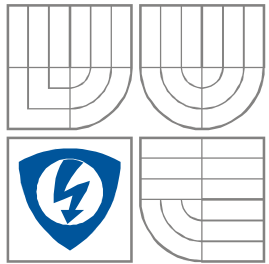


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND
COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

ŘÍZENÍ PROSTŘEDÍ S MIKROKONTROLÉREM ENVIRONMENT CONTROL WITH MICROCONTROLLER

BAKALÁŘSKÝ PROJEKT
BACHELOR'S PROJECT

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Martin Králíček

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Zbyněk Fedra, Ph.D.

BRNO, 2009

Abstrakt:

Tento bakalářský projekt pojednává o zařízení pro kontrolu a řízení životního prostředí pomocí mikrokontroléru. Díky tomuto zařízení by mělo být možné kontrolovat a řídit domácí životní prostředí např. pro rybičky, křečky, pavouky a další drobné živočichy.

Dále se v bakalářském projektu popisují jednotlivé části zařízení, z kterých je ECM-01 složeno. V projektu je popsána hlavní jednotka, krmící jednotka, jednotka relé s napájecím zdrojem a jednotlivé senzory.

Zařízení ECM-01 se skládá z několika funkčních bloků, které řídí hlavní mikrokontrolér. Funkční bloky obsahují měřicí čidla i akční jednotky. Volba bloků záleží na individuálním životním prostředí a také na uživateli. Uživatel si může zvolit které hodnoty potřebuje ovládat a měřit.

Abstract:

This bachelor project focuses on equipment for environment management and check with help of microcontroller. This equipment should enable us to check and manage home environment for example for goldfish, hamsters, spiders and other small pets.

Further on, this project describes individual parts of equipment which the ECM-01 consists of. ECM-01 is consists of general block, feed block, relay block with power supply and sensors.

The ECM-01 consists of several functional blocks which are controlled by the main microcontroller. The functional blocks contain measurement transducers and action units. The choice of blocks depends both on individual environment and the user. The user can choose which values he needs to control and measure.

Klíčová slova:

Mikrokontrolér, LCD displej, Atmel, AVR, AVR Studio, EEPROM, I²C, ATmega32, obvod reálného času, digitální potenciometr, senzory

The key words:

Microcontroller, LCD display, Atmel, AVR, AVR Studio, EEPROM, I²C, ATmega32, real-time, digital potentiometer, sensors

KRÁLÍČEK, M. *Řízení prostředí s mikrokontrolérem*: bakalářská práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 36.s., 10s příloh. Vedoucí bakalářské práce Ing. Zbyněk Fedra, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že svůj bakalářský projekt na téma „Řízení prostředí s mikrokontrolérem“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářského projektu 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 uvedeného bakalářského projektu dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením tohoto projektu jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 5. června 2009

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářského projektu Ing. Zbyňku Fedrovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mého bakalářského projektu.

V Brně dne 5. června 2009

.....
podpis autora

Obsah:

Úvod:	9
1 Požadavky:	10
1.1 Minimální požadavky:	10
1.2 Maximální požadavky:	10
1.3 Realizované požadavky:	10
2 Grafické znázornění EMC-01:	11
3 Blokové schéma ECM – 01:	12
3.1 Blokové schéma řízení prostředí s mikrokontrolérem:	13
4 Hlavní jednotka:	14
4.1 Mikrokontrolér:	14
4.1.1 Architektura AVR:	14
4.1.2 Prefetch a pipelining:	14
4.1.3 Časování jednocyklové instrukce:	15
4.1.4 Mikrokontrolér ATmega32:	16
4.1.5 Využití mikrokontroléru v EMC-01:	17
4.2 Displej LCD:	18
4.2.1 Funkce obrazovky LCD displeje:	19
4.2.2 Řadiče v LCD modulech:	20
4.2.3 Využití LCD v EMC-01:	20
4.3 EEPROM:	21
4.3.1 Funkce EEPROM:	21
4.3.2 Výběr a použití EEPROM pro EMC-01:	21
4.3.3 EEPROM 24FC1025:	22
4.4 Obvod reálného času:	23
4.4.1 Funkce DS3232:	23
4.4.2 Využití v EMC-01:	23
4.5 Digitální potenciometr:	24
4.5.1 Funkce AD5245:	24
4.5.2 Využití v ECM-01:	24
4.6 Software:	24
4.7 Rozmístění součástek na hlavní desce:	26
5 Krmicí jednotka:	27
5.1 Mechanická část:	27
5.1.1 Grafický model:	27
5.2 Elektrická část:	27
5.2.1 Software:	27
5.3 Realizace krmicí jednotky:	28
5.3.1 Mechanická část:	28
5.3.2 Elektrická část:	28
6 Senzory:	29
6.1 Teplotní senzor:	29
6.2 Senzor vlhkosti:	29
7 Jednotka relé s napájecím zdrojem:	30
7.1 Napájecí zdroj:	30
7.2 Jednotka relé:	30
7.2.1 Expandér I ² C:	30
7.3 Realizace jednotky:	31
8 I ² C:	32

8.1	Fyzická vrstva:.....	32
8.2	Logická vrstva:	32
8.3	Využití I ² C v ECM – 01:	33
9	Závěr:	34
10	Seznam použité literatury:	35
11	Přílohy:	37
11.1	Schéma hlavní jednotky:	37
11.2	Deska plošných spojů a osazení hlavní jednotky:	38
11.3	Schéma krmící jednotky:	40
11.4	Deska plošných spojů a osazení krmící jednotky:	40
11.5	Schéma jednotky relé:	41
11.6	Deska plošných spojů a osazení jednotky relé:	42
11.7	Schéma teplotního senzoru:	44
11.8	Deska plošného spoje a osazení teplotního senzoru:	44
12	Seznam použitých součástek:	45

Seznam obrázků:

Obrázek 1	Blokové schéma EMC-01	13
Obrázek 2	Zjednodušený výklad architektury AVR [4]	14
Obrázek 3	Časování přístupu do interní RAM [4]	15
Obrázek 4	Časování jednocyklové aritmeticko-logické instrukce [4]	15
Obrázek 5	Pouzdro TQFP ATmega32 [7].....	16
Obrázek 6	Rozložení vývodů ATmega32 v pouzdře TQFP [4].....	16
Obrázek 7	Blokové schéma displeje AT 12864 [6]	18
Obrázek 8	Vrstvy displeje LCD [7]	19
Obrázek 9	Rozložení a popis grafického LCD [7].....	19
Obrázek 10	Rozměry pixelů na LCD AT12864 [6].....	19
Obrázek 11	Foto displeje AT 12864 [5]	20
Obrázek 12	Obrázek na LCD AT 12864.....	20
Obrázek 13	Blokové schéma paměti EEPROM 24FC1025 [10]	22
Obrázek 14	Vnitřní zapojení DS3232	23
Obrázek 15	Vnitřní zapojení AD5245	24
Obrázek 16	Hlavní deska s displejem LCD	26
Obrázek 17	Hlavní deska bez LCD	26
Obrázek 18	Realizace mechanické části krmící jednotky	28
Obrázek 19	Krmící jednotka el. část top	28
Obrázek 20	Krmící jednotka el. část bottom.....	28
Obrázek 21	Vnitřní zapojení ADT75	29
Obrázek 22	Realizace teplotního senzoru	29
Obrázek 23	Senzor vlhkosti STH 15	29
Obrázek 24	Vnitřní zapojení MAX7329	30
Obrázek 25	Realizace jednotky relé s napájecím zdrojem.....	31
Obrázek 26	Struktura adresového rámce I ² C [8]	32
Obrázek 27	Schéma hlavní jednotky [11]	37
Obrázek 28	Horní vrstva desky plošných spojů 150x95mm [11].....	38
Obrázek 29	Spodní vrstva desky plošných spojů 150x95mm [11].....	38
Obrázek 30	Osazení desky plošných spojů [11]	39
Obrázek 31	Schéma krmící jednotky [11].....	40
Obrázek 32	Vrstva top DPS 58x28 [11].....	40
Obrázek 33	Vrstva bottom DPS 58x28 [11]	40
Obrázek 34	Osazení DPS vrstva top [11].....	40
Obrázek 35	Osazení DPS vrstva bottom [11]	40
Obrázek 36	Schéma jednotky relé [11]	41
Obrázek 37	Vrstva top DPS 142x75 [11].....	42
Obrázek 38	Vrstva bottom DPS 142x75 [11]	42
Obrázek 39	Osazovací plán DPS [11].....	43
Obrázek 40	Schéma zapojení teplotního senzoru [11].....	44
Obrázek 41	Vrstva top DPS 15x16 [11].....	44
Obrázek 42	Osazovací plán DPS [11].....	44

Seznam Tabulek:

Tabulka 1 Rozmístění hodnot v paměti EEPROM	22
Tabulka 2 Seznam součástek.....	45
Tabulka 3 Seznam součástek.....	46

Použité zkratky:

ECM-01	Environment control with microcontroller
μPC	Mikrokontroler
RAM	Random access memory
RICS	Reduced instruction set computing
MIPS	Million instructions per second
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
SRAM	Static Random Access Memory
JTAG	Joint Test Action Group
SPI	Serial Peripheral Interface Bus
USART	Universal asynchronous receiver/transmitter
I ² C	Inter-Integrated Circuit
TQFP	Thin Quad Flat Pack
BMPT	Mikroprocesorová technika
SDA	Synchronous Data
SCL	Synchronous Clock
LCD	Liquid crystal display
PDIP	Plastic Dual In-line Package

Úvod:

V následující bakalářské práci byl řešen problém řízení prostředí s mikrokontrolérem. Mikrokontrolér v zařízení řídí a hlídá nastavené hodnoty pro zvolené životní prostředí jako jsou akvária, terária a další. Zařízení, které je popisováno se skládá z LCD displeje s rozlišením 128x64 pixelů. Na displeji se zobrazují naměřené hodnoty jako např. teplota, vlhkost vzduchu, čas, datum a jiné hodnoty. Menu zařízení obsahuje možnosti nastavení libovolných funkcí podle kterých se bude prostředí řídit. Zařízení se skládá z již zmiňovaného LCD displeje, mikrokontroléru, ve kterém běží program vykonávající přednastavené funkce. Mikrokontrolér komunikuje s ostatními zařízeními (jako jsou čidla, aktivní jednotky a další) pomocí I²C sběrnice. Na I²C sběrnici jsou připojeny čidla měřící fyzikální vlastnosti, paměť pro uchování naměřených hodnot, hlídání reálného času a aktivní jednotky vykonávající požadovanou činnost. Dané jednotky lze přidávat či ubírat podle konkrétního prostředí. Výhledově je předpoklad komunikace se stolním počítačem k usnadnění nastavení a vyčítání naměřených hodnot, ze kterých lze nechat vykreslit grafy.

Řízení prostředí s mikrokontrolérem jsem vybral z důvodu domácího akvária, které mám ve svém pokoji doma a nemůžu se o něj během týdne starat. Zařízení by mělo požadované prostředí obstarávat po dobu fyzické nepřítomnosti majitele. Vzhledem k tomu, že člověk si od nepaměti snaží svou práci usnadnit, tak zařízení lze využívat i za přítomnosti majitele. A však jednou za určitou dobu je potřeba dané prostředí i zařízení vyčistit a doplnit zásoby.

1 Požadavky:

1.1 Minimální požadavky:

- Hlídání teploty v umělém životním prostředí.
- Krmení živočichů v umělém životním prostředí.
- Rozsvěcování a zhasnutí světla v prostředí.

1.2 Maximální požadavky:

- Hlídání teploty, zobrazování teploty na displeji ve °C, ukládání teploty pro možnost vykreslení grafů.
- Krmení živočichů, uživatelem nastavitelné dávkování, časování a počet cyklů za den.
- Rozsvěcování a zhasnutí světla s nastavitelnými intervaly aktivity.
- Jednoduché, přehledné a variabilní menu zařízení.
- Nastavení připojených jednotek a čidel.
- Příprava pro komunikaci se stolním počítačem přes RS232 nebo USB.
- Možnost ukládání naměřených údajů ze senzoru pro případné vyčítání.
- Udržení přesnosti nastavených úkolů v závislosti na reálném čase a ošetření při výpadku energie.
- Jednoduchá konstrukce, snadné a estetické připojování senzorů a akčních členů.
- Hlídání vlhkosti její zobrazování a ukládání pro terária.
- Snadné připojení do rozvodné sítě 230V.
- Oprava a eliminace nežádoucích chyb.

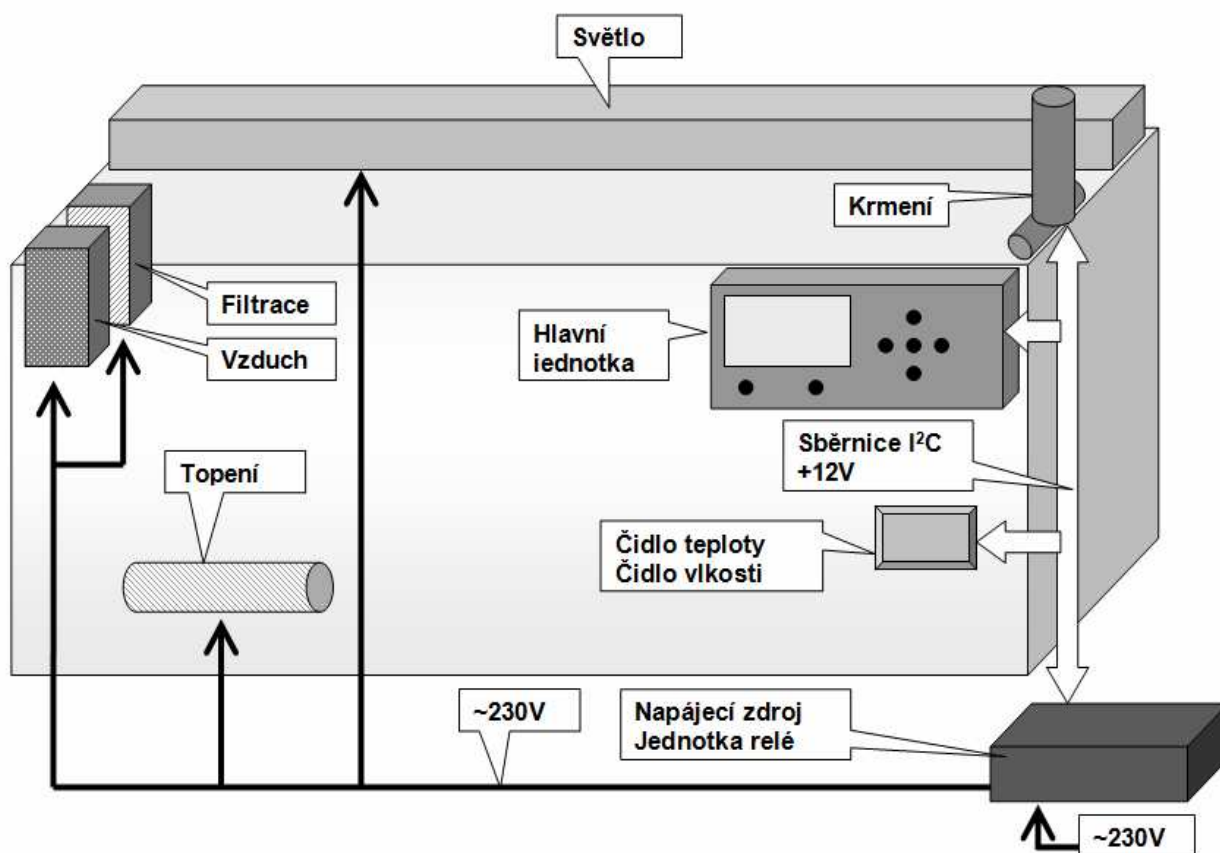
1.3 Realizované požadavky:

V bakalářském projektu jsou realizovány téměř všechny požadavky v maximální míře. Pouze komunikace se stolním počítačem nebyla uskutečněna z časových důvodů a vzniklé problémy kolem čidla vlhkosti zamezily jeho plné implementaci.

