

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC TECHNOLOGY

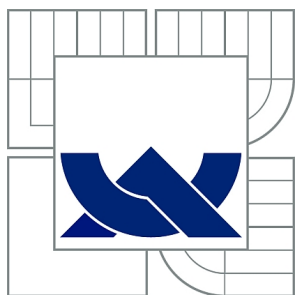
LOGGER IMPULZŮ Z WATTMETRU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

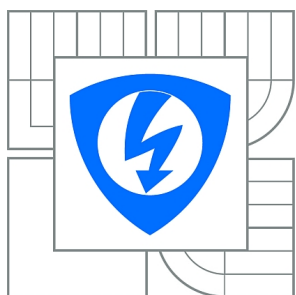
PAVEL SEVERA

BRNO 2013



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ**

**ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC  
TECHNOLOGY

## **LOGGER IMPULZŮ Z WATTMETRU**

LOGGER PULSE FROM WATTMETER

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**PAVEL SEVERA**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. MARTIN FRIEDL**

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav elektrotechnologie

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor  
Mikroelektronika a technologie

**Student:** Pavel Severa

**ID:** 140453

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2012/2013

**NÁZEV TÉMATU:**

**Logger impulzů z Wattmetru**

**POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:**

Seznamte se s principem elektroměru a jeho možnostmi. Navrhněte a realizujte vhodné zařízení, které bude čítat výstupní impulzy z elektroměru na SD kartu a zaznamenávat nízký tarif elektrického proudu tzv. "noční proud". Vlastní ovládání modulu konzultujte s vedoucím.

**DOPORUČENÁ LITERATURA:**

Podle pokynů vedoucího bakalářské práce.

**Termín zadání:** 11.2.2013

**Termín odevzdání:** 6.6.2013

**Vedoucí práce:** Ing. Martin Friedl

**Konzultanti bakalářské práce:**

**doc. Ing. Jiří Háze, Ph.D.**

*Předseda oborové rady*

**UPOZORNĚNÍ:**

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

## **ABSTRAKT**

Většina elektronických wattmetrů obsahuje výstup pro zpracování informací o spotřebě pro další zařízení. Cílem této semestrální práce je vytvořit vhodné zařízení ke čtení výstupu z wattmetru, ukládat tyto informace na přenosné médium a svými rozměry možnost integrace do pojistkové skříně. Mimo jiné bude sledovat a zaznamenávat režim levnější elektřiny, nazývaný jako noční režim.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

ATmega16, wattmetr, SD karta, programování, RTC

## **ABSTRACT**

Most electronic wattmeter contains output for processing information on the consumption of other devices. The aim of this semestral project is to create a suitable device for reading output from power meter, store this information on the removable medium in size and ability to integrate into the distribution cabinet. Among other things, will monitor and record mode cheaper electricity, known as night mode.)

## **KEYWORDS**

ATmega16, wattmeter, secure digital card, programming, real time clock

SEVERA, Pavel *Logger impulzů z wattmetru*: bakalářská práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav mikroelektroniky, 2013. 40 s. Vedoucí práce byl Ing. Martin Friedl,

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Logger impulzů z wattmetru“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Brno .....

.....

(podpis autora)

## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Martinu Friedlovi, za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci.

Brno .....

.....

(podpis autora)

# OBSAH

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Digitální elektroměr</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>Mikrokontrolér ATmega644</b>	<b>12</b>
3.1	Bloková struktura . . . . .	13
3.1.1	Vstupně/výstupní porty . . . . .	14
3.1.2	Přerušení . . . . .	14
3.1.3	Časovač/čítač . . . . .	14
3.1.4	Sběrnice I <sup>2</sup> C . . . . .	14
3.1.5	Sériové programování . . . . .	15
<b>4</b>	<b>Vývojové prostředí</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>Návrh zapojení loggeru</b>	<b>17</b>
5.1	Zobrazení informací . . . . .	17
5.2	Ovládání zařízení . . . . .	18
5.3	RTC obvod . . . . .	18
5.4	SD karta . . . . .	19
5.5	Noční tarif elektřiny . . . . .	20
5.6	Schéma zapojení . . . . .	21
<b>6</b>	<b>Program</b>	<b>22</b>
<b>7</b>	<b>Mechanická část zařízení</b>	<b>25</b>
<b>8</b>	<b>Závěr</b>	<b>29</b>
	<b>Literatura</b>	<b>30</b>
	<b>Seznam symbolů, veličin a zkratk</b>	<b>32</b>
	<b>Seznam příloh</b>	<b>34</b>
<b>A</b>	<b>Seznam součástí</b>	<b>35</b>
<b>B</b>	<b>Výrobní podklady DPS</b>	<b>37</b>
<b>C</b>	<b>Fotodokumentace</b>	<b>40</b>

# SEZNAM OBRÁZKŮ

2.1	Schéma zapojení Rogowského cívky. . . . .	10
2.2	Blokové schéma digitálního elektroměru AC-F47193. . . . .	11
3.1	Pouzdro TQFP44 ATmega644 s popisem vývodů a reálné foto [1] [7] .	12
3.2	Blokové schéma ATmega644 [1] . . . . .	13
3.3	USB miniprogram ISP, adaptér z 10-pinu na 6-pin . . . . .	15
4.1	Pracovní prostředí AtmelStudio, náhled programu . . . . .	16
5.1	Blokové schéma zapojení . . . . .	17
5.2	Sedmisegmentový LED displej a vnitřní zapojení sedmisegmentového LED displeje . . . . .	17
5.3	Doporučené zapojení obvodu M41T81 . . . . .	18
5.4	Číslování vývodů SD karty [6] [5] . . . . .	19
5.5	Elektrické schéma zapojení . . . . .	21
6.1	Stavový diagram zobrazení informací . . . . .	22
6.2	Vývojový kit EvB 4.3 v4 s aplikací loggeru . . . . .	24
7.1	Třímodulová plastová krabička na DIN lištu [14] . . . . .	25
7.2	Nákres horní DPS . . . . .	26
7.3	Náhled na uspořádání DPS v krabičce a provedení úpravy horního panelu (rozměry v milimetrech) . . . . .	26
7.4	Nákres pro vyvrtání otvorů do horního panelu . . . . .	27
7.5	Výsledné zařízení . . . . .	27
7.6	Zapojení vstupů a napájení . . . . .	28
B.1	Vrchní DPS - spodní strana . . . . .	37
B.2	Vrchní DPS - rozložení součástek . . . . .	37
B.3	Střední DPS - vrchní a spodní strana . . . . .	38
B.4	Střední DPS - vrchní a spodní strana - rozložení součástek . . . . .	38
B.5	Spodní DPS - vrchní a spodní strana . . . . .	39
B.6	Spodní DPS - vrchní strana - rozložení součástek . . . . .	39
C.1	Měření výstupního signálu při napětí 3,3 V a odečet délky impulsu .	40
C.2	Ověření funkčnosti odečítání impulsů z elektroměru . . . . .	40



# SEZNAM TABULEK

5.1	Popis vývodů SD karty [4] . . . . .	19
A.1	Seznam součástek . . . . .	35

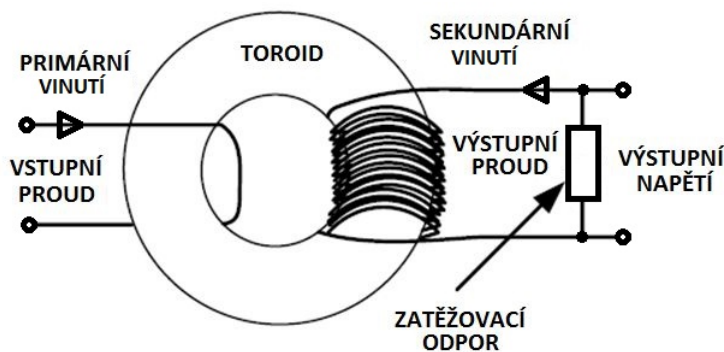
# 1 ÚVOD

Na trhu jsou nabízeny levné digitální jednofázové a dvojfázové elektroměry, které bohužel nenabízejí možnost záznamu průběhu spotřeby pro detailnější zpracování, za to obsahují výstupní svorky, kde je generován určitý počet impulzů během každé kilowatthodiny. Počet impulzů je dán typem elektroměru. K této bakalářské práci byl vybrán mikrokontrolér ATmega644P od firmy Atmel [1]. Tento mikrokontrolér splňuje veškeré potřebné parametry.

Cílem této práce je navrhnout a vyrobit zařízení, které bude zaznamenávat impulzy z elektroměru na přenosné médium, sledovat režim nočního proudu a svými rozměry bude moci být umístěno do elektrického rozvaděče na DIN lištu. Dále bude řešit možnosti napájení v rozvaděči. Dalším důležitým parametrem je pořizovací cena, která nepřekročí cenu elektroměru.

