



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky
a mezioborových studií ■

PALUBNÍ POČÍTAČ A OSTATNÍ ELEKTRICKÁ ZAŘÍZENÍ PRO ELEKTRICKOU KOLOBĚŽKU

Bakalářská práce

Studijní program: B2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 2612R011 – Elektronické informační a řídicí systémy

Autor práce: **Lukáš Krčmář**

Vedoucí práce: Ing. Pavel Jandura





TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky
a mezioborových studií



ON-BOARD COMPUTER AND OTHER ELECTRICAL EQUIPMENT FOR ELECTRIC SCOOTER

Bachelor thesis

Study programme: B2612 – Electrical Engineering and Informatics
Study branch: 2612R011 – Electronic Information and Control Systems
Author: **Lukáš Krčmář**
Supervisor: Ing. Pavel Jandura



Tento list nahradíte originálem zadání.

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Poděkování

Rád bych na tomto místě poděkoval všem, kteří buď svou radou či odbornou konzultací v hodinách předmětů, nebo pouze nadhozením myšlenky pro řešení problému pomohli. Především bych chtěl poděkovat Ing. Pavlu Jandurovi za jeho trpělivost při řešení problémů této bakalářské práce.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá tématem palubního počítače pro elektrickou koloběžku. Náplní této bakalářské práce je převážně tvorba samotného programu, který řídí celý palubní počítač. Řeší se zde hlavně problematika komunikace samotného palubního počítače po automobilové sběrnici CAN s řídící jednotkou trakční baterie, tedy systém BMS. Zobrazení všech dat na grafický displej dobře čitelný i na slunci je též jednou z hlavních funkcí palubního počítače. Palubní počítač také řeší problematiku měření okolní teploty a přechovávání informace reálného času i snímání a výpočtu rychlosti otáčení kol samotné koloběžky. Elektrická koloběžka musí též být schopná provozu na pozemních komunikacích, tedy problematika osvětlení je dalším tématem této práce.

Klíčová slova

Bakalářská práce, palubní počítač, mikroprocesor, sběrnice, snímač, teplotní čidlo, LCD displej

Abstract

This Bachelor thesis deals with the theme of the onboard computer for an electric scooter. The content of this thesis is mostly the creation of the program itself, which manages the entire on-board computer. There are mainly dealt with issues of communication itself after a car trip computer with CAN bus controller traction batteries, a BMS system. View all the data on a graphic display easy to read even in bright sunlight is also one of the main functions of the onboard computer. On-board computer also solves the problem of measuring ambient temperature and storing information and real time sensing and computation speed of rotation of the wheel itself scooters. Electric scooter must also be able to use on the road, a lighting issue is another topic of this work.

Key words:

Bachelor thesis, on-board computer, microprocessor, bus, sensor, temperature sensor, LCD display

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Teoretický rozbor.....	11
2.1	ARDUINO UNO	11
2.1.1	Vstupní a výstupní periferie.....	13
2.1.2	Podporovaná komunikace	13
2.1.3	Paměť.....	14
2.1.4	Napájení.....	14
2.1.5	Programování.....	14
2.1.6	Struktura programu	15
2.1.7	Základní použité cykly programu	16
2.2	Modul reálného času DS1307	17
2.3	Digitální teplotní čidlo DS18B20.....	17
2.4	Grafický displej ST7565	17
2.5	I2C rozhraní	18
2.5.1	Přenos dat po sběrnici I ² C.....	18
2.5.2	Stavy při komunikaci	18
2.6	Jedno vodičova sběrnice (One Wire Bus).....	19
2.7	Automobilová sběrnice CAN	19
2.7.1	CAN pohonu a bezpečnosti.....	20
2.7.2	CAN komfortu	20
2.7.3	CAN info	20
2.7.4	CAN panelu přístrojů.....	20
2.7.5	CAN diagnostiky	20
2.7.6	Gateway (brána)	20
2.7.7	Princip komunikace po sběrnici CAN	21
3	Popis palubního počítače.....	22
3.1	Komunikace CAN-bus.....	22
3.2	Obvod reálného času	23
3.3	Zobrazení dat na displeji	23

3.4	Snímání rychlosti elektrické koloběžky	24
3.5	Řídící jednotka pohonu elektrické koloběžky Orion BMS JR.....	27
3.5.1	Základní vlastnosti jednotky	27
3.5.2	Rozhraní jednotky	27
3.5.3	Základní zprávy CAN – bus vysílané jednotkou	30
3.6	Realizace palubního počítače	31
3.6.1	Postup při výrobě	31
4	Modifikace osvětlení elektrické koloběžky	34
4.1	Hlavní přední světlomet	35
4.2	Zadní skupinové světlo	36
	Směrová světla	36
4.3	Houkačka (klakson)	37
4.4	Spínací skříňka, sdružený přepínač světel, směrových světel a klaksonu	37
5	Závěr	39
	Seznam použité literatury	40

Seznam symbolů, zkratk a termínů

BMS	Battery management system
CAN	Controller Area Network
LED	Light - Emitting Diode
I2C	Inter - Integrated Circuit
PWM	Pulse Width Modulation
SPI	Serial Peripheral Interface
TUL	Technická univerzita v Liberci
UART	Universal asynchronous receiver / transmitter
USB	Universal Serial Bus

1 Úvod

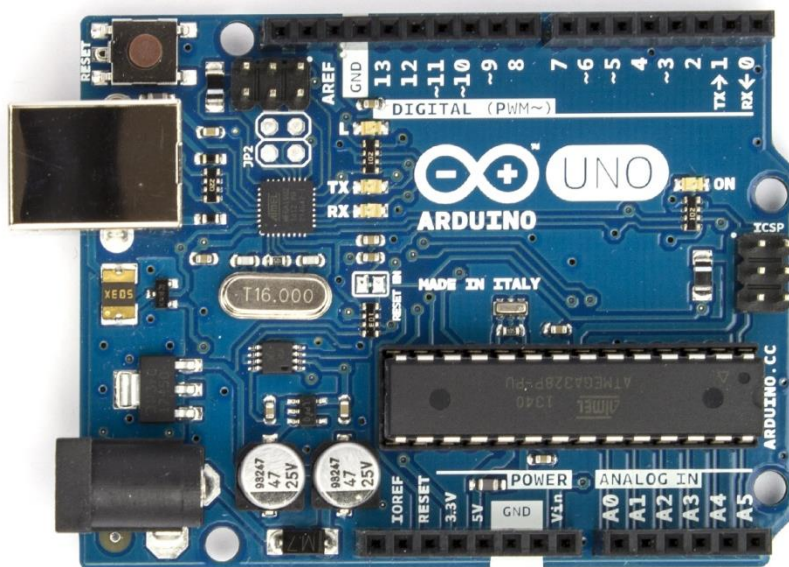
Název této bakalářské práce již vypovídá téměř o všem, co je stěžejní pro tuto práci. Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit funkční palubní počítač pro elektrickou koloběžku. Tento palubní počítač by měl být minimálně schopen měřit rychlost samotné elektrické koloběžky za pomoci vlastních čidel, komunikovat s řídící jednotkou trakční baterie po sběrnici CAN - bus a následně tak získávat informace o stavu baterie i další data. Zapotřebí bylo vyřešit i osvětlení samotné elektrické koloběžky, tak aby byla provozu schopná na pozemních komunikacích.

Nejvíce náročnou problematikou celé bakalářské práce je především problematika komunikace mikroprocesoru po sběrnici CAN - bus s řídící jednotkou trakční baterie, jelikož mikroprocesor nemá sběrnici CAN – bus přímo implementovanou na svém hardwaru.

Další problematikou bylo vyřešit informační zobrazovací panel tohoto palubního počítače.

