

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF INTELLIGENTS SYSTEMS

PROTOTYP OUTDOOROVÉHO POČÍTAČE NA PLATFORMĚ FITKIT

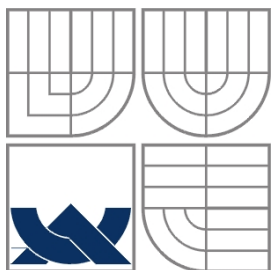
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

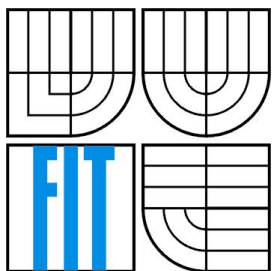
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PAVEL RÖHRICH

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF INTELLIGENTS SYSTEMS

PROTOTYP OUTDOOROVÉHO POČÍTAČE NA PLATFORMĚ FITKIT

PROTOTYPE OF OUTDOOR COMPUTER ON THE FITKIT PLATFORM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

PAVEL RÖHRICH

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ NOVOTNÝ

BRNO 2013

Abstrakt

V této práci je popsán prototyp, který je vybudován na platformě FITkit a je zapojen v nepájivém poli. Prototyp provádí sběr dat o pozici zařízení pomocí GPS modulu Leadtek LR9552 a dále sběr dat o teplotě okolního vzduchu pomocí převodníku teplota/napětí AD22100. Tato data jsou uložena na MMC kartu formátovanou se souborovým systémem FAT 16 a reprezentována na grafickém displeji. Data jsou uložena na kartu a mohou být reprezentována pomocí volně dostupných programů, například Google Earth nebo QLandKarte GT.

Abstract

In this thesis is described prototype, which is built on a platform FITkit and is involved in the solderless breadboard. The prototype collects data about the position from the GPS module Leadtek LR9552 and collect data about air temperature with temperature / voltage converter AD22100. This data is stored on the MMC card formatted with FAT 16 file system and is represented in the graphical display. Data is stored on the file and can be represented using freely available software such as Google Earth or QLandKarte GT.

Klíčová slova

MMC, leadtek LR9552, GPS, MSP430, AD převodník, SPI, UART, FITkit, OM6208, LPH 7690, AD22100, FAT 16.

Keywords

MMC, leadtek LR9552, GPS, MSP430, A/D converter, SPI, UART, FITkit, OM6208, LPH 7690, AD22100, FAT 16.

Citace

Pavel Röhrich: Prototyp outdoorového počítače na platformě FITkit, bakalářská práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2013.

Prototyp outdoorového počítače na platformě FITkit

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Tomáše Novotného. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

.....
Pavel Röhrich
14.5.2013

Poděkování

Rád bych za ochotu a skvělé vedení poděkoval Ing. Tomáši Novotnému. Dále svým rodičům Janě a Jaroslavu Röhrichovým za trpělivost, kterou se mnou měli v průběhu tvorby této práce.

© Pavel Röhrich, 2013

Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů.

Obsah

Obsah.....	1
1 Úvod.....	3
Teorie.....	4
2 FITkit.....	4
2.1 Využité části z platformy FITkit.....	4
2.1.1 MSP430F2617TPM.....	5
2.1.2 FPGA.....	5
2.1.3 Klávesnice	5
3 Připojené moduly.....	6
3.1.1 Asynchronní sériový přenos.....	6
3.1.2 Synchronní sériový přenos - SPI.....	6
3.1.3 AD převodník.....	7
3.2 Displej.....	7
3.3 GPS modul Leadtek LR9552.....	8
3.3.1 Přenos dat.....	8
3.3.2 Systém GPS.....	13
3.4 MMC karta.....	16
3.4.1 FAT systém.....	16
Návrh.....	17
4 Fyzické připojení.....	17
4.1 Připojení teplotního čidla.....	17
4.2 Připojení GPS modulu.....	18
4.3 Připojení MMC karty.....	18
4.4 Připojení displeje.....	19
5 Uživatelské rozhraní	21
5.1 Aktuální stav zařízení.....	22
5.2 Návrh položek menu.....	22
Implementace.....	23
6 Měření teploty.....	23
7 Komunikace s GPS modulem.....	24
8 Komunikace MMC karty.....	25
8.1 FAT systém.....	26
9 Práce s displejem.....	28
10 Implementace uživatelského rozhraní.....	29

10.1 Připojení klávesnice.....	29
10.2 Položky menu.....	29
10.2.1 Záznam na kartu.....	30
10.2.2 Průběh teploty.....	31
10.2.3 Výškový profil.....	31
11 Překlad.....	33
12 Testování.....	34
13 Závěr.....	36
Literatura.....	37
Seznam příloh.....	39

1 Úvod

I v dnešní době plné chytrých zařízení, které nabízí širokou škálu funkcí a možností, si na trhu najdou místo specializovaná zařízení, která mají pouze několik málo funkcí. Je to právě z důvodů jejich jednoduchosti a zaměřením právě na danou funkčnost. Asi největší výhodou specializovaných zařízení je možnost výrobců přizpůsobit zařízení přesně pro daný účel.

Pod pojmem outdoorový počítač je myšleno zařízení pro venkovní použití, které zaznamenává a zobrazuje řadu veličin. Takový přístroj má velký význam především pro sportovce. Často má toto zařízení tvar hodinek a funkční vybavení například pro měření tělesné aktivity, tlaku vzduchu, polohy a další. V případě jednodušších verzí se seznam funkcí, kterými oplývají, redukuje na to podstatné a tím je především sledování a záznam polohy. Tuto funkci zajišťuje systém GPS, což je celosvětový systém pro určování polohy.

Využití nalezneme hlavně ve sportech, kde uživatel dokáže ocenit statistické údaje o tom, jak dlouho byl na cestě, jaká byla jeho průměrná rychlost, kudy šel nebo jel, jaký byl výškový profil trasy. Všechny tyto údaje samozřejmě dokáže získat a vyhodnotit chytrý telefon s GPS modulem a vhodnou aplikací. Nicméně stále se bude jednat o telefon, což je docela rozměrné a křehké zařízení. Oproti tomu outdoorové počítače, pokud jsou velikosti hodinek, mají nespornou výhodu v ergonomii užívání pro sportovce, kteří mají speciální oděv ke sportu bez možnosti uložení rozměrného mobilního telefonu. Pokud chcete v průběhu sportovního výkonu zjistit údaje o trase, tak je rozhodně jednodušší podívat se na hodinky, než vytahovat mobil z kapsy. V případě horské turistiky uživatel ocení každý gram hmotnosti, který nemusí nosit s sebou. Stále ale toto zařízení bude spíše pro profesionální sportovce či turisty.

Cílem této práce je vytvořit jednodušší outdoorový počítač na níže popsané platformě FITkit. Samotná platforma, i přes svoji vybavenost, neposkytuje dostatečné množství funkcí a proto byly v rámci projektu použity ještě další moduly zapojené do nepájivého pole. Jedná se o modul GPS, MMC kartu, teplotní čidlo a grafický monochromatický displej. I přesto, že FITkit má displej, je využit jiný, kvůli tomu, že vestavěný displej je segmentový, tedy dokáže zobrazovat symboly, ale nedokáže vykreslit graf.

Teorie

Abychom mohli nastudovat podklady, co má náš prototyp dělat, bylo nejprve nutno podívat se, co nabízí současný trh. Jako vzorová ukázka outdoorového počítače nám vystačí dva výrobky a to Garmin fenix a Suunto Ambit.

Garmin fenix¹: Jedná se o outdoorové hodinky s přijímačem GPS. Získaná data se ukládají a umožňují uživateli je dále analyzovat. To dává možnost zpětné navigace po prošlé trase nebo podpora hry Geocaching. Konektivitu zaručuje možnost připojení k počítači za pomoci USB, či podpora Bluetooth. Výdrž tohoto zařízení je se zapnutým GPS až 50 hodin a s vypnutým 6 týdnů. Jedná se tedy o zařízení, kde spotřeba energie hraje roli.

