

**UNIVERZITA PARDUBICE**

**Fakulta elektrotechniky a informatiky**

RFID startovací pistole pro jednotku elektronické časomíry

David Felgr

Bakalářská práce

2012

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **David Felgr**  
Osobní číslo: **I09330**  
Studijní program: **B2646 Informační technologie**  
Studijní obor: **Řízení procesů**  
Název tématu: **RFID startovací pistole pro jednotku elektronické časomíry**  
Zadávající katedra: **Katedra řízení procesů**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je návrh a konstrukce RFID (Radio Frequency Identification) startovací pistole pro jednotku elektronické časomíry. Elektronická časomíra bude sloužit k zpracování časových údajů sportovních závodů. V úvodu práce bude zpracována rešerše řešené problematiky. Dále bude následovat návrh hardware a firmware jednotky startovací pistole s jednočipovým mikroprocesorem řady ARM32. Návrh bude proveden v návrhovém software Eagle. Součástí práce bude rovněž praktická realizace vlastního návrhu zařízení a ověření funkčnosti zařízení v reálném provozu. Na základě získaných výsledků testování zařízení v reálném provozu budou navrženy případné vylepšení konstrukce.

Teoretická část:

- Rešerše řešené problematiky
- Popis problematiky RFID čipů a čteček.
- Popis problematiky synchronizace a zpracování času pro sportovní závody.

Implementační část:

- Navrhněte HW jednotky startovací pistole.
- Navrhněte komunikační protokol Startovací pistole se základní jednotkou časomíry.
- Naprogramujte firmware jednotky startovací pistole.
- Ověřte funkčnost zařízení při reálném provozu, popřípadě navrhněte budoucí vylepšení konstrukce.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**Záhlava Vít: Návrh a konstrukce DPS, BEN - technická literatura, 2011, ISBN 978-80-7300-266-4**

**Plíva Zdeněk: Eagle Prakticky, BEN - technická literatura, 2010, ISBN 978-80-7300-252-7**

**Váňa Vladimír: ARM pro začátečníky, BEN - technická literatura, 2009, ISBN 978-80-7300-246-6**

**Burkhard Mann: C pro mikrokontroléry, BEN - technická literatura, 2003, ISBN 80-7300-077-6**

**Herout Pavel: Učebnice jazyka C - 1. díl, Koop, 2002, ISBN 978-80-7232-383-8**

**Herout Pavel: Učebnice jazyka C - 2. díl, Koop, 2002, ISBN 978-80-7232-367-8**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Libor Havlíček, Ph.D.**

Katedra řízení procesů

Datum zadání bakalářské práce: **14. listopadu 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce: **11. května 2012**

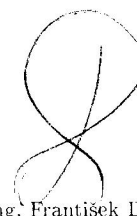


prof. Ing. Simeon Karamazov, Dr.

děkan



L.S.



doc. Ing. František Dušek, CSc.

vedoucí katedry

V Pardubicích dne 30. března 2012

### **Prohlášení autora**

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 11.5.2012

David Felgr

## **Poděkování**

V úvodu bych rád poděkoval vedoucímu práce Ing. Liboru Havlíčkovi Ph.D. za odborné rady a poskytování prostředků pro vývoj tohoto zařízení. Dále bych chtěl poděkovat kamarádovi Eduardu Doskočilovi za rady a pomoc při návrhu a osazování desky plošných spojů.

**Anotace**

V úvodu práce je popsána elektronická časomíra jako ucelené zařízení, dále jsou popsány možnosti použití časomíry. Hardwarová část návrhu startovací pistole pojednává o dostupných technologiích v oblasti RFID čipů a čteček a hardwarového návrhu startovací pistole. V softwarové části návrhu startovací pistole jsou popsány protokoly pro komunikaci s jednotlivými periférii a základní chování programu.

**Klíčová slova**

Startovací pistole, časomíra, RFID

**Title**

RFID starter pistol for the electronic timekeeper unit.

**Annotation**

In the introduction is described electronic timekeeper and possibility of using. Hardwar section of design starter pistol informs about RFID technology and hardware design of starter pistol. In the software section of design starter pistol describes protocols for communication with peripherals and features of the program.

**Keywords**

Starter pistol, timekeeper, RFID

## Obsah

Obsah .....	7
Seznam zkratek .....	9
Seznam obrázků .....	10
Seznam tabulek .....	12
Úvod.....	13
1 Měření času .....	14
2 Časomíra .....	15
2.1. Základní jednotka.....	15
2.2. Software pro zpracování výsledků.....	16
2.3. Bój.....	16
2.4. Startovací pistole.....	16
3 Použití elektronické časomíry .....	17
4 Mechanické řešení startovací pistole .....	18
5 HW řešení startovací pistole .....	19
5.1. Procesor.....	19
5.2. Paměť .....	21
5.3. RFID modul .....	22
5.4. Připojení k základní jednotce.....	24
5.5. Zobrazovací část .....	26
5.5.1. LED diody.....	26
5.5.2. LCD display .....	26
5.6. Ovládací část.....	27
5.7. Budoucí rozšíření .....	28
6 SW řešení startovací pistole.....	29
6.1. Komunikace s RFID modulem .....	31
6.2. Komunikace se základní jednotkou .....	32
6.3. Komunikace s displejem .....	34
6.4. Režim nízké spotřeby.....	35
6.5. Práce se závodníky.....	36
6.6. Řešení nastavení.....	37
7 Reálné testy a návrhy na inovace.....	38
8 Závěr .....	39

Příloha A .....	A-1
Příloha B .....	B-1
Příloha C .....	C-1
Příloha D .....	D-1



## Seznam zkratek

RFID	Radio Frequency Identification
LED	Light-Emitting Diode
LCD	Liquid crystal display
LQFP	Low Profile Quad Flat Pack
USB	Universal Serial Bus
GPIO	General Purpose Input Output
I2C	Inter Integrated Circuit
SPI	Serial Peripheral Interface
UART	Universal Asynchronous Receiver and Transmitter
CTS	Clear To Send
RTS	Request To Send
RTC	Real Time Clock
SCK	Serial Clock
MOSI	Master Output Slave Input
MISO	Master Input Slave Output
CS	Chip Select
WP	Write protect
HF	High Frequency
LF	Low Frequency

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Schéma časomíry.....	15
Obrázek 2: Základní jednotka.....	15
Obrázek 3: RFID bój.....	16
Obrázek 4: Foto ze závodu .....	17
Obrázek 5: Krabička startovní pistole.....	18
Obrázek 6: Startovací pistole v krabičce .....	18
Obrázek 7: Osazená deska plošných spojů .....	19
Obrázek 8: Procesor STM32L.....	20
Obrázek 9: Flash paměť Atmel.....	21
Obrázek 10: RFID modul ID10 .....	23
Obrázek 11: Sériová komunikace .....	24
Obrázek 12: Připojení k základní jednotce .....	25
Obrázek 13: LED diody .....	26
Obrázek 14: LCD display .....	27
Obrázek 15: Tlačítka.....	28
Obrázek 16: Board to board konektor.....	28
Obrázek 17: Blokové diagram programu.....	30
Obrázek 18: Protokoly komunikace s RFID modulem.....	31
Obrázek 19: Příklad příkazu bez atributů .....	32
Obrázek 20: Příklad příkazu s atributy .....	32
Obrázek 21: Příkaz STARTS.....	32
Obrázek 22: Příkaz STARTM se dvěma závodníky.....	33
Obrázek 23: Příkaz GETTIME .....	33
Obrázek 24: Příkaz SETTIME.....	33
Obrázek 25: Příkaz SETSTATION .....	33
Obrázek 26: Volba funkce displeje.....	34
Obrázek 27: Zapnutí displeje .....	34
Obrázek 28: Smazání displeje.....	34
Obrázek 29: Volba funkce posouvání.....	34
Obrázek 30: Nastavení adresy v displeji.....	35
Obrázek 31: Zapsání dat na aktuální adresu .....	35
Obrázek 32: Lineární seznam závodníků.....	36

Obrázek 33: Schéma startovací pistole 1. část.....	1
Obrázek 34: Schéma startovací pistole 2. část.....	2
Obrázek 35: DPS strana bottom.....	1
Obrázek 36: DPS strana top.....	1
Obrázek 37: Startovací pistole pohled zepředu .....	1
Obrázek 38: Startovací pistole pohled zespodu .....	1
Obrázek 39: Startovací pistole nedoosazená deska .....	2
Obrázek 40: Startovací pistole kompletní zařízení .....	2
Obrázek 41: Start kayakcrossu.....	1
Obrázek 42: Start kayakcrossu.....	1
Obrázek 43: Cíl sprintu.....	2
Obrázek 44: Cíl kayakcross .....	2

## **Seznam tabulek**

Tabulka 1: Popis konfigurace základní jednotky.....	33
Tabulka 2: Obsah pole uchovávající nastavení přístroje .....	37

## Úvod

Cílem této bakalářské práce je navrhnout a zkonstruovat startovní pistoli pro jednotku elektronické časomíry, která bude schopna načítat kódy z RFID čipů závodníků. Načtení závodníci bude možno přidávat do seznamu, kterým bude možné listovat a popřípadě mazat aktuální záznam. Se základní jednotkou bude probíhat komunikace po sériovém rozhraní standardu RS232. V hardwarové konstrukci by měl být udělán prostor pro budoucí rozšíření o rádiovou komunikaci startovní pistole se základní jednotkou. Aktuální informace budou zobrazovány na dvouřádkovém znakovém displeji a pro identifikaci nejdůležitějších stavů budou použity dvě LED diody. Konstrukce a program by měl být navržen s ohledem na bateriové napájení celé časomíry. Deska plošných spojů bude konstrukčně navržena pro vložení do vhodné krabičky.

Samotná práce je rozdělena do 5 hlavních částí. V první části jsou stručně popsány jednotlivé bloky elektronické časomíry, pro představení funkce startovací pistole. V další části práce je popsána představa a možnost použití časomíry v daném nově se rozvíjejícím sportu. Tento sport je dále v této části blíže charakterizován. Ve třetí části je rozebráno konstrukční řešení startovací pistole. Následující část práce pojednává o hardwarovém návrhu startovací pistole, dále jsou zde popsány možnosti RFID technologií a dalších jednotlivých částí zařízení. Ve čtvrté části jsou rozebrány jednotlivé komunikační protokoly s použitými periférii a základní přehled chování programu startovací pistole. Poslední část této práce hodnotí použití startovací pistole i celé časomíry v reálném provozu na závodu Kayakcross Kamenice a následné zhodnocení startovací pistole i celé časomíry. Na těchto skutečnostech budou navrženy změny pro zlepšení konstrukce i softwaru startovací pistole.