2 Grafické znázornění EMC-01:

Na níže uvedeném obrázku je graficky znázorněna aplikace samotného zařízení EMC-01 na životní prostředí. Samotné zařízení EMC-01 se skládá ze čtyř jednotek. Nejdůležitější jednotkou a samotným mozkem zařízení je hlavní jednotka. Lze v ní nastavit pomocí tlačítek a grafického displeje části celého zařízení jako je krmení, filtrace, svícení atd. Další jednotkou je krmicí jednotka, která komunikuje s hlavní jednotkou po sběrnici I²C a ta jí udává interval krmení a dávku potravy. Na sběrnici jsou také připojena samotná čidla měřící fyzikální veličiny např.: teplotu a vlhkost. Poslední částí je napájecí zdroj s jednotkou relé. Je zde použit malý transformátorový zdroj s výstupním napětím 12V. Jednotka relé spíná síťové napětí 230V, kterým jsou napájeny základní části životního prostředí. Všechny jednotky jsou obsluhovány po již zmiňované sběrnici I²C.

Jednotlivé jednotky jsou podrobně popsány v následujícím textu.



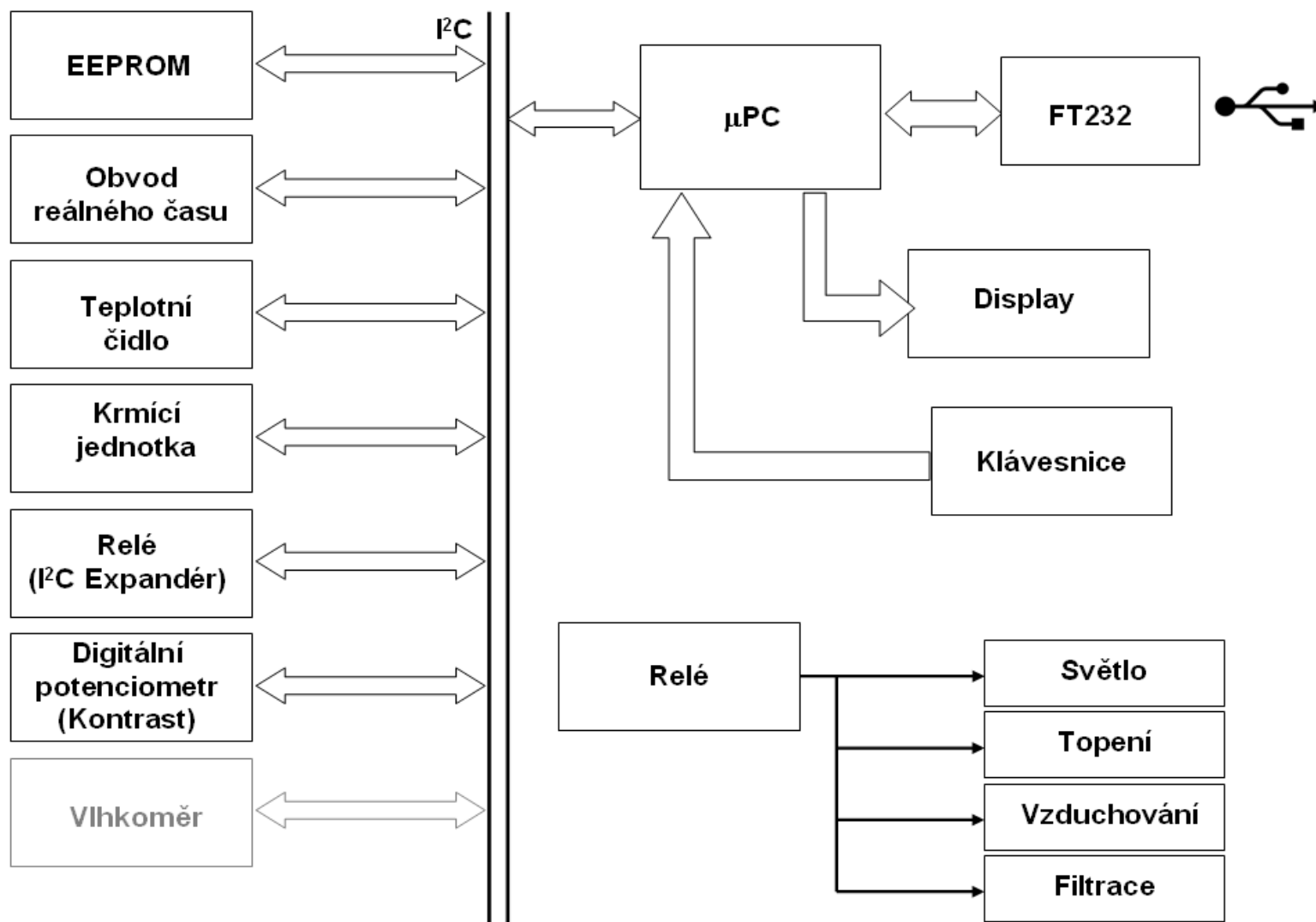
3 Blokové schéma ECM – 01:

Blokové schéma znázorňuje rozložení celého zařízení EMC-01 a komunikaci mezi samotnými bloky. Hlavním blokem ECM – 01 je mikrokontrolér ATmega32 od firmy Atmel. V mikrokontroléru je implementován program, který ovládá podružné části zařízení. K mikrokontroléru je připojen paralelní sběrnici grafický displej, na kterém jsou zobrazovány veškeré hodnoty a také menu nastavování. Dále jsou s ním spojena maticově uspořádaná tlačítka, kterými lze nastavovat jednotlivé akční části. Mikrokontrolér využívá dvě sériové komunikace. Sériovou komunikaci UART, která je převedena pomocí čipu FTDI na sběrnici USB. Díky tomuto je zařízení připraveno pro komunikaci se stolními počítači i notebooky, kde je sběrnice USB hojně využívána. Dále je využívána sériová komunikace I²C. Po sběrnici mikrokontrolér ovládá následující části:

- **Paměť EEPROM** - v paměti je uloženo veškeré uživatelské nastavení, obrázky využívané jako spořič displeje a je zde také vyhrazeno místo pro ukládání naměřených hodnot pro pozdější využití. Díky tomuto typu paměti jsou informace chráněny před případným výpadkem elektrické energie.
- **Obvod reálného času** – obstarává přesný čas a datum. Obvod je zálohován malou baterií, která zabrání ztrátě dat v obvodu při výpadku elektrické energie.
- **Teplotní čidlo** – je využíváno pro měření teploty vody či teploty vzduchu v prostředí
- **Krmicí jednotka** – je realizována mikrokontrolérem ATmega8 a mechanickou částí. Dávkuje potravu živočichům žijícím v malém životním prostředí.
- **Jednotka relé** – je realizována expandérem I²C, který spíná jednotlivá relé, které dále spínají síťové napětí k základním částem životního prostředí.
- **Digitální potenciometr** – potenciometrem je elektronicky nastavován kontrast LCD displeje.
- **Vlhkoměr** – je určen pro měření relativní i absolutní vlhkosti v životním prostředí.

V blokovém schématu jsou vyobrazeny všechny jednotky, které obsahuje koncové zařízení. Jednotky vyobrazené černou barvou jsou realizovány již nyní, jednotky vyobrazené barvou šedou jsou ve vývoji.

3.1 Blokové schéma řízení prostředí s mikrokontrolérem:



Obrázek 1 Blokové schéma EMC-01

4 Hlavní jednotka:

Hlavní jednotka obsahuje následující komponenty:

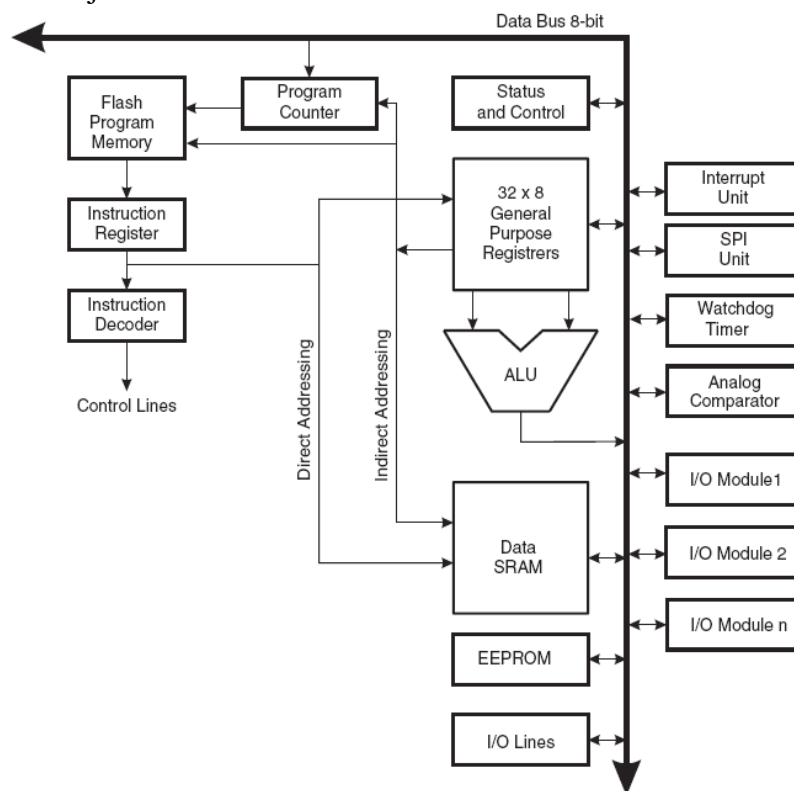
4.1 Mikrokontrolér:

V zařízení EMC-01 byl použit mikrokontrolér ATmega32 od firmy Atmel. Využití čipu od této firmy mi bylo doporučeno vedoucím projektu a také jsme tuto architekturu probírali v předmětu BMPT. Tento typ mikrokontroléru obsahuje všechny periférie, které jsou potřeba pro zařízení EMC-01. Proto byl zvolen k řízení EMC-01.

4.1.1 Architektura AVR:

Architektura vychází z koncepce rychle přístupného registrového pole, které obsahuje 32 registrů délky 8 bitů. Přístup do registrů je proveden v jednom strojovém cyklu. To znamená, že během jednoho strojového cyklu je možné vykonat jednu aritmeticko-logickou operaci. Operandy instrukce jsou načteny z registrů, operace je vykonána a výsledek uložen zpět do registrů. Toto vše zvládne procesor v jednom strojovém cyklu. Tato technologie dává mikrokontrolérům vysoký výpočetní výkon oproti architektuře 8051, která má instrukce o délce 12 hodinových cyklů.

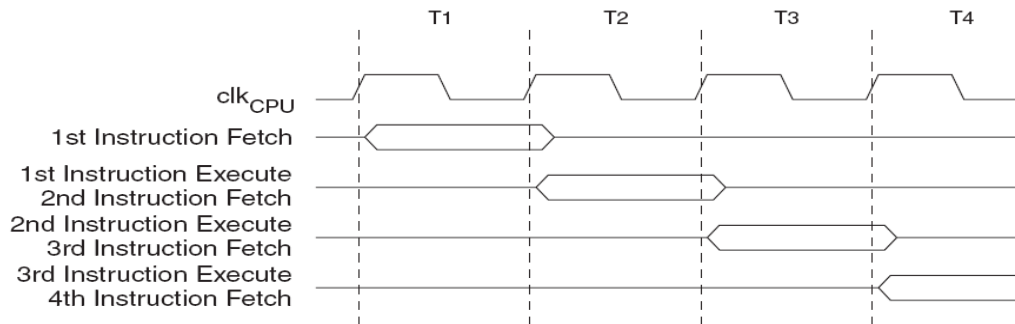
Vnitřní zapojení jednotlivých segmentů v mikrokontrolerech architektury AVR je vykresleno na následujícím obrázku - obrázek 2.



Obrázek 2 Zjednodušený výklad architektury AVR [4]

4.1.2 Prefetch a pipelining:

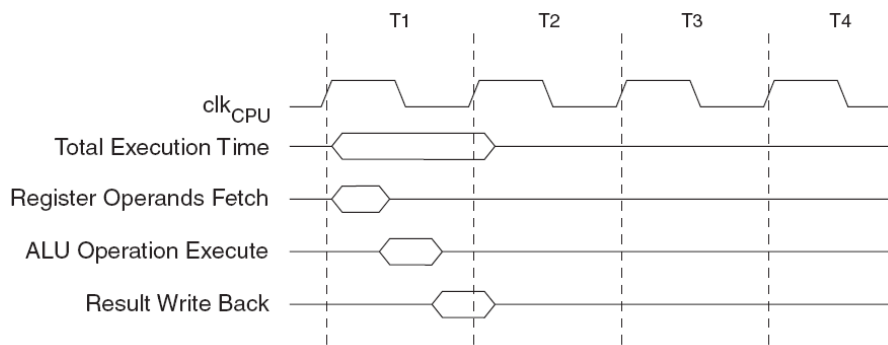
Mikrokontrolery AVR používají velmi primitivní (ale účinný) předvýběr instrukce (prefetch). Z programové paměti je nejdříve načtena první instrukce. V následujícím hodinovém cyklu se současně s prováděním této instrukce předvybírání druhá instrukce. V dalším hodinovém cyklu se načítá třetí instrukce a provádí druhá instrukce atd.



Obrázek 3 Časování přístupu do interní RAM [4]

4.1.3 Časování jednocyklové instrukce:

Oba operandy se načtou při náběžné hraně hodinového signálu. Žádaná aritmeticko-logická operace je provedena při sestupné hraně hodin. Obojí proběhne ve fázi předvýběru instrukce. Výsledek je uložen do cílového před náběžnou hranou následujícího hodinového impulzu. Takže další instrukce již pracuje s novou hodnotou registru.



Obrázek 4 Časování jednocyklové aritmeticko-logické instrukce [4]

4.1.4 Mikrokontrolér ATmega32:

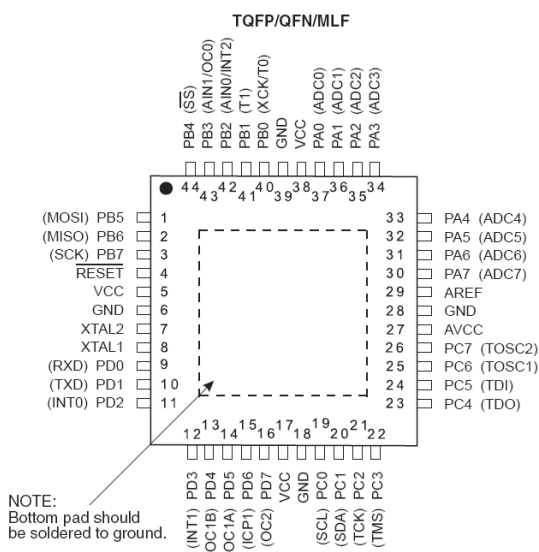
ATmega32 je osmibitový nízkopříkonový mikrokontroler postavený v architektuře AVR RISC. Tím, že vykonává jednu instrukci v jednom hodinovém cyklu dosahu 1MIPS na 1MHz. O časování je psáno v předchozím odstavci časování jednocyklové instrukce. V následujících odstavcích jsou vypsány vlastnosti mikrokontroleru ATmega32.