Suunto Ambit²: Jedná se o outdoorové hodinky s GPS přijímačem, barometrem a teploměrem. V tomto případě je do zařízení zabudovaný barometr za účelem zpřesnění údajů o nadmořské výšce. Tento model má dle výrobce výdrž 15 hodin při krátkém sledování a 50 hodin při dlouhém sledování. To znamená, že při krátkém sledování je sběr údajů každou sekundu a při dlouhém sledování se data sbírají pouze každých 10 sekund.

2 FITkit

Prototyp je postaven na platformě FITkit 2.0 [4], což je platforma vytvořená jako studijní pomůcka na Fakultě informačních technologií Vysokého učení technického v Brně. Tato platforma obsahuje výkonný mikrokontrolér s nízkým příkonem MSP430F2617. Dále hradlové pole FPGA a řadu periférií, například klávesnici 4×4 a displej. K práci s tímto zařízením škola poskytuje program QDevKit, který dokáže přeložit a nahrát program do MSP430F2617 i do FPGA.

2.1 Využité části z platformy FITkit

V prototypu jsou z platformy FITkit využity tyto části:

- mikrokontrolér MSP430F2617,
- hradlové pole FPGA,
- klávesnice 4×4.

1. Stránka výrobce: <http://www.garmin.cz/produkty/outdoor/outdoorove-hodinky/garmin-fenix-outdoor.html>

2. Stránka výrobce: <http://www.suunto.com/us/en/collections/suunto-ambit>

2.1.1 MSP430F2617TPM

Výkonný 16ti bitový RISC mikrokontrolér s nízkou spotřebou od společnosti Texas Instruments [3].

Tento mikrokontrolér ve verzi MSP430F2617TPM, kterým je osazen FITkit verze 2.0, má

- 8 KB SRAM paměti,
- 92 KB FLASH paměti,
- 2x komunikační rozhraní, nastavitelné jako UART, SPI, I²C nebo LIN,
- osmi kanálový AD převodník s 12ti bitovou přesností,
- 2x 16bitový časovač,
- dvou kanálový DA převodník s přesností 12 bitů.

2.1.2 FPGA

FITkit verze 2.0 obsahuje programovatelné hradlové pole XC3S50-4PQ208C řady Spartan 3 firmy Xilinx, které je v tomto projektu využito pro obsluhu klávesnice 4×4.

2.1.3 Klávesnice

Na FITkitu je přímo osazena alfanumerická klávesnice "AK-1604-A-WWB"¹, která obsahuje 16 tlačítek zapojených do matice 4×4.

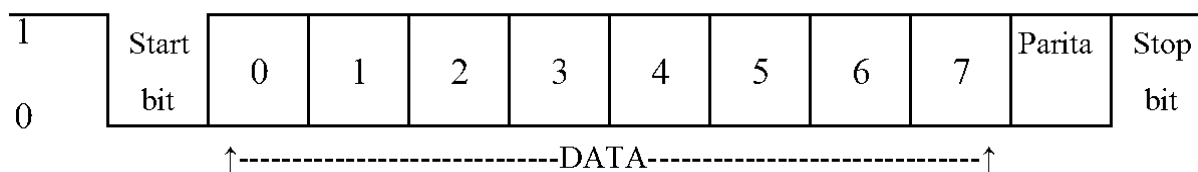
1. <http://www.accordia.com.tw/>

3 Připojené moduly

FITkit obsahuje mnoho modulů, ale k vytvoření prototypu budeme používat i další moduly, které nejsou součástí FITkitu. K přijímání či posílání dat těmto modulům bude použito sériové asynchronní i synchronní komunikace a AD převodníku. Těmito doplňkovými moduly je myšlen GPS modul, displej, teplotní čidlo a MMC karta.

3.1.1 Asynchronní sériový přenos

Jedná se o komunikační rozhraní, které využívá dvou vodičů [8]. Jeden je označen TX (transmitter) a druhý RX (receiver). Komunikace probíhá bez přenosu hodinového signálu, a proto je potřeba, aby obě komunikující strany věděly, jakou přenosovou rychlostí budou komunikovat, kolik se bude přenášet datových bitů, kolik je stop bitů, zda je přenášena parita a také zda je řízen tok. Přenos začíná start bitem, tento bit, respektive změna úrovně oproti klidovému stavu, slouží k synchronizaci hodin vysílače a přijímače, následuje specifikovaný počet datových bitů, pak případně paritní bit, a přenos uzavírá stop bit. V klidovém stavu je na vodiči hodnota reprezentující stop bit, tedy opačná od hodnoty start bitu. Rychlost se udává v badech za sekundu, což je počet změn logické úrovně za jednu sekundu.



Obrázek 1: Bitový průběh UART.

3.1.2 Synchronní sériový přenos - SPI

Jedná se o čtyř, nebo tři vodičové sériové rozhraní, kde komunikaci řídí jeden nadřazený prvek (master), jehož úkolem je vytvářet hodinový signál a určovat s kým komunikuje. A podřazený prvek (slave), který naslouchá a komunikuje pouze tehdy, je-li k tomu vyzván [8].

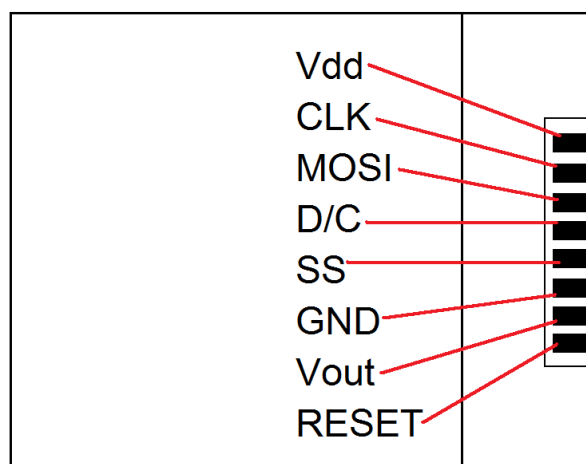
Jeden vodič je využit k přenosu hodinového signálu. Jeden vodič určuje, zda dané zařízení právě komunikuje (SS – slave select nebo CS – chip select). Dva vodiče jsou datové, jeden z nich obstarává přenos informací od nadřazeného k podřazenému prvku a druhý opačným směrem, tedy od podřazeného k nadřazenému prvku (MISO - master in, slave out, MOSI – master out, slave in).

3.1.3 AD převodník

Je modul určený ke zjištění napětí, v MSP430F2617 je převodník dvanácti bitový s rozsahem $0 - V_{cc}$. Což znamená, že napětí 0 V je reprezentováno na dvanácti bitech hodnotou 0 a napětí V_{cc} je reprezentováno hexadecimální hodnotou 0xFFF. Pro zlepšení přesnosti převodu je dobré změřit několik vzorků a z nich pak vypočítat konečnou hodnotu.

3.2 Displej

Jako displej je použitý displej z telefonu NOKIA 3410 s označením LPH 7690. Tento monochromatický displej má rozlišení 96×65 bodů a používá řadič PCF8814. Tento řadič rozumí stejným povelům jako řadič PCD8544. Pro komunikaci s tímto displejem je využito rozhraní SPI. Maximální komunikační rychlost řadiče displeje je 6,5 Mbit/s.



Obrázek 2: Vývody na zadní straně displeje.

