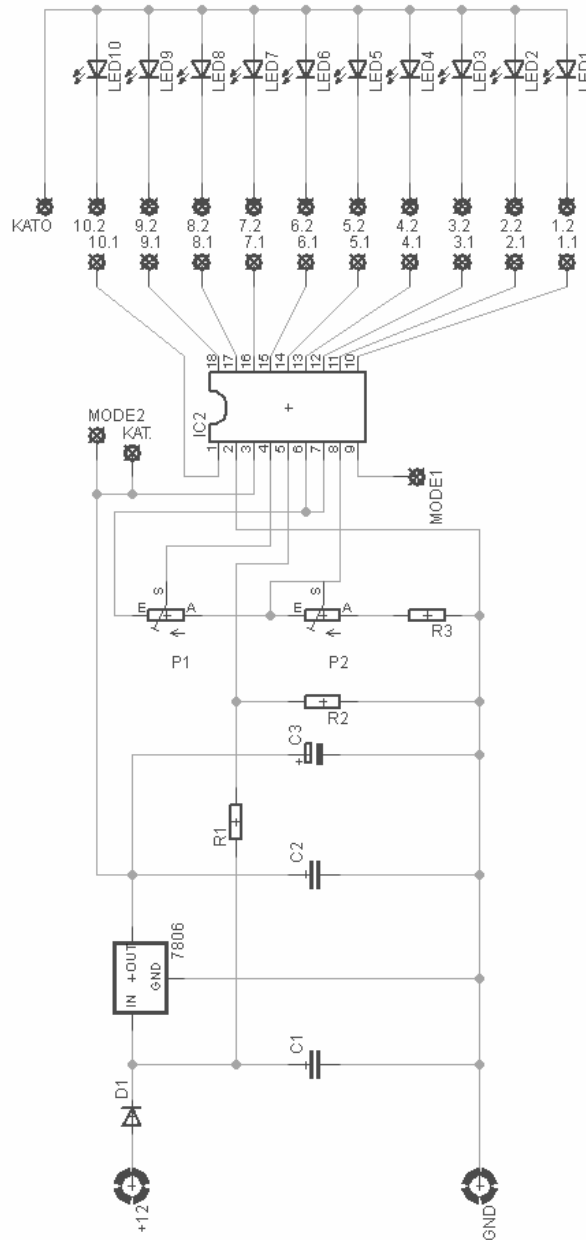
3 Elektrické výkresy

3.1 Schéma měniče



Obr. 3 – Schéma měniče napětí

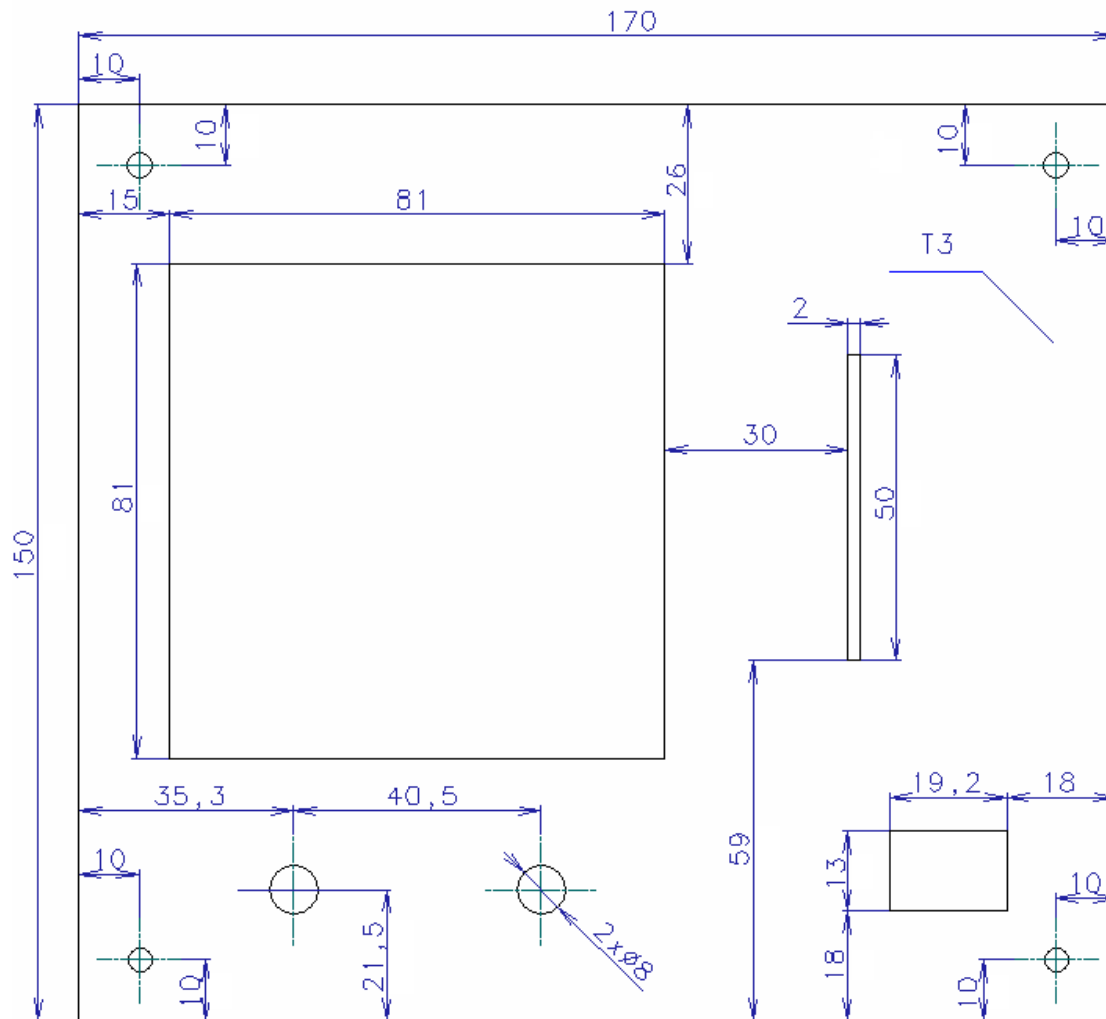
3.2 Schéma indikátoru napětí



Obr. 4 – Schéma indikátoru napětí

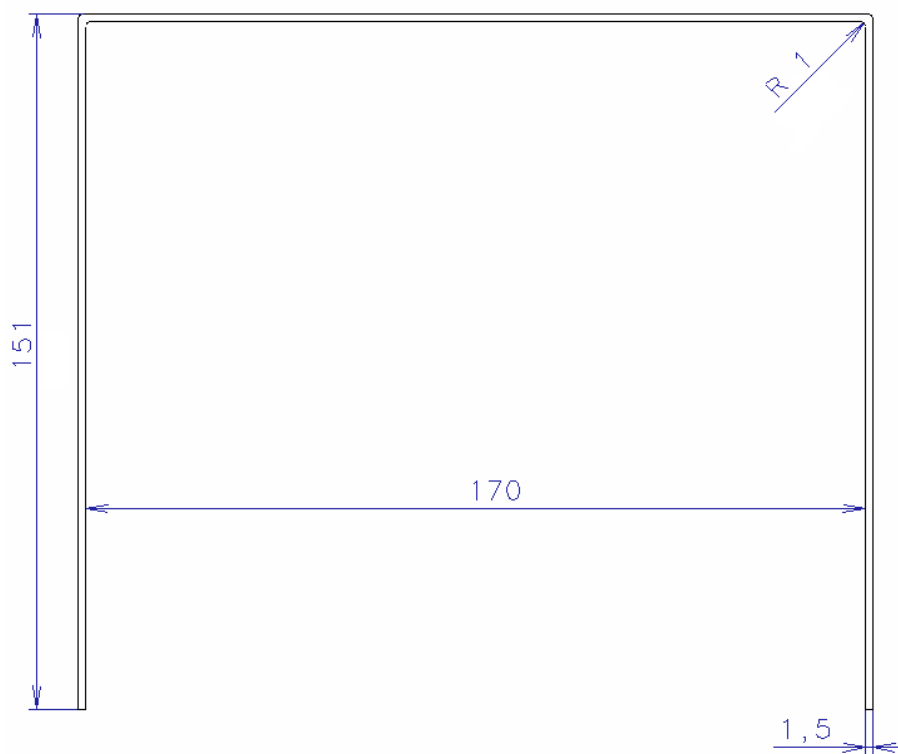