2 Teoretický rozbor

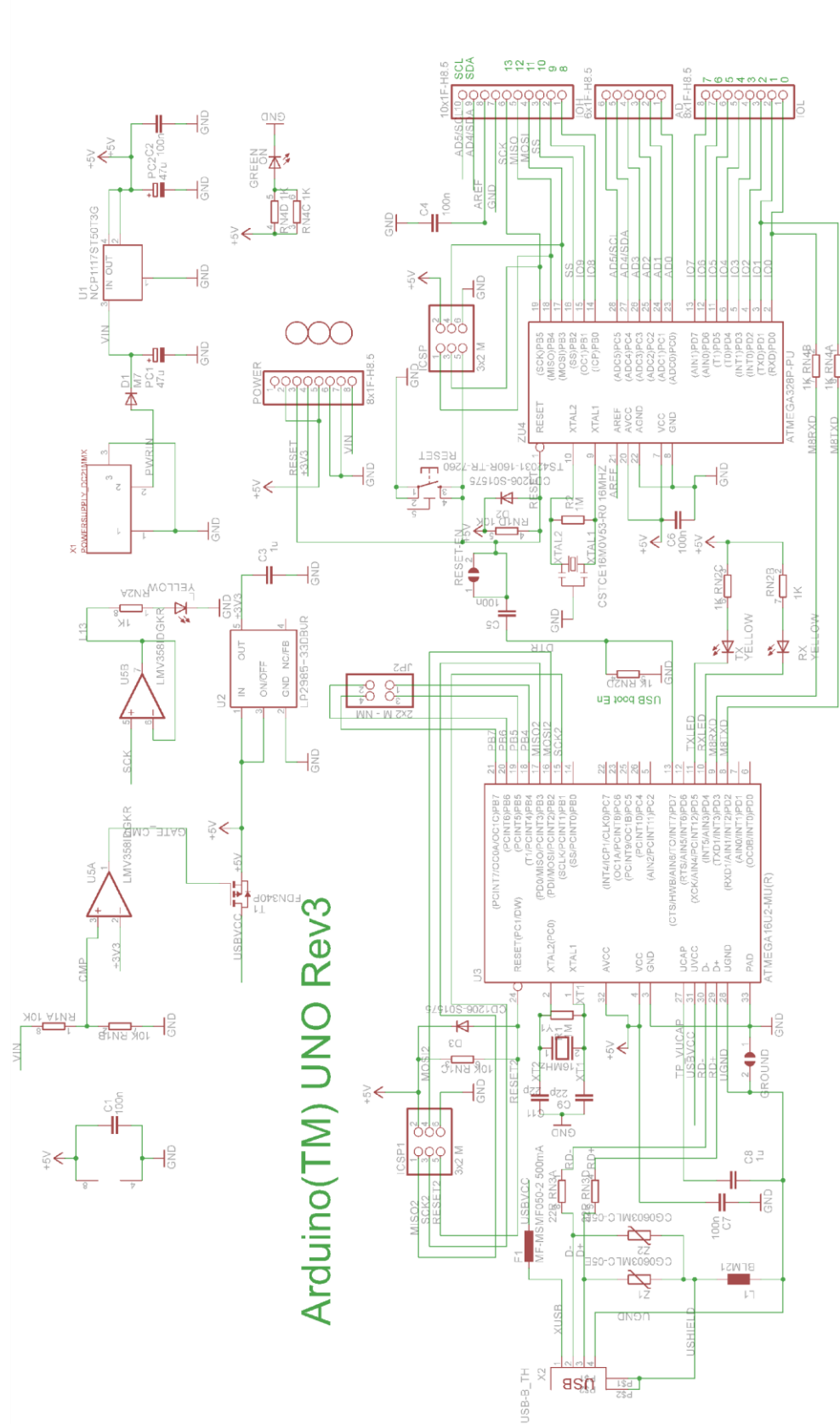
2.1 ARDUINO UNO



Obr. 1: Arduino UNO

Arduino UNO je malá vývojová deska s čipem Atmel ATmega328. Součástí této desky je i čip komunikující po sběrnici USB, to nám zajišťuje jednoduché programování čipu pouze s pomocí USB kabelu. Samotný čip běží na frekvenci 16Mhz a šířce sběrnice 8 bitů. Výhodou desek Arduino je jednoduché programování a zapojení, nízká cena, mnoho návodů a rozšířená komunita uživatelů Arduina.

Čip	Atmel ATmega328
Provozní napětí čipu	5V
Vstupní napětí desky	7-12V
Vstupní napětí desky (omezená)	6-20V
Počet digitálních vstupů/výstupů	14, z toho 6 podporuje PWM výstup
Počet analogových vstupních pinů	6
Maximální proud digitálním pinem	40mA
Maximální proud pinem při $U_{cc}=3,3V$	50mA
FLASH	32kB
SRAM	2KB
EEPROM	1KB
Frekvence čipu	16 MHz
Velikost desky	68x53 mm



Obr. 2: Schema arduino UNO [1]

2.1.1 Vstupní a výstupní periferie

Arduino UNO obsahuje 14 digitálních pinů. Každý z nich lze použít jako vstup či výstup. Pracují při logickém napětí 5V. Každý pin snese proud o velikosti maximálně 40 mA, jak výstupní proud, tak i vstupní proud do digitálního pinu. Každý z pinů má pull-up rezistor o velikosti 20-50 KΩ, ve výchozím nastavení jsou pull-up rezistory odpojeny.

2.1.1.1 Speciální funkce pinů

Serial (pin 0 – RX, pin 1 – TX) – použití pro sériovou komunikaci TTL, jsou spojeny s USB čipem

Externí přerušování (pin 2 a pin 3) – při požadované změně na těchto pinech lze aktivovat pouze požadovanou smyčku v programu (reakce na sestupnou, vzestupnou hranu signálu)

PWM (piny 3,5,6,9,10,11) – tyto piny obsahují 8 bitový PWM mód pro výstup napětí z čipu

SPI (pin 10 – SS, pin 11 – MOSI, pin 12 – MISO, pin 13 – SCK) – čip podporuje na těchto pinech hardwarovou komunikaci po SPI sběrnici

Analogové vstupy (rozlišení 10bit) – ve výchozím nastavení je měřeno od 0V (log 0) do 5V (log 1)

I2C (pin A4 (SDA), pin A5 (SCL)) – podpora komunikace po sběrnici I2C

LED (pin 13) – k digitálnímu pinu 13 je na desce připojena SMD LED pro signalizaci

AREF – pin pro externí referenční napětí používané u analogových vstupů

RESET – slouží k resetování celého čipu externím signálem

2.1.2 Podporovaná komunikace

Arduino UNO OBSAHUJE řadu zařízení pro komunikaci s okolím, jak s počítačem tak s dalšími Arduino deskami či jinými mikrokontroléry jiných výrobců.

UART TTL (5V) – čip ATmega podporuje tuto sériovou komunikaci, na pinech 0 a 1

FTDI FT232RL – čip komunikuje s PC po této sériové lince po USB za pomoci vytvoření virtuálního portu COM, Arduino software umí tyto data číst

I2C – i tato komunikace je plně podporována čipem ATmega 328, za pomoci speciální knihovny programu

SPI - komunikace je plně podporována čipem ATmega 328, za pomoci speciální knihovny programu

2.1.3 Paměť

ATmega 328 má 32KB FLASH paměť pro ukládání kódu programu, z toho 2kB používá BOOTLOADER). Čip též obsahuje 2kB SRAM a 1kB EEPROM, tyto paměti lze číst i do nich zapisovat za pomoci knihovny EEPROM.

2.1.4 Napájení

Desu Arduino UNO lze napájet připojením mini-B USB kabelu, nebo neregulovaným externím napětím (6-20V) připojeným na pin 30, jelikož na desce je obsažen stabilizátor napětí 78L05.

Napájení je možno externě stabilizovat (5V) a připojit na pin 27.

2.1.5 Programování

K programování Arduino UNO je od výrobce vytvořen plně funkční a zdarma stažitelný software Arduino IDE. Čip ATmega 328 má již bootloader, který umožňuje programování čipu bez potřeby externího hardwarového programátoru, komunikace probíhá za použití protokolu STK500.

Čip na desce Arduina programuje pomocí speciálního Arduino programovacího jazyku (je založen na jazyku Wiring – podobný jazyku C). Projekty vytvořené na Arduinu mohou jednoduše komunikovat se softwarem na počítači.

Jak již bylo řečeno na začátku této kapitoly, tak je hodně rozšířená Arduino komunita, díky níž je možné problémy řešit přímo na webu. Díky této komunitě je vytvořeno mnoho knihoven pro Arduino. Již i samotní výrobci tyto knihovny vytvářejí ke svým součástkám. Stačí tedy pouze nahrát příslušnou knihovnu k tvořenému programu a používat ji jen jednoduchými funkcemi, tedy žádné složité programování. Největší kámen úrazu je najít knihovnu vyhovující požadované funkci. Knihovny jsou již vytvořeny téměř na vše (Sběrnice I2C, jedno vodičova sběrnice, komunikace s displeji různých druhů a mnoho dále)

2.1.6 Struktura programu

Základní struktura programovacího jazyka Arduino je poměrně jednoduchá a skládá se nejméně ze dvou částí, přesněji funkcí. Bloky příkazů v těle těchto dvou funkcí jsou ohraničeny složenými závorkami.

```
void setup ()
```

```
{
```

```
  příkazy;
```

```
}
```

```
void loop()
```

```
{
```

```
  příkazy;
```

```
}
```

Funkce `setup ()` je přípravná a provádí se jen jednou na začátku programu, funkce `loop()` je výkonná a provádí se neustále dokola. Pro správnou činnost programu je vždy nutné použít obě tyto funkce.

Funkce `setup ()` by měla být volána až po deklaraci všech proměnných na začátku programu. Tato funkce se používá například k nastavení pinů Arduina na vstup nebo výstup, nastavení parametrů sériové komunikace a podobných jednorázových akcí.

Po funkci `setup ()` následuje funkce `loop()`. Tělo této funkce obsahuje programový kód, který bude opakovaně prováděn v nekonečné smyčce, například čtení vstupů, nastavování výstupů, výpočty, atd. Tato funkce je jádrem všech programů Arduina a vykonává většinu činností.

2.1.6.1 *Setup ()*

Funkce `setup ()`, jak již bylo řečeno výše, se volá pouze jednou při spuštění programu. Používá se k inicializaci režimu jednotlivých pinů, k nastavení sériové komunikace apod. Tato funkce musí být v programu obsažena vždy, i když žádné inicializační příkazy neobsahuje.

```
void setup ()
```

```
{ pinMode(pin, OUTPUT); // nastav 'pin' na výstup }
```

2.1.6.2 *loop()*

Po dokončení funkce `setup()`, se začne neustále dokola provádět funkce `loop()`, jak její název (`loop` = smyčka) ostatně napovídá. Příkazy, obsažené v těle této funkce, jsou určeny k provádění veškeré činnosti Arduina.

[2]

2.1.7 Základní použité cykly programu

2.1.7.1 *Cyklus Do - While*

`do`

`{`

 Tělo cyklu;

`}`

`while (podmínka);`

Cyklus `do - while` nejprve provede tělo cyklu a až poté vyhodnotí podmínku. Při negativním vyhodnocení podmínky dojde k opuštění cyklu.

2.1.7.2 *Cyklus For*

`for (inicializace; podmínka; inkrement)`

`{`

 Tělo cyklu;

`}`

Cyklus `for` je podobný cyklu `While` – `do` s testováním podmínky na začátku cyklu. Cyklus `for` nejprve při prvním provedení cyklu provede inicializaci, poté vyhodnotí podmínku a inkrement. Při kladné podmínce se provede tělo cyklu, jinak dojde k ukončení cyklu.

2.2 Modul reálného času DS1307

Tento modul reálného času slouží k externímu běhu času mimo čip. Obsahuje vlastní záložní baterii, díky které je napěťově nezávislý. Má také přesný krystalový oscilátor, který zajišťuje přesnost času, tedy od jeho nastavení. Modul komunikuje po rozhraní I2C. V jeho paměti jsou uloženy a aktualizovány následující časové data: hodiny, minuty, sekundy, den, měsíc, rok, přestupný rok.

