



## **Středoškolská technika 2017**

**Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT**

### **Analyzátor kapacity akumulátoru**

**František Štefanec**

SPŠE Ječná  
Ječná 30, 121 36, Praha 2

## Cíl a konstrukce práce

Cílem této práce je vytvořit zařízení na měření kapacity (s dostatečnou přesností pro test kvality akumulátoru) a alespoň přibližného vnitřního odporu akumulátorů různých velikostí.

Celé zařízení je rozděleno na dvě desky: řídicí a vybíjecí. Na řídicí desce je osazen osmibitový mikrořadič Atmel ATmega328P. Ten je umístěn v patici pro možnost případné jednoduché výměny při jeho poškození. Dále jsou zde osazeny konektory pro připojení displeje, kontrolní LED, tlačítek pro vstup od uživatele, bzučáku, napájení a programování (10-pinový dvouřadý konektor pro připojení ISP programátoru – zde používám programátor USBasp). Na této desce jsou také osazeny stabilizátory napětí (9 V pro vybíjecí desku a 5 V pro zbytek elektroniky).

Na vybíjecí desce je osazen obvod pro regulaci vybíjecího proudu. Tento obvod je realizován pomocí operačního zesilovače přivírajícího výkonový tranzistor typu MOSFET. Tato deska je k hlavní (řídicí) desce připojena pomocí 16-žilového plochého kabelu. Napětí udávající proud je získáváno z PWM signálu dodávaného mikroprocesorem. Pro převod PWM na napětí a dofiltrování jsou zde použity dolní propusti v podobě RC článků. Tuto možnost jsem vybral, protože mikrořadič ATmega328p v sobě nemá převodník typu DAC, ale pouze ADC.

Desky jsou propojeny pomocí plochého kabelu. Tlačítka a konektory jsou k deskám připojeny pomocí pinových řad, šroubovacích svorkovnic a fastonů.

Jako displej je zde použit běžný znakový o velikosti 20x4 znaků a s řadičem kompatibilním s HD44780 se žlutým podsvícením a černým textem. Tento displej jsem zvolil kvůli jeho dostupnosti, jednoduchosti řízení a ceně.

Projekt byl inspirován analyzátozem akumulátorů od Danyka a některé části konstrukce byly převzaty odtud – [http://danyk.cz/avr\\_aku.html](http://danyk.cz/avr_aku.html).

## Princip funkce

Kapacita je zjištěna velmi jednoduše – akumulátor se stále vybíjí konstantním proudem do doby, než jeho napětí dosáhne spodní meze stanovené uživatelem (lze tedy regulovat i hloubku vybití).

Vzorec pro výpočet kapacity akumulátoru:

$$C = T * I \quad [\text{Ah, h, A}]$$

Vzorec pro výpočet vnitřního odporu vyplývá z Théveninova teorému. Dle tohoto teorému je možné nahradit lineární zdroj napětí ideálním zdrojem napětí, který má v sérii určit odpor. U akumulátorů tento vnitřní odpor může záležet i na stavu nabití a vybíjecím proudem, proto je zde možnost volit různé proudy.

Zde je výpočet pro vnitřní odpor zdroje:  $R_i = \frac{\Delta U}{\Delta I}$   $[\Omega, \text{A}, \text{V}]$ , po úpravě:  $R_i = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1}$

## Parametry

<b>Hardwarové parametry</b>	
Napájení	12 V, <0,25 A
Maximální vybíjecí proud	2,55 A
Krok regulace vybíjecího proudu	0,01 A
Minimální vstupní napětí	0,8 V
Maximální vstupní napětí	20 V
Krok měření vstupního napětí	0,01 V (11b)
Krok měření vnitřního odporu	0,01 $\Omega$
Hardwarové uživatelské rozhraní	Textový displej – 20 znaků na řádek, 4 řádky Tlačítka (UP, DOWN, OK/ ← , ESC/ → ) Bzučák
Rozměry krabičky zařízení	150x179x70 mm
<b>Parametry definované FW/SW</b>	
Doba vybíjení	až 254 hodin
Rozsahy proudu pro test vnitřního odporu (formát zápisu je $I_1/I_2$ )	Tyto hodnoty platí pro funkční prototyp, softwarově lze přidat další. 0/0,25 A; 0,25/0,5 A; 0/0,5 A; 0,5/1 A; 0/1 A; 1/2 A; 1,5/2,5 A; 0/2 A; 0,5/2,5 A; 0/2,5 A
Pracovní režimy	Analyzátor kapacity akumulátoru Konstantní proudová zátěž Analyzátor vnitřního odporu akumulátoru

## Popis hlavní desky

Hlavní (řídící) deska je založena na mikrořadiči Atmel ATmega328P. Tento mikrořadič byl zvolen na základě parametrů, dostupnosti a jednoduchosti programování.

Schéma zapojení desky je dostupné za popisem hlavní desky.

Na této desce se kromě mikrořadiče nachází stabilizátory napájení, ochrana napájecího vstupu, programovací konektor (5x2, běžný Atmel ISP), konektor pro připojení vybíjecí desky (8x2), konektor pro displej, konektor pro UART (zatím nevyužito), konektor pro tlačítka a konektor pro bzučák.

Napájecí část se skládá z konektoru (P3), vratné pojistky F1 chránící desku proti nadproudu, diody D1 chránící proti přepólování vstupu a stabilizátorů U1 (9 V – LM7809), U2 (5 V - LF50CV). Blízko stabilizátorů jsou osazeny kondenzátory C8, C9, C16, C17, bez kterých by se stabilizátory mohly rozkmitat. Stabilizátor U1 stabilizuje napětí pro operační zesilovač na vybíjecí desce, stabilizátor U2 stabilizuje napětí pro mikrořadič a displej. Tento stabilizátor by měl být pokud možno co nejpřesnější, protože na jeho přesnosti závisí i přesnost vybíjecího proudu.