4 Výkresy mechanické

4.1 Přední panel

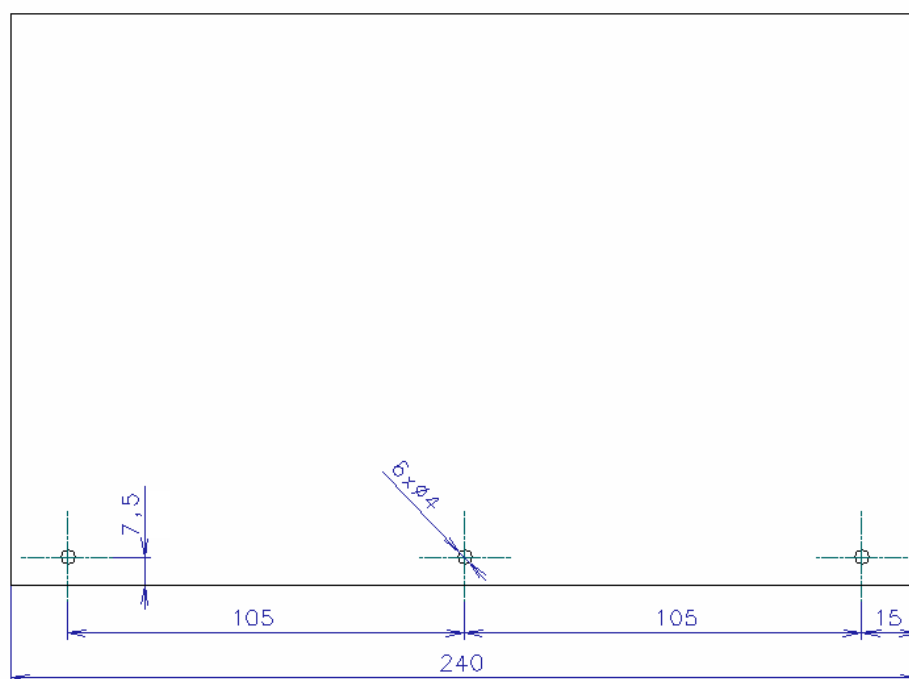


Obr. 5 – Technická dokumentace předního panelu

4.2 Víko

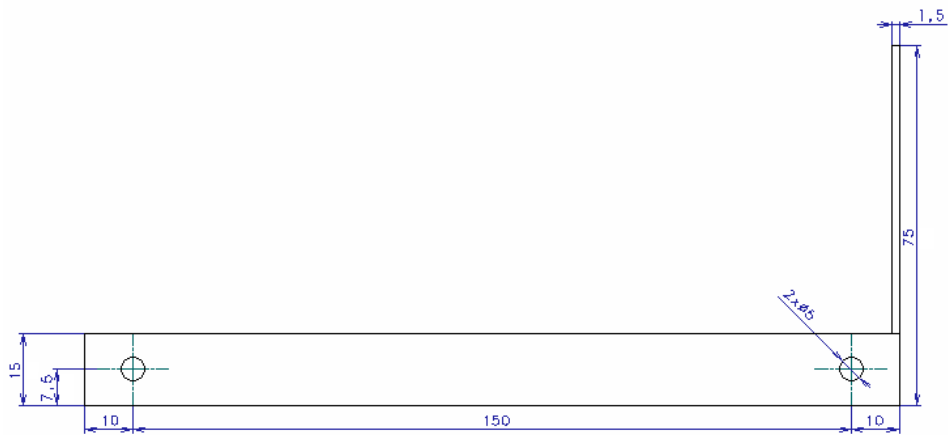


Obr. 6 – Technická dokumentace víka (nárys)

