VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKACNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

PŘENOSNÁ UNIVERSALNÍ ČASOMÍRA PRO SPORT

UNIVERSAL TIMEKEEPER FOR SPORT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE RÓBERT JACKO
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE ING. ONDŘEJ PAVELKA
SUPERVISOR

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technológií

Ústav telekomunikací

Bakalářská práce

bakalářsky studijní obor

Teleinformatika

Student: Róbert Jacko ***ID:*** 115189

Ročník: 3 ***Akademický rok:*** 2010/2011

NÁZEV TÉMATU:

Přenosná universalní časomíra pro sport

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte koncept a realizujte funkční vzorek universální časomíry pro ruzné sporty - běh, kolo, lyžování. Podmínkou je bezdrátové spojení startu a cíle s časoměrným zařízením, které však muže být součástí buď startu, nebo cíle. Využívejte dostupné bezdrátové technologie, mikrokontroléry Atmel a programovací jazyk C.

DOPORUČENÁ LITERATÚRA:

[1] Mann, B. : C pro mikrokontroléry, BEN, 2003. ISBN 80-7300-077-6.

Termín zadání: 7.2.2011 ***Termín odevzdání:*** 2.6.2011

Vedoucí práce: Ing. Ondřej Pavelka

prof. Ing. Kamil Vrba, CSc.

Predseda oborové rady

UPOZORNÉNÍ:

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

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci na téma **Přenosná universalní casomíra pro sport** jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrální práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne ....

podpis autora

ABSTRAKT

Bakalárska práca s názvom „Univerzálna časomiera pre šport“ sa zaoberá problematikou merania času na športových podujatiach. V práci je zahrnutý prehľad vývinu časomernej techniky, praxou stanovené požiadavky na časomerné systémy, porovnanie komerčne dostupných systémov a samotný návrh. Návrh je rozčlenený do niekoľkých častí. Pomocou blokových schém je znázornená principiálna koncepcia navrhnutého systému, ktorého činnosť je postupne vysvetľovaná. Na základe navrhnutého konceptu bol zhotovený prototyp obsahujúci nevyhnutné bloky. V práci je podrobne rozobraná každá časť návrhu prototypu a s popisom funkcií.

KĽÚČOVÉ SLOVÁ

AVR, mikrokontrolér, displej, meranie času, RS232

ABSTRACT

Semestral thesis entitled „Universal timekeeping system for sport“ deals with issue of time measurement at sporting events. At this thesis is included basic overview of timekeeping solutions, practically set requirements for timekeeping, comparison of few commercially available time measurement systems and proposal itself. The proposal is divided into few parts. Designed solution is shown by block schemes and functionality of each used block is explained at own part. At first is shown how entire system works then each part of measuring system is explained closely. Based on proposal was constructed prototype of system. Prototype consists of nessesary parts. This thesis deals with design of all parts and describes its functionality.

KEYWORDS

AVR, microcontroller, display, timekeeping, RS232

Obsah

ÚVOD 7
História 8
1 POŽIADAVKY NA ČASOMERNÝ SYSTÉM 9
1.1 Univerzálnosť 9
1.2 Presnosť 9
1.2 Jednoznačnosť 9
1.3 Mobilita 9
2 ANALÝZA TRHU 10
2.1 SPORTident 10
2.1.1 Základná charakteristika 10
2.1.2 Popis činnosti 10
2.1.3 Ilustračné fotografie 11
2.2 IPICO SPORTS 12
2.2.1 Základná charakteristika 12
2.2.2 Popis činnosti 12
2.2.3 Ilustračné fotografie 13
3 NÁVRH KONCEPCIE 14
3.1 Jednotka MASTER 16
3.2 Jednotka SLAVE 18
3.3 Komunikácia 20
3.3.1 Synchronizačný paket 20
3.3.2 Žiadosť o dáta 21
3.3.3 Dátový paket 22
3.4 Detekčné prvky 24
3.4.1 Akustický senzor 24
3.4.2 Optická brána 25
3.4.3 Mechanické snímače 25
4 PRAKTICKÁ REALIZÁCIA 26
4.1 Výber komponentov 26
4.1.1 Komponenty jednotky MASTER 26
4.1.2 Komponenty jednotky SLAVE 28

4.1.3 Komponenty radiča segmentového LED displeja 28
4.2 Blokový návrh 29
4.3 Schémy a návrh DPS 30
4.3.1 Návrh jednotky MASTER 30
4.3.2 Návrh radiča segmentového displeja 32
4.3.3 Návrh komunikačného modulu 36
4.3.4 Návrh jednotky SLAVE 36
4.4 Programové vybavenie blokov 38
4.4.1 Riadiaci program radiča segmentového displeja 38
4.4.2 Riadiaci program jednotky MASTER 40
ZÁVER 43
Jednotky, výrazy a skratky 44
Použité zdroje 45

ÚVOD

Táto práca je venovaná problematike merania času športových podujatí. Je členená celkovo do štyroch hlavných častí. V prvej časti boli definované požiadavky na časomerný systém, ktoré vychádzajú z reálnych potrieb konkrétnych športov a fyziológie človeka. V ďalšej časti sa práca venuje komerčne dostupným časomerným systémom. Táto časť obsahuje opis vlastností a technológii konkrétneho produktu. Zahrnuté je aj elementárne porovnávanie vlastností týchto systémov. Nasleduje časť obsahujúca blokový návrh konceptu s vysvetlením jeho funkcionality. Postupne sa práca venuje princípom činnosti jednotlivých blokov, možnostiam konfigurácie a periférií am. V samostatnej časti sa práca zaoberá spôsobom komunikácie hlavných blokov systému a sú definované presné pravidlá tejto komunikácie. V poslednej časti sa práca venuje praktickej realizácii prototypu, návrhu zapojení, návrhu DPS a programovému vybaveniu jednotlivých blokov.

História

Meranie času športových podujatí prešlo v minulom storočí ohromnými zmenami. Na Olympijských hrách v roku 1912 boli na meranie času použité manuálne ovládané mechanické stopky s rozlišovacou schopnosťou 0,2 sekundy. Od roku 1932 boli stopky schopné rozlíšiť 0,1 sekundy. Napriek tomu, že stopky mali vyššiu rozlišovaciu schopnosť, boli naďalej závislé na reakčnom čase človeka, ktorý ich ovládal. Reakčný čas je doba medzi mozgom detekovaným stimulom a odozvou na tento podnet. Na základe testov bol najkratší možný reakčný čas určený na 0,11 sekundy. To znamená, že manuálne ovládané stopky s rozlíšením 0,1 sekundy mali absolútnu chybu minimálne 0,2 sekundy. To zodpovedá pri behu na 100 metrov chybe 2 metre. Od roku 1964 sa začal používať elektronický merací systém Quartz. Ten zvýšil presnosť merania času na 0,01 sekundy. Toto časové rozlíšenie je v súčasnosti požadované pravidlami. Systém Quartz je riadený konštantnými kmitmi kryštálu. Tieto zariadenia boli veľmi presné a nemala na nich vplyv zmena teploty či polohy ako to bolo u mechanických systémov. Dnešné systémy využívajúce riadenie počítačom pracujú s presnosťou presahujúcu 0,001 sekundy. V roku 1991 bol definitívne odstránený ľudský faktor spôsobujúci chyby určenia času. Na štarte sa začalo požívať zariadenie (prevodník) ktoré okamžite prevádzalo akustický signál ktorý odštartoval pretekára na elektrický riadiaci signál privedený do meracieho systému. Vďaka tomu pribudla možnosť presného určenia chybného štartu (false start). Štart bol určený za chybný, ak doba od štartovacieho impulzu do skutočného vyštartovania pretekára (opustenie štartovacej rampy/brány) bola kratšia ako 0,11 sekundy. Na základe určenej minimálnej možnej reakčnej doby človeka by to znamenalo, že pretekár vyštartoval ešte pred tým, ako jeho mozog zaregistroval podnet na štart. V priemere je reakčná doba jedinca 160ms na akustický a 190ms na vizuálny podnet. Na cieľovej čiare sa začali používať optické brány, kde bol čas určený v momente prerušenia infračerveného lúča. Postupne bol tento systém doplnený o vysokorýchlostnú kameru (3000 fps). Optickou bránou je tak určený orientačný čas, ktorý je okamžite zobrazený na displejoch pre divákov a oficiálny čas je následne určený vyhodnotením záznamu z kamery.

1 POŽIADAVKY NA ČASOMERNÝ SYSTÉM

1.1 Univerzálnosť

Jednotlivé športy v závislosti od svojho charakteru majú vlastné špecifiká merania času. Môže sa vyžadovať meranie medzičasov, paralelné meranie časov pretekárov, meranie času a počtu kôl, hromadný štart, štart v časových rozstupoch a podobne. Rozdiely sú aj v spôsoboch určenia momentov merania času. Môže byť použitý akustický senzor (štartovacia pištoľ), štartovací blok/rampa, optická brána, mechanická brána, aktívna RFID brána, prípadne vhodné kombinácie niektorých z možností. Cieľom univerzálneho časomerného systému je možnosť konfigurácie, aby vždy boli v maximálnej možnej miere splnené požiadavky konkrétneho športu. Takáto univerzálnosť sa vyžaduje z praktických, ale aj ekonomických dôvodov.

1.2 Presnosť

Meranie času je vo väčšine športových disciplín hlavným objektívnym meradlom výkonu. V praxi je bežné, že športovci dosahujú veľmi vyrovnané výkony, pri ktorých rozhodujú malé rozdiely v nameraných výsledkoch. Z toho dôvodu je nutné, aby merací systém mal minimálne odozvy a pracoval v čo najvyššom rozlíšení časových jednotiek. Preto bola stanovená minimálna presnosť merania času na 0,01 sekundy.

1.2 Jednoznačnosť

Hlavne pri meraní časov viacerým pretekárom súčasne je dôležité ich správne priradenie jednotlivcovi. Pri meraní medzičasov je nutné ich správne pridelenie jednotlivým etapám.

1.3 Mobilita

Pri použití v teréne je podstatná hmotnosť a rozmery systému. Z praktických dôvodov vyplýva nutnosť bezdrôtového spojenia hlavných častí systému, batériové napájania a dostatočná konštrukčná odolnosť voči okolitým podmienkam. Dôležitým parametrom je široký rozsah pracovných teplôt.

2 ANALÝZA TRHU

2.1 SPORTident

2.1.1 Základná charakteristika

SPORTident ponúka časomerný systém určený na vyhodnocovanie výsledkov voľno časových športových aktivít ako napríklad orientačný beh, horská cyklistika, cezpoľný beh, maratónsky beh, triatlon, rádiový orientačný beh. Rovnako dobre je tento merací systém použiteľný pri bežnej turistike a podobných aktivitách ako napríklad nordic walking. Systém umožňuje identifikáciu pretekára a meranie medzičasov.

2.1.2 Popis činnosti

Každý pretekár je vybavený identifikačným SI čipom. Ide o pasívny RFID čip s internou pamäťou do ktorej sa ukladajú záznamy o časoch a staniciach kde bol čas zaznamenaný. Pre správnu funkčnosť musí byť tento čip naformátovaný v SI jednotke master. SI jednotkou master sa pred pretekom zosynchronizujú interné hodiny všetkých SI jednotiek ktoré budú rozmiestnené na trati. Tým sa zabezpečí objektívnosť časových záznamov. Komunikácia pasívneho SI čipu s SI jednotkou prebieha vložením anténnej časti čipu do SI jednotky kde je integrovaná ďalšia anténa. Na cievke SI čipu sa naindukuje napätie potrebné na nabitie kondenzátora, ktorý zabezpečí dostatok energie potrebnej na záznam informácie o čase a ID konkrétnej SI jednotky do pamäte. Takto sa vytvára tabuľka záznamov o časoch dosiahnutých na jednotlivých staniciach. Ich vyhodnotením sa jednoducho určí výsledný čas a všetky medzičasy. Každý účastník si počas preteku vytvorí rovnakú tabuľku záznamov vo vlastnom čipe, preto je pridelenie výsledkov a ich porovnanie jednoznačné. V disciplínach kde priami kontakt čipu a jednotky nie je možný, respektíve sa nevyžaduje je možné použiť aktívny SI čip obsahujúci batériu. Takto je možný bezkontaktný záznam údajov do čipu. Vzdialenosť na akú je možné záznam vytvoriť je regulovateľná v rozsahu niekoľkých metrov až po priami kontakt.

2.1.3 Ilustračné fotografie

Zobrazenie spôsobu používania čipov SPORTIdent.

Na prste je upevnený pasívny čip. Jeho zúžená časť sa vkladá do kontrolnej jednotky ktorá do čipu zaznamená čas a ID jednotky. Na zápästí je upevnený aktívny čip. Záznam je bezkontaktný a je možné definovať minimálnu vzdialenosť od jednotky aby k záznamu

Obr. 2.1.3.1

Kontrolná jednotka. Má vlastné batériové napájanie a interné hodiny. Po vložení SI čipu v ňom vytvorí záznam o čase a ID kontrolného bodu.

Obr. 2.1.3.2

Jednotka MASTER. Interné hodiny tejto jednotky sú referenčným časom pre synchronizáciu ostatných kontrolných jednotiek. Jednotka Master slúži na spravovanie SI čipov. Pred pretekom vymaže staré dáta a po skončení preteku umožňuje načítanie tabuľky záznamov z čipu ktoré sa následne vyhodnocujú.

