

Mikropočítačový systém pro evidování skládek dřeva na bázi GPS

A Microcomputer System for Logging Wood Stocks Based on GPS

Bc. David Beneda



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. David BENEDA**
Osobní číslo: **A10285**
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační technologie**

Téma práce: **Mikropočítačový systém pro evidenci skládek dřeva
na bázi GPS**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte literární rešerši na téma GPS lokalizace.
2. Provedte analýzu současného stavu evidence skládek dřeva.
3. Navrhněte hardware příruční mikropočítačové jednotky pro evidenci skládek vytěženého dřeva s využitím GPS přijímače.
4. Realizujte prototyp jednotky včetně programového vybavení nezbytného pro její funkci.
5. Ověřte funkci jednotky v reálných podmínkách a vyhodnoťte její vlastnosti.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

1. BURKHARD, Mann. C pro mikrokontroléry. Praha : BEN – technická literatura, 2003. 280 s. ISBN 80-7300-077-6.
2. FREESCALE SEMICONDUCTOR. CPU08 Central Processor Unit Reference Manual [online]. 2001. Dostupné z: www.freescale.com
3. FREESCALE SEMICONDUCTOR. HCS08 Family Reference Manual, Rev.1. [online]. 2003. Dostupné z: www.freescale.com
4. FREESCALE SEMICONDUCTOR. MC9S08SH32 datasheet Rev.2 [online]. 2008. Dostupné z: www.freescale.com
5. JURÁNEK, Antonín a Miroslav HRABOVSKÝ. EAGLE pro začátečníky I: uživatelská a referenční příručka :. 2. vydání. Praha: BEN – technická literatura, 2007, 191 s. ISBN 80-730-0213-2.
6. KAPLAN, E. D. a Ch. HEGARTY. Understanding GPS: principles and applications. 2nd ed. Boston: Artech House, 2006, 703 s. ISBN 15-805-3894-0.
7. MATOUŠEK, David. Práce s inteligentními displeji LCD: [znakové a grafické displeje, přípravky a programy]. 1 vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2006, 222 s. ISBN 80-730-0121-7.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Petr Dostálek, Ph.D.

Ústav automatizace a řídicí techniky

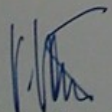
Datum zadání diplomové práce:

24. února 2012

Termín odevzdání diplomové práce:

21. května 2012

Ve Zlíně dne 24. února 2012


prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan




doc. Mgr. Roman Jasek, Ph.D.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Práce se zabývá návrhem a zprovozněním hardwarové a softwarové části mikropočítačového systému pro evidenci skládek dřeva.

Klíčová slova: GPS, mikropočítač, jazyk C, NMEA, Freescale, CodeWarrior

ABSTRACT

This thesis deals with design and commissioning of hardware and software for microcomputer system for logging wood stocks.

Keywords: GPS, microcomputer, C language, NMEA, Freescale, CodeWarrior

Děkuji panu Ing. Petru Dostálkovi, Ph.D. za vedení práce, která by bez jeho pomoci nemohla vzniknout nebo jen s obtížemi.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze **diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.**

Ve
.....

diplomanta

Zlíně

podpis

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST.....	9
1GPS LOKALIZACE.....	11
1.1VYUŽITÍ GPS.....	11
1.2GPS V LESNÍ SPRÁVĚ.....	13
2POUŽITÝ SOFTWARE.....	15
2.1EAGLE 15	
2.2CODEWARRIOR.....	15
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	16
3VÝVOJ PROTOTYPU.....	17
3.1ZÁKLADY EAGLE.....	19
4PŘEHLED HARDWARE.....	20
4.1MIKROPOČÍTAČ.....	20
4.2GPS 21	
4.2.1NMEA 0183.....	21
4.2.2Komunikace SiRF.....	22
4.3DISPLEJ LCD.....	23
4.4FLASH PAMĚŤ.....	24
4.4.1Struktura dat.....	24
4.4.2Předcházení degradace.....	25
4.4.3Ošetření chyb.....	25
4.5POSUVNÝ REGISTR 74HC4094.....	26
4.6KLÁVESNICE TS 523 6157.....	28
4.7FTDI 29	
4.8MULTIPLEXER 74HC4052.....	29
4.9NABÍJEČKA MAX1811.....	29
4.10KRABÍČKA.....	33
5FIRMWARE.....	35
5.1TESTOVACÍ PROGRAM.....	35
6TEST V TERÉNU.....	36
6.1.1Doporučení pro používání GPS.....	36
ZÁVĚR.....	37
ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....	38
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	39
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	41
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	42

SEZNAM TABULEK.....	43
SEZNAM PŘÍLOH.....	44

ÚVOD

V moderní době je obtížné najít obor, kterého se alespoň letmo nedotkly informační technologie. Každá škola, knihovna, supermarket má svůj informační systém. Bez počítačů by nefungovala televize, nešlo by v pondělí objednat balík s elektronickými součástkami z Anglie a v úterý před obědem ho mít na stole. Po cestě takový balík projde několika informačními systémy, už jeden má určitě prodejna a druhý pošta. Desítky informačních systémů musí spolupracovat na cestě k zákazníkovi. Žádný dnešní motor se bez integrované elektroniky neobejde, každá křižovatka je vybavena nějakým tím programovatelným automatem a jestli řidič použije obyčejný mobilní telefon nebo sofistikovaný satelitní navigační systém počty IS jen zvyšuje.

Informační technologie se dostaly i do lesní správy, a nejde o docházkový systém. Těžařská firma bude vlastní informační systém s detailní databází o počtech a druzích vytěženého dřeva. Tato práce se zabývá výrobou elektronického záznamníku, který na jedno stisknutí tlačítka zaznamená polohu vytěženého dřeva. Kamionoví dopravci se zpožděním jen několika hodin až dnů uvidí pozice skládek dřeva s předností na jednotky až desítky metrů, což by mělo přispět k efektivitě celé firmy.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 GPS LOKALIZACE

GPS je globální navigační systém vytvořený armádou Spojených států. Skládá se z kosmického a pozemního segmentu. Kosmický zastávají družice rovnoměrně rozmístěné na oběžných drahách kolem Země, každá družice obsahuje přesný zdroj hodinového signálu, který je ještě dále korigován z pozemních stanic a je společně se souřadnicemi každého satelitu vysílán uživatelům systému GPS. Komunikace mezi družicí a uživatelským přijímačem je jednosměrná a za příjem se neplatí žádné poplatky, počet uživatelů není omezen. Přesnost takového signálu je v ideálních podmínkách ± 5 m v horizontální rovině. Přesnější vojenský signál je šifrovaný, případně lze dokoupit korekci DGPS [1] z pozemních stanic, která zvýší přesnost až do řádu centimetrů..

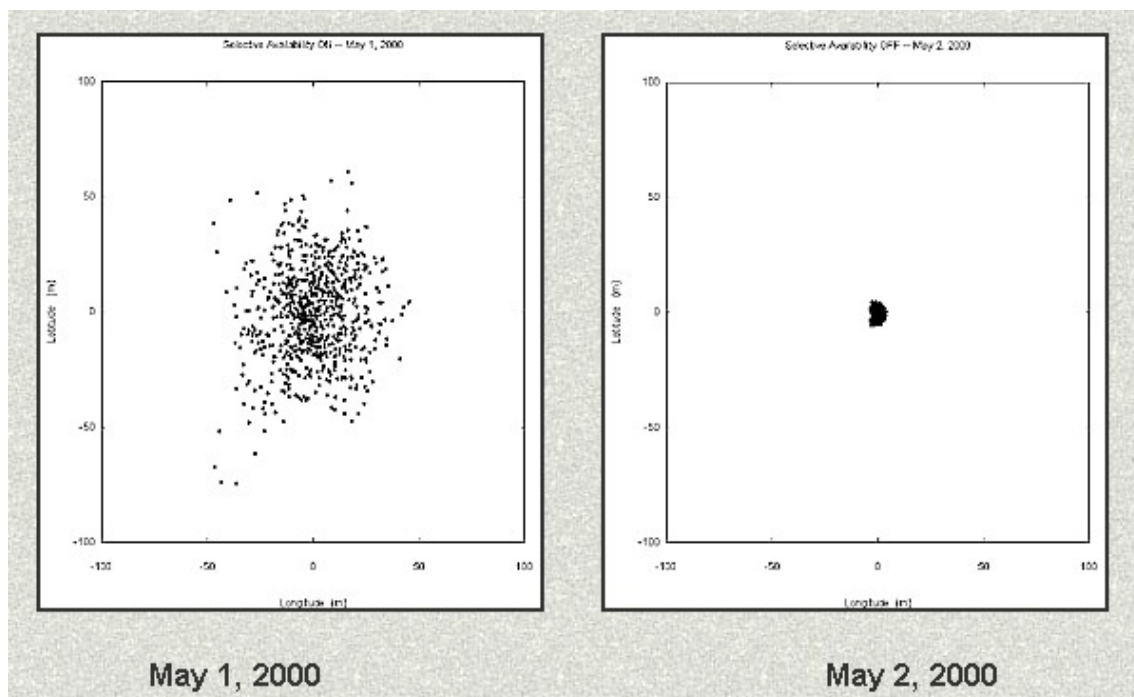
Běžní uživatelé mohou využít geostacionární korekční systém WAAS, vyšší přesnost slibuje evropský satelitní projekt Galileo [2], i ruský Glonass [3]. Spojením několika satelitních systémů by přesnost pro civilního uživatele měla vzrůst na ± 1 m.