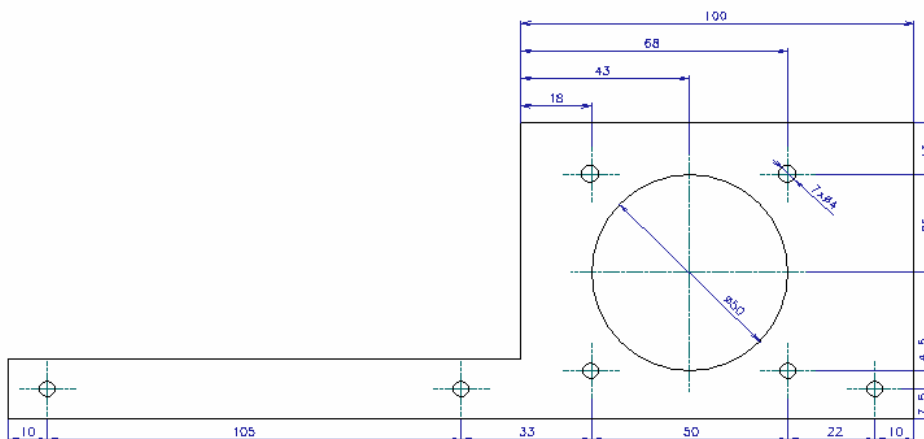


Obr. 7 – Technická dokumentace víka (bokorys)

4.3 Dno (základna)



Obr. 8 – Technická dokumentace základny (narys)



Obr. 9 – Technická dokumentace základny (bokorys)

- K zadnímu panelu není přiložená dokumentace, jelikož stačí vyvrtat pouze 3 otvory (pro dva pojistkové držáky, kabelovou průchodku). Tyto otvory je možné umístit libovolně. Velikost zadního panelu se shoduje s panelem předním. To samé platí pro 4 otvory v rozích panelu, které jsou připravené pro upevnění.

- Veškerá uvedená dokumentace krabičky není v měřítku! Uvedené rozměry neodpovídají velikosti obrázku, jsou však pravdivé.

5 Rozpiska materiálu

5.1 Součástky pro měnič

| Pozice | Hodnota | Poznámka | Ks. |
|-----------------------------|------------------|-------------|-----|
| R1 | 27k | 0,5W | 1 |
| R2,R3,R22,R14 | 3,3k | 0,5W | 4 |
| R5,R32,R33 | 180k | 0,5W | 3 |
| R7,R8,R29,R30,R35,R45,R47 | 100k | 0,5W | 7 |
| R10 | 470 | 0,5W | 1 |
| R13,R20,R21,R38,R40,R42,R44 | 10k | 0,5W | 7 |
| R15,R27 | 68 | 0,5W | 2 |
| R17,R24,R28 | 22k | 0,5W | 3 |
| R18,R25 | 2,2K | 0,5W | 2 |
| R26 | 82k | 0,5W | 1 |
| R31,R36 | 15k | 0,5W | 2 |
| R34 | 390k | 0,5W | 1 |
| R37,R43 | 47k | 0,5W | 2 |
| R39 | 33k | 0,5W | 1 |
| R41 | 1M | 0,5W | 1 |
| R46 | 100 | 0,5W | 1 |
| R16 | 100 | 10W | 1 |
| P1,P2 | 50k | trimr | 2 |
| P3 | 100k | trimr | 1 |
| P4 | 2,5k | trimr | 1 |
| C1 | 2200 μ F/25V | el. | 1 |
| C2,C4 | 10 μ F/50V | el. | 2 |
| C3,C14,C15 | 4,7 μ F/50V | el. | 3 |
| C5 | 47 μ F/50V | el. | 1 |
| C6 | 2,2 μ F/50V | el. | 1 |
| Fotocuprexit | 160x90 | jednovrstvý | 1 |
| Ventilátor | 12V/130mA | 60x60 | 1 |

| Pozice | Hodnota | Poznámka | Ks. |
|----------|------------------|--------------|-----|
| C8,C7 | 10nF | keramický | 2 |
| C9 | 1 μ F | fóliový | 1 |
| C10,C11 | 100nF | keramický | 2 |
| C12 | 150nF | fóliový | 1 |
| C13 | 1 μ F/275 AC | | 1 |
| D1 | LED 5mm | čer. | 1 |
| D2 | LED 5mm | zel. | 1 |
| ZD1,ZD3 | 82V/1,3W | | 2 |
| ZD2,ZD4 | 15V/0,5W | | 2 |
| ZD5,ZD6 | 5,6V/0,5W | | 2 |
| D3 | DB107 | můstek | 1 |
| N1 | 7808 | | 1 |
| IO1 | TL494CN | | 1 |
| OZ1 | 741 | | 1 |
| OZ2 | LM358 | | 1 |
| T1,T2 | BC546B | | 2 |
| T3,T4 | IRFP150 | | 2 |
| T5,T6,T7 | BS108 | | 3 |
| Ty1 | KT508/100 | | 1 |
| Př1 | PB070B | páčkový | 1 |
| F1 | 10A | trubičková | 1 |
| F2 | 1,25A | trubičková | 1 |
| | 6,3x0,8 | faston - DPS | 5 |
| | DIL 8 | patice | 2 |
| | DIL 16 | patice | 1 |
| Chladič | 45x35x30 | hliníkový | 2 |
| Chladič | 13x19x9 | hliníkový | 1 |

Tab. 1 – Rozpiska materiálu - měnič

5.2 Součástky pro indikátor

| Pozice | Hodnota | Poznámka | Ks. |
|--------------|----------|-------------|-----|
| R1 | 12k | 0,5W | 1 |
| R2 | 3,3k | 0,5W | 1 |
| R3 | 1,2k | 0,5W | 1 |
| P1 | 1k | trimr | 1 |
| P2 | 2,2k | trimr | 1 |
| C1,C2 | 100nF | keramický | 2 |
| C3 | 100F/25V | el, radiál. | 1 |
| D1 | 1N4001 | | 1 |
| LED 1,2,3 | 2x5mm | zel. | 3 |
| LED 4,5,6 | 2x5mm | žlut. | 4 |
| LED 7,8,9,10 | 2x5mm | čer. | 3 |
| IO1 | 7806 | | 1 |
| IO2 | LM3914 | | 1 |
| Cuprexit | 28x77 | jednovrstvý | 1 |
| Cuprexit | 15x70 | jednovrstvý | 1 |

