



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta elektrotechnická
Katedra mikroelektroniky**

Cyklopočítač

Cyclocomputer

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Studijní program: Komunikace, Multimédia a Elektronika
Studijní obor: Aplikovaná elektronika

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Teplý

Vojtěch Zemler

Praha 2014

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

katedra mikroelektroniky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Z E M L E R Vojtěch**

Studijní program: Komunikace, multimédia a elektronika
Obor: Aplikovaná elektronika

Název tématu: **Cyklopočítač**

Pokyny pro vypracování:

- 1) Proveďte rešerši z oblasti monitorování jízdy na jízdním kole prostřednictvím cyklopočítačů.
- 2) Navrhněte vlastní konstrukční řešení cyklopočítače a obvodové zapojení jeho elektronické řídicí jednotky. Hlavními funkcemi cyklopočítače budou: určování aktuální a průměrné rychlosti jízdy, zaznamenávání ujeté vzdálenosti a doby jízdy a ukládání naměřených dat do paměti za účelem výpočtu statistických údajů. Cyklopočítač bude vybaven rozhraním pro připojení k PC.
- 3) Navržené hardwarové řešení realizujte a vytvořte obslužný software pro řídicí jednotku.
- 4) Změřte základní parametry Vámi realizovaného cyklopočítače a zhodnoťte dosažené výsledky.

Seznam odborné literatury:

- [1] Robert B. Reese: Microprocessors From Assembly Language to C Using The PIC18Fxx2, Da Vinci Engineering Press, Hingham Massachusetts 2005
- [2] Brian W. Kernighan, Dennis M. Ritchie: Programovací jazyk C, Computer Press, a.s., Brno 2006

Vedoucí: **Ing. Tomáš Teplý**

Platnost zadání: 31. 8. 2015

L.S.

Prof. Ing. Miroslav Husák, CSc.
vedoucí katedry

Prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 27. 1. 2014

Abstrakt

Cílem projektu je návrh a realizace dobíjecího cyklopočítače s přenosem dat do osobního počítače. Zařízení dokáže měřit aktuální rychlost, průměrnou rychlost, ujetou vzdálenost, dobu jízdy a také aktuální čas. Tyto naměřené hodnoty jsou v reálném čase zobrazovány na grafickém LCD displeji a zároveň se ukládají do vnitřní paměti a poté je lze prostřednictvím USB rozhraní přenést do počítače, kde jsou hodnoty archivovány a vzniká tak historie absolvovaných tréninků.

Klíčová slova

Cyklopočítač, Hallova sonda, Mikrokontrolér, Li-ion baterie, MCP73871, DC/DC měnič, LCD s řadičem PCD8544, převodník USB -> UART, FT230X, DPS, MikroC, Jazyk C, Programátor PICkit, EUSART, EEPROM.

Abstract

The realization of recharging cyclocomputer with the transfer of data into the laptop is the main target of my project. The device is able to measure the current velocity, the average velocity, the distance, the time of ride and the current time as well. Moreover, the measured figures are instantly depicted on the graphic LCD display and placed into the internal memory at the same time. Afterward, the figures can be transferred into the laptop by the means of USB interface , where the values are archived and so the history of the completed practice is created.

Key words

Cyclocomputer, Hall probe, Microcontroller, Li-ion battery, MCP73871, DC/DC converter, LCD with controller PCD8544, converter USB -> UART, FT230x, PCB, MikroC, C programming language, Programmer PICkit, EUSART, EEPROM.

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Tomášovi Teplému za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 23. května 2014

podpis autora

Obsah

1	Úvod	9
1.1	Cíl práce	9
2	Rešerše z oblasti monitorování jízdy na jízdním kole prostřednictvím cyklopočítačů	10
2.1	Princip činnosti cyklopočítače	10
2.2	Dostupné cyklopočítače a jejich funkce	10
2.3	Záměr	13
3	Návrh hardwarové části a výběr součástek	14
3.1	Hallova sonda	14
3.1.1	Hallova sonda TLE4906L	16
3.2	Mikrokontrolér PIC18F25K22	18
3.3	Napájení	19
3.3.1	Lithium-iontový akumulátor (Li - ion)	19
3.3.2	Nabíječka MCP73871	20
3.3.3	DC/DC měnič TPS63001	22
3.4	Displej s řadičem PCD8544	24
3.5	Převodník USB na UART	24
3.5.1	Universal Serial Bus	25
3.5.2	Převodník FT230X	26
3.6	Čítání pulzů hodinového signálu	27
3.7	Návrh obvodového zapojení a DPS	28
4	Návrh softwarové části	29
4.1	Vývojové prostředí MikroC PRO for PIC	29
4.2	Programátor PICKit3	29
4.3	Princip hlavní smyčky	31
4.4	Obsluhy přerušení	31
4.5	Výpočet měřených veličin	33
4.5.1	Aktuální rychlost	33
4.5.2	Jednorázová a celková ujetá vzdálenost	34
4.5.3	Maximální rychlost	34
4.5.4	Průměrná rychlost	34
4.6	Funkce obsluhující displej	35
4.7	Doplňková funkce indikace rychlosti	36
4.8	Ukládání dat do EEPROM	36
4.9	Přenos dat prostřednictvím převodníku USB -> UART	37
5	Výsledky práce	38
5.1	Problémy při realizaci	38

5.2	Testování	39
5.3	Specifikace a vzhled cyklopočítače.....	40
Závěr	41

Seznam obrázků

Obrázek 1: cyklopočítač CAT Stealth50 (převzato z [2])	11
Obrázek 2: cyklopočítač Specialized Speedzone Sport wireless (převzato z [3])	12
Obrázek 3: cyklopočítač Sigma BC 5.12 (převzato z [4])	12
Obrázek 4: Prvotní návrh blokového schéma cyklopočítače	14
Obrázek 5: Princip činnosti Hallovy sondy (převzato z [16])	15
Obrázek 6: Blokové schéma senzoru TLE4906L (převzato z [6])	16
Obrázek 7: Časový průběh výstupního napětí reagujícího na přítomnost magnetického pole (převzato z [6])	17
Obrázek 8: Schéma zapojení Hallovy sondy k mikrokontroléru	17
Obrázek 9: Blokové schéma napájecí části	19
Obrázek 10: Schéma lithium-iontového akumulátoru [převzato z 8]	20
Obrázek 11: Typický průběh nabíjení Li-ion baterie obvodem MCP73871	20
Obrázek 12: Obvodové zapojení nabíječky MCP73871	21
Obrázek 13: Závislost účinnosti na výstupním proudu [převzato z 9]	22
Obrázek 14: Obvodové zapojení měniče TPS63001	22
Obrázek 15: Pinout displeje (přední pohled)	24
Obrázek 18: Rozložení pinů USB	25
Obrázek 16: Pinout USB typu A	25
Obrázek 17: Pinout USB mini typu B	25
Obrázek 20: Obvodové zapojení převodníku FT230X	26
Obrázek 19: SSOP pouzdro	26
Obrázek 21: Připojení externího krystalu k mikrokontroléru [převzato z 7]	27
Obrázek 22: Výsledné obvodové zapojení – blokově	28
Obrázek 23: Správce knihoven	29
Obrázek 24: Připojení programátoru k mikrokontroléru [převzato z 13]	30
Obrázek 25: Vývojový diagram celého programu	31
Obrázek 26: Vývojový diagram obsluhy přerušení z časovače 1	32
Obrázek 27: Vývojový diagram obsluhy přerušení z časovače 5	32
Obrázek 28: Vývojový diagram Obsluhy přerušení od CCP	32
Obrázek 29: Princip vypsání znaku u z knihovny font 5x8	35
Obrázek 30: Uložené naměřené hodnoty vypsané v programu PICkit 3 v3.10	36
Obrázek 31: Výpis tří měření v terminálu na PC	37
Obrázek 32: Testování cyklopočítače – průměrná rychlost	39
Obrázek 33: Testování cyklopočítače - vzdálenost	39
Obrázek 35: Tabulka technických parametrů cyklopočítače	40
Obrázek 34: Celkový přední a zadní vzhled cyklopočítače a popis jeho konektorů	40

Seznam zdrojových kódů

Zdrojový kód 1: Výpočet aktuální rychlosti	33
Zdrojový kód 2: Výpočet ujeté a celkové vzdálenosti	34
Zdrojový kód 3: Výpočet maximální rychlosti	34
Zdrojový kód 4: Výpočet průměrné rychlosti	34
Zdrojový kód 5: Mapování bitů displeje	35
Zdrojový kód 6: Funkce pro výpis znaků a řetězců	35
Zdrojový kód 7: Ukázka z knihovny font5x8.h	35
Zdrojový kód 8: Funkce indikace rychlosti	36

1 Úvod

Bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací cyklopočítače, který je vybaven rozhraním pro připojení k PC.

Práce je rozdělena do čtyř hlavních částí. První se zabývá rešerší z oblasti monitorování jízdy na kole prostřednictvím cyklopočítačů. V této části jsou cyklopočítače rozděleny do tří skupin a jsou zde shrnuty jejich parametry. Druhá část se věnuje návrhu hardwarové části zařízení. V těchto podkapitolách je vybrán senzor pro měření otáček a jsou zde rozebrány důvody výběru jednotlivých součástí. Ve třetí části práce je popsán obslužný program cyklopočítače. Jsou zde vybrány úseky kódu, které společně s vývojovými diagramy usnadňují pochopení činnosti jednotlivých funkcí. Poslední dvě části práce shrnují dosažené výsledky a popisují problémy vzniklé při realizaci a testování.

1.1 Cíl práce

Prvním krokem je návrh a realizace tachometru, jehož funkce předčí cyklopočítače dostupné na trhu. U nabízených tachometrů chybí přenos dat do osobního počítače, popřípadě obsahuje GPS modul a jejich ceny se šplhají do řádu tisícikorun. Dalším krokem bude napsat software a uživatelské rozhraní. Závěrem práce je cyklopočítač oživit a otestovat.

2 Rešerše z oblasti monitorování jízdy na jízdním kole prostřednictvím cyklopočítačů

2.1 Princip činnosti cyklopočítače

Informace o otočení rotujícího kola se u dostupných cyklopočítačů v dnešní době získává především pomocí magnetických zřídkačky fotooptických senzorů. Tyto informace se následně přenáší do přístroje, který je vyhodnocuje. Další možností získávání informací o ujeté vzdálenosti a rychlosti slouží GPS přijímač, který změnou pozic v jednotlivých časových okamžicích určuje ujetou vzdálenost a měřením času lze následně určit i průměrnou rychlost a další údaje. Přístroje, které využívají informaci o frekvenci otáčení kola, v sobě musí mít uložený definovaný obvod měřeného kola, který je následně násoben počtem impulzů za určitý změřený čas. Z těchto měřených hodnot lze určit informaci o ujeté vzdálenosti, okamžité rychlosti aj.

Mezi hlavní magnetické senzory využívané v oblasti monitorování jízdy na jízdním kole patří:

a) Senzory s jazýčkovým spínačem

Princip činnosti (převzato z [1]): Jazýčkový spínač je tvořen dvěma plátky magnetického materiálu, které jsou uloženy ve skleněné trubici vyplněné netečným plynem. Vložením trubice do oblasti působení magnetického pole permanentního magnetu se plátky zmagnetují. Pokud síla vyvolaná magnetickým polem převyšuje mechanickou pevnost plátek, plátky se ohnou, dotknou se a spínač sepne. Po odstranění působení magnetického pole spínač rozepne.

b) Senzory využívající Hallova jevu

Využívá vzniku Hallova napětí při působení magnetického pole na Hallovu sondu protékanou proudem. Více v kapitole 3.1.

2.2 Dostupné cyklopočítače a jejich funkce

Na trhu je velké množství cyklopočítačů, které se liší nabízenými parametry a k nim úměrnou cenou. Rozdělím cyklopočítače do tří kategorií dle ceny. Do první třídy cyklopočítačů, tedy ty nejdražší dostupné, jejichž ceny se pohybují od 2500,- až po 6000,- Kč, řadím cyklistické GPS přijímače, které monitorují vaši jízdu a zaznamenávají ujetou trasu. Není zde potřebný kabel pro snímání impulzů a veškeré měření zprostředkovávají signály z družic. Druhá třída, tedy střední, obsahuje cyklopočítače v cenové hladině 500,- až 2500,- Kč. Tyto monitorovací přístroje až na výjimky neobsahují možnost přenést data do osobního počítače a vidím to jako jejich velkou nevýhodu. Pro přenesení impulzů otáček používají často bezdrátový přenos. Poslední třetí třída cyklopočítačů obsahuje cenově dostupné přístroje, které však neoplývají velkým množstvím funkcí. Napříč těmito třídami některé cyklopočítače obsahují doplňkové senzory. Příkladem může být měření teploty, nadmořské výšky, velikost převýšení, kadence šlapání, tepová frekvence počet kalorií nebo rozšířené funkce hodin (stopky, odpočet času, kalendář) a další. Pro srovnání všech tříd jsem vždy vybral zástupce z každé z nich a porovnáám tak jejich funkce a vlastnosti.

1. třída cyklopočítačů

Mezi hlavní přednosti patří integrovaný GPS modul, pomocí kterého je monitorování jízdy nejpřesnější. Měřená data jsou ukládána do vnitřní paměti a lze je přenést do osobního počítače, kde je lze následně analyzovat. Pro běžného uživatele jsou cenově nevýhodné a v dnešní době lze monitorování trasy provádět i pomocí mobilního telefonu, který nemusí být přidělán na řídítka jízdního kola. Nevýhodou je u těchto přístrojů nepříliš dlouhá výdrž baterie a ztráta signálu v hustém lese či zástavbě. Zástupcem je například cyklopočítač CAT Stealth50 od japonské firmy CATEYE.



Hlavní funkce:

- Celková a denní ujetá vzdálenost
- Zaznamenávání trasy
- Okamžitá, průměrná a max. rychlost
- Stopky
- Hodiny
- Přenos dat do PC

Doplňkové funkce:

- Pacer - indikátor (šipky) poměřující okamžitou a průměrnou rychlost
- Nastavitelná celková vzdálenost
- Aut. funkce START / STOP
- Podsvícení displeje
- Napájení pomocí 400mAh Li-ion

Obrázek 1: cyklopočítač CAT Stealth50 (převzato z [2])

Cyklopočítač využívá GPS modul a naměřená data se ukládají v 1, 2 nebo 5s intervalech až do naplnění 60 hodin kapacity paměti. Uložené informace jsou kompatibilní se stránkami CATEYE Atlas, STRAVA a TrainingPeaks. Nebo je možné data přenést pomocí USB konektoru. Tento přístroj lze doplnit o snímače pro měření kadence, tepové frekvence nebo výkonu. Nevýhodou je udávaná výdrž na baterii pouze 10 hodin. Cena přístroje se pohybuje okolo 4200,- Kč.

2. třída cyklopočítačů

V této třídě se nacházejí cyklopočítače, které mají běžné funkce jako přístroje ze třetí třídy. Jsou však designově lepší a jako hlavní výhodu mají bezdrátový přenos dat změřených impulzů. To s sebou však nese nevýhodu, kterou je rušení od ostatních přístrojů, například GPS přístroje nebo od jiných cyklopočítačů. Dražší přístroje z této třídy mají přenos kódovaný a eliminují tak toto rušení. Bezdrátovou technologii vidím jako nepotřebnou, a proto ji nevyužívám ve svém zapojení. Zástupcem ve 2. třídě je například přístroj Specialized Speedzone Sport wireless.



Hlavní funkce:

- Bezdrátový přenos impulzů
- Okamžitá, průměrná a max. rychlost
- Denní ujetá vzdálenost
- Celková ujetá vzdálenost
- Doba jízdy
- Hodiny
- Automatické probuzení

Doplňkové funkce:

- Porovnání okamžité a průměrné rychlosti
- Indikace slabé baterie

Obrázek 2: cyklopočítač Specialized Speedzone Sport wireless (převzato z [3])

Cena tohoto přístroje je 600,- až 1400,- Kč. Je tedy patrné v porovnání parametrů se 3. třídou, že jde o značkový výrobek, u kterého je největším lákadlem design a bezdrátový přenos.

3. třída cyklopočítačů

Malé množství funkcí za přijatelnou cenu. Jako archivace absolvovaných jízd zde slouží pouze celková ujetá vzdálenost. Funkce třetí třídy tedy pokládám za základ všech dostupných cyklopočítačů. Jako zástupce této třídy jsem vybral cyklopočítač od německé firmy Sigma BC 5.12, který se do prodeje dostal v roce 2012.