2.3 Digitální teplotní čidlo DS18B20

Toto čidlo slouží k přesnému měření teploty. Čidlo je kalibrováno s přesností $\pm 0,5^\circ\text{C}$. Čidlo vrací teplotu přímou hodnotou. Komunikace probíhá po jedné vodičové sběrnici, lze připojit více čidel na jednu sběrnici. Teplotní rozsah tohoto čidla je od -55°C až do $+125^\circ\text{C}$.

2.4 Grafický displej ST7565

Jedná se o grafický pozitivní displej se sériovou komunikací. Tento displej je dobře čitelný jak ve tmavém prostředí, tak i za plného slunečního svitu. Displej má též malou spotřebu (přibližně 60mW i s podsvícením). Podsvícení displeje je realizováno RGB diodami, díky kterým je možné pomocí PWM modulace vytvořit jakoukoli barvu podsvícení. Kontrolér displeje pracuje s 3,3V logikou.



Obr. 3: Displej ST7565

2.5 I2C rozhraní

I2C je zkratka zkratky IIC, která vznikla z názvu Internal Integrated Circuit Bus. Již z názvu je jasné, že se jedná o interní rozhraní – datovou sběrnici sloužící ke komunikaci mezi jednotlivými integrovanými obvody, ve většině případů v rámci jednoho zařízení. Toto rozhraní bylo vyvinuto firmou Philips před 20 lety. I2C rozhraní je velice rozšířené, jelikož se používá ke komunikaci mezi širokou škálou zařízení – integrovanými obvody, komunikaci s paměťmi, inteligentními displeji, A/D či D/A převodníky a mnohé dále. Hlavní výhodou I2C to, že obousměrný datový přenos je realizován pouze za pomoci dvou vodičů. Datový vodič je značen jako SDA (Serial data), hodinový vodič je značen jako SCL (Serial clock). Na jednu I2C sběrnici lze připojit více zařízení (128 – 1024). Každé zařízení má svou adresu. Rychlost hodin je od 100kHz až po 1MHz. Rychlost hodin se přizpůsobuje nejpomalejšímu ze zařízení. Oba vodiče musejí být implicitně v logické jedničce, to se realizuje pomocí pull-up rezistory, čím je vyšší komunikační rychlost, tím musí být hodnoty těchto rezistorů nižší.

2.5.1 Přenos dat po sběrnici I²C

Jeden ze zařízení na sběrnici I2C je nastaven jako Master (ve většině případů je to sám mikrokontrolér) a všechny ostatní zařízení jsou Slave. Zapojení lze provést i jako tzv. multi-Master, kde je více zařízení typu Master. Zařízení typu Master generuje hodinový signál na SCL. Na začátku komunikace vysílá čip informaci o adrese čipu, s kterým chce komunikovat, a o jaký typ komunikace jde, zda o čtení či vysílání. Tato informace je obsažena v R/W bitu.

2.5.2 Stavy při komunikaci

Přenos dat po sběrnici probíhá díky kombinaci následujících celků.

2.5.2.1 Klidový stav

Na obou vodičích jsou logické jedničky, žádná data se nevysílají, negeneruje se hodinový signál.

2.5.2.2 Start bit

Zahájení přenosu dat se provede právě tímto bitem. Provede se změna na vodiči SDA z logické jedničky na logickou nulu, SCL musí být v logické jedničce.

2.5.2.3 Stop bit

Tímto bitem ukončíme přenos. Generování je obdobné jako u startu bitu, ale opačně. SDA se změní z logické nuly na logickou jedničku, SCL musí být v logické jedničce. Je generován pouze po nepotvrzení přenosu, jen když dojde k přijetí Ack bitu v logické jedničce.

2.5.2.4 Samotný přenos dat

Přenos dat probíhá po jednom Byte (8 po sobě jdoucích bitů od nejvyššího po nejnižší). Při přenosu dat se logická úroveň na vodiči SDA mění, pouze když je SCL v logické nule. Při každém následujícím pulzu na vodiči SCL je přenesen jeden následující bit.

2.5.2.5 Potvrzující bit Ack

Slouží k provedení potvrzení správného přijetí dat. Odesílá se jako devátý bit dat, je ale generován čipem, který data přijímal. Po provedení přenosu dat v pořádku, je odeslána logická nula, tento bit také značí to, že je čip připraven na příjem dalších dat (byte).

2.6 Jedno vodičova sběrnice (One Wire Bus)

Jak již vyplývá z názvu, tato sběrnice komunikuje pouze po jednom vodiči. Má jeden řídicí obvod typu Master a jeden i více zařízení typu Slave. Všechny obvody musí být společně paralelně spojená na jednom datovém vodiči a mít společnou kostru, napájení též. Datový vodič se připojuje přes 4,7 kΩ pull – up rezistor na napájecí napětí.

Komunikace je inicializována od zařízení typu Master reset pulsem. Nastaví datový vodič na logickou nulu na dobu nejméně 480 μs, poté datovou sběrnici uvolní do logické jedničky a naslouchá. Další zařízení na sběrnici tuto vzestupnou hranu detekuje a po pause 15 – 60 μs nastaví na datové sběrnici logickou nulu. Po ohlášení zařízení typu Slave může Master začíná Master vysílat či přijímat data. Data jsou vysílána v time slotech dlouhých 60 – 120 μs, jeden slot nese jeden bit informace. Mezi sloty je minimálně 1 μs mezera.

Při komunikaci více zařízení na jedné sběrnici je zapotřebí 64bitové číslo, které každé zařízení obsahuje ve své paměti ROM. Komunikace na sběrnici je pak složitější, jelikož po reset pulsu je zapotřebí ještě jednotlivá zařízení pomocí tohoto 64bitového kódu identifikovat.

2.7 Automobilová sběrnice CAN

Tato automobilová sběrnice byla vyvinuta v 80. letech ve firmě Bosch. V koncernu Volkswagen se používá již od roku 1996. Data jsou po této sběrnici přenášena párem kroucené dvojlinky o průřezu 0,35 mm², mají označení CAN-H a CAN-L. Zkroucení vodičů zajišťuje větší odolnost proti okolnímu rušení, protože případné rušivé napětí se naindukuje na oba vodiče přibližně stejně velké. Přijímač nevyhodnocuje napětí proti kostře, ale rozdíl napětí mezi vodiči, který zůstane stejný (jde o tzv. diferenciální sběrnici). Barevné značení těchto vodičů je v celém koncernu Volkswagen totožné. Síť sběrnice CAN je hvězdicové struktury, každá jednotka na sběrnici je připojena samostatným párem vodičů, které jsou paralelně propojeny v uzlových bodech.

Postupným vývojem a konfigurací této datové sítě vzniklo prozatím 5 samostatných odvětví sběrnice CAN:

2.7.1 CAN pohonu a bezpečnosti

Spojení řídicí jednotky motoru, automatické převodovky, brzd, servořízení, sklonu natáčení světlometů, Haldex spojky, parkovacího asistenta a airbagů

Rychlost 500kBit/s

2.7.2 CAN komfortu

Spojení centrální řídicí jednotky vozu (BCM), jednotky dveří, jednotky komfortní elektriky, sloupku řízení, přídavného PTC topení, paměťové sedačky a dalších periférií komfortu

Rychlost 100kBit/s

2.7.3 CAN info

Spojení navigace vozu, autorádia, teplotních indikací, jednotky telefonu a dalších informačních periférií vozu.

Rychlost 100kBit/s

2.7.4 CAN panelu přístrojů

Spojení gateway brány a panelu přístrojů (kombinovaného přístroje)

Rychlost 500kBit/s

2.7.5 CAN diagnostiky

Spojení gateway brány a diagnostického konektoru

Rychlost 500kBit/s

2.7.6 Gateway (brána)

Jde o speciální řídicí jednotku (dříve jen obvody umístěné v centrální řídicí jednotce vozu nebo panelu přístrojů), která zajišťuje přenos dat mezi jednotlivými sběrnici CAN a také s panelem přístrojů a diagnostickým přístrojem. Zajišťuje též i další funkce: *Wake - up* mód a *Sleep* mód (Mód probuzení a usnutí sběrnic - snížení klidové spotřeby proudu), diagnostiku CAN (zkratky, přerušení).

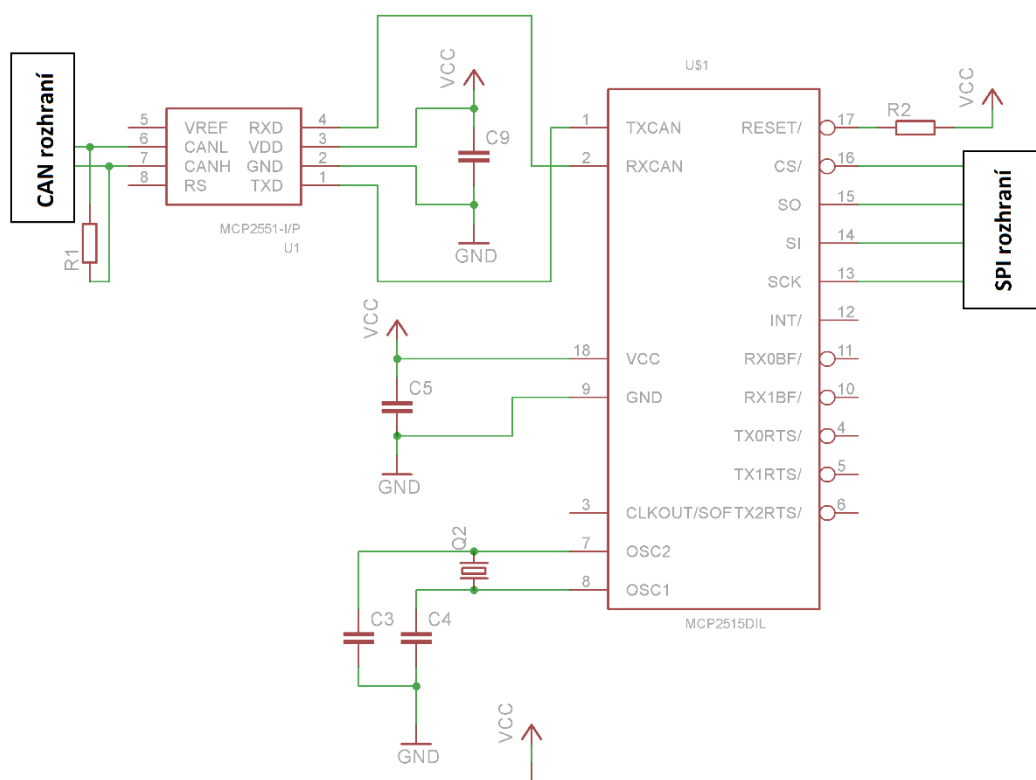
2.7.7 Princip komunikace po sběrnici CAN