Tab. 2 – Rozpiska materiálu - indikátor napětí

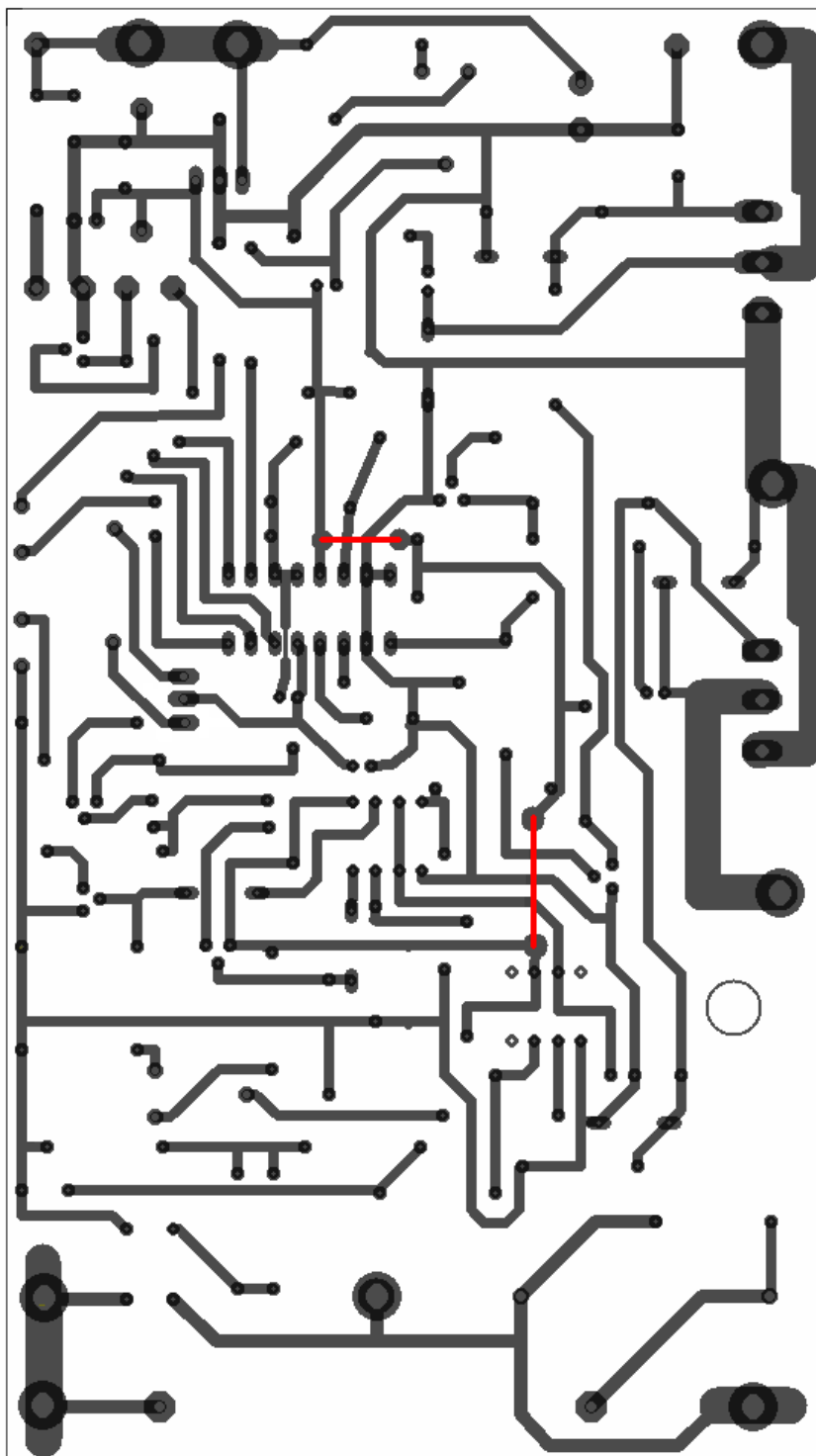
5.3 Osazovací součástky

| Název | Hodnota | Poznámka | Ks. |
|--------------------|------------------|---------------|-----|
| Spínač | 250V/10A | kolébkový | 1 |
| LED pouzdro | 5mm | kulaté | 2 |
| Zásuvka | 250V/10A | jednofázová | 1 |
| Kabel napájení | 4mm ² | dvoulinka | 1 |
| Pojistkový držák | 250V/10A | 5,2x20 | 1 |
| Pojistkový držák | 250V/15A | 6,3x32 | 1 |
| Kabelová průchodka | 8mm | plastová | 1 |
| Smršťovací bužírka | 5mm | 0,5m | |
| Smršťovací bužírka | 10mm | 0,5m | |
| Šroub | M6 | 6x1x140 | 4 |
| Šroub | M4 | 4x1x15 | 14 |
| Šroub | M3 | 3x1x10 | 16 |
| Šroub | M3 | 3x1x20 - záp. | 4 |
| Šroub | M3 | 3x1x8 | 4 |
| Matice | M6 | | 4 |
| Matice | M4 | | 4 |
| Lisovací matice | M4 | | 10 |
| Matice | M3 | | 16 |
| Podložka | M6 | | 8 |
| Podložka | M4 | | 4 |
| Podložka | M3 | | 18 |
| Distanční trubička | M6 | 90x8x6 | 4 |
| Distanční sloupek | M3 | 8x5 | 10 |