Hlavní funkce:

- Drátový přenos impulzů
- Okamžitá rychlost
- Denní ujetá vzdálenost
- Celková ujetá vzdálenost
- Doba jízdy
- Hodiny

Doplňkové funkce:

- Voděodolnost

Obrázek 3: cyklopočítač Sigma BC 5.12 (převzato z [4])

U tohoto přístroje chybí například průměrná a maximální rychlost, což považuji jako základ každého cyklopočítače. Cena se pohybuje v rozmezí 259,- až 673,- Kč.

2.3 Záměr

Cílem je navrhnout a realizovat cenově dostupný cyklopočítač nejlépe v ceně třetí třídy, který se svými funkcemi předčí prodávané přístroje. Z každé třídy cyklopočítačů jsem vybral nejdůležitější vlastnosti a funkce a spojím je do jednoho přístroje. Hlavní výhodou bude přenos dat prostřednictvím USB kabelu do osobního počítače. Tuto možnost mají cyklopočítače první a výjimečně druhé třídy, kdy jste nuceni dokoupit USB dokovací stanici. S touto funkcí se váže druhá výhoda a to nabíjecí baterie Li-ion uvnitř cyklopočítače, která bude nabíjena prostřednictvím stejného USB kabelu. Odpadá tedy výměna baterií. Mezi další doplňkové funkce tachometru řadím porovnávání aktuální a průměrné rychlosti a následné indikaci tohoto rozdílu na displeji pomocí šipek tzv. funkce Pacer, kterou využívají cyklopočítače z 2. a 3. třídy. Dále bude cyklopočítač měřit aktuální, průměrnou a maximální rychlost jízdy, zaznamenávat ujetou a celkovou vzdálenost a dobu jízdy. Cyklopočítač využívá magnetický senzor využívající Hallův jev, který nepotřebuje pozdější úpravu signálu. Všechny vybrané funkce mého cyklopočítače jsem shrnul v následujícím přehledu.

Hlavní funkce:

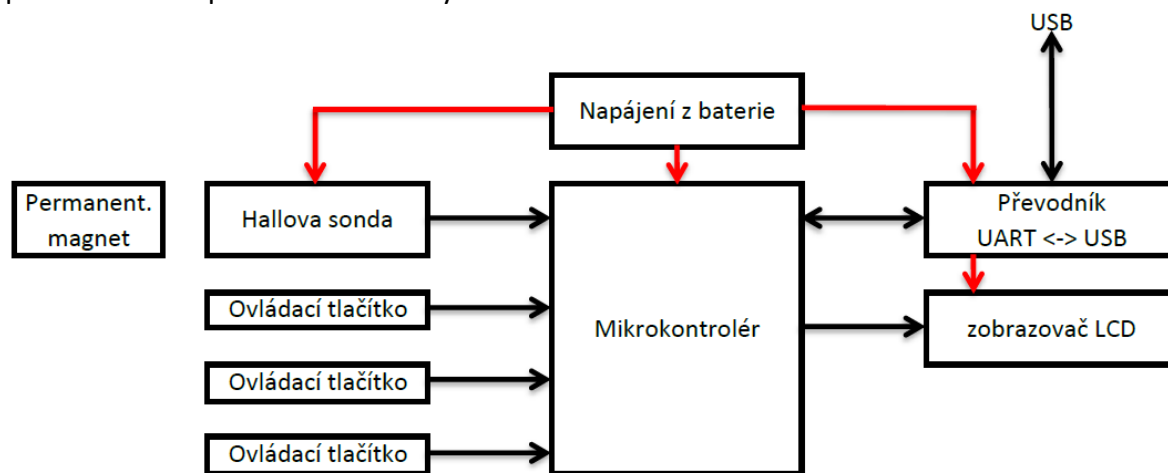
- Drátový přenos impulzů
- Okamžitá, průměrná a max. rychlost
- Denní ujetá vzdálenost
- Celková ujetá vzdálenost
- Doba jízdy
- Hodiny
- Přenos dat do PC
- Nabíjecí baterie Li-ion

Doplňkové funkce:

- Porovnání okamžité a průměrné rychlosti

3 Návrh hardwarové části a výběr součástek

Na obrázku 4 je znázorněné blokové schéma celého cyklopočítače. Pro měření impulzů otáčení je využita Hallova sonda přidělaná na vidlici cyklistického kola a permanentní magnet připevněný na jeden z drátů výpletu kola. Celý obvod napájí baterie stabilizovaná na 3,3 V. Pro přenos vyhodnocených změřených dat z mikrokontroléru do PC slouží převodník UART <-> USB. Tato data jsou zároveň zobrazována na grafickém LCD displeji. Obsluha přístroje je zprostředkována pomocí mechanických tlačítek.

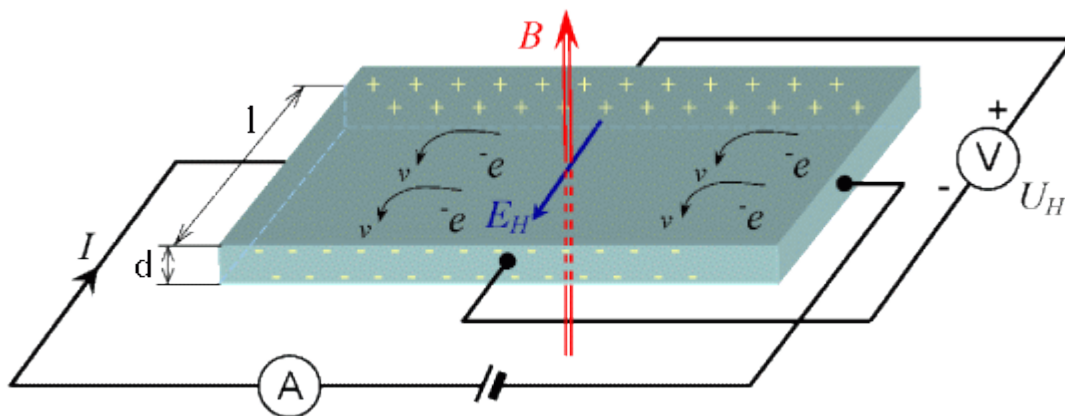


Obrázek 4: Prvotní návrh blokového schéma cyklopočítače

3.1 Hallova sonda

Využívá Hallova jevu, který v roce 1879 objevil fyzik E. C. Hall [5]. Zjistil, že se mezi dvěma protilehlými stěnami tenké vodivé destičky protékající proudem objeví napětí, jestliže je destička umístěna do magnetického pole tak, aby jeho siločáry směřovali kolmo k destičce.

Princip činnosti Hallovy sondy je znázorněn na obrázku 5. Pokud je Hallova sonda, kterou protéká proud, umístěna do magnetického pole, tak aby jeho siločáry byly kolmé k destičce a tedy i směru procházejícího proudu I_C , budou elektrony, které destičkou procházejí, působením magnetického pole vychylovány. Tím vznikne na jedné podélné straně destičky nedostatek, na její druhé straně naopak přebytek elektronů. Mezi oběma Hallovy vývody se tak objeví Hallovo napětí U_H .



Obrázek 5: Princip činnosti Hallovy sondy (převzato z [16])

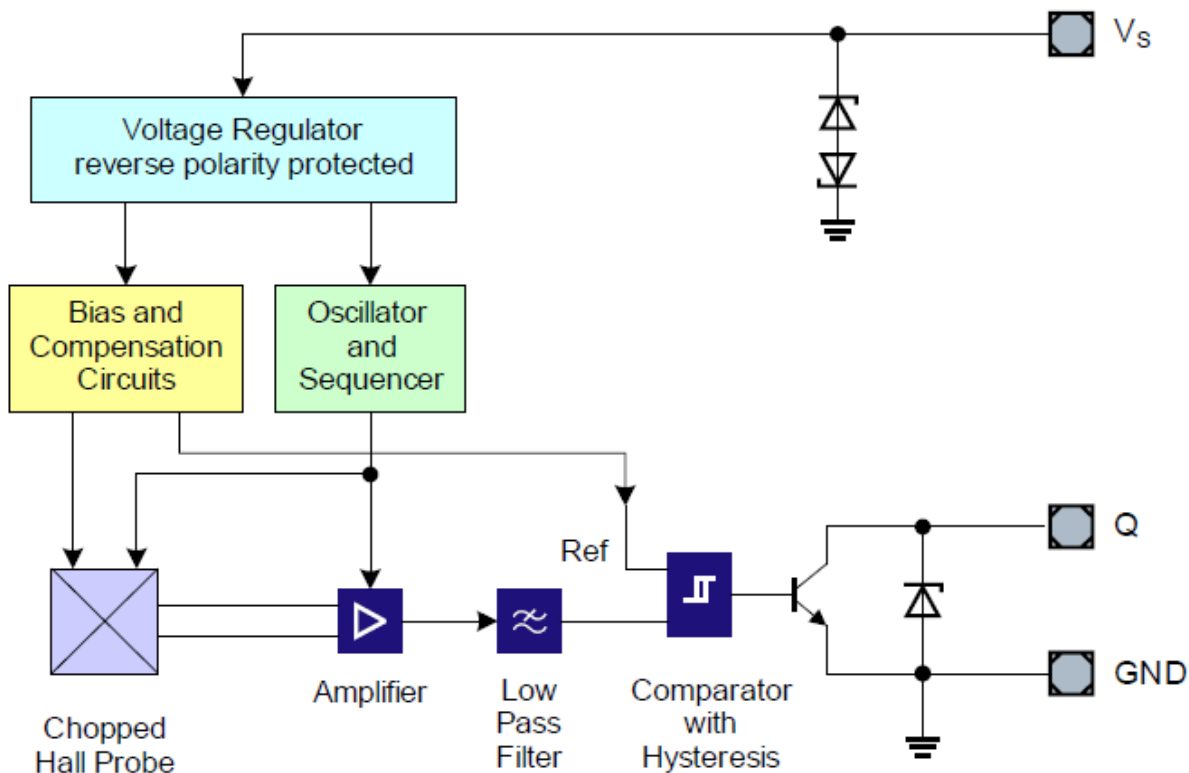
$$U_H = \frac{R_H}{d} * I * B$$

Kde:	U_H	Hallovo napětí [V]
	R_H	Hallův činitel [m^3/As]
	I	řídící proud [A]
	B	magnetická indukce [T]
	d	tloušťka vrstvy polovodiče [cm]
	E_H	intenzita Hallova elektrického pole [V/m]

V mém případě je R_H a d dáno výrobcem sondy a velikost napětí mohou ovlivnit pouze pomocí řídicího proudu I_c nebo indukci B .

3.1.1 Hallova sonda TLE4906L

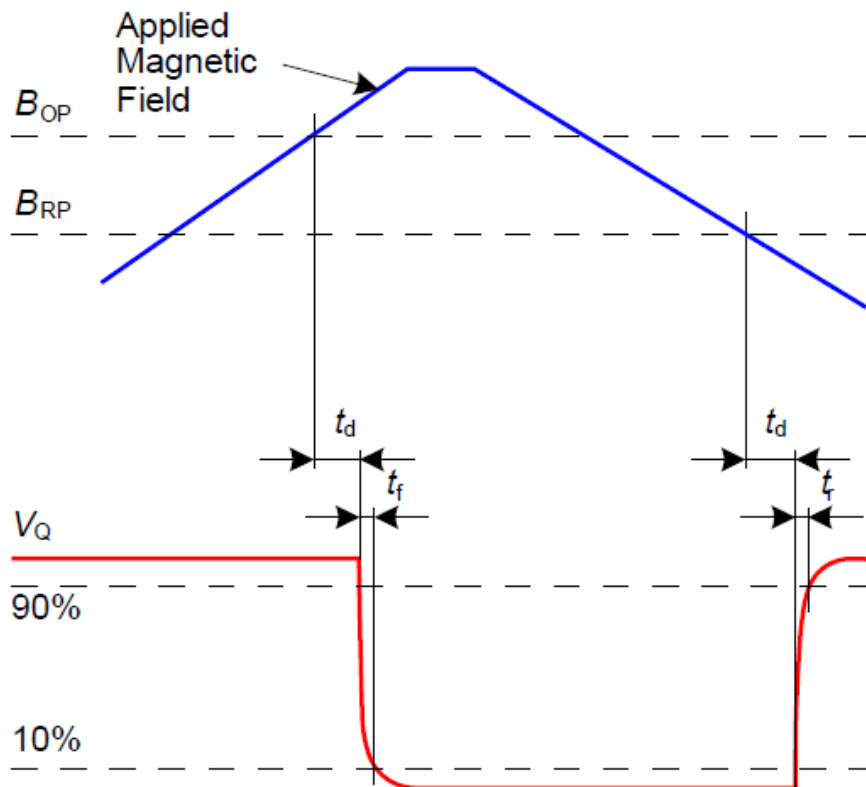
Hallovu sondu TLE4906L jsem vybral především kvůli spodní hranici vstupního napájecího napětí, které je 2,7 V [6]. Celý cyklopočítač je napájen 3,3 V logikou a tato sonda splňuje požadavek na nízké napětí a zároveň je dobře dostupná na trhu. Funkční zapojení Hallovy sondy je znázorněno na blokovém schématu na obrázku 6.



Obrázek 6: Blokové schéma senzoru TLE4906L (převzato z [6])

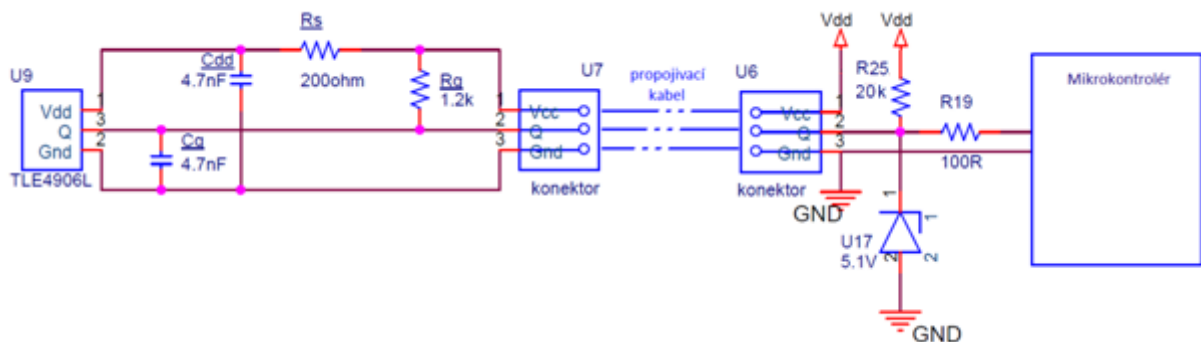
Popis jednotlivých bloků:

- Regulator napětí a ochrana proti přepólování (Voltage Regulator, reverse polarity protected) – úprava napětí z V_S na V_{Ref}
- Bias a kompenzační obvody
 - Bias -> Poskytuje napájecí proud pro Hallovu sondu a aktivní obvody
 - Kompenzační obvody (Compensation circuits) -> Stabilizace teploty
- Oscilátor a třídič (Oscillator and Sequencer) – přepíná polaritu průchodu proudu Hallovou sondou pro odstranění napěťového offsetu, který vzniká mechanickým namáháním sondy. Zároveň s ním se přepíná i zesilovač, aby byl výsledek stejné polarity.
- Hallova sonda (Chopped Hall probe) – přítomnost magnetického pole vytvoří na sondě procházené proudem napětí, které je zesíleno (Amplifier), integrováno (Low pass filter) přes určitý časový úsek a následně porovnáváno (Comparator with hysteresis) s referenčním napětím V_{Ref} .
- Výstupní transistor - v přítomnosti magnetického pole se otevře a uzemní se tak signálový výstup Q.



Obrázek 7: Časový průběh výstupního napětí reagujícího na přítomnost magnetického pole (převzato z [6])

Časový průběh pulzů z Hallovy sondy je znázorněn na obrázku 7. Při přítomnosti magnetického pole, tedy když je magnetická indukce větší než B_{OP} , výstupní napětí klesne z klidové hodnoty V_Q k nule. Zpětné přepnutí nastane při poklesu magnetické indukce pod úroveň B_{RP} .



Obrázek 8: Schéma zapojení Hallovy sondy k mikrokontroléru

Zapojení vlevo u Hallovy sondy je dle doporučení katalogového listu. Zenerova dioda v zapojení na straně mikrokontroléru slouží jako ochranný prvek před statickou elektřinou například při doteku propojovacího kabelu. Odpor R19 je ochranný na vstupu mikrokontroléru a odpor R25 slouží jako pullup rezistor, který v klidovém stavu a při odpojené sondě drží úroveň v log. 1.

3.2 Mikrokontrolér PIC18F25K22

Srdcem celého cyklopočítače je mikrokontrolér, neboli mikropočítač, který řídí ostatní obvody v zapojení. Z blokového schématu je patrné, že veškerá komunikace všech jednotek je řízena tímto obvodem respektive firmwarem nahraným v programové paměti mikrokontroléru.