Obr. 2.1.3.3

2.2 IPICO SPORTS

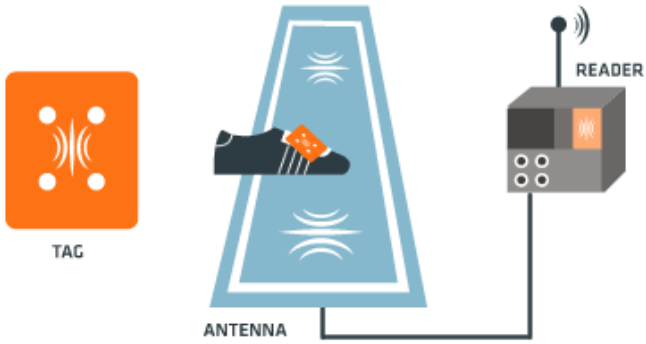
2.2.1 Základná charakteristika

IPICO Sports navrhuje a vyrába časomerné systémy pre rôzne športové disciplíny kde je potrebné meranie času veľkému počtu účastníkov naraz. Na identifikáciu pretekárov využíva technológiu RFID.

2.2.2 Popis činnosti

Podobne ako systém SPORTident je každý pretekár vybavený RFID čipom. V tomto prípade ide o pasívne RFID tagy neobsahujúce pamäť. Jedná sa o podobné čipy ako používajú obchodné reťazce na kontrolu tovaru. Ich výhodou je jednoduchosť a nízka cena. IPICO identifikačný tag obsahuje anténu na ktorej sa pri prechode meracieho úseku naindukuje napätie a nabije sa kondenzátor. Kondenzátor následne slúži ako zdroj energie pre obvod ktorý vyšle 64 bitové ID. RFID tag sa nabíja v poli elektromagnetického signálu s frekvenciou 125 kHz a dátový prenos je namodulovaný na frekvencii 6,8 MHz. Nízkou frekvenciou je možné nabíjanie na väčšie vzdialenosti a dátový prenos na vysokej nosnej frekvencii je rýchly. Dátový prenos na vysokej frekvencii zároveň poskytuje dostatočnú šírku pásma na súbežné spracovanie viacerých tagov. Tagy a čítače využívajú platformu IP-X a používajú proti kolízny prenosový protokol. To umožňuje bez rušenia kooperáciu viacerých čítačov a je možné spracovať dáta až zo 120 tagov v jednom momente. Čítače majú internú flash pamäť so záložnou batériou. Kapacita pamäte umožňuje uchovať až 400. 000 záznamov. Na rozdiel od systému SPORTIdent sa tabuľka záznamov neukladá v čipe ktorý má pretekár so sebou, ale záznamy ID pretekára a jeho čase vytvára a ukladá čítač. Čítače sú pre komunikáciu vybavené eternetovým portom RJ-45. Voliteľne môžu byť doplnené o wifi, alebo RS 485. Všetky čítače je tak možné pripojiť k centrálnemu PC kde sa zozbierané dáta kompletizujú a vyhodnocujú. Nevýhodou týchto zariadení sú ich rozmery a hmotnosť (vo verzii Lite 10kg). Oproti kontrolným jednotkám SPORTIdent ktoré v závislosti od modelu vážia 60 – 210g je mobilita týchto čítačov podstatne horšia. Podstatnou výhodou je schopnosť vytvorenia záznamu viacerým pretekárom naraz a nízka cena jednoduchých RFID tagov. Tieto výhody predurčujú tento systém na využitie na podujatiach s veľkým počtom pretekárov (napr. maratóny kde sa môže zúčastniť aj niekoľko tisíc pretekárov).

2.2.3 Ilustračné fotografie



Obr. 2.2.3.1 Znázornenie princípu činnosti systému

Obr. 2.2.3.2 Fotografia prenosnej časomernej jednotky

Ďalšie spoločnosti figurujúce na trhu merania času:

ALGE Timing – dodávateľ širokej škály príslušenstva, senzorov, displejov a pod.

Indigo Systems – produkt podobný ako od IPICO, využíva GSM dátové prenosy

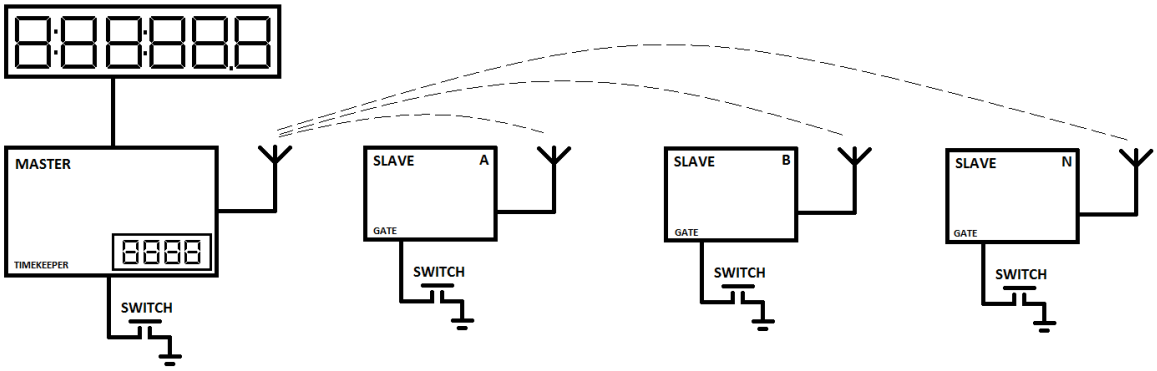
MY Laps – ponúka systém založený na RFID, GPS tracking, plánovanie udalostí a pod.

RFID Timing – Austrálska spol. ponúkajúca podoby systém ako IPICO založený na RFID

Sport Soft – Česká spol. využívajúca technológie GPS, RFID a zariadenia ALGE TIMING

3 NÁVRH KONCEPCIE

Pri návrhu vlastnej koncepcie časomerného systému bola prioritná jeho jednoduchá modifikovateľnosť a prispôsobivosť najrôznejším požiadavkám jednotlivých športov. Výsledkom je systém znázornený na obrázku 3.1.



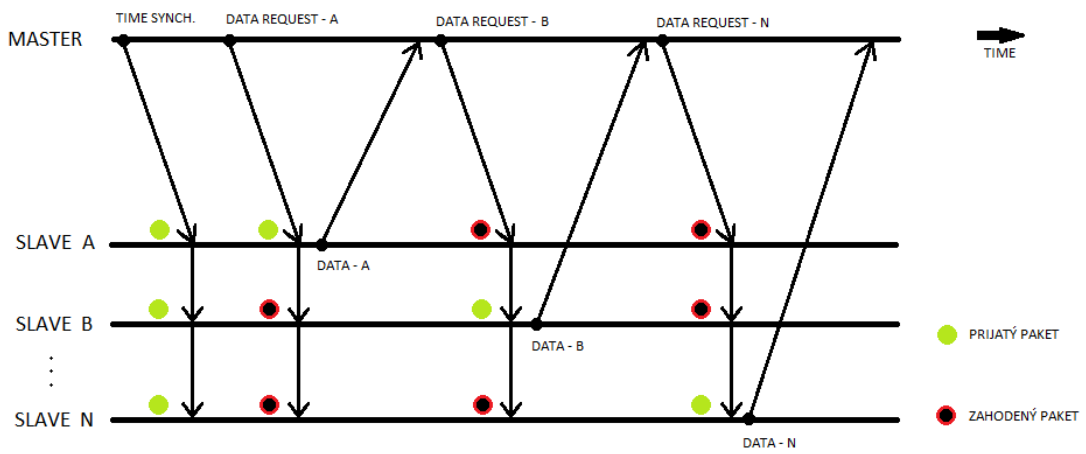
Obr. 3.1 Bloková schéma systému

Základnou časťou systému je hlavná časomerná jednotka MASTER. Hlavná jednotka obsahuje referenčný zdroj času. Ten pracuje so základným taktom 1kHz. Týmto taktom je inkrementovaný register. Aktuálna číselná hodnota tohto registra vyjadruje čas v milisekundách. Z toho vyplýva základný parameter časomerného systému – časové rozlíšenie. Systém rozlišuje 0,001 sekundy čo značne prevyšuje obvykle vyžadovanú presnosť na 1/100 sekundy. Počas celého procesu merania času sa pracuje s časom vyjadreným absolútnou hodnotou v milisekundách. Na hodinový a minútový formát sa prevádza až po vyhodnotení výsledkov. Pred pretekom sa vynuluje časový register a v momente štartu sa začne v milisekundových intervaloch jeho hodnota inkrementovať.

Aby bol systém prakticky použiteľný obsahuje ďalšie dôležité súčasti. Na určenie výsledného času je potrebné v cieli umiestniť kontrolný bod, ktorý zastaví meranie času. Z praktických dôvodov je vhodné aby tento kontrolný bod bol s jednotkou MASTER spojený bezdrôtovo. (Konkrétne riešenie bezdrôtového spojenia je mimo rozsah tejto práce, preto sa mu budem venovať len z principiálneho pohľadu na spôsob riešenia. V praktickej časti ktorá bude realizovaná v letnom semestri bude toto spojenie nahradené sériovou linkou RS 232 ktorej sa tu rovnako ako u bezdrôtového spojenia nebudem

venovať. Princíp komunikácie je u oboch spôsoboch typoch spojenia rovnaký a preto mu je venovaná samostatná kapitola.) Kontrolné body môžu byť rozmiestnené na trati a vznikne tak možnosť vytvorenia etáp s meraním medzičasov, paralelných tratí a podobne.

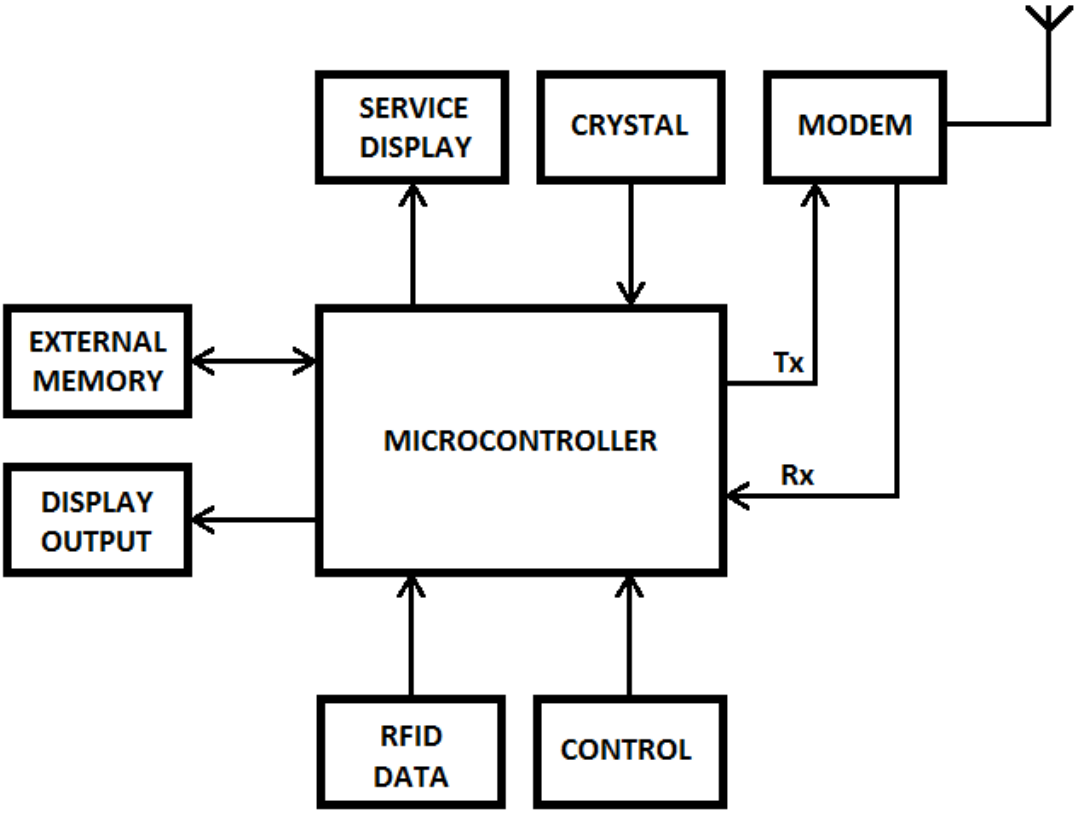
Kontrolná jednotka SLAVE má rovnako ako jednotka MASTER interné hodiny s rozlíšením 0,001 s. Pre presné a objektívne meranie je potrebné aby všetky jednotky SLAVE mali svoj interný čas zosynchronizovaný s internými hodinami jednotky MASTER. Synchronizácia prebieha u všetkých jednotiek naraz zaslaním paketu s aktuálnou číselnou hodnotou časového registra jednotky MASTER. Jednotky SLAVE nastavia vlastný časový register na túto hodnotu. Následne pokračujú v inkrementovaní registra v milisekundových intervaloch. Vďaka synchrónnym interným hodinám je možné vytvárať samostatné časové záznamy. Pri prechode pretekára kontrolným miestom je po jeho detekcii vytvorený záznam o aktuálnej hodnote časového registra na konkrétnej jednotke. Záznam sa ukladá do pamäte jednotky. Takto sa vytvoria záznamy o časoch v jednotkách SLAVE na jednotlivých úsekoch celej trate. Priebežne sú tieto dáta zhromažďované jednotkou MASTER. Aby na spojovacej linke nezačali komunikovať jednotky naraz ma právo začať komunikáciu iba jednotka MASTER. Hlavná jednotka postupne pošle výzvu k odoslaniu zozbieraných dát jednotlivým jednotkám SLAVE. Po tejto výzve ma daná jednotka práva k vysielaniu a odošle tabuľku nameraných časov. Celý princíp komunikácie je znázornený na diagrame dátového toku.



Obr. 3.2 Diagram dátového toku

3.1 Jednotka MASTER

Jednotka MASTER je centrálnym bodom celého systému. Táto jednotka spravuje všetky podradené jednotky SLAVE a zhromažďuje zozbierané dáta. Bloková schéma jednotky MASTER je zobrazená na obrázku 3.1.1.



Obr. 3.1.1 Bloková schéma jednotky MASTER

Základ jednotky MASTER je tvorený mikrokontrolérom ku ktorému sú pripojené periférie: generátor kmitov, servisný displej, informačný displej, pamäťové médium, dátový vstup pre RFID čítač, ovládacie tlačidlá a modem.