Tab. 3 – Rozpiska materiálu - osazovací součástky

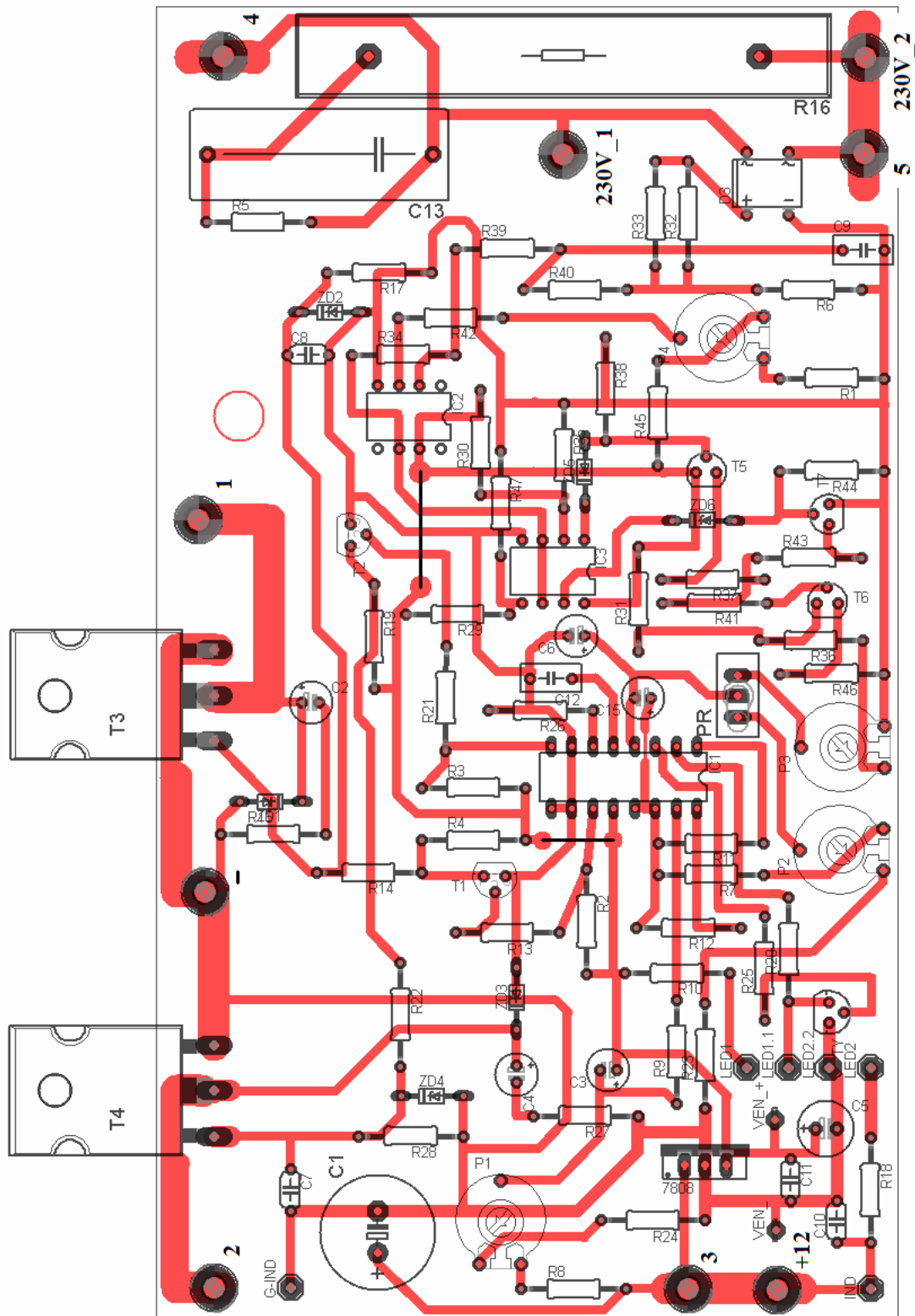
6 Návrh desky plošných spojů (DPS)