Hlavním požadavkem na výběr mikrokontroléru byl dostatečný počet vstupně výstupních pinů. Dalším aspektem, který ovlivnil výběr právě mikrokontroléru od firmy Microchip PIC18F25K22 byla dostatečná velikost datové a programové paměti a paměť pro ukládání změřených dat typu EEPROM. Další výhodou je 7 modulů čítače/časovače, které jsou potřeba pro měření časových úseků v průběhu jízdy a jsou využity i jeho periferie jako je Capture/Compare/PWM modul, kterým se dá snadno měřit doba neboli perioda dvou po sobě jdoucích pulzů z otáčejícího se kola. Posledním podstatným požadavkem bylo napájecí napětí, které je v mém případě 3,3 V, což mikrokontrolér také splňuje. Ve výběru u mě hrála roli také zkušenost s procesory od firmy Microchip. Na střední škole v předmětu Mikroprocesorová technika jsme pracovali s mikrokontrolérem PIC16F877A a v 5. semestru na Fakultě elektrotechnické jsme pracovali právě s procesorem PIC18F45K22, což je obdoba mnou vybraného F25, který má méně vstupně výstupních pinů. V následujícím souhrnu jsou vypsané základní vlastnosti mikrokontroléru PIC18F25K22.

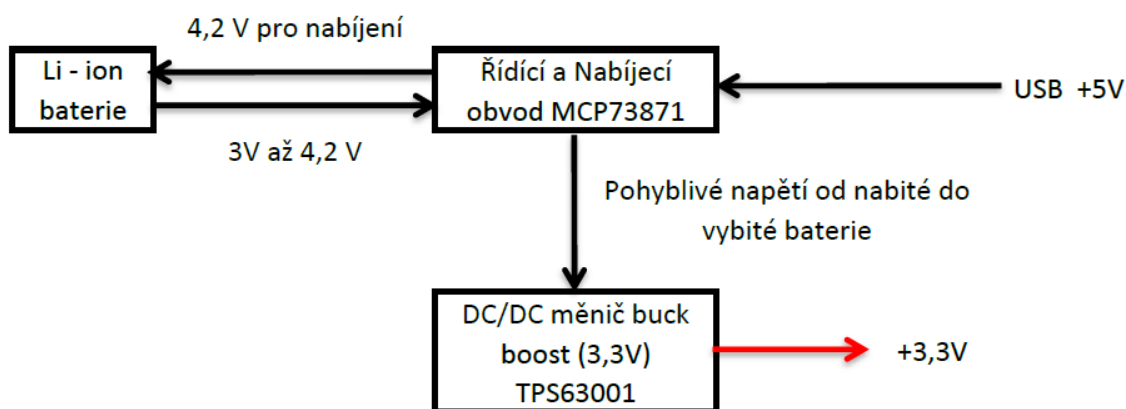
Specifikace PIC18F25K22 [7]

- RISC architektura
- Datová paměť EEPROM o velikosti 256 B
- Programová paměť FLASH o velikosti 32 KB
- Datová paměť SRAM o velikosti 1536 B
- 25 vstupně výstupních pinů
- osmibitové časovače
- šestnáctibitové časovače
- 16 MHz interní oscilátor volitelný od 31 kHz do 16 MHz
- režimy pro externí oscilátor
- 4x fázový závěs pro zvýšení frekvence
- Sekundární oscilátor využívající Timer1 pro připojení 32 kHz krystalu
- Odběr v režimu Sleep typicky 20 nA
- Napájecí napětí 2,3 V až 5,5 V
- 10 bitový 19 kanálový A/D převodník
- MSSP porty pro komunikaci s periferiemi (SPI a I²C)
- Pouzdra SSOP, SOIC, QFN, SPDIP a PDIP

Vybral jsem pouzdro SOIC, protože rozteč jeho vývodů je 1,27 mm a v domácích podmínkách se dá bez problémů pájet. Je však trochu větší než SSOP. V případě funkčního prototypu by tedy šlo desku plošných spojů ještě zmenšit.

3.3 Napájení

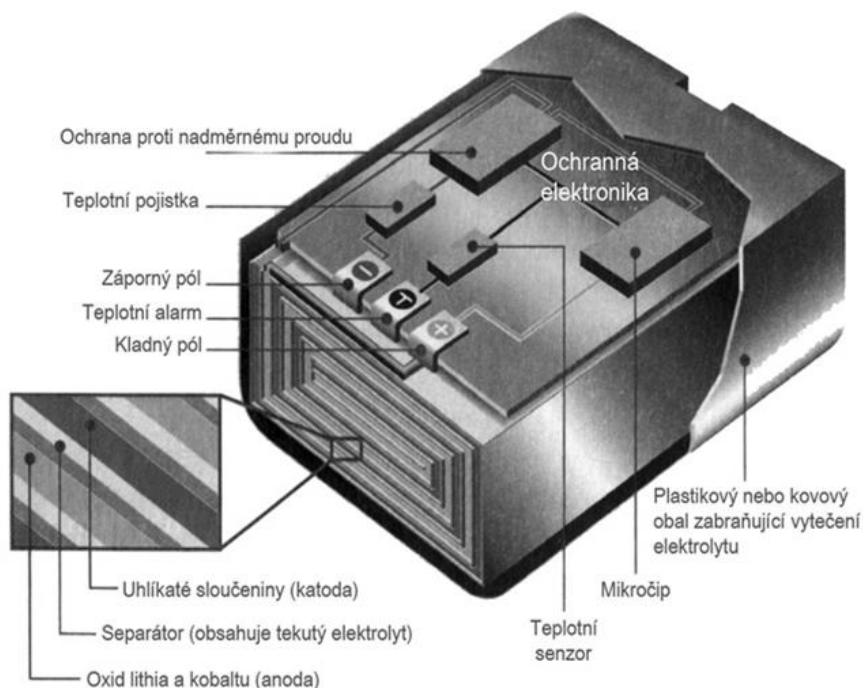
Mým záměrem je vytvořit cyklopočítač, který bude napájen dobíjecí baterií typu Li-ion. Rozhodl jsem se tak, protože sloučím nabíjení a přenos dat do osobního počítače do jednoho úkonu. Proto je nutné, aby nabíjení baterie probíhalo prostřednictvím USB kabelu, a pro tyto účely skvěle poslouží integrovaný obvod od již zmíněné firmy Microchip MCP73871. Tento obvod ale nezajišťuje stabilizaci výstupního napětí, které klesá s vybíjením baterie. Tento fakt by mohl dělat problém u napájení displeje a ostatních obvodů. Zařadil jsem mezi dobíjecí obvod a ostatní obvody cyklopočítače ještě obvod od americké firmy Texas instrument TPS63001, což je DC/DC měnič napětí typu buck-boost. Obvod tedy stabilizuje napětí na 3,3 V a to pro vyšší i nižší napětí z baterie. Vše je zobrazeno na blokovém schématu napájecí části.



Obrázek 9: Blokové schéma napájecí části

3.3.1 Lithium-iontový akumulátor (Li - ion)

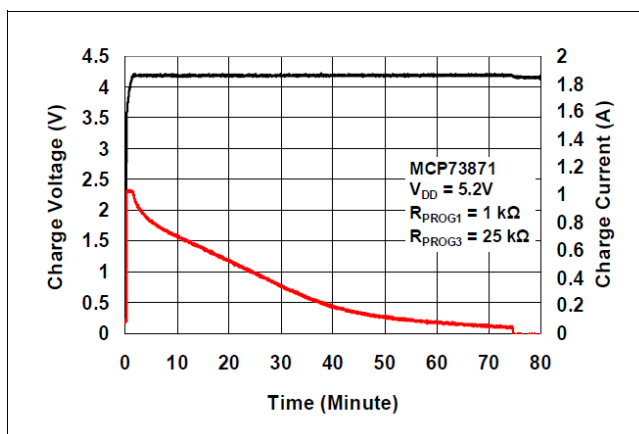
Spolu s lithium-polymerovými bateriemi jsou nejvyžívanějšími články pro přenosné přístroje. Mezi jejich hlavní výhody patří velká kapacita, malá hmotnost, napětí větší než 3 V a nepřítomnost paměťového efektu jako u nikel-kadmiových baterií, u kterých musíme zaručit naprosté vybití a poté jejich maximální nabití. Jejich nevýhodou je naopak velký vnitřní odpor a rychlá doba stárnutí baterie, která je typicky 250 cyklů nabíjení. I přes tyto nevýhody jsem do mé aplikace vybral Li – ion akumulátor. Nemusím řadit více článků do série, protože napětí z baterie se pohybuje v rozmezí mezi 3 V až 4,2 V. Z důvodu této nestability napětí z baterie je zařazen DC/DC měnič napětí typu Buck – Boost, který stabilizuje napětí na 3,3 V. Vnitřní rozložení akumulátoru je zobrazeno na obrázku 10, kde je vidět, kromě katody z uhlíkatých sloučenin, anody z oxidu lithia a kobaltu a separátoru, také ochranná a řídicí elektronika zabudovaná přímo v pouzdru baterie.



Obrázek 10: Schéma lithium-iontového akumulátoru [převzato z 8]

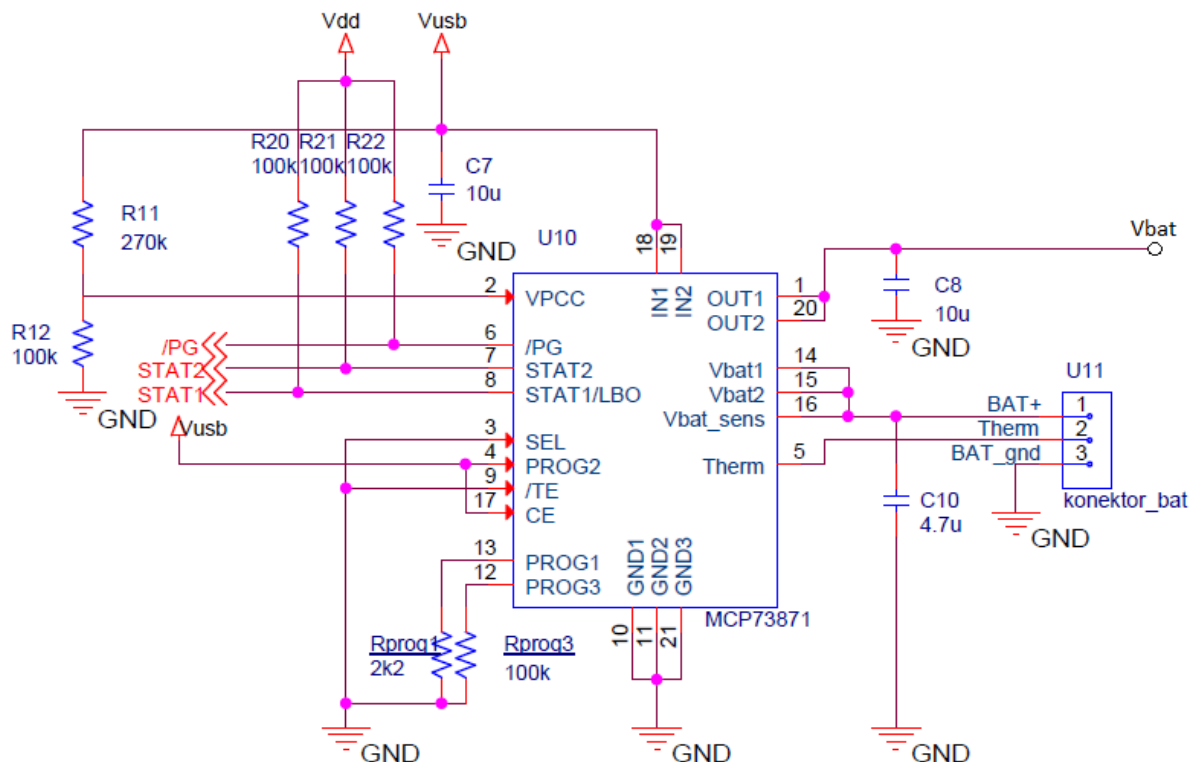
3.3.2 Nabíječka MCP73871

V zapojení je použit integrovaný obvod MCP73871 od firmy Microchip, který disponuje nabíjením jak z AC/DC adaptéru, tak i z USB portu, kterým budu zároveň přenášet naměřená data do osobního počítače. Další výhodou jsou stavové výstupy obvodu /PG, STAT1 a STAT2, které informují uživatele například o vybité baterii, dokončení nabíjecího cyklu, nepřítomnosti baterie a dalších stavech. Tyto stavové výstupy jsou připojeny na PORTA mikrokontroléru, pro další vyhodnocení. Obvod je vyráběn pro několik nabíjecích napětí 4,10 V, 4,20 V, 4,35 V nebo 4,40 V. Z těchto možností jsem vybral napětí 4,2 V tedy obvod MCP73871-2CCI, protože vlastním několik Li – ion baterií s tímto nabíjecím napětím a je to nejčastější nabíjecí napětí u akumulátorů v mobilních telefonech. Obvod nabíjí Li-ion baterii preferovaným postupem nejprve dodává konstantní proud následovaný konstantním napětím. Typický průběh nabíjení v závislosti na čase je znázorněn na obrázku 11, kde červeně je znázorněn průběh proudu (Charge Current) v závislosti na čase a černě průběh napětí (Charge Voltage).



Obrázek 11: Typický průběh nabíjení Li-ion baterie obvodem MCP73871

V následujícím schématu je zobrazeno zapojení obvodu MCP73871:



Obrázek 12: Obvodové zapojení nabíječky MCP73871

Integrovaný obvod nám dovoluje nastavení vybraných parametrů:

1) Nastavení nabíjecího proudu pomocí rezistoru připojeného na pin PROG1 proti zemi (GND). Dodávaný proud z USB je možný 100 mA nebo 500 mA, což nastavím pomocí pinu PROG2 do log. 1 na hodnotu 500 mA. Nabíjecí proud jsem tedy zvolil pro kratší dobu nabíjení pomocí R_{PROG1} (dle rovnice 1) na 2,2kΩ.

$$I_{REG} = \frac{1000V}{R_{PROG1}} = \frac{1000}{2,2} = 454,55 \text{ mA} \quad (1)$$

Kde: R_{PROG1} je zadáváno v kΩ
 I_{REG} vyjde v mA

2) Nastavení prahového proudu, pro které je baterie vyhodnocena jako nabitá. V režimu konstantního napětí postupně klesá proud, a pokud klesne pod definovanou hodnotu $I_{TERMINATION}$, kterou nastavíme pomocí rezistoru R_{PROG3} připojeného mezi PROG3 a GND, tak dojde k vypnutí nabíjení. R_{PROG3} jsem zvolil na doporučených 100 kΩ, tedy dle rovnice 2 je prahový proud nastaven na 10 mA.

$$I_{TERMINATION} = \frac{1000V}{R_{PROG3}} = \frac{1000}{100} = 10 \text{ mA} \quad (2)$$

Kde: R_{PROG3} je zadáváno v kΩ
 $I_{TERMINATION}$ vyjde v mA

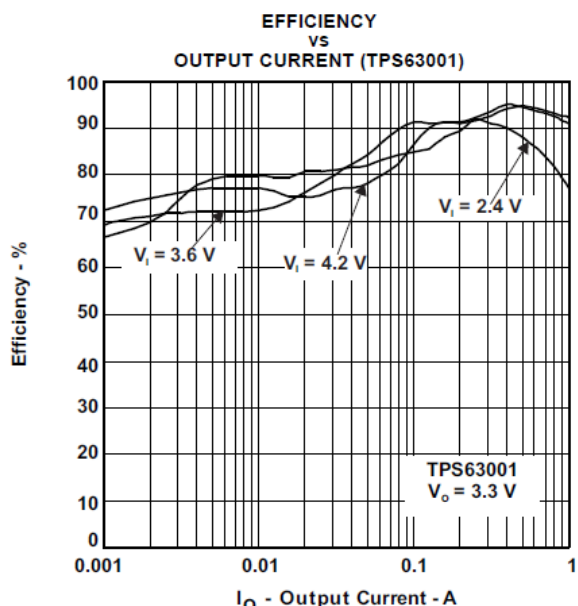
3) Pin CE povoluje/zakazuje nabíjení. Je nastaven na log. 1, pro povolení nabíjení.

4) Pin /TE povoluje/zakazuje využití vnitřního čítače, který když přeteče, tak skončí nabíjení i pokud proud neklesne pod hodnotu $I_{\text{TERMINATION}}$. Jedná se tedy o časovou ochranu akumulátoru. Nastaven je do logické úrovně Low, tedy povolení interního čítače.

5) Pin SEL je nastaven do logické úrovně Low, a je tím vybráno nabíjení z USB portu.