Vývody displeje:

- Vdd – napájecí napětí,
- CLK – hodiny pro komunikaci SPI,
- MOSI – datový vodič rozhraní SPI,
- $D/\overline{C}$ – data/command, je-li na tomto vodiči logická 0 jsou přijímaná data reprezentována jako příkaz, pokud je logická 1 jsou přijímaná data reprezentována jako data pro zobrazení,
- $\overline{SS}$ – Slave select, je-li na tomto vodiči logická 0, pak je aktivní příjem dat, jinak nejsou data přijímána,
- GND – připojení zemnicího vodiče,
- Vout – pin pro připojení kondenzátoru,
- $\overline{RESET}$ – je-li na tomto vodiči logická 0 pak je displej ve stavu resetu.

3.3 GPS modul Leadtek LR9552

Tento modul získává informace o poloze ze systému GPS [7]. Přesnost dat o poloze dosahuje deseti metrů, o rychlosti 0,1m/s a čas je synchronizován s GPS časem s přesností jedné mikrosekundy. Napájecí napětí se může pohybovat v rozsahu 3,3V až 5V. Získaná data o poloze GPS modul posílá pomocí rozhraní UART rychlostí 4800 bd/s.

Informace o poloze jsou reprezentována v souřadnicovém systému WGS84 (World Geodetic system), jenž je světově uznávaný geodetický standard vydaný ministerstvem obrany USA roku 1984, který definuje souřadnicový systém, referenční elipsoid a geoid pro geodézii a navigaci [15]. Poloha je určena systémem šířka-délka, což je tradiční souřadnicový systém užívaný v mnoha oborech spojených s pohybem na zemi. Zeměpisná šířka (latitude) je udáním úhlu, který svírá bod na povrchu Země s rovinou rovníku. Přírodním počátkem souřadné osy zeměpisné šířky byl vždy rovník, který nese šířku 0° a rozděluje planetu na severní a jižní polokouli. Jižní pól má 90° jižní šířky a severní pól má 90° severní šířky. Zeměpisná délka (longitude) je vyjádřena podobně, jenom zde není tak jasná vztažná rovina jako je rovník, střed mezi severním a jižním pólem. V současné době celosvětově uznávaný nultý poledník, který je vztažným bodem pro zeměpisnou délku, prochází hvězdárnou v Greenwich nedaleko Londýna. Zeměpisná délka nabývá hodnot od 0° do 180°.

3.3.1 Přenos dat

Komunikace s GPS modulem probíhá dle standardu NMEA 0183. Jedná se o standard vyvíjený asociací NMEA. Norma NMEA 0183 definuje požadavky na elektrický signál, protokol přenosu dat, času a zvláštní větné formáty pro 4800 baudovou sériovou datovou sběrnici. Každá sběrnice může mít pouze jednoho řečníka, ale mnoho posluchačů. Tato norma je určena k podpoře jednosměrného sériového přenosu dat z jednoho řečníka k jednomu, nebo více posluchačům. Tato data jsou v tisknutelném ASCII tvaru a mohou obsahovat informace, jako je poloha, rychlost, hloubka, přidělení kmitočtů atd. Tato norma je pod copyrightem asociace nmea a je dostupná z jejich stránek za poplatek v řádu stovek dolarů. Popis komunikace s GPS modulem je popsán v manuálu k čipu SiRF [6], který je srdcem modulu GPS.

Obecná struktura věty NMEA 0183

Tato kapitola je parafrázována z diplomové práce [17]. V této práci se jedná o kapitolu označenou jako 1.2.

Každá věta NMEA 0183 je uvozena znakem '\$' a končí znaky <CR> <LF> nebo-li znaky označující konec řádku. První dva znaky za znakem dolaru jsou znaky identifikující mluvčího, a další 3 znaky slouží pro identifikaci typu zprávy. Ve zprávě jsou jednotlivá datová pole oddělena znakem ',', jelikož je čárka použita jako oddělovač polí, tak pro zápis desetinných čísel slouží desetinná tečka. Za posledním datovým polem je znak '*', ukončující datovou část zprávy, a poslední dva znaky, před ukončujícím odřádkováním, jsou znaky kontrolního součtu. Jedná se o hexadecimální osmibitového číslo zapsané ve dvou ascii znacích. Kontrolní součet je operace XOR nad všemi znaky zprávy mezi počátečním dolarem a koncovým znakem '*', přičemž tyto znaky nejsou zahrnuty do tohoto součtu. Maximální délka věty je osmdesát tři znaků včetně počátečního dolaru a koncových znaků <CR><LF>.

Zprávy z GPS modulu jsou vysílány v časových intervalech. Zprávy z GPS modulu mají jako identifikaci mluvčího znaky „GP“ a následující 3 znaky určují typ zprávy. Tento modul vysílá každou sekundu zprávy „RMC“, „GGA“, „VTG“. Každých 5 sekund modul posílá zprávy „GSA“, „GSV“.

Zpráva RMC

\$GPRMC,100722.000,A,4949.1042,N,01642.7264,E,0.00,191.94,300313,,,A*6D

Význam jednotlivých polí je popsán v tabulce 1.

Příklad	Název pole	upřesnění	Význam dat v poli
GPRMC	identifikace zprávy		GP = zpráva z GPS modulu, RMC = recommended minimum specific GPS data
100722.000	čas UTC	hhmmss.sss	10:07:22
A	indikace platnosti dat		A= platná data, V= neplatná data
4949.1042	zeměpisná šířka	ddmm.mmmm	49°49,1042'
N	polokoule	N= severní, S= jižní	Severní šířky
01642.7264	zeměpisná délka	dddmm.mmmm	16°42,7264
E	indikátor délky	E = východní, W= západní	Východní délky
0.00	rychlost pohybu na zemi	v uzlech	
191.94	kurz pohybu		191,94°
300313	datum a rok	ddmmyy	30.3.2013
	magnetická odchylka	stupně východní či západní délky	SiRF technologie nepodporuje magnetickou deklinaci. Všechna data data, týkající se kurzu pohybu jsou geodetická WGS84, proto jsou ve větě dvě prázdná pole.
	indikace magnetické odchylky	E= východ, W= západ	
A	mód	A = autonomní D = DGPS, E = DR	autonomní mód
6D	kontrolní součet	hexadecimální	XOR operace nad všemi byty

Tabulka 1: Zpráva RMC.

Zpráva GGA

\$GPGGA,100722.000,4949.1042,N,01642.7264,E,1,07,2.0,505.3,M,44.3,M,0.0,0000*75

Příklad	Název pole	upřesnění	Význam dat v poli
GPGGA	identifikace zprávy		Global Positioning System Fixed Data
100722.000	čas UTC	hhmmss.sss	
4949.1042	zeměpisná šířka	ddmm.mmmm	49°49,1042'
N	polokoule	N= severní, S= jižní	Severní šířky
01642.7264	zeměpisná délka	dddmm.mmmm	16°42,7264
E	indikátor délky	E = východní, W= západní	Východní délky
1	indikátor fixní pozice	0 - 6	1 = GPS SPS Mode, fix valid
07	počet použitých satelitů	0 - 12	7 satelitů
2.0	HDOP	Horizontal Dilution of Precision	Horizontální zhoršení přesnosti, čím menší číslo, tím lépe.
505.3	nadmořská výška		
M	jednotka nadmořské výšky		Metry
44.3	odchylka geoidu od elipsoidu		Rozdíl výšky mezi elipsoidem a geoidem
M	jednotka odchylky		Metry
0.0	stáří dat diferenční korekce		V sekundách, prázdné pokud není použita DGPS
0000	ID referenční stanice pro DGPS		
75	kontrolní součet	hexadecimální	XOR operace nad všemi byty zprávy

Tabulka 2: Zpráva GGA.