## 2 DIGITÁLNÍ ELEKTROMĚR

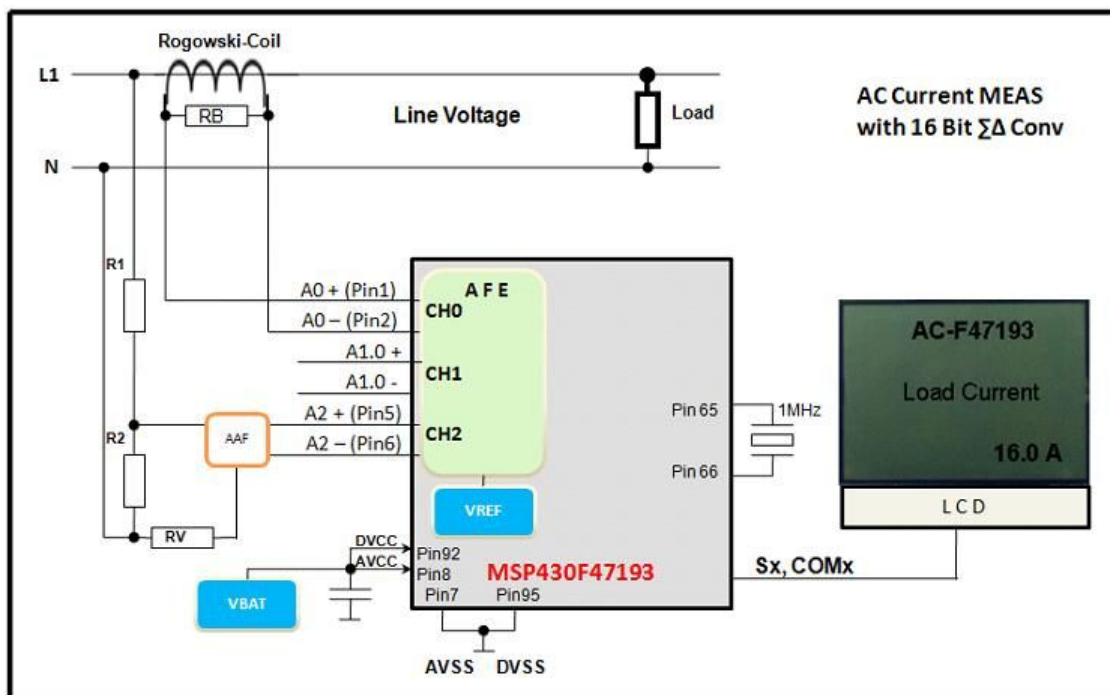
Elektroměry se dělí na dvě skupiny analogový, dodnes používaný, a digitální. Pro své mnohé výhody bude blíže popsán právě elektroměr digitální. Pro bezkontaktní a zároveň velmi přesné měření střídavého proudu se dnes nejčastěji využívá tzv. Rogowského cívka. S její pomocí se silový proud převádí na lineární hodnotu napětí. Jde tedy o bezkontaktní měření proudu proudovým transformátorem [2].



Obr. 2.1: Schéma zapojení Rogowského cívky.

Rogowského cívka patří do skupiny proudových transformátorů s rozsahem od 0,1 do 80 A. Vzhledem k tomu, že velikost indukovaného napětí je při malých proudech velice nízká, musí se pro měření použít speciální technologie. Nejjednodušší řešení představují Sigma-Delta převodníky – SD16. Díky tomu, že na jediném čipu jsou integrovány zároveň převodník i zesilovač, umožňují snadné získání velice přesné hodnoty proudu na primární straně transformátoru (proudu tekoucího do zátěže). Nové mikrokontroléry z nabídky společnosti Texas Instruments <sup>1</sup> tvoří přímo ideální obvody pro použití v aplikacích digitálních elektroměrů [2].

<sup>1</sup><http://www.ti.com/>



Obr. 2.2: Blokové schéma digitálního elektroměru AC-F47193.

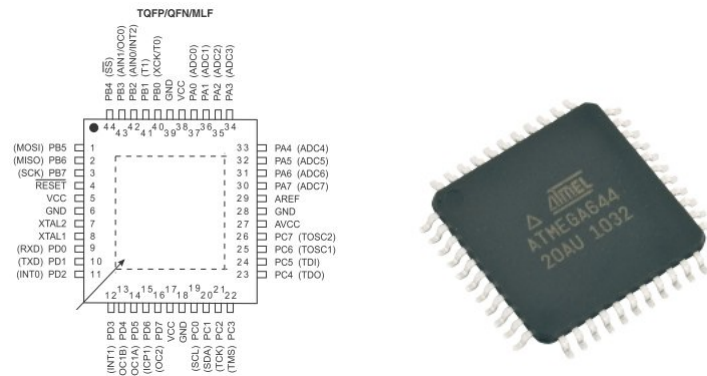
Tyto obvody mají výstup zapojený přes optočlen, který umožňuje připojení dalších zařízení jako je třeba dále popisovaný mikrokontrolér ATmega644.

Na trhu jsou dostupné jednofázové a třífázové elektroměry. Jednofázový typ HT-1YD stojí kolem 450 Kč a třífázový MANELER 9903D kolem 1 100 Kč. <sup>2</sup>

<sup>2</sup>Ceny produktů byly převzaty z <http://www.elektromery.com/index.php?action=kat&kat=99> [cit. 2013-05-20]

### 3 MIKROKONTROLÉR ATMEGA644

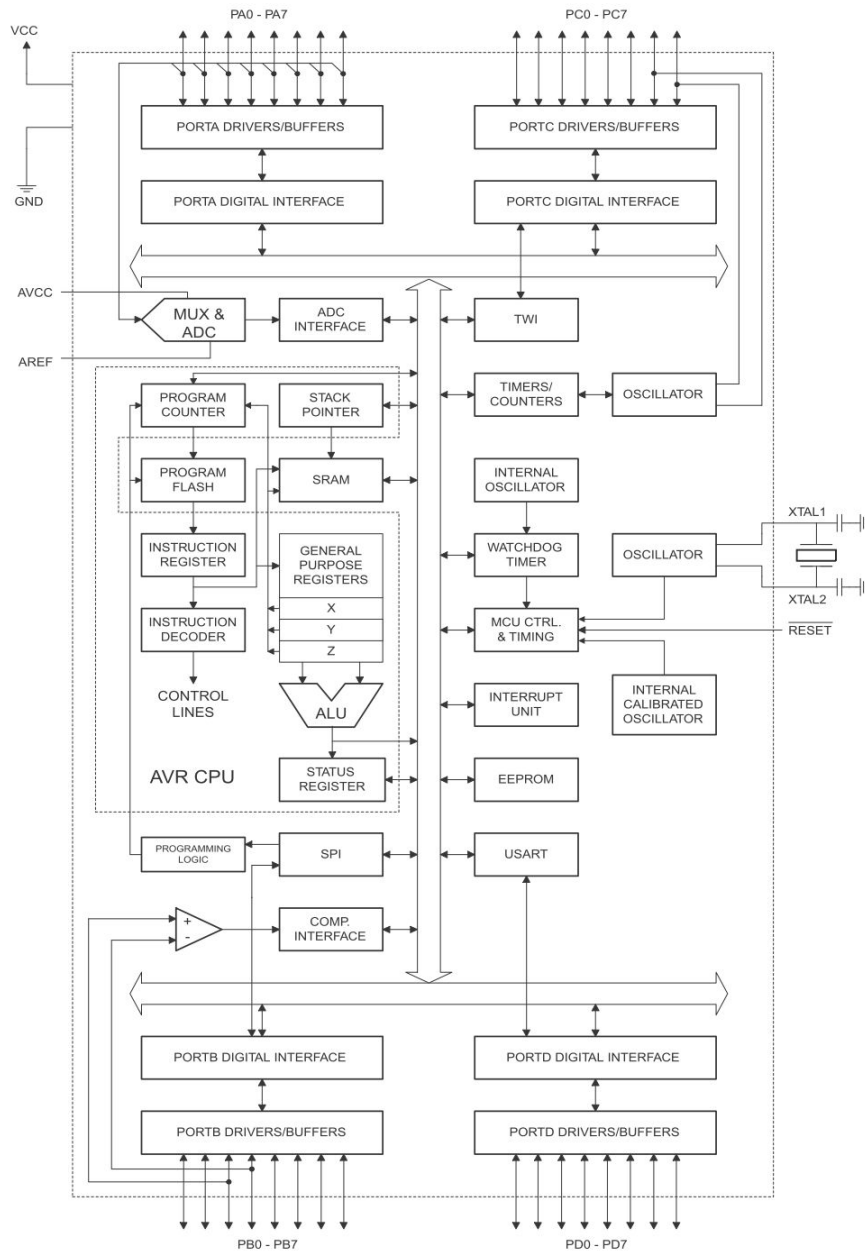
Jako řídicí jednota byl vybrán od firmy Atmel mikrokontrolér ATmega644. Jedná se o 8 bitový mikrokontrolér s architekturou RISC (omezená instrukční sada, rychlé vykonávání instrukcí). Flash paměť programu je 64 kB, paměť pro výpočty SRAM 4 kB a paměť EEPROM 2 kBytů. Počet vstupních a výstupních pinů je 32 rozdělených do 4 portů označených písmeny A až D. Některé vývody jsou určeny pro speciální využití jako je A/D převodník, analogový komparátor, UART, čítač nebo časovač a přerušení(IRQ). Dále lze využít 16-bitový časovač/čítač a dva 8-bitové. Nabízí se využití vnitřního oscilátoru 1 MHz nebo externího oscilátoru/kryystalu do maximální velikosti 8 MHz při napájení 3,3 V.