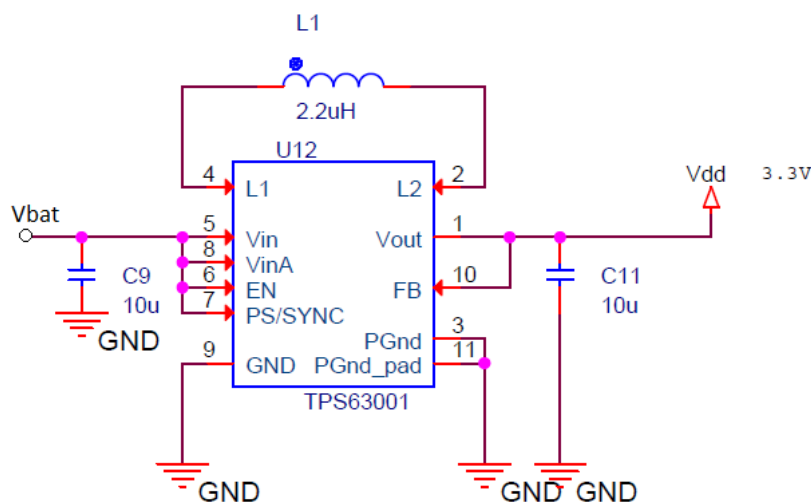
3.3.3 DC/DC měnič TPS63001

Posledním důležitým prvkem zapojeným v napájecí části je měnič napětí od firmy Texas Instrument, který má funkci stabilizovat napětí z Lithiové baterie, které je velmi závislé na stavu nabití baterie a pohybuje se nad i pod požadovanou hranici 3,3 V. Pracuje v režimu buck pokud je napětí z baterie větší než 3,3 V a v režimu boost pokud je baterie téměř vybitá a na jejích vývodech je méně než 3,3 V. Dle katalogového listu je požadované napětí na vstupu obvodu 1,8 až 5,5 V, což lithiová baterie splňuje. Využívá synchronní usměrňovač pro dosažení vysoké účinnosti. Vybral jsem tento zdroj, protože jako jediný splňuje požadavky na oba režimy buck a boost a zároveň má velmi vysokou účinnost pro nízký odběr. Typicky 80 % pro výstupní proud 10 mA a 92 % pro výstupní proud 100 mA viz graf na obrázku 13.



Obrázek 13: Závislost účinnosti na výstupním proudu [převzato z 9]

Obvod je zapojený podle doporučení v katalogovém listu.



Obrázek 14: Obvodové zapojení měniče TPS63001

Kde:

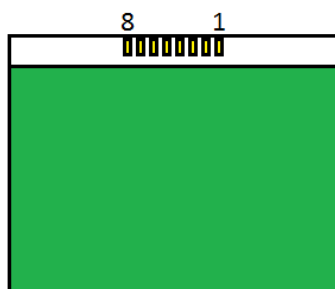
- Pin PS/SYNC** Slouží k výběru dvou operačních módů. Zapnutí nebo vypnutí módu Power save, který slouží pro malé zátěže, takže když je průměrný proud induktoru nižší než 300 mA, tak měnič přestane pracovat. Slouží pro zvýšení účinnosti. V mém zapojení však tento mód nevyužívám a proto je připojen na log. 1.
- Pin EN** Pokud je tento pin připojen na úroveň log. 1 zařízení pracuje, pokud je tento pin uzemněn, tak je obvod v režimu SHUTDOWN.
- Pin FB** Slouží jako zpětná vazba pro regulaci výstupního napětí. V mém případě přímo spojeno s Vout, což je výstupní napětí, tedy 3,3 V.
- Piny L1 a L2** Na těchto pinech je připojen externí induktor sloužící jako nábojová pumpa v režimu boost. Doporučená hodnota je mezi 1.5 μ H až 4.7 μ H.
- Pin VinA** Je napájecí kontakt pro řídicí jednotku. Pokud napětí na tomto pinu klesne pod hodnotu undervoltage lockout threshold (prahu podpětí), který je typicky 1,7 V, tak zařízení automaticky přejde do režimu SHUTDOWN.
- Pin Vin** Pin pro vstupní napětí, tedy napětí z Li-ion baterie.
- Pin Vout** Pin pro výstupní napětí, na který je doporučeno dát keramický kondenzátor 10 μ F proti pinu PGND, pro udržení stability regulace.
- Pin GND** Slouží jako referenční bod pro zpětnou vazbu. Odporovým děličem na pinu FB by neměl téct žádný proud do GND. I když potečou velké impulzní proudy ze zdroje do PGND, nenaruší zpětnou vazbu, právě díky rozlišení GND a PGND (power ground).
- Pin PGND** Společná zem pro všechny výkonové části. Tedy kondenzátory připojené na vstupu i výstupu, jsou připojeny na PGND. Pin GND je připojen jen v jednom bodě na PGND, což je rozlitá měď po celé ploše desky.

3.4 Displej s řadičem PCD8544

Jedná se o grafický displej s rozlišením 48 x 84 pixelů, který finská společnost Nokia osazovala do svých prvních mobilních telefonů. Najdeme ho například v modelech 3210, 3310, 5110 a dalších. Já osobně si prvně vybral displej z modelu 5110, který má však nevýhodu v tom, že napájecí a signálové kontakty jsou zprostředkovány pomocí vodivé gumy, která se pouze přitlačí na měděné kontakty na desce plošných spojů. To se však ukázalo jako nevýhoda pro nedokonale očištěnou plochu kontaktů a gumy od kalafuny a displej problikával a občasně celý zčernal. Proto jsem ho vyměnil za displej z modelu 3310, který má měděné kontakty, na které jsem připájel kabel. Všechny tyto displeje mají řadič od nizozemské firmy Philips PCD8544, který má tyto hlavní vlastnosti. [10]

- Napájecí napětí 2,7 až 3,3 V
- Teplotní rozsah -25 až +70°C
- CMOS kompatibilní vstupy
- Externí reset vstup
- Nízká spotřeba energie vhodná pro bateriový provoz
- Datovou paměť RAM 48 x 84 bitů
- Napájecí napětí pro displej za pomoci externího kondenzátoru (6,0 až 8,5 V)

Datová komunikace mezi mikrokontrolérem a displejem probíhá za pomoci sériové linky S_{dat} , a proto je počet kontaktů displeje omezen na 8 pinů na rozdíl například od alfanumerického displeje s řadičem HD44780, který má celkově 16 pinů.



Pin 1 Vdd	Napájecí napětí 2,7 až 3,3V
Pin 2 Sclk	Hodinový signál pro obsluhu displeje 0 až 4 Mbit/s
Pin 3 Sdat	Sériový datový signál pro zápis příkazů nebo dat
Pin 4 D/C	Výběr pro signál S_{dat} : data nebo příkaz
Pin 5 Sce	Log. 0 povoluje vkládat data
Pin 6 Gnd	Referenční bod – zem

Obrázek 15: Pinout displeje (přední pohled)

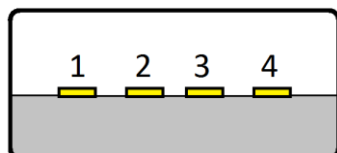
- Pin 7 Vout Pro správnou funkci displeje je potřeba vyšší napětí než je napájecí, a proto je přiváděno odděleně. Na tomto pinu lze zvolit napájení buď přes interní generátor napájený z napájecího napětí za pomoci externího kondenzátoru nebo pomocí externího zdroje napětí 9V. V zapojení používám první metodu, která využívá principu nábojové pumpy.
- Pin 8 Reset Již zmíněný externí reset displeje aktivní v úrovni log. 0.

3.5 Převodník USB na UART

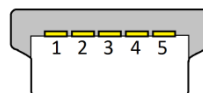
Pro přenesení naměřených dat z cyklopočítače do osobního počítače jsem vybral rozhraní USB, mezi jehož hlavní přednosti patří snadná připojitelnost Plug-and-play, což znamená, že zařízení můžeme připojit bez restartování počítače a dále velká rozšířenost této sběrnice. S touto sběrnicí jsem musel dále vybrat vhodný převodník a z důvodů ušetření místa a financí, jsem vybral převodník FT230XS.

3.5.1 Universal Serial Bus

Jedná se o sériovou sběrnici, která je v dnešní době velmi rozšířená. Pomocí této sběrnice je možné připojit k osobnímu počítači širokou škálu periférií. Komunikace probíhá prostřednictvím čtyř vodičů a je typu single-master, což znamená, že celou komunikaci řídí jedna jednotka (osobní počítač). Přenos dat se uskutečňuje pomocí rámců, které mají danou délku 1 ms. První kabel je určen pro napájecí napětí 5 V a je schopen dodat 100 mA nebo až 500 mA. Další dva vodiče slouží jako symetrický diferenční kroucený pár, po kterém jsou přenášena data v paketech. Signál přenášený po krouceném páru je vyjádřen rozdílem potenciálů obou vodičů a jeho výhodou ční v menší náchylnosti na rušení z okolí. Čtvrtý kabel je referenční zem. Pro minimalizaci zapojení jsem vybral port USB B mini. Rozložení pinů je na následujících obrázcích.



Obrázek 16: Pinout USB typu A



Obrázek 17: Pinout USB mini typu B

USB A	Pin 1	Vdd	+5 V
	Pin 2	D-	Data –
	Pin 3	D+	Data +
	Pin 4	GND	Zem
USB B	Pin 4	ID	Nezapojeno
	Pin 5	GND	Zem

Obrázek 18: Rozložení pinů USB

Hlavní vlastnosti rozhraní USB: [11]

- Komunikační rychlost od 1,5 Mbit/s do 480 Mbit/s pro USB 1.1 a 2.0
- Zpětně kompatibilní USB 3.0 a 3.1 s rychlostí až 4,7 Gbit/s
- Komunikační vzdálenost do 5m
- Možnost připojení více zařízení
- Rozhraní obsahuje 5 V napájení
- Lze připojit až 127 zařízení pomocí jednoho typu konektoru
- Sběrnice typu single-master

3.5.2 Převodník FT230X

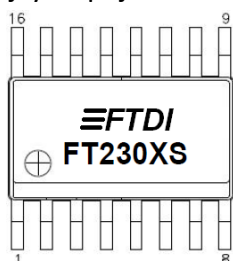
Tento obvod od firmy FTDI chip má mírně zredukované funkce oproti dražšímu modelu FT232R, který disponuje 28 kontakty, které slouží například pro zapnutí testovacího módu, připojení externího 12 MHz oscilátoru nebo pro kontrolu komunikace, například zda jsou data připravená k odeslání.

V mém zapojení bych tyto funkce nevyužil, a proto mi stačí zjednodušený obvod FT230X, který je znatelně menší, má pouze 16 pinů, a tím je nižší i jeho pořizovací cena. Ke zprostředkování komunikace mezi rozhraním EUSART mikrokontroléru a obvodem FT230X slouží dvojice vodičů TXD (vysílání asynchronních dat) a RXD (příjem asynchronních dat). EUSART je vstupně výstupní komunikační periferie zapouzdřená v mikrokontroléru PIC18F25K22, která má za úkol zprostředkovat vstupní a výstupní asynchronní komunikaci mikrokontroléru například s osobním počítačem.

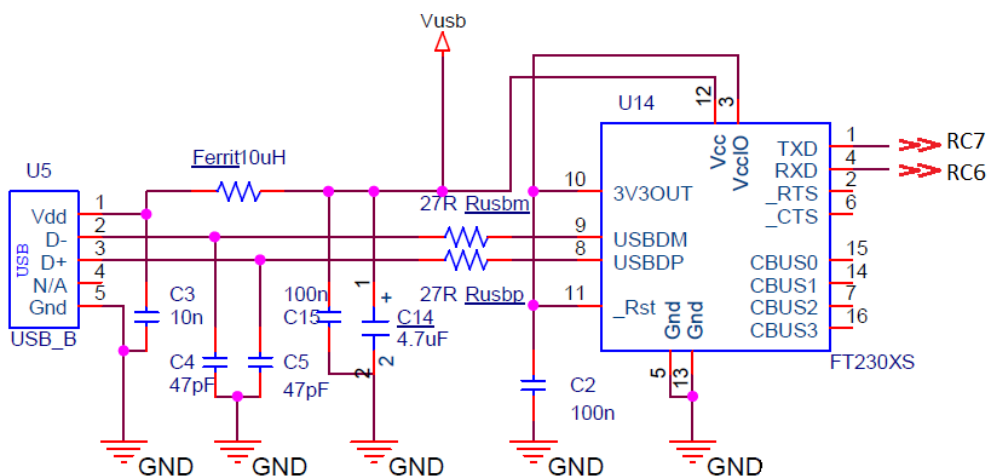
Hlavní vlastnosti převodníku FT230X: [12]

- Celý USB protokol přímo na čipu
- Přenosová rychlost 300 baud až 3 Mbaud
- USB 2.0 Full Speed kompatibilní
- Integrovaný oscilátor
- Napájecí napětí 3 V až 5,5 V – možno napájet přímo z USB
- Podpora UART rozhraní pro 7 nebo 8 datových bitů, 1 nebo 2 stop bity a partita
- 512 B přijímací buffer a 512 B vysílací buffer, které povolují vysokou propustnost

Obvod je vyráběn ve dvou typech pouzder a to QFN a SSOP. Vybral jsem pouzdro SSOP, které se snadněji pájí pomocí mikropájky. Zapojení obvodu a pouzdro je na obrázcích 19 a 20:



Obrázek 19: SSOP pouzdro

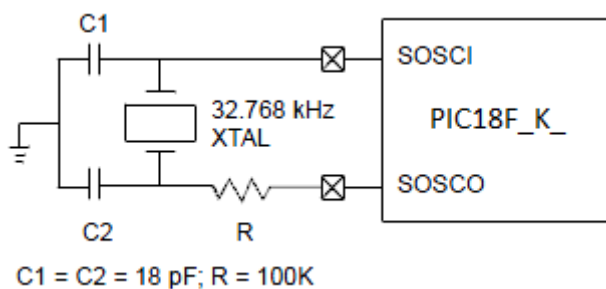


Obrázek 20: Obvodové zapojení převodníku FT230X

Pin Vcc	Napájení integrovaného obvodu (3,3 V nebo 5 V). V mém případě napájení z USB tedy 5 V.
Pin VccIO	Napájení pro vstupní / výstupní bloky (1,6 V – 3,3 V). Připojeno na výstupní 3V3OUT.
Pin 3V3OUT	Výstup 3,3 V, který může být použit pro napájení VccIO. Nebo například pro napájení displeje, pokud by se nejednalo o bateriovou aplikaci, ale byla by celá napájena ze zdroje USB.
Pin USBDM a USBDP	USB signál pro data mínus a plus. (viz kapitola 3.5.1)
Pin _Rst	Pin pro resetování obvodu aktivní log. 0.
Pin Gnd	Zem – 0V
Pin CBUS0-3	Konfigurovatelné vstupně/výstupní piny. Funkce těchto pinů je nastavena v paměti MTP. Dovolují například z pinů vysílat signál 6, 12 nebo 24MHz, informovat o průběhu komunikace za pomoci LED a další možnosti.
Pin _RTS	Kontrolní výstup Request To Send. Jedná se o signál, který podporuje UART.
Pin _CTS	Kontrolní vstup Clear To Send. V mém zapojení nejsou tyto piny potřebné.
Pin TXD	Výstupní pin pro vysílání asynchronních dat, která jsou vedena do mikrokontroléru do jednotky EUSART.
Pin RXD	Vstupní pin pro příjem asynchronních dat, která jsou odeslána z mikrokontroléru.

3.6 Čítání pulzů hodinového signálu

Měl jsem dvě možnosti čítání hodinových pulzů. První možností je integrovaný obvod RTC (real time clock), který sám o sobě čítá hodinové pulzy a výstupem z něho je přesný údaj hodin, minut a sekund. Tyto obvody jsou však finančně náročné a zabírají větší plochu na desce plošných spojů. Byla vybrána možnost druhá, kterou je externí krystal připojený k mikrokontroléru na piny SOSCI a SOSCO (RC0 a RC1). Frekvence krystalu je 32,768 kHz, což je 2^{15} pulzů za sekundu. Tedy pokud hodnotu šestnácti bitového timeru při každém přetečení nastavím do poloviny jeho rozsahu, tak má jeho přetečení frekvenci 1 Hz = 1 s. Tyto pulzy mohou být použity pro čítání doby jízdy nebo pro čítání sekund 24-hodinového času. Obvodové zapojení je dle doporučení v katalogovém listu.