# 1 Měření času

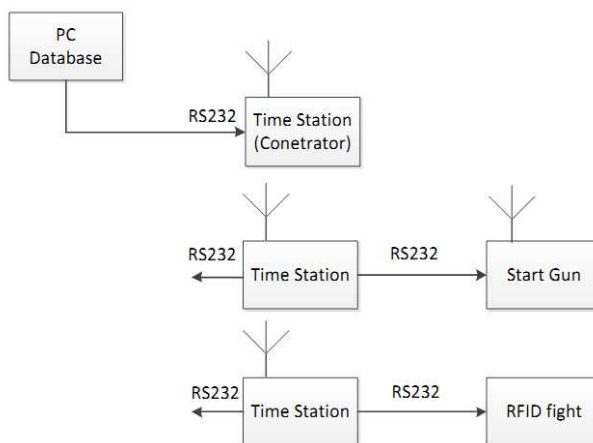
Časomíry jsou používány k měření časů ve všech sportovních disciplínách a jsou založeny na různých principech záznamu projetí startu či cíle. Jedním z možných řešení je použití fotobuňky. Tento systém je používán hlavně v závodech, kde na trati jede pouze jeden závodník. V případě hromadných startů je obvykle doplňován kamerou umístěnou u cíle pro správné zpracování výsledků. Nejnovějším trendem v oblasti měření času jsou takzvané čipové časomíry fungující na principu RFID technologie. U této technologie je nespornou výhodou identifikace závodníků podle kódu uloženého v RFID čipu závodníka. U tohoto způsobu měření času je v cílové bráně umístěna směrová anténa RFID čtečky, která do okolí vysílá elektromagnetické vlny. Jestliže závodník s čipem například proběhne cílovou čárou, čip se pomocí elektromagnetické vlny nabije a odesílá odpověď a závodník je zaregistrován v systému. Tento systém čipové časomíry je použit i v časomíře využívající startovací pistoli popisující touto prací. Pro tuto časomíru bylo narozdíl od konkurenčních řešení zvolena frekvence 125 kHz umožňující pouze snímání na krátké vzdálenosti. Toto rozhodnutí umožňuje fakt použití časomíry pouze na omezeném druhu sportů. Dále toto rozhodnutí podporuje nižší cena čipů a čteček fungujících na této frekvenci.

Mezi konkurenční čipové časomíry se řadí například časomíra od firmy IPICO sports. Tato časomíra funguje na patentované technologii (Dual Frequency RFID technology), jež používá pro čtení HF frekvence i LF frekvence. Pro nabití čipu je použita nízká frekvence LF a čip odesílá odpověď pomocí HF frekvence. Pomocí tohoto způsobu dokáže časomíra přečíst až 120 čipů za 1 sekundu a úspěšnost čtení je 99,99 %. Tato časomíra je v používána na závodech světové úrovně a v České republice ji disponuje pouze firma zajišťující služby v měření času Result.cz.

V námi vyvíjené časomíře jsou použity čipy fungující na LF frekvenci. V případě budoucího rozšíření časomíry například pro triatlonové závody by byla potřeba jiná RFID technologie, kvůli zvětšení vzdálenosti a rychlosti čtení čipů.

## 2 Časomíra

Elektronická časomíra se skládá ze čtyř základní bloků (PC se softwarem pro zpracování výsledků, základní jednotkou, startovací pistolí a RFID bóji) komunikujícími po standardním sériovém rozhraní RS232 nebo rádiových modulů.



Obrázek 1: Schéma časomíry

### 2.1. Základní jednotka

Základní jednotka se stará o měření času, zpracování dat z bóje či startovací pistole a komunikaci s počítačem zpracovávajícím data závodu. Po načtení závodníka, lze ovládat různé připojené periférie, například sirény či reflektory signalizující start nebo dojezd závodníka. Další úlohou základní jednotky je předání zjištěných údajů základní jednotce umístěné u PC se zpracovatelským softwarem, takzvanému koncentrátoru.



Obrázek 2: Základní jednotka

## **2.2. Software pro zpracování výsledků**

K zpracování, archivaci a zobrazení výsledků slouží software běžící na standardním počítači. Software je psán v objektově orientovaném programovacím jazyku Java, pro ukládání dat byl zvolen objektově relační databázový systém PostgreSQL. Se základní jednotkou počítač komunikuje pomocí sériového rozhraní RS232.

## **2.3. Bój**

Bój je velmi jednoduché zařízení složené z RFID modulu fungujícím na frekvenci 125 kHz a vnější antény, které po načtení RFID čipu posílá jeho kód po sériovém rozhraní RS232 do připojené základní jednotky.



Obrázek 3: RFID bój

## **2.4. Startovací pistole**

Startovací pistole slouží k načítání závodníků a jejich odstartování v různých režimech závodu. Pro komunikaci s obsluhou je vybavena 3 tlačítky, LED diodami a LCD displejem. Návrh a konstrukce této pistole je předmětem této bakalářské práce. Podrobné fotografie startovací pistole jsou k nalezení v příloze C.



### 3 Použití elektronické časomíry

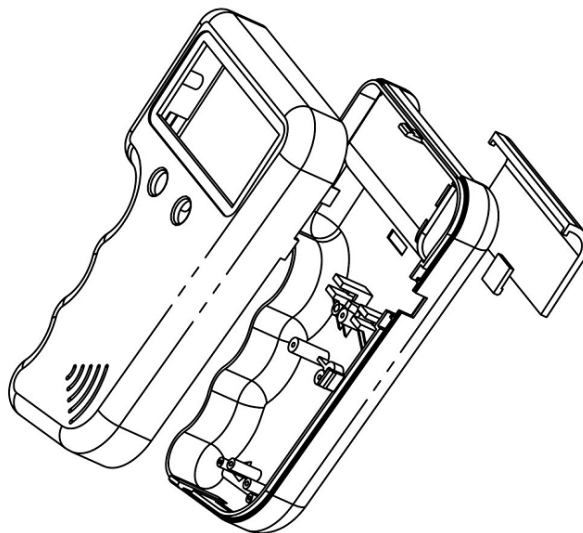
Elektronická časomíra je určena pro extrémní závody na divoké vodě. V těchto závodech se jezdí 4 základní disciplíny, v kterých se čas dojezdu do cíle zaznamenává v okamžiku dotyku závodnickovy ruky cílové bóje. První typem závodu je sprint, kde je závodník odstartován a projíždí co nejrychleji danou trať a v cíli se dotkne cílové bóje. Dalším typem závodu je takzvaný extrémní slalom. Tato disciplína se liší od klasického slalomu tím že po trati nejsou rozmístěny branky kterými závodníci projíždějí ale bóje, kterých se závodníci dotýkají. Tento slalom se na rozdíl od klasického jezdí na vodě těžší obtížnosti. Tyto disciplíny jsou často kvalifikací do kayak crossu, kde je ze startovní rampy odstartováno 4 až 5 závodníků najednou a projíždějí předem danou trať a do dalšího kola postupují vždy první 2 závodníci. Tento typ závodu je známý i z ostatních sportovních odvětví, například i olympská disciplína snowboard cross. Posledním doplňkovým typem závodu je takzvaný team race, kde startuje tým tří závodníků najednou a projíždějí spolu trať. Čas je změřen při dojetí posledního závodníka cílem. Tyto závody jsou populární po celém světě. Například ve spojených státech pořádané Teva Mountain games, nejznámějšími evropskými závody Nisan outdoor games pořádanými v Itálii. V Čechách se tento typ závodu také rozmohl a je pořádána série tří závodů. Prvním Kayakcross Kamenice, kde má být časomíra poprvé odzkoušena v reálném provozu, další závod Extreme race Labe pořádající jednou za dva roky při vypouštění Labské přehrady. Posledním českým závodem, který je zároveň i otevřeným mistrovstvím Evropy je Devils Extreme Race konající se na nejtěžším úseku v Čechách Čertových proudech.



Obrázek 4: Foto ze závodu

## 4 Mechanické řešení startovací pistole

Pro mechanickou konstrukci byla vybrána krabička CP-21-58D z nabídky firmy TME viz. Obrázek 3: Krabička startovní pistole.



**Obrázek 5: Krabička startovní pistole**

Pro účely startovací pistole byly na krabičce provedeny následující úpravy vyfrézovány všechny vzpěry, kromě 2 středních sloupků, dále byla z boku vyvrtána díra pro startovací tlačítko a vyfrézována díra pro konektor RJ45. Další rozmístění součástí bylo zvoleno do konstrukčních otvorů krabičky pro tlačítka, displej a piezo bzučák.

Samotná deska plošných spojů nasazena na vzpěry uprostřed krabičky. Zespolu je vzepřena pomocí distančních sloupků a z horní části pomocí displeje. Dále desku v krabičce upevňuje konektor RJ45 zapuštěný v otvoru krabičky.

V krabičce je pod hlavní deskou vymezen prostor pro druhou desku zajišťující rádiový přenos dat a bateriové napájení startovací pistole.



**Obrázek 6: Startovací pistole v krabičce**

## 5 HW řešení startovací pistole

Deska plošných spojů byla navržena v návrhovém systému Eagle [1]. Při návrhu desky byla snaha dodržet všechna pravidla pro návrh desek plošných spojů [2].



Obrázek 7: Osazená deska plošných spojů

### 5.1. Procesor

Pro řízení startovací pistole byl vybrán 32 bitového mikroprocesor z rodiny STM32L v pouzdru LQFP velikosti 64 pinů. Tento procesor založen na jádru Cortex M3 může běžet až na 32 MHz. Tento procesor patří k rodině procesorů s velmi nízkou spotřebou. V režimu chodu procesoru dosahuje spotřeby až 230  $\mu\text{A}/\text{MHz}$ . V režimech nízké spotřeby dosahuje spotřeba až 300 nA. Což je v této aplikaci vítané, jelikož základní jednotka nebo i v rozšířené bateriové verzi bude samotná startovací pistole bude napájena z baterie.

Procesor disponuje 7 režimy nízké spotřeby, které se od sebe liší dobou probuzení procesoru a spotřebou procesoru v tomto režimu.