Pripojený oscilátor s použitím vhodnej deličky kmitočtu generuje milisekundové impulzy. Týmito impulzmi je riadené inkrementovanie registra vyjadrujúceho hodnotu času.

Servisný displej malých rozmerov je pevnou súčasťou celku. Jeho úlohou je poskytnúť informácie potrebné pre obsluhu systému a asistovať pri jeho konfigurácii.

Informácie o čase pre publikum sú zobrazované na externom displeji voliteľne pripojiteľnom sériovou dátovou linkou. Externý displej má vlastné riadenie ktoré prevádza sériovú postupnosť bitov na dekadický tvar zobrazovaný v hodinovom formáte.

Jednotka komunikuje s ostatnými zariadeniami v systéme pomocou sériového rozhrania. Komunikačnou linkou je realizovaná synchronizácia hodín všetkých staníc a dátový prenos časových záznamov na meraných úsekoch. Spojenie môže byť jednoducho realizované trojvodičovým prepojením (Rx, Tx, GND), alebo rádiovo s použitím vhodnej modulácie a rádiového modulu. Prvá možnosť ponúka fullduplexný prenos. No pri rádiovom spojení je k dispozícii len jeden kanál. Z toho vyplýva halfduplexná komunikácia. Z praktických dôvodov je vhodné realizovať bezdrôtové spojenie v meracom systéme a tento typ prenosu vyžaduje iné riadenie prenosu aby nenastával jamming. Návrh komunikačného systému je prispôsobený halfduplexnému prenosu a bude realizovaný dvojicou vodičov (Rx+Tx, GND). Spôsob komunikácie tak bude totožný s rádiovou spojením. Rozdiel je len v jednoduchom použití metalického média ktoré nevyžaduje modem. Komunikácia typu MASTER – SLAVE sa riadi jednoduchým pravidlom. Právo vysielať ma výhradne jednotka MASTER. Ak MASTER požaduje dáta od niektorej jednotky SLAVE zasiela danej jednotke výzvu v ktorej ju o zaslanie dát požiada. Na komunikačný kanál sú pripojené všetky jednotky. Aby bolo jednoznačné koho sa výzva týka je každému prvku v tejto sieti pridelená unikátna adresa ktorá je súčasťou výzvy. Všetky jednotky túto výzvu príjmu a jej adresnú časť porovnajú so svojou. V prípade zhody dostáva jednotka SLAVE práva k vysielaniu, ostatné jednotky výzvu zahadzujú ako neplatnú. Rovnako ignorujú dáta vysielané jednotkou SLAVE ktoré sú adresované stanici MASTER. Na základe tohto základného princípu sú aj pomenované meracie jednotky.

Časť CONTROL predstavuje skupinu ovládacích prvkov slúžiacich k riadeniu a konfigurácii zariadenia. Hlavným ovládacím prvkom je spínač poukazujúci na zmenu, ktorá predstavuje meraný moment. Impulz tohto ovládacieho prvku môže byť realizovaný viacerými spôsobmi ktoré budú popísané v samostatnej časti. V princípe ide o jednoduchú zmenu logického stavu. Táto zmena môže byť použitá na spustenie merania, na jeho zastavenie alebo na vytvorenie záznamu o čase v tomto momente. Konkrétne

riešenie, usporiadanie a počet ďalších ovládacích prvkov bude spracované v praktickej časti bakalárskej práce.

Voliteľne môže byť k jednotke pripojený RFID čítač identifikačných tagov. Načítané ID sa priradí časovému záznamu. Po zozbieraní dát zo všetkých meraných úsekov sa na základe ID z RFID tagu vytvorí tabuľka časov z meraných úsekov ktorá je jednoznačne priradená konkrétnemu pretekárovi.

K centrálnej jednotke je pre možnosť uchovávania nameraných dát a ich export do PC pripojené pamäťové médium. Do tejto pamäte sa formou textového súboru ukladajú časové záznamy zozbierané zo všetkých jednotiek v systéme. Záznam na bežne používane médium ako napr. SD karta výrazne zjednoduší export dát do PC. Odpadá tak nutnosť návrhu vhodného komunikačného rozhrania a inštalácie jeho softvérového riadenia v PC.

3.2 Jednotka SLAVE

Jednotka SLAVE je oproti jednotke MASTER o niečo jednoduchšia. Niektoré prvky ktoré nevyhnutne potrebné pre merací systém a sú obsiahnuté jednotkou MASTER nie je nutné z finančných a praktických dôvodov realizovať na podriadených jednotkách SLAVE. Usporiadanie potrebných blokov je zobrazené na nasledujúcom obrázku.

Obr. 3.2.1

Hlavnou časťou je rovnako ako u jednotky MASTER mikrokontrolér zabezpečujúci riadenie. Na ten sú oproti mikrokontroléru použitého v jednotke MASTER značne menšie nároky. To ma z pravidla za následok jeho nižšiu cenu. Postačuje menší počet vstupov

a výstupov, nepotrebuje prístup k pamäťovému médiu ani výstup na displej nie je prioritnou potrebou.

Hodiny musia byť kvôli objektívnosti realizované rovnakým spôsobom ako v jednotke MASTER a sú riadené rovnakým oscilátorom.

Komunikácia je riešená rovnako ako na jednotke MATER z dôvodu absolútnej kompatibility. Aj jednotka SLAVE komunikuje sériovou linkou ktorú vytvorí rádiový komunikačný kanál. Ten bude pre zjednodušenie nahradený dvojvodičovým spojením (Rx+Tx, GND). Princíp komunikácie ostáva nezmenený, len odpadá nutnosť použitia modemu a rádiového modulu.

Ovládacia časť je oproti jednotke MASTER menej náročná keďže jednotka SLAVE nepotrebuje žiadnu konfiguráciu. Z princípu je potrebný len vstup spínača ktorého zmena logickej úrovne indikuje moment pre vytvorenie záznamu času.

RFID čítač voliteľne môže byť pripojený k jednotke v prípade že sa meranom úseku vyžaduje zaznamenať aj ID pretekára. V opačnom prípade bude vytvorený časový záznam s prázdnym ID pretekára.

3.3 Komunikácia

Táto časť je venovaná jednotlivým formátom paketov, ktoré sa v komunikačnom procese budú vyskytovať.

3.3.1 Synchronizačný paket

Tento paket zabezpečuje zosynchronizovanie interných hodín všetkých zariadení. Vysiela ho jednotka MASTER pred začiatkom merania času systémom. Paket pozostáva z jednotlivých častí ktoré sú usporiadané podľa znázornenia na obrázku č. 3.3.1.1.

<table>
<tr><td colspan="2">START BIT</td><td>BROADCAST ADDRESS</td></tr>
<tr><td>SYNCH. TIME ID</td><td colspan="2" rowspan="2">TIME</td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">CRC</td><td>STOP BIT</td></tr>
</table>

Obr.3.3.1.1 Formát synchronizačného paketu

Keďže sa jedná o komunikáciu na sériovej linke je potrebné pred vysielaním dát vyslať postupnosť bitov, ktoré zahajujú komunikačný proces. Je to špecifická postupnosť 8 bitov (blok START BIT).

Ďalší blok je adresných 8 bitov. Jedna adresa pripadá jednotke MASTER (00h) jedna je univerzálna ktorá poukazuje na všetky jednotky SLAVE. Táto adresa sa nazýva aj BROADCAST (FFh). Zvyšné adresy je možné priradiť jednotlivým jednotkám SLAVE.

Ďalšia časť obsahuje samotnú informáciu o čase. Túto informáciu predstavuje 32 bitov rozdelených na dve časti 5 + 27 bitov. 5 bitová časť predstavuje TIME ID. Toto ID predstavuje informáciu o aký čas sa jedná a slúži na rozpoznanie jednotlivých záznamov z trate pri spracovaní výsledkov. Z tohto parametru vyplýva aj maximálny počet meraných úsekov na trati. 5 bitov umožňuje definovať 32 jedinečných ID. Z toho dva sú už preddefinované. ID momentu štartu je *0* a ID označujúce synchronizáciu je *32*. Ostatných 30 ID je priradených jednotlivým meraným úsekom. Informácia o konkrétnom čase je obsiahnutá v 27 bitovom bloku. Tým že sú interné hodiny riadené vhodným oscilátorom, ktorého výstupom sú milisekundové kmity je čas jednoducho vyjadrený číslom v milisekundách. Z 27 bitového vyjadrenia času vyplýva ďalší parameter systému a to je

maximálny namerateľný čas. 27 bitov v dekadickom vyjadrení predstavuje 134 217 728. Toto je maximálna hodnota času v milisekundách, ktorú je systém v tejto podobe schopný zmerať. Tento čas vyjadrený v hodinovom formáte znemená merací rozsah jednu milisekundu až 1 deň, 13 hodín, 16 minút a 58 sekúnd.

Na konci za informáciou o čase sa nachádza 8 bitové CRC ktoré slúži na kontrolu správnosti prenesených dát. CRC je kontrolný súčet, ktorý sa vypočítava z dátovej časti paketu. Vysielacia strana spraví tento výpočet pred odoslaním dát a výsledok pripojí za dátovú časť paketu. Prijímacia strana po prijatí celého paketu spraví rovnaký výpočet z dátovej časti tohto paketu. Výsledok tohto výpočtu porovná z údajom CRC, ktorý vysielacia strana pripojila za dáta. Ak sa výpočty zhodujú znamená to že dáta boli prenesené v poriadku. V opačnom prípade sa paket zahadzuje. Jednotka SLAVE v tomto prípade indikuje chybnú synchronizáciu ktorú obsluha systému následne zopakuje. Ak chybný paket prišiel od jednotky SLAVE tak jednotka MASTER po zahodení paketu opakovane tejto jednotke zašle výzvu na zaslanie dát. Ak chybný paket rozpoznala jednotka SLAVE tak čaká na nový. Za CRC sa pripája špecifická 8 bitová postupnosť označujúca koniec prenosu (STOP BIT).

3.3.2 Žiadosť o dáta

Tento paket vysiela jednotka MASTER konkrétnej jednotke SLAVE. Týmto paketom ju žiada o zaslanie zozbieraných dát a zároveň dostáva táto jednotka SLAVE právo k vysielaniu.

START BIT	SLAVE ADDRESS
REQUEST MARK	CRC
STOP BIT	

Obr. 3.3.2.1 Formát paketu typu žiadosť

Podobne ako synchronizačný paket aj tento začína špecifickou postupnosťou bitov zahajujúcich komunikačný proces.

Za inicializačným oktetom nasleduje adresná časť paketu. Na rozdiel od synchronizačného paketu kde, bola na tomto mieste univerzálna BROADCAST adresa sa

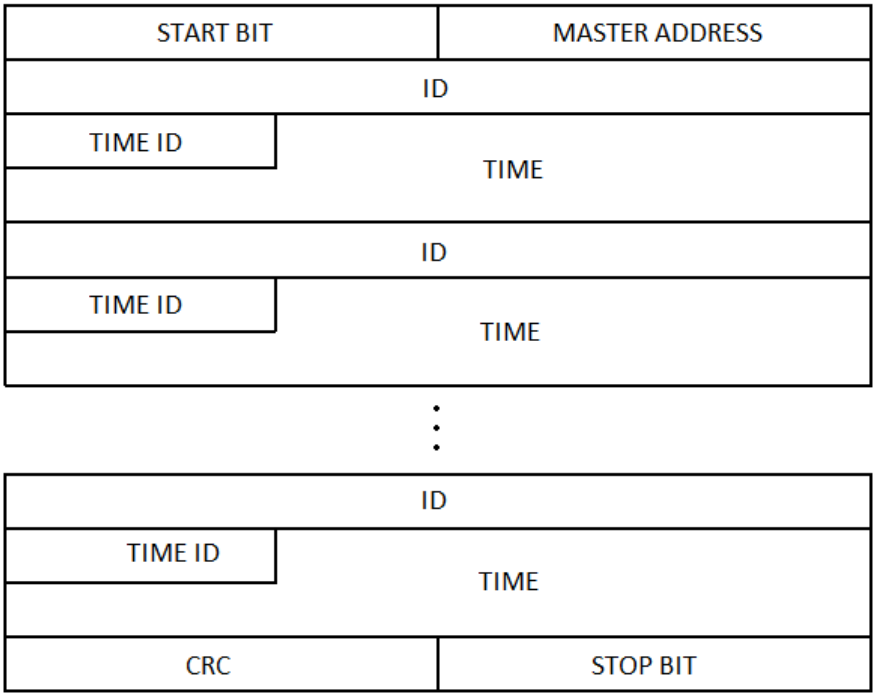
v tomto oktete nachádza adresa konkrétnej jednotky od ktorej sa dáta požadujú. Na sériovej linke, kde sú na jeden komunikačný kanál napojené všetky zariadenia, príjme tento paket každá jednotka. Po prijatí dochádza k porovnaniu adresy. Ak sa adresa jednotky zhoduje s adresou označenou v pakete, tak daná jednotka reaguje na výzvu a má právo vysielať. V opačnom prípade sa paket zahadzuje a na výzvu jednotka nereaguje.

Za adresou paket nesie ďalšiu postupnosť ôsmich bitov nesúcu označenie žiadosti. Je to značka ktorá pre jednotku SLAVE znamená povinnosť odpovedať na výzvu a zaslať zhromaždené dáta.

Na koniec paketu sa rovnako ako pri synchronizácii prikladá kontrolný súčet CRC. V prípade že jednotka označí na základe CRC paket za chybný je paket zahodený. V tomto prípade jednotka MASTER nedostane odpoveď na svoju výzvu. Po uplynutí preddefinovaného času, Jednotka MASTER túto výzvu opakuje. Koniec paketu označuje postupnosť bitov v oktete označenom ako STOP BIT.

3.3.3 Dátový paket

Tento paket zasiela jednotka SLAVE jednotke MASTER ako odpoveď na predchádzajúcu výzvu. Paket nesie tabuľku časových záznamov.