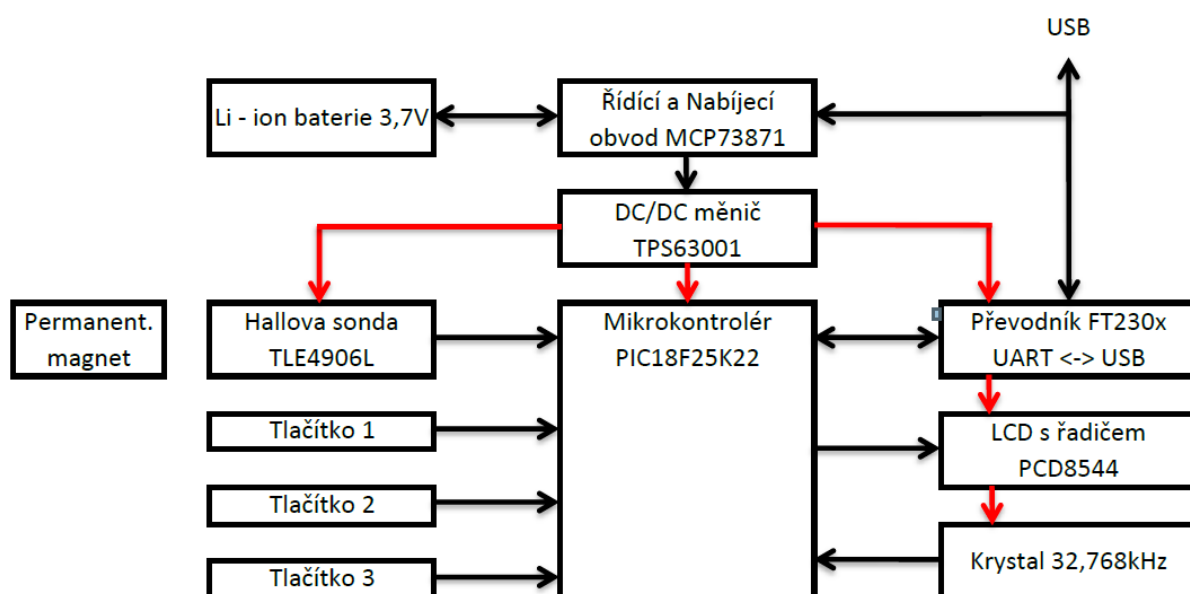


Obrázek 21: Připojení externího krystalu k mikrokontroléru [převzato z 7]

3.7 Návrh obvodového zapojení a DPS

Návrh obvodového zapojení jsem vytvářel v programu OrCAD od americké společnosti Cadence. Schematické značky pro pasivní součástky jsem použil z vložených knihoven, ale většinu ostatních jsem musel do knihoven přidat. V programu OrCAD je jednoduchý a velmi šikovný editor na schematické značky, takže bylo jednodušší udělat si vlastní i pro součástky, které v knihovnách byly. Větší problém byl v nedostatku nebo zastaralosti pouzder pro součástky a proto jsem veškerá tato pouzdra musel dělat vlastní. Výhodou tohoto postupu je, že jsem si určil velikost všech pájecích plošek tak, aby se součástky pohodlně pájely.

Desku plošných spojů jsem také dělal v programu OrCAD v podprogramu PCB Editor. Protože jsem desku nechával vyrábět v POOL servisu společnosti Prago Board, rozhodl jsem se udělat ji dvouvrstvou, tedy oboustrannou. Záměrem bylo mít na jedné straně rozlitou měděnou plochu jako zem a z druhé strany mít většinu SMD součástek. Na straně s rozlitou měděnou plochou je ve výsledku jen display, diody pro podsvícení a ovládací tlačítka. Výsledné blokové zapojení obvodu je na obrázku 22.



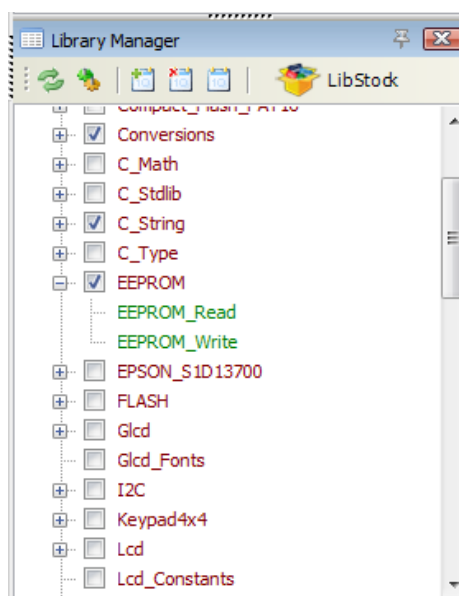
Obrázek 22: Výsledné obvodové zapojení – blokově

4 Návrh softwarové části

V této části bakalářské práce popíšu použité vývojové prostředí, programátor a jednotlivé důležité úseky kódu společně s jejich vývojovými diagramy.

4.1 Vývojové prostředí MikroC PRO for PIC

Z důvodu nepřilíh dobré znalosti assembler kódu, jinými slovy jazyku symbolických adres (ISA), jsem byl nucen použít vyšší programovací jazyk C. Tento jazyk je čitelnější a jednodušší na pochopení než JSA. S vývojovým prostředím MikroC od srbské firmy Mikroelektronika jsem se poprvé setkal v předmětu Mikrokontroléry. Toto prostředí mi přišlo velmi vhodné a rozhodl jsem se v něm programovat bakalářskou práci. Prostředí MikroC obsahuje překladač jazyka C a proto je vhodné pro mé účely. Výhodou jsou doplňkové nástroje jako například USART terminál, ASCII tabulka, GLCD editor, EEPROM editor a další. Dále jsou zde dobře vyřešené knihovny společně s jejich nápovědou, které jsem využíval hlavně při testování prvotních programů cyklopočítače. Následně jsem se snažil většinu funkcí optimalizovat výhradně pro mé zapojení.

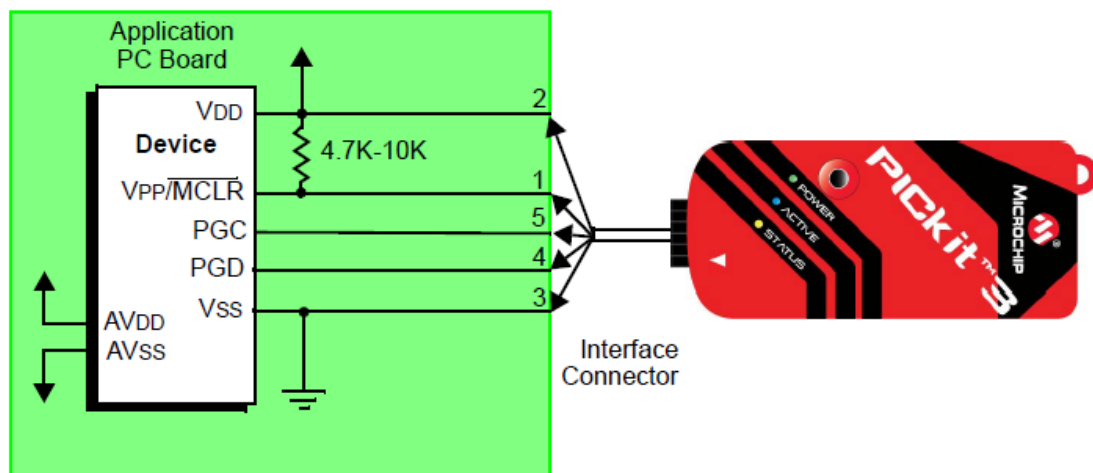


Obrázek 23: Správce knihoven

4.2 Programátor PICkit3

Přenést program z vývojového prostředí do mikrokontroléru lze provést dvěma způsoby. Prvním způsobem je programování pomocí tzv. bootloderu, což je firmware přednahráný v paměti mikrokontroléru, který zprostředkuje komunikaci mezi jednotkou EUSART a přes čip FT230x (viz kapitola 3.5.2) s osobním počítačem. Tento způsob programování je velmi zdlouhavý a nahrání 20 KB HEX souboru mi trvalo přibližně 2 minuty. Záleží však na použitém bootloderu.

Druhý způsob programování mikrokontroléru je za pomoci programátoru PICkit3. Jedná se o debugger/programátor od již zmíněné firmy Microchip, který disponuje jednoduchostí použití. Programátor nepotřebuje žádné další adaptéry a sokety. Lze ho připojit přímo na mikrokontrolér PIC a pomocí pěti vývodů naprogramovat. Princip komunikace a zapojení programátoru k desce je zobrazen na obrázku 24.

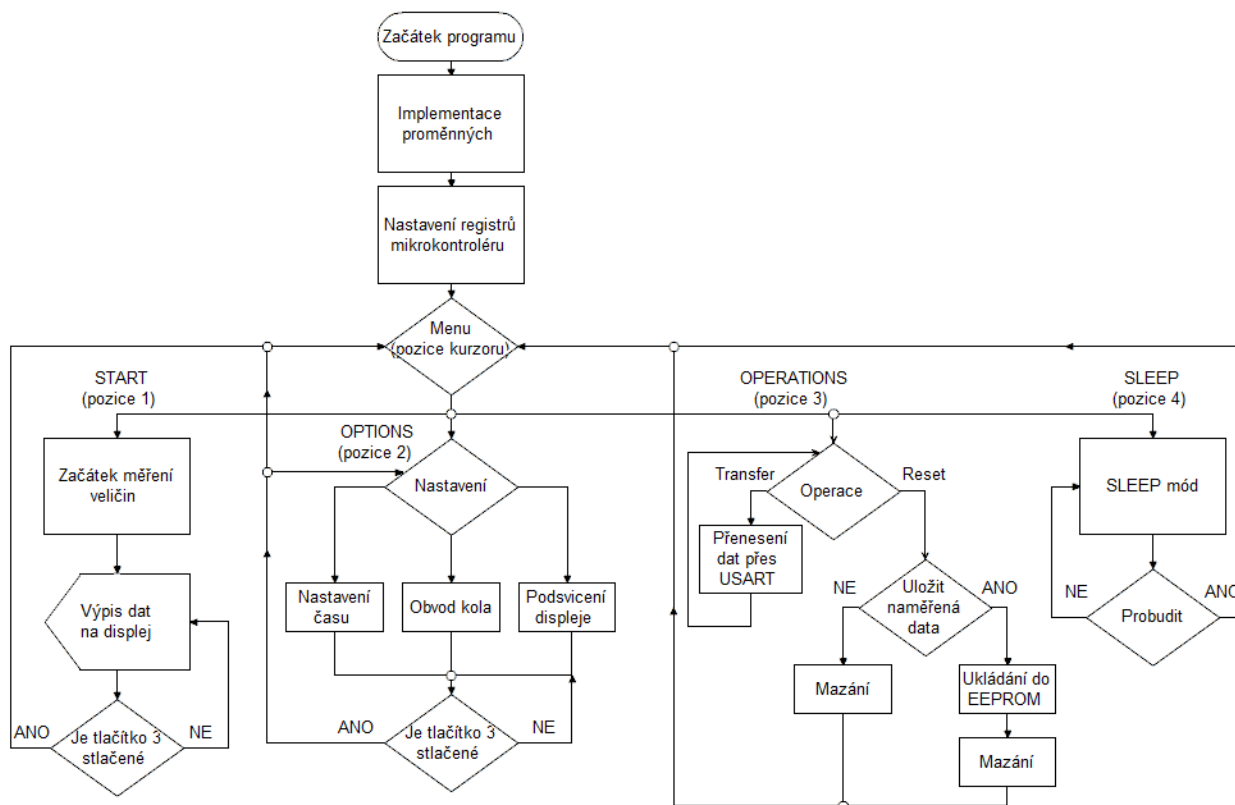


Obrázek 24: Připojení programátoru k mikrokontroléru [převzato z 13]

Hlavní vlastnosti programátoru PICkit3: [13]

- USB (12 Mbit/s)
- Diagnostické LED (power, busy, error)
- Aktualizace firmwaru z PC
- Umožňuje napájení pro cílový obvod nastavitelným napětím (2 – 6 V)
- Vestavěný přepětový chránič
- Umožňuje vymazat paměť mikrokontroléru

4.3 Princip hlavní smyčky



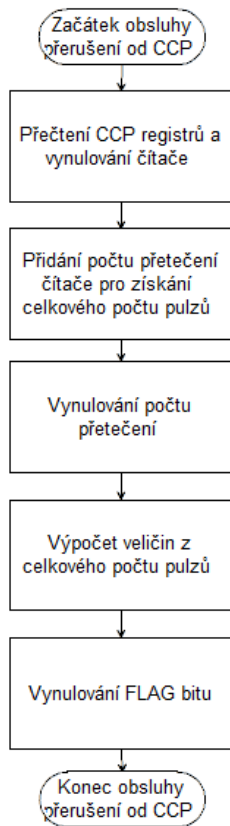
Obrázek 25: Vývojový diagram celého programu

Celý program je koncipován jako nekonečný cyklus, znamená to, že algoritmus nenabývá konce. Jediné místo, kde se algoritmus pozastaví je v režimu SLEEP, kdy vnitřní oscilátor přestane generovat 16 MHz signál a tím mikrokontrolér přestane pracovat. Každou sekundu je však z tohoto módu krátce probouzen a testuje, zda nemá být probuzen kompletně.

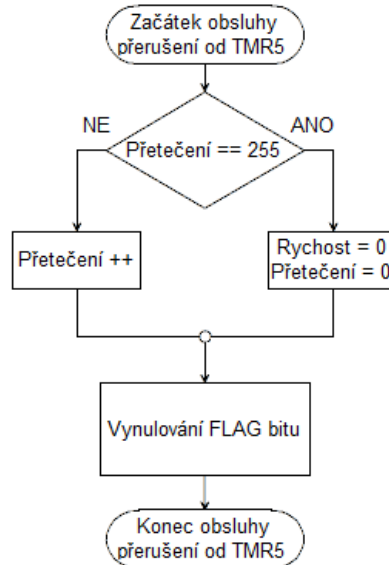
Pro určení větve programu, kterou se má vydat slouží trojice tlačítek. První (levé modré) tlačítko určuje pozici kurzoru (#) a nastavuje tak proměnnou „pozice“ (viz obrázek 25), druhé (prostřední černé) slouží jako klávesa pro potvrzení výběru a třetí (pravé modré) navrátí program o jednu obrazovku zpět.

4.4 Obsluhy přerušení

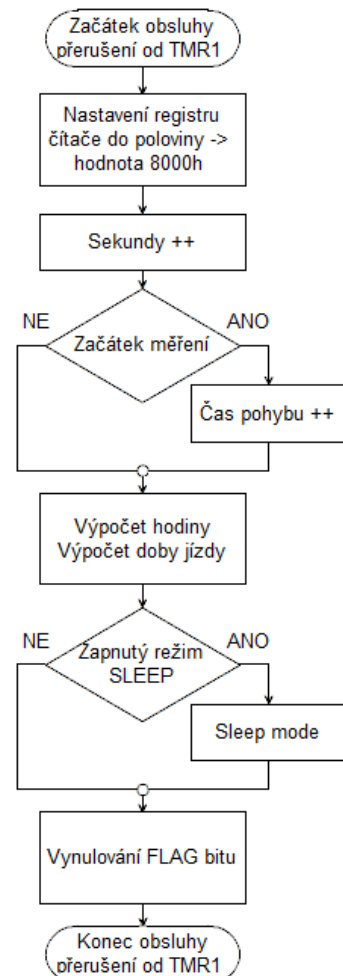
Dále je potřebná funkce pro obsluhy přerušení (interrupt), ve které se vykonávají dva hlavní úkony. Prvním je výpočet všech hodnot, který cyklopočítač měří z doby jednoho otočení kola. Jedná se o okamžitou a maximální rychlost, aktuální vzdálenost a celkovou vzdálenost. Druhým úkonem, je čítání sekund pro hodiny a času pohybu (viz kapitola 3.6). Úkon je prováděn za pomoci přetečení čítače 1. Vývojové diagramy obsluh přerušení jsou znázorněny na následujících obrázcích.



Obrázek 28: Vývojový diagram Obsluhy přerušení od CCP



Obrázek 27: Vývojový diagram obsluhy přerušení z časovače 5



Obrázek 26: Vývojový diagram obsluhy přerušení z časovače 1

Obrázek 28 zobrazuje vývojový diagram obsluhy přerušení od Capture Compare PWM periferie nastavené tak, aby při každé náběžné hraně příchozího pulzu z Hallovy sondy (viz kapitola 3.1.1 - obrázek 7) procesor vykonal výpočty jednotlivých měřených veličin.