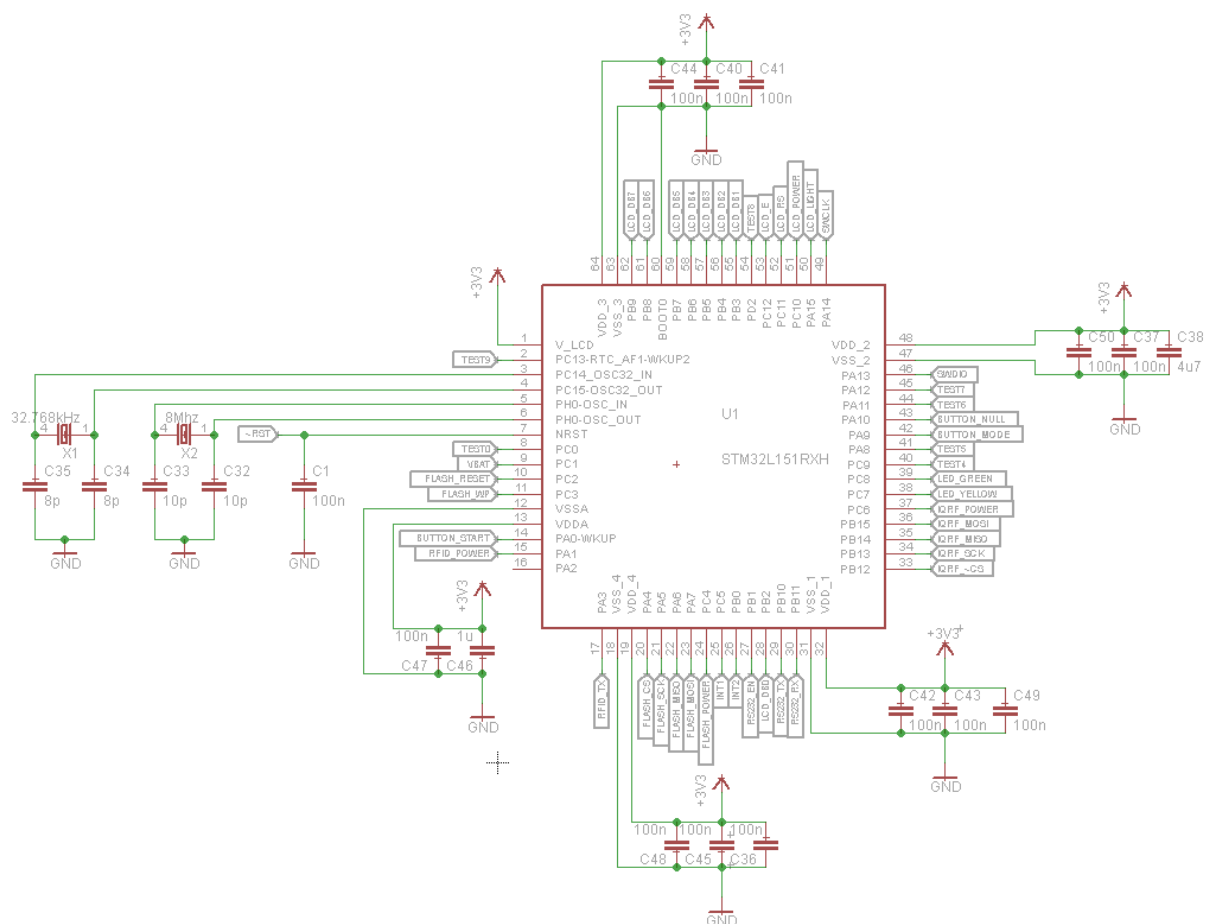
Procesor umožňuje připojení k univerzální sériové sběrnici USB. Mezi další sériová rozhraní, které lze namapovat na některé z 51 GPIO pinů patří dvě I2C sběrnice pracující v multimaster nebo slave módu. Dvě SPI sběrnice komunikující rychlostí až 16 Mb/s jak v master tak i slave módu. A v neposlední řadě 3 univerzální asynchronní sběrnice USART komunikující rychlostí až 4 Mb/s s hardwarovou kontrolou signálu CTS a RTS. Dále je v procesoru až 20 vnějších kanálů 12b analog digitálního převodníku, 2 kanály od každého ze dvou digitálně analogového převodníku 8 nezávislých časovačů a dva vnitřní watchdogy.

Procesor pracuje při napájení od 1,8 V do 3,6 V při vypnutí detekce nízkého napájecího napětí procesor funguje již od 1,65 V. Teplotní rozsah v kterém je garantován správná funkčnost procesoru se pohybuje od  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

K procesoru jsou připojeny 2 oscilátory. První pro 32 kHz pro RTC a režimy nízké spotřeby, druhý 1 až 24 Mhz pro běh procesor a ostatní periférie. U tohoto zařízení je osazen doporučený krystal o frekvenci 8 Mhz. Dosáhnout frekvence až 32 Mhz lze dosáhnout pomocí násobiček uvnitř procesoru.

Napájení procesoru je řešeno pomocí čtveřice napájecích vývodů, z nichž u každé z nich je umístěna trojice blokovacích kondensátorů o kapacitě 100 nF. Referenční napětí pro A/D převodník, který bude v budoucnu využíván pro zjišťování stavu baterie je umístěno na pinech VDDA a VSSA. Napětí na pinu V\_LCD je v této verzi procesoru bez řadiče displeje doporučováno zapojit k napájecímu napětí.

U reset pinu je připojen pouze kondensátor, jelikož Pull Up rezistor je uvnitř procesoru. Dále je tento pin připojen na programovací rozhraní pro potřeby programátoru.



Obrázek 8: Procesor STM32L

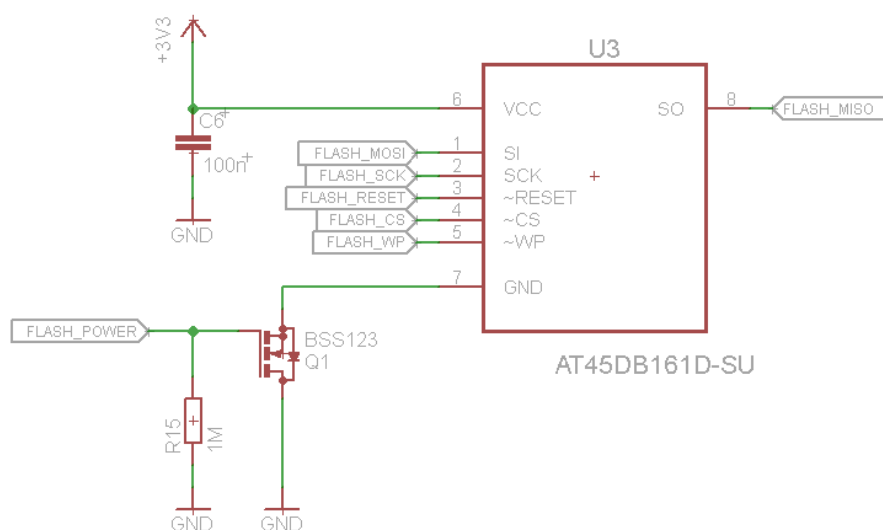
## 5.2. Paměť

Pro ukládání dat nastavení startovací pistole, informací o jednotlivých závodnících a historie závodu byla zvolena flash paměť od výrobce Atmel. Paměť komunikuje po sériovém rozhraní SPI.

Velikost osazené paměti je 2 Mbit. Paměť je rozdělena na 1024 stránek o velikosti 264 Bajtů. Pracuje na frekvenci 66 Mhz a povolené napájecí napětí se pohybuje od 2,7 V do 3,6 V.

Paměť je s procesorem propojena pomocí 6 datových vodičů pro komunikaci a řízení paměti. Čtyři vodiče rozhraní SPI. Signál SCK na kterém Master, kterým je procesor generuje hodinový signál pro synchronní přenos dat. Dále dva datové signály pro plně duplexní přenos, kterými jsou MOSI (výstup na procesoru a vstup pro paměť) a MISO (vstup na procesoru a výstup pro paměť). Poslední signálem rozhraní SPI je CS, kterým aktivujeme obvod na sběrnici s kterým chceme komunikovat. Signál je negovaný, vybraný obvod se aktivuje logickou nulou. Další dva signály slouží k řízení paměti. Signál WP slouží k řízení ochrany zápisu do paměti a RESET k obnovení vnitřního stavu paměti. Oba signály jsou negované, aktivují se tedy logickou nulou.

Blokování napájení flash paměti je řešeno pomocí 100 nF blokovacího kondensátoru. Pro snížení spotřeby celého zařízení je možnost flash paměť odpojit od napájení. Odpojení je řešeno pomocí polem řízeným tranzistorem typu MOSFET s kanálem vodivosti typu N. K hradlu gate je přidán pull down rezistor pro zajištění vypnutí flash paměti v případě usnutí procesoru.



Obrázek 9: Flash paměť Atmel

### **5.3. RFID modul**

Pro automatickou identifikaci závodníků je použita RFID technologie [3], která pro identifikaci používá rádiové vlny o různých frekvencích. Použité frekvence se dělí do třech kategorií. První kategorií do které patří i technologie použitá v tomto zařízení je nízká frekvence. Do této kategorie patří nosné frekvence 125 kHz a 134 kHz. Technologie v této kategorii se vyznačuje malou rychlostí snímání a krátkým dosahem snímání, přibližně do 0,2 m. Další kategorií vysoké frekvence s nosnou frekvencí o kmitočtu 13,56 Mhz. U této kategorie je dosaženo větší přenosové rychlosti i většího snímaného dosahu do 1 m. Díky měděné anténě jsou u této kategorie vysoké výrobní náklady. U poslední kategorie velmi vysoké frekvence je kmitočet nosné frekvence 860 MHz nebo 930 MHz. Tato technologie dosahuje vysoké přenosové rychlosti a snímaného dosahu až 3 m.

Dále se RFID čipy dělí do dvou kategorií z hlediska napájení čipu. U pasivní technologie čtečka permanentně do okolí vysílá elektromagnetické pulsy, které pasivní čip přijme a využije pro nabití interního kondensátoru. Pomocí této energie odesílá odpověď v podobě jeho kódu. Druhou kategorií jsou aktivní čipy, které obsahují navíc svůj vlastní zdroj napájení. Dokážou tedy sami vysílat svou identifikaci. U těchto čipů je většinou kromě identifikačního čísla v paměti prostor pro další informace, které je možné ukládat do čipu při provozu. Aktivní čipy mohou také fungovat ve stejném režimu jako pasivní, tedy vysílat informace až po příchodu dotazu. V tomto případě obsahují pouze malou baterii pro posílení dosahu vysílaných informací. Tato kategorie čipů je nazývána semiaktivní.

Pro účely elektronické časomíry byl zvolen první typ s nosnou frekvencí 125 kHz a to z následujících důvodů. Malá snímací vzdálenost přesněji určí dotyk závodníka kontrolní bóje. Jako jediná kategorie je možné snímat skrze kapaliny a v blízkosti kovových předmětů, což je nezbytné u vodáckých závodů pro které je časomíra primárně určena. Jedinou nevýhodou pro použití v oblasti sportovní časomíry je malá rychlost snímání. Což může v masovějších závodech způsobit nezaregistrování závodníka. U našich typů závodů, kde startuje maximálně 5 závodníků najednou nemůže tato situace nastat. V případě použití časomíry pro jiné typy závodů by se tyto problémy nejspíše musely řešit kombinací technologií nízké a velmi vysoké frekvence.

Pro řešení startovací pistole byl vybrán RFID modul ID-10 od firmy Innovations. Jako náhradu lze použít model ID12, který je pinově kompatibilní. Tento RFID modul disponuje integrovanou anténou se kterou dosahuje vzdálenosti snímání až 8 cm a u modelu

ID12 až 12cm. Tato vzdálenost je pro potřeby startovací pistole dostačující, proto nebyla využita možnost připojení externí antény.

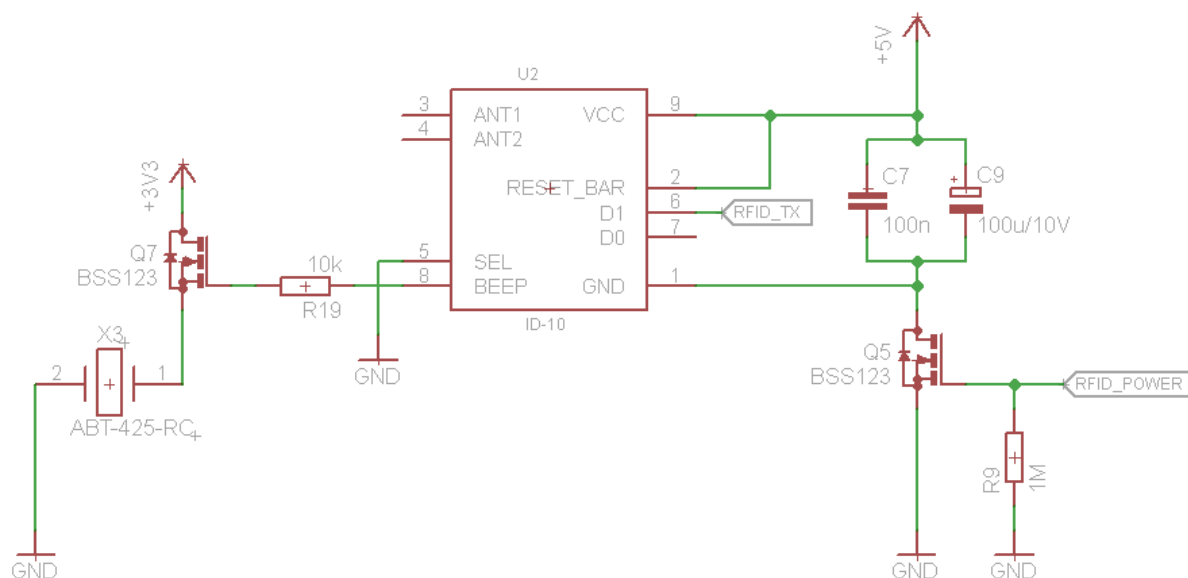
Pro blokování napájení RFID modulu, byl použit 100 nF keramický kondensátor a 100uF keramický kondensátor byl nahrazen tantalovým o stejné kapacitě. Odpojení napájení je řešeno stejně jako u FLASH paměti pomocí polem řízeným tranzistorem typu MOSFET.