Obr. 3.1: Pouzdro TQFP44 ATmega644 s popisem vývodů a reálné foto [1] [7]

### 3.1 Bloková struktura

Během návrhu připojení k periférii k mikrokontroléru ATmega644 se musíme podívat na vnitřní zapojení. Některé vývody mají speciální zaměření, příkladem může být port A, který lze využít pro A/D převodník.



Obr. 3.2: Blokové schéma ATmega644 [1]

### 3.1.1 Vstupně/výstupní porty

Porty mohou sloužit jako vstupní i jako výstupní. Jejich funkce se nastavuje registry. Každý registr obsluhující daný port nese jeho číselné označení. Jsou to: **DDRX** -> **DATA DIRECTION REGISTER** Určuje směr toku dat – vstup/výstup **PORTX** Datový registr – stav pinů portu odpovídá hodnotě zapsané do registru **PINX** Určen pouze pro čtení, odpovídá aktuální hodnotě na pinech

Porty jsou tedy obousměrné, pro každý směr využíváme jiného datového registru. Směr nastavujeme registrem DDRX, přičemž X značí číslo portu (1, 2, 3... ). Log. 1 nastavuje port jako výstupní, log. 0 jako vstupní (tedy přesně obráceně, než je tomu u procesorů PIC) [8].

### 3.1.2 Přerušení

Přerušení je reakce procesoru na určitou vnitřní nebo vnější událost. Například přetečení čítače/časovače, přijmutí bajt sériovým kanálem, změna stavu na pinu procesoru a jiné. Umožňuje, aby se normální běh programu přerušil a pokračoval na jiném místě vykonáním obslužné rutiny. Po jejím vykonání se program vrátí zpět na místo, odkud byl přerušen [9].

### 3.1.3 Časovač/čítač

Procesory ATMEGA644 obsahují celkem tři čítače/časovače. Dva osmibitové, jeden šestnáctibitový. Vstupní signály mohou být vyděleny předřazenou předděličkou, a to v hodnotách 1;8;64;1024 [10].

Čítače časovače nastavujeme speciálními registry. Zde je jejich krátký výčet:

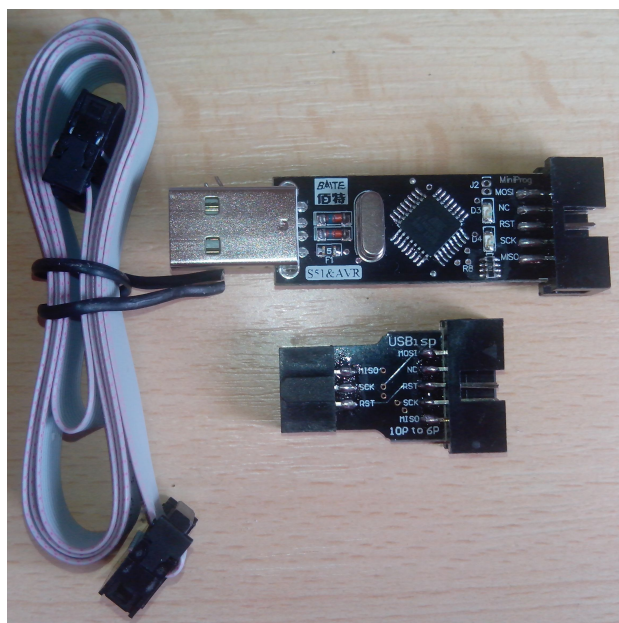
- TCNT(N) – obsahuje načítanou hodnotu
- OCR(N) – obsahuje hodnotu, s níž se TCNT(N) porovnává
- TCCR(N) – řídí funkce čítače/časovače
- TIMSK – masky přerušení

### 3.1.4 Sběrnice I<sup>2</sup>C

Sběrnice rozděluje připojená zařízení na řídicí (master – zahajuje a ukončuje komunikaci; generuje hodinový signál SCL) a řízené (slave – zařízení adresované masterem) [11]

### 3.1.5 Sériové programování

K naprogramování výrobku bylo použito asi nejlevnější varianty programátoru na trhu USB ISP, někde je označován jako USBasp. Ze zahraničí je k sehnání za necelou stokerunu<sup>1</sup>. Přitom nabízí připojení pomocí USB, proudovou pojistku proti zkratu USB portu a možnost výběru napětí 3,3 V/5 V pro mikrokontrolér. Programování je ISP (In System Programming - programování mikroprocesoru v zařízení bez nutnosti vyjmutí) je pomalejší oproti JTAG (Joint Test Action Group - slouží k programování a ladění aplikace) a nenabízí možnost krokování aplikace.



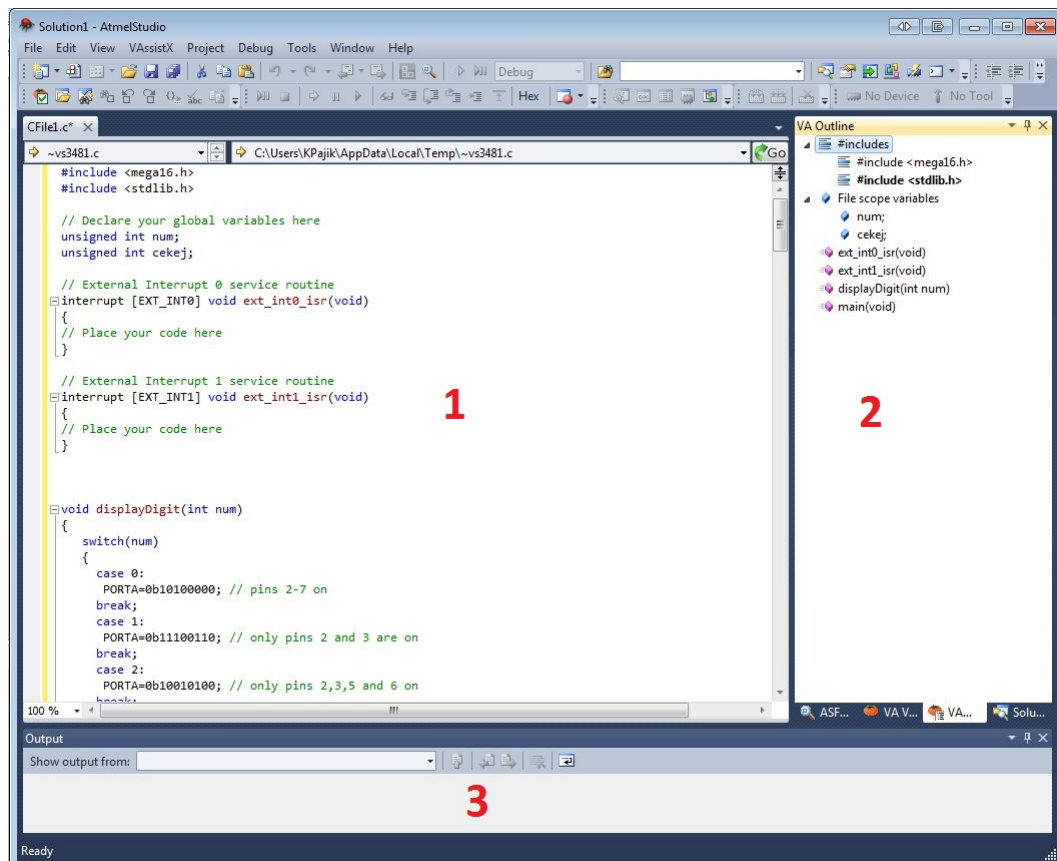
Obr. 3.3: USB miniprogramátor ISP, adaptér z 10-pinu na 6-pin

<sup>1</sup>viz Ebay.com: [http://www.ebay.com/sch/i.html?\\_from=R40&\\_sacat=0&\\_nkw=usb+isp&\\_sop=15](http://www.ebay.com/sch/i.html?_from=R40&_sacat=0&_nkw=usb+isp&_sop=15) [cit: 2013-05-10]



## 4 VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ

Existuje mnoho vývojových prostředí pro mikrokontroléry programované v jazyce C. Ne mnoho jich je zdarma včetně kompilátoru. Jedna z variant je přímo od výrobce mikrokontroléru, jedná se o Atmel Studio <sup>1</sup>. Podporuje psaní v assembleru, C a C++.



Obr. 4.1: Pracovní prostředí AtmelStudio, náhled programu

**Oblast zdrojového kódu (1)** - zde je psán samotný kód programu

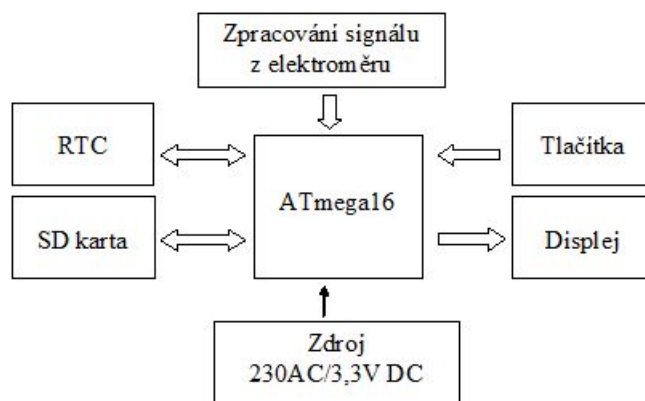
**Průvodce projektu (2)** - přehled importovaných souborů v projektu a metod otevřeného souboru

**Výpis z kompilátoru (3)** - výpis průběhu kompilátoru, varování a chyby v kódu.

<sup>1</sup>odkaz ke stažení: [http://www.atmel.com/microsite/atmel\\_studio6/](http://www.atmel.com/microsite/atmel_studio6/)

## 5 NÁVRH ZAPOJENÍ LOGGERU

Pro svou funkci potřebuje výrobek napájecí zdroj, který je efektivní, malý a bezpečný. Dále obvod reálného času, výstup pro ukládání záznamů – slot na SD kartu, tlačítka na ovládání, zobrazovací část a vstup pro impulzy z elektroměru. Z těchto předpokladů bylo vyhotoveno blokové schéma. Části blokového schéma jsou rozepsané níže.