Pro zachycení této doby nestačí pouze doba do jednoho přetečení šestnáctibitového časovače, protože tato doba je maximálně 0,0164 sekundy (výpočet 3). Proto je použito čítání počtu přetečení časovače 5, jehož obsluha přerušení je na obrázku 27 doba mezi dvěma příchozími pulzy z Hallovy sondy je tedy prodloužena přibližně na 4,2 sekundy. Po uplynutí této doby se rychlost blíží nule a je tak tedy i vyhodnocena.

$$t_{\text{přetečení}} = \frac{1}{f_{\text{osc}}/4} * \text{rozsah} = \frac{1}{4 * 10^6} * 2^{16} = 0,016384 \text{ s} \quad (3)$$

Kde: $t_{\text{přetečení}}$ doba přetečení časovače
 f_{osc} frekvence vnitřního oscilátoru nastavená registrem OSCCON na 16 MHz
 rozsah rozsah šestnáctibitového časovače

Na obrázku 26 je vývojový diagram obsluhy přerušení časovače 1, kde při každém jeho přetečení je nastavena hodnota časovače do poloviny jeho rozsahu 0x8000 a přičtena jedna sekunda. Pokud by nebyla nastavena hodnota časovače, čítal by od nuly a doba přetečení by byla 2 sekundy, za předpokladu použití externího oscilátoru s frekvencí 32,768 kHz. V této obsluze se

také testuje, zda uživatel nevybral v menu režim sleep, při kterém je vypnut vnitřní oscilátor z důvodu úspory energie. Pokud je tento režim zvolen, znamená to, že se každou sekundu mikrokontrolér probudí, přičte sekundu hodin a poté se zase uspí. Poměr probuzeného a uspaného mikrokontroléru je pak přibližně 1:40000, protože doba obsluhy přerušení obsahuje cca 100 instrukcí a každá instrukce trvá 1/4000000 sekundy.

4.5 Výpočet měřených veličin

4.5.1 Aktuální rychlost

Měření aktuální rychlosti vychází z fyzikálního výpočtu (4). Musíme tedy znát dráhu, kterou kolo urazilo a dobu, za kterou tuto dráhu urazilo. Dráha je zadaná uživatelem v menu -> nastavení -> obvod kola. Doba je měřena pomocí CCP (viz výše kapitola 4.4). Pokud do vztahu (4) dosadíme za t počet pulzů časovače krát periodu signálu časovače dostaneme vztah (5).

$$v = \frac{s}{t} [m * s^{-1}] \quad (4)$$

$$v = \frac{O_{kola}}{N_x * \frac{1}{f_{osc}/4}} * 3,6 [km * h^{-1}] \quad (5)$$

Kde:	v	rychlost
	s	dráha
	t	doba, za kterou urazí dráhu s
	O_{kola}	obvod kola
	N_x	počet pulzů načítaných během jedné otáčky kola
	f_{osc}	frekvence vnitřního oscilátoru (16 MHz)

Aby rychlost nemusela být proměnná s pohyblivou desetinnou čárkou (float nebo double) rozhodl jsem se jí počítat v poměru 1:1000, tedy 1 km/h odpovídá hodnotě 1000 uložené v proměnné rychlost. A desetinnou čárku vkládat až při výpisu hodnot na displej.

```
time_ccp = (preteceni<<16)|(hi<<8)|lo;
preteceni=0;
```

```
rychlost = obvod_kola * 4000000;
rychlost = rychlost / time_ccp;
rychlost = rychlost * 36;
```

Kde:	
lo,hi	pomocné registry pro načtení hodnoty časovače při prerušení z CCP
time_ccp	24 bitová hodnota odpovídající počtu pulzů
preteceni	počet přetečení časovače 5

Zdrojový kód 1: Výpočet aktuální rychlosti

4.5.2 Jednorázová a celková ujetá vzdálenost

Pro výpočet jednorázové i celkové vzdálenosti stačí znát počet otočení kola a jeho obvod, který zadá uživatel. Počet otočení je přičítán při každém příchozím pulzu z Hallovy sondy. Vzdálenost ve výpočtu je dělena 100, protože obvod kola je zadáván v centimetrech a vzdálenost poté vychází v metrech. Opět se jedná o číslo bez pohyblivé desetinné čárky a výpis na displeji je v kilometrech s pevně vypsanou desetinnou čárkou.

```
if(CCP5IF_bit){
    .
    .
    pocet_pulzu++;
    pocet_pulzu_celk++;
    vzdalenost = (pocet_pulzu * obvod_kola)/100;
    celkova_vzdalenost = pocet_pulzu_celk * obvod_kola)/100;
    .
    .
}
```

Zdrojový kód 2: Výpočet jednorázové a celkové vzdálenosti

Kde: **CCP5IF_bit** flagbit, který je roven log. 1, když dojde k přerušení od CCP5

4.5.3 Maximální rychlost

Při každé změně rychlosti je testováno, zda tato rychlost nepřekročila maximální rychlost a pokud ano, je tato rychlost uložena do proměnné s maximální rychlostí. Rychlost je opět vypsána na displeji s pevně danou desetinnou čárkou. Proměnná max_rychlost je tedy typu long.

```
if(CCP5IF_bit){
    .
    if (rychlost > max_rychlost) {
        max_rychlost = rychlost;
    }
    .
    .
}
```

Zdrojový kód 3: Výpočet maximální rychlosti

4.5.4 Průměrná rychlost

Průměrná rychlost je na rozdíl od ostatních měřených veličin počítána ve funkci vypisování měřených údajů, protože jako jediná se mění i v případě, že kolo stojí a nedochází k přerušení od CCP5. Průměrná rychlost se vypočte také ze vzorce (4), ale dráha s je zde ujetá vzdálenost, nikoliv obvod kola a doba t je celkový čas pohybu.

```
prum_rychlost = ((pocet_pulzu * obvod_kola) / sekundy_jizdy)*36;
```

Zdrojový kód 4: Výpočet průměrné rychlosti

4.6 Funkce obsluhující displej

Celkem jsem napsal sedm funkcí, pomocí kterých obsluhuji displej. První hlavní funkce slouží kodeslání příkazu a druhá hlavní funkce slouží kodeslání dat. Pomocí funkce `writecommand` (zapiš příkaz) provádím inicializaci displeje (`initlcd`). Poté je displej aktivní a čeká na příkazy či data. Dále program obsahuje funkce pro pozici kurzoru na displeji (`cursorxy`), funkce pro vymazání celého displeje (`clearram`) a propojené funkce zapiš znak (`writechar`), na kterou odkazuje, zapiš řetězec (`writesrtng`). Tyto funkce slouží pro výpis alfanumerických znaků z knihovny `font5x8.h` převzaté z [14]. Pro snadnější obsluhu jsem přemapoval bity a pojmenoval je jako kontakty displeje. Dále pro ukázkou funkce pro výpis znaků a řetězců.

```
#include "font5x8.h"

sbit LCD_SCE at LATB2_bit;
sbit LCD_RST at LATB4_bit;
sbit LCD_DC at LATB0_bit;
sbit LCD_DAT at LATB1_bit;
sbit LCD_CLK at LATB3_bit;
```

Zdrojový kód 5: Mapování bitů displeje

```
void writechar(char znak) {
    for (i = 0;i<6;i++){ // Vypiš postupně 6 sloupců z
                        // knihovny font5x8
        writedata(font5x8[znak][i]);
    }
}

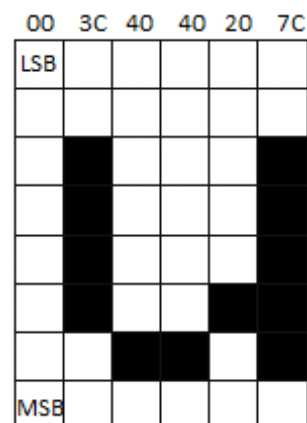
void writestring(char *str) {
    for (k = 0;k<strlen(str);k++) { // Vypiš postupně znaky z
                                    // vloženého řetězce
        writechar (str[k]);
    }
}
```

Zdrojový kód 6: Funkce pro výpis znaků a řetězců

Kde knihovna `font5x8` je dvourozměrné pole znaků, jejíž první rozměr je znak z tabulky ASCII (0-255) a druhý rozměr je 6 sloupců, které se vykreslí na displej (viz obrázek 29).

```
const char font5x8[][6] = {
    .
    .
    {0x00,0x04,0x3f,0x44,0x40,0x20}, // t 0x74 116
    {0x00,0x3c,0x40,0x40,0x20,0x7c}, // u 0x75 117
    {0x00,0x1c,0x20,0x40,0x20,0x1c}, // v 0x76 118
    .
    .
};
```

Zdrojový kód 7: Ukázka z knihovny `font5x8.h`



Obrázek 29: Princip vypsání znaku `u` z knihovny `font 5x8`

4.7 Doplnková funkce indikace rychlosti

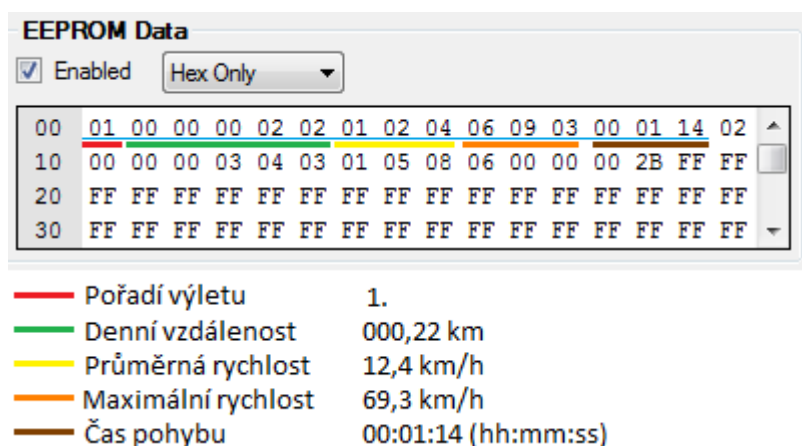
Jedná se o funkci, která na displeji za jízdy ukazuje konkrétní symbol. Zobrazení jednoho ze tří symbolů určuje porovnání aktuální a průměrné rychlosti. Pokud uživatel jede minimálně o 1 km/h rychleji než je jeho dosavadní průměrná rychlost, zobrazí se šipka nahoru „↑“. Pokud je jeho rychlost nižší než průměrná rychlost zobrazí se šipka dolů „↓“. A pokud se průměrná rychlost rovná ± 1 km/h zobrazí se na displeji čtverec „□“. Ve zdrojovém kódu 8 odpovídá hodnota +1000 právě zmíněnému rozdílu 1 km/h.

```
void pacer_function() {
    if(rychlost > prum_rychlost + 1000) {
        pacer = 0xff; //hodnota pro sipku nahoru
    }
    else if (rychlost < prum_rychlost - 1000) {
        pacer = 0xfe; //hodnota pro sipku dolu
    }
    else {
        pacer = 0xfd; //hodnota pro ctverec
    }
}
```

Zdrojový kód 8: Funkce indikace rychlosti

4.8 Ukládání dat do EEPROM

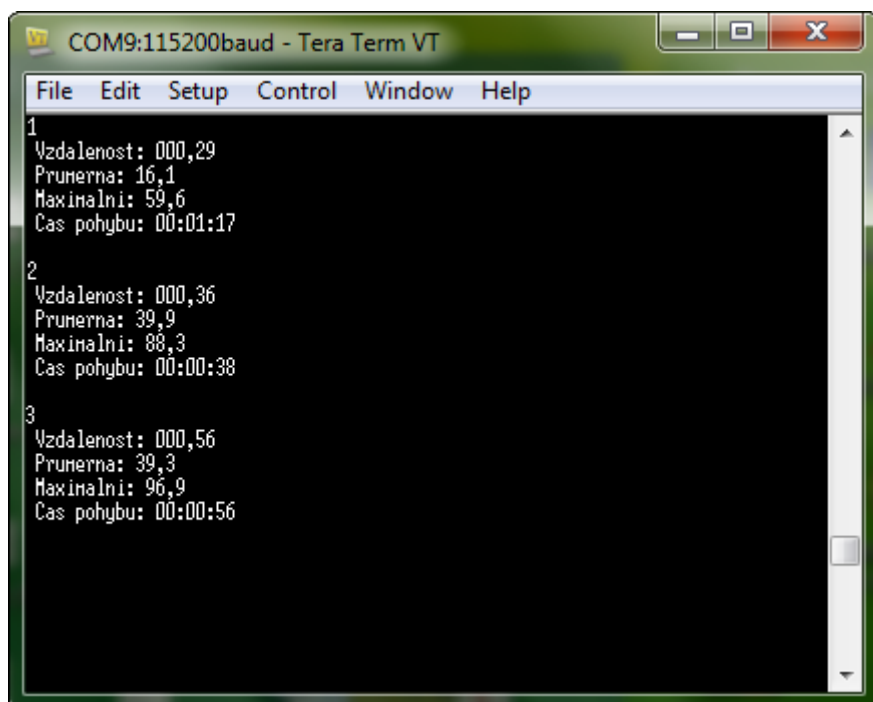
Pro ukládání denní vzdálenosti, maximální rychlosti, průměrné rychlosti a času pohybu využívám vnitřní paměť v mikrokontroléru typu EEPROM, která má velikost 256 B. Do takto velké paměti je možno uložit 17 měřených jízd na kole a poté je nutné přenést data do osobního počítače. K uložení dat dojde pouze v případě, pokud uživatel v menu vybere možnost reset, kde je tázán, zda chce naměřená data uložit. V paměti je vždy na začátek ukládaných dat přidáno pořadí jízdy pro následné vyhodnocení. Funkce pro čtení a zápis z/do paměti EEPROM jsem využil z knihovny implementované do vývojového prostředí MikroC (viz obrázek 23). Data jsou ukládána postupně a při pokusu o zápis osmnáctého výletu je uživatel informován o plné paměti. Na následujícím obrázku je principiální uložení dat do paměti EEPROM.



Obrázek 30: Uložené naměřené hodnoty vypsány v programu PICkit 3 v3.10

4.9 Přenos dat prostřednictvím převodníku USB -> UART

Pro přenos dat prostřednictvím UART mikrokontroléru jsem použil již vložené funkce, které mi nabízelo vývojové prostředí. Výpis do terminálu jsem upravil tak, aby bylo zřejmé, která data co znamenají. Jedná se tedy o vypsání dat z paměti EEPROM (viz obrázek 30) a mezi nimi vhodné znaky a texty. Celkový výpis tří testovacích měření je zobrazen na následujícím obrázku v terminálu Tera Term [15].



```
COM9:115200baud - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window Help
1
Vzdalenost: 000,29
Prumerna: 16,1
Maximalni: 59,6
Cas pohybu: 00:01:17
2
Vzdalenost: 000,36
Prumerna: 39,9
Maximalni: 88,3
Cas pohybu: 00:00:38
3
Vzdalenost: 000,56
Prumerna: 39,3
Maximalni: 96,9
Cas pohybu: 00:00:56
```

Obrázek 31: Výpis tří měření v terminálu na PC

5 Výsledky práce

5.1 Problémy při realizaci

Desku plošných spojů jsem nechával vyrábět v rámci předmětu Principy a návrhy plošných spojů, který jsem absolvoval v 5. semestru. Ke konci tohoto semestru jsme posílali hotové desky do výroby v Prago boardu a z důvodu nedostatku času jsem poslední úpravy na desce dělal pod tlakem a nezbyl mi čas na důkladnou kontrolu. Nastal tedy první problém. Nedopatřením jsem udělal špatný footprint pro nabíječku MCP73871 a tím, že se jedná o QFN pouzdro, které má rozměry 4 x 4 mm, nebyla jiná možnost než nechat vyrobit novou desku plošných spojů. Tato chyba mě zdržela nejméně dva týdny.

Ve stejné době jsem testoval Capture režim, který čítal na každou náběžnou hranu externích pulzů. Vše fungovalo, jak mělo při připojeném generátoru pulzů, který mi sloužil jako testovací náhrada za Hallovy sondy, která nebyla na skladě obchodu a dorazila později. Po odpojení tohoto generátoru však časovač 5 čítal nesmyslné hodnoty, což bylo způsobeno nedefinovanou úrovní na tomto vstupu mikrokontroléru. Problém by se tedy projevil při odpojení kabelu Hallovy sondy od cyklopočítače. Tuto nedokonalost zapojení jsem vyřešil připojením pullup rezistoru 20 kΩ mezi signál z Hallovy sondy a napájecím napětím (viz obrázek 8). Stihl jsem tento rezistor přidat do schématu a tak i do návrhu druhé desky. Druhá verze desky je už plně funkční.

Třetí problém nastal při připájení plechových nožiček displeje z Nokia 5110, kdy byly pod vodivou gumou nečistoty a nedokonalá přiléhavost způsobila problikávání displeje (viz kapitola 3.4). Byl jsem nucen displej odpájet a měděné plošky vyčistit. Nedostatečnou opatrností a příliš vysokou teplotou pájky jsem přehřál kovové pouzdro displeje, které zničilo řadič PCD8544. K dispozici jsem měl už jen displej z Nokia 3310, který jsem nakontaktoval pomocí 8 linkového kabelu a připájel na měděné kontakty připravené pro vodivou gumu. Tento problém vysvětluje volné vyfrézované drážky v desce pro uchycení displeje a nedokonalé pozice podsvětlujících diod.