4.1.4.1 Vlastnosti ATmega32:

- 131 instrukcí obsahuje instrukční soubor
- 32 osmibitových pracovních registrů
- maximální výpočetní výkon 16MIPS při maximálním kmitočtu 16MHz
- 32KB programové paměti typu Flash
- 1024B datové paměti typu EEPROM
- 2KB vnitřní datové operační paměti typu SRAM
- data zůstávají uchována v pamětech 20let při 85°C nebo 100let při 25°C
- možnost zablokování programové paměti proti čtení či zápisu
- možnost programování pomocí rozhraní JTAG nebo SPI
- dva osmibitové časovače/čítače
- jeden šestnáctibitový časovač/čítač
- 4kanálová pulsně šířková modulace
- 8kanálový 10bitový A/D převodník
- analogový komparátor
- jednotky sériových komunikací USART, SPI, TWI (I²C)
- časovač Watchdog
- detekce poklesu napětí Power-on Reset
- možnost nastavení interního RC oscilátoru
- vnitřní a vnější přerušení
- šest módů spánku SLEEP MODE
- 32 programovatelných vstupně výstupních pinů
- typy pouzdra PDIP 40, TQFP 44
- možnosti napájení ATmega32A 2,7 – 5,5V



Obrázek 5 Pouzdro TQFP ATmega32 [7]



Obrázek 6 Rozložení vývodů ATmega32 v pouzdře TQFP [4]

4.1.4.2 Způsoby programování:

ATmega16 lze programovat klasickým paralelním způsobem nebo pomocí rozhraní SPI či pomocí rozhraní JTAG, které umožňuje ladění programu na čipu.

Při vývoji aplikace pro zařízení EMC-01 je nejčastěji používáno programovací rozhraní SPI. Rozhraní SPI sice nepodporuje krokování aplikace na čipu ani rychlý přesun dat jako paralelní programování, ale sběrnice SPI se ovládá celkem jednoduše. Umožňuje však programovat mikrokontroléry přímo v zařízení, tím se urychlí celý vývoj aplikace. Rozhraní umožňuje programovat obě vnitřní paměti jak Flash tak i EEPROM.

4.1.4.3 Prostředí pro vývoj aplikace:

Programovacích prostředí je nespočetně mnoho i jazyků pro vývoj aplikace je mnoho. Avšak nepoužívanější jazyky pro vývoj aplikace jsou JSA - jazyk symbolických adres a jazyk C. Řídící program pro aplikaci ECM-01 je vyvíjen v programu AVR Studio 4 s překladačem GCC pro jazyk C. Důvod výběru těchto programů byl prostý. Programy jsou zdarma ke stažení na stránkách Atmelu a vývoj aplikací byl probírán v předmětu BMPT.

4.1.5 Využití mikrokontroléru v EMC-01:

Pro mikrokontrolér ATmega32 je vyvíjena aplikace v jazyce C pro ovládání a řízení následujících prvků. Grafický LCD displej, matice tlačítek a další čipy, ke kterým je přístupováno po sběrnici I²C.

Knihovna popisující zvolený LCD displej nejprve uvolní porty A a B pro jeho ovládání. Port A je zvolen jako datový a port B je zvolen pro řízení zápisu na displej. Dále jsou v knihovně definovány jednotlivé piny portu B pro řízení LCD. Knihovna obsahuje funkce, které nastaví LCD displej pro zápis. Také funkce zápisu pro jeden nebo více znaků a funkci pro zápis grafických symbolů. Tato knihovna byla vytvořena speciálně pro tento druh LCD displejů.

Dále mikrokontrolér ovládá matici sedmi tlačítek. Pro vyčítání stisků jednotlivých tlačítek je uvolněna část portu C, jehož šest pinů určuje číslo stisknutého tlačítka. Funkce pro vyčítání čísla stisknutého tlačítka jsou uloženy také ve své knihovně. Knihovna definuje vstupní a výstupní piny portu C a jejich stavy. Také obsahuje funkce, které vrací číslo stisknutého tlačítka.

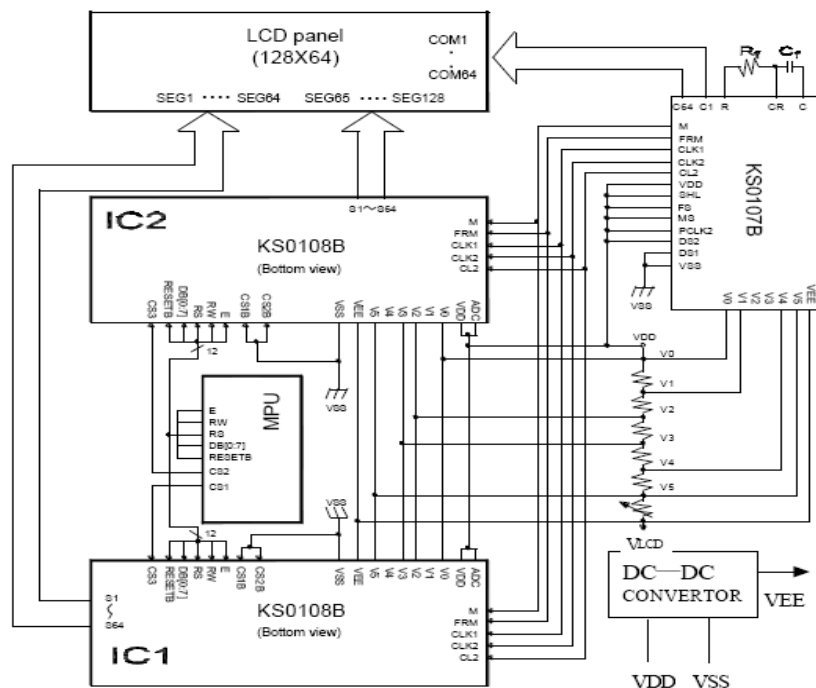
Další částí, kterou mikrokontrolér ovládá, je sběrnice I²C. Pro ovládání sběrnice byla knihovna po několika neúspěšných testech přejata od autora Petera Fleuryho. Knihovna ovládá stavy na sběrnici a zajišťuje vysílání a příjem dat z jednotlivých komponent.

Hlavní část programu v mikrokontroléru volá funkce z výše uvedených knihoven. Nyní hlavní program nejprve zajistí inicializaci displeje, tlačítek, sériové sběrnice a nastaví jednotlivá přerušení. Následuje vykreslení hlavní obrazovky a čekání na stisk tlačítka. Při testování tlačítek se také provádí aktualizace teploty (případně i jiné měřené veličiny) na hlavní stránce. Lze volit mezi dvěmi volbami Menu nebo Options. Po stisku tlačítka menu se na displeji objeví nabídka menu, ve které lze pomocí šipek listovat a vstupovat do jednotlivých nabídek. Menu obsahuje nastavení krmení, svícení, filtraci, vzduchování a topení. Každou část je možno aktivovat a deaktivovat. Složka krmení obsahuje počet kusů dávek a časovou prodlevu mezi dávkami. Ve složkách svícení, filtrace a vzduch je možno nastavit časovou délku aktivace zařízení a prodlevu mezi opětovnou aktivací zařízení. Záložka topení obsahuje pouze teplotu, která má být v prostředí udržována. Po stisku tlačítka ESC se program vrátí z nabídky menu opět do hlavní smyčky a vykreslí hlavní obrazovku. Po stisku tlačítka options se na LCD displej vypíše nabídka options. Nabídka obsahuje nastavení

jasu, kontrastu, svícení, hodin a spořiče. Nastavení jasu se provádí šipkami vpravo a vlevo a je aktualizováno okamžitě. Pro výstup z nastavení jasu lze využít tlačítek zpět nebo uložit. Jas displeje je nastavován pomocí modulace PWM, kterou je řízeno podsvícení LCD. Nastavování kontrastu je pro uživatele stejné jako nastavení jasu. Kontrast je však nastavován pomocí digitálního potenciometru. Další částí je nastavení svícení. Zde lze nastavit časovou prodlevu mezi posledním stiskem tlačítka a zhasnutím podsvícení LCD. Časovou prodlevu lze nastavit od 2 do 100 sekund. Nastavení hodin obsahuje nastavení samotných hodin, minut, dne, měsíce a roku. Při výstupu z této nabídky tlačítkem uložit se nastavené hodnoty uloží do obvodu reálného času. Poslední částí je spořič LCD. V nabídce spořiče je možno nastavit aktivitu spořiče, časovou prodlevu mezi posledním stiskem tlačítka a aktivací spořiče a samotný obrázek, kterým je spořič realizován. Časová prodleva má rozpětí od 1 až 15 minut. Nyní je možno si vybrat pouze ze tří obrázků. Jejich nabídka umožňuje náhled obrázku a jejich samotný výběr.

Zařízení využívá ještě pět podprogramů přerušení. Tři přerušení jsou využity od čítače časovače a dvě vnější přerušení. První přerušení od časovače (TIMER1_CAPT_vect) je využíváno k udržení běhu času v délce jedné sekundy. Čas na hlavní obrazovce je synchronizován s obvodem reálného času jednou za hodinu či při vyskočení z jakéhokoli menu. Druhé přerušení od časovače (TIMER1_COMPA_vect) zajišťuje zhasnutí podsvícení LCD po uplynutí nastavené prodlevy. Třetí přerušení od časovače (TIMER1_COMPB_vect) je spouštěno také každou sekundu a po uplynutí jedné minuty podprogram ověřuje sepnutí jednotlivých relé a nastavení spořiče LCD. Podprogram vnějšího přerušení je využíván k resetu uživatelského nastavení v případě nějakých nesrovnalostí. Druhé vnější přerušení indikuje alarm obvodu reálného času, který hlídá čas krmení.

4.2 Displej LCD:

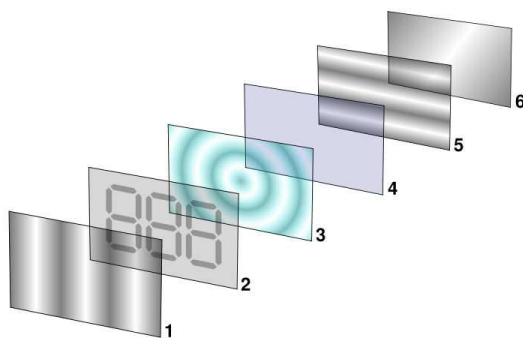


Obrázek 7 Blokové schéma displeje AT 12864 [6]

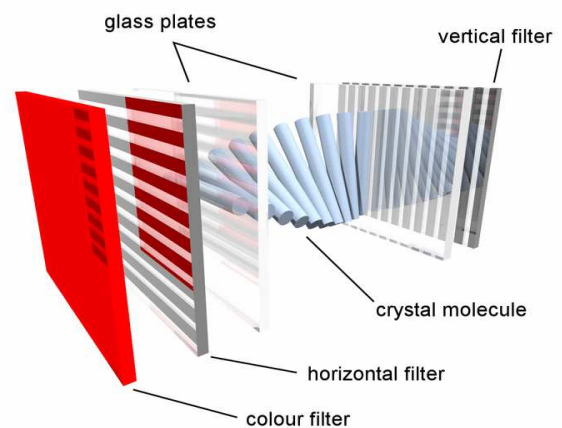
4.2.1 Funkce obrazovky LCD displeje:

LCD (Liquid crystal display) nebo-li displeje z tekutých krystalů jsou už samozřejmostí dnešní doby a potřeby zobrazování údajů téměř na každém kousku spotřební elektroniky. LCD je ploché zobrazovací zařízení složené z barevných nebo monochromatických krystalů určitého počtu. Počet krystalů v displeji určuje jeho rozlišení. LCD pro svou funkci vyžadují pouze malé množství energie a proto jsou využívány i v zařízeních, které napájí baterie.

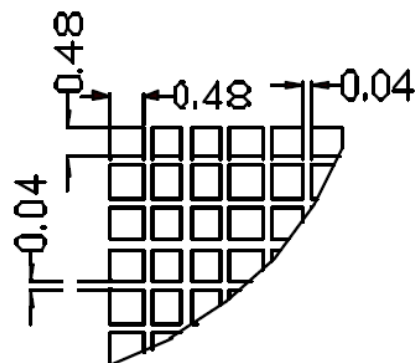
V každém LCD jsou molekuly tekutých krystalů uloženy mezi dvěma průhlednými elektrodami a dvěma polarizačními filtry. Osy polarizace jsou na sebe kolmé. Molekuly tekutých krystalů jsou bez elektrického proudu v chaotickém stavu. Při vpuštění elektrického proudu se molekuly krystalů srovnávají s mikroskopickými drážkami na elektrodách. Srovnané krystaly rotují procházející světlo a díky tomu světlo projde i druhým filtrem. Dále při vpuštění elektrického proudu do elektrod jsou molekuly tekutých krystalů taženy rovnoběžně s elektrickým polem, což snižuje rotaci vstupujícího světla. Pokud nejsou tekuté krystaly vůbec stočené, procházející světlo bude polarizováno kolmo k druhému filtru, a tudíž bude úplně blokováno a pixel se bude jevit jako nerozsvícený. Pomocí ovlivnění stočení krystalů v pixelu lze kontrolovat množství procházejícího světla, a tudíž i celkovou svítivost pixelu. Je obvyklé srovnat polarizační filtry tak, že bez přívodu elektrické energie jsou pixely průhledné a až při průchodu elektrického proudu se stanou neprůhlednými. Někdy je ovšem pro dosažení speciálních efektů uspořádání opačné.



Obrázek 8 Vrstvy displeje LCD [7]



Obrázek 9 Rozložení a popis grafického LCD [7]



Obrázek 10 Rozměry pixelů na LCD AT12864 [6]

4.2.2 Řadiče v LCD modulech:

Řadiče v LDC modulech slouží k jednodušší komunikaci s jednotkou displeje. Používané řadiče jsou T6963, ST7920 a KS107, které jsou nejvíce rozšířené na českém trhu. Tento řadič je také obsažen v displeji použitém v EMC-01.

Řadič KS 107 je jeden ze tří řadičů, které ovládají zobrazovací jednotku. Další řadiče mají označení KS 108. Čipy mají téměř totožnou funkci. KS 108 jsou dva a to z důvodu, že jeden z nich umí ovládat pouze 64 pixelů obrazovky v jedné rovině. Displej je tedy pomyslně rozdělen na dva displeje s rozlišením 64x64 pixelů. Každý čip má 64 výstupních pinů, kterými ovládá polarizaci jednotlivých pixelů na zobrazovací části displeje. Data jsou do řadiče posílána po jedno bajtových slovech. Každý řadič má paměť typu RAM, ve které jsou uloženy hodnoty vysílané na výstupy a také hodnoty instrukcí, které řídící čip. Čtení a zápis datových i instrukčních hodnot se provádí pomocí tří řídicích pinů RS, R/W a E. Bitem RS určujeme, zda chce komunikovat s registrem instrukcí či s datovým registrem. Bit R/W neboli read write určuje jestli bude do registru zapisováno či z něj bude čteno. A poslední pin E nebo-li enable dává pokyn k provedení dané operace na sestupnou hranu vysílaného signálu. Pomocí řadičů si můžeme vybrat místo na displeji, od kterého budeme zobrazovat. K tomuto úkonu slouží souřadnice Y a řádkové rozložení osmi řádků po osmi bitech na výšku.

Díky řadičům můžeme s displejem komunikovat zcela jednoduše buď přímo s PC nebo mikrokontrolerem.

4.2.3 Využití LCD v EMC-01:

Pro zobrazování informací na zařízení EMC-01 byl zvolen grafický monochromatický displej typu ATM12864D. Tento typ displeje byl zvolen z několika důvodů. Prvním z nich byly parametry displeje. Jednoduchá komunikace s mikrokontrolerem a nastavení vnitřních registrů. Přehledné zobrazování údajů na displeji a příjemný vzhled. Dalším důvodem byla samozřejmě cena displeje, tak jak u každého zařízení.