6.1 Předloha pro tvorbu DPS měniče



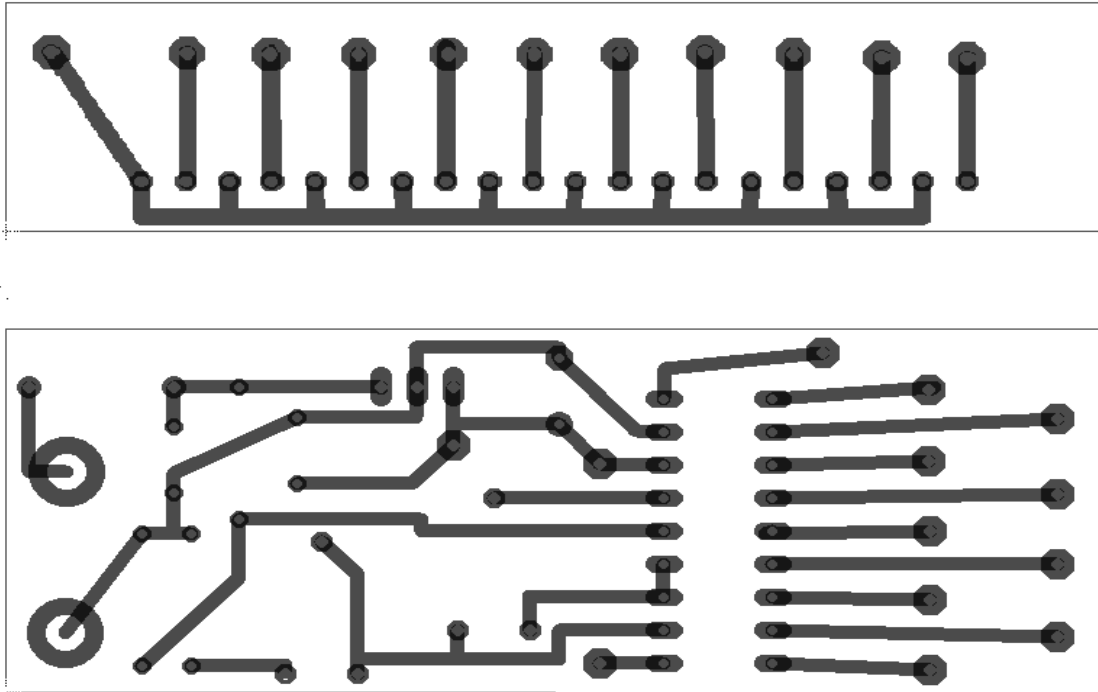
Obr. 10 – Předloha pro tvorbu DPS

6.2 Osazovací plán měniče



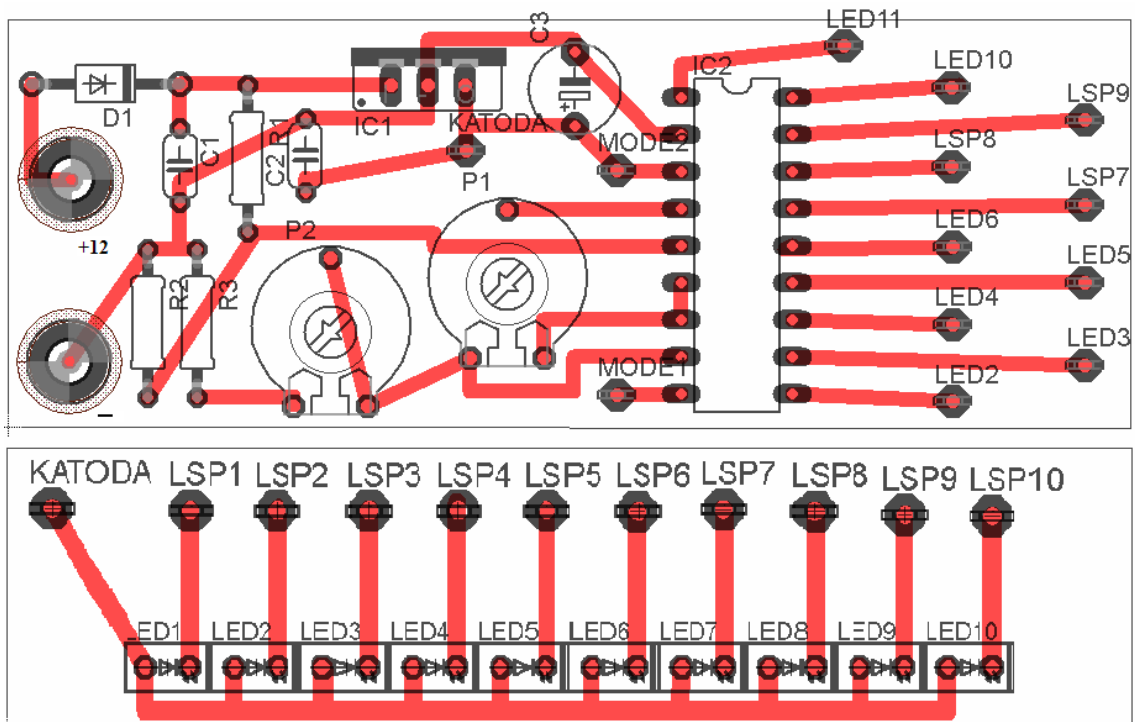
Obr. 11 – Rozmístění součástek měniče

6.3 Předloha pro tvorbu DPS indikátoru



Obr. 12 – Předloha pro tvorbu DPS indikátoru A) display , B) DPS

6.4 Osazovací plán indikátoru



Obr. 13 – Osazovací plán indikátoru A) DPS, B) Display

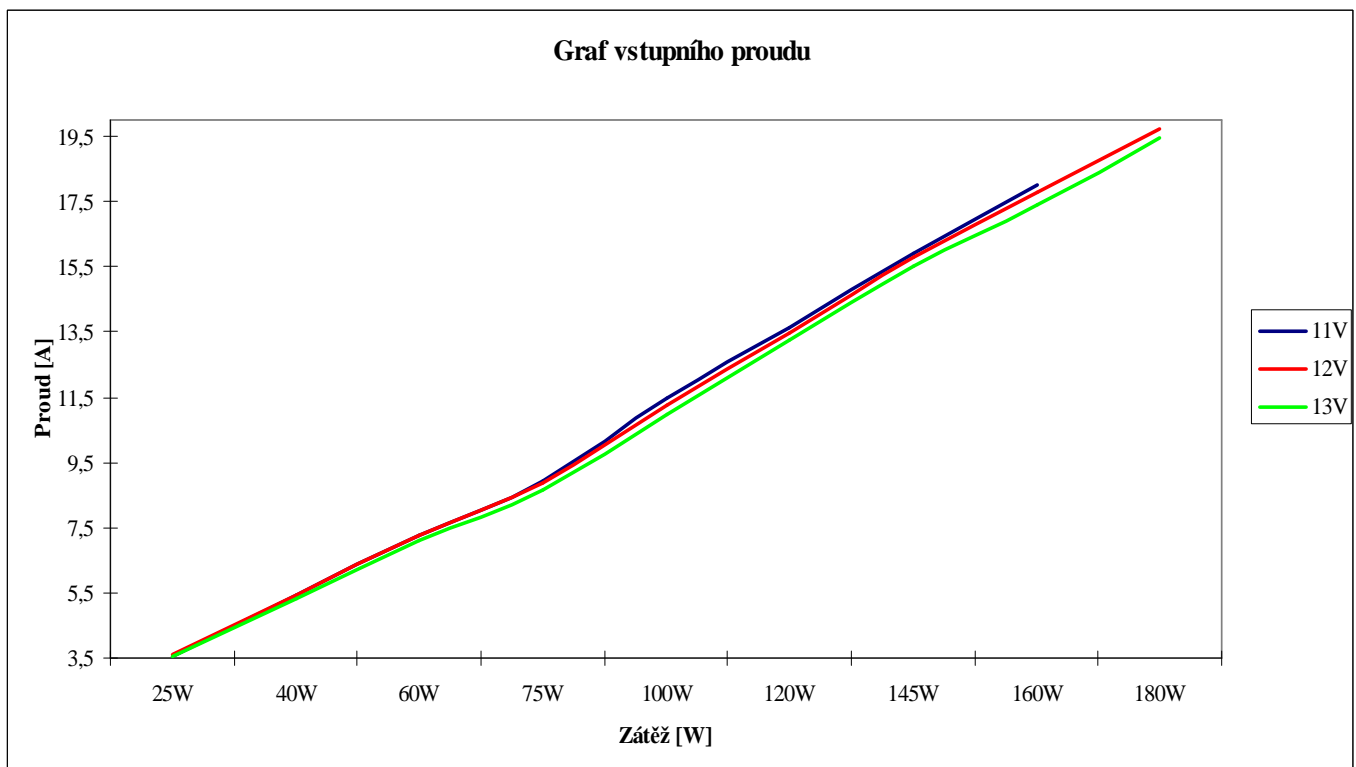
7 Měření

7.1 Měření vstupního proudu

Vstupní proud jsem měřil pomocí obyčejného ampérmetru. Jako zátěž jsem použil vláknové žárovky 25, 40, 60, 75W, které jsem zapojil paralelně podle potřebného příkonu.