Čtvrtý problém jsem zjistil asi tři týdny před odevzdáním práce. Nefungoval mi přenos dat přes převodník USB -> UART z cyklopočítače do PC. Musel jsem tedy rychle zjišťovat, zda mám chybu v kódu nebo v hardwarové části. Test poslání dat opačně, tedy z počítače do cyklopočítače proběhl úspěšně, což znamenalo, že chyba v zapojení USB části není. Musel jsem tedy vyloučit chybu v mikrokontroléru a v kódu, což se mi podařilo připojením externího převodníku FT232R (zmíněno v kapitole 3.5.2) na piny RX a TX z mikrokontroléru. Přes tento převodník fungoval přenos obousměrně. Proto jsem se rozhodl čip FT230XS vyměnit za jiný, který je nyní plně funkční.

V poslední řadě stál problém s Li-ion baterií. Po připojení USB kabelu k baterii nezačal proces nabíjení, ale kombinace tří stavových výstupů z nabíječky MCP73871 mě informovala o chybě teploty. V katalogovém listu jsem zpětně zjistil, že termistor, který hlídá teplotu baterie, má mít odpor 10 kΩ. Ohmmetr změřil hodnotu odporu použité baterie 46 kΩ, což dávalo zcela chybné informace o teplotě. Poté co jsem nahradil vnitřní termistor externí sérioparalelní kombinací NTC termistoru a dvou pevných odporů dle doporučení v katalogovém listu, proces nabíjení funguje bez problémů. Po vyřešení tohoto problému je deska plošných spojů plně funkční a splňuje všechny předsevzaté specifikace.

Při psaní softwaru jsem měl několik malých zdržení, které se mi podařilo za krátký čas překonat. Nastalo však pár chyb, které jsem bez pomoci vyřešit nedokázal. Například nastal zádrhel při rotaci tří bytů do jedné long proměnné (viz zdrojový kód 1 – time_ccp). Zápis byl správně, ale až vedoucí práce mi poradil, že proměnné *lo*, *hi* a *preteceeni* musí být typu unsigned, tedy bezznaménkové, protože při rotaci znaménkové proměnné dochází ke změně nejvýznamnějšího MSB bitu, což pak zcela změní výsledek.

5.2 Testování

Cyklopočítač jsem vyzkoušel na krátkém výletě, jehož dráha měřila deset kilometrů. Porovnával jsem komerčně vyráběný tachometr Cateye Tomo XC CC-ST200 s prototypem, který jsem vyrobil v rámci bakalářské práce. Výsledky byly velmi příznivé. Na vzdálenosti 10,0 km oba cyklopočítače ukázaly stejnou hodnotu (viz obrázek 32), při stejně nastaveném obvodu kola. Tato hodnota se však může lišit až o 0,99 metrů a proto není měření příliš relevantní. Smysluplné měření by mělo být prováděno na mnohem delší vzdálenosti. Nejlépe stovky kilometrů, kdy by se ukázal případný rozdíl vzdáleností. Dále se na desetinu kilometru v hodině shodly i údaje o průměrné rychlosti (viz obrázek 31). Nepravdivý výpis maximální rychlosti způsobila nedokonalost Hallovy sondy, kdy došlo k zastavení magnetu přímo u sondy, která vyslala dva pulzy ve velmi krátkém časovém okamžiku, což způsobilo vypsání maximální možné rychlosti 99,9 km/h. Značný rozdíl mezi prototypem a cyklopočítačem Cateye je v rychlosti změn údajů na displeji. Zatímco Cateye aktualizuje okamžitou rychlost přibližně jednou za půl sekundy, prototyp obnovuje displej přibližně jednou za 1600 instrukcí, což odpovídá době 4 ms. Pro zobrazení aktuální rychlosti je tedy prototyp vhodnější a udává přesnější údaje zejména při prudkých změnách rychlosti (brzdění apod.). Na displeji prototypu je v posledním řádku vidět funkce indikace rychlosti (viz kapitola 4.7)



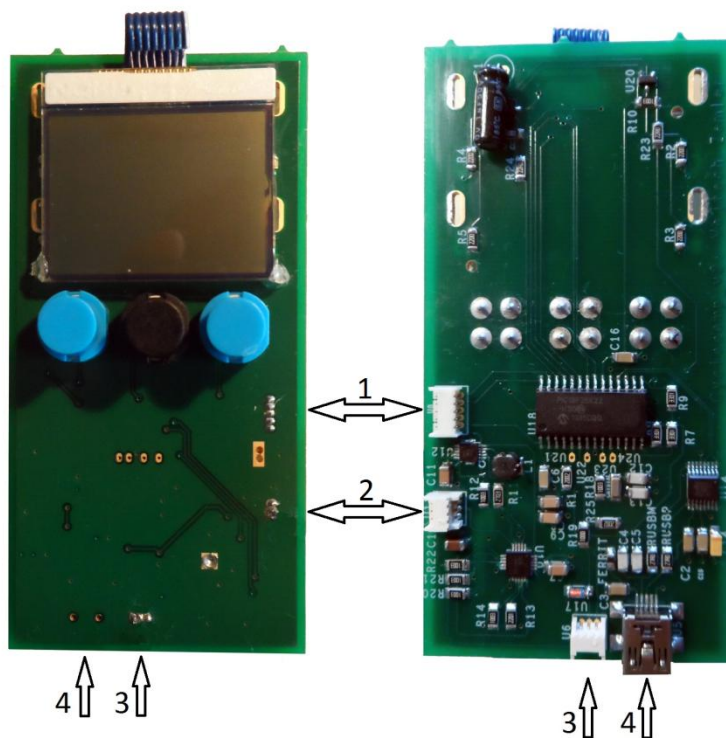
Obrázek 33: Testování cyklopočítače - vzdálenost



Obrázek 32: Testování cyklopočítače – průměrná rychlost

5.3 Specifikace a vzhled cyklopočítače

Cyklopočítač byl zhotoven bez přístrojové krabičky pouze jako prototyp. Celkový vzhled je na obrázku 34 a jeho technické parametry jsou shrnuty v následující tabulce na obrázku 35.



Kde:

- 1 Programovací konektor pro programátor PICkit3
- 2 Konektor pro Li-ion baterii
- 3 Konektor pro Hallovu sondu
- 4 Konektor USB mini typu B

Obrázek 34: Celkový přední a zadní vzhled cyklopočítače a popis jeho konektorů

Rozsah měřených hodnot	
Rychlost	0 - 2 ³² km/h
Vzdálenost	0 - 2 ³² km
Čas pohybu	0 - 255:59:59 hh:mm:ss
Rozsah hodnot zobrazení	
Rychlost	0 - 99,9 km/h
Vzdálenost	0 - 999,99 km/h
Čas pohybu	0 - 99:59:59 hh:mm:ss
Rozměry a hmotnost	
Délka	100 mm
Šířka	50 mm
Hloubka	19 mm
Hmotnost	80 g (s baterií)

Obrázek 35: Tabulka technických parametrů cyklopočítače

Závěr

Bakalářská práce se zabývá realizací prototypu cyklopočítače využívající magnetický senzor pro měření otáček. V tuto chvíli cyklopočítač splňuje všechny požadavky ze zadání a veškeré jeho součásti jsou funkční. Přestože některé jeho parametry překonávají i vlastnosti běžně prodávaných přístrojů, například rychlost obnovování displeje nebo skloubení přenosu dat a nabíjení do jednoho úkonu, našly by se zde i malé nedostatky, které by se zajisté daly zlepšit. Například velikost desky byla zvolena větší, z důvodu snadnějšího přístupu při měření a testování. Kdyby byly zachovány všechny součástky, avšak s menšími pouzdry, mohl by se rozměr desky plošných spojů dostat až na třetinovou velikost. To by značně ušetřilo náklady na výrobu, protože je účtováno za 1 dm² desky. Zmenšené zapojení by mohlo být koncipováno na dvoustranné desce jako nyní, ale celá plocha součástek vlevo od tlačítek (viz příloha Deska plošných spojů TOP) by se přesunula pod displej. Mým záměrem bylo vyrobit cyklopočítač s vybranými funkcemi napříč třídami, což se mi podařilo. Druhá část mého záměru však byla, vyrobit cyklopočítač za cenu třetí třídy. Tuto podmínku jsem nesplnil, jelikož jsem veškeré součástky nakupoval v kusovém množství a cena celého cyklopočítače značně překročila předpokládané kalkulace. Zamyslím-li se však nad sériovou výrobou právě tohoto zařízení, cena by mohla klesnout téměř na polovinu, což by už korespondovalo s cenovou hladinou třetí třídy.

Realizaci zařízení jsem započal již v rámci předmětu Projekt 2, kdy bylo mým cílem vybrat vhodné součástky a navrhnout celkové obvodové zapojení. V předmětu Bakalářská práce jsem tedy navazoval na již započatou práci a pokračoval jsem v praktickém zapojení a testování. Po oživení cyklopočítače jsem začal psát software, který nyní zařízení obsluhuje.

Výsledkem bakalářské práce je prototyp plně funkčního zařízení napájeného nabíjecí baterií, které bylo testováno v praxi při jízdě na kole.

Použitá literatura

- [1] PROXIMITY INSTRUMENTATION CONTROLS. Jazyčkové spínače ISO 9001 [online]. Dostupné z WWW: <http://www.jelektronik.sk/produkty-databaza/5.Elektromechanick%E9%20s%FA%E8iastky/jazyckove_spinace.pdf>
- [2] CATEYE. Cyklopočítač CAT Stealth50 [online]. Dostupné z WWW: <<http://www.cateye.cz/produkt/cyklopocitac-cat-stealth50-gl50-cerna/13160052/33010>>
- [3] SPECIALIZED. Speedzone sport wireless [online]. Dostupné z WWW: <<http://www.specialized.com/cz/cs/ftb/computers/speedzone-computers/speedzone-sport-wireless>>
- [4] SIGMA SPORT. Bike computer Sigma BC 5.12 [online]. Dostupné z WWW: <http://www.sigmasport.com/en/produkte/bikecomputer/topline_2012_wired/bc512/>
- [5] FROHN, M.; OBERTHÜR, W.; SIEDLER, H.-J.; WIEMER, M.; ZASTROW, P. Elektronika – polovodičové součástky a základní zapojení. Praha: BEN – technická literatura, 2006. 480 stran. ISBN 80-7300-123-3.
- [6] INFINEON. High Precision Hall Effect Switch TLE4906K/TLE4906L [online]. Leden 2009. Dostupné z WWW: <<http://www.infineon.com/dgdl/TLE4906+Data+Sheet+V2.0.pdf?folderId=db3a30431f848401011facc1c83b4674&fileId=db3a30431f848401011fbc8bb25c6373>>.
- [7] MICROCHIP. High-Performance Microcontrollers, PIC18(L)F2X/4XK22 [online]. Dostupné z WWW: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41412F.pdf>>.
- [8] JANÍČEK, V. Přednáška 12_I AE_Mobil_zdroje, A2B34IAE - INTELIGENTNÍ APLIKOVANÁ ELEKTRONIKA.
- [9] TEXAS INSTRUMENT. High efficient single inductor buck-boost converter TPS63001 [online]. 2012. Dostupné z WWW: <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps63001.pdf>>.
- [10] PHILIPS. PCD8544 48x84 pixels matrix LCD controller/driver [online]. Duben 1999. Dostupné z WWW: <<https://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/Monochrome/Nokia5110.pdf>>.
- [11] ŘEHÁK, J. USB - Universal Serial Bus - Popis rozhraní [online]. Dostupné z WWW: <<http://www.hw.cz/navrh-obvodu/rozhrani/usb/usb-universal-serial-bus-popis-rozhrani.html>>.
- [12] FTDI chip. FT230X (USB to BASIC UART IC) [online]. 2012. Dostupné z WWW: <http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/ICs/DS_FT230X.pdf>.
- [13] MICROCHIP. PICkit™ 3, In-Circuit Debugger/Programmer User's Guide [online]. 2013. Dostupné z WWW: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/52116A.pdf>>.

- [14] LUCIDARME, P. Character data - Font5x8 [online]. Dostupné z WWW:<
<http://piclist.com/techref/datafile/charset/8x6.htm>>.
- [15] TERANISHI, T. Tera Term - Terminal emulator program [online]. Dostupné z WWW:<
<http://logmett.com/index.php?/download/tera-term-482-freeware.html> >.
- [16] AREPOC.SK. Hall probes – Figure 1 [online]. Dostupné z WWW:<
<http://www.arepoc.sk/?p=general-information> >.

Seznam zkratek a symbolů

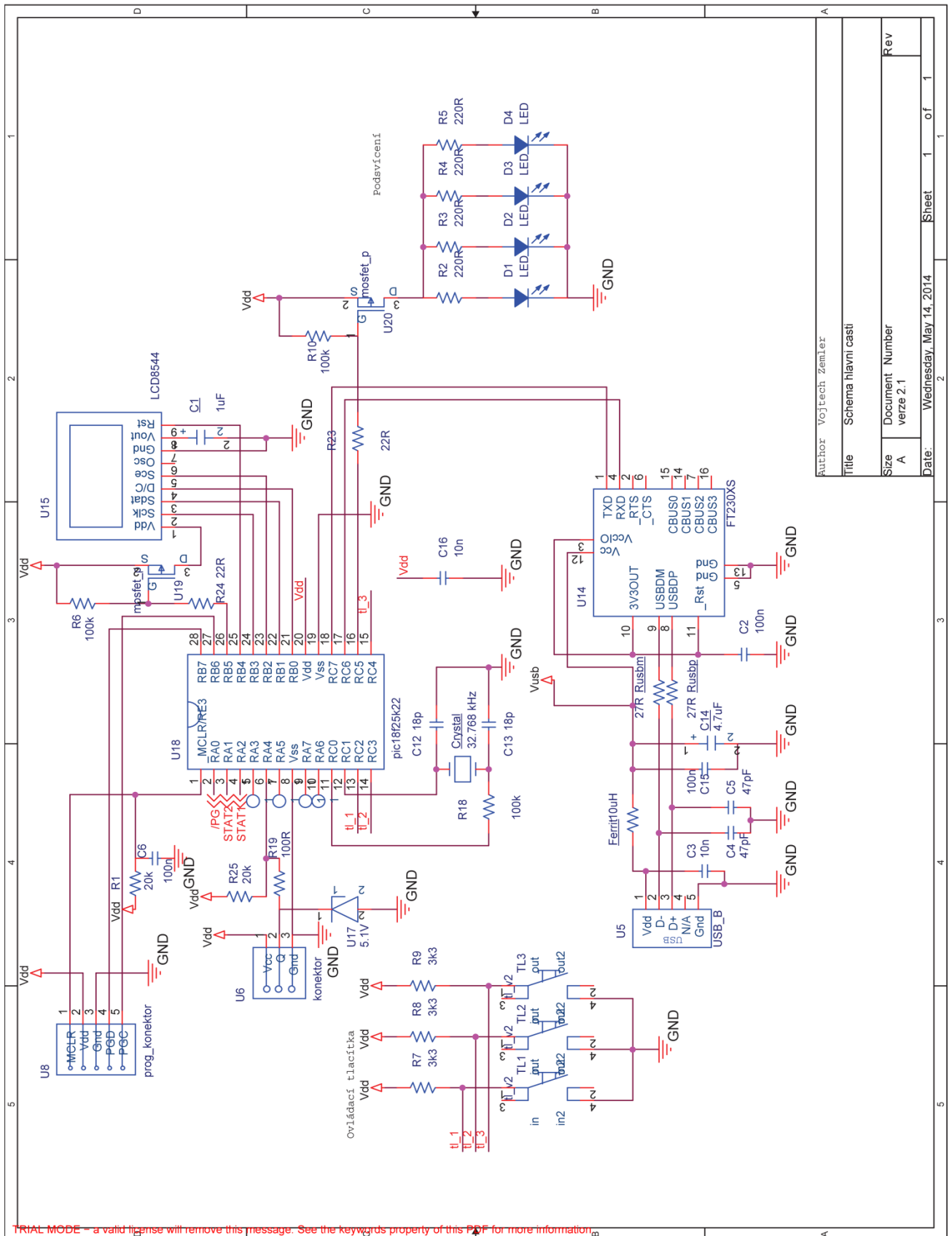
A/D	Analog / digital
ASCII	American Standard Code for Information Interchange, americký standartní kód
BAUD	přenosová rychlost v bitech za sekundu, bps
CCP	Capture / Compare / PWM
CE	Chip enable, povolení čipu
CMOS	Complementary Metal–Oxide–Semiconductor
D/C	Data / příkaz
DPS	Deska plošných spojů
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
EN	Enable, povolení čipu
EUSART	Enhanced USART, vylepšený USART
FB	Feed back, zpětná vazba
GND	Ground, Zem
GPS	Global Positioning System, globální polohovací systém
JSA	Jazyk symbolických adres
LCD	Liquid-crystal display, displej z tekutých krystalů
LED	Light-Emitting Diode, dioda emitující světlo
Li – ion	Lithium iontová baterie
MSSP	Master Synchronous Serial Port
OrCAD	Oregon CAD
PC	Personal computer, osobní počítač
PCB	Printed Circuit Board, deska plošných spojů
PG	Power good, indikace napájení obvodu
PS/SYNC	Power save/ synchronization, mód šetření energie/ synchronizace
PWM	Pluzně šířkové modulace
QFN	Quad Flat No-leads package
RAM	Random Access Memory, Paměť s náhodným přístupem
RISC	Reduced Instruction Set Computing, počítač s redukovanou instrukční sadou
RTC	Real time clock, obvod reálného času
RXD	Receive data, přijímaná data
Sce	Signál chip enable
Sclk	Hodinový signál
Sdat	Datový signál
SEL	Select, výběr
SMD	Surface mount technology, povrchová montáž spojů
SOSCI	Secondary oscillator input, vstup pro externí oscilátor
SOSCO	Secondary oscillator output, výstup pro externí oscilátor
SRAM	Static Random Access Memory, statická RAM
SSOP	Shrink small outline package
TE	Timer enable, povolení časovače
TXD	Transmit data, vysílaná data
USART	Universal asynchronous receiver / transmitter, universální synchronní a asynchronní sériové rozhraní
USB	Universal serial bus, universální sériová sběrnice
V	Volt
VRef	Referenční napětí
VS	Napájecí napětí Hallovy sondy