Mikrořadič ATmega328P (IC1) je srdcem tohoto zařízení. Tento mikrořadič je založen na architektuře AVR (modifikovaná 8-bitová Harvardská architektura s oddělenou programovou a operační pamětí) a je vybaven programovou FLASH pamětí o velikosti 32 kB a operační pamětí (SRAM) o velikosti 2 kB. Mezi jeho zde využití periferie patří 3 čítače/časovače a AD převodník. Z čítačů/časovačů je jeden 16-bitový – tento je zde použitý ke generování přerušení s frekvencí 1 Hz pro měření času a dva 8-bitové – jeden je využit pro generování PWM (výstup na pinu PB3, ve schématu označený PWM\_MOSI, tento kontakt je sdílený i se SPI rozhraním pro programování) a další je využit pro odrušení tlačítek a tvorby signálu pro bzučák (2 kHz). Původně zde byl mikrořadič ATmega8, ale nedostačovala jeho FLASH paměť.

Mikrořadič je taktován krystalem Y1 spolu se zatěžovacími kondenzátory C1, C5. Dále jsou zde okolo mikrořadiče kondenzátory C3, C4, C6, C10, C11, které slouží k blokování napájení a odrušení vstupů AD převodníku.

Zabudovaný AD převodník má rozlišení 10 bitů a až 6 vstupů (PC0-PC5), z nichž jsou zatím využity tři (PC0, PC1, PC3). Vstup označený VFB je zde použit pro kontrolu napětí na vybíjené baterii. Toto napětí je měřeno na děliči napětí, jehož horní část se nachází na vybíjecí desce a spodní část tvoří trimr RV2 spolu s rezistorem R18. Vstup označený TFB je použitý k případné regulaci ventilátoru podle teploty a zatím není využit – na vybíjecí desce je ale přítomný konektor, kam je vyveden. Vstup VPWR zde slouží ke snímání napájecího napětí zařízení.

Vzhledem k tomu, že by bylo lepší o něco vyšší rozlišení, než je 10 bitů (0-1023), tak je zde použita technika zvaná *oversampling*. Do RAM se uloží  $n$  vzorků z ADC, provede se jejich suma a vydělí se  $n/2$ . Tímto se získá číslo o velikosti 0-2046. Toto funguje díky tomu, že má AD převodník nějaký malý šum a hodnota má tendenci přeskakovat mezi dvěma body.

Do vybíjecí desky je dále připojen „zakazovací signál“ označený ve schématu „INH“. Tento signál zakáže vybíjení baterie nadzvednutím napětí na neinvertujícím vstupu operačního zesilovače na vybíjecí desce.

Dále je zde výstup pro ventilátor spínaný tranzistorem Q2. K ventilátoru by měla být antiparalelně připojena dioda pro omezení případných zpětných špiček.

Vybíjecí deska je připojena ke konektoru P5 - „PWR\_BOARD“.

Ke konektoru P9 je připojen bzučák. Ten je řízen tranzistorem Q3. Signál je generován pomocí časovače na mikrořadiči. Bzučák pípne při stisknutí tlačítka či dokončení vybíjení. Toto lze vypnout či zapnout v nastavení.

Na konektor P6 je vyvedeno rozhraní UART pro případné připojení počítače.

Ke konektoru P7 jsou připojena tlačítka (OK, UP, DOWN, ESCAPE). Pro odpovídající kontakty jsou v mikrořadiči povoleny interní pull-up rezistory. Odrušení (debounce) je zajištěno softwarově.

Ještě je zde konektor P8 spolu s invertorem tvořeným Q1, R14, R15, R16, R17. Sem lze připojit dvoubarevnou LED. Tato funkce nakonec nebyla využita.

Displej je připojen ke konektoru P2. Jedná se o klasické zapojení vývodů 16-pinového konektoru pro displeje s řadičem HD44780. Trimrem R1 lze řídit kontrast.

Dále je zde programovací konektor (P4), kam lze připojit ISP programátor pro přeprogramování mikrořadiče. Programování zde probíhalo pomocí programátoru USBasp.

Manuální reset lze provést odpojením a zapojením napájení, nebo pomocí tlačítka připojeného ke konektoru P1. Za tímto konektorem je tvarovací obvod (R1, R2, C2).

Tato deska je vyrobena na jednostranném kuprextitu pomocí fotocesty. Je zde několik drátových propojek. Deska byla navržena pomocí programů Eeschema a Pcbnew, které jsou součástí open-source balíčku KiCad.