Zpráva VTG

\$GPVTG,191.94,T,,M,0.00,N,0.0,K,A*09

Příklad	Název pole	upřesnění	Význam dat v poli
GPVTG	identifikace zprávy		Course Over Ground and Ground Speed
191.94	směr		Ve stupních
T	reference		T =TRUE
	kurz		Ve stupních
M	magnetický		SiRF technologie nepodporuje magnetickou deklinaci. Všechna data data, týkající se kurzu pohybu jsou geodetická WGS84
0.0	horizontální rychlost		
N	jednotka rychlosti		Uzly
0.0	horizontální rychlost		
K	jednotka rychlosti		km/h
A	mód GPS		A= autonomní, D = DGPS, E=DR, N = výstupní data nejsou validní.
09	kontrolní součet	hexadecimální	XOR operace nad všemi byty zprávy

Tabulka 3: Zpráva VTG.

Zpráva GSA

\$GPGSA,A,3,24,17,15,12,18,09,22,26,,,,,2.1,1.1,1.8*3B

Příklad	Název pole	upřesnění	Význam dat v poli
GPGSA	identifikace zprávy		GNSS DOP and Active satellites
A	mód		M = manuálně nastaveno 2D nebo 3D, A = automatické přepínání mezi 2D/3D
3	aktuální zaměření		1 = zaměření není validní, 2 = 2D zaměření; 3= 3D zaměření,
24,17,15, ...	ID použitých satelitů	12 polí	
2.1	PDOP		Polohová odchylka od přesnosti.
1.1	HDOP		Horizontální odchylka od přesnosti.
1.8	VDOP		Vertikální odchylka od přesnosti.
3B	kontrolní součet	hexadecimální	XOR operace nad všemi byty zprávy

Tabulka 4: Zpráva GSA.

Zpráva GPFSV

Zpráva GSV není jen jedna zpráva, ale série zpráv se stejnou syntaxí. Jako názornou ukázkou v tabulce 5 použijeme první zprávu v pořadí.

\$GPFSV,3,1,10,15,61,211,33,24,55,292,34,17,44,094,34,09,40,097,27*79

\$GPFSV,3,2,10,26,31,158,16,28,25,055,,12,24,232,25,18,19,287,24*72

\$GPFSV,3,3,10,22,12,318,29,01,04,035,*79

Příklad	Název pole	upřesnění	Význam dat v poli
GPFSV	Identifikace zprávy		<i>Satellites in View</i>
3	Počet zpráv v sérii		
1	Pořadové číslo zprávy		
10	Počet viditelných satelitů		
15	ID satelitu		Tato pole se opakují, ve zprávě jsou popsány až 4 satelity.
61	výškový úhel	ve stupních	
211	azimut	ve stupních	
33	SNR	dBHz	
79	kontrolní součet	hexadecimální	XOR operace nad všemi byty zprávy

Tabulka 5: Zpráva GSV.

3.3.2 Systém GPS

Global Positioning System [1, 2, 18, 19] je celosvětový systém poskytující trojrozměrné informace o pozici za pomoci satelitů. GPS byl původně vojenským systémem, vyvíjeným a budovaným od roku 1973 Ministerstvem obrany Spojených států. Po postupném rozšiřování se stal plně funkčním a dostupným po celém světě 17. ledna 1994, kdy byla na orbitu umístěna kompletní sestava 24 satelitů.

GPS je duální systém poskytující oddělené služby SPS (Standard Positioning Service) a PPS (Precise Positioning Service). SPS pracuje s přesností 7,8 metrů. PPS je vytvořen pro armádní použití, je šifrovaný a tím omezený pouze pro specifické uživatele.

Určení polohy v Systému GPS začíná tím, že GPS satelit v čase t_1 pošle signál o své pozici, stavu a čase. Tento signál putuje k přijímači rychlostí větší než 299 792 km/h. GPS přijímač obdrží tuto zprávu v čase t_2 a vypočítá svou vzdálenost od satelitu pomocí vzorce (1).

$$d = \text{rychlost} \cdot (t_2 - t_1) \quad (1)$$

Tímto jsme určili, že se přijímač nachází někde na kulové ploše s poloměrem d a středem v bodě, kde byla družice v čase t_1 . Stejný postup opakujeme pro další viditelné družice, tím dostaneme množinu kulových ploch, na kterých se přijímač nachází. Skutečná pozice je v průsečíku

těchto ploch. Pro určení dvojrozměrné polohy postačí příjem signálu z minimálně tří družic, pro určení trojrozměrné polohy je zapotřebí signál minimálně ze čtyř družic. Příjem menšího počtu družic znemožňuje výpočet polohy, vyšší počet družic naopak určení polohy dále zpřesňuje.

Systém GPS se skládá ze tří segmentů:

- kosmický,
- řídicí,
- uživatelský.

Kosmický segment

Kosmický systém se skládá z alespoň dvaceti čtyř nestacionárních družic obíhajících zemi na šesti kruhových drahách se sklonem 55° k rovině rovníku, alespoň čtyři družice obíhají na jedné orbitě ve vzdálenosti přibližně 26 600 km od středu zemské masy. Doba oběhu orbity je 11 hodin 58 minut. Satelity jsou takto rozmístěny záměrně kvůli tomu, aby z každého místa na zemi byly vidět minimálně čtyři satelity. K plné funkčnosti je zapotřebí dvaceti čtyř satelitů, tohoto stavu systém GPS poprvé dosáhl 17. července 1995. Z důvodu zpřesnění určení polohy je v současné době použita konstelace $24 + 3$. Ve vesmíru je třicet jedna satelitů tohoto navigačního systému. Tyto nepoužité satelity slouží jako záloha a jsou umístěny poblíž nejstarších satelitů. Každý satelit je vybaven solárními panely, jako zdroji energie, a baterií, jako záložním zdrojem. Mimo toho jsou satelity vybaveny i detektory jaderných výbuchů. Srdcem každé družice jsou velmi přesné atomové hodiny. Starají se o dlouhodobou frekvenční stabilitu vysílaného signálu.

Pro civilní účely je použit signál označovaný jako L1 C/A, který vysílá na frekvenci 1575,42 Mhz, tento signál je plně funkční. Pro civilní použití se připravují signály L2C (1227,6 Mhz), L5 (1176,45 Mhz) a L1C, který je vysílán na stejné frekvenci jako L1 C/A.

L1 C/A je základní volně dostupný signál podporující přenos C/A kódu. Tento signál byl do 1. května roku 2000 záměrně zatížen chybou označovanou jako SA (Selective Availability), To z důvodu národní bezpečnosti USA. SA snížil přesnost C/A kódu tak, že pozemní přijímače mohou vypočítat svoji polohu s chybou až 100 m. Tato úmyslná chyba byla zrušena z důvodu větší odpovědnosti GPS v civilním a komerčním použití. V roce 2007 vláda USA rozhodla, že nové satelity nebudou mít možnost tuto úmyslnou chybu opět zapnout, tím dala najevo, že v budoucnu nemá v úmyslu omezovat přesnost GPS.

L1C je navržen jako společný signál napříč navigačními systémy. Hlavní podporu má v GPS systému a systému Galileo. Ostatní satelitní navigační systémy plánují přizpůsobit své systémy pro tento společný signál.