Seznam příloh

A.	Návrh zapojení a DPS	46
I.	Schéma zapojení hlavní části.....	46
II.	Schéma zapojení napájecí části a Hallovy sondy.....	47
III.	Deska plošných spojů TOP (měřítko 1:1)	48
IV.	Deska plošných spojů BOT (měřítko 1:1)	48
V.	Rozmístění součástek TOP (měřítko 1:1)	48
VI.	Rozmístění součástek BOT (měřítko 1:1)	48
VII.	Hallova sonda - deska plošných spojů TOP (měřítko 1:2)	49
VIII.	Hallova sonda - deska plošných spojů BOT (měřítko 1:2)	49
IX.	Hallova sonda – rozmístění součástek (měřítko 1:2)	49
B.	Seznam součástek	50

A. Návrh zapojení a DPS

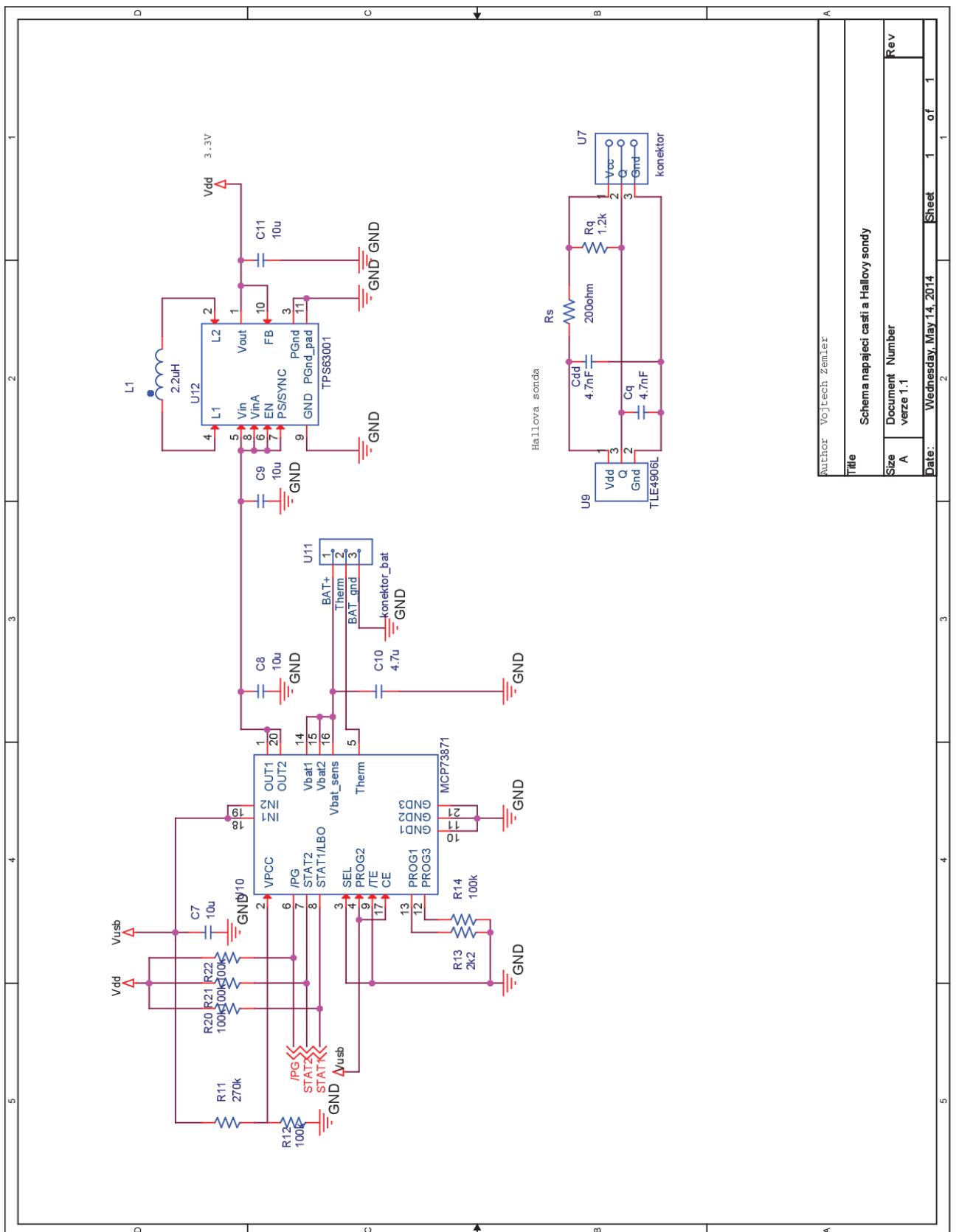
I. Schéma zapojení hlavní části



Author: Vojtech Zemler	
Title: Schema hlavni casti	
Size: A	Document Number: verze 2.1
Date: Wednesday, May 14, 2014	Sheet: 1 of 1

TRIAL MODE - a valid license will remove this message. See the keywords property of this PDF for more information.

II. Schéma zapojení napájecí části a Hallovy sondy



Author: Vojtech Zemler

Title: Schéma napájecí části a Hallovy sondy

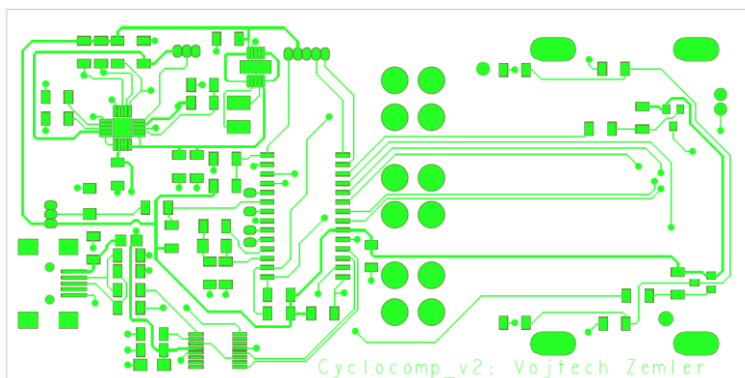
Size: A

Document Number: verze 1.1

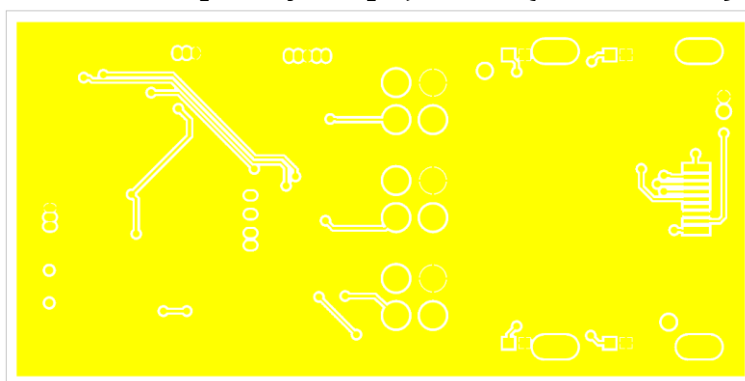
Date: Wednesday, May 14, 2014

Sheet: 1 of 1

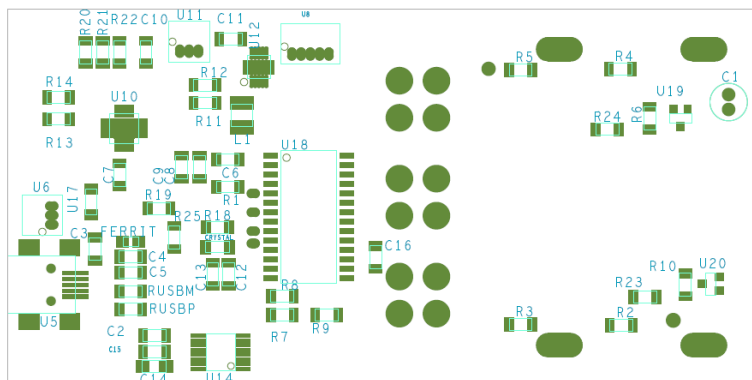
III. Deska plošných spojů TOP (měřítko 1:1)



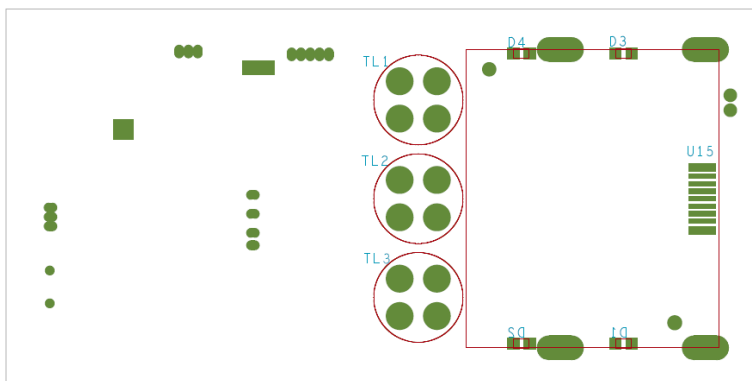
IV. Deska plošných spojů BOT (měřítko 1:1)



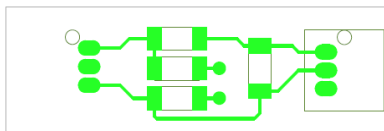
V. Rozmístění součástek TOP (měřítko 1:1)



VI. Rozmístění součástek BOT (měřítko 1:1)



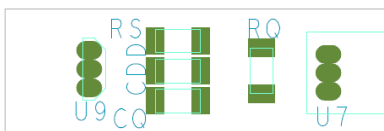
VII. Hallova sonda - deska plošných spojů TOP (měřítko 1:2)



VIII. Hallova sonda - deska plošných spojů BOT (měřítko 1:2)



IX. Hallova sonda - rozmístění součástek (měřítko 1:2)



B. Seznam součástek

Popis	Hodnota	Označení	Pouzdro (použitý footprint)
Elektrolytický kondenzátor	1u	C1	c_elektrolyt
Keramický kondenzátor	100n	C2	smd_12_06_f
Keramický kondenzátor	10n	C3	smd_12_06_f
Keramický kondenzátor	47p	C4	smd_12_06_f
Keramický kondenzátor	47p	C5	smd_12_06_f
Keramický kondenzátor	100n	C6	smd_12_06_f
Keramický kondenzátor	18p	C12	smd_12_06_f
Keramický kondenzátor	18p	C13	smd_12_06_f
Tantalový kondenzátor	4.7u	C14	smd_tantal_v2
Keramický kondenzátor	100n	C15	smd_12_06_f
Keramický kondenzátor	10n	C16	smd_12_06_f
Krystal	32.768 kHz	Crystal	smd_krystal
Elektroluminiscenční dioda - žlutá	LED	D1	smd_08_05
Elektroluminiscenční dioda - žlutá	LED	D2	smd_08_05
Elektroluminiscenční dioda - žlutá	LED	D3	smd_08_05
Elektroluminiscenční dioda - žlutá	LED	D4	smd_08_05
Tlumivka	10u	Ferrit	smd_08_05
Rezistor	20k	R1	smd_12_06_f
Rezistor	220R	R2	smd_12_06_f
Rezistor	220R	R3	smd_12_06_f
Rezistor	220R	R4	smd_12_06_f
Rezistor	220R	R5	smd_12_06_f
Rezistor	100k	R6	smd_12_06_f
Rezistor	3k3	R7	smd_12_06_f
Rezistor	3k3	R8	smd_12_06_f
Rezistor	3k3	R9	smd_12_06_f
Rezistor	100k	R10	smd_12_06_f
Rezistor	100k	R18	smd_12_06_f
Rezistor	100R	R19	smd_12_06_f
Rezistor	22R	R23	smd_12_06_f
Rezistor	22R	R24	smd_12_06_f
Rezistor	20k	R25	smd_12_06_f
Rezistor	27R	Rusbm	smd_12_06_f
Rezistor	27R	Rusbp	smd_12_06_f
Tlačítko P-DT6BL		TL1	button
Tlačítko P-DT6SW		TL2	button
Tlačítko P-DT6BL		TL3	button
Konektor USB B mini		U5	usb_mini_v2
Konektor Molex		U6	konektor_3pin
Konektor Molex		U8	konektor_5pin
Převodník USB - > UART		U14	ft230_finish
Displej		U15	lcd_8544_v5
Zenerova dioda	5.1V	U17	zenerova_d
Mikrokontrolér		U18	pic_finish

Popis	Hodnota	Označení	Pouzdro (použitý footprint)
Tranzistor MOSFET P		U19	mosfet
Tranzistor MOSFET P		U20	mosfet
Keramický kondenzátor	10u	C7	smd_12_06_f
Keramický kondenzátor	10u	C8	smd_12_06_f
Keramický kondenzátor	10u	C9	smd_12_06_f
Keramický kondenzátor	4.7u	C10	smd_12_06_f
Keramický kondenzátor	10u	C11	smd_12_06_f
Cívka	2.2uH	L1	inductor_smd
Rezistor	270k	R11	smd_12_06_f
Rezistor	100k	R12	smd_12_06_f
Rezistor	2k2	R13	smd_12_06_f
Rezistor	100k	R14	smd_12_06_f
Rezistor	100k	R20	smd_12_06_f
Rezistor	100k	R21	smd_12_06_f
Rezistor	100k	R22	smd_12_06_f
Nabíječka		U10	MCP73871_v6
Konektor Molex		U11	konektor_3pin
DC/DC měnič 3,3V		U12	tps63001_v3
Keramický kondenzátor	4.7n	Cdd	smd_12_06_f
Keramický kondenzátor	4.7n	Cq	smd_12_06_f
Rezistor	1.2k	Rq	smd_12_06_f
Rezistor	200R	Rs	smd_12_06_f
Konektor Molex		U7	konektor_3pin
Hallova sonda		U9	hallovka1_27

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

katedra mikroelektroniky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Z E M L E R Vojtěch**

Studijní program: Komunikace, multimédia a elektronika
Obor: Aplikovaná elektronika

Název tématu: **Cyklopočítač**

Pokyny pro vypracování:

- 1) Proveďte rešerši z oblasti monitorování jízdy na jízdním kole prostřednictvím cyklopočítačů.
- 2) Navrhněte vlastní konstrukční řešení cyklopočítače a obvodové zapojení jeho elektronické řídicí jednotky. Hlavními funkcemi cyklopočítače budou: určování aktuální a průměrné rychlosti jízdy, zaznamenávání ujeté vzdálenosti a doby jízdy a ukládání naměřených dat do paměti za účelem výpočtu statistických údajů. Cyklopočítač bude vybaven rozhraním pro připojení k PC.
- 3) Navržené hardwarové řešení realizujte a vytvořte obslužný software pro řídicí jednotku.
- 4) Změňte základní parametry Vámi realizovaného cyklopočítače a zhodnoťte dosažené výsledky.

Seznam odborné literatury:

- [1] Robert B. Reese: Microprocessors From Assembly Language to C Using The PIC18Fxx2, Da Vinci Engineering Press, Hingham Massachusetts 2005
- [2] Brian W. Kernighan, Dennis M. Ritchie: Programovací jazyk C, Computer Press, a.s., Brno 2006

Vedoucí: **Ing. Tomáš Teplý**

Platnost zadání: **31. 8. 2015**

Prof. Ing. Miroslav Husák, CSc.
vedoucí katedry



Prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 27. 1. 2014