Pro možnou indikaci činnosti modulu je přítomen pin BEEB na který modul po přivedení napájení na RFID modul nebo po načtení RFID kódu z čipu přivede signál o kmitočtu 3,1 kHz. Na tento pin lze pro indikaci činnosti připojit LED diodu nebo piezo bzučák. V tomto zařízení je přes spínací tranzistor připojen piezo bzučák pro akustickou signalizaci načtení RFID čipu.

Pin SEL slouží k výběru protokolu pomocí kterého bude RFID modul komunikovat. Lze vybrat protokol ASCII připojením pinu k zemi, Wiegand23 připojením pinu k napájecímu napětí a nebo Magnet emulation připojením pinu k signálu 3,1 kHz vycházejícího z pinu BEEP. Pro účely startovací pistole byl připojením k zemi napevno zvolen protokol ASCII, kdy po sériové lince jsou posílána data jako ASCII znaky.

Samotná data jsou vyvedena na piny D0 a D1. Na pinu D0 jsou přivedena invertovaná data v napěťové úrovni odpovídající technologii TTL a na pin D1 data v napěťové úrovni odpovídající technologii CMOS.

K procesoru je tento modul připojen pomocí datového pinu D0, který je připojen na přijímací pin sériové linky USART2 namapovaném na pinu PA3.



Obrázek 10: RFID modul ID10

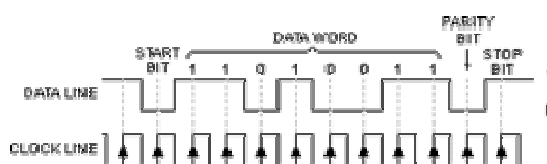
## 5.4. Připojení k základní jednotce

K základní jednotce je řešeno konektorem RJ45. V případě připojení základní jednotky je z tohoto konektoru startovací pistole napájena, jelikož jsou zde přivedeny obě napájecí úrovně 3,3 V a 5 V. Pro případ bateriového napájení jsou tyto napětí od napájecí větve oddělena diodami. Z důvodu indikace připojení k základní jednotce k bateriové části a procesoru vyvedeno napájecí napětí před diodami. Tento signál dále slouží k odpojení napájení z baterií v případě připojeného napájení ze startovací pistole a indikaci připojení základní jednotky. Filtrování napájení ze základní jednotky je zajištěno skupinovými blokovacími kondensátory 100 nF a 1  $\mu$ F pro každé napětí.

Dále jsou na konektor vyvedeny signály INT1 a INT2 sloužící k identifikaci zařízení připojeného k základní jednotce. Signál INT1 je vyveden na pin procesoru PC5 a signál INT2 na PB0.

Samotná komunikace se základní jednotkou probíhá pomocí sériové linky standardu RS232. Pro převod signálu z napěťové úrovně CMOS používající procesorem na napěťové úrovně definující standard RS232 byl vybrán převodník MAX3221 od firmy Texas instrument.

Rozhraní RS232 definuje komunikační standard určený pro plně duplexní sériovou asynchronní komunikaci dvou zařízení. Komunikace zahajuje takzvaný start bit, následuje 8 datových bitů, volitelný paritní bit pro základní úroveň zabezpečení přenášených dat a komunikaci ukončuje stop bit o délce 1, 1,5 nebo 2 bitových intervalů. Jelikož komunikace probíhá asynchronně je třeba předem nastavit komunikační rychlost.



Obrázek 11: Sériová komunikace

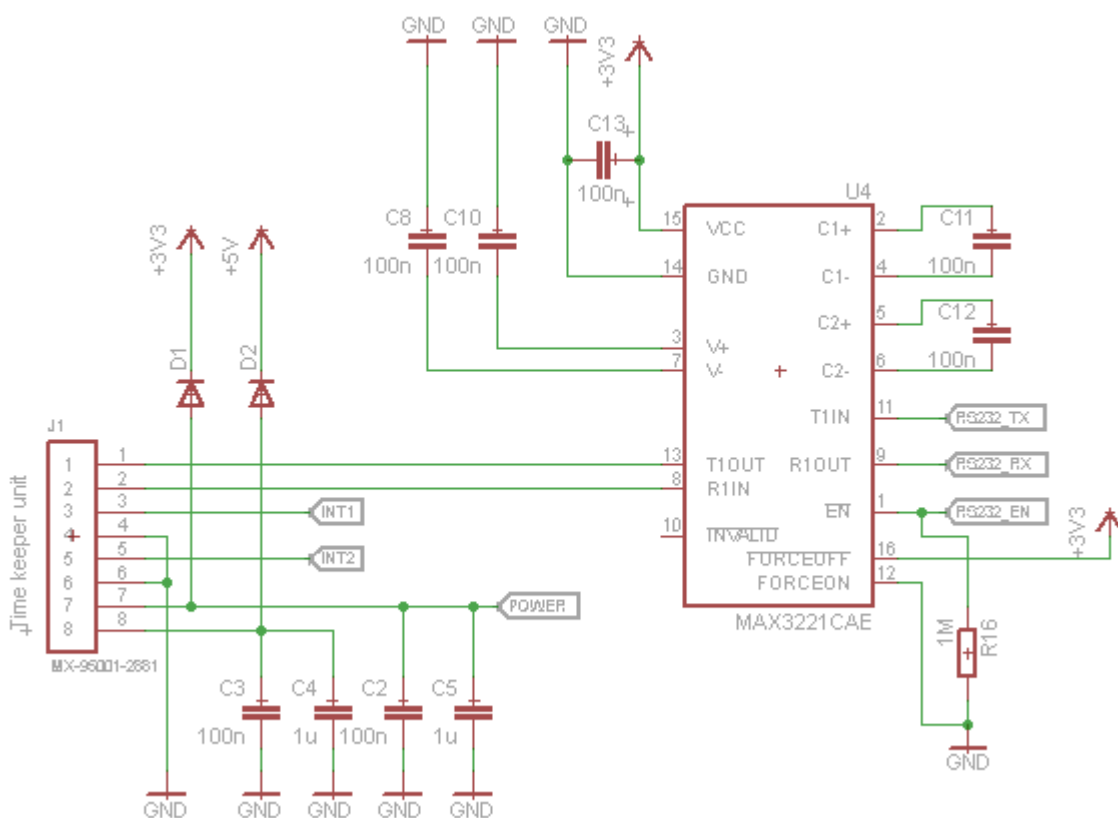
Rychlosti jsou standardizované a jako rozměr je použit takzvaný Baud který v soustavě SI odpovídá jednotce  $s^{-1}$ . Napěťové úrovně pro logickou 0 se pohybují v rozmezí 5 V až 15 V a napěťová úroveň logické 1 v rozmezí -5 V až -15 V. Maximální délka vedení tohoto standardu je uváděna 15 m. Tato délka je uvedena pro standardizovanou rychlost 19200 Bd. Při snížení rychlosti lze dosáhnout provozu na delších kabelech. Například při použití rychlosti 9600 Bd lze v laboratorních podmínkách dosáhnout maximální délky 150 m.



Po převodu napětí podporované procesorem v převodníku jsou vysílací a přijímací signály připojeny k procesoru na sériové jednotce USART3 namapované na pinech PB10 a PB11. Ostatní signály pro řízení provozu na sériové lince nejsou využity.

Signály ForceON a ForceOFF slouží k změně režimu obvodu. Lze vybrat režim trvalého vypnutí, trvalého zapnutí nebo trvalé zapnutí s režimem automatického vypnutí při neprobíhající komunikaci. Ve funkci posledního režimu je napevno zapojen i obvod v této konstrukci.. V další revizi je počítáno s vyvedením těchto signálů na procesor pro možnosti ovládání stavů.

Signál Enable určuje přijímací funkci obvodu. Jestliže je na tento signál přivedena nízká úroveň, obvod vysílá validní data na pinu R1OUT. V opačném případě je na tomto pinu vysoká impedance. Pro validní příjem v případě nenastavení tohoto signálu na procesoru je na tento signál připojen pull down rezistor.



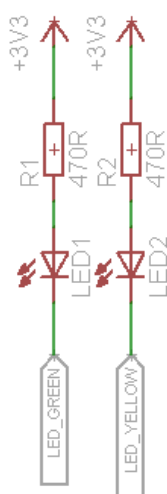
Obrázek 12: Připojení k základní jednotce

## 5.5. Zobrazovací část

Pro komunikaci startovací pistole s obsluhou a identifikaci stavů jsou použity dvouřádkový znakový LCD displej a dvě LED diody.

### 5.5.1. LED diody

Pro identifikaci provozních a chybových stavů jsou v zařízení osazeny 2 LED diody. Diody jsou připojeny k napájecímu napětí, jsou rozsvíceny nulovou úrovní na vývodu procesoru. K procesoru jsou připojeny na piny PC7 a PC8, které je možné využít k automatickému blikání nebo ovládní intenzity světla pomocí výstupů časovačů.



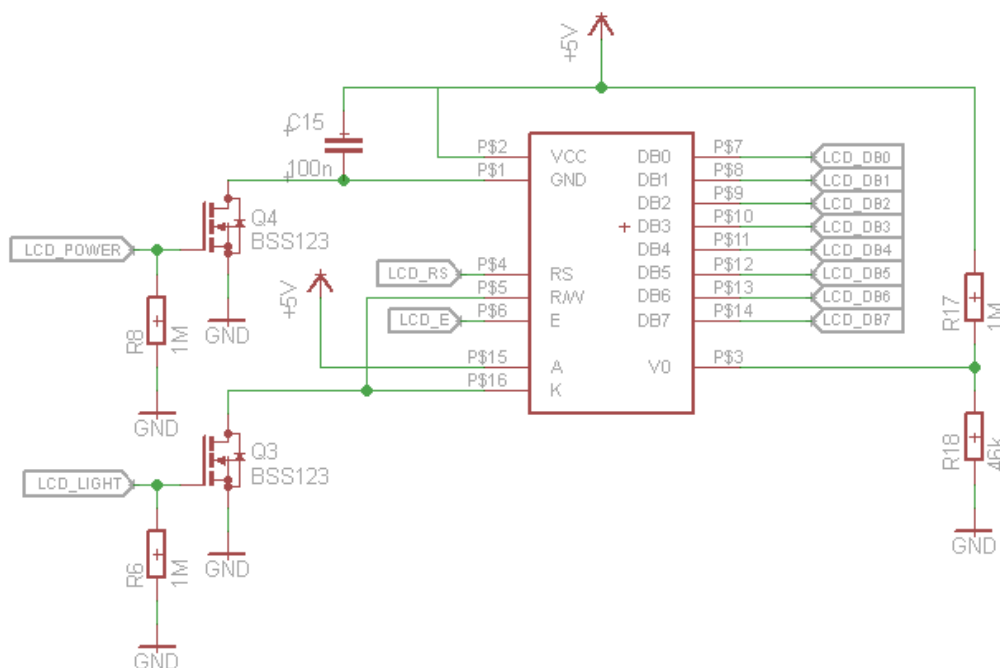
Obrázek 13: LED diody

### 5.5.2. LCD display

Pro komunikaci s obsluhou je k dispozici znakový displej. Velikost zobrazovací části je šestnáct znaků ve dvou řádcích, kde jeden znak má rozlišení 5 krát 8 pixelů. Displej dále disponuje samostatně napájeným podsvícením.