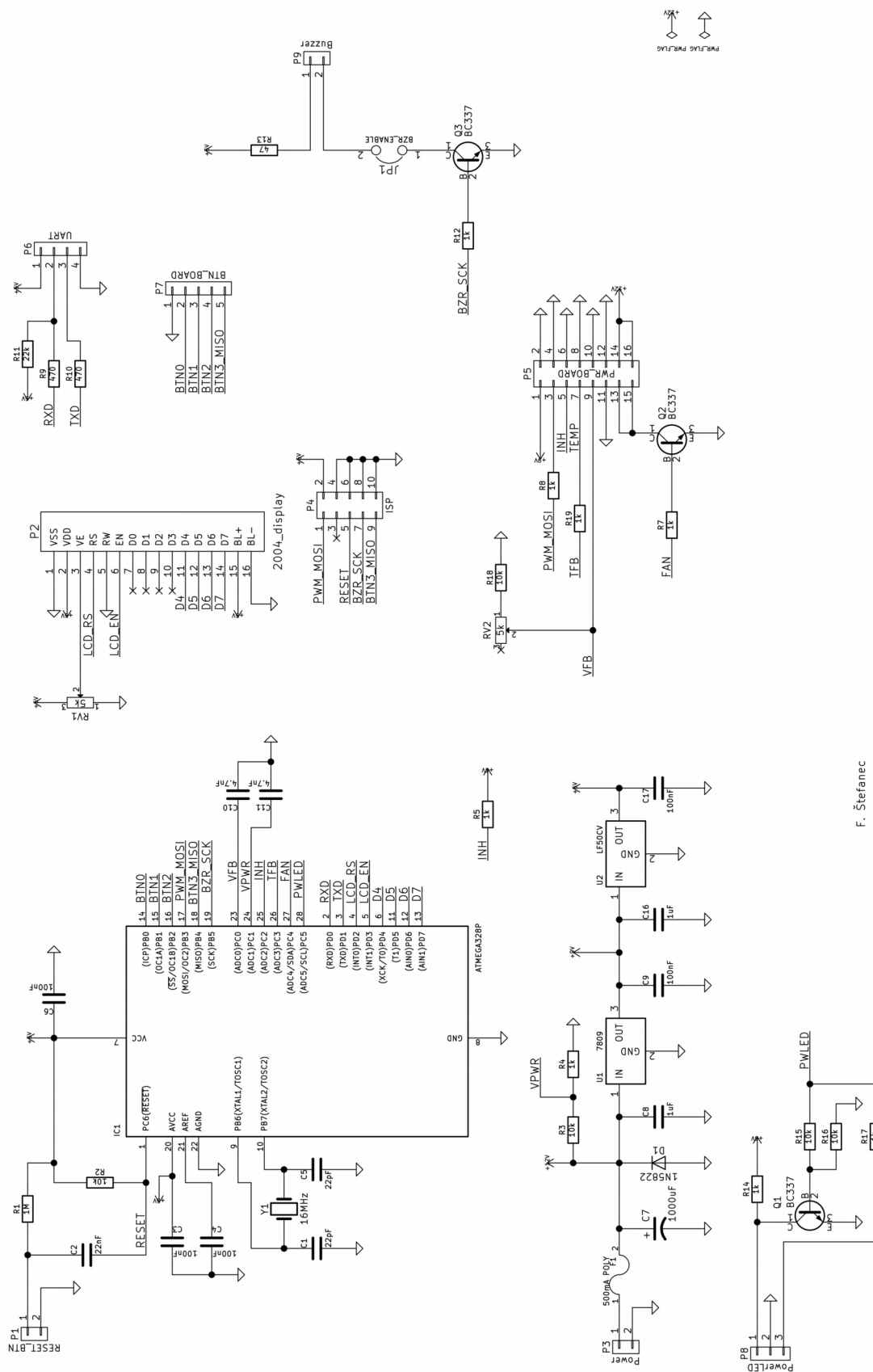
Pro jednoduchost případné opravy je co nejvíce věcí umístěno v patičích a na konektorech.

Ohledně návrhu desky je dobré podotknout, že blokovací kondenzátory (C3, C4, C6, C8, C9, C16, C17) by měly být umístěny co nejbližší mikrořadiče a cesty vedoucí rychlé signály by měly být co nejkratší – toto je z důvodů omezení vyzářeného rušení a vyšší odolnosti proti rušení. Výstupní signály z mikrořadiče mají hrany několik nanosekund a i signály o frekvenci desítek kHz tedy obsahují poměrně vysoký počet harmonických. Proto je například výstup PWM připojen k vybíjecí desce přes rezistor R8, který trochu zpomalí hrany signálu. Ohledně kabelu vedoucího do vybíjecí desky je vždy mezi dvěma signálovými vodiči alespoň jeden zemnicí.

Výstup PWM je nastaven na cca 30 kHz, není dobré jít moc nízko kvůli potřebě větších hodnot součástek ve filtru na vybíjecí desce, čímž se zase zpomalí doba reakce na změnu nastavení proudu uživatelem.

# Schéma zapojení řídicí desky

Battery analyzer – logic board



F. Štefanec  
Idea taken from Danyk's battery analyzer

## Vybíjecí deska

Tato část je napětím řízená proudová zátěž. Jako vybíjecí prvek je zde použit výkonový MOSFET řízený operačním zesilovačem. Schéma zapojení je opět dostupné za popisem desky.

Tato deska je napájena napětím 9 V, protože 5 V nestačí k dostatečnému otevření běžných MOSFETů. Zde je osazen IRFP260N. Pro první testy jsem používal IRFZ44N, ovšem ten zde pracoval na hraně svých výkonových možností. Parametry IRFP260N (při teplotě pouzdra 100°C) jsou:  $U_{DS(max)} = 200 \text{ V}$ ,  $I_D = 35 \text{ A}$ ,  $P_D = 150 \text{ W}$ . MOSFET je zde provozován v lineárním režimu. Vzhledem k tomu, že je stavěný na provoz ve spínacím režimu, jsem zde nechal poměrně velkou rezervu.

Maximální výkon, co zde tento MOSFET protopí, je 51 W (2,55 A při 20 V). MOSFET je připevněn na poměrně velkém chladiči. Použil jsem chladič pro procesor z osobního počítače. TDP moderních procesorů se pohybuje běžně ve vyšších desítkách Wattů, takže by chladič s pomocí ventilátoru neměl mít s uchlazením MOSFETu problém. Na vybíjecí desce je svorkovnice pro připojení 12V ventilátoru.

Regulace je zajištěna pomocí operačního zesilovače. PWM signál z mikrořadiče je převeden na napětí pomocí dolní propusti ve formě RC článku tvořeného kondenzátorem C4, rezistorem R3 a děličem napětí (R4, R5, RV1). Trimrem RV1 se ladí vybíjecí proud. Hodnota kondenzátoru C4 by měla být zvolená tak, aby časová konstanta RC článku (C4, R3) byla alespoň 30x vyšší než perioda PWM (v tomto případě cca 30 kHz). Byl by asi lepší ještě větší, ale s hodnotami nad 1  $\mu\text{F}$  se už podstatně zpomalí odezva.

$$\tau = RC = 10 \text{ k}\Omega * 100 \text{ nF} = 1 \text{ ms}$$

$$T = \frac{1}{30 \text{ kHz}} = 33 \mu\text{s}$$

Proud se snímá na rezistorech R8-R10 pod sourcem MOSFETu. Napětí na těchto rezistorech bude odpovídat cca 0,28 V při plné zátěži.