Na hlavní obrazovce displeje se zobrazují naměřené hodnoty z různých čidel. Dále také aktuální čas a hodnoty nastavené uživatelem. Další možností je zobrazení menu, ve kterém si uživatel může nastavit výstupní periférie zařízení s možností podmínky na vstupních hodnotách periférií.

Pro komunikaci byla vyvinuta již dříve zmiňovaná knihovna. Na displeji se podařilo zobrazovat jak grafické obrázky, tak i text. Do LCD je pouze zapisováno, čtení z displeje nebylo realizováno, protože tato funkce není potřebná k využívání v EMC-01. Displej je s mikrokontrolérem spojen třinácti vodiči. Osm vodičů přenáší paralelní data, která se zobrazují na LCD. Dalších pět bitů zajišťuje ovládání LCD. Ovládány jsou piny RS (určuje význam posílaných dat, zda jde o data určená k zobrazení nebo o data, která nastavují pozici kurzoru), E (tento pin ovládá zápis dat), CS1 a CS2 (určují na kterou část displeje se bude zapisovat) a pin K (katoda podnícení LCD, který je připojen přes NPN tranzistor na GND. Tranzistor je řízen PWM z mikrokontroléru.). Další piny jsou nastaveny primárně.



Obrázek 11 Foto displeje AT 12864 [5]



Obrázek 12 Obrázek na LCD AT 12864

4.3 EEPROM:

EEPROM nebo-li Electronically Erasable Programmable Read-Only Memory je elektricky mazatelná paměť typu ROM-RAM. Paměť má omezený počet zápisů a používá se jako úložiště dat v zařízeních, kde nedochází k velmi častému přepisu hodnot.

4.3.1 Funkce EEPROM:

Pro výrobu pamětí se používá speciálních tranzistorů vyrobených technologií MNOS. Jedná se o tranzistory na jejichž řídicí elektrodě je nanese vrstva nitridu křemíku a pod ní je umístěna tenká vrstva oxidu křemičitého. Buňka paměti pracuje na principu tunelování elektrického náboje na přechod těchto dvou vrstev. Zápis dat se provádí přivedením záporného napětí na příslušný adresový vodič. Tranzistor se otevře a vznikne v něm velké prahové napětí. Vymazání paměti provedeme přivedením kladného napětí na adresovací vodič, tím se sníží tunelový náboj a prahové napětí poklesne. Při čtení z paměti přivedeme na adresovací vodič záporný impuls a tranzistor s malým prahovým napětím se otevře a vede proud, zatímco tranzistor s velkým napětím zůstane zavřený.

4.3.2 Výběr a použití EEPROM pro EMC-01:

Pro zařízení EMC-01 byla vybrána paměť typu EEPROM s označením 24FC1025 od firmy Microchip. Podmínkou výběru byla paměť EEPROM s podporou komunikace na sběrnici I²C a SMD pouzdro. Microchip byl zvolen, protože od nich byly objednány i jiné součástky. Velikost používaného paměťového modulu je 1Mbit = 128kB. Paměťový modul je rozdělen na dva segmenty o velikosti 512kbitů. Do každého segmentu se přistupuje jako do dvou samostatných součástek. Dále je každý paměťový segment rozdělen na 500 stránek po 128byjttech.

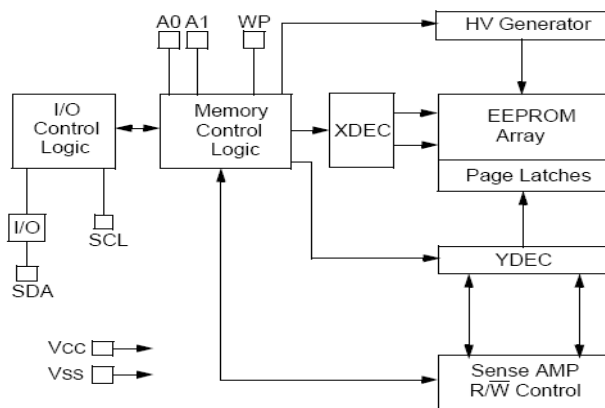
Paměťovému modulu byla nastavena adresa pomocí vnějších vývodů. Adresa se skládá ze čtyř částí. První část adresy je dána výrobcem (1010), druhá část adresy je bit B1, kterým je vybírán segment paměti o velikosti 512kbitů. Třetí část adresy je volena vnějšími piny, v zařízení EMC-01 je zvolena kombinace 01. Čtvrtou částí adresy je bit R/W, kterým se určuje jestli se bude z paměti číst nebo do ní zapisovat.

Rozložení dat umístěných v paměti je podle následující tabulky Tabulka[1]. První paměťový modul má následující rozložení. Na první stránce je uloženo uživatelské nastavení jako jsou hodnoty jasů, kontrastu atd. Stránka také obsahuje nastavení menu jako jsou hodnoty minut a hodin pro jednotlivé úkoly. Na druhé stránce jsou uloženy ikony využívané v části options. Třetí stránka je vyhrazena na zatím neurčenou funkci. Od čtvrté stránky je paměť připravena na ukládání naměřených fyzikálních hodnot. V druhém paměťovém modulu jsou uloženy obrázky, které jsou využívány jako spořič displeje. Zbytek paměti druhého modulu nemá žádnou specifikaci.

Strana	Data	Adresa	Hodnoty
1	Options/Menu	0x0000	Jas
2	Ikony	0x0001	Kontrast
3	Vyhrazeno	0x0002	Svícení
4	Naměření data	0x0003	Prodleva - spořič
:		0x0004	A/Nčíslo obrázku
		:	
500		0x0040	Aktivace
		0x0041	Dávka krmení
		0x0042	Min. krmení
		0x0043	Min. svícení
		0x0044	Min. filtrace
		0x0045	Min. vzduch
		0x0046	Min.p. svícení
	8	0x0047	Min.p. filtrace
9	Obrázek_2	0x0048	Min.p. vzduch
:		0x0049	Hod. krmení
16		0x004A	Hod. svícení
17	Obrázek_3	0x004B	Hod. filtrace
:		0x004C	Hod. vzduch
24		0x004D	Hod.p. svícení
25	Nespecifikováno	0x004E	Hod.p. filtrace
:		0x004F	Hod.p. vzduch
500		0x0050	Teplota

Tabulka 1 Rozmístění hodnot v paměti EEPROM

4.3.3 EEPROM 24FC1025:



Obrázek 13 Blokové schéma paměti EEPROM 24FC1025 [10]

4.3.3.1 Vlastnosti paměti 24FC1025:

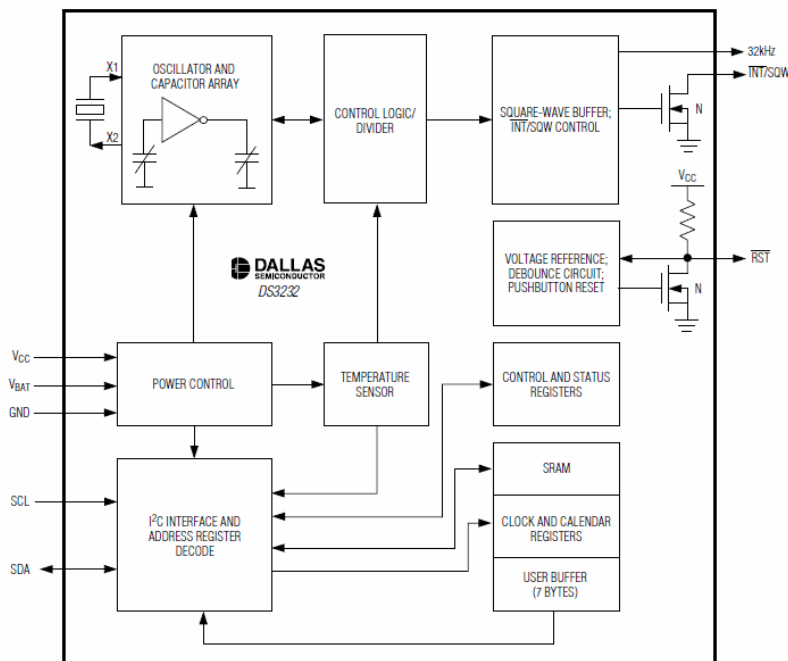
- možnost napájení 2,5 – 5,5V
- vyrobena technologií CMOS, v klidovém stavu odebírá proud 100nA
- podpora komunikace po sběrnici I²C
- podpora pro rychlosti hodinového signálu 100kHz, 400kHz i 1MHz
- délka zápisu stránky 3ms
- délka stránky v interním bufferu je 128 bajtů
- typy vyráběných pouzder PDIP a SOIJ
- okolní teplota součástky je od -40°C do +85°C

4.4 Obvod reálného času:

Obvod zajišťuje udržování údaje o aktuálním čase. Je to obvod často známý jako RTC (Real-time clock). Je hojně využíván nejen ve stolních počítačích, ale také v elektronických zařízeních, kde je důležitá informace o přesném čase. Obvod je často zálohován malou baterií nebo kondenzátorem s vyšší kapacitou. Pro zařízení ECM-01 byl zvolen obvod reálného času DS3232 od firmy Maxim.

4.4.1 Funkce DS3232:

Obvod DS3232 je integrovaný obvod, který se stará o přesné udržování reálného času. DS3232 má integrovaný vnitřní krystalový výbrus. Dokáže pracovat v teplotním rozmezí od -40 do +85 °C. Napájecí rozsah je 2.8 – 5,5V. Obvod obsahuje dva alarmy, komunikaci I²C s maximální frekvencí 400MHz, teplotní senzor a paměť typu SRAM. Hodnoty hodin a data jsou v obvodu ukládány v BCD kódu.



Obrázek 14 Vnitřní zapojení DS3232

4.4.2 Využití v EMC-01:

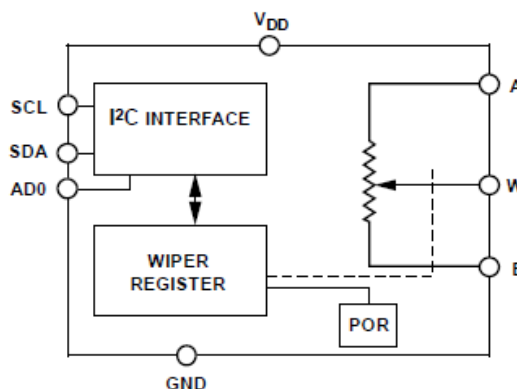
Obvod reálného času je využíván pro uchování a běh přesného času. Je zálohován malou baterií. V obvodu je ještě využíván jeden alarm, který generuje přerušování do hlavního mikrokontroléru. V alarmu je nastaven čas, kdy bude probíhat krmení.

4.5 Digitální potenciometr:

Je obvod, který umožňuje elektronické nastavení rezistorů. Obvod obsahuje nějaký typ komunikace např.: I²C, SPI atd. Dále má tři vývody jako klasický manuální potenciometr a samozřejmě musí být napájen. Obvody se vyrábí pro různé rozsahy napětí, s různou rezistivitou a různým počtem kroků nastavování rezistivity. Pro zařízení byl vybrán digitální potenciometr od firmy Analog devices s označením AD5245.

4.5.1 Funkce AD5245:

- 256 nastavovacích pozic
- rezistivita 5k Ω
- teplotní rozsah -40 až +125°C
- napájecí rozsah 2,7 až 5,5V
- rozhraní I²C komunikace
- pouzdro SOT-23-8



Obrázek 15 Vnitřní zapojení AD5245

4.5.2 Využití v ECM-01:

Digitální potenciometr je v zařízení ECM-01 využíván k digitálnímu nastavování kontrastu displeje LCD. Hodnoty odporu potenciometru jsou zasílány po sběrnici I²C a potenciometr je nastavován v rozsahu 0 – 5V. Tento napěťový rozsah však nevyhovuje pro nastavování kontrastu, proto byl za potenciometr zařazen operační zesilovač v invertujícím zapojení se zesílením $A = 2$. Operační zesilovač je napájen +12V, které jsou rozvedeny mezi jednotkami a -10V, které dodává DC/DC měnič umístěný na displeji LCD.

4.6 Software:

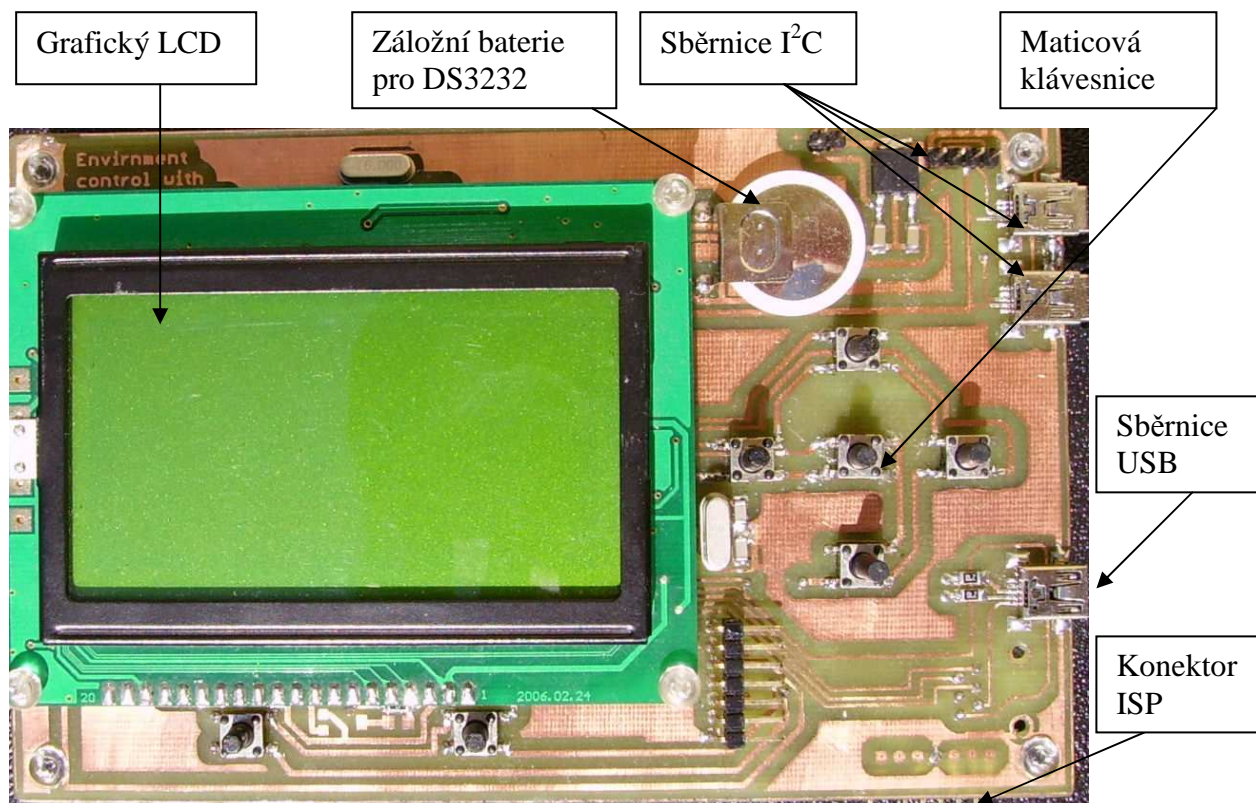
Software hlavní jednotky je převážně celý vytvořen na míru ECM-01. Skládá se z hlavního programu, který nejprve ziniculuje jednotlivé části a potom testuje tlačítka a načítá naměřené hodnoty. Dále hlavní knihovna programu obsahuje podprogramy přerušení. Hlavní knihovna také využívá podružné knihovny, které byly vytvořeny pro větší přehlednost programu. Mezi takové knihovny patří:

- **Displej_vys.c** – obsahuje funkce pro ovládání grafického LCD např.: Souradnice(x,x), Znaky_LCD(x,x), Clar_LCD(x), Obrazek(x,x,x,x,x) atd.
- **Obrazovky.c** – obsahuje funkce, které vykreslují jednotlivé stránky na LCD. Stránky jsou vykreslovány postupně při procházení jednotlivých menu. Mezi takové funkce patří např.: Hlavni_str(), Stranka_menu(), Radek_menu(), Stranka_nastav() atd.
- **Tlačítka.c** – obsahuje funkce na testování stisknutých tlačítek např.: Start_tlacitka() a Test_tlac().
- **Vystupy.c** – obsahuje funkce obstarávající externí části jako jsou expandér, teplotní čidlo atd. Mezi takové funkce patří: Expand(x), Jas(x), Kontrast(x) atd. Dále také je zde celé funkční větvení menu. Pomocí switchů se ve funkcích Menu_aqua(x) a Options(x) nastavují jednotlivé proměnné zařízení ECM-01. Zajišťují funkční a skákání mezi jednotlivými stránkami menu a nastavení.