CAN sběrnice je sběrnice typu „Multimaster“ (Všechny jednotky jsou si rovnocenné. Pro předcházení kolizím má každá zpráva přiřazena takzvaný identifikátor (obvykle 11 bitů dlouhý) který určuje prioritu vyslané zprávy na sběrnici. Ostatní jednotky čekají, až se odvysílá zpráva s vyšší prioritou než je priority jich samotných a poté se mohou pokusit odvysílat svou zprávu na sběrnici. Nejvyšší prioritu řídící jednotka airbagu. Proces rozhodování priority zprávy se nazývá arbitráž. Uzly stále přijímají data ze sběrnice a to i během svého vysílání. Pokud v době volné sběrnice začnou dvě z jednotek vysílat současně, bude toto vysílání jedné z nich zastaveno přesně ve chvíli, kdy tato jednotka zjistí v oblasti identifikátoru první jiný bit, než ten který sama vysílá. Tento bit bude v dominantním stavu, protože platí pravidlo, že zvítězí dominantní bit při současném vysílání dominantního a recesivního bitu (logická funkce AND). Platí, že zprávy s nižší hodnotou identifikátoru (menší číslo = více dominantních bitů) mají vyšší prioritu.

3 Popis palubního počítače

3.1 Komunikace CAN-bus

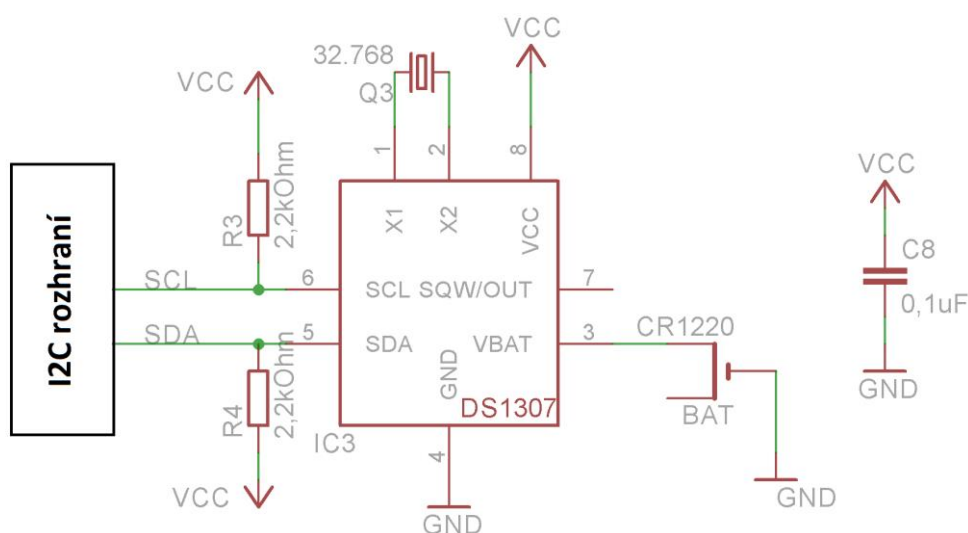
Srdce palubního počítače tvoří mikroprocesor Atmel ATmega328 vzatý z vývojové desky Arduino UNO. Na tomto čipu se vykonává celý program palubního počítače. Hlavní částí je převodník sběrnice CAN na sběrnici SPI, se kterou je již mikroprocesor pracující s 5V logikou schopen komunikovat. Tento mikroprocesor má navíc sběrnici SPI naimplementovanou přímo hardwarově na čipu, tudíž není zapotřebí tvořit komunikaci po sběrnici SPI softwarově, což umožní rychlejší vykonávání programu. Základ tohoto převodníku CAN – SPI, tvoří čip MCP 2551 převádějící signál sběrnice CAN na dva signály Rx a Tx, tyto dva signály posléze čte čip MCP 2515, který již komunikuje s mikroprocesorem po sběrnici SPI.



Obr. 4: CAN – bus převodník

3.2 Obvod reálného času

Přímo na vytvořeném plošném spoji palubního počítače je implementován čip DS1307 určený pro uchovávání informace aktuálního času. Obvod počítá impulsy z vlastního externího oscilátoru a též stále ukládá aktuální hodnoty času. Při odpojení napájení je tento čip připojen k 3V baterii a díky jeho malé spotřebě (přibližně 500nA) vydrží být napájen z baterie několik let. Tento čip komunikuje s mikroprocesorem po sběrnici I²C. V programu mikroprocesoru již jen běží podprogram, který čte data z tohoto čipu.



Obr. 5: Obvod reálného času DS1307

3.3 Zobrazení dat na displeji

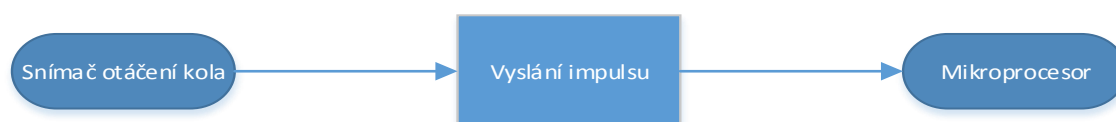
Veškerá potřebná data vypočítaná či přijatá od řídicí jednotky pohonu koloběžky jsou zobrazena na displeji. Jelikož displej pracuje s 3,3V logikou, je zapotřebí 5V logické úrovně mikroprocesoru převést pomocí převodníku CD 4050 na 3,3V úrovně. Displej komunikuje s mikroprocesorem po vlastní jednosměrné sběrnici SPI. Tato komunikace je tvořena přímo programem mikroprocesoru. Pro tento displej existuje na internetu mnoho knihoven, ale pro specifické zobrazení bylo zapotřebí knihovnu rozsáhle upravit, jelikož knihovny vytvořené výrobcem i samotnými nadšenci tohoto displeje neumí zobrazovat více velikostí písem, což pro zobrazení informace o aktuální rychlosti koloběžky je podstatné pro dobrou čitelnost.

3.4 Snímání rychlosti elektrické koloběžky

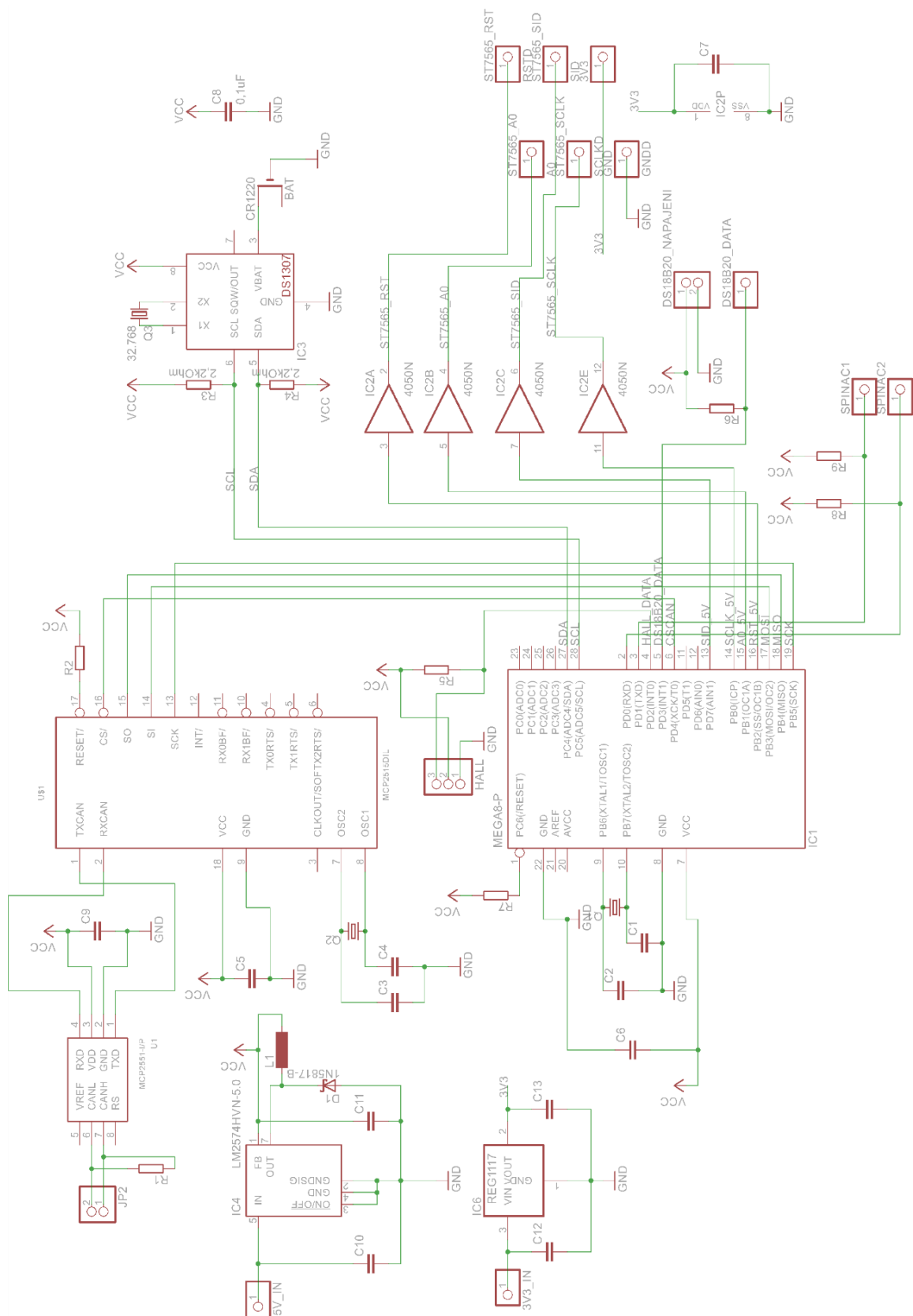
Pro určení rychlosti elektrické koloběžky byl vybrán snímač otáčení předního kola. Konkrétně jde o hallův snímač s integrovaným Schmidtovým obvodem. Tento snímač vrací informaci o poloze předního kola elektrické koloběžky, tedy jeden impuls na jednu otáčku kola. Tato informace je již plně dostačující pro výpočet ujeté vzdálenosti i rychlosti samotné koloběžky.