| U_{in} [V] | 25W | 40W | 60W | 75W | 100W | 120W | 145W | 160W | 180W |
|--------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 11 | 3,57 | 5,43 | 7,27 | 8,91 | 11,45 | 13,64 | 15,89 | 18,01 | - |
| 12 | 3,62 | 5,43 | 7,25 | 8,89 | 11,25 | 13,48 | 15,78 | 17,76 | 19,74 |
| 13 | 3,58 | 5,35 | 7,08 | 8,66 | 11 | 13,27 | 15,54 | 17,4 | 19,46 |

Obr. 14 – Tabulka naměřeného proudu [A]



Obr. 15 – Graf závislosti proudu na zátěži

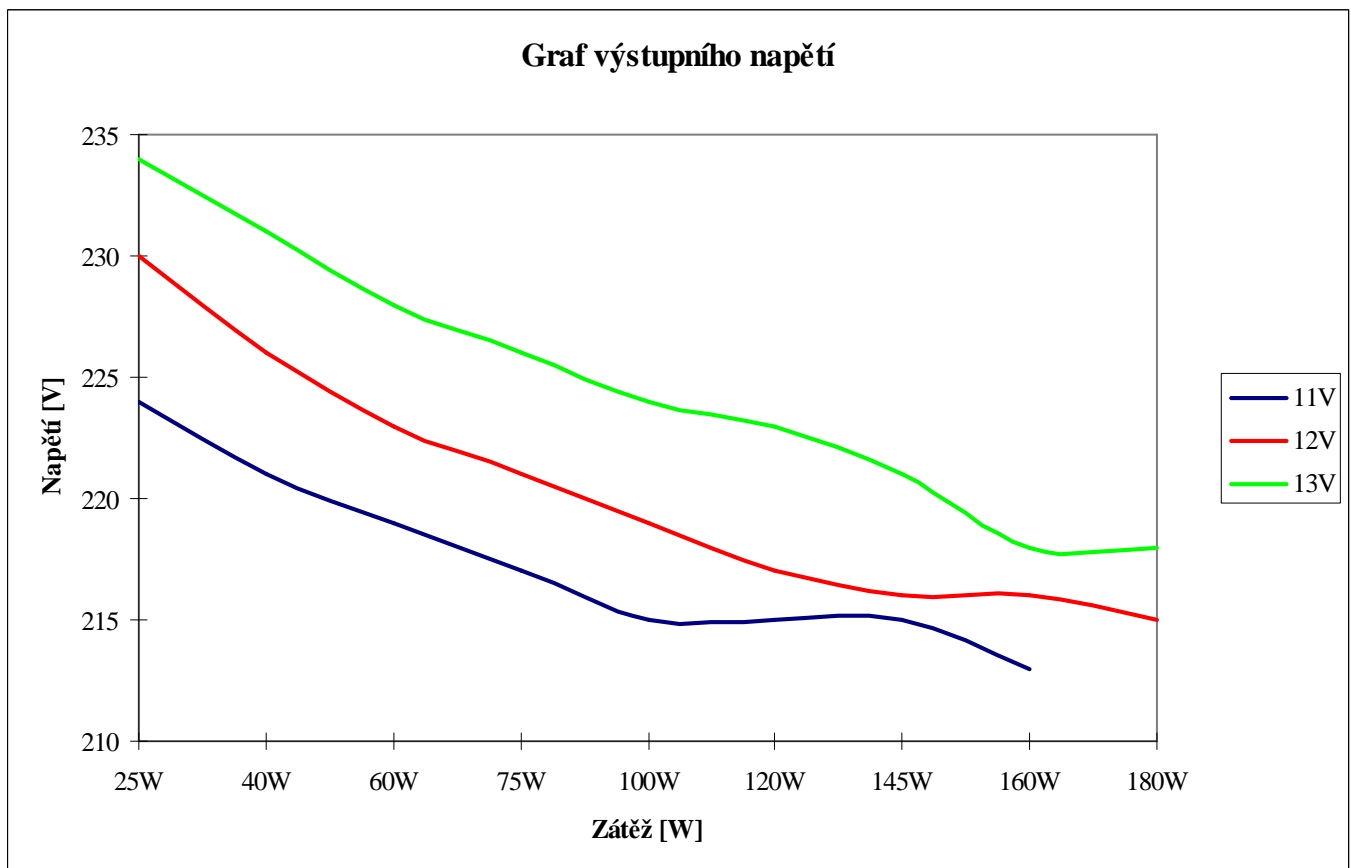
7.2 Měření výstupního napětí

Výstupní napětí jsem měřil obdobně jako vstupní proud, jako zátěž jsem také použil vláknové žárovky.