Přijímač signálu GPS pracuje na principu triangulace vzdálenosti. Součástí datové věty, almanachu, vysílané družicemi, jsou přesné souřadnice každého ze satelitů. Ze znalosti pozic alespoň 4 satelitů, přesného času a doby putování signálu mezi družicí a přijímačem lze vypočítat prostorovou polohu přijímače. Systém GPS umí pracovat už při signálu od tří satelitů, ale v takovém případě je poloha aproximována na matematický model Země, geoid, a není možné určit nadmořskou výšku.

Plně funkční systém GPS koncovému uživateli poskytuje zeměpisnou šířku a délku přijímače v souřadnicovém systému WGS84, nadmořskou výšku a přesný čas. Přijímač pak vypočítává směr a rychlost pohybu, ze vzájemného rozestavění družic a odchylek při výpočtu je odhadována chyba vypočítané polohy.

1.1 Využití GPS

Nevojenské využití GPS začalo dnem 1. 5. 2000, kdy byla vypnuta selektivní dostupnost - umělé přidávání chyby do vysílaného signálu. Od té doby začalo využití v autonavigaci, turistické navigaci, v oblasti gis. Mohl vzniknout projekt OpenStreetMap.org, svobodné mapy tvořené běžnými uživateli, kteří zakreslují trasy zaznamenané GPS přijímačem.



Obrázek 1 Rozptyl souřadnic před a po vypnutí selektivní dostupnosti GPS [4]



Obrázek 2 3D mapa areálu Svit vytvořená z geografických dat pod svobodnou licencí [5]

1.2 GPS v lesní správě

Lesní správa překvapivě moderní informační technologie využívá jen zřídka. První uplatnění přinesla příruční GPS navigace, která umožnila zobrazit souřadnice pokácených skládek dřeva. Tyto souřadnice se pak ručně opisovaly jednou z displeje navigace na do papírového záznamníku a podruhé ze záznamníku do databázového programu v počítači. Dvojí opisování čtrnácti číslic mohlo při nepozornosti do záznamu vnést značnou chybu, proto se přistoupilo k zaznamenávání kompletně v elektronické podobě.

Požadavky na příruční záznamové zařízení byly

- Jednoduchost ovládání
- Odolnost proti chybě obsluhy
- Komunikace s počítačem
- Relativní odolnost proti poškození
- Provoz na baterie

Množství úkonů se oproti ručnímu zapisování do papírového záznamníku podařilo snížit na jedno stisknutí tlačítka „Ulož“ u každé skládky dřeva a jedno stisknutí tlačítka „Nahrej data“ v databázovém programu, což může být hodnoceno jako velmi jednoduché ovládání.

Celý firmware mikropočítačového záznamníku byl koncipován tak, aby nemohlo uživatelským zásahem dojít k chybnému vstupu nebo nestandardnímu chování firmware. Veškeré vstupy jsou ošetřeny tak, že očekávají množinu povolených vstupů a ostatní nepovolené jsou ignorovány.

Připojení k počítači je realizováno pomocí převodníku FTDI, který na straně počítače vytváří virtuální sériový port, fyzicky přenos probíhá po rozhraní USB. Databázový obslužný program si po navázání spojení nejprve od mikropočítačového záznamníku vyžádá sériové číslo, které se musí shodovat s číslem, přiřazeným k danému počítači. Pokud čísla nebudou souhlasit, komunikace se přeruší. Toto se může stát při pokusu o připojení cizího záznamníku a odmítnutí připojení je součástí strategie zabránění chybě uživatele.

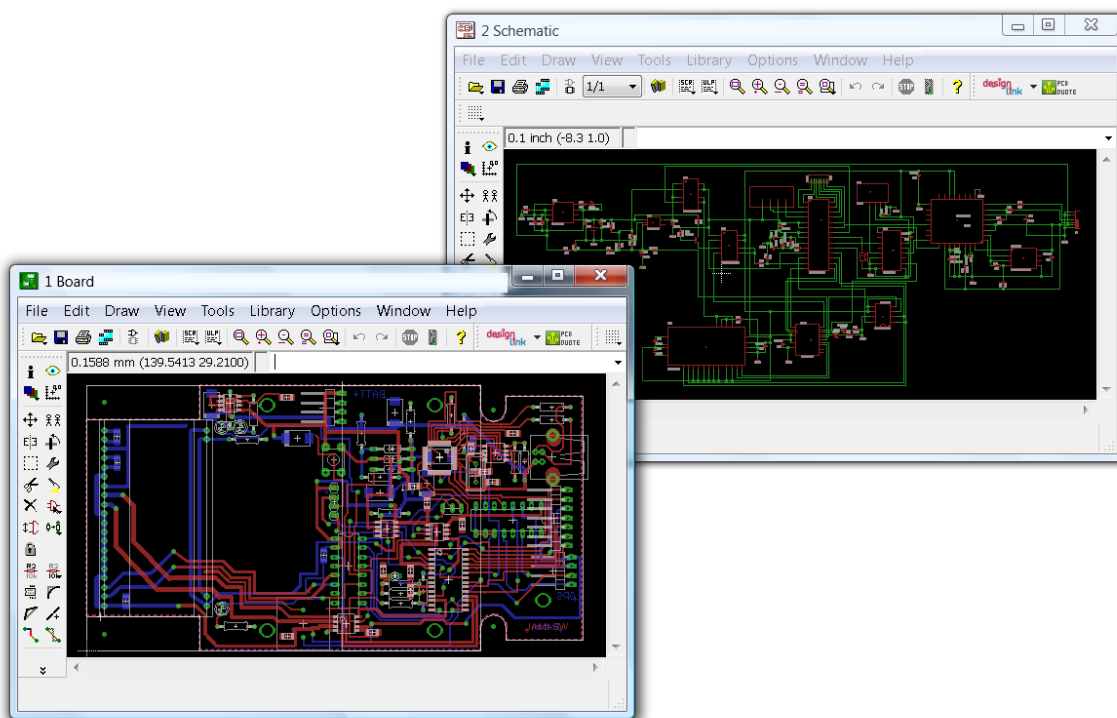
Na začátku projektu mikropočítačového záznamníku se nabízela otázka požití chytrých telefonů. Vhodně naprogramovaná aplikace by na telefonu s integrovaným GPS modulem zastala stejnou úlohu. Tato možnost byla zamítnuta z důvodu složitější obsluhy. Vytvořený

mikropočítačový záznamník je umístěn v plastové krabičce, která je ještě přelepena štítkem s popisem, což by mělo krabičce dodat jistou mechanickou odolnost. Oproti mobilním zařízením je záznamník schopen provozu plných 24 hodin a typ zvoleného displeje umožňuje čitelnost i na přímém slunci.

2 POUŽITÝ SOFTWARE

2.1 Eagle

Návrh plošného spoje a schéma zapojení byly realizovány ve volně dostupné verzi programu Eagle 5.11. Omezení použité verze se týkají rozměrů desky plošného spoje, která nesmí přesáhnout 100 x 80 mm a počtu vrstev na 2. Deska plošného spoje tyto rozměry přesáhla, některé části musely být zakresleny na učebně, kde byla nainstalována plná verze Eagle.



Obrázek 3 Eagle

Eagle Light je zdarma dostupná verze programu Eagle pro nekomerční užití. Eagle umožňuje vytvořit libovolné schéma zapojení elektrického obvodu. K programu je přibalena rozsáhlá knihovna elektronických součástek, ze kterých si stačí vybrat a umístit do schématu. V případě, že se hledaná součástka v knihovně nenachází, na Internetu existují už hotové knihovny jiných uživatelů, například na stránkách paja-trb [6]. Nebo se chybějící součástka snadno zakreslí v knihovně součástek.

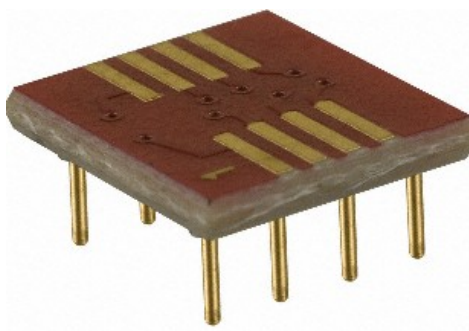
2.2 CodeWarrior

Vývojové prostředí pro práci s mikroprocesory Freescale. Umožňuje napsat a odladit programy v jazycích C/C++/assembler a podporuje nahrání firmware do mikropočítače.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