Jelikož není elektrická koloběžka v takové fázi vývoje, aby dovolovala montáž samotného hallova snímače, bude tento snímač zakoupen a nainstalován až to bude stav koloběžky dovolovat. Díky tomu se předejde zbytečné koupi nevhodného tvaru snímače. Lze použít například hallův snímač polohy vačkové hřídele z automobilu či specializovaný snímač z motocyklu s magnetem nebo snímač otáčení kola systému ABS.

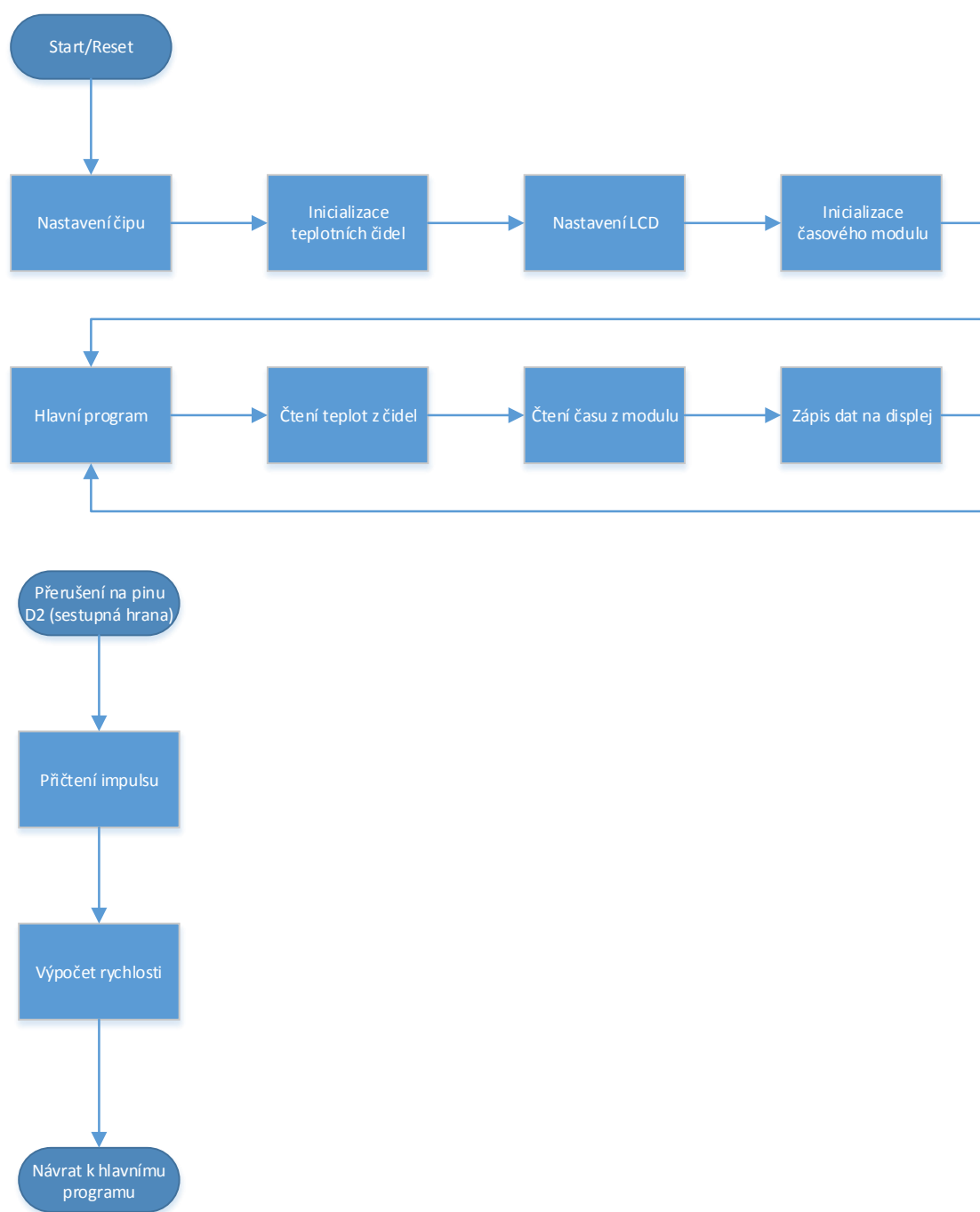
Procesor již tedy bude jen číst impulsy přijaté od snímače. Tento signál díky Schmidtově odbodu bude též bez jakýchkoliv zámkitů a plně digitální.



Obr. 6: Snímač otáčení kola



Obr. 7: Schema palubního počítače



Obr. 8: Diagram programu palubního počítače

3.5 Řídící jednotka pohonu elektrické koloběžky Orion BMS JR

Pro řízení pohonu elektrické koloběžky bude použita řídící jednotka od firmy Orion, konkrétně Orion BMS JR. Komunikace této jednotky je totožná s jednotkou použitou na elektromobilu, která je již zakoupena. Testování tedy proběhlo na této jednotce. Při použití s jednotkou elektrické koloběžky budou pouze již jen modifikovány ID zpráv.

Řídící jednotka Orion BMS JR podporuje protokol OBD2 používaný v automobilech sloužící pro ukládání diagnostických chybových kódů.

Výrobce vyvíjí vlastní software běžící pod systémem Windows na PC, ve kterém lze sledovat výkony baterie, číst a mazat chybové kódy, nastavovat profily jednotky a mnoho dalších funkcí.

Jednotka obsahuje vlastní velice přesný výpočetní algoritmus pro měření stavu vybití baterie. Jednotka též umí měřit vnitřní odpory jednotlivých článků baterie.

Jednotka Orion BMS chrání a monitoruje baterii sledováním senzorů a použitím výstupů pro řízení nabíjení a vybíjení baterie.

3.5.1 Základní vlastnosti jednotky

Pracovní napětí	10 - 60V
Napájecí výkon	Max. 1,3W
Pracovní teplota	-40 – 80 °C
CANBUS rychlost	125, 250, 500, 1000 Kbps
Proudové typy jednotek	20, 50, 100, 200, 333, 500 A
Chyba měření napětí článků baterie	Max. 0,25%

3.5.2 Rozhraní jednotky

CANBUS rozhraní

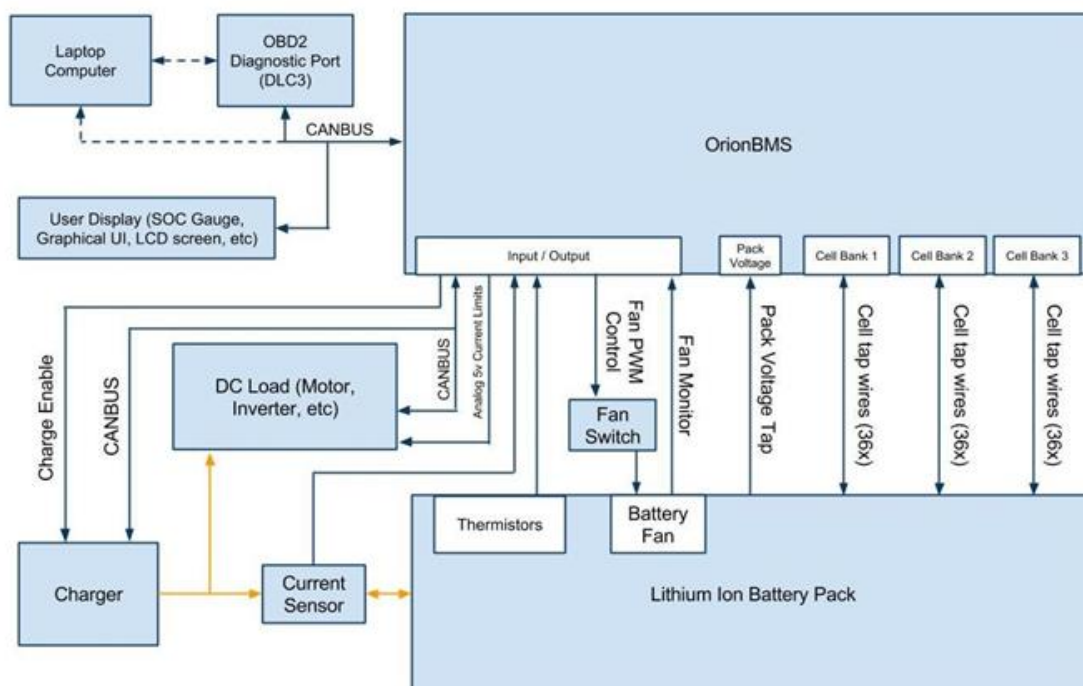
RS-232 (programování a diagnostika)

3x analogový (0-5V) výstupy představující Maximální nabíjecí proud (CCL), Maximální vybíjecí proud (DCL), Stav nabití (SOC)

2x vstupy pro termistory (dodatečné monitorování)