Obr. 3.3.3.1 Formát dátového paketu

Hlavička paketov je rovnaká. Za inicializačným oktetom sa nachádza adresná časť nesúca adresu jednotky MASTER

Za hlavičkou paketu sa už nachádza dátová časť nesúca jednotlivé záznamy. Každý záznam pozostáva z troch častí. Prvou je 16 bitové ID pretekára. Tento údaj definuje ďalší parameter systému – maximálny počet účastníkov. 16 bitové ID poskytuje priestor na 65 536 jedinečných identifikačných čísel ktoré je možné priradiť jednotlivým pretekárom. Ďalšia časť je časový údaj rozdelený na dve časti. Má rovnaký formát ako informácia o čase v synchronizačnom pakete. Prvých 5 bitov označuje TIME ID. Je to identifikačné číslo konkrétnej etapy na trati. Za označením času nasleduje 27 bitový údaj o samotnom čase. Touto formou dátový paket obsahuje postupnosť záznamov ktoré po ich prijatí jednotka MASTER triedi podľa ID a TIME ID

Na konci paketu sa pre kontrolu nachádza CRC a ukončenie komunikácie indikuje oktetom STOP BIT.

3.4 Detekčné prvky

Táto časť práce sa venuje detekčným prvkom systému, ktoré reagujú na podnet z trate a určujú moment, v ktorom má systém vytvoriť záznam o aktuálnom čase. Vzhľadom k charakterom jednotlivých športov boli vyvinuté detekčné prvky vhodné pre konkrétny šport a spôsob použitia. V princípe má každá forma týchto prvkov rovnakú úlohu. V prípade že pretekár dosiahol meraný úsek trate, tento prvok musí na tento podnet zareagovať a vygenerovať signál pre riadiacu časť jednotky ku ktorej je tento prvok pripojený. V prípade že sú bežné detekčné prvky bez ohľadu na konkrétnu formu použité s podporou RFID technológie vznikne veľmi sofistikovaný a efektívny systém. Technológia RFID je schopná detekovať tag na vzdialenosť v jednotkách metrov. Tento dosah vytvára myslený, niekoľko desiatok centimetrov až metrov široký merací úsek. V prípade, že by bol čas meraný v momente rozpoznania identifikačného tagu v tomto priestore by boli na mieste pochybnosti ohľadom objektivity tohto záznamu. Na presný moment kedy RFID čítač rozpozná v svojom dosahu vplýva viacero faktorov. Tento čas je ovplyvnený umiestnením, polohou a rýchlosťou pohybu tagu. Oveľa výhodnejšie je použiť kombináciu RFID systému, ktorý je schopný detekovať pretekára už na vzdialenosť niekoľkých metrov s detekčným prvkom ktorý rozpozná pretekárovu prítomnosť v konkrétnom mieste. RFID systém tak v krátkom časovom predstihu rozpozná pretekára a inicializuje meraciu jednotku. Následne na pretekára zareaguje aj použitý detekčný prvok, ktorý jednotke vygeneruje riadiaci impulz. Meracia jednotka tak vytvorí záznam o presnom čase pretekára s jeho jedinečným ID.

Jednotlivé formy detekčných prvkov:

3.4.1 Akustický senzor

Akustické senzory sa väčšinou používajú na generovanie štartovacích impulzov. Tento senzor reaguje na rovnaký zvukový podnet ako účastníci pretekov. Akustický senzor je realizovaný mikrofónom, ktorý sníma okolité zvuky. V momente ak intenzita zvuku (výstrel zo štartovacej pištole) dosiahne určitú hladinu je vygenerovaná logická úroveň, ktorá pre meraciu jednotku znamená podnet pre spustenie merania.

3.4.2 Optická brána

Optické brány sú často využívané pre svoju jednoduchosť a presnosť. Optická brána je realizovaná zdrojom svetelného lúča a svetlocitlivým snímačom. Vytvorenie optickej brány je možné jednoduchý umiestnením zdroja svetla na jednej strane trate a prijímačom umiestneným presne oproti zdroju. Priamo cez trať v tomto úseku svieti svetelný lúč. V momente keď pretekár dosiahne tento úsek trate, dôjde k prerušeniu tohto lúča. Na tento podnet okamžite zareaguje prijímač zmenou logickej úrovne, čo pre merací systém znamená moment vytvorenia záznamu o čase. Často sa ako zdroj používa infračervené svetlo. Hlavnou výhodou je odstránenie chýb spôsobených prítomnosťou denného svetla.

3.4.3 Mechanické snímače

Mechanický snímač je najjednoduchší spôsob ako generovať riadiaci impulz určujúci moment merania času. Túto formu využívajú prakticky všetky ručné stopky. Stlačením tlačidla (spínača) sa spustí či zastaví meranie. Mechanické spínače sú prispôsobené konkrétnym športom a majú rôzne formy. Bežné sú štartovacie rampy ktoré reagujú na uvoľnenie tlaku, ktorým na rampu pred štartom bežec pôsobí. Na mechanické zopnutie reagujú aj odrazové a dotykové bloky na bazénoch, štartovacie bránky lyžiarskych štartovacích boxov a podobne.

4 PRAKTICKÁ REALIZÁCIA

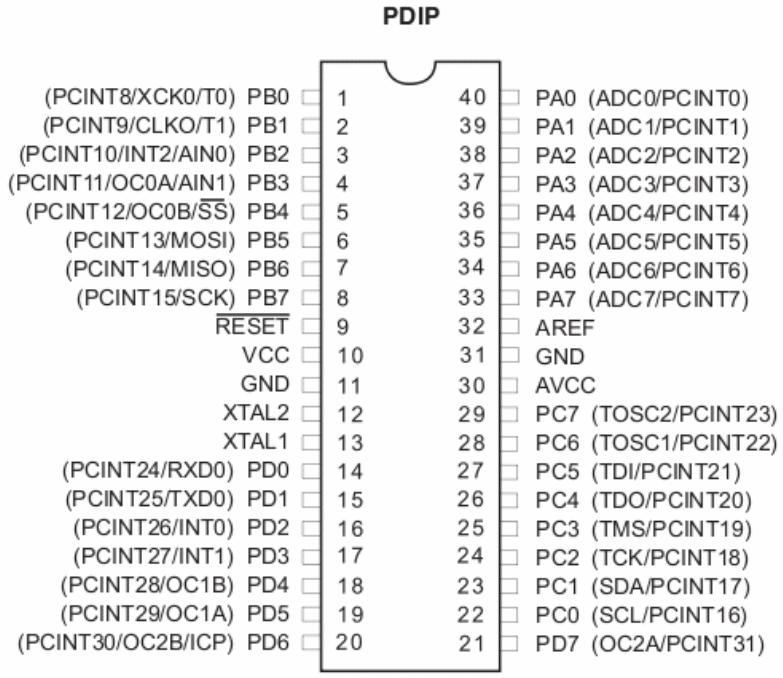
V semestrálnej časti projektu vznikol návrh konceptu časomerného systému. Na tento koncept nadväzuje jeho praktická realizácia. Tá pozostáva z výberu vhodných komponentov, návrhu jednotlivých blokov, návrhu a výroby plošných spojov, osadenia a oživenia potrebných zapojení. Po fyzickom zhotovení prototypu časomerného systému je na rade programová časť v ktorej vznikol riadiaci program nutný k chodu celého systému. Nasledujúce kapitoly budú pojednávať o jednotlivých bodoch praktického zhotovenia a ladenia tohto systému.

4.1 Výber komponentov

Zo zadania práce a z navrhnutého konceptu vyplynulo niekoľko kritérií na jednotlivé prvky z ktorých by mal celý tento systém pozostávať. Základom celého systému sa stala platforma AVR od firmy Atmel. Z konceptu sú zrejmé rôzne požiadavky na jednotky MASTER a SLAVE. Z toho dôvodu boli použité dva procesory – ATmega 644p a ATmega 168.

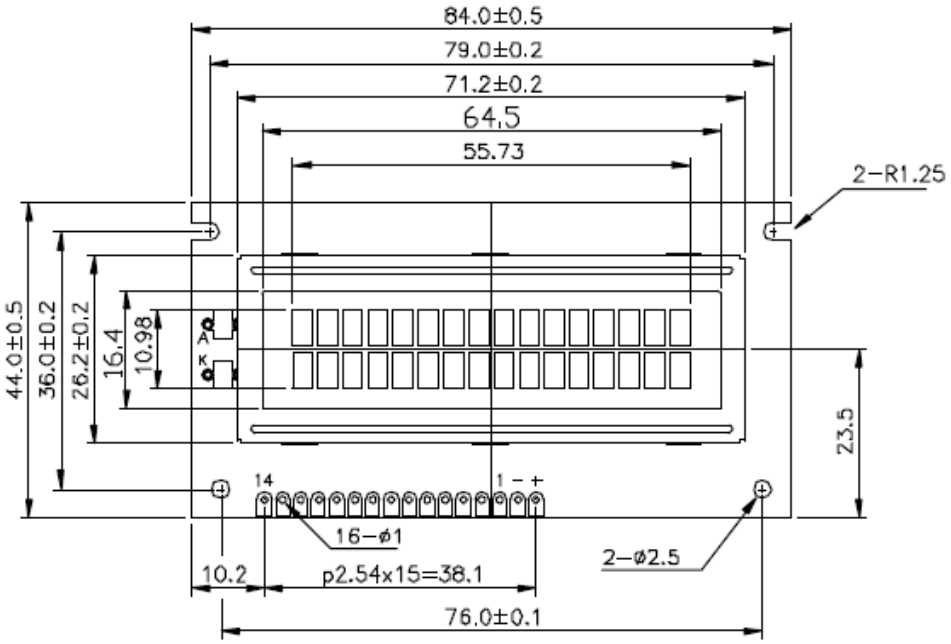
4.1.1 Komponenty jednotky MASTER

Základom jednotky MASTER sa stal už spomenutý mikrokontrolér ATmega 644p. Ide o 8bitový procesor s 64kB programovateľnou flash pamäťou, dvojicou rozhraní USART a štvoricou 8bit portov. Hlavným kritériom pre výber tohto procesora bol hlavne potrebný počet portov a dve sériové rozhrania.



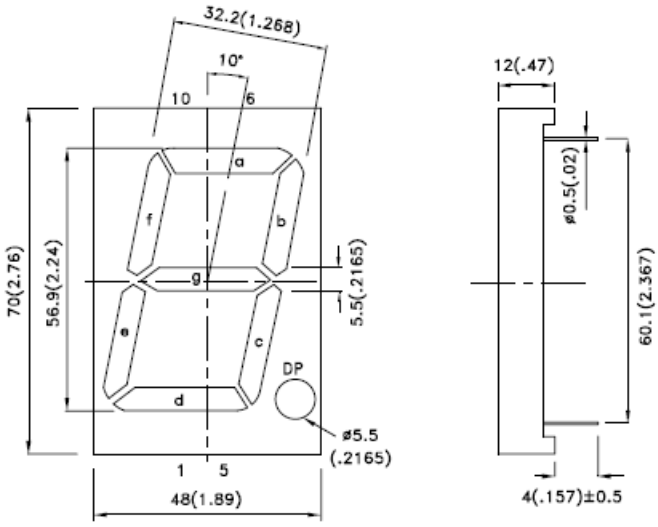
Obr. 4.1.1.1 Pinové usporiadanie mikrokontroléra AVR ATmega644p

K jednotke MASTER bolo na základe zadania nutné pripojiť dve zobrazovacie jednotky. Konkrétne menší displej určený na obsluhu zariadenia a väčší, určený k zobrazovaniu časovej informácie pre publikum. Na základe týchto požiadaviek bol ako obslužný displej zvolený dvojriadkový alfanumerický LCD displej so 16 znakmi na riadok.



Obr. 4.1.1.2 Fyzické rozmery LCD displeja 16x02

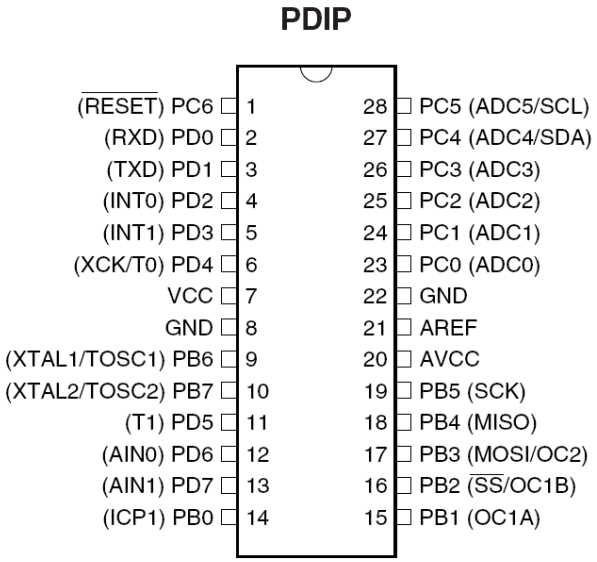
Väčší displej určený na zobrazovanie časovej informácie bol zvolený segmentový LED displej. Konkrétne štvorica osem segmentových displejov (7 segmentov číslo + bodka). Z dôvodu dostupnosti bol vybraný displej so spoločnou katódou. Použitím tohto typu displeja vznikla potreba navrhnúť hardvérový radič štvorznakového segmentového displeja, ktorému bude venovaná vlastná kapitola.



Obr. 4.1.1.3 Fyzické rozmery segmentového LED displeja

4.1.2 Komponenty jednotky SLAVE

V porovnaní s jednotkou MASTER sú na jednotku SLAVE kladené výrazne nižšie nároky. K jednotkám SLAVE nebude potrebné pripájať žiadne zobrazovacie prvky a na pripojenie do celého systému postačuje jedno rozhranie USART. Preto bol na základ jednotky SLAVE zvolený mikrokontrolér ATmega168. Podobne ako u ATmega644p ide o 8bitový procesor. Disponuje 16kB programovateľnou flash pamäťou a troma portmi (2x 8bit + 1x 6bit).