Napájení displeje i podsvícení je možné samostatně odpojit pomocí tranzistorů obdobně jakou u ostatních periférií. Napájení displeje je blokováno pomocí 100 nF kondensátoru. Pro ovládní kontrastu displeje slouží vývod V0. Doporučený rozdíl napětí mezi tímto vývodem a napájením displeje je pro 25°C je 4,5 V. Pro 5 V napájecí napětí byl z dostupných součástek navrhnout dělič 1 MΩ v horní větvi a 46 kΩ v dolní větvi děliče. Jelikož napájecí napětí je odděleno usměrňovací diodou kvůli zamezení kolize při přítomnosti napájení ze základní stanice a baterie, je napětí na displeji pouze 4,5 V. Z toho důvodu byly oba odpory odpájeny a vývod V0 byl pomocí nulového odporu připojen k zemi.

Pro komunikace s displejem je dispozici 8 bitová sběrnice na vývodech DB0 až DB7, při nedostatku prostředků je možné použít pouze 4 bitovou sběrnici. V tomto zařízení je použita plnohodnotná 8b sběrnice, která je vyvedena na portu B pinech 2 až 9. Pro ovládání displeje jsou dále k dispozici tři řídicí bity. První R/W řídí zapisování nebo čtení dat z displeje. Jelikož se v programu nepočítá s čtením dat z displeje je tento pin připojen k zemi. Další řídicí bit RS určuje jestli na datové sběrnici jsou data nebo řídicí příkaz. Poslední bit Enable určuje platnost dat.

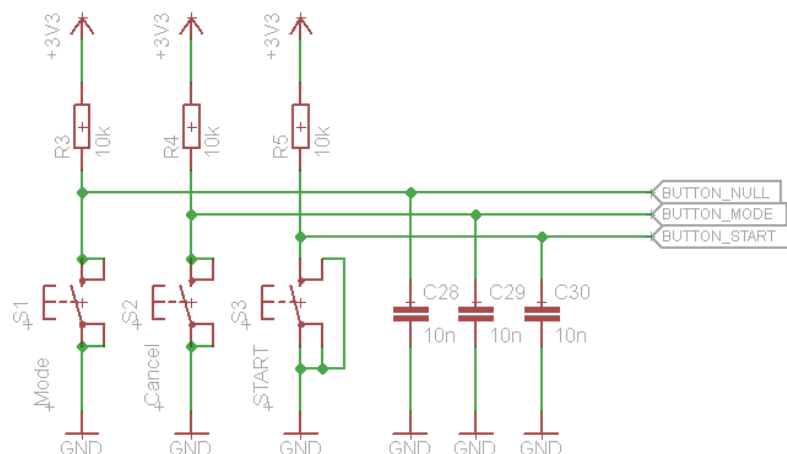


Obrázek 14: LCD display

## 5.6. Ovládací část

Pro ovládání startovací pistole jsou k dispozici tři tlačítka. Mechanicky jsou 2 SMD tlačítka umístěny v místech s otvory v krabici. Třetí takzvané startovací tlačítko je umístěno v místě spouště pistole.

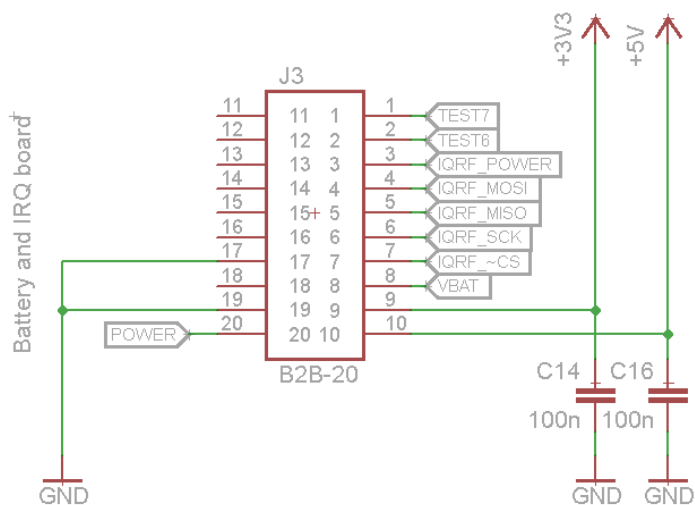
Vývody od tlačítek připojené k procesoru jsou přes 10 kΩ odpory připojeny k napájecímu napětí a po stisku jsou natvrdo připojeny k zemi. Na vstupním pinu procesoru se přečte nízká úroveň, takzvaná logická nula. Kvůli rušení zákmitů při stisku a uvolňování tlačítka jsou paralelně k tlačítkům připojeny 10 nF kondensátory. Tímto zapojením vznikne RC článek a po stisku nebo uvolnění tlačítka vzniká přechodový jev, který pokryje dobu zákmitů. Správná úroveň se objeví až po ustálení přechodového jevu a tím eliminujeme krátké zákmity při mechanickém stisku tlačítka.



Obrázek 15: Tlačítka

## 5.7. Budoucí rozšíření

Pro budoucí rozšíření desky o bateriové napájení a bezdrátovou komunikaci je deska vybavena mezi deskovým (board to board) konektorem. Na tomto konektoru je vyvedeno napájení, napětí baterie pro měření stavu baterií, vodiče pro sériové periferní rozhraní SPI pomocí kterého bude možné komunikovat s rádiovým modulem. Vodič pro řízení napájení rádiového modulu a dva rezervní vodiče.



Obrázek 16: Board to board konektor

## 6 SW řešení startovací pistole

Program byl napsán v jazyce C [4],[5] s pomocí knihoven pro procesor STM321 dodávaných firmou ST [6]. Po startu zařízení probíhá inicializace všech periférií procesoru a připojeného LCD displeje. Po inicializaci program čeká na příchod jedné z následujících událostí vyvolávající přerušení.

### **Příjem RFID**

Při příjmu dat z RFID čtečky je kontrolována správná posloupnost přijímaných dat a kontrolní součet RFID kódu, dále se alokuje nová struktura závodníků a je zde nastaven kód jeho čipu. Po alokaci je přidán do datové struktury typu jednosměrný lineární seznam dále seznam závodníků.

### **Stisk tlačítka Start**

Po stisku tlačítka start je kontrolováno jestli seznam závodníků obsahuje nějaké položky. Jestliže obsahuje jednu položku, je poslán příkaz single start a pokud obsahuje více položek je odeslán příkaz multi start. Příkaz s RFID kódy závodníků jsou posílány přes sériovou linku do základní jednotky časoměry. Detailní popis komunikace je popsán v kapitole komunikace se základní jednotkou.

### **Stisk tlačítka Next**

Po stisku tlačítka next je kontrolováno jestli seznam závodníků obsahuje nějaké položky. V případě, že seznam je prázdný, program přejde se do stavu Setup, kde je možné provádět nastavení startovací pistole. V opačném případě se na displeji zobrazí další položka v seznamu závodníků. Jestliže další položka již není, seznam je procházen od začátku.

### **Stisk tlačítka Erase**

Po stisku tlačítka erase je kontrolováno jestli seznam závodníků obsahuje nějaké položky. V případě, že seznam je prázdný, program přejde do stavu info, kde jsou zobrazeny informace k aktuálnímu závodu. V opačném případě je ze seznamu smazána aktuální položka. Novou aktuální položkou se stává další položka v seznamu.

### **Časovač**

Po uběhnutí uživatelem nastavitelné doby, po které nevzniklo žádné z předchozích přerušení program přejde do stavu Sleep, kde jsou odpojeny od napájení všechny periférie, procesor přejde do režimu spánku a pin, na kterém je připojeno start tlačítko je nastaven na alternativní funkci wake up pinu. Usínání zařízení je indikováno zelenou LED diodou. Dioda při usínání bliká v intervalu jedné sekundy. Pokud běží první třetina časového intervalu dioda

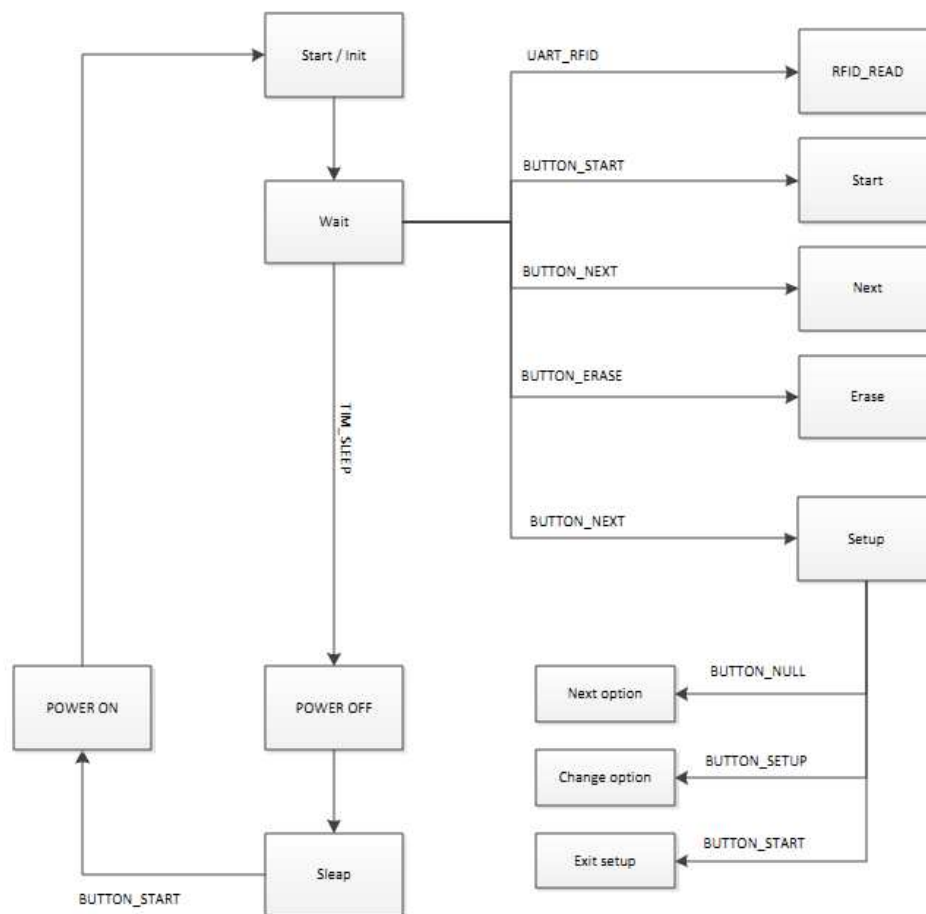
je rozsvícená 80% jedné periody, v druhé třetině časového intervalu je rozsvícená 50% jedné periody a v třetí třetině časového intervalu usínání je rozsvícena 20% jedné periody.