2x digitální výstupy pro omezení řízení nabíjení a vybíjení

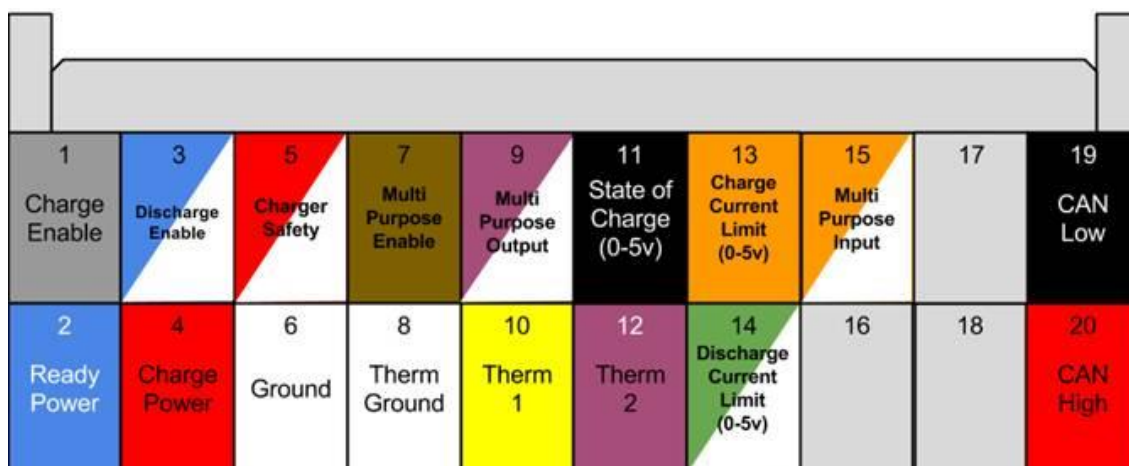
1x digitální výstup pro ovládání nabíječky



Obr. 9: Blokové schema Orion BMS [10]

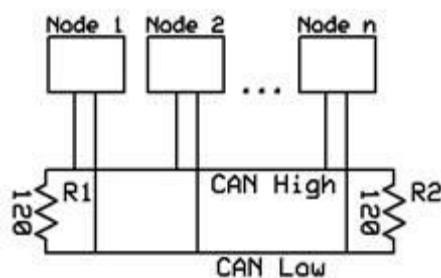


Obr. 10: Samotná jednotka Orion BMS Junior [11]



Obr. 11: Vstupy/výstupy jednotky Orion BMS junior [12]

Číslo	Signál	Funkce
1	Charge Enable Signal	Povolovací signál nabíjení
2	READY Power	12-48V odděleného napájení jednotky
3	Discharge Enable	Signál vybití baterie
4	CHARGE Power	Napájení nabíjení
5	Charge Safety	Bezpečnostní spínač nabíječky
6	Power Ground	Zem napájení
7	Multi Purpose Enable	Signál zapnutí/vypnutí s nastavitelnou funkcí chování
8	Thermistor Ground	Zem určená pro termistory
9	Multi Purpose Output	Programovatelný výstup
10	Thermistor 1	Vstup pro 10KOhm termistor NTC
11	Analog 5v Output	Výstup informace limitu proudu odebíraného z baterie
12	Thermistor 2	Vstup pro 10KOhm termistor NTC
13	Analog 5v Output	Výstup informace nabíjecího proudu
14	Analog 5v Output	Výstup informace vybíjecího proudu
15	Multi Purpose Input	Programovatelný vstup
19	CAN_L	CAN rozhraní
20	CAN_H	CAN rozhraní



Obr. 12: Obecné schema zapojení sběrnice CAN – bus s jednotkou [12]

3.5.3 Základní zprávy CAN – bus vysílané jednotkou

3.5.3.1 *Cell Broadcast Battery Message*

ID zprávy: 0x36,

Délka zprávy: 7 Byte

Vysílání zprávy nastavenou již defaultně od výrobce. Obsahuje informaci v reálném čase o napětí jednotlivých článků baterie. Každý článek má své ID. Potřebná frekvence rozhraní min 250 kbps.

Formát zprávy je následující:

Byte 0: ID článku (8 bitů, počínaje 0)

Byte 1 & 2: Napětí článku (16 bit, rozlišení: 0.1mV)

Byte 3 a 4: Vnitřní odpor (15 bit, rozlišení: 0.01mOhm)

Byte 5 a 6: Rozdílové napětí mezi 2 články (16 bit, rozlišení: 0.1mV)

Byte 7: Kontrolní byte (8 bitů)

3.5.3.2 *Pack current*

ID zprávy: 0x3B

Délka zprávy: 5 Byte

Aktuální proud celou baterií. Zpráva obsahuje informaci v reálném čase o aktuálním proudu tekoucím baterií.

Formát zprávy je následující:

Byte 0&1: Proud tekoucí baterií (16 bit, rozlišení: 0.1mA)

Byte 2&3: Napětí celé baterie

Byte 4: CRC

3.5.3.3 *Pack SOC*

ID zprávy: 0x6B2

Délka zprávy: 8 Byte

Formát zprávy je následující:

Byte 0: Blank

Byte 1: Pack SOC (Stav nabití v %)

Byte 2 & 3: Vnitřní odpor celé baterie (15 bit, rozlišení: 0.01mOhm)

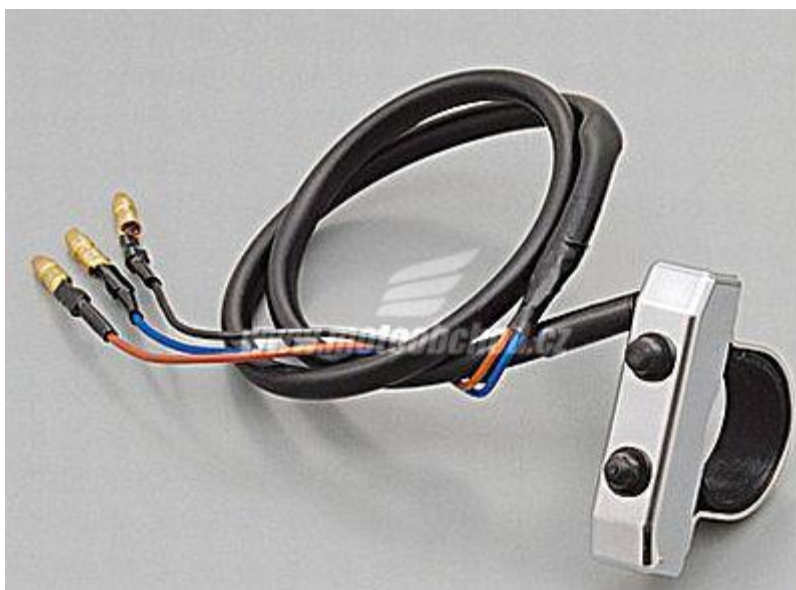
Byte 4 a 5: Napětí celé baterie (16 bit, rozlišení: 0.1mV)

Byte 7: CRC

3.6 Realizace palubního počítače

3.6.1 Postup při výrobě

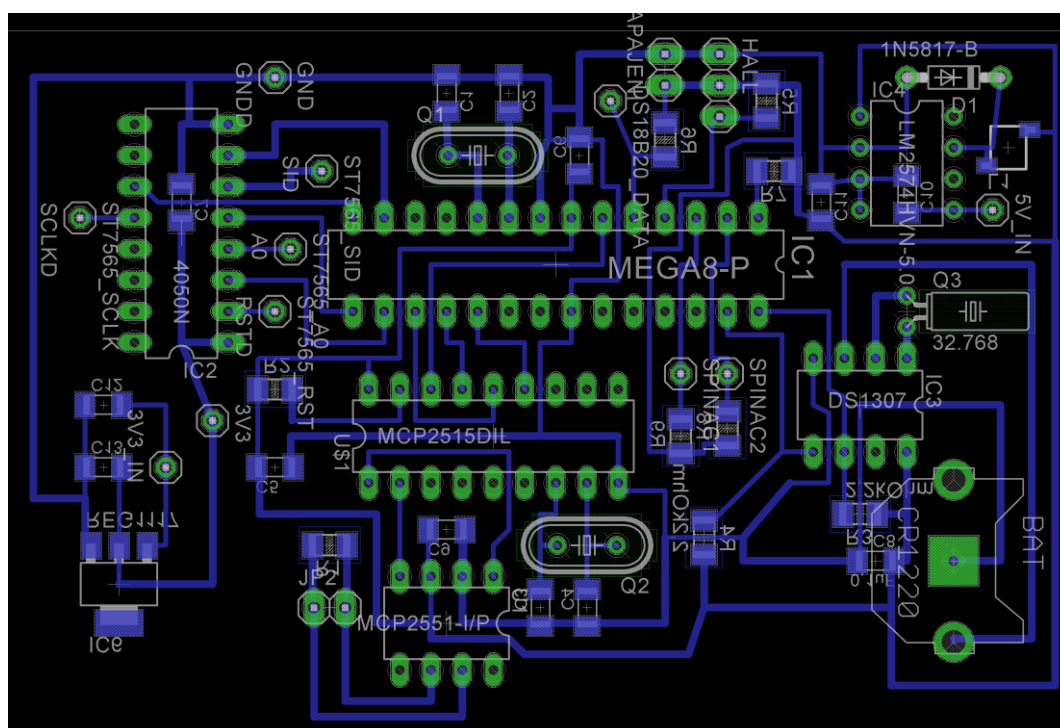
- Prvním krokem při realizaci byl návrh, co vše bude palubní počítač obsahovat. Kvůli menší velikosti krytu, bylo třeba také vyřešit rozmístění jednotlivých komponentů.
- Následujícím krokem bylo již postupné testování jednotlivých komponent, od teplotních čidel až po snímač otáček kola.
- Program byl tvořen postupně s každou další komponentou.
- Vytvoření plošného spoje dle zapojení na nepájivém kontaktním poli.
- Osazení a testování plošného spoje.
- Realizace krytu palubního počítače s ovládáním.
- Sestavení již funkčních částí do celku.