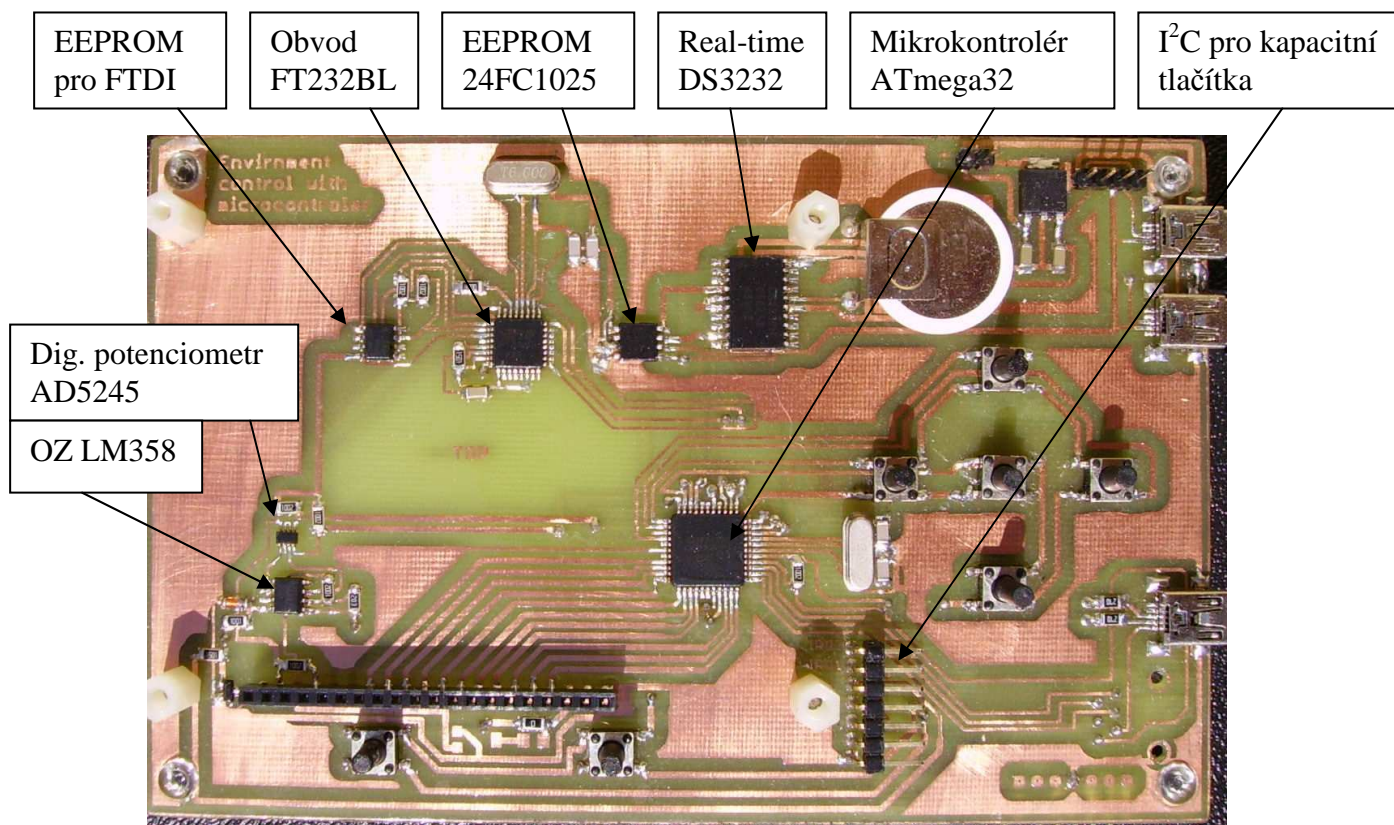
- **Twimaster.c** – obsahuje funkce, které obstarávají jednotlivé stavy na sběrnici i2c např.: `i2c_init()`, `i2c_start_wait(x)`, `i2c_write(x)` atd.

Všechny zde zmiňované knihovny byly speciálně vytvořeny pro zařízení ECM-01. Výjimku tvoří pouze poslední zmiňovaná knihovna `Twimaster.c`, která byla stažena z internetu od tvůrce Petra Fleuryho [15].

4.7 Rozmístění součástek na hlavní desce:



Obrázek 16 Hlavní deska s displejem LCD



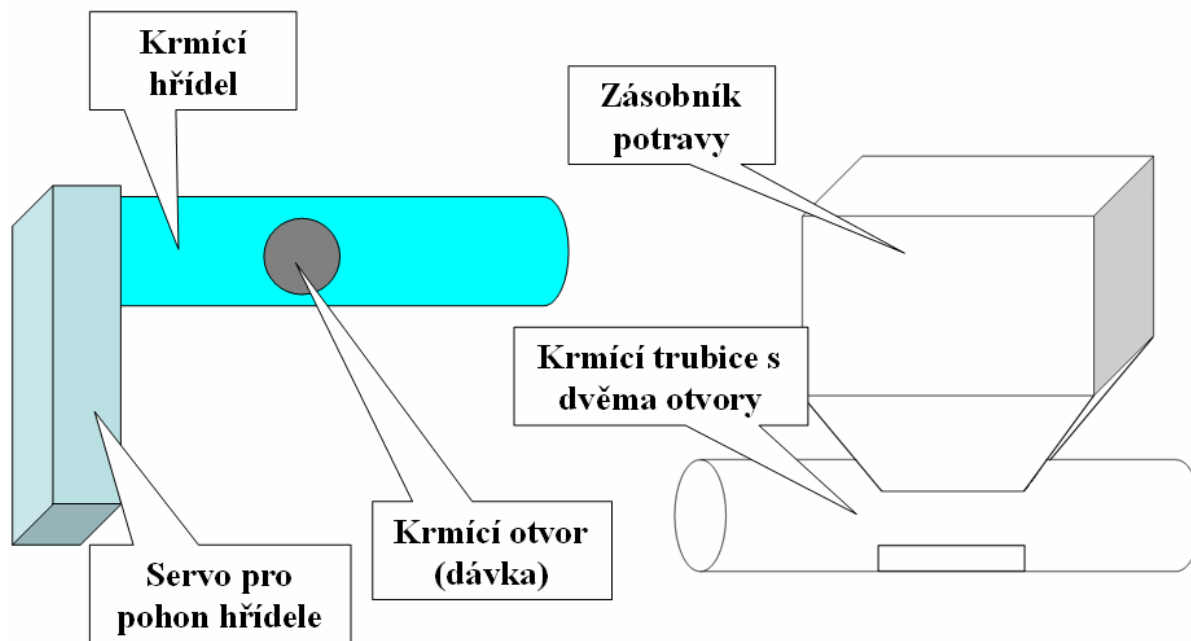
Obrázek 17 Hlavní deska bez LCD

5 Krmicí jednotka:

Krmicí jednotka se skládá ze dvou částí mechanická část a elektrická část.

5.1 Mechanická část:

5.1.1 Grafický model:



Grafický model se skládá z krmicí trubice se dvěma otvory. Trubice je vyrobena z umělé hmoty. K ní je připevněn zásobník potravy, který je realizovaný jednoduchým plastovým trychtýřem. Oba komponenty jsou slepeny dohromady. Do trubice se zasune krmicí hřídel, která je vyrobena ze silonu. Hřídel je vysoustružena přesně na velikost vnitřního otvoru trubice. V hřídeli je vyvrtán krmicí otvor, který určuje dávku potravy. K hřídeli je přišroubováno modelářské servo, které otáčí hřídel z polohy zásobníku do polohy s volným otvorem kde se potrava uvolní do životního prostředí - především akvária. Celé zařízení je přišroubováno k nosné konstrukci, která se jednoduše zahákne za okraj nádoby.

5.2 Elektrická část:

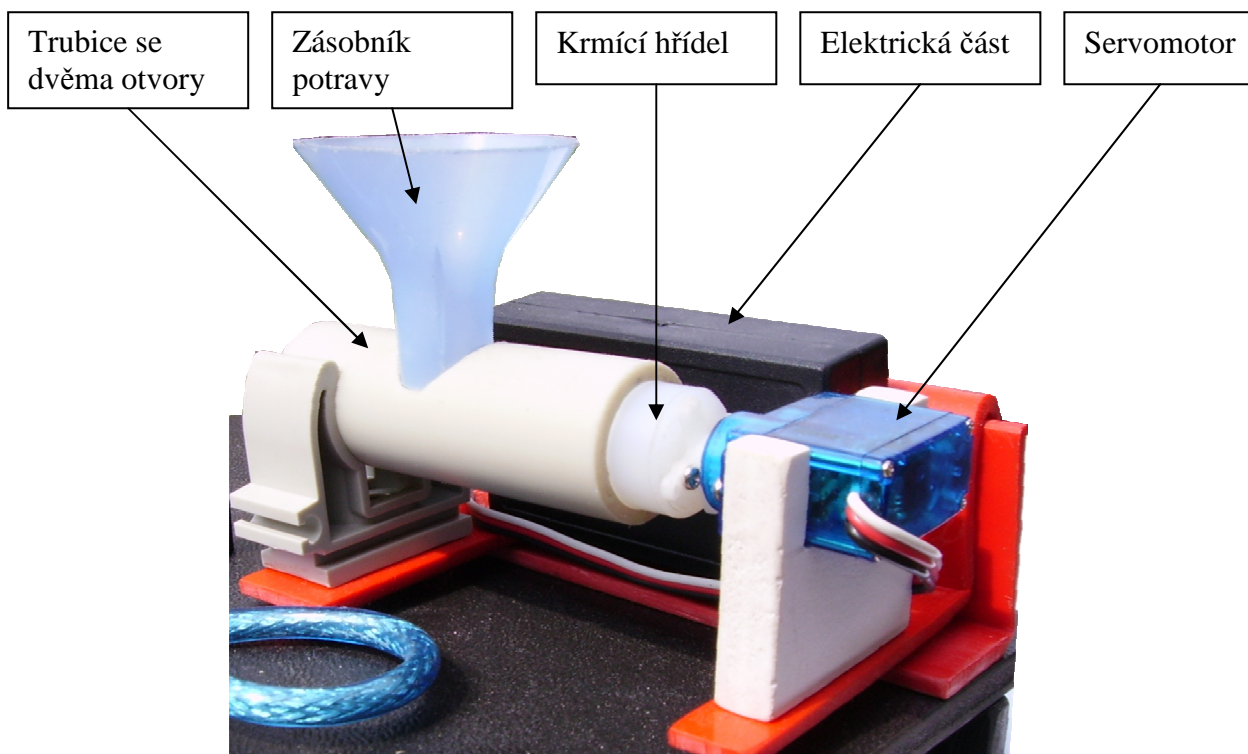
Elektrická část má za úkol zajišťovat komunikaci s hlavní jednotkou a pohyb mechanické části. Je vytvořena deskou plošného spoje, který obsahuje stabilizátor na příslušné napětí, rozhraní pro komunikaci na sběrnici I²C, rozhraní pro ovládání servomotoru a v neposlední řadě mikrokontrolér ATmega8, který zajišťuje všechny operace. Mikrokontrolér obsahuje jednoduchý program, který přijme počet otočení servomotoru od hlavní jednotky. Pomocí modulace PWM mikrokontrolér otáčí servomotorem nahoru a dolů. Po provedení příkazu mikrokontrolér čeká na další data od hlavní jednotky a tedy i na další krmicí interval.

5.2.1 Software:

Software do krmicí jednotky není moc obsáhlý. Skládá se pouze z hlavní knihovny, která obsluhuje jak sběrnici I²C, tak i servomotor pohybující s mechanickou částí. Při adresaci krmicí jednotky se vyvolá přerušení od sběrnice I²C, které nahraje přijatou hodnotu do globální proměnné. Po návratu z přerušení program uskuteční přijatý počet dávek krmění.

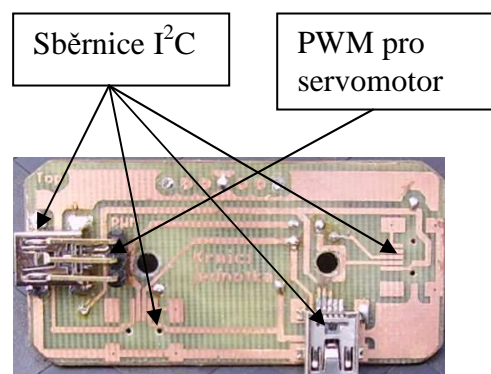
5.3 Realizace krmící jednotky:

5.3.1 Mechanická část:

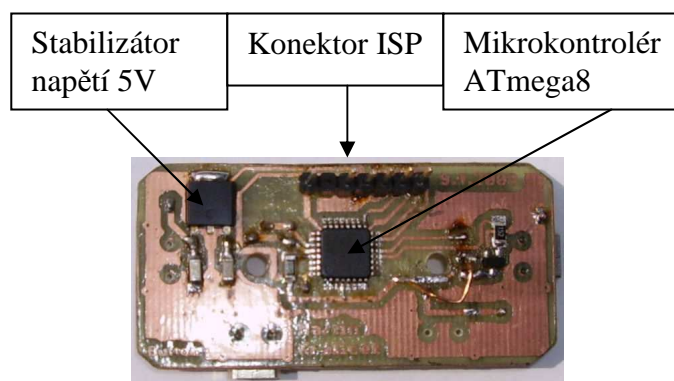


Obrázek 18 Realizace mechanické části krmící jednotky

5.3.2 Elektrická část:



Obrázek 19 Krmící jednotka el. část top



Obrázek 20 Krmící jednotka el. část bottom

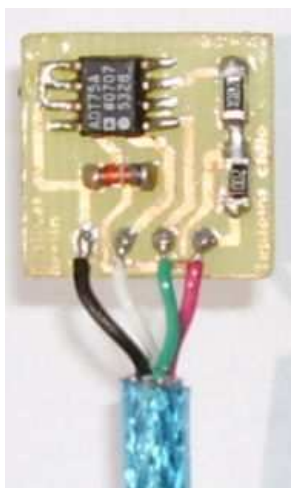
6 Senzory:

6.1 Teplotní senzor:

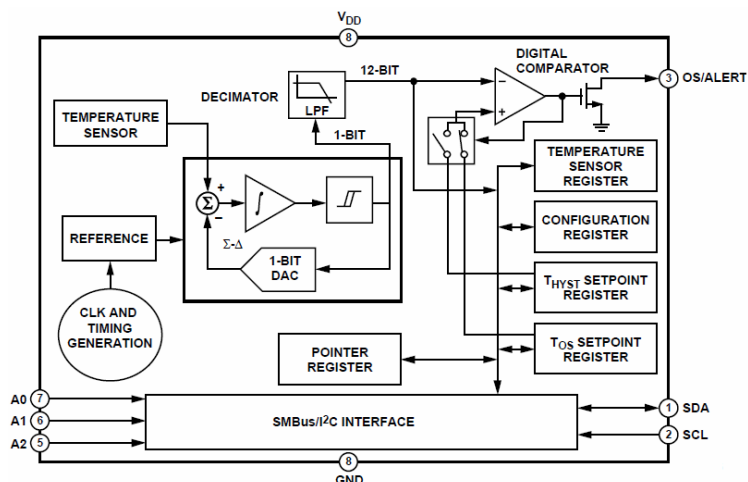
Pro zařízení EMC-01 byl zvolen teplotní senzor od firmy Analog devices ADT75. Je využíván pro měření teploty vody nebo vzduchu v životním prostředí. Na základě naměřených hodnot je ovládáno topné těleso.