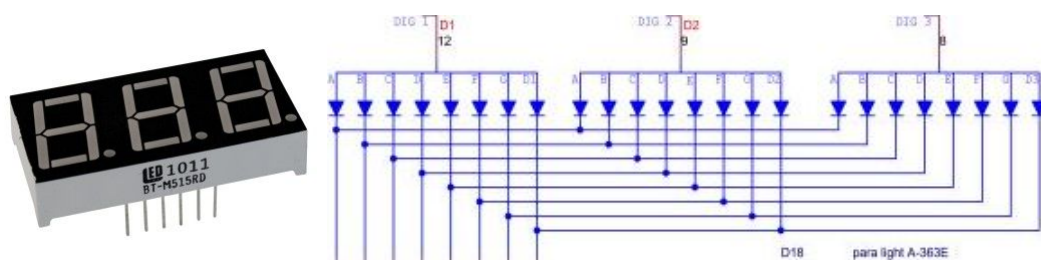


Obr. 5.1: Blokové schéma zapojení

### 5.1 Zobrazení informací

Vzhledem k požadavku na nejmenší rozměr krabičky byl místo LCD displeje zvolen sedmissegmentový LED displej o třech segmentech [12]. Zobrazují se informace o spotřebě v poslední hodině, posledních deseti minutách, počet impulzů, spotřeba v kW, čas, datum, číslo chyby. K rozpoznání těchto údajů budou sloužit tečky u segmentu.

**Pro zobrazení informací je nejlepší displej, který vzhledem k velikosti zařízení nemohl být zvolen.**



Obr. 5.2: Sedmissegmentový LED displej a vnitřní zapojení sedmissegmentového LED displeje

## 5.2 Ovládání zařízení

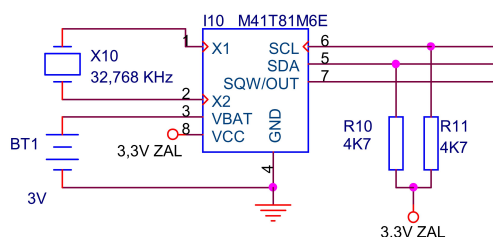
Datalogger lze ovládat pomocí tří tlačítek. Mikrokontrolér má nastavený pull-up rezistor na vývodu, ke kterému je připojeno tlačítko. Stiskem dojde ke změně napětí vývodu na logickou úroveň L a vyvolá se přerušení programu. Tlačítka jsou od vývodů přerušení oddělené diodou. Tlačítka se mění čas a datum, dále slouží k přepínání zobrazení času, data a spotřeby.

**Tři tlačítka byla zvolena záměrně, první dvě slouží k přičítání a odečítání čísla, třetí k přepínání zobrazené informace a při podržení ke změně hodnoty**

## 5.3 RTC obvod

M41T81 je obvod reálného času (RTC, Real-Time Clock), který obsahuje 63 bajtů nevolatilní paměti (tedy po odpojení napájení se obsah paměti smaže) a je možné s ním komunikovat pomocí sběrnice I<sup>2</sup>C. Pokud je připojen k napájení, počítá impulzy z externího oscilátoru a ukládá aktuální hodnoty data a času. V tomto režimu, pokud je připojen pouze k baterii má spotřebu méně jak 500 nA.

Čtení a zápis dat z/do obvodu probíhá pomocí sběrnice I<sup>2</sup>C s hodinovým kmitočtem 100 kHz. M41T81 se chová jako slave s adresou 1101000 (+ LSB, který určuje směr komunikace — R/W, viz specifikace I<sup>2</sup>C). Zápis dat do paměti začíná adresou zařízení, počáteční adresou paměťové buňky a nakonec následují samotná data. Čtení dat začíná adresou zařízení a za ním následují příchozí data. Každý odešlý bajt musí příjemce potvrdit bitem ACK. Celá komunikace přesně odpovídá standardu I<sup>2</sup>C. Další podrobnosti viz [13].



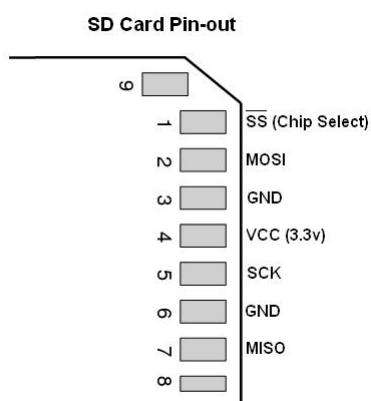
Obr. 5.3: Doporučené zapojení obvodu M41T81

## 5.4 SD karta

Pro ukládání dat z mikroprocesoru je využita SD karta. Výhodou je nízká cena, široké využití, kapacita a velikost při porovnání s Compact Flash. Samotná SD karta vychází z koncepce starší MMC, výrobci je standardně připravena ke komunikaci pomocí 3 typů rozhraní. První dvě rozhraní jsou neveřejné a jejich využití je zpoplatněné, informace k rozhraní jsou dostupné na stránkách SD asociace [16]. Při využití SPI komunikace musíme dát pozor na napětové úrovně 3,3 V. [4]

Pin	označení	funkce (SD mode)	funkce (SPI mode)
1	DAT3/CS	Data line 3	Chip select/Slave (SS)
2	CMD/DI	Command line	Master Out Slave In (MOSI)
3	VSS1	GND	GND
4	VDD	+3,3 V	+3,3 V
5	CLK	Hodinový signál	Hodinový signál (SCK)
6	VSS2	GND	GND
7	DAT0/DO	Data line 0	Master In Slave Out (MISO)
8	DAT1/IRQ	Data line 1	IRQ
9	DAT2/NC	Data line 2	nezapojen

Tab. 5.1: Popis vývodů SD karty [4]



Obr. 5.4: Číslování vývodů SD karty [6] [5]

## 5.5 Noční tarif elektřiny

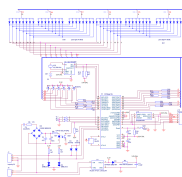
Noční tarif elektřiny má jiný cenový tarif, proto je zapotřebí impulzy rozdělovat do dvou tarifů a zjistit, který je zrovna aktuální. Zjištěný údaj může posloužit k optimalizaci využívání pračky, myčky a podobných spotřebičů v levnějším cenovém tarifu [17].

V této oblasti se setkáme s termínem hromadné dálkové ovládání (HDO). Jak je v názvu uvedeno jedná se o způsob předávání informací určené k zapnutí nebo vypnutí zařízení.

## 5.6 Schéma zapojení

Jednotlivé segmenty segmentového displeje jsou připojeny přes odpory na mikroprocesor a každý číselný blok na tranzistor ovládaný mikroprocesorem. Dále je zde již zmiňovaný RTC obvod s M41T81 připojený na I<sup>2</sup>C. Napravo ve schématu je ISP programátor a slot na SD kartu. Dále jsou připojeny 3 tlačítka, pod nimi je obvod s optočlenem, který zjišťuje prezenci napětí 230 V. Konektor J1 slouží k připojení výstupu z elektroměru, lze připojit maximálně dva. Napájení je řešeno DC/DC měničem z 230 V na 3,3 V. Toto napájení je přivedeno na výkonové části jako jsou displeje a pak přes diodu se nabíjí zálohovací kondenzátor zajišťující bezpečné ukončení zápisu na SD kartu při výpadku elektřiny.