Po přechodu do režimu Setup je zobrazena první položka nastavení. Stiskem tlačítka Next lze přejít k další položce nastavení. Stiskem tlačítka Erase je v aktuální položce změněna hodnota nastavení a stiskem tlačítka Start je ukončen stav Setup a přejde se do základního stavu Wait.

Po přechodu do režimu info je zobrazeny informace o aktuálně běžícím závodě. Stiskem tlačítka Next lze přejít k další informaci. Stiskem tlačítka Erase je prováděno listování aktuální informací. Zpět do základního stavu Wait přejdeme stiskem tlačítka Start.

Po odeslání příkazu single start nebo multi start je zařízení ve stavu Start, který pouze informuje o odeslání dat výpisem zprávy na displej a rozblíknáním červené LED diody. Zpět do základní stavu je možné přejít opětovným stiskem tlačítka start.

Stav sleep je určen pro režim nízké spotřeby zařízení. V tomto stavu jsou od napájení odpojeny všechny komponenty a procesor je ve úsporném režimu stand by. Procesor vzbudit a z tohoto stavu se lze dostat pouze stiskem tlačítka start. Poté proběhne znovu inicializační část.



Obrázek 17: Blokové diagram programu

## 6.1. Komunikace s RFID modulem

Komunikace s RFID modulem ID12 probíhá po sériové lince USART2 namapované na pinu PA3. Tato komunikace je pouze jednosměrná od RFID modulu směrem k procesoru. Komunikovat s RFID modulem lze pomocí tří různých protokolů viz Obrázek 17: Protokoly komunikace s RFID modulem. Výběr protokolu je umožněn pomocí pinu 9 na RFID modulu. V našem případě je připojen k zemi a je vybrán ASCII formát přenosu dat.

V ASCII režimu přenosu dat nejdříve procesor čeká na příjem znaku označující začátek textu (02h), dále je přijímáno a do vyrovnávacího bufferu 10 ASCII znaků reprezentující kód uložený v načteném RFID čipu. Z tohoto kódu je vypočítán kontrolní součet o velikosti 2 ASCII znaků. Kontrolní součet je počítán vždy z 5 po sobě jdoucích bajtů jako bitový exklusivní součet (XOR). Tento kontrolní součet je porovnáván s kontrolní součtem přijímaným z RFID modulu. Dále je kontrolováno přijetí znaku CR (0Dh) označující návrat kurzoru na začátek textu, znaku LF (0Ah) označující posunutí kurzoru na nový řádek a znaku ETX (03h) označující konec řetězce.

Nedokončené vysílání nebo chybný formát přijímaných dat je ošetřen pomocí timeoutu. Po překročení tohoto času, který je stanoven na 200 ms se přijatý kód označí za chybný.

### Output Data Structure – ASCII

STX (02h)	DATA (10 ASCII)	CHECK SUM (2 ASCII)	CR	LF	ETX (03h)
-----------	-----------------	---------------------	----	----	-----------

[The 1 byte (2 ASCII characters) Check sum is the "Exclusive OR" of the 5 hex bytes (10 ASCII) Data characters.]

### Output Data Structure – Wiegand26

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
P	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	P
Even parity (E)													Odd parity (O)													

P = Parity start bit and stop bit

### Output Data Magnetic ABA Track2

10 Leading Zeros	SS	Data	ES	LCR	10 Ending Zeros
------------------	----	------	----	-----	-----------------

[SS is the Start Character of 11010, ES is the end character of 11111, LRC is the Longitudinal Redundancy Check.]

Obrázek 18: Protokoly komunikace s RFID modulem

## 6.2. Komunikace se základní jednotkou

Komunikace se základní jednotkou nebo počítačem probíhá po sériové lince [7] USART3 namapované na pinech PB10 pro odesílání dat a PB11 pro příjem dat.

Komunikační protokol mezi všemi jednotkami časoměry začíná směrovacími informacemi v následujícím složení. Jednoznaková informace o typu odesílatele, kde S je označení startovací pistole, G je označení základní jednotky a B je označení počítače se zpracovatelským softwarem. Následuje dvouznaková informace o adrese odesílající stanice. Dále je uveden typ a adresa stanice, které je příkaz určen. Adresní část příkazu je ukončena znakem ostrá pravá závorka. Adresní část příkazu není v stávající verzi využívána. V příkazu je připravena pro adresaci v budoucím rozšíření rádiové komunikace všech jednotek nebo pro přímou komunikaci startovací pistole s hlavním softwarem skrz základní jednotku. Dále se příkazy dělí do dvou kategorií. V první kategorii příkazy bez atributů, kde po adresní části následuje příkaz ukončený znakem pro nový řádek.

S	0	1	G	0	2	>	comand	0xA
---	---	---	---	---	---	---	--------	-----

Obrázek 19: Příklad příkazu bez atributů

V druhé kategorii jdou příkazy s atributy, kde po adresní části následuje samotný příkaz, dále je příkaz od atributů oddělen znakem rovná se. Následují samotné atributy odděleny znakem s hexadecimální hodnotou 0x1E využívajícím pro oddělení záznamů. Celý příkaz je ukončen znakem pro nový řádek.

S	0	1	G	0	2	>	comand	=	atributy	0xA
---	---	---	---	---	---	---	--------	---	----------	-----

Obrázek 20: Příklad příkazu s atributy

Příkaz single start je určen pro start jednoho závodníka. Tento příkaz je poslán v případě že při startu je v seznamu závodníků načten právě jeden závodník. Struktura celého příkazu se skládá z adresní sekce následuje příkaz STARTS a jediným atributem je RFID kód závodníka.

S	0	1	G	0	2	>	STARTS	=	RFID (10ASCII)	0xA
---	---	---	---	---	---	---	--------	---	----------------	-----

Obrázek 21: Příkaz STARTS



Příkaz multi start slouží pro startování více závodníků najednou. Tento typ startu je využíván například v závodech typu kayakcross nebo team reace. V startovní pistoli je tento příkaz odeslán v případě kdy je při startu v seznamu závodníků načteno více než jeden závodník. Struktura se skládá z adresní sekce, následuje příkaz STARTM a atributy jsou RFID kódy všech odesílaných závodníků. Všechny RFID kódy jsou odděleny standardním oddělovačem atributů tohoto protokolu a poslední RFID kód je ukončen znakem s hexa hodnotou 0x03.

S 0 1 G 0 2 > STARTM = RFID (10ASCII) 0x1E RFID (10ASCII) 0x03 0xA

Obrázek 22: Příkaz STARTM se dvěma závodníky

Příkaz gettime slouží k vyčtení aktuálního času základní jednotky v UNIX formátu.

S 0 1 G 0 2 > GETTIME 0xA

Obrázek 23: Příkaz GETTIME

V základní jednotce lze také nastavit čas pomocí příkazu settime. Hodnota je zadávána v sekundách formátu UNIX. Po provedení tohoto příkazu základní jednotka posílá nastavení do dalšího UART rozhraní pro řetězovou synchronizaci všech jednotek.

S 0 1 G 0 2 > SETTIME = 32bit UNIX format 0xA

Obrázek 24: Příkaz SETTIME

Nastavit konfigurace základní jednotky je využitelné i skrz startovací pistoli. V konfiguraci je nastavován typ a status základní jednotky. Typ základní jednotky označuje funkci základní jednotky v systému časoměry. Základní jednotka může komunikovat ve 4 následujících módech. Základní jednotku je možné automaticky nastavit při připojení startovací pistole k základní jednotce.

Tabulka 1: Popis konfigurace základní jednotky

Název	Hodnota	Popis
AP_POINT	0x01	Kontrolní bójka.
START_GUN	0x02	Startovní čas, ze startovací pistole.
GATE	0x03	Čas průjezdu z kontrolní RFID bóje.
END_LINE	0x04	Cílový čas z RFID bóje.
START_LINE	0x05	Startovní čas z RFID bóje.

S 0 1 G 0 2 > SETSTATION = T <TYPE> S <SERVICE> 0xA

Obrázek 25: Příkaz SETSTATION

### 6.3. Komunikace s displejem

Dvouřádkový LCD displej obsahuje standardní řadič HD44780. Pro komunikaci s tímto displejem je použito 8 datových bitů a 2 řídicí bity. V naší konstrukci je použit řídicí bit určující jestli na datové vodiče přivádíme adresu nebo instrukci. Druhý řídicí bit určující čtení nebo zápis do displeje je trvale zapojen na zápis.

Pro správnou funkci displeje nejdříve musí proběhnout inicializační sekce. Po zapnutí napájení se čeká 30 ms na naběhnutí napájecího napětí displeje na 4,5 V. Dále se volí funkce displeje na dvou řádkový mód (N=1) s rozlišením jednoho znaku na 5 krát 10 bodů (F=1). pomocí následující instrukce.

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	DL	N	F	X	X

Obrázek 26: Volba funkce displeje

Poté se zapne displej (D=1) s vypnutým kurzorem (C=0) a vypnutým blikáním kurzoru (B=0) touto instrukcí.

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	1	D	C	B

Obrázek 27: Zapnutí displeje

Dále je smazán celý displej, kvůli znakům zůstávajících na displeji po jeho startu následující instrukcí:

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Obrázek 28: Smazání displeje

Jako poslední krok inicializace displeje je provedeno volba módu zapisování do displeje, kde zapneme posunutí ukazatele displeje po zapsání znaku (SH=1) a posunutí ukazatele vpravo, takzvaný inkrementační mód (I/D=1). Toto nastavení provedeme následující instrukcí.

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	SH

Obrázek 29: Volba funkce posouvání

Tím je inicializace displeje dokončena a je možné zapisovat. Nejdříve si vždy nastavíme adresu kam má být zapisováno. Na první řádek displeje je zapisována zapsáním znaků na adresy 0H až 27H. Druhý řádek je na adresách 40H až 67H. Nastavení adresy je provedeno následující instrukcí.

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	1	AC6	AC5	AC4	AC3	AC2	AC1	AC0

**Obrázek 30: Nastavení adresy v displeji**

Po nastavení adresy je možné zapisovat znak nastavením řídicího bitu na 1 a zapsání ASCII kódu na datovou sběrnici. Po zapsání znaku se adresa automaticky inkrementuje další zapsaný znak je zapsán na další pozici. Pouze je nutné hlídat přechod na nový řádek, kde u dvouřádkového módu adresy poslední znaku v prvním řádku a prvního znaku v druhém řádku nenavazují.

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

**Obrázek 31: Zapsání dat na aktuální adresu**

Pro zjednodušení a zpřehlednění práce s displejem uvnitř programu byly napsány funkce pro nastavení adresy jejímž parametry je číslo řádku a číslo sloupce. Dále funkce pro tisk řetězce která tiskne znaky od nastavené adresy až po ukončovací znak tisknutého řetězce, také pro tisk pole zadané velikosti a nakonec funkce pro tisk čísla využívají standardní knihovní funkci itoa.