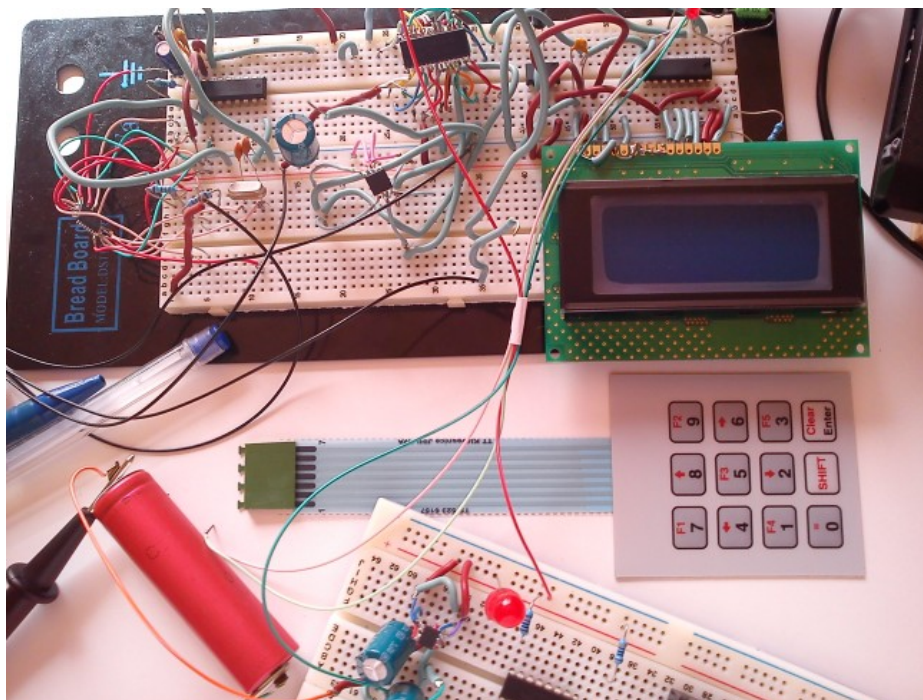
3 VÝVOJ PROTOTYPU

Zapojení bylo nejprve testováno na nepájivém poli včetně součástek v pouzdrech pro povrchovou montáž, na jejichž vývody byly připájeny vodiče. Tento postup není doporučený pro častý výskyt studených spojů, relativně vysokou nespolehlivost a nepřenositelnost. Lepší je použít adaptér, na který se čip připájí a se kterým se dále pracuje jako s DIP pouzdrem.



Obrázek 4 SOIC - DIP adaptér

Návrh od počátku probíhal mírně chaoticky, zadání se hlavně v počáteční fázi měnilo „za pochodu“. Například čtyřřádkový displej byl vyhodnocen jako příliš velký a byl nahrazen třířádkovým s odlišným napájením a rozhraním.



Obrázek 5 Testování obvodu na nepájivém poli

Relativně dlouhou dobu byla vybírána baterie. První návrhy počítaly s napájením ze čtyř NiMH akumulátorů velikosti AA bez stabilizátoru napětím 4,8 V. Komunikace s flash pamětí, která má napájecí napětí mezi 2,7 – 3,6 V by bylo řešeno převodníkem úrovní. Pro jejich velikost a složitost nabíjení bylo zvoleno řešení s Li-Ion baterií, dodávající napětí 3,6 – 4,2 V, stabilizované na hodnotu 3 V.







Jedním milníkem na cestě k osvětlení, vyleptání a osazení plošného spoje bylo nakreslení „zapojení elektrického obvodu“ a „desky plošného spoje“ v programu Eagle. První seznámení s „jednoduše použitelným systémem pro navrhování plošných spojů“ nebylo intuitivní, proto byly níže shrnuty základní pravidla pro práci s tímto programem.

Dalším krokem pak bylo napsání obslužného firmware, tj. vnitřního obslužného programu pro mikropočítač, který řídí celý záznamník. Firmware je napsán v jazyce C v prostředí CodeWarrior. Nejprve byl používán CodeWarrior verze 6.3 a OpenSourceBDM programátor [7]. Použitá kombinace vývojových prostředků nešla plnohodnotně provozovat na 64bitovém systému Windows 7. Bylo nutno využít virtualizovaný systém Windows XP a pravděpodobně chyba v implementaci OpenSourceBDM způsobovala časté pády při krokování vyvíjeného programu. Přejít na CodeWarrior 10.2 a zapůjčený profesionální programátor USB BDM MULTILINK odstranil problémy s náhodnými pády při krokování a nepohodlí při použití virtualizace

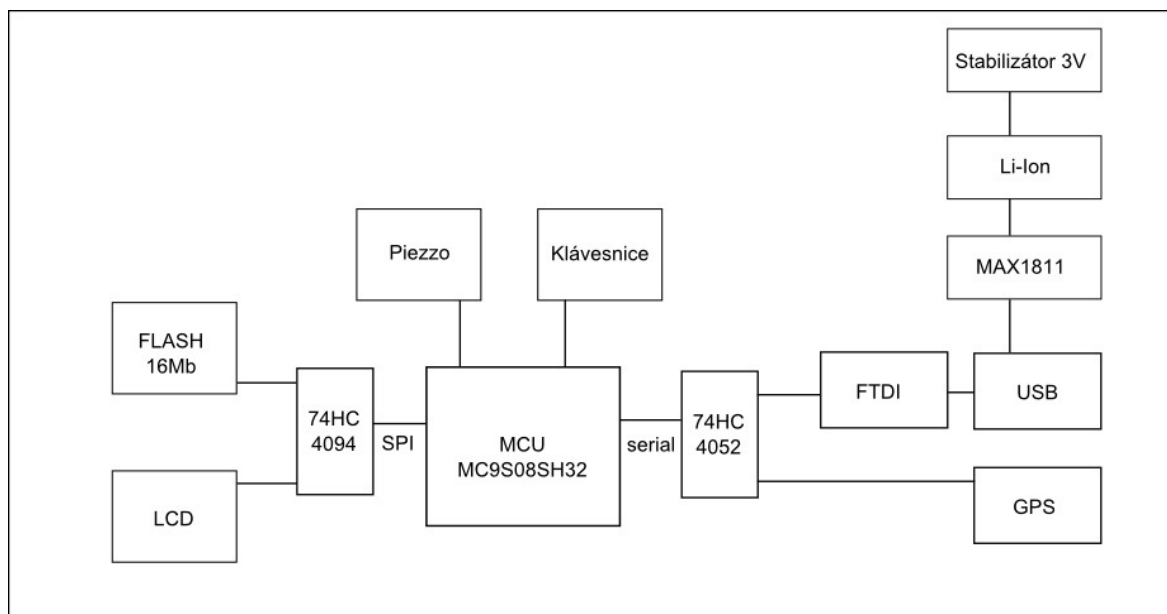


Obrázek 6 Programátor USB BDM MULTILINK USB-ML-12

3.1 Základy Eagle

Prostředí Eagle [8] verze 5.11 používá nestandardní rozhraní postavené z několika oken. Po spuštění by se mělo zobrazit hlavní z nich, pojmenované „Control Panel“. Z menu je třeba vybrat New – Project a zadat jméno nového projektu. Obdobným způsobem je potřeba vytvořit schéma plošného spoje, New – Schematic. Otevře se nové okno. Zde se klepnutím na ikonu Board  zobrazí třetí okno, deska plošného spoje. Uložení schématu a desky do adresáře projektu je zajištěna synchronizace obou oken. Nové součástky se na plochu schématu přidávají ikonou Add , pokud je nově otevřené dialogové okno prázdné, je třeba otevřít soubory s knihovnami součástek z menu Library – Use. V dialogovém okně Add jsou základní součástky rezistory a kondenzátory společně v rozbalovacím menu „resistors“ a podmenu R-EU_ pro rezistory a C-EU pro kondenzátory. Symbol uzemnění je skrytý v rozbalovacím menu supply1 – GND. Vybraná součástka se natočí poklepáním pravým tlačítkem myši a umístí levým klepnutím. Spojí se funkcí pod tlačítkem  Net a pravé tlačítko opět zaujímá funkci přizpůsobení polohy. Současně s přidáváním komponent v okně Schematic se ty samé komponenty přidávají do okna Board. Tam se musí vhodně umístit tak, aby se vlezly na plochu zamýšleného plošného spoje a zároveň aby je bylo možno reálně pospojovat vodivými cestami. Součástky v okně Board jsou posunovány tlačítkem Move , vodivé cesty mezi součástkami jsou tvořeny funkcí Route , špatně položená cesta je odstraněna funkcí Ripup .

4 PŘEHLED HARDWARE

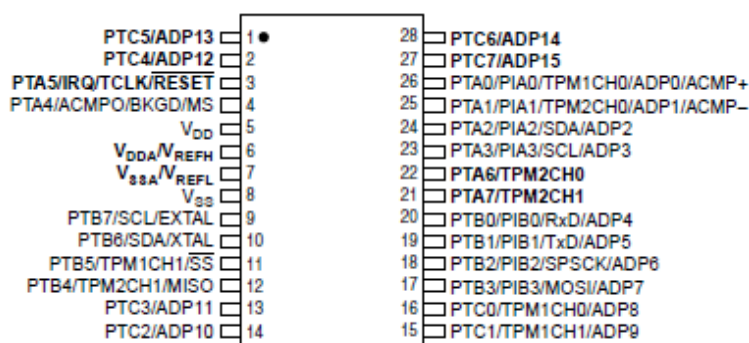


Obrázek 7 Blokové schema zapojení

4.1 Mikropočítač

Srdcem celého zapojení je 8mi bitový mikropočítač (MCU) Freescale MC9S08SH32 [9]. Mikropočítač Freescale byl zvolen z důvodu seznámení se s jeho architekturou v předmětu Základy programování mikropočítačů ve třetím ročníku. Hlavní parametry verze SH32 jsou [MC9S08SH32 datasheet]:

- 32 kB flash pro program, 1 kB RAM
- Napájení v rozsahu 2,7 – 5,5 V
- Odběr 8.7 - 9.6 mA při frekvenci 32 MHz, 1.2 μ A ve stavu spánku
- AD převodník, rozhraní SCI, SPI
- Single-wire připojení programátoru a debuggeru, možnost běžící program zastavit, číst a zapisovat hodnoty registrů a proměnných



Obrázek 8 Schéma zapojení pinů MCU MC9S08SH32 v pouzdře SOIC28

4.2 GPS

Byl zvolen GPS modul s integrovanou anténou Polstar PMB-648, postavený na čipu SiRFstarIII, který umí v jeden okamžik sledovat až 20 satelitů. Komunikace s MCU probíhá po sériové lince základní rychlostí 4800 bps textovým protokolem NMEA0183. Volitelně lze komunikaci přepnout do binárního protokolu SiRF, který nabízí větší možnosti konfigurace parametrů čipu.