$$R * I = \left(\frac{0,33}{3}\right) * 2,55 \approx 0,28 \text{ V}$$

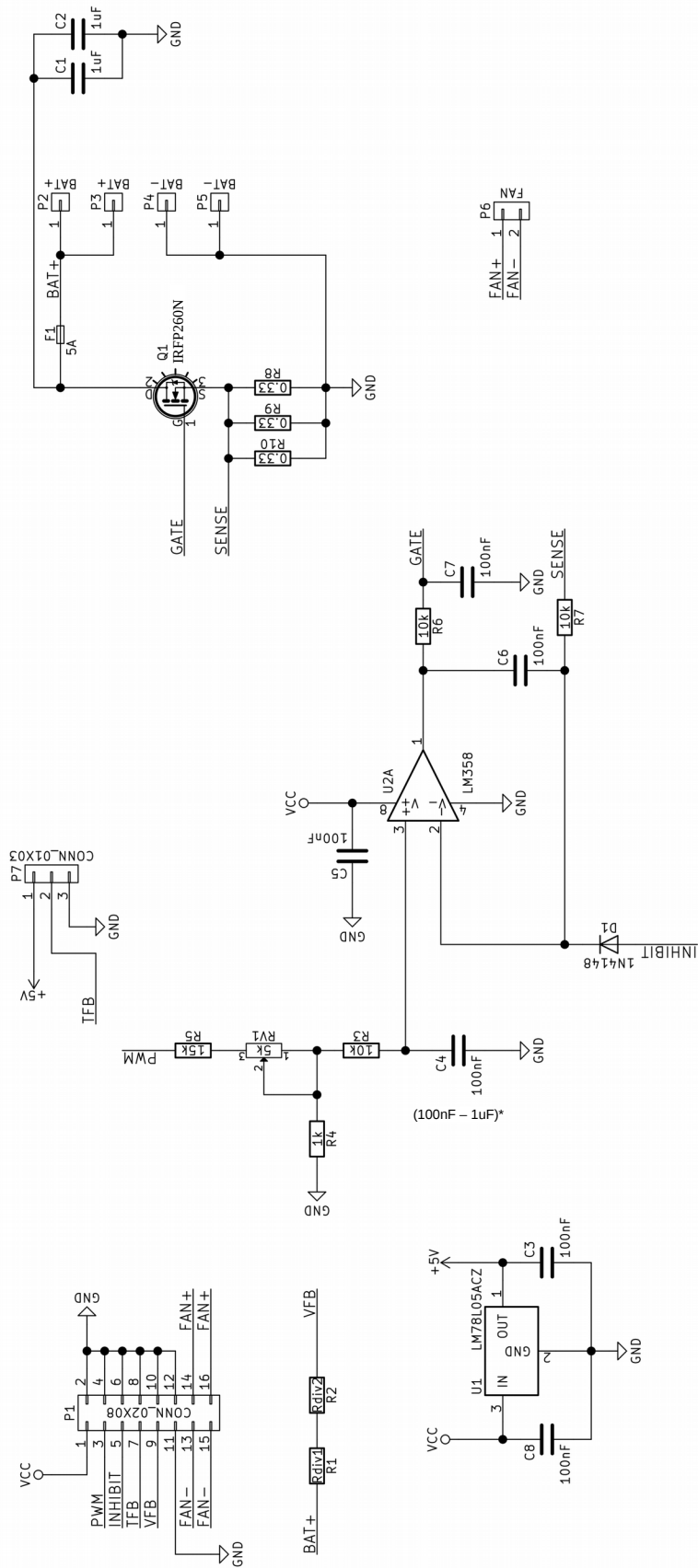
Napětí z dolní propusti je přivedeno na neinvertující vstup operačního zesilovače a napětí ze snímacích rezistorů je připojeno na invertující vstup (jakmile bude výstupní proud moc vysoký, OZ omezí napětí na gate). Dále jsou zde ještě další rezistory a kondenzátory pro lepší odstranění zvlnění. Do invertujícího vstupu je ještě připojen zakazovací signál (označený INHIBIT), který způsobí, že napětí na výstupu OZ bude blízké nule, pokud je tento signál v logické jedničce.

Je zde ještě pojistka 5 A zapojená před drainem MOSFETu pro přerušení obvodu v případě selhání (zkratu) MOSFETu.

Zde použitý operační zesilovač (LM358) má poměrně velký offset, takže proud není na nízkých hodnotách moc přesný. Při proudu 50 mA byla naměřena chyba 8%, při 100 mA cca 4%, při 1 A a 2 A cca 0,3 % (kalibrováno při pokojové teplotě). Bylo by lepší použít OZ s lepšími parametry, případně OZ s kompenzací offsetu.

Ke konektoru P7 lze připojit například teplotní senzor. V prototypu nebyl využit.

# Schéma zapojení vybíjecí desky





## Ovládání zařízení a firmware

Zařízení je ovládáno pomocí čtyř tlačítek (OK/←, UP, DOWN, ESC/→). Dále je zde pro komunikaci s uživatelem znakový displej a bzučák.

Tlačítkem OK/← se potvrzuje položka v menu / posouvá se doleva při zadávání hodnot (vybíráme editovanou číslici).

Tlačítkem ESC/→ se posouvá doprava, dostává ven z menu či ukončuje vybíjení.

Tlačítka UP a DOWN se nastavuje příslušná hodnota.

Po zapnutí se na displeji vypíše text „Battery analyzer (mAh meter) Firmware version 1.0.0“. Dále se zobrazí hlavní menu s položkami „Measure capacity“, „Constant current“, „Measure internal R“ a „Settings“. Položku vybíráme pomocí tlačítek UP a DOWN, potvrdíme OK/←.

První položka vede do podmenu vybíjení akumulátoru a měření kapacity. Zde můžeme nastavit vybíjecí proud a konečné napětí, na kterém se vybíjení s pípnutím bzučáku zakončí. Tlačítka UP/DOWN se zde nastavuje vybíjecí proud či vybíjecí napětí. Tlačítka OK/← a ESC/→ se pohybujeme mezi nastavováním napětí/proudu a jednotlivými číslicemi obou hodnot, případně potvrzujeme, či vystupujeme z menu. Během vybíjení není možné měnit vybíjecí proud. Na displeji se zobrazuje momentální hodnota napětí, hodnota proudu a naměřená kapacita v mAh.