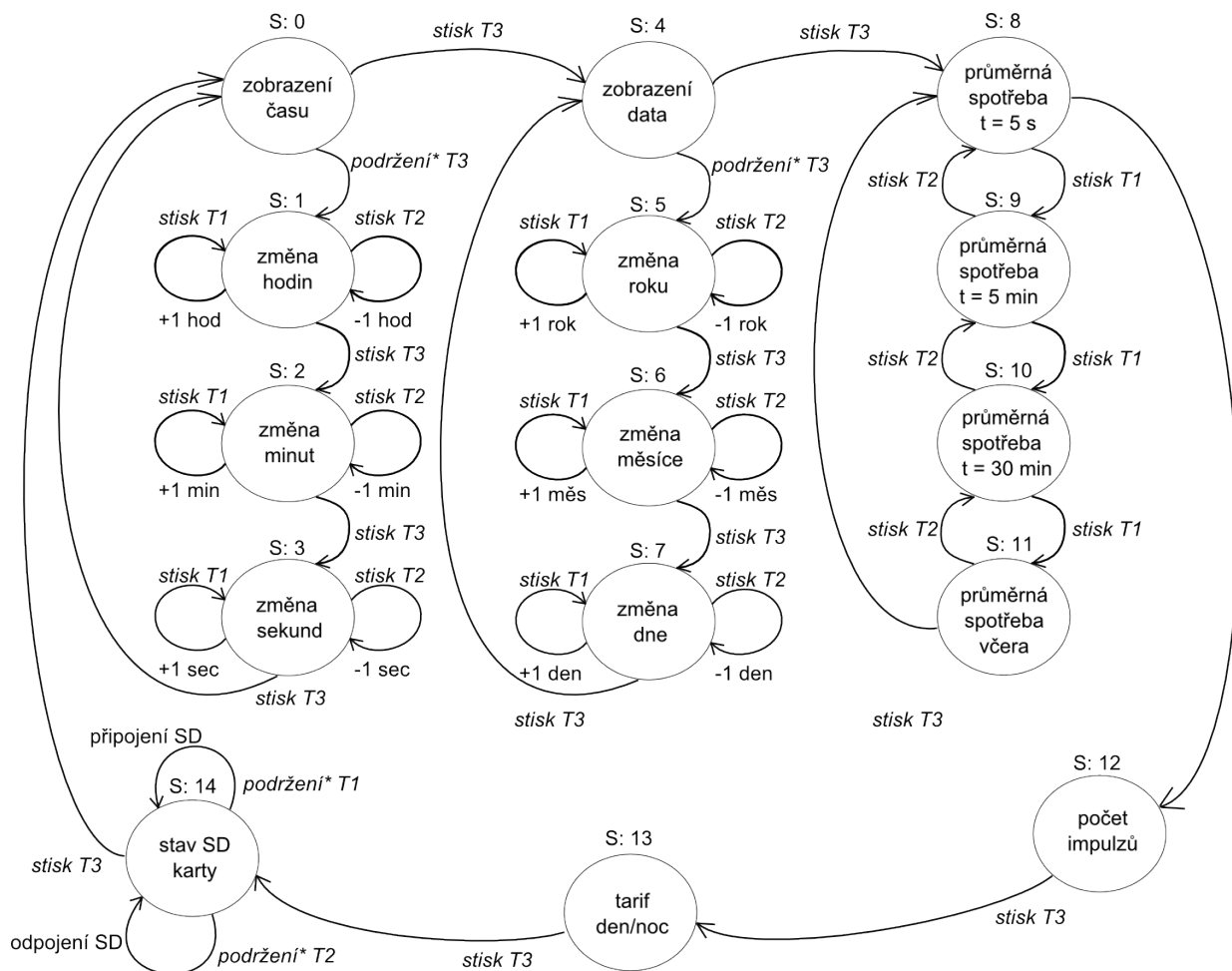
Výstupem elektroměru jsou vývody z optočlenu, kolektor a emitor. Odesílání impulz je odeslán přivedením kladného napětí na LED diodu optočlenu. Dle provedení elektroměru se liší délka impulzu a počet impulzů během jedné kilowatthodiny. Pro zaznamenávání stavu výstupu stačí připojit na kolektor napětí přes odpor s mikrokontrolérem a emitor připojit na zem. Při impulzu dojde k uzemnění kolektoru a tedy i vývodu mikrokontroléru.



Obr. 5.5: Elektrické schéma zapojení

## 6 PROGRAM

Pro tuto aplikaci byl program napsán jako stavový automat, neboť tato struktura programování je snadnější a přehlednější.



\* podržení tlačítka déle jak 5 sekund

Obr. 6.1: Stavový diagram zobrazení informací

Poznámka: T1 - levé tlačítko, T2 - prostřední tlačítko, T3 - pravé tlačítko

V programu jsou využity následující knihovny:

Diskio.c - knihovna pro obsluhu SD karty <sup>1</sup>

DS1307.c - knihovna pro obsluhu RTC obvodů

ff.c - knihovna podporující FAT

i2c.c - komunikace po sériové lince I<sup>2</sup>C <sup>2</sup>

- Timer0 a Timer1

Využívám Timer0 pro přepínání zobrazení segmentů. Rychlost jsem zvolil počet segmentů, tedy šest, krát minimální obnovovací frekvenci 25 Hz. Timer1 o frekvenci 2 Hz pro blikání čísel během nastavení a pro blikání sekundové tečky.

- Přerušení

Přerušení INT0 je využito pro signály z elektroměrů a přerušení INT1 je připojeno k přerušení od RTC obvodu. Po obdržení impulsu z elektroměru je odečten stav režimu elektřiny a následně údaj uložen na SD kartu.

- Ukládání na SD

Přijaté impulsy se ukládají na SD kartu do formátu CSV. Výhodou je snadný import do MS Excel nebo OO Calc a i jiných. Následně lze snadno vytvářet grafy a různá makra pro zpracování zaznamenaných dat. Ukázka výstupních dat z loggeru:

```
//čas; datum; den/noc režim;impulz/zapnuto  
04:56:47.67;13.02.2013;1;ZAPNUTO  
04:56:53.47;13.02.2013;1;impulz  
04:56:54.36;13.02.2013;1;impulz
```

Program byl vytvářen na vývojovém kitu od polské firmy And-Tech, označení kitu je EvB 4.3 v4. Vývojový kit nabízí vše co bylo zapotřebí vyzkoušet. Jako přednost tohoto kitu je možnost připojení periferií na porty, které návrhář potřebuje. Nevýhodou byla možnost připojení pouze čtyř segmentových displejů. Tento problém byl vyřešen zapojením těchto displejů na nepájivé pole, viz obrázek 6.2. V současné době verzi 4.3 nahrazuje novější verze EvB 5.1 v5 <sup>3</sup>.

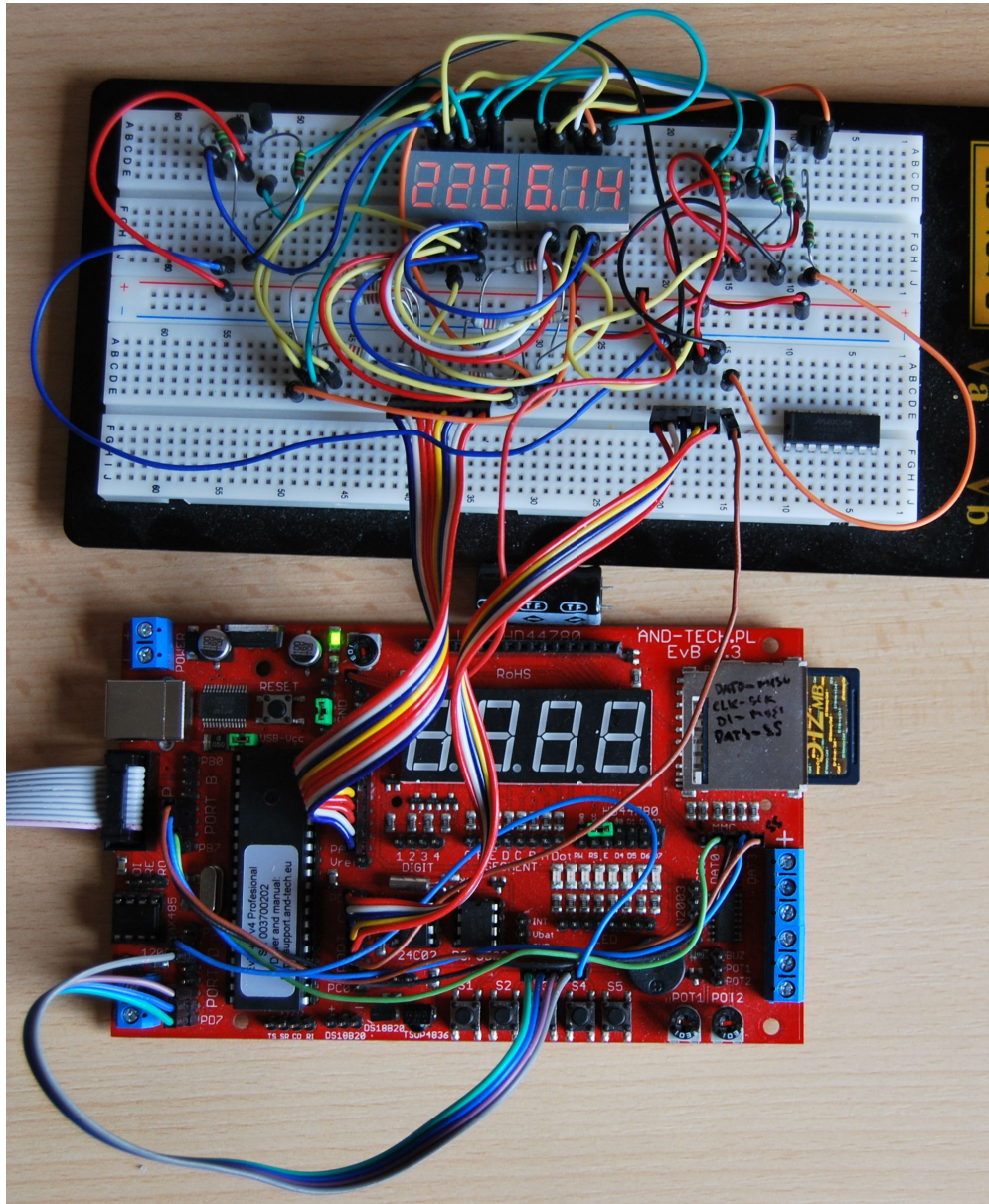
---

<sup>1</sup>Dostupné na: [http://elm-chan.org/fsw/ff/00index\\_e.html](http://elm-chan.org/fsw/ff/00index_e.html) [cit. 2013-05-28]