4.2.1 NMEA 0183

Použitý GPS čip SiRFStarIII komunikuje v textovém formátu NMEA (National Marine Electronics Association) [10] a binárním SiRF po sériové lince přednastavenou rychlostí 4800 bps. NMEA je protokol používaný anglickým námořnictvem pro komunikaci v ponorkách. Komunikace probíhá textovými řetězci označovanými jako věty. Každá věta začíná znakem \$ a končí sekvencí ASCII znaků 13, 10. Hodnoty uvnitř věty jsou odděleny čárkami, poslední hodnota je oddělena hvězdičkou. Kromě netisknutelných ASCII znaků 13 a 10 jsou všechny ostatní tisknutelné znaky z intervalu <32, 127>. Každá věta obsahuje na konci svůj kontrolní součet, který se spočítá jako exkluzivní součet všech znaků mezi \$ a *. Protože výsledek operace XOR nemusí vyjít tisknutelný znak z povoleného rozsahu <32,127>, je kontrolní součet převeden do hexadecimálního tvaru a uložen do 2 bytů jako řetězec na konec věty, těsně před znaky 13, 10.

znak ,\$'	typ věty	čárkou odd. položky	znak *	kontrolní součet	ASCII 13, 10
(1B)	(5B)		(1B)	(2B)	(2B)

Tabulka 1 Struktura NMEA věty

Některé pokročilejší možnosti konfigurace použitého čipu jsou přístupné pouze pomocí binárního protokolu SiRF [11]. Komunikace probíhá obdobným způsobem, každá zpráva začíná binární sekvencí 0xA0, 0xA2, následuje informace o délce přenášené zprávy, pak samotná zpráva dlouhá až 1023 bytů, kontrolní součet a ukončovací sekvence 0xB0, 0xB3. Pro potřeby diplomové práce postačí konfigurace zprávy číslo 0x8F, vypnutí statické navigace. Statická navigace je funkce firmware čipu. Pokud firmware detekuje rychlost pohybu nižší, než nastavený práh, přestane aktualizovat svou polohu. Uživatelská aplikace bude dostávat informaci o nulové rychlosti pohybu a neměnné zeměpisné souřadnice dokud se rychlost pohybu opět nezvýší.

4.2.2 Komunikace SiRF

...

Například zpráva 137 ovlivní kvalitu vypočítaných souřadnic. Pro výpočet je potřeba signál ze tří satelitů a výpočet je tím nepřesnější, čím se jejich vzájemná poloha blíží přímce. Nastavením velké hodnoty parametrů DOP (Dilution of Precision) lze čip přimět k počítání za všech podmínek s rizikem nepřesných výsledků a nastavením malé hodnoty naopak přesnějších výsledků s rizikem nedostupnosti vypočítané polohy v případě zastínění signálu například vysokými domy nebo v sevřených údolích. Kvalitu vypočítaných souřadnic ovlivňuje i zpráva 140. Nastavuje nejhorší sílu signálu, při které čip ještě bere data ze satelitu v úvahu. Po překročení nastavené hodnoty se data z daného satelitu přestávají vyhodnocovat do doby, než se úroveň signálu opět nezlepší. V této práci je využita věta 143, která nastavuje tzv. chování statické navigace, popsané v teoretické části práce.



Obrázek 9 Použitý GPS modul Polstar PMB-648

4.3 Displej LCD

Zvolený displej je podsvícený tři-řádkový, napětí napájení může být buď 3,3 nebo 5 V. Datové rozhraní lze zvolit mezi paralelním, kompatibilním s řadičem HD44780, nebo SPI. Z důvodu ušetření datových vodičů bylo zvoleno rozhraní SPI. Při přenosu dat po SPI je do jisté míry také zachována kompatibilita s řadičem HD44780, většina datových slov je stejná, pouze se nepřenáší na jeden takt, jako u 8-bitového paralelního přenosu, ale sériově na 8 taktů. Výrobce navíc přidal 5 bitových proměnných, které svou hodnotou ovlivňují míru kontrastu zobrazených znaků.

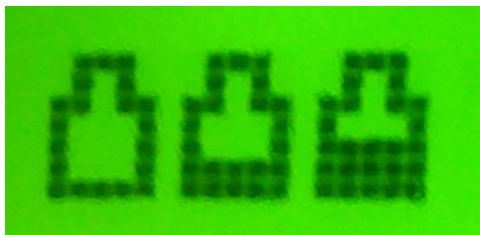
Uživatelské ovládání LCD displeje je zabaleno do 2 hlavních funkcí

```
void LcdSetPos(int sloupec, int radek);
```

```
void LcdString(char *s);
```

Funkce LcdSetPos() nastavuje kurzor na dané souřadnice. Levý horní znak displeje má souřadnici [0,0], pravý spodní [15,2]. Funkce LcdString() vypíše předaný řetězec od zadaných souřadnic a posune kurzor o vypsání počet znaků doprava. Jsou vypisovány pouze znaky do konce řádku, pokud je zadán řetězec delší, než kolik znaků zbývá do konce řádku, jsou přesahující znaky ignorovány.

Pro potřeby upozornění na nízký stav baterie byly vytvořeny 3 vlastní znaky symbolizující vybitou baterku. Piktogram bliká v pravém horním rohu displeje po zaznamenání 10% nebo nižší zbývajících kapacity baterie.



Obrázek 10 Uživatelsky vykreslené znaky

4.4 Flash paměť

Paměť je druhá komponenta, která s MCU komunikuje po rozhraní SPI a zároveň druhá komponenta, se kterou nelze komunikovat v přerušení. Parametry AT45DB161D:

- Napájecí napětí 2,7-3,6 V
- 4096 stránek, každá 528 bytů, celková kapacita 2,0625 MiB
- 2 vnitřní mezipaměti o kapacitě 528 B
- Odběr 7 mA při čtení, 25 μ A v klidu
- SPI rozhraní

4.4.1 Struktura dat

K paměti je přístupováno po stránkách o velikosti 528 B. První stránka je speciální, obsahuje čtyřbajtové magické číslo 1890456336 a sériové číslo přístroje. Magické číslo je ochranný prvek, zabráňuje použití přístroje s neinicializovanou pamětí nebo při poruše komunikace mezi mikropočítačem a flash pamětí. Bez jeho korektního přečtení se záznamník odmítne spustit.

1890456336	Sériové číslo	Nevyužito
(long int 4B)	(char[6] 6B)	(518B)

Tabulka 2 První stránka paměti flash

Další stránky mají v prvním bajtu zapsaný identifikační znak a po zbytek stránky mohou být vyplněny bloky dat. Velikost a strukturu bloků dat určuje identifikační znak.

ident. znak	blok dat	blok dat	...	blok dat	nevyužito
-------------	----------	----------	-----	----------	-----------

(char 1B)					
-----------	--	--	--	--	--

Tabulka 3 Obecný tvar stránky v paměti flash

Bloky dat se opakují až do konce stránky, pokud jejich délka nedělí dostupnou velikost paměti 527 B beze zbytku, zůstane na konci stránky nevyužité místo.

Definovaný blok dat ‚Z‘ pro ukládání skládek dřeva má strukturu:

Číslo skládky (int 2B)	Latitude (double 8B)	Longitude (double 8B)	Čas (char[6] 6B)	Datum (char[6] 6B)
---------------------------	-------------------------	--------------------------	---------------------	-----------------------

Tabulka 4 Blok dat pozice skládky dřeva

Blok má velikost 30 B, do jedné stránky se vejde 17 celých bloků. Celá dostupná paměť 4095 stránek pojme až 69615 takových bloků. Začátek stránky může vypadat následovně:

Z (1B)	1 (2B)	49, 12 (8B)	17, 78 (8B)	081516 (6B)	190512 (6B)	2 (2B)	49, 23 (8B)	17, 64 (8B)	...
-----------	-----------	----------------	----------------	----------------	----------------	-----------	----------------	----------------	-----

Tabulka 5 Příklad začátku stránky s uloženým blokem ‚Z‘

4.4.2 Předcházení degradace

Nevýhodou technologie flash je postupná degradace paměťových buněk, opakované přepisování vede časem k jejich úplnému zničení. Proces opotřebení je oddalován rovnoměrným využitím paměti. V reálném nasazení se předpokládá špičkové zaplnění v jednotkách procent, proto lze až několikanásobně prodloužit životnost čipu.

Předcházení využívá jednoduchého principu, po nahrání dat do počítače se už nepotřebná data v paměti smažou a za poslední stránku se uloží značka. Firmware mikropočítače po spuštění hledá první stránku se zapsaným blokem informací nebo značku po smazání dat a pokračuje v zápisu od této stránky.