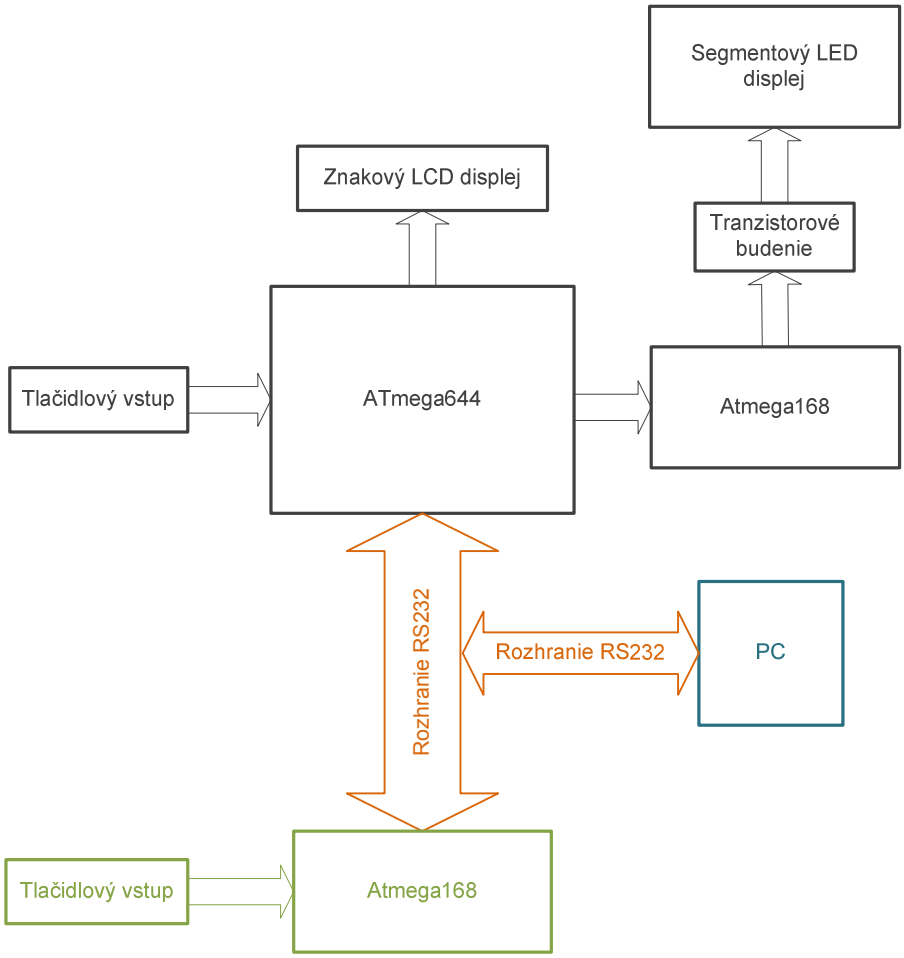
Obr. 4.1.1.1 Pinové usporiadanie mikrokontroléra AVR ATmega168

4.1.3 Komponenty radiča segmentového LED displeja

Poslednou samostatnou časťou časomerného systému je radič segmentového displeja. Jeho konštrukcia nebola primárnym cieľom tejto práce, ale dodatočne vznikla ako potreba pre kompletnosť navrhovaného prototypu. Displej pre správnu funkčnosť potrebuje riadenie s multiplexovaným spínaním. Na toto riadenie bol použitý rovnaký procesor ako v jednotke SLAVE. Z dôvodu napäťovej náročností segmentov, ktoré tvorí štvorica diód v sérii, bolo nutné navrhnúť výkonovú časť spínanú procesorom. Tu bolo na spínanie nutné použiť NPN a PNP tranzistory.

4.2 Blokový návrh

Po zvolení konkrétnych prvkov systému bolo potrebné vytvoriť zodpovedajúce blokové usporiadanie z ktorého sa odvinulo následné fyzické konštrukčné usporiadanie.



Obr.4.2.1 Blokové usporiadanie častí systému

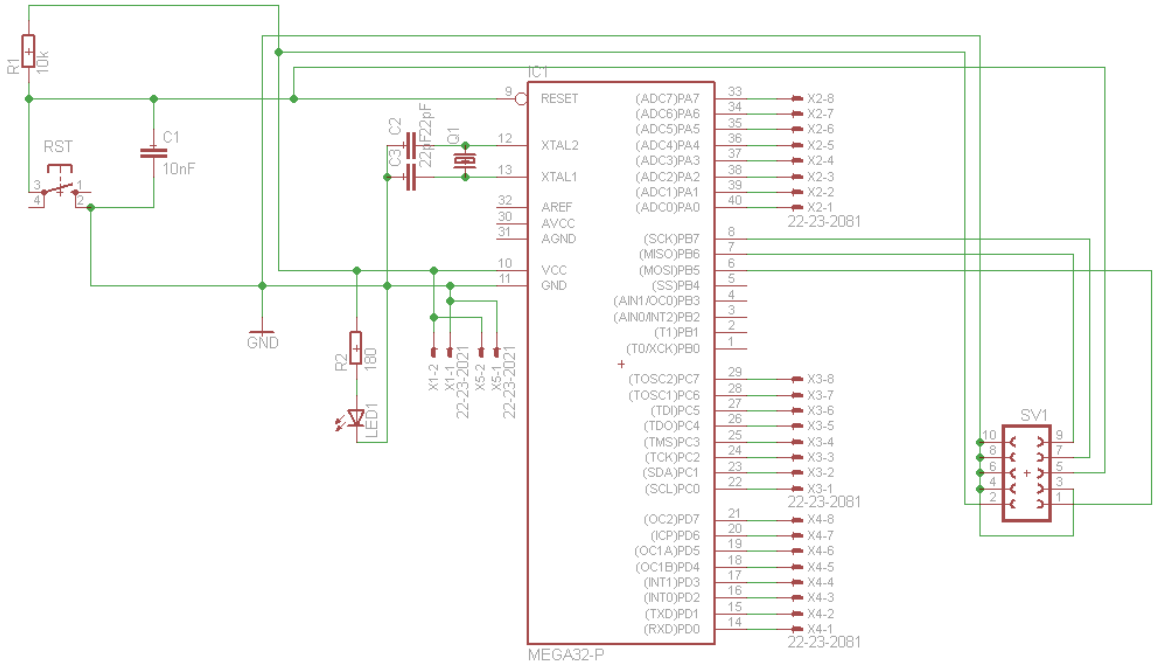
Na obrázku č. 4.2.1 je zobrazené konkrétne blokové usporiadanie systému. Šedou farbou je znázornená časť systému, ktorá tvorí jednotku MASTER. Jednotka SLAVE je zobrazená zelenou farbou. Vzájomné prepojenie jednotiek je realizované sériovou zbernicou RS232. Použitie tejto univerzálnej zbernice umožnilo do systému zakomponovať pripojený počítač. Ďalší dôvod použitia tohto rozhrania je v princípe komunikácie. Ide o asynchrónny dátový prenos využívajúci 2 dátové vodiče Rx a Tx. Tento fullduplexný prenos je možné upraviť na halfduplex zlúčením oboch dátových vodičov do jedného. Pri komunikácii založenej na princípe MASTER – SLAVE v tomto prípade neprichádza ku kolíziám. Halfduplexný dátový prenos na jednom metalickom médiu, využívajúci časový multiplex, je jednoducho možné modifikovať na rádiový prenos zaradením rádiových modulov.

4.3 Schémy a návrh DPS

Po definitívnom výbere súčasti systému a určení blokového usporiadania prichádza na rad podrobný schematický návrh a návrh dosky plošných spojov jednotlivých častí systému. Vzhľadom k tomu, že ide o prototyp boli prvé zapojenia osadené na univerzálnej doske, čo malo umožniť modifikáciu zapojenia. Tento spôsob realizácie prototypu sa nakoniec ukázal ako neprehľadný, s častými chybami a samotné osadzovanie s tvorbou spojových ciest bolo pomerne zdĺhavé. Z toho dôvodu boli pre jednotlivé bloky vyrobené dosky. Pri návrhu sa predpokladali dodatočné zmeny a preto boli všetky porty osadené vhodným konektorom, na ktorý sa pripájajú ďalšie obvody.

4.3.1 Návrh jednotky MASTER

Ako prvá bola navrhnutá a skonštruovaná jednotka MASTER. Prvotne osadená na univerzálnej doske, ale zakrátko vznikla potreba novej verzie s viacerými úpravami. Druhá verzia už bola vytvorená v návrhovom prostredí softvéru Eagle. Z návrhu boli odstránené ovládacie spínače s ochranou proti mechanickým zákmitom a indikačné LED. Boli nahradené konektorom, na ktorý je možné pripojiť aktuálne potrebný obvod. Jednotka MASTER je tak realizovaná ako univerzálny vývojový kit, ku ktorému sa ďalšie prvky jednoducho pripájajú. Hlavne počas „ladenia“ prototypu sa takéto riešenie osvedčilo ako veľmi praktické.

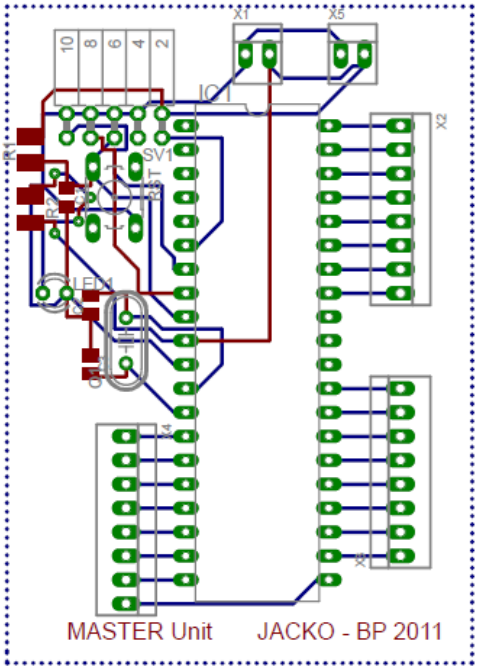


Obr. 4.3.1.1 Schéma zapojenia jednotky MASTER

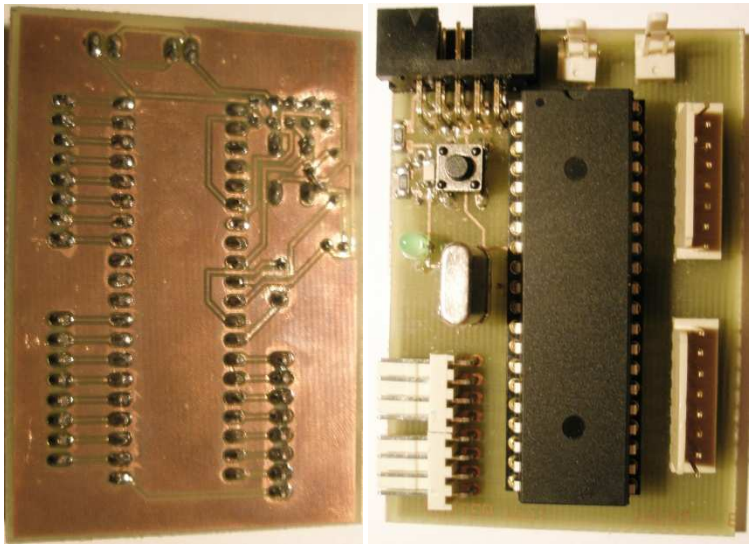
Na doske plošného spoja je osadená pätica pre procesor, ISP konektor pre pripojenie sériového programátora, resetovací obvod, kryštálový oscilátor a konektory. Frekvencia externého zdroja hodín bola volená s prihliadnutím na plánované použitie rozhrania USART. Konkrétne bol použitý oscilátor s frekvenciou 9,8304MHz. Táto frekvencia

umožňuje presne dosiahnuť štandardizované prenosové rýchlosti (baudrate) Pri komunikácii na sériovej linke. Podrobne sa systémovým hodinám a sériovej komunikácii venujem v programovej časti práce.

Zo schematického návrhu bol vytvorený návrh DPS. Po vyrobení bola doska osadená a úspešne otestovaná.



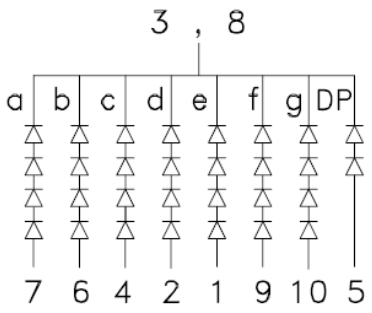
Obr. 4.3.1.2 Doska plošného spoja – jednotka MASTER



Obr. 4.3.1.3 Vyhotovenie jednotky MASTER

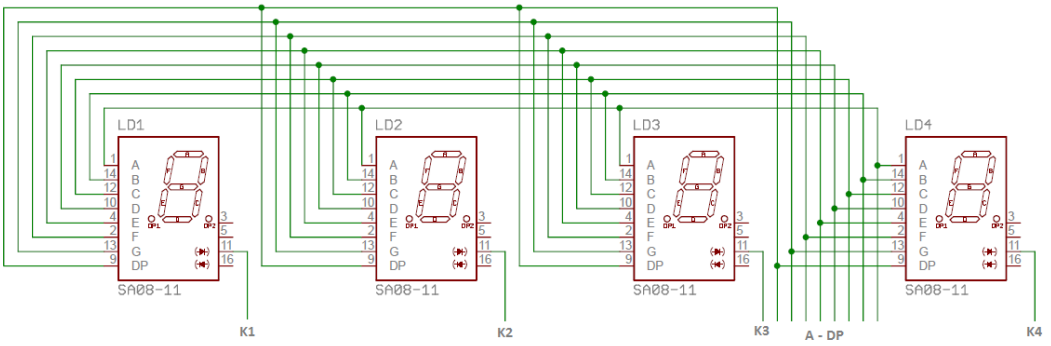
4.3.2 Návrh radiča segmentového displeja

Ako ďalší prvok systému bola navrhnutá a skonštruovaná doska radiča štvorciferného LED displeja. Displej je tvorený z modulov KINGBRIGHT SC23-12EWA. Vnútorné zapojenie segmentov zodpovedá znázorneniu na obrázku č. 4.3.2.1. Jednotlivé segmenty sú tvorené sériovým zapojením štyroch LED diód. Z toho dôvodu je na rozsvietenie segmentu potrebné minimálne napätie 8V. Štandardné pracovné napätie tohto displeja je 9V. Toto napätie je pre procesory ATmega deštruktívne. Preto bolo nutné vytvoriť tranzistorové spínanie riadené procesorom.