Vlastnosti ADT75:

- rozlišení až 12bitů
- operační teplota -55 až 125°C
- přijatý výkon 79μW při 3,3V
- teplotní rozlišení 0,0625°C
- pouzdro SOIC-8



Obrázek 22 Realizace teplotního senzoru



Obrázek 21 Vnitřní zapojení ADT75

6.2 Senzor vlhkosti:

Senzor vlhkosti je určen pro měření absolutní i relativní vlhkosti u terárií. V závislosti na měřené vlhkosti lze spouštět akční člen zvyšující vlhkost v životním prostředí. Pro zařízení ECM-01 byl vybrán po dlouhém hledání senzor od firmy Sensirion STH 15.

Z časových důvodů a problémy při výběru a objednávání senzoru je možné, že jeho činnost nebude realizována během bakalářského projektu. Zařízení ECM-01 je spíše určeno pro řízení akvárií, kde jeho činnost je zbytečná.



Obrázek 23 Senzor vlhkosti STH 15

7 Jednotka relé s napájecím zdrojem:

7.1 Napájecí zdroj:

Je realizován transformátorem ze síťového napětí na nízké napětí 12V. Transformátor má maximální výstupní proud 500mA a je vybaven usměřovačem. Hodnoty transformátoru odpovídají požadavkům pro činnost zařízení ECM-01. Zdroj je ještě dodatečně jištěn skleněnou pojistkou 250V/100mA.

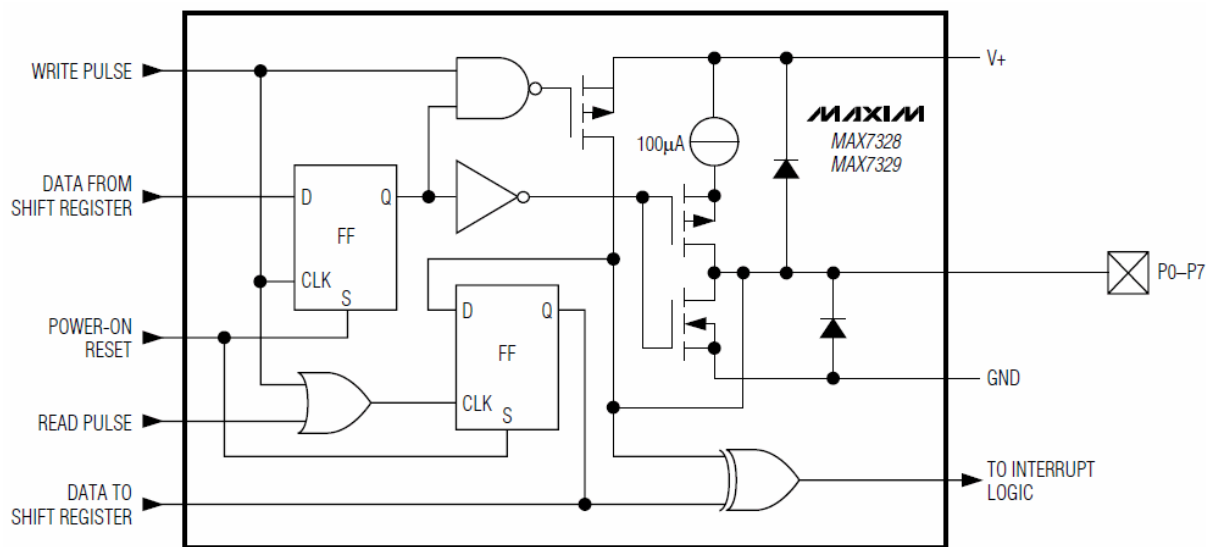
7.2 Jednotka relé:

Jednotka relé je určena k obsluze akčních členů využívající síťové napájení. Je realizována expandérem I²C, který zajišťuje komunikaci s hlavní jednotkou. Expandér dále spíná pomocí tranzistorů PNP jednotlivá relé.

7.2.1 Expandér I²C:

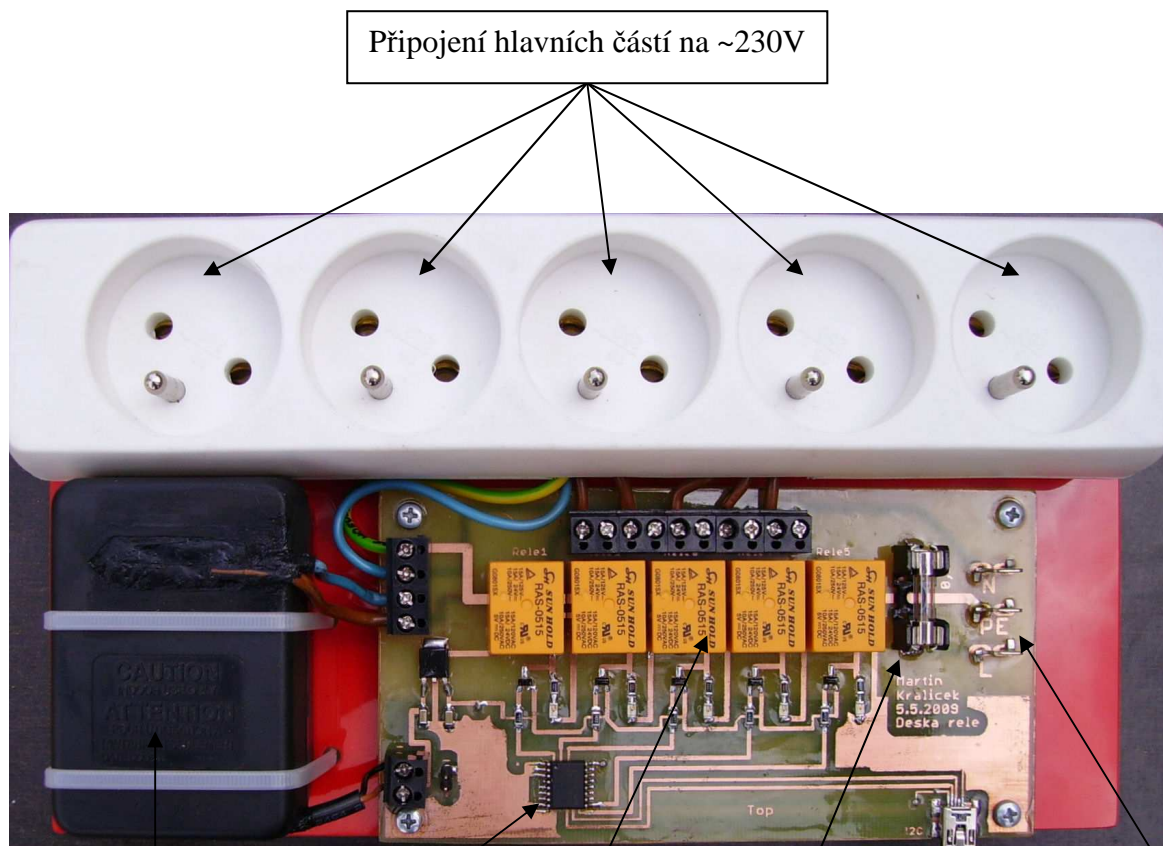
Pro realizaci v zařízení ECM-01 byl vybrán expandér MAX7329 od firmy Maxim. Vlastnosti MAX7329:

- napájecí rozsah 2,5 – 5,5V
- rozhraní I²C s maximální rychlostí 100kHz
- 8 bitový vstupně/výstupní port s otevřeným kolektorem
- teplotní rozsah -40 až +125°C
- pouzdro 16 Wide SO
- možnost přerušení při změně na portu



Obrázek 24 Vnitřní zapojení MAX7329

7.3 Realizace jednotky:



Připojení hlavních částí na ~230V

Obrázek 25 Realizace jednotky relé s napájecím zdrojem

Transformátor 12V 500mA	I ² C Expandér	Relé spínající zásuvky	Pojistka na 100mA	Rozhraní I ² C	Připojení do sítě ~230V
----------------------------	------------------------------	---------------------------	----------------------	---------------------------	----------------------------

8 I²C:

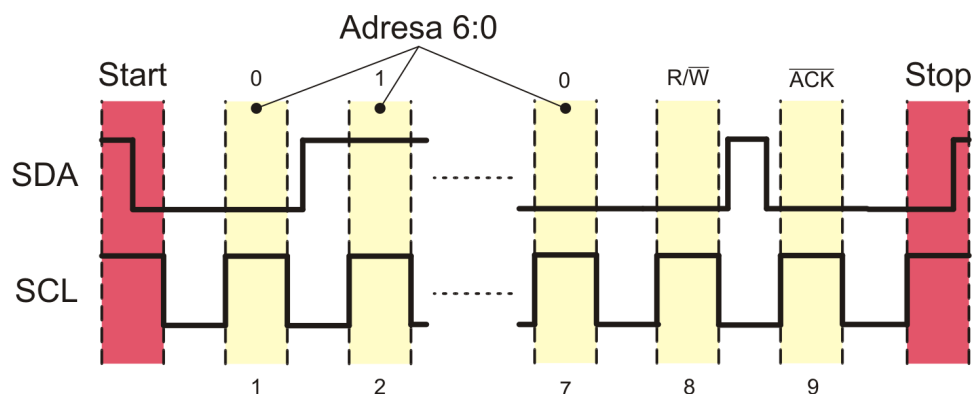


Inter-Integrated Circuit je sériová sběrnice vyvinutá firmou Philips. Je používána pro spojení nízkorychlostních zařízení na základních deskách např. u mobilních telefonů, televizí a podobných zařízeních. Od 1. října 2006 nejsou vyžadovány žádné licenční poplatky pro implementaci, avšak zpoplatněné je přidělování adres pro slave zařízení. Sběrnice rozděluje připojená zařízení na master, která zahajují a ukončují komunikaci a slave, které obsluhují master.

8.1 Fyzická vrstva:

Tvoří ji dva vodiče SDA (Synchronous Data) datový kanál a SCL (Synchronous Clock) hodinový signál. Maximální délka vodičů je omezena pouze jejich kapacitou, která nesmí přesáhnout hodnotu 400pF. Oba kanály jsou zapojeny se společným kolektorem a musí být připojeny tzv. pull-up rezistorem ke kladnému napájecímu napětí (obvykle +5V). V klidném stavu, kdy na vodičích nejsou žádná data je sběrnice ve stavu H (nebo-li log 1). Při přenášení datových bitů platí pravidlo, že hodnota datového bitu na vodiči SDA se může měnit pouze v dobu, kdy hodnota na vodiči SCL nabývá úrovně L (log. 0). Toto pravidlo je porušeno pouze v případech vysílání START a STOP bitů.

I²C komunikace neumožňuje duplexní přenos dat v jednom časovém okamžiku data vysílat a zároveň přijímat. Má však několik verzí, které se liší kmitočtem na vodiči SCL. Nyní existují tři verze rychlosti komunikace a to: 100kHz, 400kHz a 3,4MHz. Záleží jen na uživateli, kterou rychlost zvolí a na podpoře rychlosti zařízeními. I²C komunikace umožňuje připojit na sběrnici až 128 zařízení. Každé zařízení má sedmibitovou nebo desetibitovou adresu, která je dána většinou z části pevně výrobcem a z části nastavitelná uživatelem.



Obrázek 26 Struktura adresového rámce I²C [8]

8.2 Logická vrstva:

Komunikaci na sběrnici začíná i končí obvod master. Tento obvod generuje i hodinový signál na vodiči SCL. Perioda signálu je určena nastavením komunikační rychlosti sběrnice. Komunikace na sběrnici se začíná tzv. START bitem a ukončuje se tzv. STOP bitem, oba stavy jsou vidět na obrázku 7.

Všechny adresové pakety jsou na I²C sběrnici posílány v 9ti bitových slovech. V prvních 7dmi bitech je vysílána adresa zařízení, se kterým chce master komunikovat. Všechna zařízení připojená na tuto sběrnici porovnávají tuto adresu s vlastní adresou. Osmý bit určuje,

zda se bude z vybraného zařízení číst R/W = 1 nebo se bude do zařízení zapisovat R/W = 0. Devátým bitem potvrzuje slave komunikaci s mastrem na základě shody vysílané adresy. Tento bit se nazývá ACK a je vysílán v úrovni H. Přijímaná stanice přenos potvrdí tím, že jej stáhne na hodnotu L.

Dále po sběrnici následují pakety dat, které jsou opět tvořeny devíti bity. Prvních osm bitů tvoří data. Směr toku dat určil již dříve zmiňovaný bit R/W. Přenos paketu je potvrzen devátým bitem ACK od přijímacího zařízení.

8.3 Využití I²C v ECM – 01:

Komunikační protokol I²C byl zvolen pro EMC-01 z těchto důvodů. Prvním z nich je možnost připojení velkého počtu zařízení. V ECM-01 bude celkem asi sedm zařízení připojených na sběrnici. Díky protokolu I²C by komunikace s nimi měla probíhat celkem jednoduše a spolehlivě. Master bude zastoupen mikrokontrolérem ATmega32, který bude řídit komunikaci mezi ostatními podřízenými zařízeními. Dalším důvodem je možnost případného rozšíření o další měřící jednotky na přání uživatele. A v neposlední řadě estetická úprava sběrnice.

Sběrnice se skládá ze dvou datových vodičů. Také je potřeba ke každé jednotce přivést napájení. Propojení jednotlivých komponentů se provede čtyřžilovým kabelem. Výhodou je sériové řazení komponentů a díky tomu není potřeba po ECM – 01 rozvádět velké množství kabeláže, jako by tomu bylo při zvolení například paralelní komunikace.

Test sběrnice a komunikace se všemi připojenými zařízeními proběhla bez větších obtíží. Spojení se podařilo navázat se všemi zařízeními připojenými na sběrnici.

9 Závěr:

Tato bakalářská práce seznamuje se zařízením pro kontrolu a řízení malého domácího životního prostředí. Zařízení by mělo být dostupné pro běžné uživatele, kteří nemají tolik času se starat o svoje miláčky.

V projektu jsou popsány jednotlivé jednotky, z kterých se zařízení ECM-01 skládá. Jednotky jsou rozebrány na jednotlivé součástky a jejich funkce pro zařízení ECM- 01 jsou vysvětleny. Při realizaci zařízení nevznikly žádné závažné problémy, které by bránily jeho dokončení. Vzhledem k rozsáhlosti ECM-01 a studiem programování mikrokontrolérů AVR bylo na jeho realizaci poměrně málo času, proto jsou některé části zařízení nedotažené do úplného konce.