4.4.3 Ošetření chyb

Společně s flash pamětí sdílí rozhraní SPI i displej. Součástí firmware je zabudovaná ochrana proti chybě programátora, který by se snažil zapisovat do obou periférií zároveň, například v přerušení. Všechny vyšší funkce pro práci s displejem nejprve zavolají funkci **void CsLcd(void);**

a všechny funkce pro práci s flash pamětí zavolají

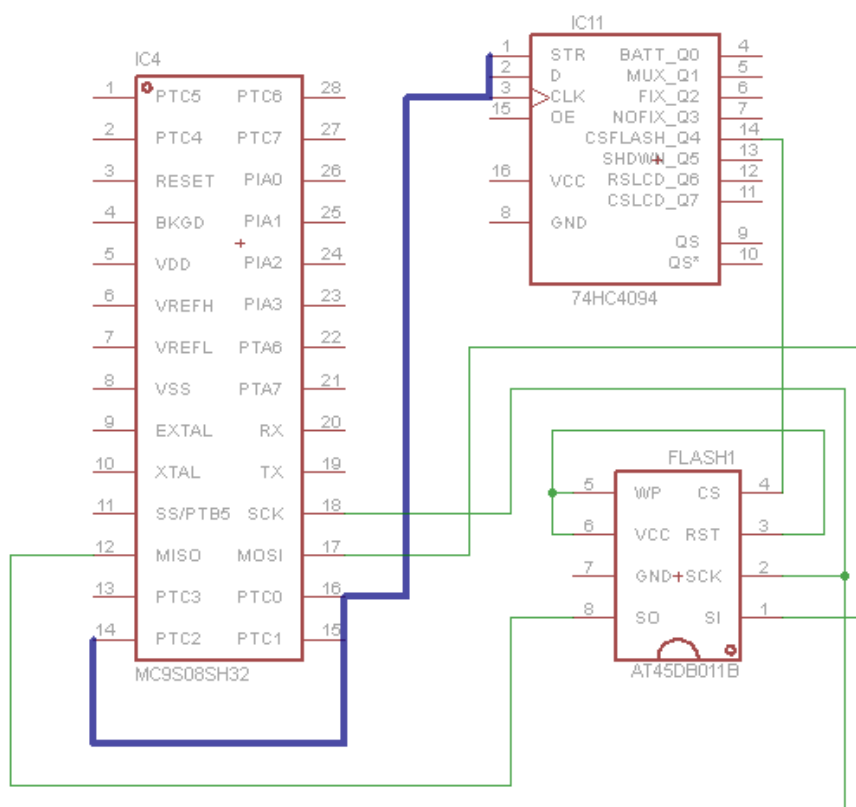
```
void CsFlash(void);
```

Obě funkce obsahují test na příznaky `sh_csFlash` a `sh_csLcd`, pokud jeden z nich není roven nule, pak nebyla zavolána ukončující funkce

```
void CsNone(void);
```

nebo se stále pracuje s jednou periférií. Oba případy jsou považovány za chybu a program skončí v nekonečné smyčce funkce

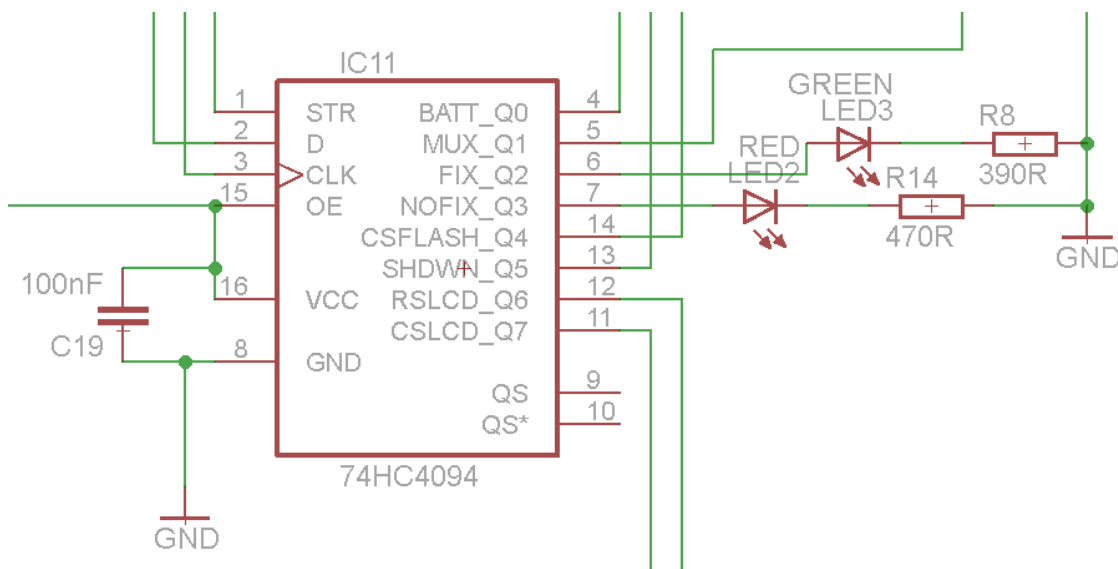
```
void Zastav(int i);
```



Obrázek 11 Schéma zapojení flash paměti AT45DB161D

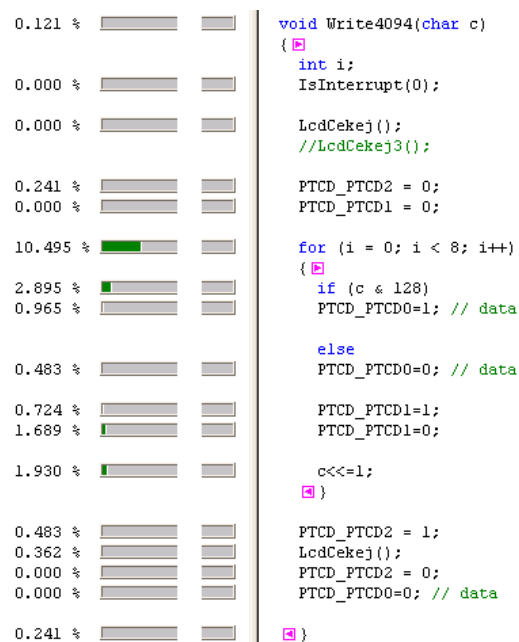
4.5 Posuvný registr 74HC4094

- Napájecí napětí 2 – 6 V (rodina 74HC) [FAMILY SPECIFICATIONS, HCMOS family characteristics]
- Maximální frekvence hodinového signálu: 95 MHz



Obrázek 12 Schéma zapojení posuvného registru 74HC4094

Posuvný registr v zapojení navyšuje počet výstupních pinů MCU o 5. Na vstup je přiváděn hodinový signál (CLK), data (D) a „strobe input“ (STR). Čip posuvného registru čeká na náběžnou hranu hodinového signálu, přečte logickou úroveň signálu data a uloží ji do vnitřního registru. Mikropočítač odešle 8 datových hodnot a vyšle pulz na vstup STR, tím se hodnoty z vnitřních registrů dostanou na vnější piny čipu. Pro změnu jediného bitu je vždy znovu odesláno všech 8 a to mírně zdržuje komunikaci.



Obrázek 13 Výsledky profileru

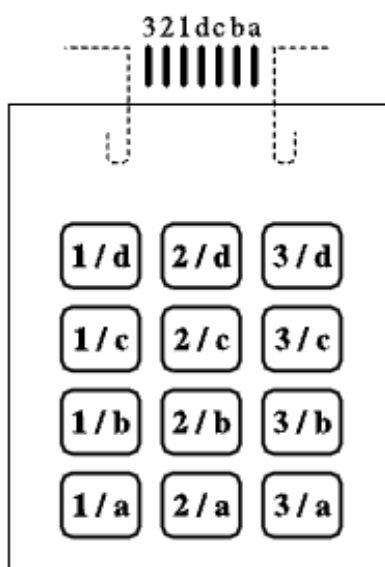
Na piny posuvného registru jsou připojeny komponenty:

0. P-Mosfet, připojuje napěťový dělič a na něj navázaný AD-převodník, který zjišťuje stav napětí na baterii. V režimu spánku je po většinu doby odpojený z důvodu minimalizace odběru proudu.

1. Multiplexer 74HC4052, připojený pin rozhoduje, zda bude MCU komunikovat s čipem GPS nebo s počítačem pomocí čipu FTDI.
2. Zelená led dioda, svítí když je čip GPS zná svou polohu.
3. Červená led dioda, svítí když čip GPS nemá signál. Pokud stav nabití baterie poklesne pod 10 %, rozsvícená dioda začne blikat.
4. „Chip select“, logická nula aktivuje SPI přenos mezi MCU a čipem flash paměti.
5. „Shutdown“ pin stabilizátoru. Logická jednička drží celý obvod v zapnutém stavu. Vypínací sekvence nejprve odpojí ostatní součástky a nakonec přivede logickou nulu na tento pin, tím odpojí mikropočítač od napětí a sníží odběr proudu z baterie do řádu desetin μA . Obvod uvede do provozu až připojení USB kabelu.
6. „Registr Select“ pin, logická hodnota na pinu určuje, jestli má řadič LCD přijímaným hodnotám stavět jako k instrukcím nebo jako k datům.
7. „Chip select“, logická nula aktivuje SPI přenos mezi MCU a LCD displejem. Logická nula na obou pinech je vyhodnocena jako kritická chyba.