<sup>2</sup>Dostupné na: <http://extremeelectronics.co.in/avr-tutorials/interfacing-ds1307> [cit. 2013-05-28]

<sup>3</sup>Porovnání obou verzí kitu: [http://www.rlx.sk/attachment.php?id\\_attachment=76](http://www.rlx.sk/attachment.php?id_attachment=76)





Obr. 6.2: Vývojový kit EvB 4.3 v4 s aplikací loggeru

## 7 MECHANICKÁ ČÁST ZAŘÍZENÍ

Pro zařízení byla zvolena nejmenší vhodná krabička na DIN lištu z nabídky obchodu GM electronic. Jedná se o třímodulovou krabičku. Typové označení: U-KPDIN2, rozměry: 66 x 52 x 90 mm [14]



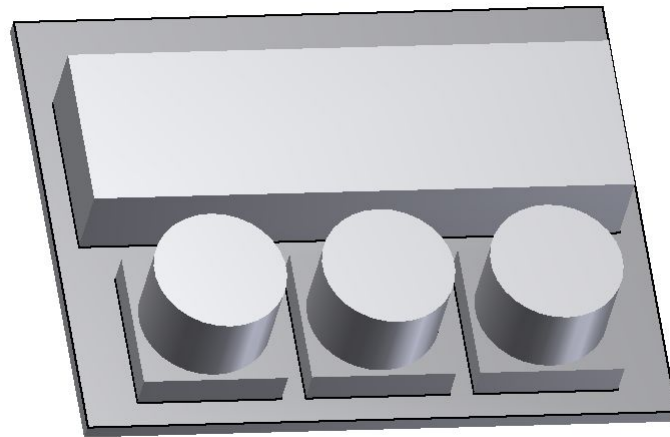
Obr. 7.1: Třímodulová plastová krabička na DIN lištu [14]

Do zakoupené krabičky byly navrženy 4 plošné spoje: napájecí, řídicí, zobrazovací a nosná pro slot na SD kartu. Aby se do krabičky vše vešlo, byl vytvořen 3D model krabičky a všech plošných spojů včetně některých součástek. S tím souvisí úprava horního krytu výřezy pro segmentové displeje, tlačítka a slotu na SD kartu. Následující výkresy byly vytvořeny v programu Autocad Inventor<sup>1</sup>. Vytvořený model výrobku a DPS si můžete prohlédnout níže.

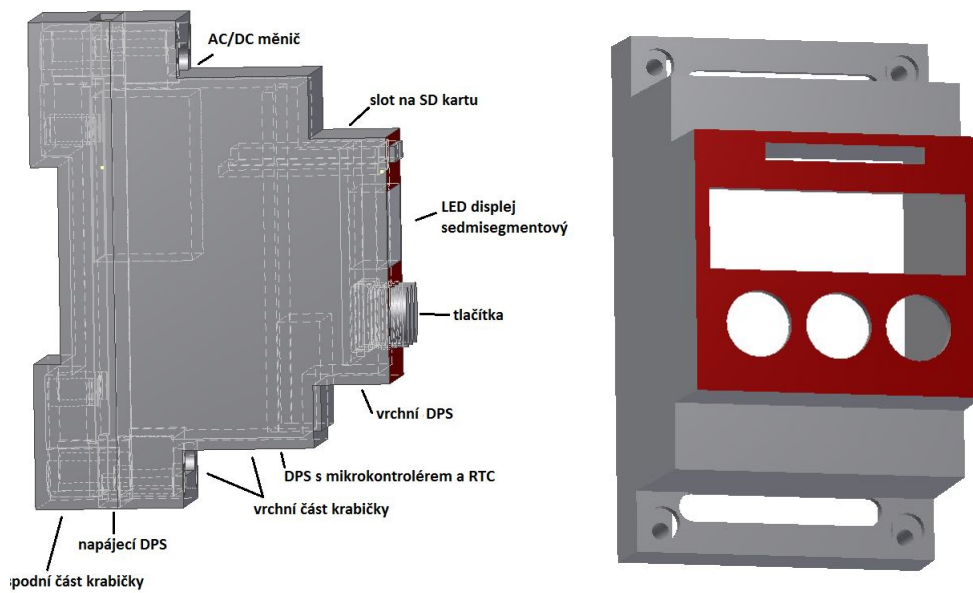
V rámci úspory místa by bylo možné předělat návrh výrobku do jednomodulové krabičky bez zobrazovací části se sedmisegmentovými displeji. K indikaci funkčnosti výrobku by sloužily pouze LED.

---

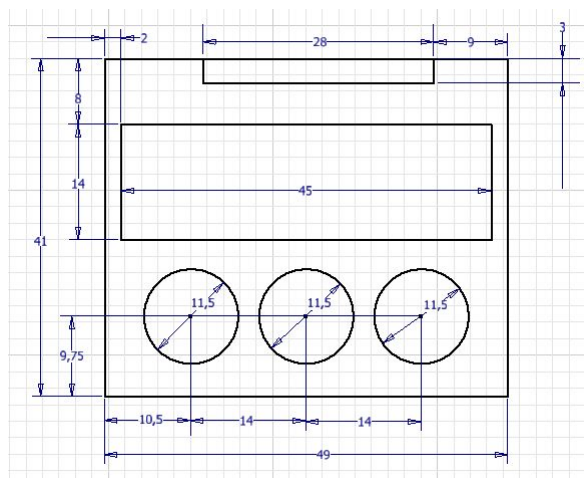
<sup>1</sup> Studentská verze je ke stažení na [http://students.autodesk.com/?nd=download\\_center](http://students.autodesk.com/?nd=download_center)



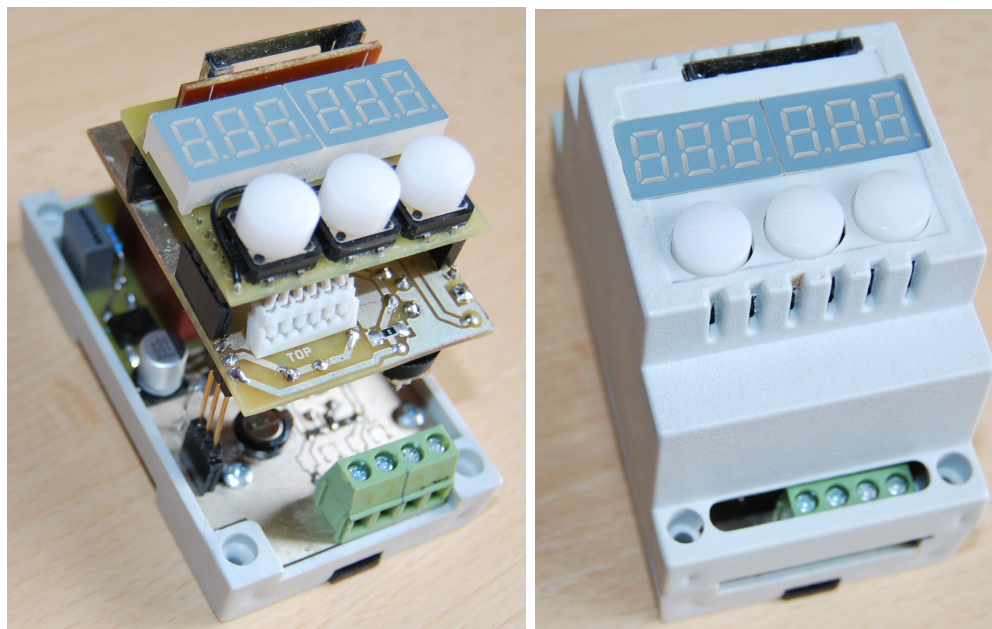
Obr. 7.2: Nákres horní DPS



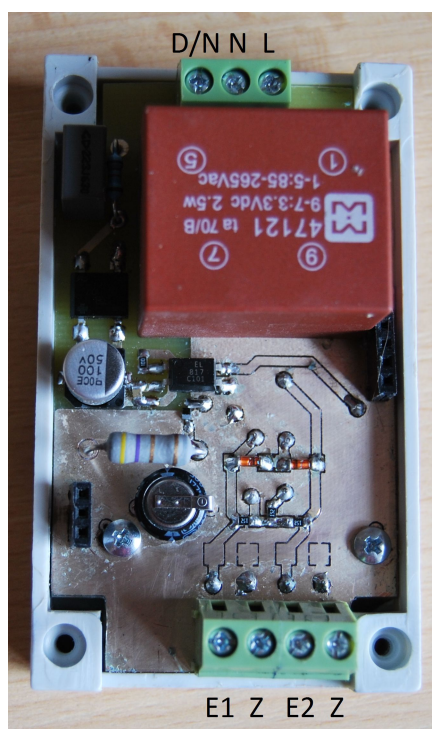
Obr. 7.3: Náhled na uspořádání DPS v krabičce a provedení úpravy horního panelu (rozměry v milimetrech)



Obr. 7.4: Nákres pro vyvrtání otvorů do horního panelu



Obr. 7.5: Výsledné zařízení



Obr. 7.6: Zapojení vstupů a napájení

*Poznámka: D/N - denní/noční režim, N - střední vodič, L - fázový vodič, E1 a E2 pro připojení výstupu z elektroměru, Z - zem optočlenu*

## 8 ZÁVĚR

V rámci semestrálního projektu bylo vymyšleno konstrukční řešení zařízení a částečně i elektrická část zařízení. Během bakalářské práce byla vyřešena otázka software a dokončení konstrukce zařízení. Součástí práce bylo měření na zakoupeném elektroměru HT-353, při kterém bylo zjištěno, že napájecí napětí výstupního optočlenu elektroměru nemusí být v rozmezí 12-24 V, při 3,3 V funguje bezproblémově, délka výstupního impulzu je 80 ms. Výrobce udává odeslání 800 impulzů za kilowatthodinu, čemuž odpovídá jeden impulz na 1,25 watthodiny.