Obr. 4.3.2.1 Vnútorné zapojenie segmentového displeja

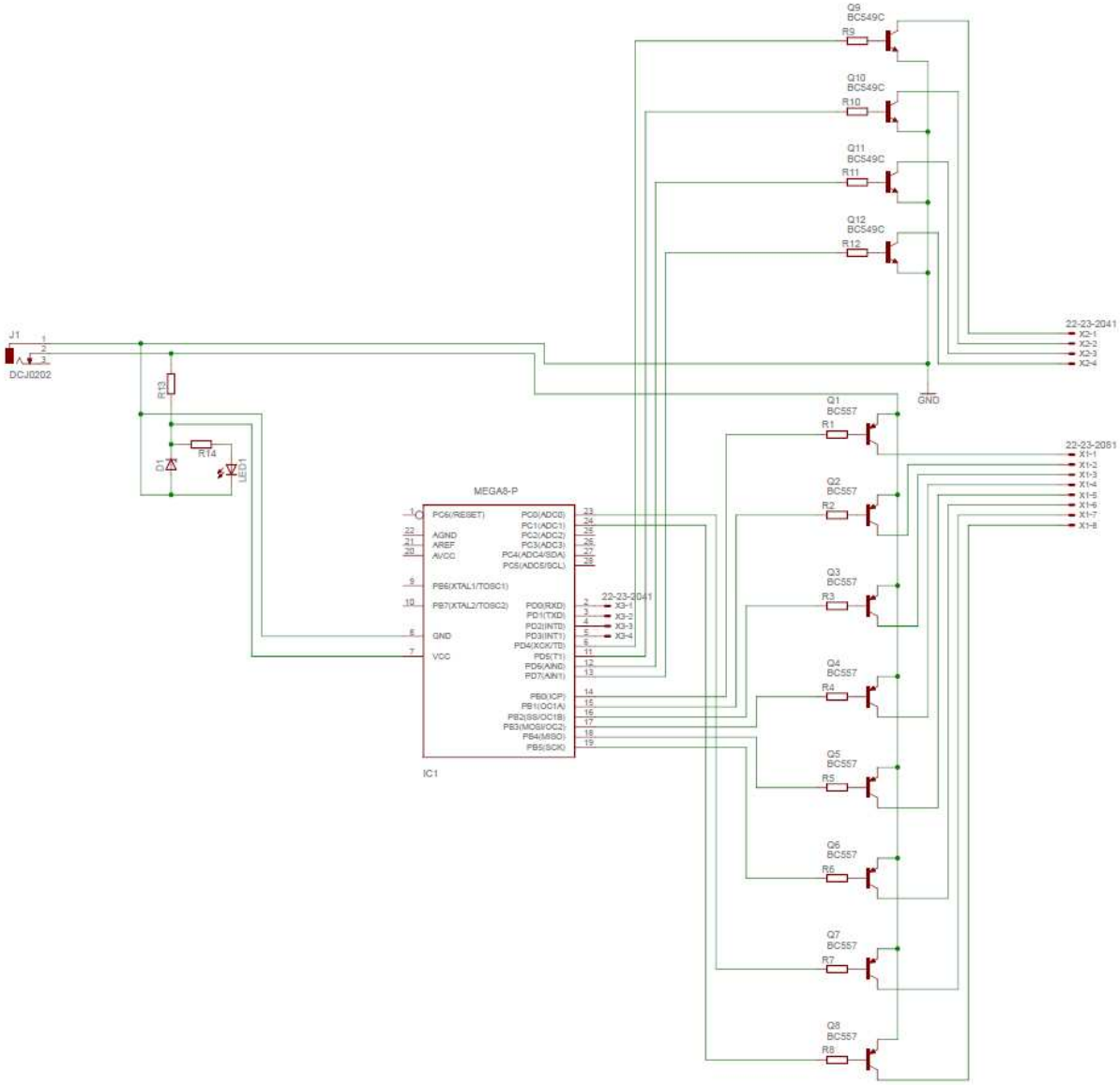
Zobrazovacia jednotka s radičom je napájaná stabilizovaným jednosmerným napájaním 9V zo sieťového adaptéra pre dostatočné budenie segmentov. Pri použití v teréne sa predpokladá napájanie batériovým zdrojom 12V. Pre tento prípad bude radič doplnený o spínaný zdroj, ktorý zabezpečí stabilný výstup 9V v rozsahu vstupného napätia z akumulátora 8 – 13V. Napájanie procesora, ktoré by podľa výrobcu malo byť v rozsahu 2,7 – 5,5V je zabezpečené jednoduchým stabilizátorom so Zenerovou diódou s úbytkom napätia 4,7V.



Obr. 4.3.2.2 Zapojenie zobrazovacích jednotiek LED displeja

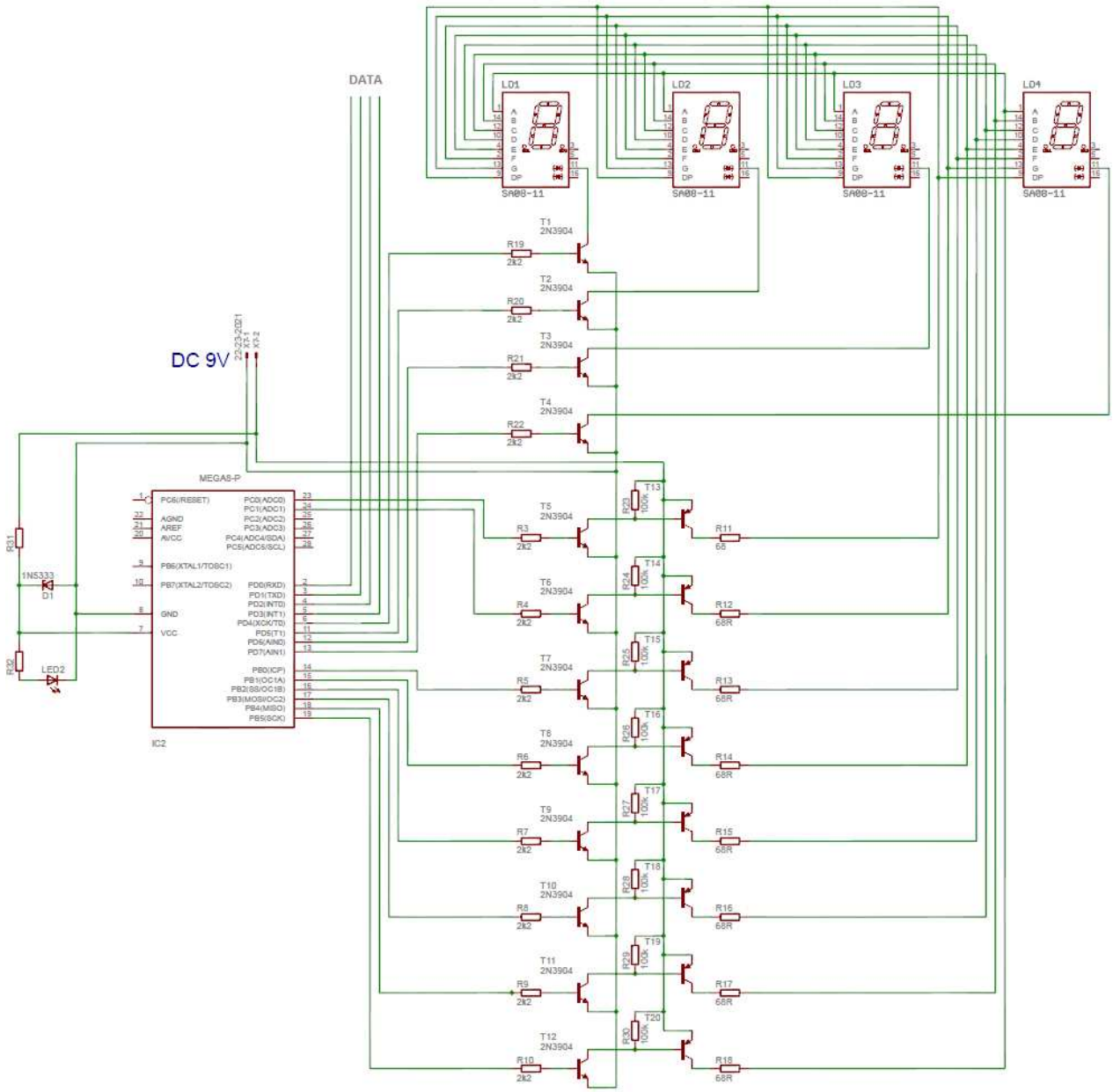
Zobrazovacie jednotky majú paralelne spojené anódy jednotlivých segmentov a jednotlivo vyvedené katódy. To znamená, že je potrebné spínaním striedavo uzemňovať štyri katódy , čím sa zvolí konkrétna zobrazovacia jednotka na ktorej sa bude cifra vykresľovať.

Následné vykreslenie cifry sa prevedie pripojením anód jednotlivých segmentov na 9V potenciál. Aby bolo možné vyžiť samostatne všetky 4 digity tohto displeja je potrebný časový zobrazovací multiplex. Jeho princíp bude vysvetlený v popise riadiaceho programu.



Obr. 4.3.2.3 Zapojenie radiča s tranzistorovým spínaním

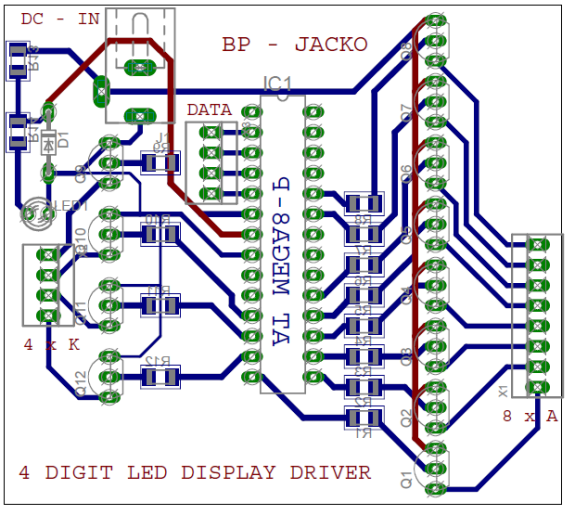
Toto je pomerne jednoduché zapojenie, ktoré pomocou tranzistorov NPN uzemňuje katódy jednotlivý zobrazovacích jednotiek. Pomocou PNP tranzistorov je privádzané napätie 9V na potrebné segmenty čím sa vykresľujú jednotlivé čísla. Toto zapojenie je otestované a funkčné, ale má pár nedostatkov ktoré by bolo vhodné odstrániť. Vhodnejšie zapojenie je znázornené na nasledujúcej schéme.



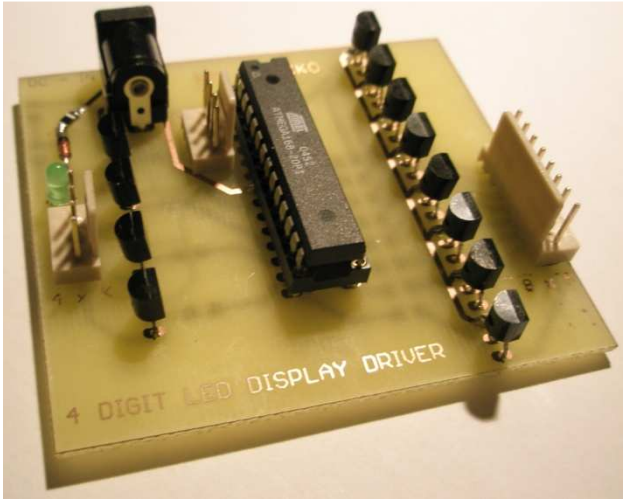
Obr. 4.3.2.4 Upravené zapojenie radiča

Hlavným nedostatkom pôvodného zapojenia bolo neúplné rozpínanie PNP tranzistorov. Čo sa pri niektorých číslach prejavovalo slabým zobrazením číslice zo susednej zobrazovacej jednotky. PNP tranzistor, ktorý zopnutím pripája na anódu konkrétneho segmentu kladný potenciál je zopnutý uzemnením bázy. Pôvodne bol tranzistor spínaný priamo procesorom. Pri nastavení portu na logickú úroveň nula, došlo k spoľahlivému zopnutiu a rozsvieteniu segmentu. No logická úroveň 1 (cca 4,7V) nebola dostatočná na jeho rozopnutie. Medzi napätím 9V ktoré bolo tranzistorom spínané a napäťovou úrovňou logickej 1 bol rozdiel potenciálov cca 4,3V ktoré postačovali na to, aby tranzistor ostal v zopnutom stave. Dodatočne bol nastavený pracovný bod tranzistora tak, aby pri jeho „privretí“ kleslo kolektorové napätie pod 7V. To je dostatočne nízke napätie na to, aby sa diódy segmentu neotvorili a ostali zhasnuté. No pri rýchlom spínaní sa takýto

spôsob prejavil ako nepostačujúci. Problém odstraňuje spínanie PNP tranzistora NPN tranzistorom, ktorý ho bezpečne rozopne. Zapojenie uvažuje aj prúdové obmedzenie pre segmenty. Výrobcom udávaná hodnota špičkového impulzného prúdu 140mA je dodržaná zaradením predradných odporov 68Ω. Maximálna doba zopnutia 100µs pri maximálnej prúdovej záťaži je dodržaná rýchlosťou časového multiplexu.