4.6 Klávesnice TS 523 6157

- Maticové spínání 3x4, 12 kláves
- Životnost $>10^6$ sepnutí [12]



Obrázek 14 Zapojení klávesnice

Klávesnice je velmi náročná na počet obsazených pinů, celkem využívá 4 obecné vstupně - výstupní piny a 3 piny s aktivovaným přerušením. 4 obecné piny přivádí napětí na 4 řádky klávesnice, tlačítka jsou ve stavu rozepnuto dokud není některé zmáčknuto. Zmáčknutím tlačítka dojde ke spojení vodivé cesty na některý ze tří pinů a vyvolá přerušení. V obsluze přerušení je ze znalosti řady a sloupce identifikováno tlačítko, které přerušení vyvolalo. Jeho identifikátor je uložen do globální proměnné `int keyDown`. Obsluha klávesnice neumí rozeznat dvě zmáčknuté tlačítka v jeden okamžik.

Dlouhé stisknutí tlačítka ,7‘ uvede MCU do stavu spánku. V tomto režimu je MCU periodicky probouzen časovačem a kontroluje stav napětí baterie. Jiné přerušení než od časovače vyvolá zapnutí záznamníku. Aby nedocházelo k zapnutí libovolnou klávesou, je napětí přivedeno jen na první řadu tlačítek a přerušení vyvolá jen pin přiřazený k prvnímu sloupci, tím je zajištěno, že jediné klávesa ,7‘ vyvolá patřičné přerušení a probudí MCU.

4.7 FTDI

Čip FTDI zprostředkovává komunikaci mezi MCU a počítačem po rozhraní USB. Na straně MCU se chová jako asynchronní sériové rozhraní, na straně počítače vytváří virtuální COM port.

- Ovladače pro Linux, Mac OS, Windows od XP po 7 včetně 64bitových verzí
- Napájení z USB 5V

Na plošném spoji je s čipu FTDI připojena další flash paměť 93C46. Čip FTDI si z ní čte konfigurační data, například sériové číslo nebo požadovaný odběr proudu ze sběrnice USB. Konfiguraci zajišťuje utilita FT_Prog [13]

4.8 Multiplexer 74HC4052

Nastavení multiplexeru rozhoduje, kdo z dvojice GPS čip - FTDI čip bude komunikovat s MCU. Defaultně komunikuje GPS čip a teprve signál DTR z FTDI čipu aktivuje komunikaci po USB.

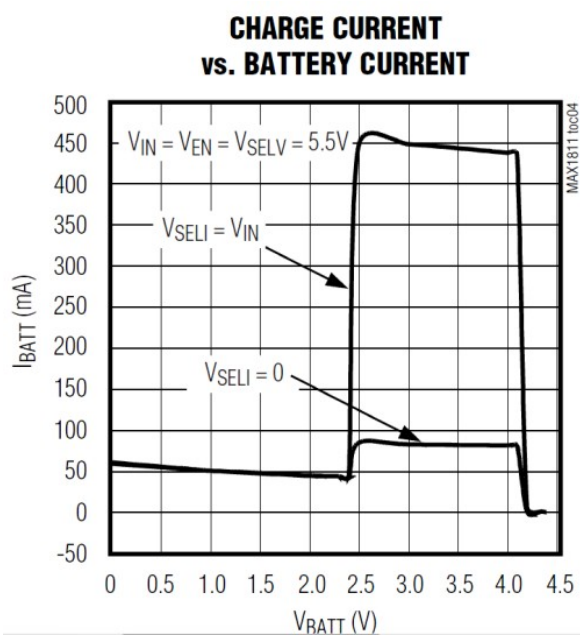
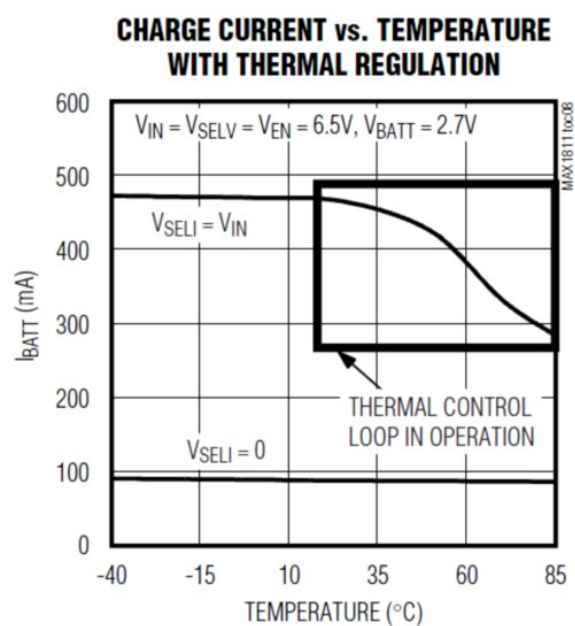
4.9 Nabíječka MAX1811

Jednočipová nabíječka Li-Ion baterií.

- Napájecí napětí 5 V z USB, max. 500 mA

- Volitelné maximální napětí baterie 4,2 nebo 4,1 V
- Tepelná ochrana

Požadavek na zařízení byl provoz na baterii a komunikaci s počítačem po sběrnici USB. Sběrnice USB 2.0 poskytuje zdroj napětí 5 V při maximálním odběru 500 mA. Nabíječka MAX1811 je konstruovaná přímo na míru sběrnici USB 2.0 a umí korektně nabíjet Li-Ion články, které mají svůj specifický průběh nabíjení. Připojenému bateriovému článku je nejprve otestována napěťová úroveň. Baterie s napětím nižším než 2,5 V je nabíjena konstantním proudem 43 mA [14] dokud napětí nevystoupá nad 2,5 V. Nabíjení plným nabíjecím proudem by mohlo vadné baterie přehřát a ty by mohly poškodit své okolí. Pak se články nabíjí proudem 500 mA až na nastavenou hodnotu 4,1 V. Použitý typ baterie dovoluje nabíjení až na 4,2 V, ale při nižších maximálních napětích výrobce slibuje delší životnost.



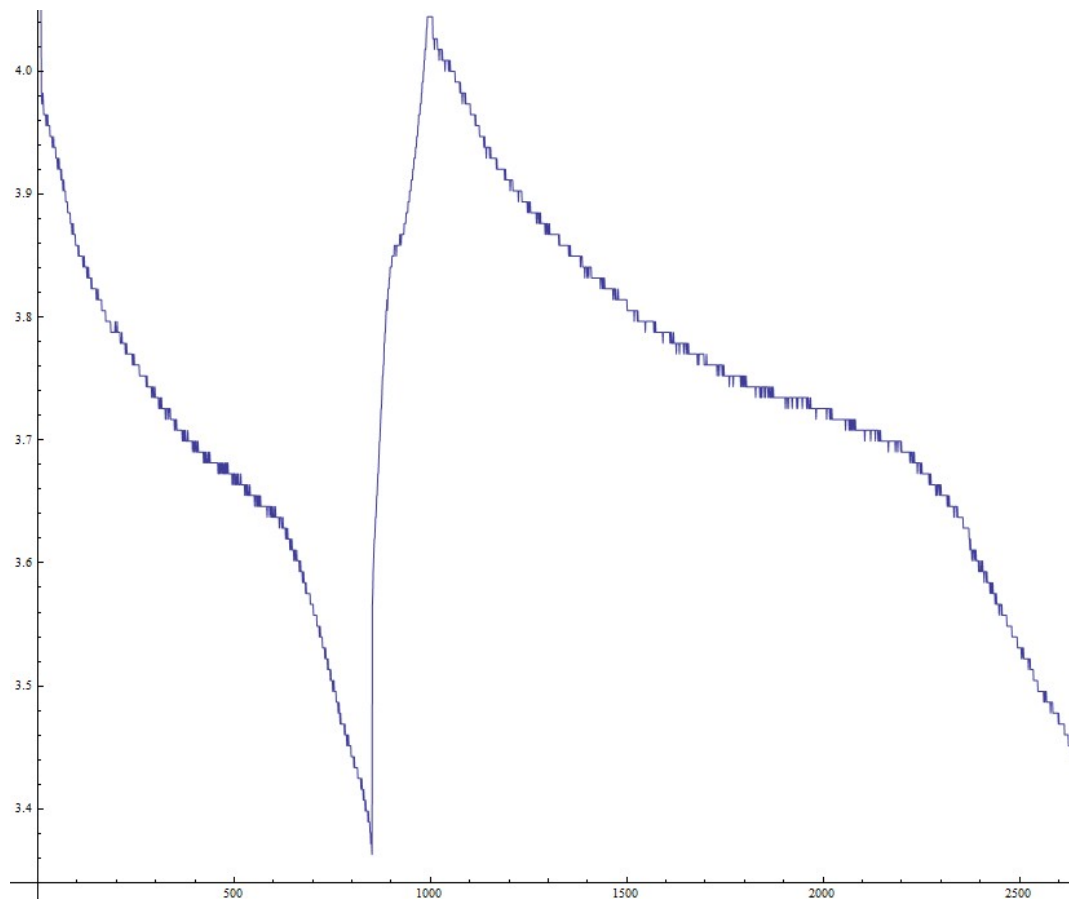
Obrázek 15 Nabíjecí proud v závislosti na napětí baterie

Obrázek 16 Proudové omezování v závislosti na teplotě

Nabíječka má zabudovanou ochranu proti přehřátí, s rostoucí teplotou začne omezovat nabíjecí proud. Teplo generované nabíječkou je od baterie odděleno deskou plošného spoje a neohřívá ji přímo. Nabíječka umí chránit nejenom sebe, ale i nabíjený akumulátor. Po dosažení maximálního napětí již dále nenabíjí a akumulátor k ní tak může být připojen trvale. Opačný extrém hlídá firmware mikropočítače. Periodicky zjišťuje napětí baterie a při poklesu pod 10 % kapacity varuje uživatele blikajícím symbolem vybité baterie na displeji a blikáním led diod. Při poklesu napětí pod 3,55 V MCU automaticky zajistí odpojení napájení celého zařízení.