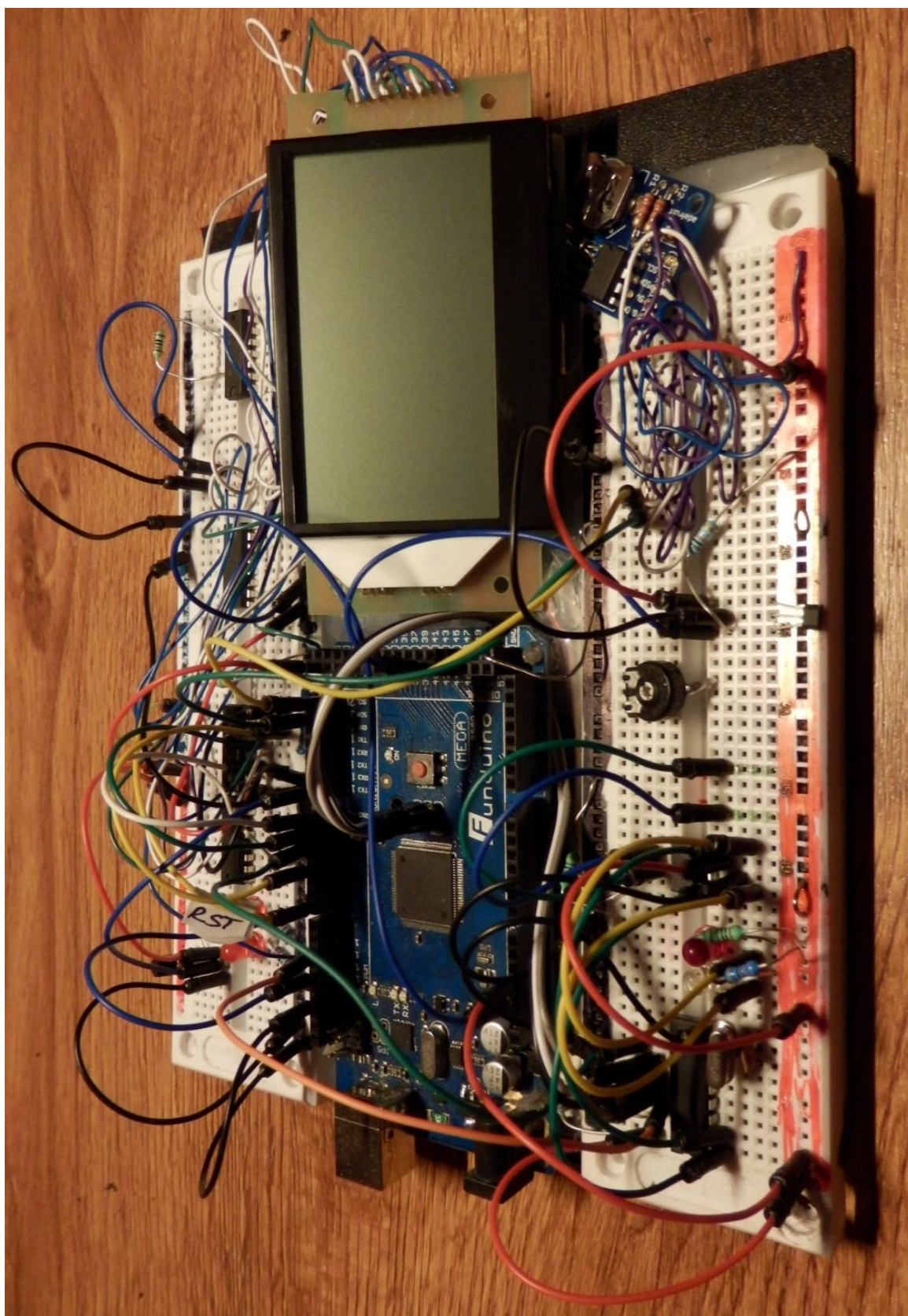
Obr. 13: Tlačítka ovládání palubního počítače [9]



Obr. 14: Palubní počítač pohled shora



Obr. 15: Plošný spoj palubního počítače



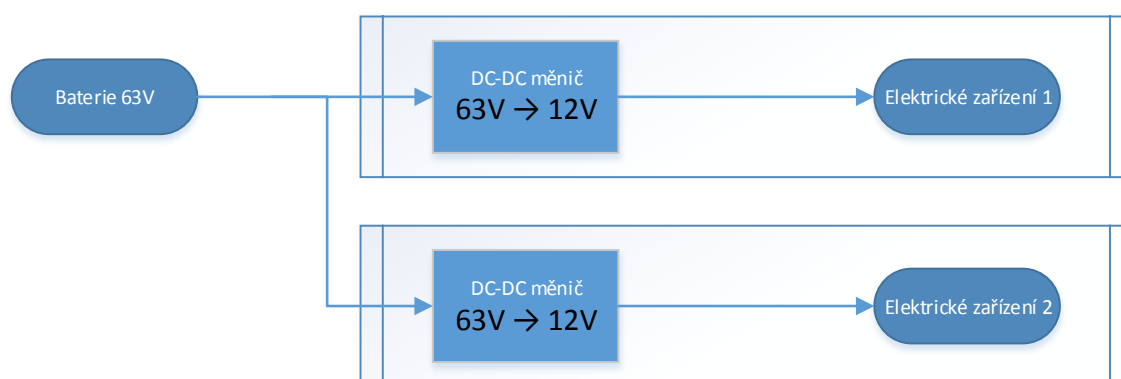
Obr. 16: Testovací zapojení na nepájivém kontaktním poli

4 Modifikace osvětlení elektrické koloběžky

Vzhledem k faktu, že elektrická koloběžka není prozatím provozu schopná ani není v takové fázi, že by bylo možno instalovat osvětlení přímo na ni, realizace osvětlení nebude provedena. Osvětlení je pouze modifikované a navrhnuté pro provoz elektrické koloběžky.

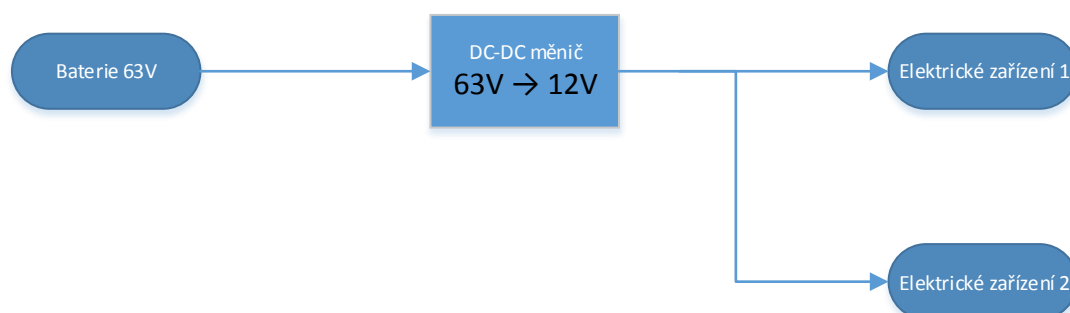
Elektrická koloběžka bude poháněna baterií o napětí 63V. Toto napětí je ale pro realizaci osvětlení a veškerých přístrojů nevhodné. Jediným možným řešením je tedy DC-DC měnič. Ideální napětí vzhledem k nepřebernému množství možností zakoupení již funkčních 12V zařízení je tedy tento DC-DC měnič 12 voltový (63V → 12V).

Jsou možná 2 druhy zapojení. Vzhledem k úspoře prostoru lze do každého zařízení instalovat vlastní DC-DC měnič navzdory bezpečnosti, jelikož je zapotřebí ke každému elektrickému zařízení přivést napětí 63V.



Obr. 17: Schema DC-DC měnič 1

Lepší řešením vzhledem k bezpečnosti by bylo instalovat na elektrickou koloběžku centrální DC-DC měnič pro všechna elektrická zařízení a kabeláží vést již napětí pouze 12V. Tento měnič musí být ale výkonově o dosti silnější, což je dražší než více DC-DC měničů o menším ale celkově stejném výkonu.



Obr. 18: Schema DC-DC měnič 2

4.1 Hlavní přední světlomet

Motorová vozidla musí mít za jízdy rozsvícena obrysová světla a potkávací světla nebo světla pro denní svícení. Tato povinnost vyplývá ze zákona č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu), ve znění pozdějších předpisů. Konkrétně je tato povinnost obsažena v § 32 odstavci 1.

[3]

Vzhledem k tomuto zákonu bude muset tedy elektrická koloběžka muset svítit i ve dne. Pro tento účel budou nejvhodnějším řešením použít LED světla pro denní svícení, které svou intenzitou osvětlení plně dostačují pro provoz za tmy. Vzhledem k úspoře elektrické energie baterie bude ve dne zapnuté pouze jedno ze světel. Druhé ze světel bude použité jako takzvané dálkové světlo, jeho montáž tomu bude uzpůsobena (úhel nastavení světla).



Obr. 19: Přední LED světla [4]

4.2 Zadní skupinové světlo

Zadní světlo by mělo mít 2 funkce: funkci obrysových světel a funkci brzdového světla. Taktéž bude připojeno na 12V napětí. Brzdové světlo bude ovládáno snímači brzdových komponent elektrické koloběžky. Obrysové světlo musí mít též nízkou spotřebu a vysokou viditelnost i za nepříznivých povětrnostních podmínek, což světlo používané na rychlých silničních motocyklech též samozřejmě zaručuje.



Obr. 20: Zadní skupinové světlo [5]

4.3 Směrová světla

Elektrická koloběžka při provozu na pozemních komunikacích musí být též vybavena směrovými ukazateli – směrovými světly. Použita budou světla led určená pro motocykly, která mají jak potřebnou homologaci, taktéž mají i nízkou spotřebu. Přerušovač směrových světel bude použit taktéž z motocyklových komponent.



Obr. 21: Směrová světla [6]

4.4 Houkačka (klakson)

Posledním povinným zařízením pro provoz na pozemních komunikacích je klakson. Přihází taktéž použití motocyklového klaksonu na napětí 12V.