Obr. 4.3.2.5 Prvotný návrh DPS pre radič segmentového displeja

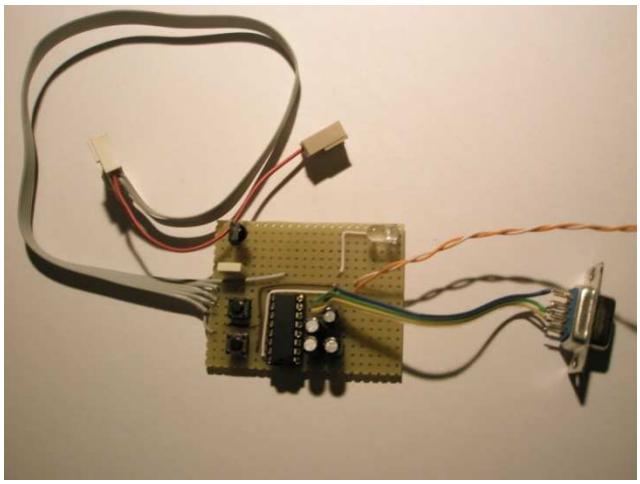


Obr. 4.3.2.5 Vyhotovenie radiča segmentového LED displeja

Upravená verzia radiča nebola vyhotovená, nakoľko pôvodná verzia v rámci demonštrácie prototypu postačuje a spomenuté nedostatky nie sú príliš výrazné.

4.3.3 Návrh komunikačného modulu

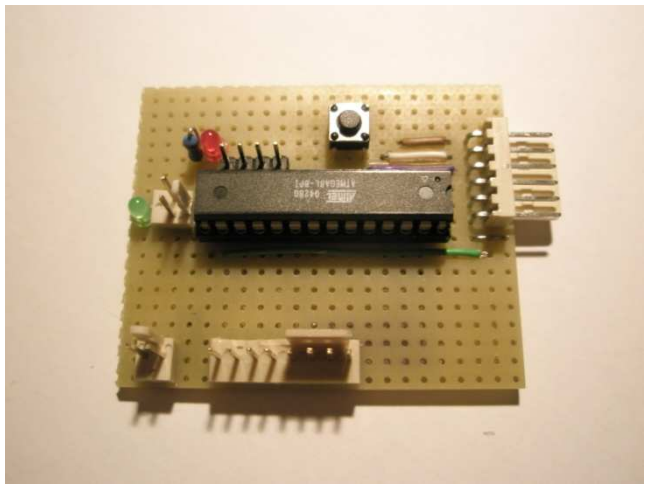
Minimálnu konfiguráciu systému uzatvára komunikačný modul obsahujúci tlačidlové vstupy a prevodník úrovní pre RS232. Na základnú funkčnosť celého systému tak postačuje jednotka MASTER s radičom segmentového displeja a komunikačný modul umožňujúci základné tlačidlové riadenie systému s pripojením k PC pomocou RS232. Ako prevodník úrovní bol použitý obvod MAX 232 so štandardným katalógovým zapojením. Pre testovacie účely bol tento obvod zostavený na univerzálnej doske. Po jeho úspešnom aplikovaní v systéme som považoval toto zapojenie za postačujúce a nenavrhoval som DPS.



Obr. 4.3.3.1 Vyhotovenie komunikačného modulu

4.3.4 Návrh jednotky SLAVE

Jednotka, respektíve jednotky SLAVE tvoria voliteľnú časť systému. Táto jednotka bola podobne ako komunikačný modul zostavená na univerzálnej doske. Zapojenie by však potrebovalo menšie úpravy, v ktorých by mal byť zahrnutý akustický senzor. Malo by ísť o jednoduché zapojenie tranzistorového zosilňovača s mikrofónom pripojené na analógový vstup procesora. Po ADC prevode by bola testovaním nastavená primeraná intenzita zvuku, na ktorú by jednotka SLAVE reagovala ako na podnet k povelu pre jednotku MASTER (napr. výstrel štartovacej pištole). Táto kombinácia by mala demonštrovať požadovanú univerzálnosť tohto systému. Vzhľadom k nutnému návrhu radiča pre segmentový displej, ktorý nebol pôvodne plánovaný, na túto časť práce neostal potrebný čas. Jednotka SLAVE v základnom vyhotovení nebola k celému systému napojená. Je však zhotovená a pripravená na ďalšie úpravy. Ako náhrada tohto bodu systému bolo spracované pripojenie PC prostredníctvom RS232 so základným konzolovým výpisom. Aktuálna podoba vyhotovenia jednotky SLAVE je na nasledujúcej strane.



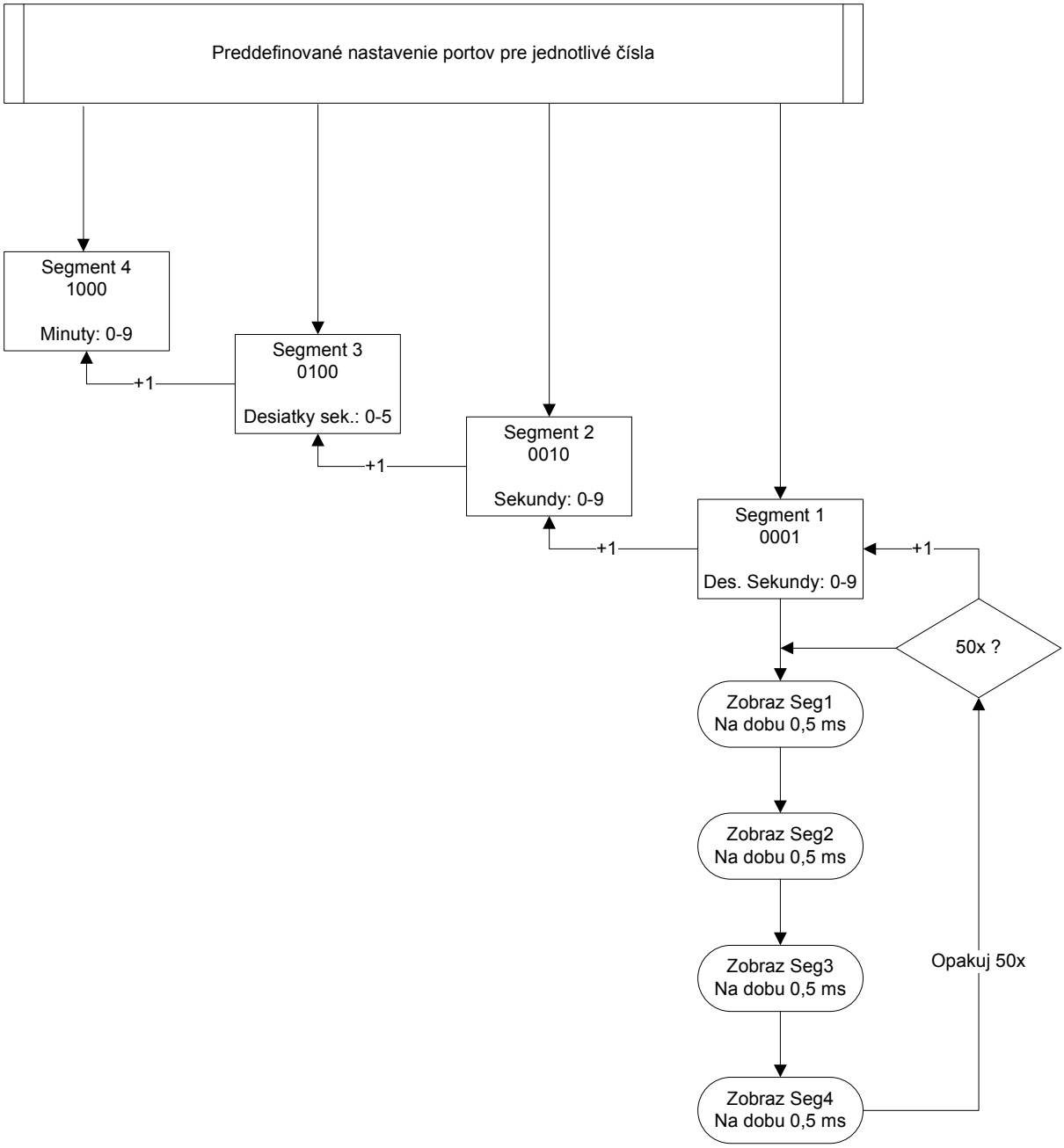
Obr.4.3.4.1 Vyhotovenie jednotky SLAVE

4.4 Programové vybavenie blokov

Po fyzickom zhotovení hardvéru a po odstránení všetkých vzniknutých problémov prišlo na rad programovanie systému. Túto časť práce som začal programovaním radiča segmentového displeja. Následne bolo dopracované jeho základné riadenie prostredníctvom jednotky MASTER. Na záver bola spracovaná komunikácia medzi jednotkou MASTER a pripojeným PC, na ktorý jednotka MASTER zasiela aktuálny stav systému s informáciami o časoch. V konzolovom výpise sa tak vytvára záznamová tabuľka.

4.4.1 Riadiaci program radiča segmentového displeja

Programovanie tohto radiča bola pomerne zaujímavá záležitosť. Po zhotovení funkčného podporného obvodu budiaceho segmenty displeja stačilo zvoliť nastavením portu procesora konkrétnu zobrazovaciu jednotku displeja. Nastavením druhého portu vybrať segmenty, ktoré by mali byť rozsvietené. Pre jednotlivé číslice 0 – 9 tak bola vytvorená tabuľka zodpovedajúceho nastavenia portov. Vytvorenie takejto štruktúry umožnilo jednoducho „volať“ prvky po poradí a výpis čísel 0 – 9 bol zabezpečený. Takto je možné v jednom momente vykresľovať jediné číslo, čo je pre štvormiestny displej trochu nepostačujúce. Zobrazenie na všetkých segmentoch súčasne by teoreticky bolo možné uzemnením celej štvorice spoločných katód adekvátnym nastavením príslušného portu. Význam takéhoto zapojenia je tak isto pomerne pochybný, nakoľko by celý displej zobrazoval rovnaké číslo. Hlavnou požiadavkou štvormiestneho displeja je schopnosť nezávislého zobrazenia na všetkých štyroch miestach. Napriek schopnosti hardvéru zobrazovať v danom momente jediné číslo, existuje pomerne jednoduché riešenie založené na zotrvačnosti oka. Dostatočne rýchlym striedaním zobrazenia na jednotlivých miestach displeja sa zobrazenie stáva celistvým a človek len ťažko zistí, že v danom momente svieti len jedna časť displeja. Nasledujúci stavový diagram znázorňuje princíp zobrazenia času vo formáte minúty:sekundy:desatiny_sekundy.



Obr. 4.4.1.1 Vývojový diagram zobrazenia s časovým multiplexom

Zobrazený vývojový diagram znázorňuje základný princíp časovo multiplexovaného zobrazovania čísel na štvorici segmentových displejov. Každé miesto na displeji je v tomto konkrétnom prípade vysvietené po dobu 0,5ms a spolu tvorí základnú zobrazovaciu periódu 2ms. To je čas, za ktorý program postupne zobrazí jednotlivé čísla na určených miestach displeja. To je pre bežne vnímavého človeka veľmi krátka doba a pravdepodobne by nebol schopný takéto zobrazenie zaregistrovať. Preto sa táto procedúra zopakuje 50 krát. To zodpovedá zobrazeniu konkrétnej kombinácii čísel po dobu 100ms. To už je čas, ktorý je človek schopný vnímať. Toto je zároveň základná perióda inkrementačného cyklu. V týchto intervaloch je inkrementované číslo zobrazované na prvom mieste displeja. Použitím vnorených cyklov, ktoré sú riadené

maximálnou hodnotou segmentu z nižšieho rádu je možne vytvoriť typický hodinový formát zobrazenia. V tomto ukážkovom príklade sa na displeji bude zobrazovať čas v rozsahu od 0,1s do 9 minút 59,9 sekundy. Toto je základný princíp zobrazovania času na štvormiestnom displeji. Program je rozšírený o základné riadenie – štart, stop, pauza a reset. V aktuálnej podobe systému je pripravený priestor na definovanie 16tich riadiacich príkazov. Príkazy radiču sprostredkováva jednotka MASTER na základe vyhodnotenia okolností – stavu vstupov. Počet príkazov je definovaný 4bitovou zbernicou, na ktorej je možné nastaviť 2^4 jedinečných stavov. V praktickom nasadení tohto radiča by bolo vhodnejšie použiť rozhranie USART, ktoré ma procesor k dispozícii. Vznikne tak širší priestor na riadenie a pribudne možnosť nezávislého použitia radiča bez jednotky MASTER. Radič bude jednoducho možné pripojiť na sériové rozhranie bežného PC a používať tak jeho funkcie.