## LITERATURA

- [1] Atmel.com: *Datasheet ATmega16 Atmel*. [Online] [cit. 2012-12-13] Dostupné z WWW: <http://www.atmel.com/Images/doc2466.pdf>
- [2] Hw.cz: *Přesné měření střídavých proudů s převodníky Sigma-Delta* [Online] [cit. 2012-12-11] Dostupné z WWW: <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/presne-mereni-stridavych-proudu-s-prevodniky-sigma-delta.html>
- [3] Wikipedia.org: *Nosná lišta* [online]. 2013, poslední aktualizace 21.3.2013 [cit. 2013-05-12]. Dostupné z WWW: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Nosn%C3%A1\\_li%C5%A1ta](http://cs.wikipedia.org/wiki/Nosn%C3%A1_li%C5%A1ta).
- [4] AVR microcontroller projects *Reading and writing SD card using Atmega16* [online]. 2013, poslední aktualizace 20.4.2013 [cit. 2013-05-12]. Dostupné z WWW: <http://www.avrprojects.info/avr-interfacing/reading-and-writing-sd-card-using-atmega16/>.
- [5] zdroj obrázku: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:SanDisk\\_SD\\_Card\\_8GB.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:SanDisk_SD_Card_8GB.jpg)
- [6] zdroj obrázku: <http://www.mikrozone.sk/pluginy/content/content.php?content.43>
- [7] zdroj obrázku: <http://www.gme.cz/mikroprocesory-atmel-avr-mega/atmega644-20au-p958-166/>
- [8] Programujte.com: *AVR – blikáme* [Online] [cit. 2012-12-11] Dostupné z WWW: <http://programujte.com/clanek/2006070301-avr-blikame/>
- [9] Programujte.com: *AVR – přerušení* [Online] [cit. 2012-12-12] Dostupné z WWW: <http://programujte.com/clanek/2006092402-avr-preruseni/>
- [10] Programujte.com: *AVR - čítače* [Online] [cit. 2012-12-10] Dostupné z WWW: <http://programujte.com/clanek/2006091410-avr-citace/>
- [11] Wikipedia.cz: *I<sup>2</sup>C* [Online] Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C>
- [12] Gme.cz: *Datasheet HD-M515RD* [Online] [cit. 2012-12-12] Dostupné z WWW: <http://www.gme.cz/sedmisegmentove-led-displeje-do-020mm/hd-m515rd-p512-921/>
- [13] Gme.cz: *Datasheet M41T81* [Online] [cit. 2012-12-12] Dostupné z WWW: <http://www.gme.cz/dokumentace/959/959-404/dsh.959-404.1.pdf>

- [14] Gme.cz: *U-KPDIN2* [Online] [cit. 2012-12-12] Dostupné z WWW: <http://www.gme.cz/plastove-krabicky-na-din-listu/u-kpdin2-p622-601/>
- [15] Chipfind.ru: *Datasheet A363h* [Online] [cit. 20012-12-10] Dostupné z WWW: <http://doc.chipfind.ru/pdf/para/a363h.pdf>
- [16] Sdcard.org: *How to Start Using SD Standards in Your Product* SD association [Online] [cit. 2012-12-10] Dostupné z WWW: <https://www.sdcard.org/developers/howto/>
- [17] Wikipedia.cz: *HDO* [Online] [cit. 2012-12-10] Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/HDO>



# SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

A/D Analog/Digital

D/N Den/Noc - tarifkace elektřiny

DIN Nosná lišta dle ČSN EN 60715

DPS Deska Plošných Spojů

EEPROM Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory

FAT File Allocation Table

HDO Hromadné Dálkové Ovládání

I<sup>2</sup>C Inter-Integrated Circuit

IRQ Interrupt ReQuest

ISP In System Programming - programování mikroprocesoru v zařízení bez nutnosti vyjmutí

JTAG Joint Test Action Group - slouží k programování a ladění aplikace

L Fázový vodič

LCD Liquid Crystal Display

LED Light-Emitting Diode

LSB Least significant bit

MMC MultiMediaCard

modul Přístroje mají šířku vždy v násobku 17,5 mm. Označováno jako 1M.

MS Microsoft

N Nulový vodič

OO Open Office

R/W Read/Write

RISC Reduced Instruction Set Computing

RTC Real-Time Clock

SCL Synchronous Clock

SD Secure Digital

SDA Synchronous Data

SPI Serial Peripheral Interface

SRAM Static Random Access Memory

TQFP44 Thin Quad Flat Package, počet pinů 44

UART Universal asynchronous receiver/transmitter

USB Universal Serial Bus

# SEZNAM PŘÍLOH

A Seznam součástí	35
B Výrobní podklady DPS	37
C Fotodokumentace	40

# A SEZNAM SOUČÁSTEK

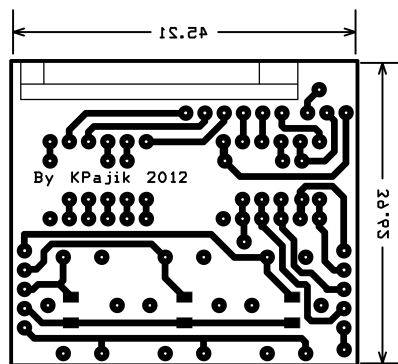
Tab. A.1: Seznam součástek

Součástka	Popis	Podrobnosti	množství
BT1	Držák baterie 3V	Držák baterie do DPS BH5000	1
BT1	Baterie 3V	Baterie knoflíková GP CR1220	1
C1	0,33F/5,5V Záloho- vací kondenzátor	CEZ 0,33F/5,5V VIS- 196 DLC 13x7,5 RM5	1
C2, C10, C11	100n keramický	CKS0805 100n/50V X7R YAG 10%	3
C3	47u/16V elektroli- tický	CES 47u/16VIT SAM-VFR C 6,3x5,8 RM6,5(1,5)	1
C4	22n/630V tantalový	CF7-22N/J	1
D1, D2	3,3V transil	Transil Unipo- lární, 4,1V/600W SMBJ3V3	2
D3	0,2V Schottkyho di- oda	Dioda 10V/3A, BAT60A SMD	1
D30, D31	Segmentový displej	Para Light A-363E červená	2
D4, D5, D32, D33, D34	Dioda 1N4148	1N4148 SMD	5
D6	Diodový můstek	B250C1000SMD 560VAC/1A	1
I10	RTC obvod	M41T81M6E	1
I11	Mikrokontrolér	ATmega644P	1
ISO1	Optočlen	EL817SC	1
J1	Konektor	ARK128V-A-2P 2x	2
J10	Lámací kolíková lišta	6 pinů	1
J11A, J13A	Dutinková lišta	Dutinková lišta XI- NYA BL10G	1
J12A, J14A	Dutinková lišta	Dutinková lišta XI- NYA BL805G	1
pokračování na další straně			

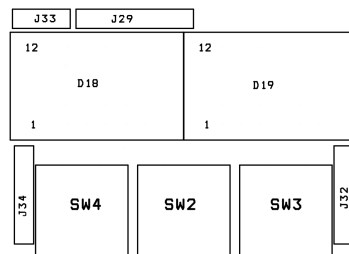
**Tab. A.1 – pokračování tabulky**

<b>Součástka</b>	<b>Popis</b>	<b>Podrobnosti</b>	<b>množství</b>
J15	Lámací kolíková lišta	Oboustranný kolík XI-NYA S2G20 2,54mm	1
J2	Lámací kolíková lišta	ARK128V-A-3P	1
J4A, J3A	Dutinková lišta	Dutinková lišta BL804G	2
J4B, J3B, J11B, J12B, J13B, J14B	Lámací kolíková lišta	Oboustranný kolík XI-NYA S1G40 2,54mm	1
R1, R2, R4	1K7 odpor	R0805 1K7 1%	3
R10, R11	4K7 odpor	R0805 4K7 1%	2
R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18	10K odpor	R0805 10K 1%	7
R19, R20, R21, R22, R23, R24, R25, R26	20R odpor	R0805 20R 1%	8
R3	4R7/2W odpor	Rezistor metaloxidový 4R7 RR 2W	1
R5	n		1
R6	17K odpor	R0805 1K7 1%	1
T10, T11, T12, T13, T14, T15	PNP tranzistor	Bipolární tranzistor PNP BCW68H SMD	6
TL1, SW1, TL2, TL3	Tlačítko	Mikrospínač P-B1720A	4
U1	AC/DC měnič 230VAC/3,3VDC	AC/DC 47121 3,3V/2,5W	1
X10	Krystal	Q 32.768KHZ DT38	1
X11	Krystal	Q 8MHZ SMD HC-49S	1
—	Slot na SD kartu	SLOT-SD030	1
—	Krabička 3-modulová	U-KPDIN2 na DIN lištu	1