Druhá položka vede do podmenu režimu konstantního proudu. Zde si můžeme nastavit proud, kterým se bude zařízení snažit zatěžovat zdroj/akumulátoru i při změně napájecího napětí. Proud jde za běhu měnit. Na displeji se během funkce tohoto režimu zobrazuje momentální napětí a proud.

Třetí položka vede do podmenu měření vnitřního odporu zdroje. Zde je možné zvolit dva vybíjecí proudy. Postupně se nastaví oba z nich, jeden na několik sekund a druhý na 200 ms. Zaznamenaná se napětí v obou bodech a z těchto hodnot se spočítá rozdíl proudu a rozdíl napětí, z čehož se spočítá výsledný odpor.

Firmware pro mikrořadič je napsán v programovacím jazyku C. Používal jsem vývojové prostředí Code::Blocks, kompilátor AVR-GCC a nástroj na programování avrdude spolu s programátorem USBasp.

Celková velikost kódu je cca 2000 řádků, pokud se počítají i prázdné řádky. Kód je rozdělen do souborů podle konkrétní funkce. Velikost kódu po kompilaci je cca 10 kB.

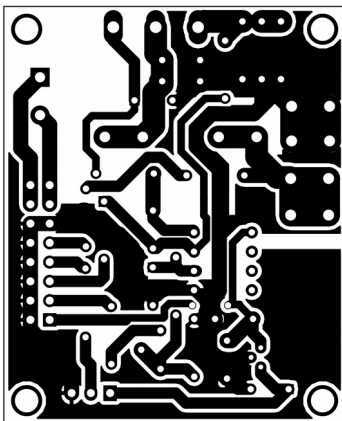
Pro programování mikrořadiče pomocí avrdude lze použít tento příkaz:

```
avrdude -c usbasp -B10 -p m328p -U  
flash:w: '/home/noname/Projects/AVRprojects/Mega328p_BatteryCapacityMeter/bin/Release/Mega328p_BatteryCapacityMeter.hex' -U hfuse:w:0xde:m -U lfuse:w:0xff:m
```

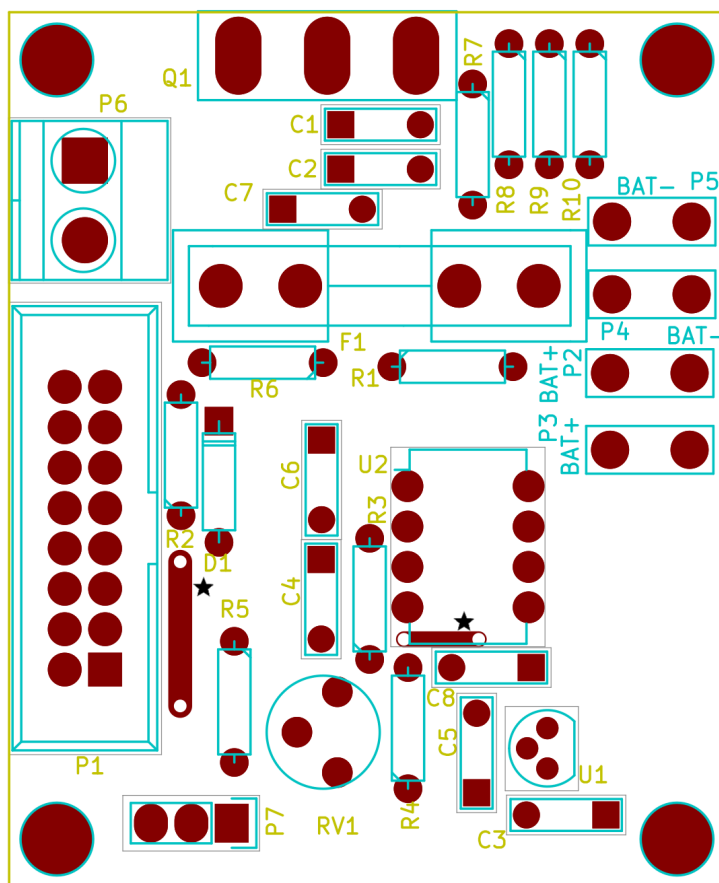
Cestu k souboru (zde /home/noname/Projects/AVRprojects...) je samozřejmě potřeba zvolit podle toho, kde je projekt uložený.

Z tohoto příkazu lze vyčíst i hodnoty pojistek (HFUSE=0xDE, LFUSE=0xFF)

## Obrazec DPS a osazovací plánec vybíjecí desky



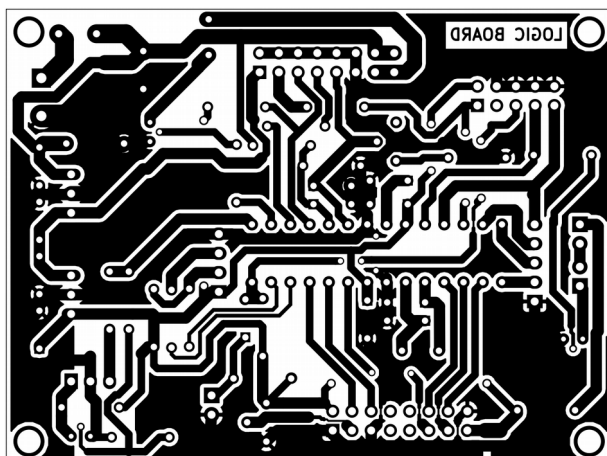
**Obrazec desky, spodní strana – 600 DPI, z pohledu na horní stranu desky**  
(při výrobě DPS přenesením toneru či zažehlováním bude potištěná strana doléhat na měď či fotocitlivou vrstvu DPS)