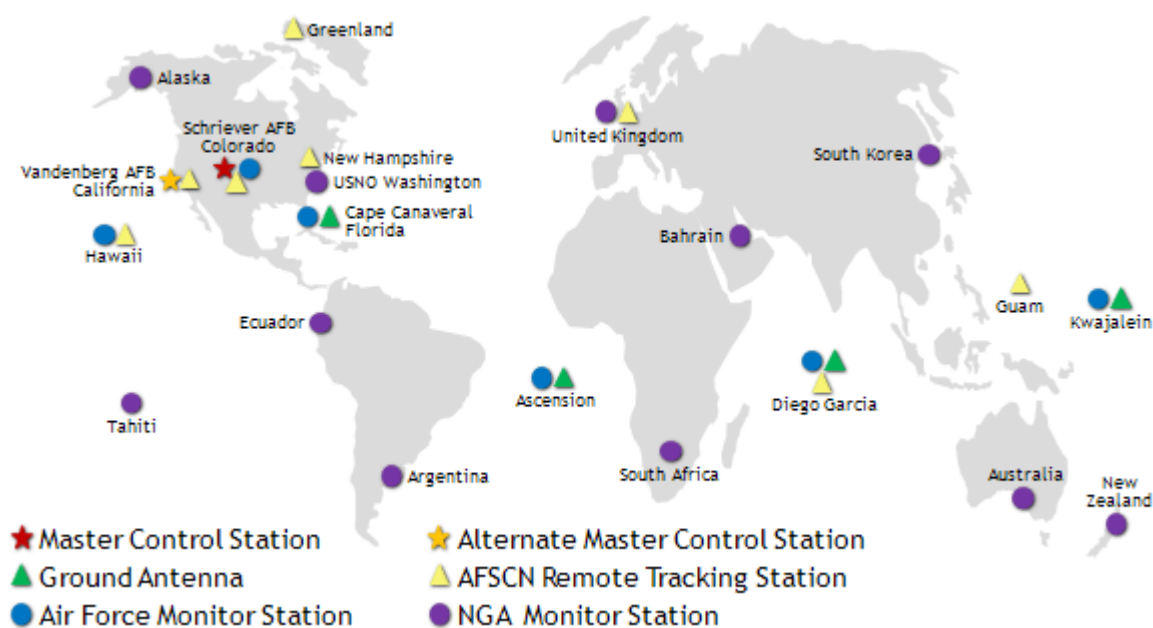
L2C signál k únoru 2013 podporuje 10 satelitů a plná funkčnost, tedy 24 satelitů, je plánována kolem roku 2018. Tento signál je navržen speciálně pro komerční účely, pokud uživatel využívá

přijímače, který dokáže přijímat dva signály, tak v kombinaci s přijímáním L1 C/A, může získat přesnost stejnou, nebo lepší jako přijímače pro armádní účely, především proto, že umožní provádět lepší korekce chyb způsobených v ionosféře. Pro vysílání L2C je použito většího výkonu, což zlepšuje příjem ve zhoršených podmínkách, například pod stromy nebo dokonce ve vnitřních prostorech.

L5 je také plánovaný pro civilní použití a je vytvořen pro použití na vyžádání v aplikacích, kde se jedná o bezpečnost lidských životů, dopravy nebo speciálních aplikacích požadujících přesnost. L5 je vysílán v rádiovém pásmu vyhrazeném pro bezpečnostní služby v letecké dopravě. Nabízí vyšší výkon, větší šířku pásma a pokročilý design signálu. Družice podporující tento signál se plánují vysílat v roce 2015.

Řídicí segment

Řídicí segment se skládá z celosvětové sítě pozemních zařízení, které sledují GPS satelity, monitorují jejich vysílání, provádějí analýzy, posílají příkazy a data pro satelity. Hlavní řídicí stanice je v Colorado Springs. Umístění pozemních stanic je znázorněno na Obrázek 3.



Obrázek 3: Rozmístění řídicího segmentu [18].

Uživatelský segment

Tento segment zahrnuje GPS přijímače, uživatele a vyhodnocovací nástroje. GPS přijímače provedou na základě přijatých signálů z družic předběžné výpočty polohy, rychlosti a času. Pro výpočet polohy včetně výšky je zapotřebí příjem signálu alespoň ze čtyř satelitů. Aby se předešlo zneužití těchto přijímačů při výrobě naváděných zbraní, je GPS přijímač nastaven na vypnutí, pokud překročí výšku 18 km a rychlost 515 km/h.

3.4 MMC karta

(MultiMediaCard) je nízkonákladové zařízení sloužící k ukládání dat s pamětí typu flash [9]. Je navržena tak, aby pokrývala širokou oblast aplikací, jako jsou elektronické hračky, PDA, fotoaparáty, chytré telefony, digitální rekordéry, MP3 přehrávače apod. Cílené rysy jsou vysoká mobilita a vysoký výkon za nízkou pořizovací cenu. To by mohlo být také vyjádřeno nízkou spotřebou energie a vysokou propustností dat na rozhraní pro paměťovou kartu.

Komunikace MultiMediaCard je založena na pokročilé sedmi-pinové sériové sběrnici určené pro provoz v rozsahu nízkého napětí. Komunikační protokol je definován v rámci normy [9] a označován jako režim MultiMediaCard. Pro kompatibilitu s existujícími řadiči mohou karty nabídnout kromě režimu MultiMediaCard i alternativní komunikační protokol, který je na základě standardu SPI.

3.4.1 FAT systém

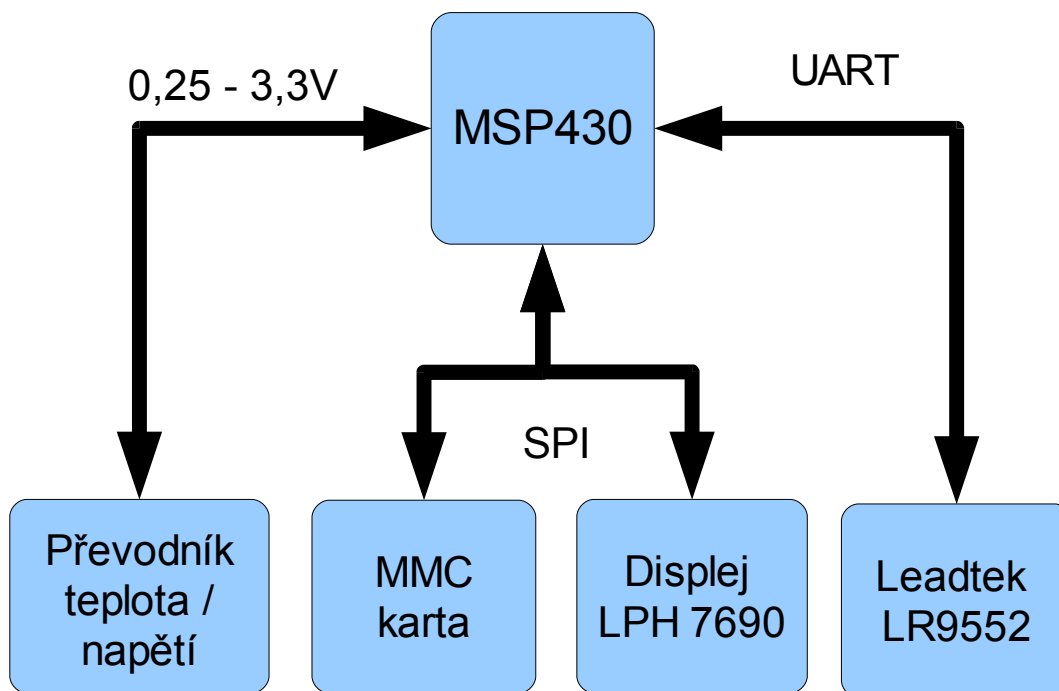
FAT systém je jednoduchý souborový systém, který je podporován prakticky všemi operačními systémy. Kvůli jednoduchosti je hojně používán v externích paměťových médiích. Srdcem souborového systému je alokační tabulka, v níž je popsáno přiřazení každého clusteru v oddílu. Obvykle jsou na paměťovém médiu dvě kopie této tabulky.

První sektor logické oblasti diskového oddílu, obsahující souborový systém FAT, je složen ze dvou částí. Blok parametrů disku, který obsahuje specifické informace o svazku, a spouštěcí kód.

Pro ukládání dat na kartu je zvolen soubor s příponou nmea. V tomto typu souboru jsou data uložena v formátu nmea zpráv. Výhoda tohoto typu souboru spočívá v tom, že přijatá data z GPS modulu není potřeba nijak upravovat před uložením na kartu.