V zapnutém stavu závisí odběr proudu na stavu podsvětlení displeje. Bez podsvětlení je odběr 40 mA a plně nabitě zařízení vydrží 24 hodin nepřetržitého provozu na baterii 1500 mAh. Se zapnutým podsvětlením je odběr dvojnásobný a doba provozu poloviční. Ve stavu spánku, kdy MCU periodicky kontroluje napětí baterie je odběr zařízení 0,5 mA, plně nabitou baterii by tento proud vybil za 180 dní, proto po 10-ti dnech dochází k odpojení MCU od baterie.

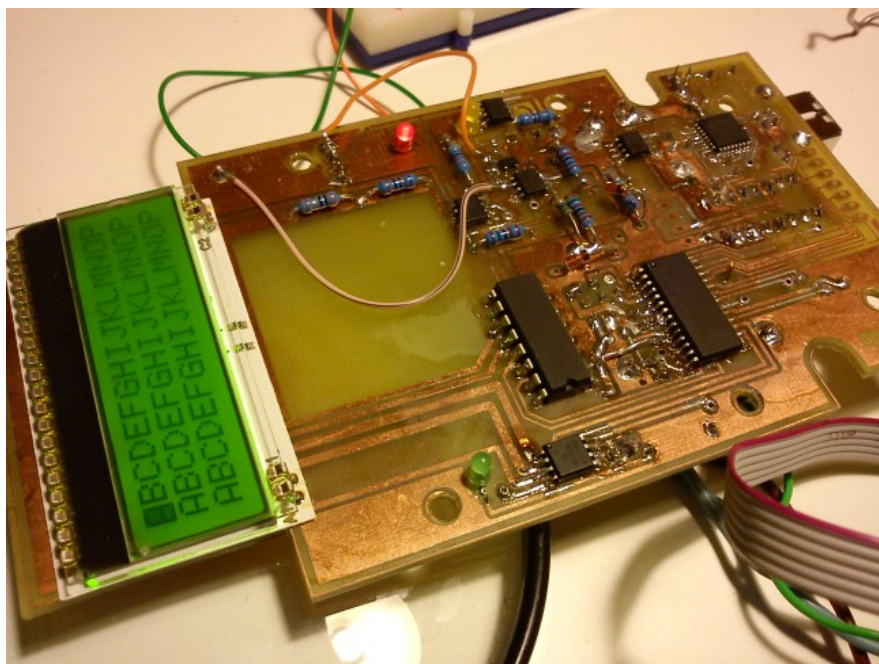
Ochranu proti zkratu baterie zastává polyswitch (vratná pojistka). Polyswitch je elektronický ochranný prvek, který zvýší svůj odpor, pokud přes něj protéká proud větší, než na jaký je konstruován. Po určité době polyswitch svůj odpor zase zmenší. Do obvodu se zapojuje sériově hned za zdroj.



Obrázek 17 Průběh napětí na baterii při vybíjecím proudu 80 mA a 40 mA

4.10 Krabička

Obal záznamníku tvoří plastová krabička Hammond 1553D [15]. Gravírováním bylo na přední straně vytvořeno místo pro klávesnici a celá přední strana byla přelepena štítkem. Byly odstraněny 4 vnitřní sloupky v místě baterie a na zadní stranu byl přilepen štítek se sériovým číslem.



Obrázek 18 Druhý prototyp



Obrázek 19 Finální výrobek

5 FIRMWARE

Firmware je napsaný v jazyce C, kompletní zdrojové kódy jsou přiloženy na CD. Po spuštění zkontroluje, zda první stránka paměti flash obsahuje magické číslo, vyžádá od uživatele PIN a čeká, až GPS čip získá svou pozici. Poté se objeví hlavní obrazovka, ve které hlavní program ve smyčce čeká na zásah uživatele a v přerušení čte data z GPS čipu. Po stisknutí tlačítka Ulož zkontroluje, zda GPS čip pořád zná svou polohu a v kladném případě tuto uloží na flash paměť.

Připojení k počítači je indikováno nápisem na displeji, po dobu komunikace není možné záznamník ovládat z klávesnice. Data do počítače se posílají v surové podobě tak, jak jsou uložena ve flash paměti. Veškeré převody obstarává až program v počítači. To je z důvodu malé výpočetní síly mikropočítače.

5.1 Testovací program

Nad rámec zadání práce byl vytvořen jednoduchý program ve vývojovém prostředí Delphi, který demonstruje komunikaci se záznamníkem.

6 TEST V TERÉNU

6.1.1 Doporučení pro používání GPS

Testování v reálném prostředí přineslo několik postřehů k obecnému používání GPS přijímačů. Jako nejdůležitější se ukázala nutnost přístroj zapínat v místě s dobrým výhledem na oblohu a po dobu, než získá svou polohu, nehýbat s anténou, což v tomto konkrétním případě znamená nepohybovat s celým zařízením, protože anténa je umístěna v jeho vnitřku a nelze nahradit externí anténou.

Nelze doporučit zapínat přístroj na místě s omezeným výhledem, například v okně spodního patra vícepatrových domů. GPS čip sice po několika minutách vypočítá svou polohu, ale ta je zatížena velkou chybou.



Obrázek 20 Test příjmu signálu GPS stíněného korunami stromů

ZÁVĚR

Cílem práce bylo vytvořit mikropočítačový systém pro ukládání pozic skládek dřeva. Práce navazovala na znalosti získané předchozím studiem a rozšiřovala je. Bylo nutné vybrat vhodné součástky, naučit se jejich vlastnosti a složit je v jeden funkční celek.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The aim was to create a microcomputer system for logging positions of wood stocks. Work followed on the knowledge acquired in previous studies and extend them. It was necessary to select appropriate components to learn their properties and put them together into one functional unit.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [0] Zeměměřický úřad. [online]. 2012 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: http://czepos.cuzk.cz/_servicesProducts.aspx
- [2] ESA. *Galileo* [online]. 2012 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: <http://www.esa.int/esaNA/galileo.html>
- [3] Space and Tech. *Galileo* [online]. 2012 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: http://www.spaceandtech.com/spacedata/constellations/glonass_consum.shtml
- [4] TRADITIONAL MOUNTAINEERING. *GPS Selective Availability signal degradation was discontinued May 1, 2000!* [online]. 2012 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: http://www.traditionalmountaineering.org/FAQ_GPS-Accuracy.htm
- [5] Kýblsoft. *Izometrická 3D mapa České republiky* [online]. 2012 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: <http://osm.kyblsoft.cz/3dmapa/>
- [6] PaJa-trb. *Eagle* [online]. 2012 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: <http://www.paja-trb.unas.cz/elektronika/eagle.html>
- [7] HW.cz. *OpenSourceBDM* [online]. 2012 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/konstrukce/opensourcebdm-jednoduchy-programator-pro-mikrokontrolery-freescale-s08-a>
- [8] JURÁNEK, Antonín a Miroslav HRABOVSKÝ. *EAGLE pro začátečníky /: uživatelská a referenční příručka* .: 2. vydání. Praha: BEN – technická literatura, 2007, 191 s. ISBN 80-730-0213-2.
- [9] FREESCALE SEMICONDUCTOR. *MC9S08SH32 datasheet Rev.2* [online]. 2008. Dostupné z: www.freescale.com
- [10] Abc linuxu. *GPS a komunikační protokol NMEA - 1 (princip, historie)* [online]. 2006 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: <http://www.abclinuxu.cz/clanky/ruzne/gps-a-komunikacni-protokol-nmea-1-princip-historie>
- [11] SIRF TECHNOLOGY, INC. *SiRF Binary Protocol Reference Manual Rev.2.4* [online]. 2008. Dostupné z: gpsd.googlecode.com/files/SiRF-SiRF-v2_4.pdf
- [12] TT Klávesnice. *Standardní typy klávesnic* [online]. 2011 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: http://www.ttklavesnice.cz/cs/soubory/TS_523_6156_6157.pdf

-
- [13] FTDI Chip. *Utilities* [online]. 2011 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z:
<http://www.ftdichip.com/Support/Utilities.htm>
- [14] MAXIM. USB-Powered Li+ Charger Datasheet [online]. 2003. Dostupné z
www.alldatasheet.com
- [15] HAMMOND. 1553D [online]. Dostupné z
<http://www.hammondmfg.com/pdf/1553D.pdf>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

bps	Baudy za sekundu
GPS	Globální poziční systém
NMEA	National Marine Electronics Association.
UART	Univerzální asynchronní sériové rozhraní.
DIL	Dual in-line package
SPI	Serial Peripheral Interface
MCU	Mikropočítačová jednotka
Eagle	Easily Applicable Graphical Layout Editor
RAM	Random access memory
SCI	Serial communications interface
DOP	Dilution of Precision