Změna vstupního napětí od 10,5 do 14,5V se projevuje změnou výstupního napětí naprázdno od 231 do 240V!

| U _{in} [V] | 25W | 40W | 60W | 75W | 100W | 120W | 145W | 160W | 180W |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| 11 | 224 | 221 | 219 | 217 | 215 | 215 | 215 | 213 | - |
| 12 | 230 | 226 | 223 | 221 | 219 | 217 | 216 | 216 | 215 |
| 13 | 234 | 231 | 228 | 226 | 224 | 223 | 221 | 218 | 218 |

Obr. 16 – Tabulka naměřeného napětí [V]



Obr. 17 – Graf závislosti výstupního napětí na zátěži

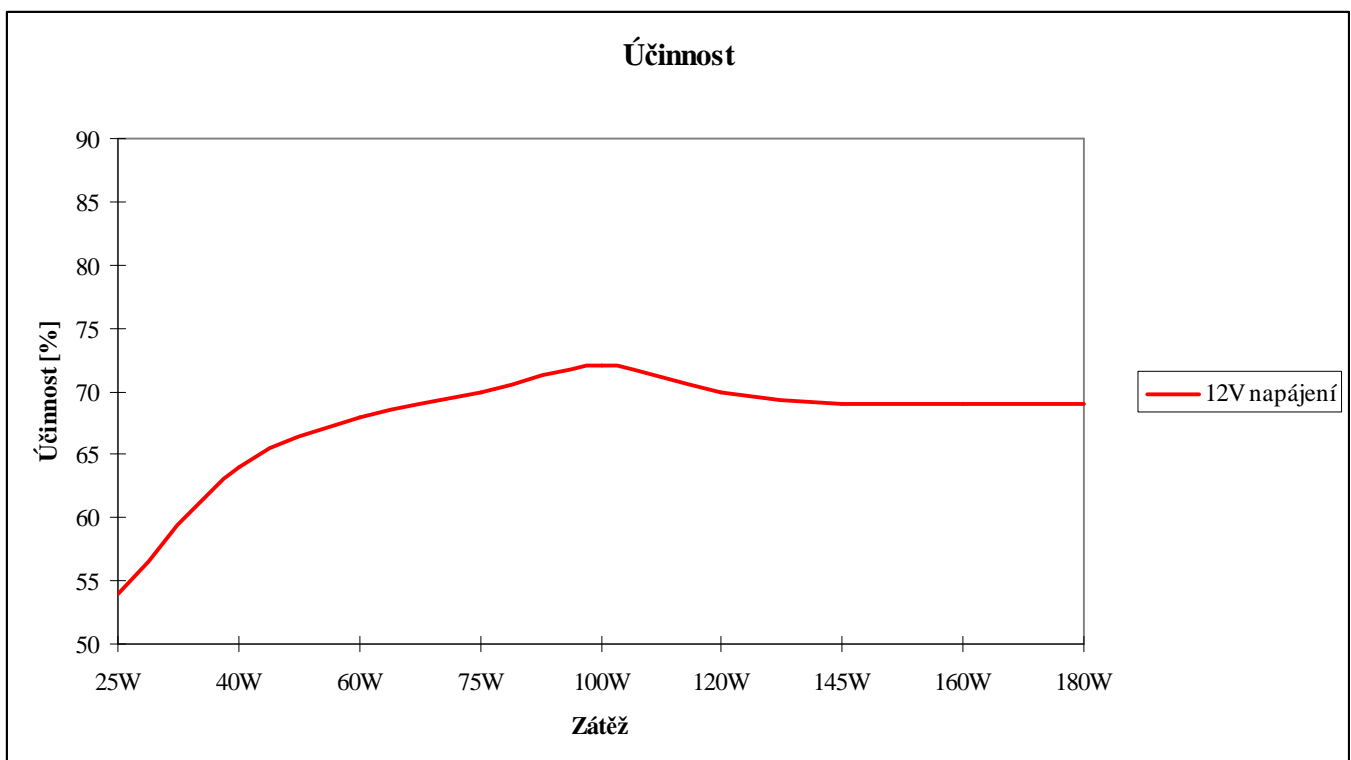
7.3 Výpočet účinnosti

Účinnost měniče jsem vypočítal jako rozdíl příkonu zatíženého měniče a příkonu připojené zátěže. Výsledek znázorňuje příkon „navíc“, který měnič spotřebuje. Pomocí trojčlenky jsem poté vypočítal kolik procent celkového příkonu je „navíc“, od výsledku, který vyšel v procentech jsem odečetl 100% a vyšla mi účinnost.

Protože jsem neměl možnost změřit účinnost při plném zatížení, celková účinnost měniče z níže uvedených hodnot odpovídá pouze 67%. Při zvyšující se zátěži roste účinnost přístroje, která by při plném zatížení přístroje měla dosáhnout 75%.

| U_{in} [V] | 25W | 40W | 60W | 75W | 100W | 120W | 145W | 160W | 180W |
|--------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| 12 | 54% | 64% | 68% | 70% | 72% | 70% | 69% | 69% | 69% |

Obr. 18 – Tabulka vypočítané účinnosti



Obr. 19 – Graf účinnosti měniče v závislosti k připojené zátěži

8 Závěr

Závěrem bych chtěl shrnout některé poznatky, na které jsem přišel jak při sestavování, tak při testování přístroje. Jedním z nich je účinnost měniče, která není nijak výrazná při připojení spotřebiče o malém příkonu. Naopak spotřebič o příkonu 100W a více dosahuje účinnosti nad 70%. Výstupní napětí se při zatížení 25W a 200W liší o 14V což je lepší parametr, než maximální přípustné kolísání sítě, které je $\pm 10\%$.

Měnič jsem umístil do plechové krabičky, díky které je měnič snadno přenosný, odolný, ale také dochází k lepší cirkulaci vzduchu kolem výkonových prvků, proto nemůže dojít k přehřátí přístroje.

Indikátor napětí nemusí být součástí měniče, ale díky němu jsem schopen „zhruba“ odhadnout za jak dlouho se vybijí baterie.



Obr. 20 – Dokončený měnič napětí

9 Použitá literatura

[Lit. 1] Praktická Elektronika 2003/03 (strana 13, 14, 15)

[Lit. 2] http://cs.wikipedia.org/wiki/Měníč_napětí

[Lit. 3] <http://www.menice-napeti.cz/>

[Lit. 4] renault.hostuju.cz/Manualy/Indikator_napeti_akumulatoru.doc

[Lit. 5] <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/5776/MOTOROLA/TL494CN.html>

10 Seznam příloh

- CD disk – elektronická forma dokumentace