4.4.2 Riadiaci program jednotky MASTER

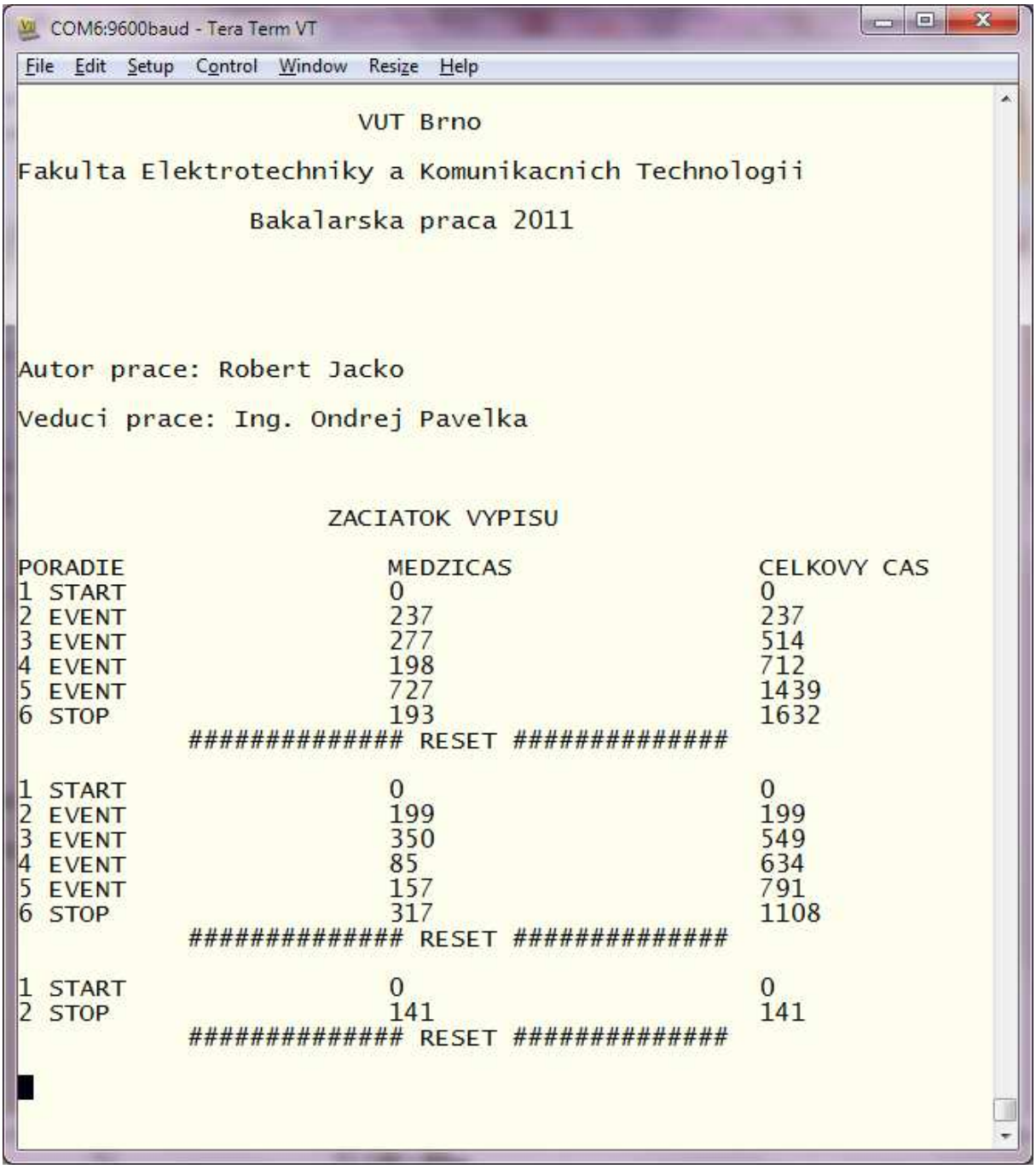
Program jednotky MASTER je v tomto prevedení systému o niečo jednoduchší ako v prípade zobrazovacieho radiča. Jednotka MASTER ma momentálne na starosti len zopár jednoduchých funkcií. Celé riadenie je realizované dvojicou spínačov. Po resete programu je implicitne nastavený stav STOP. Dvojica tlačidiel ma definované 4 funkcie v závislosti na predošlom stave. Rozlíšené sú stavy START, EVENT (udalosť), STOP a RESET. Nasledujúca tabuľka definuje stavy, ktoré môžu nastať v závislosti na predchádzajúcom stave systému.

Tlačidlo	A		B	
Predošlý stav	Start	Event	Stop	Reset
Start	0	1	1	0
Event	0	1	1	0
Stop	0	0	0	1
Reset	0	0	0	0

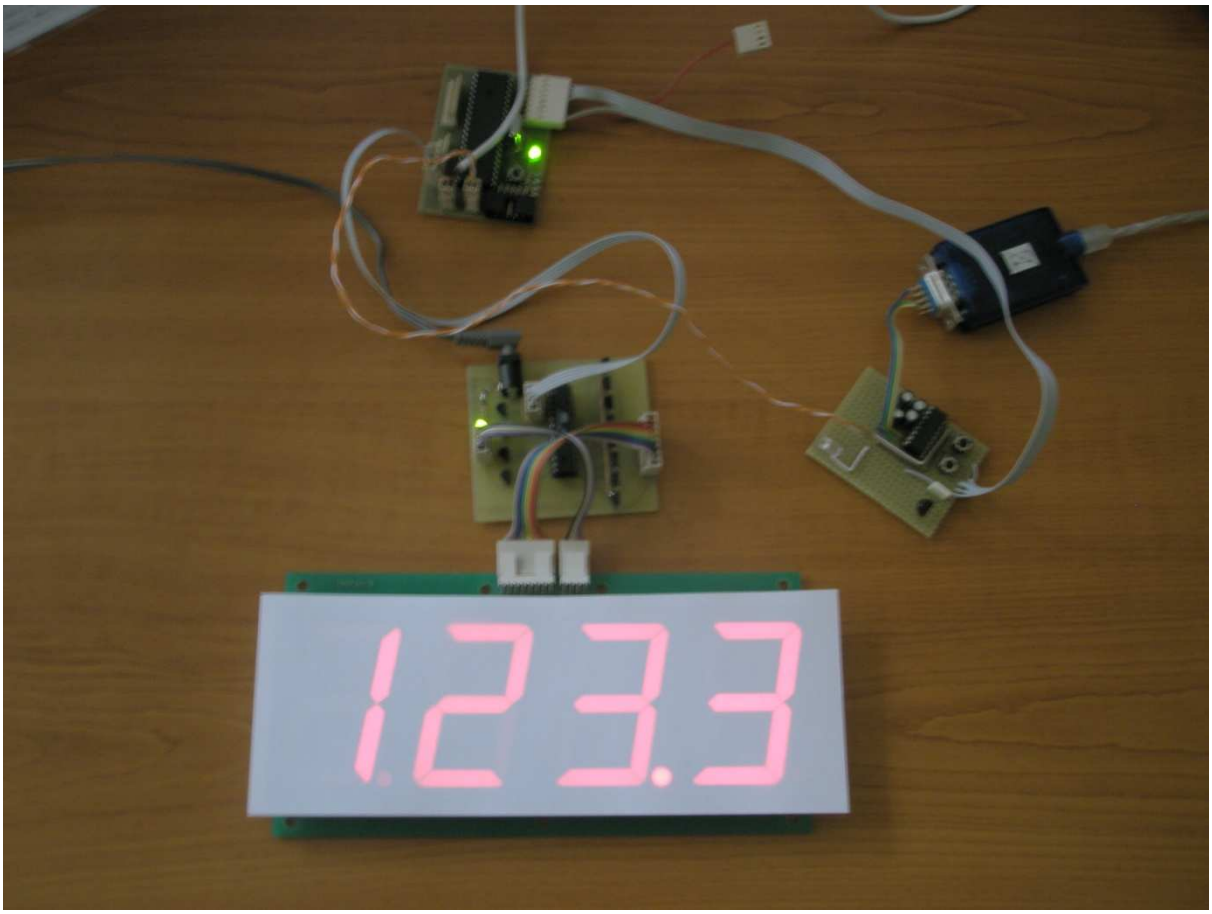
Tab. 4.4.2.1 Definičná tabuľka možných stavov

Nula v tabuľke znamená, že tento stav po danom predchádzajúcom stave nemôže nastať a naopak. Každému tlačidlu sú priradené práve dve funkcie a to tak, aby si navzájom neodporovali a v danom stave systému bola platná práve jedna z nich. Z tabuľky je vidieť priradenie funkcií START a EVENT tlačidlu A a tlačidlu B sú priradené funkcie STOP a RESET. Každému rozpoznanému stavu systému zodpovedá 4bitová kombinácia definujúca príkaz pre radič displeja. Zároveň jednotka MASTER o zmene v systéme vysiela na sériový port záznam. Ten informuje aká zmena nastala, aká doba prešla od poslednej zmeny a aký čas ubehol od stavu START. Ukážka výpisu je na nasledujúcom obrázku. Z dôvodu nasadenia asynchrónneho sériového prenosu bolo nutné k procesoru pripojiť externý zdroj hodinového impulzu. Pre správnu funkčnosť tohto prenosu je potrebné presné nastavenie komunikačnej rýchlosti – baudrate. Tá je definovaná systémovými

hodinami. Aby bolo možné nastaviť štandardnú hodnotu baudrate (v tomto prípade 9600bps) bol zvolený kryštál 9,8304MHz. Z tejto frekvencie je možné vhodným nastavením preddeličky dosiahnuť štandardizované hodnoty prenosovej rýchlosti. Pri použití interného oscilátora by bola prenosová rýchlosť nastavená s miernou chybou, ktorá by sa negatívne prejavila na spoľahlivosti dátového prenosu.



Obr. 4.4.2.1 Ukážka konzolového výpisu



Obr. 4.4.2.2 Vzájomné prepojenie jednotlivých blokov

ZÁVER

Výsledkom tejto práce je stručný prehľad vývoja časomerných systémov, popis a porovnanie aktuálne dostupných systémov merania času a samotný návrh vlastného systému. V návrhu boli zohľadnené požiadavky, ktoré na časomerné systémy vznikli praxou. Navrhnutá koncepcia principiálne znázorňuje možnosť riešenia tejto problematiky.

Výsledkom praktickej realizácie prototypu je systém so základným riadením, zobrazením na segmentovom displeji a s konzolovým výpisom prostredníctvom sériovej linky RS232. Počas tvorby tohto prototypu sa vyskytlo viacero problémov, ktoré bolo potrebné definovať a riešiť. Postupným odstraňovaním jednotlivý problémov sa formoval prototyp do aktuálnej podoby. Momentálne systému chýba zobrazovanie informácií na alfanumerickom displeji a nie je implementovaná jednotka SLAVE. Tieto nedostatky čiastočne kompenzuje konzolový výpis, ktorý je ekvivalentom zobrazenia informácií na displeji. Z praktického hľadiska je konzolový výpis v porovnaní s možnosťami malého displeja podstatne prehľadnejší a vytvára priestor na ďalšie spracovanie zozbieraných dát. V priebehu tvorby tohto systému vznikla nutnosť návrhu riadenia segmentového displeja s ktorým sa pôvodne nepočítalo. Z dôvodu kompletnosti systému bol tento prvok nevyhnutný a preto bol uprednostnený pred dokončením jednotky SLAVE, ktorá je voliteľnou periférioU.

V aktuálnej podobe je systém pripravený na doplnenie chýbajúcich častí a rozšírenie možností riadenia. Pokračovaním tejto práce bude implementovanie bezdrôtového spojenia, návrh komunikačného protokolu, zabezpečenie korektnosti dát a spoľahlivosti prenosu, návrh synchronizačného mechanizmu a návrh vhodného konštrukčného vyhotovenia systémových častí s ohľadom na mobilitu a náročné prostredie.

Jednotky, výrazy a skratky

ms - milisekunda

Rx – *recieve data* (prijem dát)

Tx – *transmit data* (odosielanie dát)

GND – *Ground* (uzemnenie)

Oktet – skupina 8 bitov, jeden bajt

Halfduplex – obojsmerná komunikácia, umožňuje striedavo len prijímať alebo len vysielať

Fullduplex – obojsmerná komunikácia, umožňuje prijímať a vysielať zároveň

Mikrokontrolér – jednočipový mikropočítač

Master – z angl. *pán* – znamená nadriadený

Slave – z angl. *otrok* – znamená podriadený

Modem – MOdulátor-DEModulátor, zariadenie ktoré výstupné dáta moduluje do formy vhodnej na prenos komunikačným kanálom a vstupné dáta demoduluje na binárny tvar

RFID – *Radio Frequence IDentification*, rádiová identifikácia (elektronický ekvivalent čiarového kódu)

Jamming - z angl. *jam* – zápcha (dopravná), znamená interferovanie (zápchu) signálov na komunikačnom kanále a znemožnenie správnej komunikácie

Použité zdroje

[1] Olympic Timekeeping History: Los Angeles 1932. In Spirit & History [online]. OMEGA SA : [s.n.], 2010 [cit. 2010-12-12]. Dostupné z WWW: <http://www.omegawatches.com/spirit/sports/olympic-timekeeping/los-angeles-1932?L=>.

[2] Perfect timing: Timing devices and reaction time. In Measurement in sport – the l ong and the short of it [online]. Australian Academy of Science : [s.n.], 1998 [cit. 2010-12-12]. Dostupné z WWW: <http://www.science.org.au/nova/033/033box02.htm>.

[3] Www.ipicosports.com [online]. 2010 [cit. 2010-12-12]. ACTIVE SPORTS TIMING SOLUTIONS. Dostupné z WWW: <http://www.ipicosports.com/>.

[4] Www.sportident.com [online]. 2010 [cit. 2010-12-12]. SPORTident - electronic punching and timing system. Dostupné z WWW: <http://www.sportident.com/index.php?site=home.html&dir=>.

[5] ATMega168 Datasheet. Atmel[online]. 2011 [cit. 2011-05-30]. Dostupné z URL: <http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2545.pdf>.

[6] ATMega644 Datasheet. Atmel[online]. 2011 [cit. 2011-05-30]. Dostupné z URL: <http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2593.pdf>.

[7] SC23 Datasheet. Kingbright[online]. 2011 [cit. 2011-05-30]. Dostupné z URL: <http://www.kingbright.com/manager/upload/pdf/SC23-11SEKWA(Ver1291941710.3)>.

[8] MAX232 Datasheet. Maxim[online]. 2011 [cit. 2011-05-30]. Dostupné z URL: <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX220-MAX249.pdf>.

[9] ATM1602B Datasheet. GME[online]. 2011 [cit. 2011-05-30]. Dostupné z URL: <http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/513/513-128/dsh.513-128.1.pdf>.