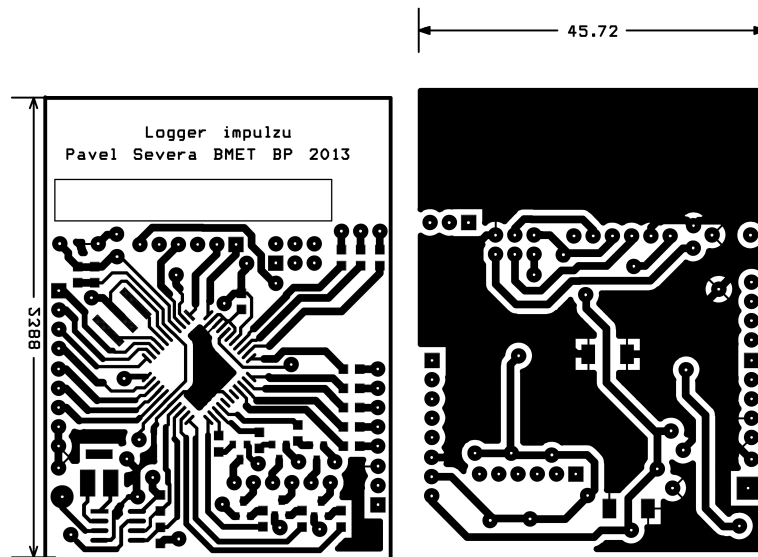
## B VÝROBNÍ PODKLADY DPS



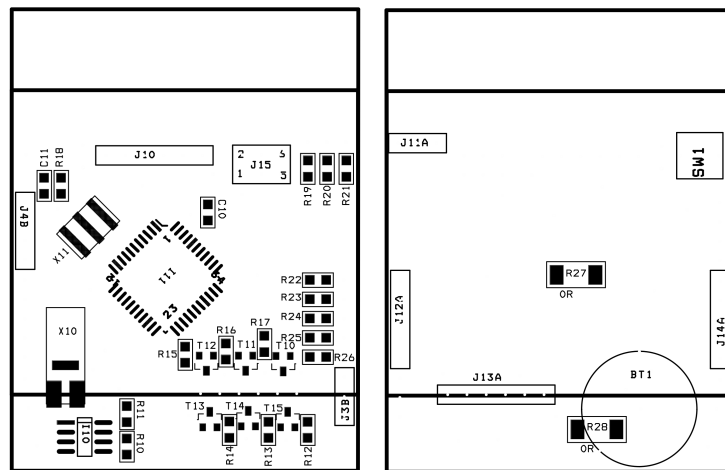
Obr. B.1: Vrchní DPS - spodní strana



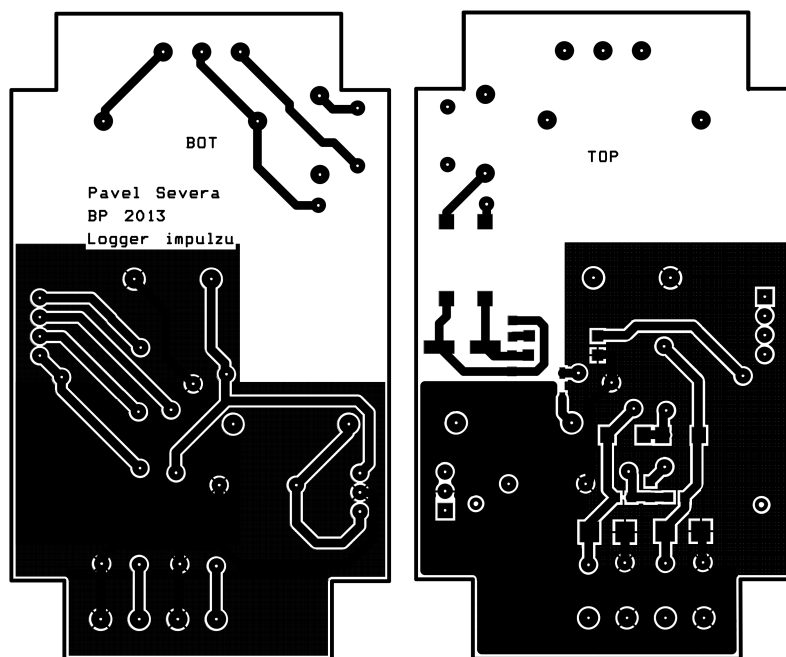
Obr. B.2: Vrchní DPS - rozložení součástek



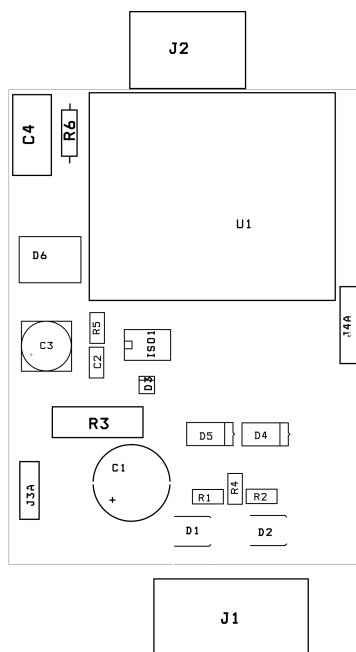
Obr. B.3: Střední DPS - vrchní a spodní strana



Obr. B.4: Střední DPS - vrchní a spodní strana - rozložení součástek



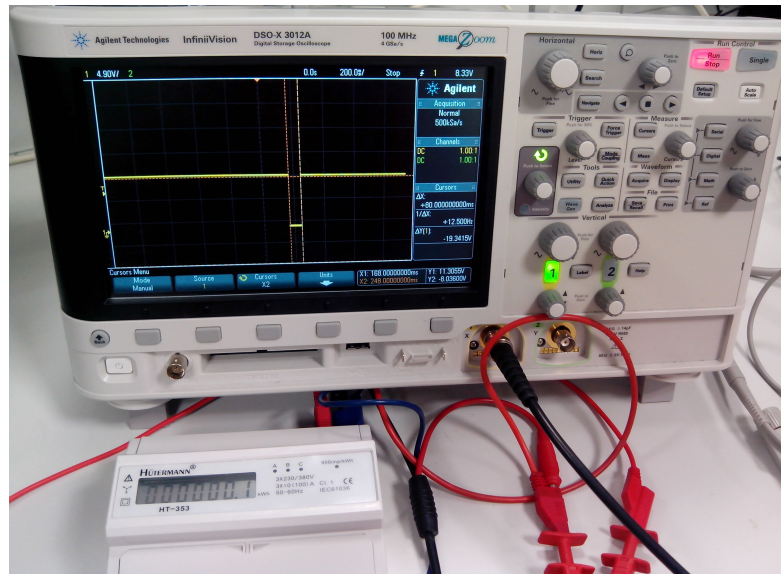
Obr. B.5: Spodní DPS - vrchní a spodní strana



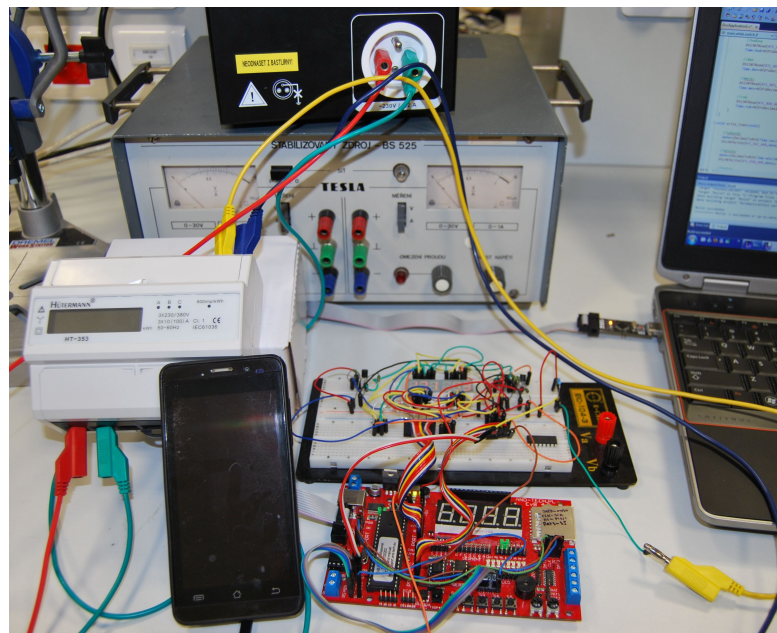
Obr. B.6: Spodní DPS - vrchní strana - rozložení součástek



## C FOTODOKUMENTACE



Obr. C.1: Měření výstupního signálu při napětí 3,3 V a odečet délky impulsu



Obr. C.2: Ověření funkčnosti odečítání impulsů z elektroměru