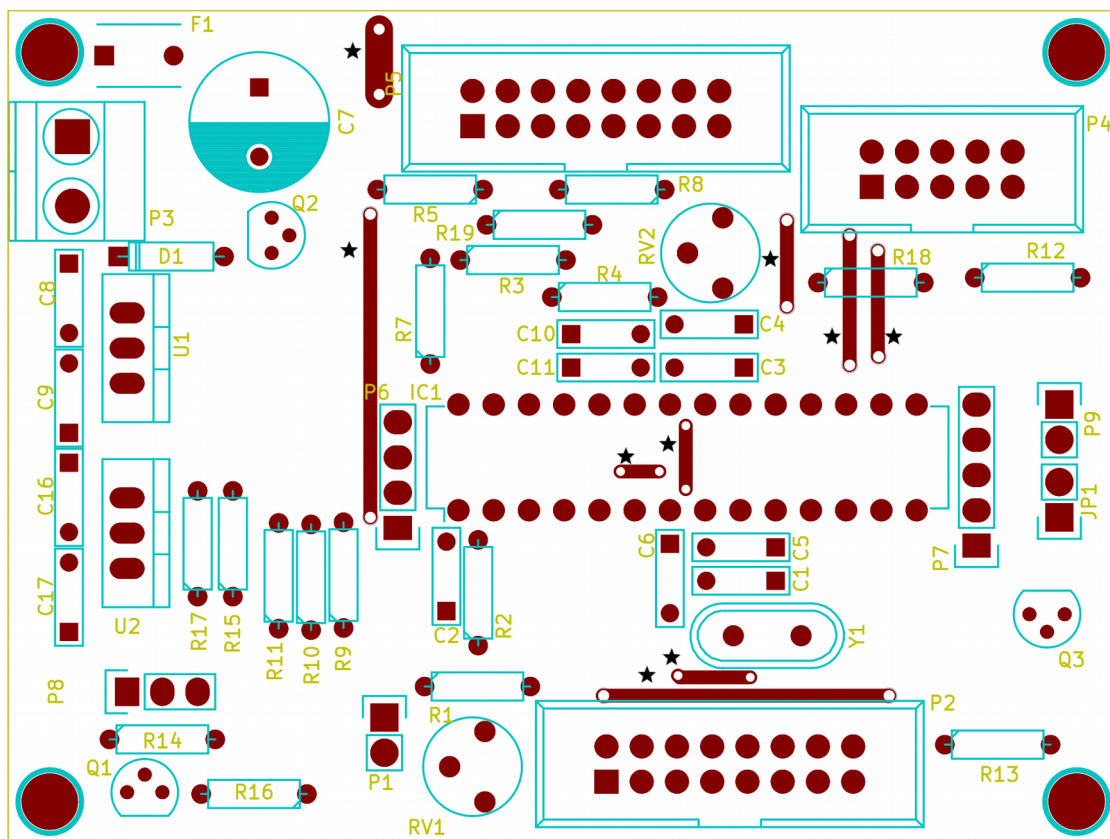
### Osazovací plánec desky

Drátové propojky nejsou ve schématu zakresleny, zde jsou označeny hvězdičkou.

## Obrazec DPS a osazovací plánek řídicí desky



**Obrazec desky, spodní strana – z pohledu na horní stranu desky**  
(při výrobě DPS přenesením toneru či zažehlováním bude potištěná strana doléhat na měď či fotocitlivou vrstvu DPS)



### Osazovací plánek desky

Drátové propojky nejsou ve schématu zakresleny, zde jsou označeny hvězdičkou.

# Seznamy součástek pro desky plošných spojů

## Řídící deska:

Označení ve schématu	Kvantita	Typ/hodnota
IC1	1	ATMEGA328P-PU
P9	1	Magnetodynamický rep.
Q1,Q2,Q3	3	BC337
Y1	1	16MHz
C1,C5	2	22pF
C2	1	22nF
C3,C4,C6,C8,C9,C16,C17	7	100nF
C7	1	1000uF
C10,C11	2	4.7nF
JP1	1	pinová lišta 1x2
P1	1	pinová lišta 1x2
P2	1	pinová lišta 2x8
P3	1	svorkovnice 2 pin
P4	1	pin. lišta 2x5 (ISP)
P5	1	pinová lišta 2x8
P6	1	pinová lišta 1x4
P7	1	pinová lišta 1x5
P8	1	pinová lišta 1x3
R1	1	1M
R2,R3,R15,R16,R18	5	10k
R4,R5,R7,R8,R12,R14,R17,R19	8	1k
R9,R10	2	470R
R11	1	22k
R13	1	47R
RV1,RV2	2	5k uhl. trimr 6mm
U1	1	LM7809
U2	1	LF50CV
F1	1	500mA PolySwitch
D1	1	1N5822

## Vybíjecí deska:

Označení ve schématu	Kvantita	Typ/hodnota
C4,C6,C5,C7,C8,C3	6	100nF *
R5	1	18k
C1,C2	2	1uF
D1	1	1N4148
P1	1	konektor 2x8
P2,P3	2	Faston 6,3mm
P4,P5	2	Faston 6,3mm
P6	1	svorkovnice 2 pin
P7	1	pinová lišta 1x3
Q1	1	IRFP260N
R1	1	viz popis (100k)
R2	1	viz popis (100k)
R3,R6,R7	3	10k
R4	1	1k
RV1	1	5k uhl. trimr 6mm
U1	1	LM78L05
U2	1	LM358 <b>(použijte lepší)</b>
R10,R8,R9	3	0.33
F1	1	5A 20x5mm v držáku

Pokud není uvedeno jinak, tak:

- Hodnoty rezistorů jsou určeny v Ohmech a jsou použity 0,25 či 0,6 W rezistory (kromě R8-R10 na vybíjecí desce musí být 0,5W+).
- Všechny nepolarizované kondenzátory jsou keramické, všechny polarizované jsou elektrolytické na napájecí napětí (či vyšší). Kondenzátor C4 lze bezpečně zvolit větší (1μF), sníží se tím zvlnění.
- Integrované obvody je dobré umístit do patič.
- „Konektorem 2x8“ se myslí standardní s roztečí 2,54 mm, lze použít pinovou lištu.