SEZNAM OBRÁZKŮ

III	OBRÁZEK 1 ROZPTYL SOUŘADNIC PŘED A PO VYPNUTÍ SELEKTIVNÍ DOSTUPNOSTI GPS [4].....	12
IV	OBRÁZEK 2 3D MAPA AREÁLU SVIT VYTVOŘENÁ Z GEOGRAFICKÝCH DAT POD SVOBODNOU LICENCÍ [5].....	12
V	OBRÁZEK 3 EAGLE.....	15
VI	OBRÁZEK 4 SOIC - DIL ADAPTÉR.....	17
VII	OBRÁZEK 5 TESTOVÁNÍ OBVODU NA NEPÁJIVÉM POLI.....	17
VIII	OBRÁZEK 6 PROGRAMÁTOR USB BDM MULTILINK USB-ML-12 18	
IX	OBRÁZEK 7 BLOKOVÉ SCHEMA ZAPOJENÍ.....	20
X	OBRÁZEK 8 SCHÉMA ZAPOJENÍ PINŮ MCU MC9S08SH32 V POUZDŘE SOIC28.....	21
XI	OBRÁZEK 9 POUŽITÝ GPS MODUL POLSTAR PMB-648.....	23
XII	OBRÁZEK 10 UŽIVATELSKY VYKRESLENÉ ZNAKY.....	24
XIII	OBRÁZEK 11 SCHÉMA ZAPOJENÍ FLASH PAMĚTI AT45DB161D. .26	
XIV	OBRÁZEK 12 SCHÉMA ZAPOJENÍ POSUVNÉHO REGISTRU 74HC4094.....	27
XV	OBRÁZEK 13 VÝSLEDKY PROFILLERU.....	27
XVI	OBRÁZEK 14 ZAPOJENÍ KLÁVESNICE.....	28
XVII	OBRÁZEK 15 NABÍJECÍ PROUD V ZÁVISLOSTI NA NAPĚTÍ BATERIE.....	31
XVIII	OBRÁZEK 16 PROUDOVÉ OMEZOVÁNÍ V ZÁVISLOSTI NA TEPLOTĚ.....	31
XIX	OBRÁZEK 17 PRŮBĚH NAPĚTÍ NA BATERII PŘI VYBÍJECÍM PROUDU 80 MA A 40 MA.....	33
XX	OBRÁZEK 18 DRUHÝ PROTOTYP.....	34
XXI	OBRÁZEK 19 FINÁLNÍ VÝROBEK.....	34
XXII	OBRÁZEK 20 TEST PŘÍJMU SIGNÁLU GPS STÍNĚNÉHO KORUNAMI STROMŮ.....	36

SEZNAM TABULEK

XXIII TABULKA 1 STRUKTURA NMEA VĚTY.....	22
XXIV TABULKA 2 PRVNÍ STRÁNKA PAMĚTI FLASH.....	24
XXV TABULKA 3 OBECNÝ TVAR STRÁNKY V PAMĚTI FLASH.....	25
XXVI TABULKA 4 BLOK DAT POZICE SKLÁDKY DŘEVA.....	25
XXVII TABULKA 5 PŘÍKLAD ZAČÁTKU STRÁNKY S ULOŽENÝM BLOKEM ,Z‘	25

SEZNAM PŘÍLOH

P I	Seznam Součástí
P II	Deska plošného spoje
P III	Deska plošného spoje spodní strana

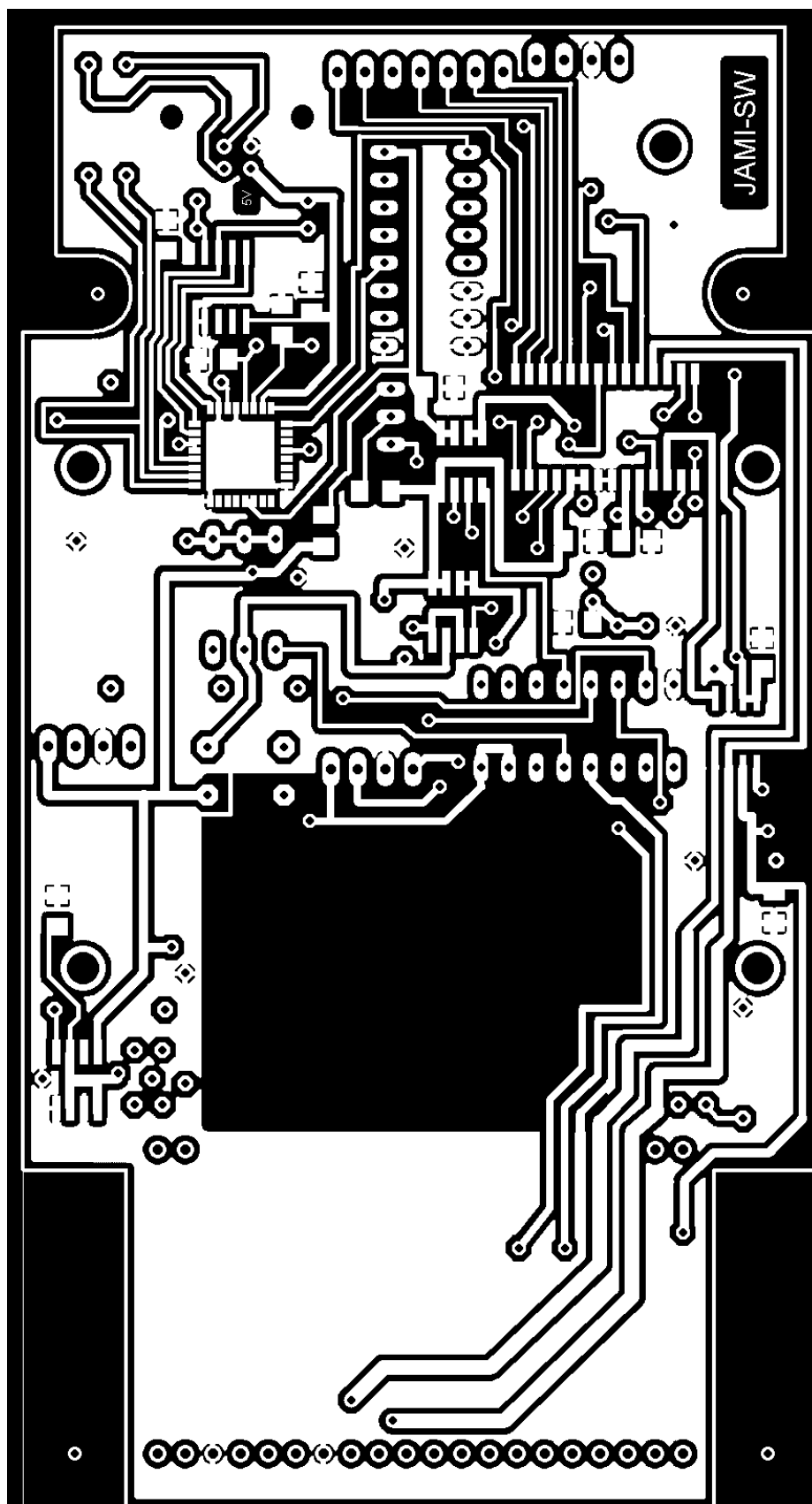
PŘÍLOHA P I: SEZNAM SOUČÁSTEK

Označení	Hodnota	Pouzdro
BATT1	Li-ion	PINHEAD_4_90
C1	100nF	C1206
C2	22uF	SMC_D
C3	22uF	SMC_D
C4	2u2	SMC_D
C5	22uF	SMC_D
C6	12pF	C1206
C7	27pF	C1206
C8	27pF	C1206
C9	12pF	C1206
C10	680n	C1206
C11	680n	C1206
C12	100nF	C1206
C13	100nF	C1206
C14	100nF	C1206
C15	22uF	SMC_D
C16	33nF	C1206
C17	100nF	C1206
C18	100nF	C1206
C19	100nF	C1206
C20	100nF	C1206
C21	4u7	SMC_D
D1	BAT42	DO35-10
D2	BAT42	DO35-10
D3	BAT42	DO35-10
FLASH 1	AT45DB011B	SOIC8
FLASH 2	EEPROM_93C46	SOIC8
IC1	P-FET	IRF7314
IC3	FT232BL	LQFP32
IC4	MC9S08SH32	SOIC28
IC5	GPS	PINHEAD_4_90
IC6	P-FET	IRF7314
IC7	LCD_DOG	LCD_DOG
IC8	MAX1811	SO8
IC9	MCP1801	MCP1801
IC11	74HC4094	DIL16
JP2	KEYB	1X07/90
JP3	reset	P-B1720
"LED1"	YELLOW	LED3MM
"LED2"	RED	LED3MM

"LED3"	GREEN	LED3MM
--------	-------	--------

Označení	Hodnota	Pouzdro
Q1	6MHz	HC18U-V
Q2	32768Hz	TC26V
R1	1k5	0207/10
R2	680	0207/10
R3	1k5	0207/10
R4	470R	0207/10
R5	27R	0207/10
R6	10k	0207/10
R7	5k	0207/10
R8	390R	0207/10
R9	2k2	0207/10
R10	1k5	0207/10
R11	3k6	0207/10
R12	10k	0207/10
R13	27R	0207/10
R14	470R	0207/10
R15	10M	0207/10
R16	0R	0207/10
R17	20R	0207/10
R18	10k	R1206
R19	10k	0207/10
R20	5k6	R1206
R21	100k	R1206
REP1	PIEZZO	PIEZZO
T1	BC546	TO92-CBE
U\$1	74HC4052	DIL16
U\$3	BKGD	PINHEAD_4
X1	usb	USB-B-H

PŘÍLOHA P II: DESKA PLOŠNÉHO SPOJE



PŘÍLOHA P III: DESKA PLOŠNÉHO SPOJE SPODNÍ STRANA