Návrh

Prototyp byl navržen dle Obrázek 4. Tento obrázek zachycuje logické připojení externích modulů. K jejich připojení je využit port JP9, na který je připojena většina vývodů z MSP430F2617TPM. V následujících kapitolách budeme popisovat návrh připojení jednotlivých modulů.



Obrázek 4: Logické schéma zapojení.

4 Fyzické připojení

Jak již bylo výše zmíněno celý prototyp je zapojen v nepájivém poli a v následujících podkapitolách je popsáno zapojení jednotlivých externích modulů. Připojení modulů, které již FITkit obsahuje, není řešeno.

4.1 Připojení teplotního čidla

Pro zjišťování teploty je použit převodník teplota/napětí z řady AD22100 [10]. Tato součástka je napájena +5 V a měří v rozsahu +0,25 V až +4,75 V, tato dvě napětí odpovídají dolní a horní mezi měřené teploty a to -50 °C a +150 °C. AD převodník dokáže měřit v rozsahu 0 – Vcc, které je +3,3 V, což odpovídá rozsahu teplot -40 °C až +85 °C, což je rozsah dostačující pro běžné použití. Tento rozsah má přesná verze AD22100A. Pro účely testování však byl použit levnější model

AD22100K, který měří teplotu v rozsahu 0 °C – 100 °C. Součástka je zapojena do obvodu dle schématu v datasheetu. Na straně mikrokontroléru je připojen výstup AD22100K na port 6 pin 1, který je nastaven jako první kanál AD převodníku.

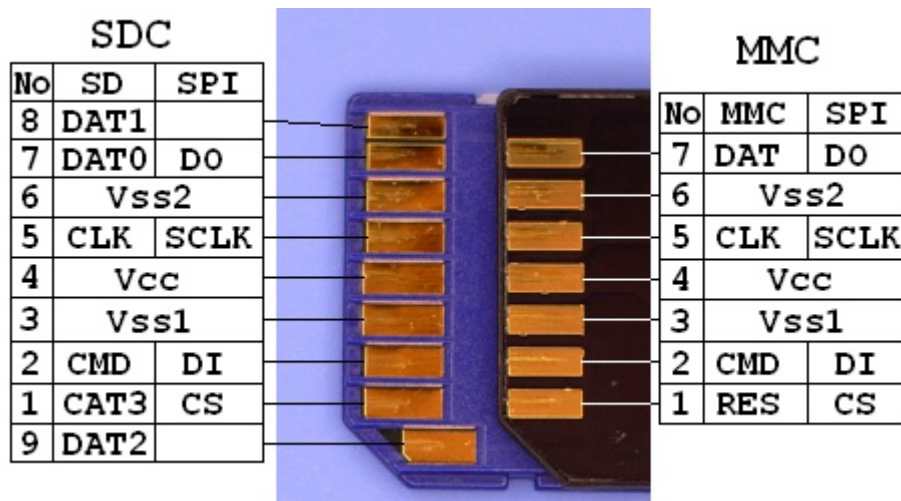
4.2 Připojení GPS modulu

GPS modul je připojen k napájení přes P-kanálový unipolární tranzistor, aby mohl uživatel ovlivňovat zapnutí a vypnutí modulu. Tranzistor je zapojen dle schématu v datasheetu [7]. Vývod tranzistoru označený jako gate je připojen na port 4 pin 1. Pokud je na tento pin přivedena logická 0, pak je GPS modul zapnutý, pokud je logická 1 tak je GPS modul vypnutý.

Před popisem připojení UART rozhraní si musíme uvědomit, že vodiče jsou označeny jako TX a RX vždy z pohledu daného zařízení. Tedy vodič označený RX z pohledu GPS modulu je připojen na vodič TX v zapojení mikrokontroléru a vodič u modulu GPS označený jako TX spojíme s vývodem na mikrokontroléru označeným jako RX. MSP430F2617TPM má dvě asynchronní komunikační rozhraní, přičemž jedno je využito pro komunikaci s počítačem. Z toho důvodu je použito druhé, aby byla zachována možnost komunikace s počítačem a tím i možnosti ladících výpisů. Obsazené piny pro komunikaci s GPS jsou na portu 3, piny 6 a 7 (pin 6 je TX a pin 7 je RX).

4.3 Připojení MMC karty

MMC karta, jak již bylo zmíněno výše, podporuje dva formáty komunikace, pro účely této aplikace je dostačující pomalejší forma komunikace a to SPI. Při zapojení bylo vycházeno z manuálu [11], který se zabývá připojením MMC a SD karty k mikrokontroléru řady MSP430F161x. Vzhledem k tomu je z tohoto manuálu vycházeno a není brán doslovně. Značení vývodů MMC karty je na Obrázek 5.



Obrázek 5: Vývody MMC karty [12].

Vývody MMC karty:

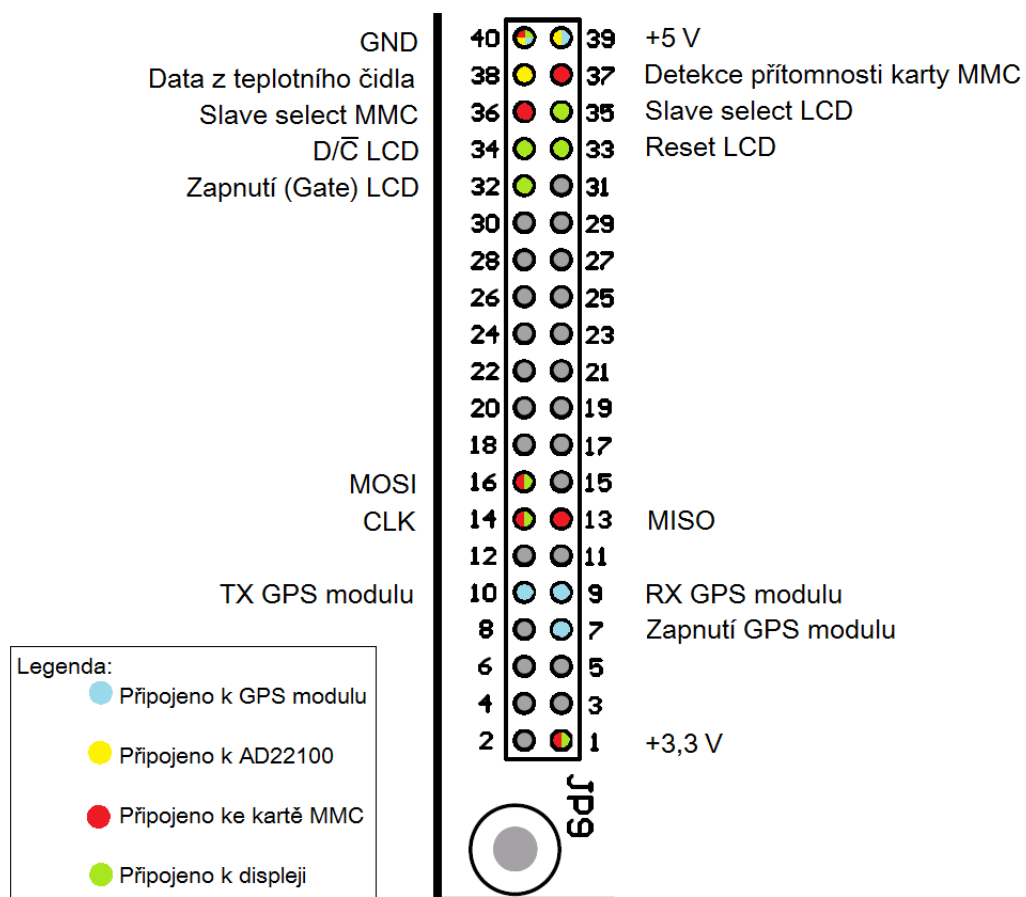
1. $\overline{CS}$ – určuje zda se s kartou komunikuje,
2. DI – (data in) datový vodič pro data jdoucí do MMC karty (MOSI),
3. V_{SS1} – připojení zemnicího vodiče,
4. V_{CC} – připojení napájecího napětí +3,3 V,
5. SCLK – připojení hodinového signálu,
6. V_{SS2} – pin sloužící pro detekci přítomnosti karty, pokud je zde logická 0, pak je karta vložena,
7. DO – (data out) datový vodič pro data jdoucí z MMC karty (MISO).