Od svého projektu očekávám řízení a kontrolu svého akvária. Zařízení je navrženo tak, aby hlídalo a řídilo fyzikální veličiny v životním prostředí. Jeho funkčnost a praktičnost se však ukáže až po dokončení bakalářského projektu.

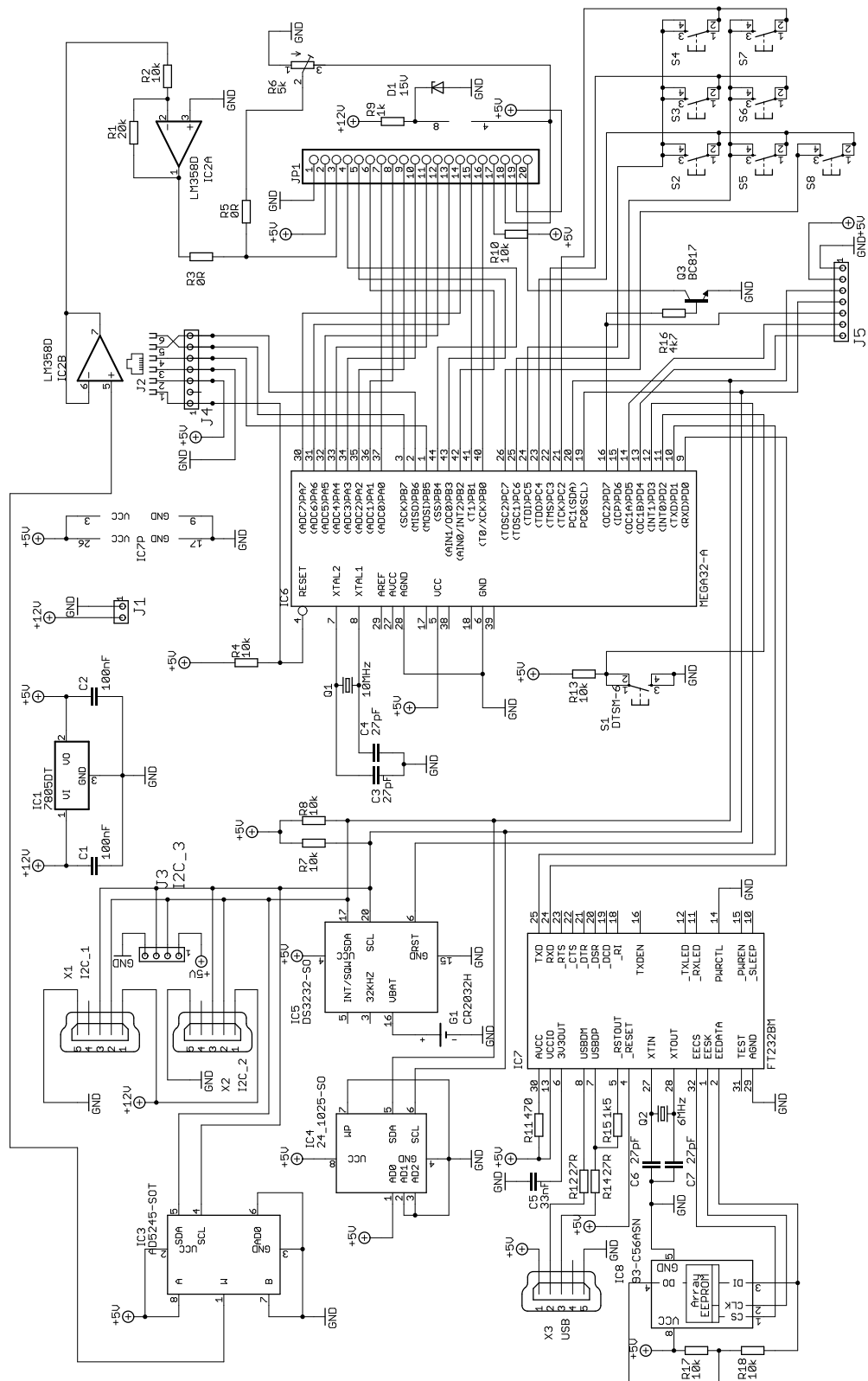
10 Seznam použité literatury:

- [1] Matoušek David, Práce s mikrokontroléry ATMEL AVR – Atmega16 BEN – technická literatura, ISBN 80-7300-174-8
- [2] Matoušek David, Práce s inteligentními displeji LCD BEN – technická literatura, ISBN 80-7300-121-7
- [3] Katalogový list I2C expandér MAX7329 [online] Dallas semiconductor Maxim [cit. 27.5. 2009] Dostupné na:
<http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX7328-MAX7329.pdf>
- [4] Katalogový list mikrokontroléru ATmega32 [online] Atmel Corporation [cit. 20.12. 2008] Dostupné na:
http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc8154.pdf
- [5] Katalogový list převodník USB <-> RS23 FT232BM [online] FTDI chip [cit. 27.5. 2009] Dostupné na:
http://www.ftdichip.com/Documents/DataSheets/DS_FT232BM.pdf
- [6] Katalogový list grafického LCD displeje ATM12864D [online] [cit. 20.12. 2008] Dostupné na:
http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/513/513-118/dsh.513-118.1.pdf
- [7] Wikipedie, otevřená encyklopedie [online] [cit. 27.5. 2009] Dostupné na:
<http://cs.wikipedia.org>
- [8] Přednášky předmětu BMPT vypracované Ing. Tomášem Frýzou, Ph.D. [online] VUT [cit. 27.5. 2009] Dostupné na:
<https://www.vutbr.cz/elearning/course/view.php?id=77077>
- [9] Katalogový list operační zesilovač LM358 [online] STMicroelectronics [cit. 27.5. 2009] Dostupné na:
<http://www.st.com/stonline/products/literature/ds/2163/lm358.pdf>
- [10] Katalogový list paměti EEPROM typu 24FC1025 [online] Microchip [cit. 20.12. 2008] Dostupné na:
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21941F.pdf>
- [11] Eagle online, oficiální stránky prostředí pro výrobu plošných spojů [online] [cit. 27.5. 2009] Dostupné na:
<http://www.elcad.cz>
- [12] Katalogový list obvodu reálného času DS3232 [online] Dallas semiconductor Maxim [cit. 27.5. 2009] Dostupné na:
<http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS3232.pdf>

- [13] Katalogový list digitálního potenciometru AD5245[online] Analog device
[cit. 27.5. 2009] Dostupné na:
http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD5245.pdf
- [14] Katalogový list teplotního čidla ADT75 [online] Analog device
[cit. 27.5. 2009] Dostupné na:
http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADT75.pdf
- [15] Zdroj knihovny pro ovládání sběrnice i2c. [online] Peter Fleury
[cit. 27.5. 2009] Dostupné na:
<http://jump.to/fleury>

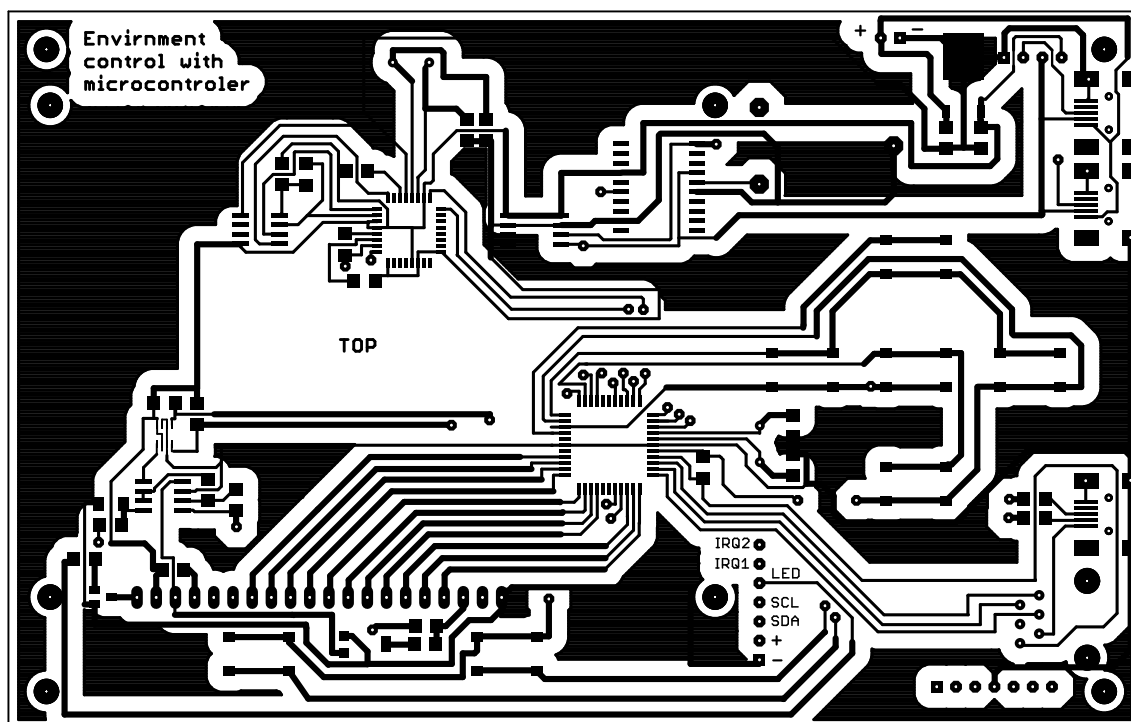
11 Přílohy:

11.1 Schéma hlavní jednotky:

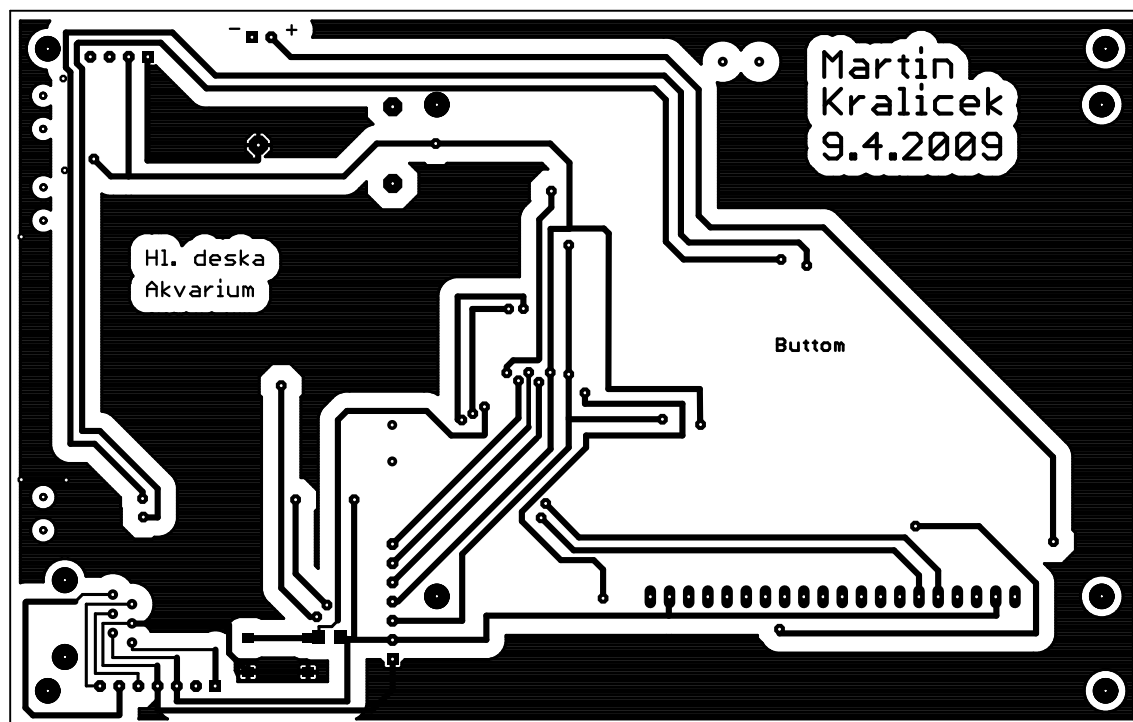


Obrázek 27 Schéma hlavní jednotky [11]

11.2 Deska plošných spojů a osazení hlavní jednotky:

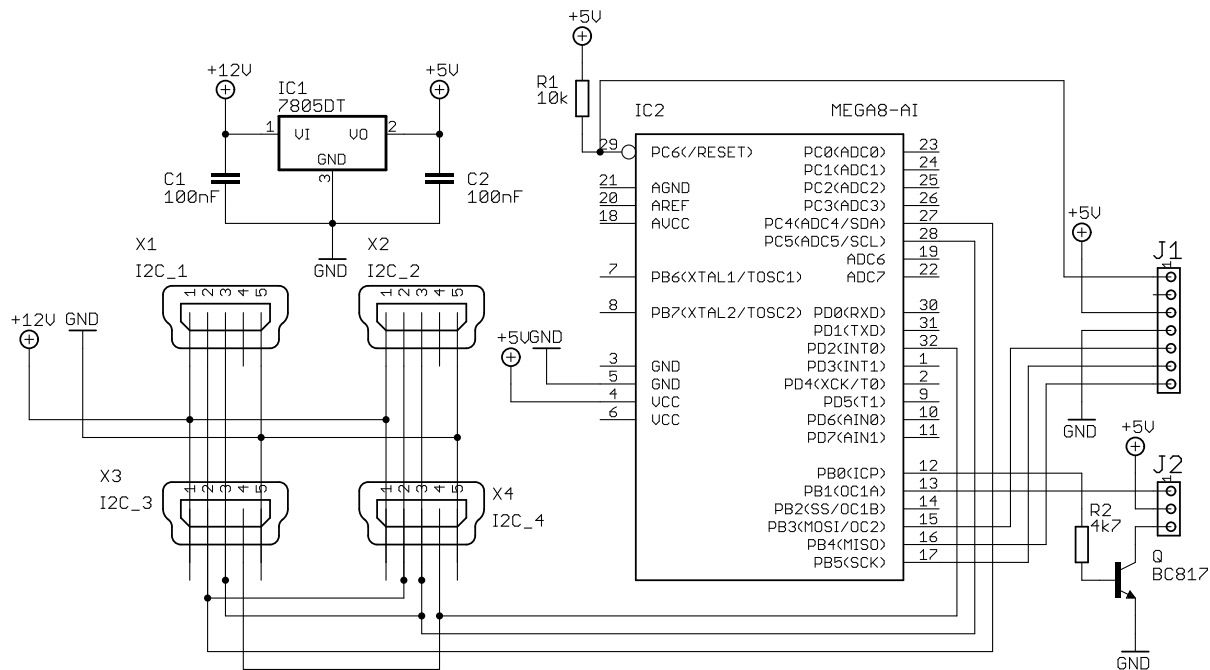


Obrázek 28 Horní vrstva desky plošných spojů 150x95mm [11]



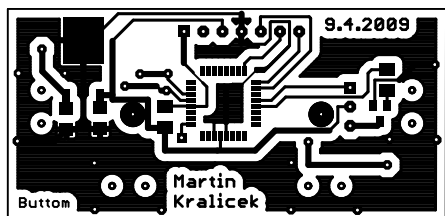
Obrázek 29 Spodní vrstva desky plošných spojů 150x95mm [11]

11.3 Schéma krmící jednotky:

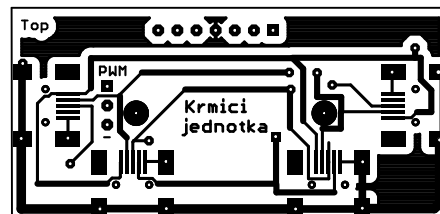


Obrázek 31 Schéma krmící jednotky [11]