## Mechanická konstrukce

Celé zařízení je umístěno v krabičce KP 9 V. Jedná se o čtyřdílnou plastovou krabičku o rozměrech 150x179x70 mm s větracími otvory.

Na předním panelu jsou umístěna tlačítka na ovládání a displej, na kterém se zobrazuje menu, vybíjecí proud, napětí na vstupu, případně již vybitá kapacita v mAh. Na horní, spodní a zadní straně zařízení jsou větrací otvory (na zadní straně je 50mm ventilátor).

Na zadním panelu je umístěn ventilátor (za mřížkou), napájecí konektor (5,5/2,5 mm jack) a šroubovací svorkovnice jako vstup pro připojení měřeného akumulátoru či zdroje.

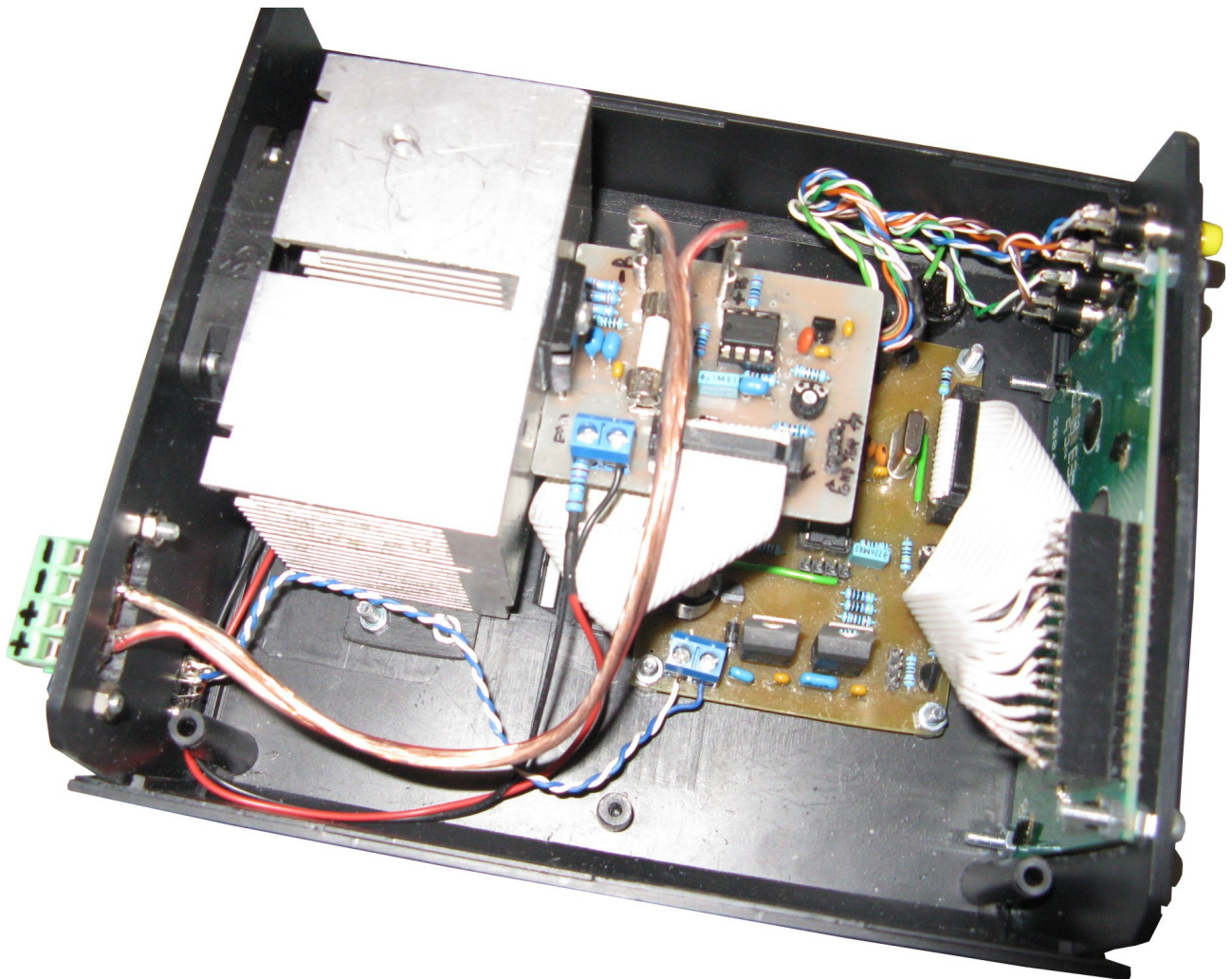
Jednotlivé vnitřní komponenty jsou zde přidělány pomocí šroubů M3 (v krabičce jsou vyvrtány díry, do nich vloženy šrouby, z druhé strany jsou přidělány maticky).

Chladič je přilepen epoxidem na plastovou destičku, která je přišroubovaná ke spodní straně krabičky.



Hotové zařízení





### Vnitřní konstrukce zařízení

Na této fotografii je vidět způsob uchycení jednotlivých součástí zařízení. Větší deska plošných spojů je řídicí deska, menší deska nahoře je vybíjecí deska. Jsou propojeny šestnáctižilovým plochým kabelem. Displej je také připojen šestnáctižilovým kabelem, na jehož konci je připájena dutinková lišta. Na displeji je připájena pinová řada.

Tlačítka jsou připojena k desce pomocí drátků z UTP kabelu a pětipinového konektoru, zem (GND) je společná pro všechna tlačítka. Tlačítka spínají proti zemi, napěťové úrovně posouvají nahoru pull-upy v mikrořadiči. Zapojení tlačítek je následující:

GND	OK	Down	Up	ESC
-----	----	------	----	-----

Vstupní šroubovací svorkovnice (typ určený do desek plošných spojů) je připojena pomocí dvojlinky a fastonů do vybíjecí desky. Ventilátor je připojen k vybíjecí desce opět pomocí svorkovnice.