## **6.4. Režim nízké spotřeby**

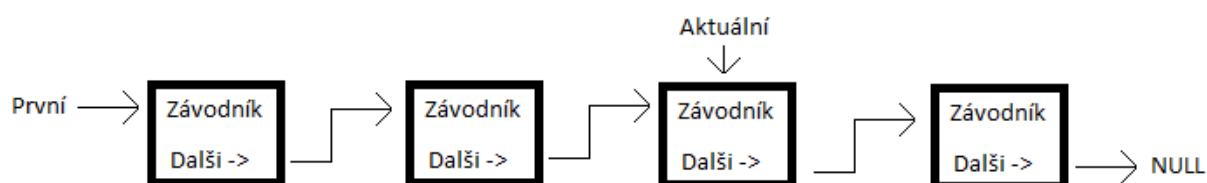
Z důvodu snížení spotřeby startovací pistole je možné povolení usínání přístroje v zadaném časovém intervalu. Pokud je startovní pistole nachází ve stavu se zobrazenou hlavní nabídkou, tudíž není rozpracovaná žádná operace, odečítá se čas do usnutí zařízení. Po uplynutí času pro usnutí zařízení jsou odpojeny všechny komponenty a procesor přejde do nejúspornějšího módu Stand by mode. Z tohoto módu lze zařízení probudit dvěma způsoby. První způsob používaný v tomto zařízení je nastavení jednoho z možných pinů jako wake up pin. Po stisku tlačítka připojeného na tento pin procesor přejde do standardního módu. Druhým možným způsobem je nastavením času vzbuzení procesoru. Po probuzení procesoru jsou zapnuty všechny komponenty, inicializovány periférie procesoru a inicializován LCD displej.

## 6.5. Práce se závodníky

Pro práci se závodníky byla navržena struktura charakterizující základní vlastnosti identifikující každého závodníka. Struktura obsahuje pole znaků charakterizující RFID kód čipu, který je závodníkovi přidělen při registraci. RFID kód je vyplněn vždy při načtení závodníka. Struktura dále obsahuje 16b celé číslo zastupující startovní číslo závodníka a pole znaků, kam je ukládáno jméno závodníka. Tyto dvě položky se v současné době nevyužívají a jsou připraveny pro synchronizaci s programem zajišťujícím registraci závodníků. Kdy ke každému RFID kódu bude doplněno jméno a startovní číslo závodníka.

Pro manipulaci a uchování více závodníků byla použita datová struktura jednosměrný necyklický lineární seznam vybudovaná nad zřetěženými strukturami. Tedy každá struktura v sobě uchovává adresu další struktury v pořadí a poslední struktura odkazuje na nulovou adresu, čímž snadno detekujeme poslední položku v seznamu. Dále jsou k dispozici globální proměnné uchovávající adresu první položku seznamu, pro přístup na začátek seznamu a položku uchovávající aktuální položku seznamu, která je využívána pro procházení seznamu.

Pro manipulaci s lineárním seznamem bylo implementováno šest metod. První pro inicializaci seznamu, kde se pouze nastaví všechny položky na nulu. Další metoda obstarává přidání nového uživatele za aktuálního, kde se do položky další prvek nového prvku uloží další prvek aktuální a aktuálnímu prvku je nastavena adresa nového prvku. Následují tři metody měnící pozici aktuálního prvku. První změni pozici prvku na další existující, jestliže prvek je poslední změni se pozice na první prvek. Dále je k dispozici metoda pro přechod na předchozí prvek a metoda pro přechod na poslední prvek, které je využívána k přidávání položek na konec seznamu. Poslední editační metodou je odstranění aktuálního záznamu. Kde je nejdříve do pomocné proměnné uložen následující záznam po aktuálním, dále se přejde pomocí dostupné metody na předchozí prvek u nějž je dealokován následující prvek, který byl aktuální a je nastavena adresa dalšího prvku na hodnotu v pomocné proměnné.



Obrázek 32: Lineární seznam závodníků

## 6.6. Řešení nastavení

Firmware startovací pistole umožňuje nastavení různých parametrů a funkcí tohoto zařízení. Pro nastavení je deklarováno globální pole setup, která je při startu zařízení naplní výchozími hodnoty nastavení. Z toho vyplývá že nastavení je platné vždy pro jedno zapnutí přístroje, tedy pro jeden aktuální závod. V budoucnu je možné rozšíření o ukládání do osazené flash paměti, což by umožňovalo zachovávat nastavení přístroje i po jeho vypnutí.

Startovací pistole v této verzi dokáže nastavovat následující položky nastavení. První z nich je typ a adresa startovací pistole využitelné při komunikaci již popsaným protokolem s ostatními zařízeními elektronické časomíry. Tyto údaje je možné nalézt v prvních třech záznamech pole. V dalších třech záznamech je možné nalézt typ a adresu zařízení s kterým startovací pistole komunikuje. Tyto položky lze nastavit a odesílají se v protokolu, ale využitelné budou až při rádiové komunikaci mezi jednotlivými částmi časomíry. Dále je možné nastavit napájení všech hlavních součástí pro snížení spotřeby zařízení při nepoužití některé ze součástí startovací pistole. Pro každou ze čtyř součástí je vyhrazena jedna položka pole. Režim nízké spotřeby neboli usínání přístroje po určitém intervalu lze také nastavit nastavení přístroje. Déle je také možné nastavit čas po kterém přístroj usne v rozmezí od 10 sekund do 190 sekund s krokem 10 sekund.

**Tabulka 2: Obsah pole uchovávající nastavení přístroje**

Název	Výchozí nastavení	Popis
Source typ	S	Typ tohoto zařízení.
Source number 1	0	První číslo v adrese tohoto zařízení.
Source number 2	1	Druhé číslo v adrese tohoto zařízení.
Destination typ	G	Typ cílového zařízení.
Destination number 1	0	První číslo v adrese cílového zařízení.
Destination number 2	2	Druhé číslo v adrese cílového zařízení.
Power LCD	ON	Nastavení napájení displeje.
Power backlight	ON	Nastavení napájení podsvícení displeje.
Power RFID	ON	Nastavení napájení RFID modulu.
Power Flash	ON	Nastavení napájení flash paměti.
Standby	ON	Povolení usínání startovací pistole.
Standby time	60s	Čas po které je startovací pistole uspána.

## 7 Reálné testy a návrhy na inovace

První nasazení časomíry proběhlo na první letošním závodě a to na šestém ročníku KayakCrossu na Kamenici. Tento závod se skládá ze dvou disciplín. První sprint slouží k zařazení závodníků do jednotlivých rozjížděk kayakcrossu. Při tomto závodě měla časomíra fungovat následujícím způsobem. Závodník byl načten startovní pistolí a stiskem tlačítka start odstartován. Při startu základní jednotka zpracuje data, pomocí sirény signalizuje start a odesílá zpracovaná data přes sériovou linku do počítače se zpracovatelským softwarem. Cílová data byla odesílána přes rádiový modul do počítače a výsledky online zpracovány. Časomíra po celý závod fungovala bez problémů a zaznamenala a změřila časy všech závodníků. Závodníci si se systémem časomíry snadno sžili a tím pádem nedocházelo k špatnému požívání.

Ze samotné konstrukce a praktického použití vyplynulo několik návrhů na zlepšení jak konstrukce tak softwaru samotného zařízení. Při mechanické konstrukci zařízení byly navrženy následující změny v poloze součástek na DPS. Startovací tlačítko by mohlo být posunuto směrem dovnitř zařízení, aby umožňovalo pohodlnější držení startovací pistole a nedocházelo k omylnému zmáčknutí. Dále posunout pouzdro displeje tak aby bylo možné spojení displeje pomocí pinové lišty a nebylo nutné spojení pomocí kabelů. Dále by bylo vhodné posunout obě tlačítka pod montážní otvory pro tlačítka v krabičce pro startovní pistolí. Všechny tyto mechanické nepřesnosti byly způsobeny neúplným výkresem této krabičky a špatným měřením uvnitř zcela nesymetrické krabičky. V hardwarové části bylo potřebné změnit vrstvu pouzdra pro RFID modul, jelikož bylo umístěné ve špatné vrstvě. Z toho důvodu musely být odstraněny středové sloupky pro lepší držení DPS uvnitř krabičky a ztratila se možnost přidání druhé desky v případě rozšíření o rádiovou komunikaci.

Z hlediska softwaru bylo navrženo spoustu vylepšení hlavně v zobrazování informací. Prvním zlepšením je po načtení závodníka zobrazovat jeho jméno a startovní číslo místo RFID kódu. K tomuto kroku by mohla být využita osazená flash paměť, kdy by se po skončení registrace startovní pistol synchronizovala s registračním softwarem a získala ke každému RFID kódu údaje odpovídajícího závodníka. Dále by mohla Startovací pistole udržovat svůj vlastní čas a ukládat a odesílat informaci s časovým razítkem startu závodníka. Pro snadnější organizaci samotného závodu by pomohlo zobrazování aktuálních informací o závodě jako například závodníci startující v další rozjížděce a údaje o pořadí závodníků.

Navrhnutí desky pro bezdrátovou komunikaci startovací pistole by velmi usnadnila obsluhu tohoto zařízení.

## 8 Závěr

Návrh a samotná konstrukce celého zařízení byla úspěšně dokončena a odzkoušena v reálném provozu. Zvolená mechanická konstrukce se ukázala jako dobré řešení pro úchop do ruky ovládání pomocí rozmístěných tlačítek. Použitý procesor z rodiny STM32l se osvědčil velmi nízkou spotřebou hlavně v stand by módu. Samotná práce s procesorem velmi usnadňoval dostupný a hlavně levný vývojový kit, pomocí kterého lze samotný procesor i programovat. Technologie zvolená pro RFID identifikaci se pro použitý druh závodů také ukázala jako vhodně zvolená, jelikož při závodě nenastala situace, kdy by nebyl závodník zaznamenán. Samotná deska plošných spojů byla po osazení funkční, ale pro lepší mechanickou konstrukci celého zařízení by byl potřeba upravený návrh z již popsanými změny. Ze softwarového hlediska startovací pistole taktéž fungovala bez problému jak při závodech kde startuje jeden závodník, tak i v závodech kde startuje více závodníků. Ale i v této části je spousta dalších možností pro zlepšení z hlediska poskytování informací obsluze startovací pistole, možnosti posílání více informací základní jednotce nebo i nastavování základní jednotky skrze startovací pistolí.