Obr. 22: klakson [7]

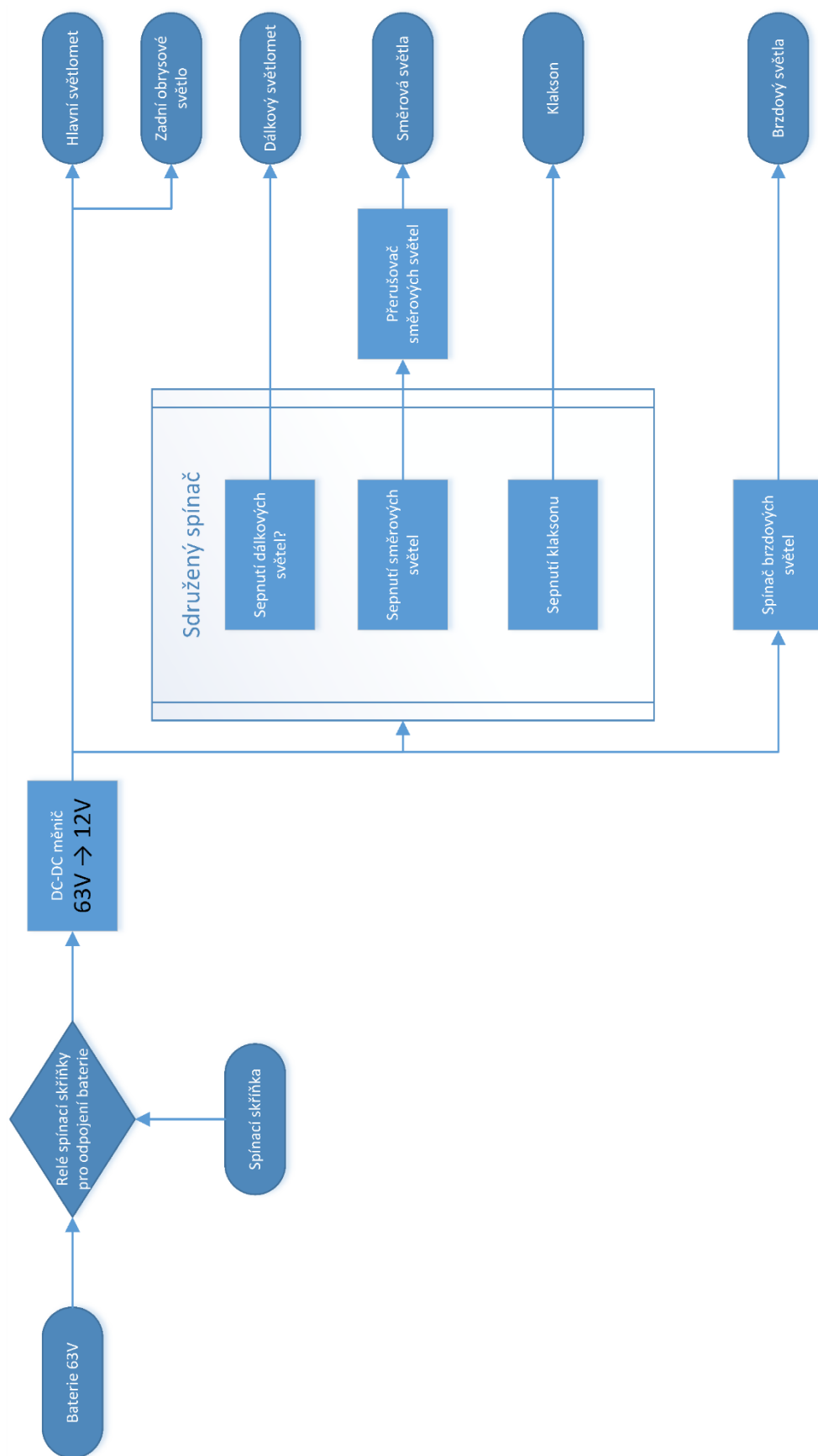
4.5 Spínací skříňka, sdružený přepínač světel, směrových světel a klaksonu

Aby všechna uvedená zařízení v předchozích kapitolách o osvětlení motocyklu bylo provozu schopná, potřebují taktéž sdružený přepínač, kterým budou všechna zařízení ovládána. Vzhledem k malým proudovým odběrům díky technologii LED světel nebudou zapotřebí žádná relé. Spínání jednotlivých částí obvodů tedy bude prováděno přímo mechanickými kontaktními prvky ve sdruženém přepínači světel, směrových světel a klaksonu.

Pro odpojení veškerých elektrických zařízení bude elektrosoustava koloběžky obsahovat centrální spínací skříňku.



Obr. 23: Sdružený přepínač světel [8]



Obr. 24: Schema zapojení elektrických zařízení

5 Závěr

Při realizaci palubního počítače se vyskytlo dosti problémů. Počáteční problém byl s prvním zakoupeným displejem. Tento displej zakoupený na internetových stránkách TME měl v popisu vlastní řadič ST7565, který je stejný jako v použitém displeji palubního počítače. Pro oživení prvního displeje bylo zapotřebí nechat vyleptat plošný spoj, protože plochý kabel vyvedený z displeje měl jednotlivé kabely vzdálené od sebe 0,5 mm. Po vyleptání a následném ožívání byl zjištěn fakt, že displej na sobě nemá naimplementován řadič ST7565. Vzhledem k tomu, že pro řadič, který byl na displeji identifikován nejsou vytvořeny žádné programové knihovny byl zakoupen displej až ze Spojených států amerických. Kritérium pro zakoupení tohoto displeje bylo také to, že displej musel být dobře čitelný na slunci. Takovýto displej žádní prodejci v Evropě nenabízejí. Druhý zakoupený displej byl již oživen a použit pro palubní počítač bez problémů.

Při tvorbě programu bylo zapotřebí vyvinout dosti úsilí proto, že jsem se teprve s programovacím prostředím teprve seznamoval. Díky velkému množství materiálů na internetu, především dosti rozšířené komunitě Arduino není problém vyřešit téměř jakýkoliv problém. Při vyskytnutí mnou neřešitelného problému stačí dotyčný problém přidat do diskuze na internetu a během chvíle se s radostí připojí mnoho nadšenců Arduina, kteří rádi poradí. Samozřejmostí existování této komunity je obousměrný tok informací. Tedy i já jsem z morálního hlediska povinen též pomoci.

Komunikace po sběrnici CAN z programového hlediska byla asi nejvíce časově náročná. Už jen proto, že většina nalezených materiálů na internetu pro čipy Arduino (ATmel) nebyla buďto dokončená či byla nefunkční. Vlastní schema zapojení bylo dotvořeno testováním na mnou vytvořeném nepájivém kontaktním poli.

Testování hodnot přijatých od řídicí jednotky probíhalo pomocí počítače, jelikož vedoucím práce byl zakoupen převodník CAN-USB a výrobce má pro tento převodník vytvořeno i programové prostředí pro komunikace s řídicí jednotkou. Tento program je převážně určen k prvotnímu nastavení jednotky.

Zobrazování informací dat na displeji, komunikace po sběrnici CAN, zprovoznění čidla otáčení předního kola, obvodu pro uchovávání reálného i ostatní nezbytné součásti pro chod samotného palubního počítače byly úspěšně realizovány.

Realizace osvětlení elektrické koloběžky nemohla být realizována, jelikož koloběžka není v takové fázi vývoje, který by dovoľoval instalaci komponent přímo na ni. Proto Osvětlení bylo pouze modifikováno v této bakalářské práci do takové úrovně, aby již pouze stačilo jednotlivé komponenty naistalovat na koloběžku.

Seznam použité literatury

[1] *Arduino UNO* [online]. 2015. [cit. 2015-05-05].

Dostupné z:

<http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

[2] *ARDUINO – příručka programátora* [online]. PDF. [cit. 2015-05-03].

Dostupné z:

<http://www.hobbyrobot.cz/wp-content/uploads/ArduinoPriruckaProgramatora.pdf>

[3] POLICIE ČESKÉ REPUBLIKY - *Světla pro denní svícení* [online]. 2005 [cit. 2015-05-03].

Dostupné z:

<http://www.policie.cz/clanek/svetla-pro-denni-sviceni.aspx>

[4] *Denní svícení Vertex*. [online]. [cit. 2015-05-03].

Dostupné z:

<http://www.auto-doplňky.com/denni-sviceni-vertex-nssc-510l-kulate-4-led-s-pozicnimi-angel-eyes-krouzky-vertex-01050-p24655>

[5] *Zadní moto světlo Led Blade* [online]. 2015 [cit. 2015-05-04].

Dostupné z:

<http://www.motocheb.cz/zadni-moto-led-blade-smoke-na-motorku>

[6] *LED blinkry na motorku* [online]. 2015 [cit. 2015-05-04].

Dostupné z:

<http://www.moto-levne.cz/LED-blinkry-na-motorku-mini-par-d4881.htm>

[7] *HOUKAČKA MOTO* [online]. 2015 [cit. 2015-05-04].

Dostupné z:

http://www.mtt-brno.cz/index.php?route=product/product&product_id=833

[8] *Přepínač levý* [online]. 2015 [cit. 2015-05-04].

Dostupné z:

<http://www.automcb.cz/?1261,prepinac-levy-8-pin>

[9] *Ovladač k elektronickým tachometrům [online]. 2015. [cit. 2015-05-09].*

Dostupné z:

<http://www.motoobchod.cz/ovladac-k-elektronickym-tachometrum-daytona-velona-pro-montaz-na-riditka-s-kabelazi-chrom/>

[10] *Orion BMS manual [online]. 2015. [cit. 2015-05-12].*

Dostupné z:

http://www.orionbms.com/manuals/pdf/operational_manual.pdf

[11] *Orion BMS JR [online]. 2015. [cit. 2015-05-12].*

Dostupné z:

http://www.orionbms.com/manuals/utility_jr/

[12] *Zapojení & Instalační příručka [online]. 2015. [cit. 2015-05-12].*

Dostupné z:

http://www.orionbms.com/manuals/wiring_jr/