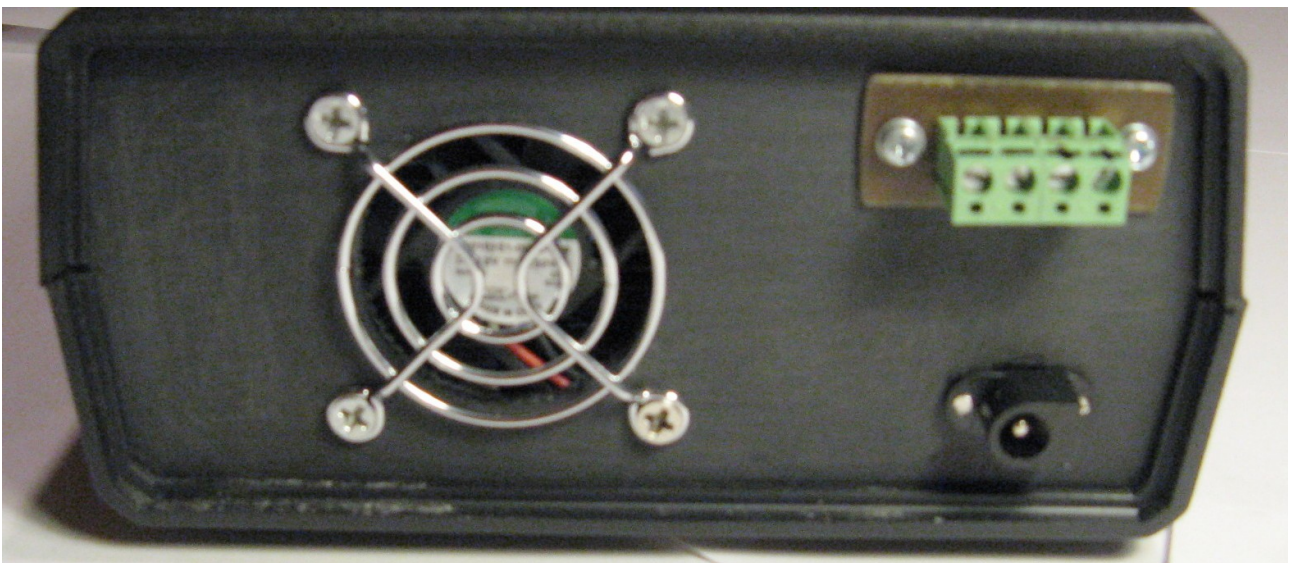
Napájecí jack je připojen do řídicí desky opět pomocí dvou drátků a svorkovnice.

Celou krabičku spojují čtyři vruty.



### Pohled na přední stranu zařízení

Zde je vidět displej a tlačítka OK/← (nejvyšší), UP, DOWN, ESC.



### Pohled na zadní stranu zařízení

Zde je vidět ventilátor s ochrannou mřížkou a konektory. Horní svorkovnice je určena pro připojení testovaného akumulátoru či zdroje, dolní konektor je napájecí jack 5,5/2,5 mm.

Vstupní svorkovnice je přidělena na malém kousku plošného spoje, který ji mechanicky drží.

Zde použitý ventilátor je typu SUNON EE50101S1-999 (50x50 mm, 12 V/110 mA, 5000 RPM)

## Závěr

Zařízení se podařilo úspěšně navrhnout a sestavit. Cíl (vytvořit zařízení na měření kapacity s dostatečnou přesností pro test kvality akumulátoru a alespoň přibližného vnitřního odporu akumulátorů různých velikostí) byl tedy splněn.

Jeho využití je pro testování různých akumulátorů, jestli splňují své jmenovité hodnoty. Dále lze zařízení využít na testování nabíječek, zdrojů, atd.

Vzhledem k tomu, že se dá poměrně běžně setkat s akumulátory a nabíječkami nesplňujícími své jmenovité hodnoty (jedná se například o levné čínské produkty, kde je často bohužel pochybná i bezpečnost), tak toto zařízení lze využít pro jejich prověření. Z vnitřního odporu akumulátoru lze odhadnout i jeho kvalitu.

Pro nadšence do elektroniky může mít toto zařízení využití například v testování různých vlastních konstrukcí měničů, zdrojů, případně starších akumulátorů/článků.

Jedna z nedokonalostí na tomto zařízení je offset regulace proudu, toto je vyřešitelné použitím lepšího operačního zesilovače. Také se objevuje velká chyba regulace při připojení vyššího napětí, než je cca 18 V. Tato chyba po výměně IRFP260N za jiný tranzistor zmizela.

Zařízení lze dále rozšiřovat (například lze přidat komunikaci s PC, případně další funkce – je zatím využita cca třetina paměti mikrořadiče), pro tuto možnost jsem například vyvedl UART rozhraní či konektor pro teplotní senzor, i když jsem je v prototypu nevyužil. Dále je tedy bude možné časem zprovoznit firmwarovou aktualizací přes programovací konektor na desce.

Chtěl bych ještě na závěr poděkovat všem, kteří mi s konstrukcí nějakým způsobem pomohli – konkrétně profesorům za možnost výroby DPS a za pomoc s návrhem.

Také bych chtěl uvést, že jsem převzal myšlenku a část konstrukce analyzátoru akumulátorů ze stránky <http://danyk.cz/>.

Dokumentaci k tomuto výrobku mám zveřejněnou i na svých stránkách: <http://tefatronix.g6.cz/display.php?page=batmeter&lang=cz>



## Obsah práce

Cíl a konstrukce práce.....	2
Princip funkce.....	2
Parametry.....	3
Popis hlavní desky.....	4
Schéma zapojení řídicí desky.....	6
Vybíjecí deska.....	7
Schéma zapojení vybíjecí desky.....	8
Ovládání zařízení a firmware.....	9
Obrazec DPS a osazovací plánek vybíjecí desky.....	10
Obrazec DPS a osazovací plánek řídicí desky.....	11
Seznamy součástek pro desky plošných spojů.....	12
Mechanická konstrukce.....	13
Závěr.....	16