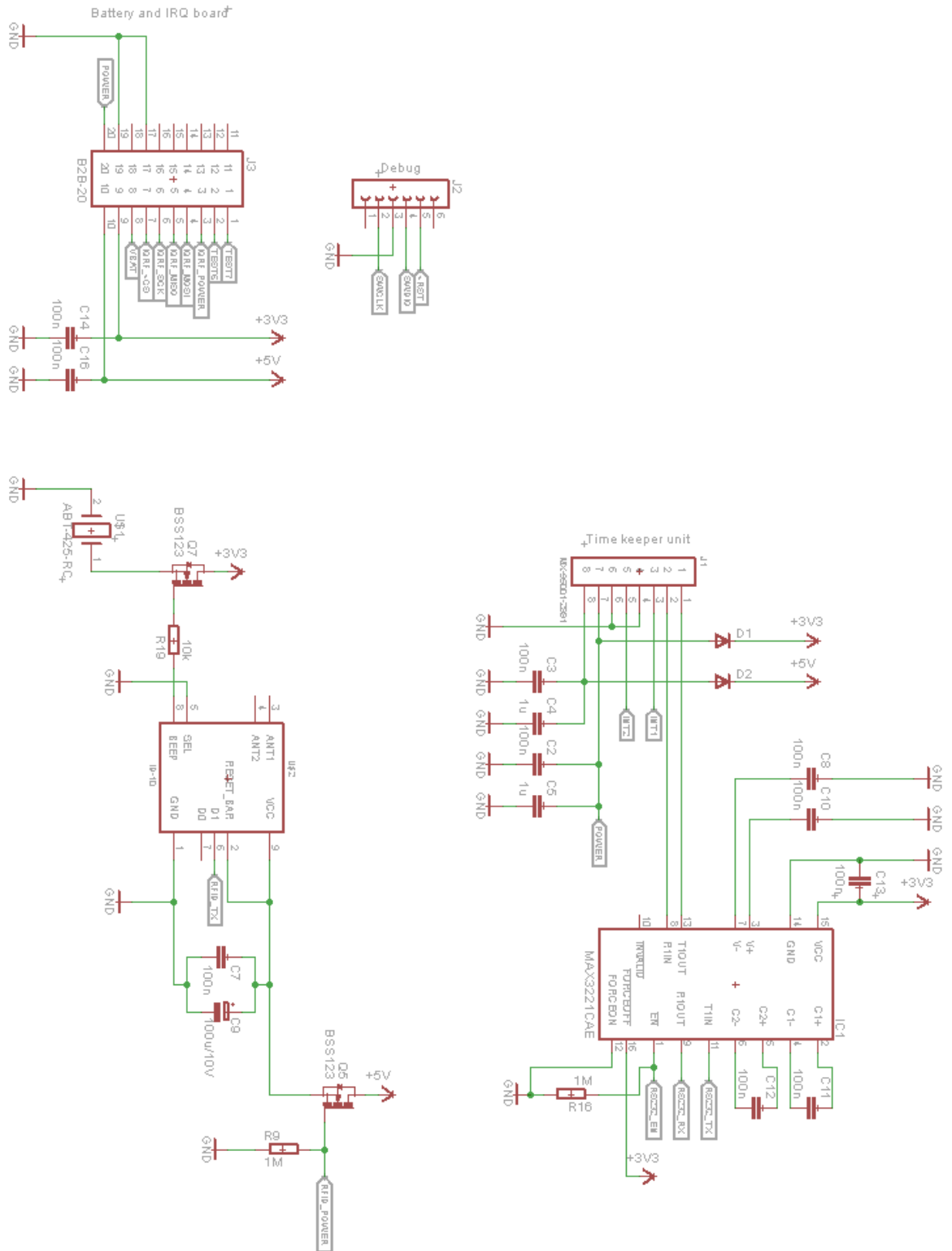
Startovací pistole jako zařízení splňuje všechna kritéria zadání této práce i základní požadavky pro zařízení na startování závodu v elektronické časomíře. Při praktickém využití na závodech Kayakcross Kamenice fungovala bez problému. Na těchto závodech se na časomíru byl podívat pořadatel otevřeného mistrovství Evropy Hiko Devils Extreme Race a projevil zájem o nasazení časomíry na těchto světových závodech konajících se 28.8. až 2.9. na Čertových proudech.

## Použitá literatura

- [1] PLÍVA, Zdeněk. *EAGLE prakticky: řešení problémů při běžné práci*. 2. vyd. Praha: BEN, 2010. ISBN 978-80-7300-252-7.
- [2] ZÁHLVA, Vít. *Návrh a konstrukce desek plošných spojů: Principy a pravidla praktického návrhu*. 1. vyd. Praha: BEN, 2011. ISBN 978-80-7300-2.
- [3] DOLEŽAL, Luboš. *Dotkněte se RFID: Úvod do technologie*. [online]. s. 18 [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: <http://www.rfid-epc.cz/download/prezen/RFIDWorkingGroup-UvodDoTechnologie.pdf>
- [4] HEROUT, Pavel. *Učebnice jazyka C - 1. díl*. 6. vyd. České Budějovice: Kopp, 2009. ISBN 978-80-7232-383-8.
- [5] HEROUT, Pavel. *Učebnice jazyka C - 2. díl*. 4. vyd. České Budějovice: Kopp, 2008. ISBN 978-80-7232-367-8.
- [6] MCU.CZ. *Začínáme s STM32VL Discovery* [online]. 2010, 09.12.2010 [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: <http://mcu.cz/comment-n2258.html>
- [7] HW.CZ. *HW server představuje: Sériová linka RS-232* [online]. 2005, 12.12.2005 [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/rozhrani/hw-server-predstavuje-seriova-linka-rs-232.html>



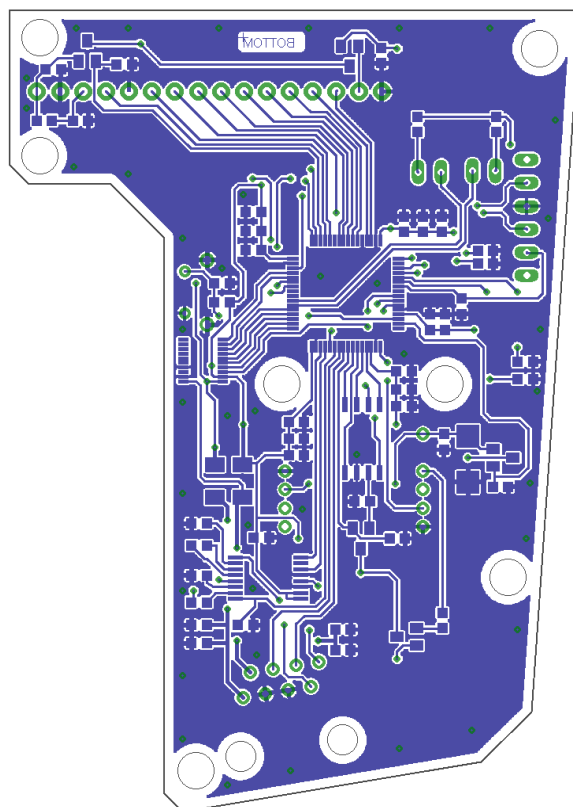
# Příloha A: Elektrické schéma startovací pistole



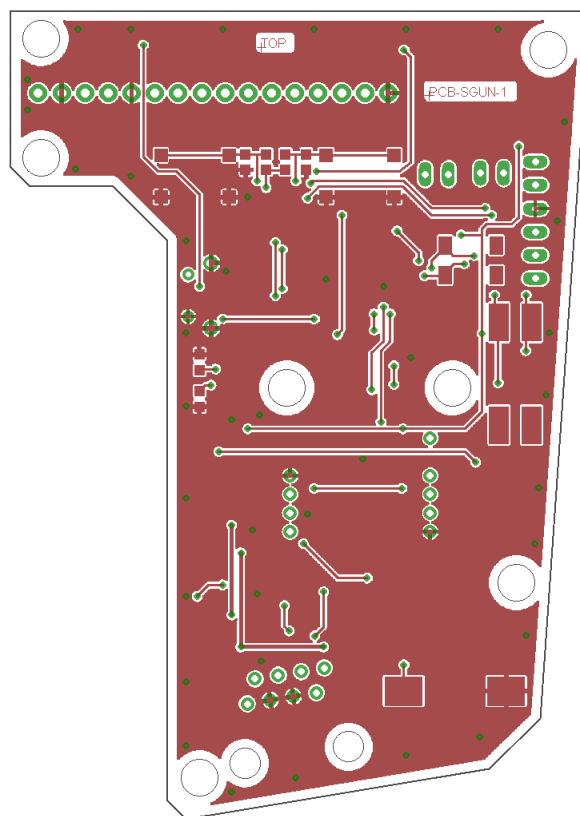
Obrázek 33: Schéma startovací pistole 1. část



## Příloha B: Deska plošných spojů

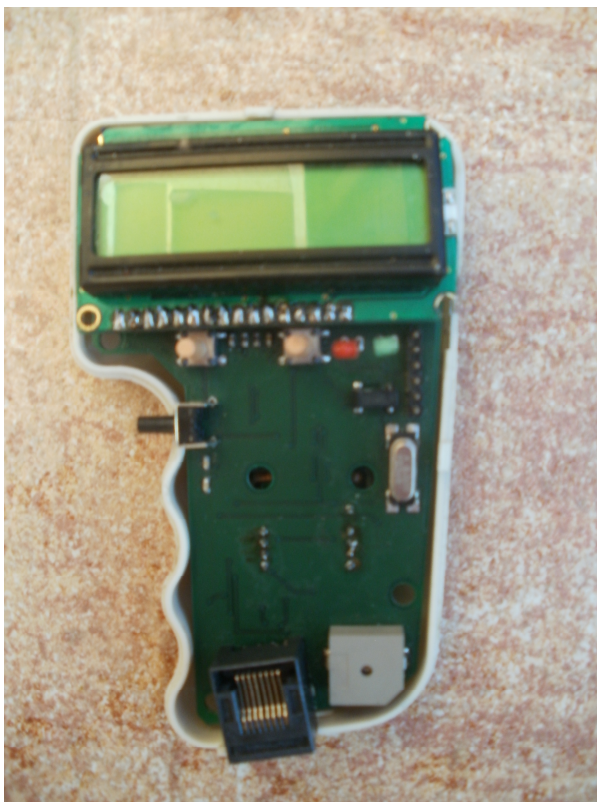


Obrázek 35: DPS strana bottom



Obrázek 36: DPS strana top

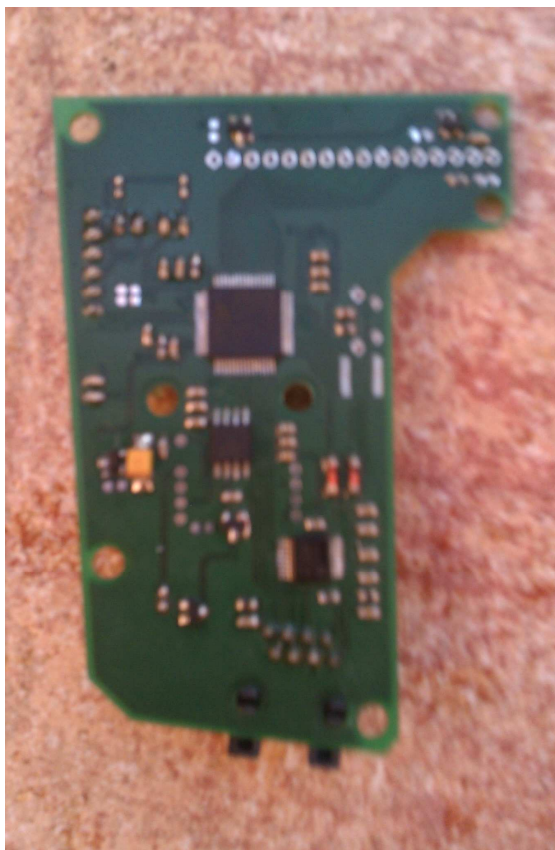
## Příloha C: Fotografie startovací pistole



Obrázek 37: Startovací pistole pohled zepředu



Obrázek 38: Startovací pistole pohled zespodu



**Obrázek 39: Startovací pistole nedoosazená deska**



**Obrázek 40: Startovací pistole kompletní zařízení**

## Příloha D - Fotografie ze závodu



Obrázek 41: Start kayakcrossu



Obrázek 42: Start kayakcrossu



Obrázek 43: Cíl sprintu



Obrázek 44: Cíl kayakross