Pro komunikaci s kartou jsme použili rozhraní SPI označené UCB0. Konkrétně pin 1 je připojen na port 6 pin 3, pin 2 je připojen na port 3 pin 1, pin 3 je připojen ke GND, pin 4 je připojen k napětí +3,3 V, pin 5 je připojen na port 3 pin 3, pin 6 je připojen na port 6 pin 0 a pin 7 je připojen na port 3 pin 2. Rozhraní SPI je nastaveno na rychlost menší než 6,5 Mbit/s je to kvůli komunikaci s displejem viz níže.

4.4 Připojení displeje

Displej pro komunikaci využívá také rozhraní SPI jako výše zmíněná MMC karta, ale v tomto případě jdou data pouze do displeje, displej žádná data neposílá. Pin $\overline{SS}$ displeje je připojen na port 6 pin 2, pin D/C je připojen na port 6 pin 5 a $\overline{RESET}$ je připojen na port 6 pin 4.

Řadič displeje obsahuje svoji vlastní ram paměť, ve které sestavujeme obraz na displej, o zobrazení se stará řadič sám. Jelikož displej je na rozhraní SPI to pomalejší zařízení je volena rychlost komunikace dle jeho omezení. Rychlost hodinového signálu SMCLK je nastavena na 7,3728 MHz, tedy použijeme před děličku s hodnotou 2, aby byla frekvence poloviční, a tím se dostaneme pod limitní rychlost 6,5 Mbit/s.



Obrázek 6: Zapojení JP9. Podklad převzat z [4].

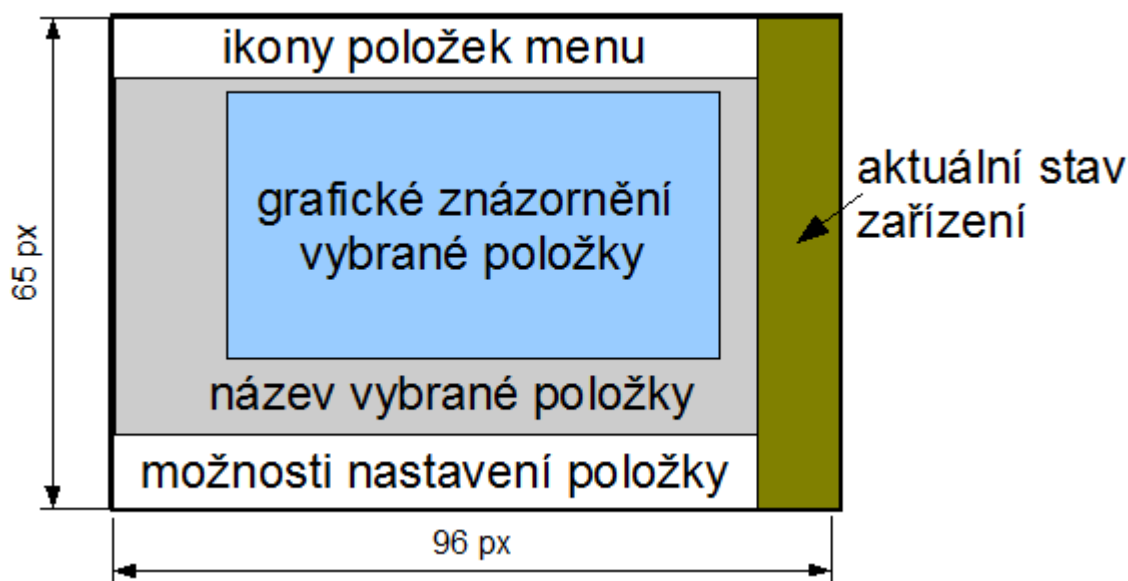
5 Uživatelské rozhraní

Uživatelské rozhraní je důležité pro pohodlí používání zařízení, v tomto projektu je to především vstup z klávesnice a zobrazení výstupu na displeji.

Klávesnice je příliš velká a pro použití v koncovém zařízení je nevhodné používat šestnácti kláves, proto jsou z celé klávesnice použity pouze čtyři tlačítka:

- 'I' reprezentuje šipku doleva,
- 'A' reprezentuje šipku doprava,
- '*' reprezentuje potvrzovací tlačítko,
- 'D' reprezentuje ukončující tlačítko.

Vzhledem k použití šipek doprava a doleva a s přihlédnutím k tomu, že displej je širší než vyšší, bylo zvoleno menu s pohybem v položkách do strany. Pro lepší představu návrhu uživatelského rozhraní je vytvořen Obrázek 7. V menu jsou zobrazeny malé ikony položek se zvýrazněnou aktivní položkou. V boční liště je zobrazen aktuální stav zařízení, tím je myšleno zobrazení ikon, které reprezentují zapnutý modul GPS, zaměření GPS modulu na pozici, vloženou paměťovou kartu, či zapnutý záznam na kartu. Grafické znázornění aktuální položky je zhruba uprostřed a zabírá největší část displeje. V rámci této práce nebyly implementovány grafické ikony, jejich implementace je brána jako možnost rozšíření. Pod grafickým znázorněním vybrané položky je název aktuálně vybrané položky v menu. V dolní části displeje jsou možnosti nastavení, to pro případ, že uživatel zvolí položku v menu, která slouží k nastavení parametrů. Zde je vypsán seznam parametrů, které jsou na výběr, případně další informace skrývající se pod danou položkou.



Obrázek 7: Rozpoložení displeje v menu.

5.1 Aktuální stav zařízení

V pravé straně obrazovky je část displeje o šířce 9 pixelů vymezené pro zobrazování informace o stavu zařízení. V tomto prostoru jsou zobrazeny ikony, reprezentující jednotlivé funkce zařízení a jejich stav. Pokud je zapnutý modul GPS, tak je zde zobrazena ikona GPS. Pokud je vložena paměťová karta a je zapnut záznam informací o trase, zobrazí se ikona reprezentující přítomnost karty a zapnutého záznamu. Pokud je pouze vložena karta je zobrazena informace o přítomnosti karty a pozastaveném záznamu.

5.2 Návrh položek menu

Prostor vymezený zobrazení položek menu má šířku 85 pixelů a výšku 8 pixelů. Při šířce ikony s mezerou, 9 pixelů a jednoho pixelu mezery mezi ikonami, máme možnost zobrazit 8 ikon. Položky menu jsou obsazeny tak, že pokrývají možnosti nastavení celého zařízení, a zobrazení údajů, jako je průběh teploty, výšky, doba trvání trasy, či délka trasy.

Implementace

Při implementaci bylo postupováno metodou zdola nahoru, tedy nejprve byly vyřešeny základní problémy, jako je příjem dat z AD převodníku, příjem dat z GPS modulu, obsluha MMC karty a obsluha displeje. Pak se z těchto řešení skládaly celky, případně jsme řešili problémy na vyšší úrovni, jako je zobrazování znaků na displeji, práce se souborovým systémem, převod hodnoty napětí na teplotu, obsluha klávesnice. V poslední řadě jsme implementovali uživatelské rozhraní, pohyb v menu, zapisování údajů z GPS na MMC kartu, zapisování údajů o teplotě na MMC kartu, zobrazování dat z GPS modulu a údajů o teplotě na displeji.