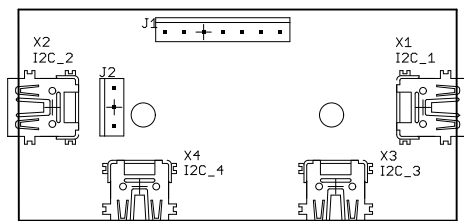
11.4 Deska plošných spojů a osazení krmící jednotky:



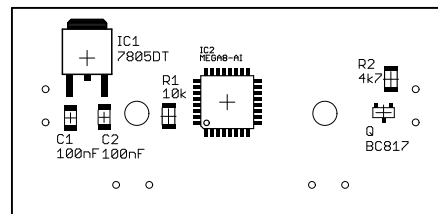
Obrázek 32 Vrstva top DPS 58x28 [11]



Obrázek 33 Vrstva bottom DPS 58x28 [11]

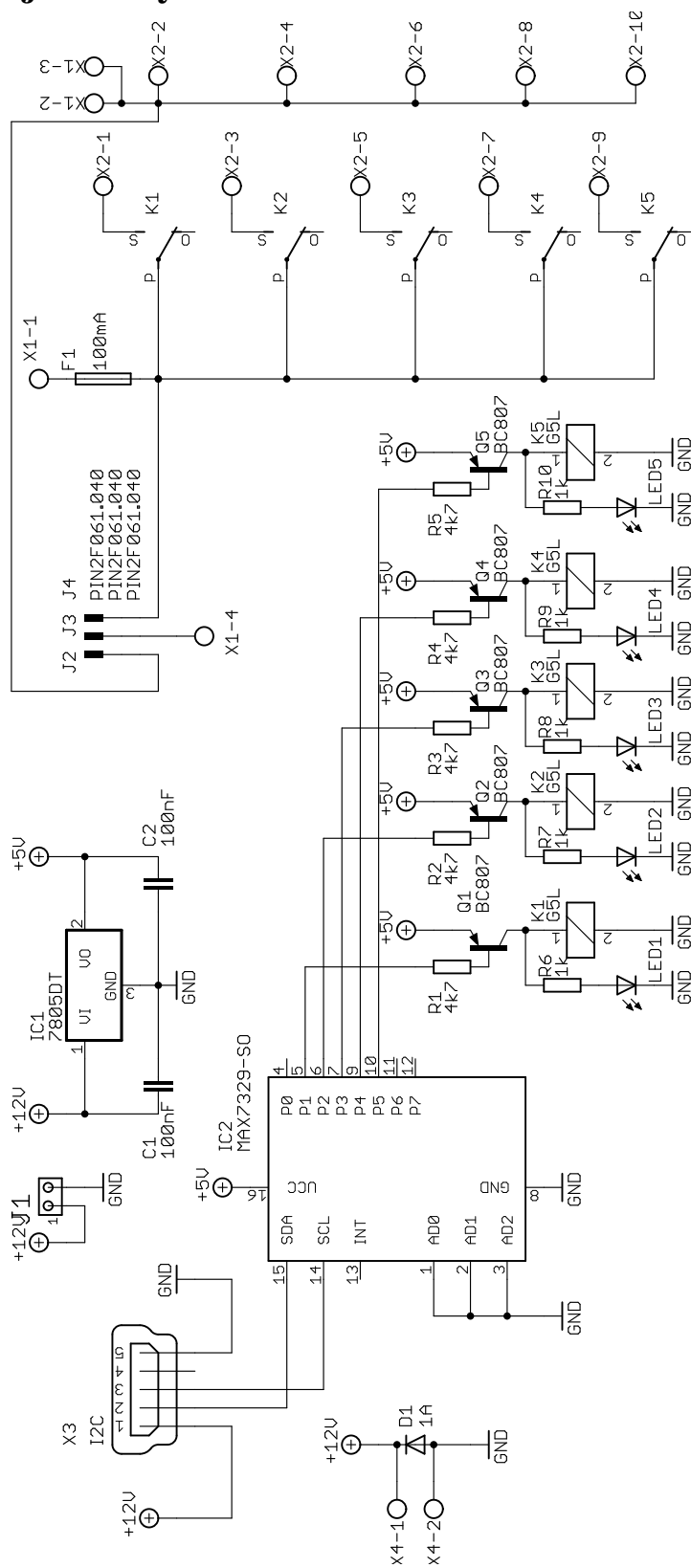


Obrázek 34 Osazení DPS vrstva top [11]



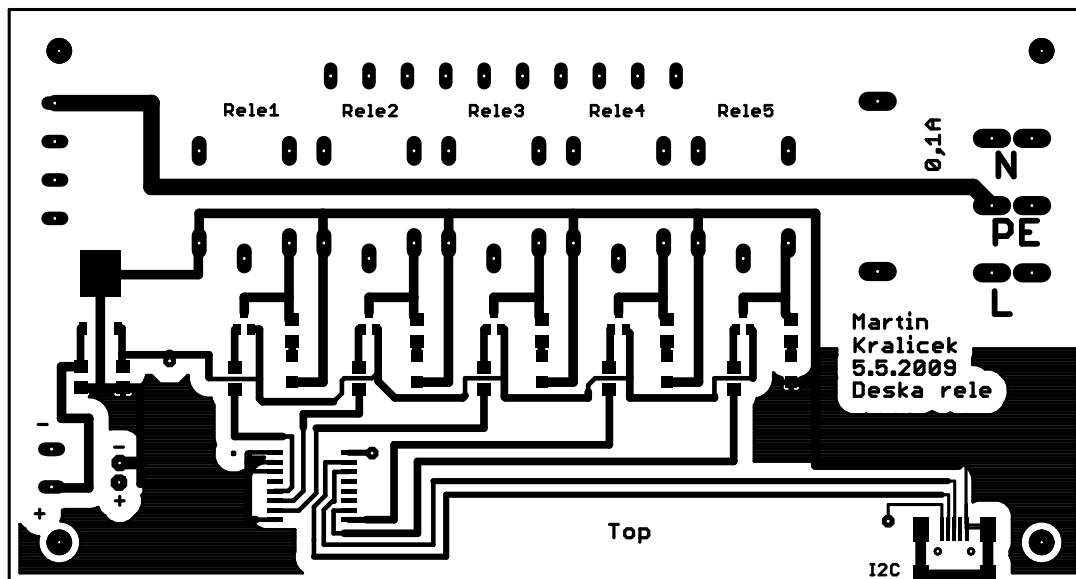
Obrázek 35 Osazení DPS vrstva bottom [11]

11.5 Schéma jednotky relé:

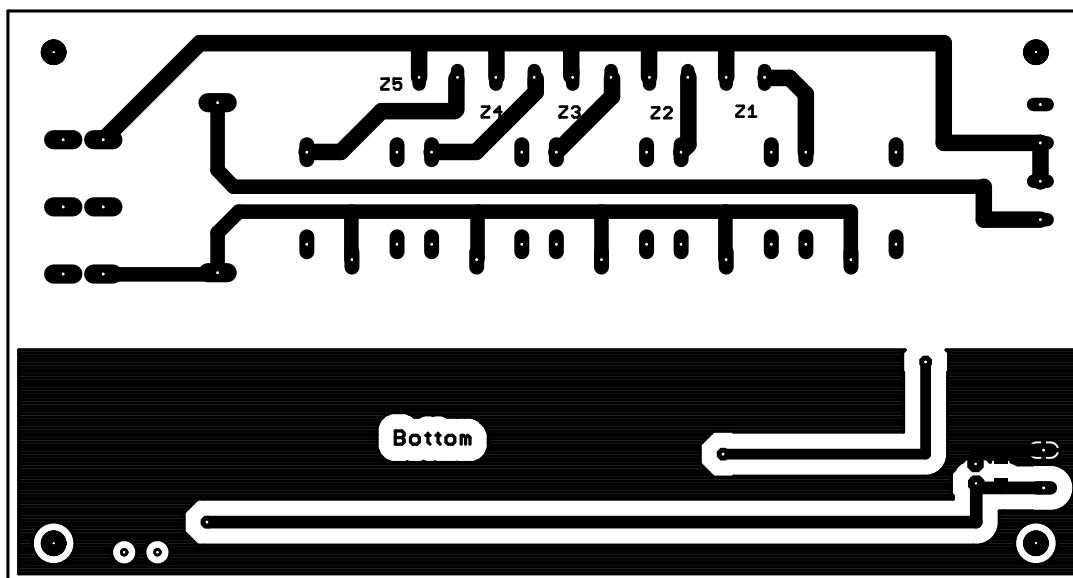


Obrázek 36 Schéma jednotky relé [11]

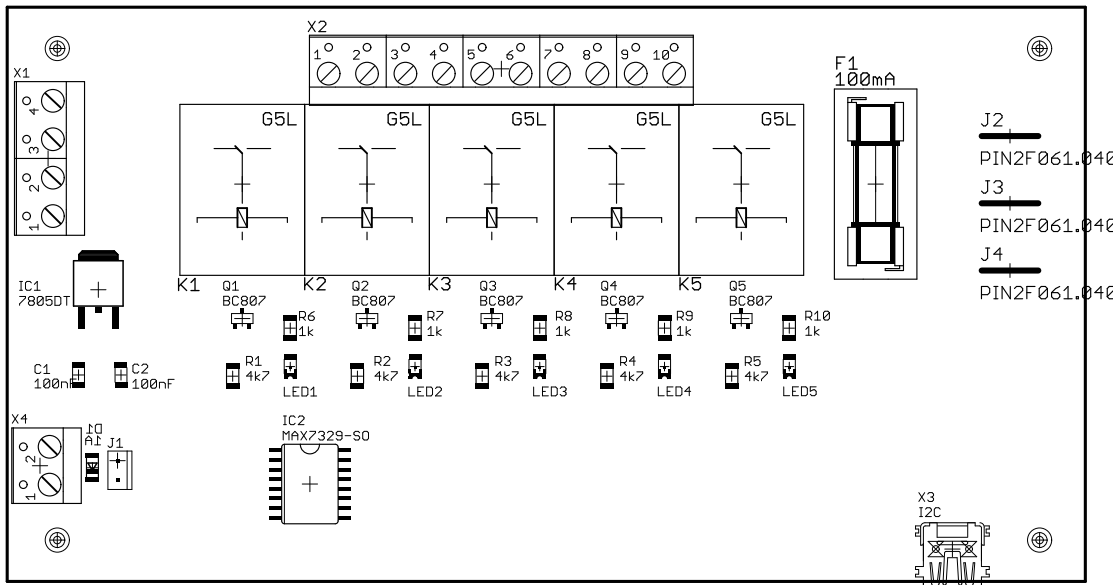
11.6 Deska plošných spojů a osazení jednotky relé:



Obrázek 37 Vrstva top DPS 142x75 [11]

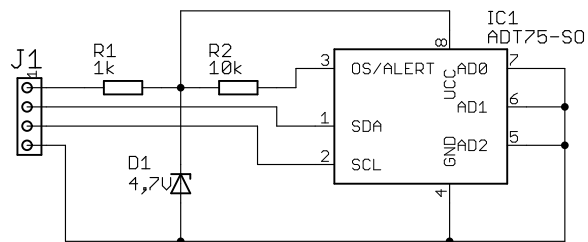


Obrázek 38 Vrstva bottom DPS 142x75 [11]



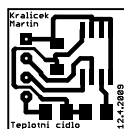
Obrázek 39 Osazovací plán DPS [11]

11.7 Schéma teplotního senzoru:

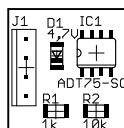


Obrázek 40 Schéma zapojení teplotního senzoru [11]

11.8 Deska plošného spoje a osazení teplotního senzoru:



Obrázek 41 Vrstva top DPS 15x16 [11]



Obrázek 42 Osazovací plán DPS [11]

12 Seznam použitých součástek:

Seznam součástek pro hlavní jednotku		
Označení	Název, hodnota	Pouzdro
C1, C2	Kondenzátor 100nF/50V	C1206
C3, C4, C6, C7	Kondenzátor 27pF/50V	C1207
C5	Kondenzátor 33nF/50V	C1208
D1	Zenerova dioda 15V/0,5W	SOD80
G1	Baterie CR2032	
IC1	Stabilizátor 7805	DPAK
IC2	Operační zesilovač LM358	SO08
IC3	Digitální potenciometr AD5245	SOT23-8
IC4	Paměť EEPROM 24FC1025	SO-08M
IC5	Real-time DS3232	SO20L
IC6	Mikrokontroler Atmega 32	TQFP44
IC7	Převodník USB<->RS232 FT232	LQFP-32
IC8	Paměť EEPROM 93-C56	SO08
J1	Lámací lišta MTA02-100	
J2	Telefonní konektor 6pinů	
J3	Lámací lišta MTA04-100	
J4	Lámací lišta MTA07-100	
J5	Lámací lišta MTA07-100	
JP1	Dutinková lišta 20pinů	
Q1	Krystal 10MHz	HC49/S
Q2	Krystal 6MHz	HC49/S
Q3	Tranzistor NPN BC817	SOT23
R1	Rezistor 20kR/0,25W	R1206
R2, R4, R7,8, R10	Rezistor 10kR/0,25W	R1206
R13, R17,18	Rezistor 10kR/0,25W	R1206
R3, R5	Rezistor 0R/0,25W	R1206
R6	Trymr 5kR	
R9	Rezistor 1kR/0,25W	R1206
R11	Rezistor 470R/0,25W	R1206
R12, R14	Rezistor 27R/0,25W	R1206
R15	Rezistor 1,5kR/0,25W	R1206
R16	Rezistor 4,7kR/0,25W	R1206
S1, S2, S3, S4, S5	Mikrospínač smd	DTSM-6
S6, S7, S8	Mikrospínač smd	DTSM-6
X1, X2, X3	Samice mini USB do dps	

Tabulka 2 Seznam součástek

Seznam součástek pro jednotku krmení		
Označení	Název, hodnota	Pouzdro
C1, C2	Kondenzátor 100nF/50V	C1206
IC1	Stabilizátor 7805	DDPAK
IC2	Mikrokontroler Atmega 8	TQFP32
J1	Lámací lišta MTA07-100	
J2	Lámací lišta MTA03-100	
Q	Tranzistor NPN BC817	SOT23
R1	Rezistor 10kR/0,25W	R1206
R2	Rezistor 4,7kR/0,25W	R1206
X1, X2, X3	Samice mini USB do dps	
Seznam součástek pro jednotku relé		
Označení	Název, hodnota	Pouzdro
C1, C2	Kondenzátor 100nF/50V	C1206
D1	Usměrňovací dioda 1N4007	SOD80
F1	Skleněná pojistka 100mA	
IC1	Stabilizátor 7805	DDPAK
IC2	I2C expander MAX7329	SO16L
J1	Lámací lišta MTA02-100	
J2, J3, J4	Fastony	
K1, K2, K3, K4, K5	Relé 230/10A 5V	G5LE
LED1 - 5	smd LED	1206
Q1 - Q5	Tranzistor BC817	SOT23
R1 - R5	Rezistor 4,7kR/0,25W	R1206
R6 - R10	Rezistor 1kR/0,25W	R1206
X1	Svorkovnice 4x	
X2	Svorkovnice 10x	
X3	Samice mini USB do dps	
X4	Svorkovnice 2x	
Seznam součástek pro senzor teploty		
Označení	Název, hodnota	Pouzdro
D1	Zenerova dioda 4,7V/0,5W	SOD80
IC1	Senzor ADT75	SO08
J1	Lámací lišta MTA04-100	
R1	Rezistor 1kR/0,25W	R1206
R2	Rezistor 10kR/0,25W	R1206

Tabulka 3 Seznam součástek