6 Měření teploty

Pro měření teploty jsme nastavili AD převodník na sběr šestnácti vzorků z prvního kanálu. AD převodník po dokončení převodu nevyvolá přerušení, ani převod není vyvoláván periodicky. Je použita funkce `adc_start()`, která začne sběr informací o napětí z prvního kanálu a `adc_get_value()`, která počká, dokud bude AD převodník zaneprázdněn, a poté z nasbíraných šestnácti vzorků spočítá průměr a ten vrátí jako výsledek.

Takto získaná hodnota reprezentující napětí na vstupu je ve funkci `get_temp()` převedena na stupně. Následující vzorce, (2) z manuálu [3] a (3) z datasheetu [10], nám po dosazení převedou hodnotu z AD převodníku na teplotu (4).

$$N_{ADC} = 4095 * \left(\frac{V_{in} - V_{R-}}{V_{R+} - V_{R-}} \right); \quad V_{R-} = 0; \quad V_{R+} = 3,3 \text{ V} \quad (2)$$

$$V_{OUT} = \frac{V+}{5V} * [1,375 \text{ V} + (22,5 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}) * T_A]; \quad V+ \text{ je napájecí napětí}; \quad T_A \text{ je teplota} \quad (3)$$

Po dosazení a úpravě nám vznikne vzorec:

$$T_A = \frac{N_{ADC} * \frac{3,3}{4095} * 5/5 - 1,375}{0,0225} \quad (4)$$

Výsledná hodnota je vrácena jako celé číslo a to tak, že výsledná teplota je vynásobena deseti a převedena na celé číslo. Tedy zachováme přesnost na jedno desetinné místo, ale budeme pracovat s celým číslem.

7 Komunikace s GPS modulem

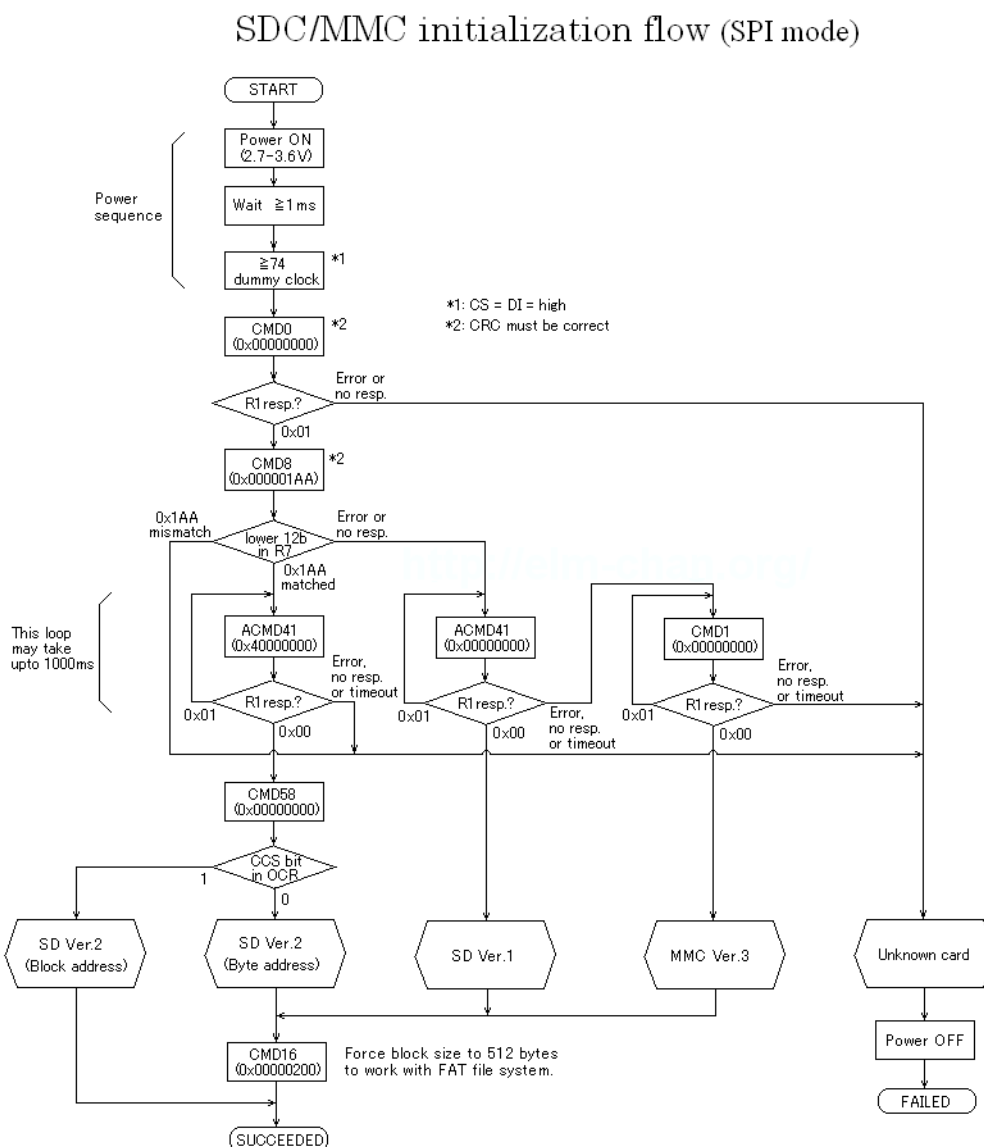
Komunikační rozhraní jsme nastavili jako UART s rychlostí 4800 baudů/s, žádnou paritou, jeden stop bit. Přijímání jednotlivých znaků je obsluhováno v přerušení a přijatá data jsou uložena do kruhového bufferu. Pro výběr informací z bufferu je implementována funkce `recieve_msg()`, která prohledává buffer kvůli znaku konce zprávy (viz níže). V případě, že ho nenajde, tak si poznačí index ukazující na poslední znak v bufferu, který kontrolovala na přítomnost konce zprávy, aby při dalším volání nezačínala prohledávání od začátku a nekontrolovala znaky, které již byly zkontrolovány. V průběhu testování byla obsluha GPS implementována i pro starší verzi FITkitu, nebo dokonce bylo implementováno i odesílání dat skrze UART, ale z důvodu úspory paměti je tato část překládána po definování „odesílání“ v souboru `uart1.h`.

Po připojení GPS modulu k napájecímu napětí nemusíme GPS modul jakkoliv inicializovat, GPS modul začne pracovat sám a posílá periodicky data na rozhraní UART.

8 Komunikace MMC karty

Karta komunikuje pomocí příkazů, kdy každý příkaz, poslaný kartě, je potvrzen, že byl přijat a pak karta vykoná činnost dle příkazu. Ke každé komunikaci je připojen kontrolní součet. Faktory ovlivňující přenos jsou, v rámci tohoto prototypu, zanedbány a kontrolní součet jsme neřešili.

Před začátkem práce s MMC kartou je třeba kartu inicializovat, postup inicializace je znázorněn na Obrázek 8.



Obrázek 8: Postup inicializace [12].

Tuto inicializaci obstarává funkce z výše zmíněného manuálu. Pro čtení dat je použita také funkce implementovaná v tomto manuálu, pro její funkčnost bylo potřeba udělat úpravy. Funkce pro zápis z tohoto manuálu nebyla použita a byla implementována nová. A to proto, že původní funkce pro zápis dat na kartu obsahovala i čekání na opuštění stavu busy, který je vždy po zápisu. V této době je zbytečné čekat, než karta dokončí operace spojené se zápisem, když je zde možnost vykonat další operace. Další z důvodu, proč nečekat na kartu je to, že vzhledem k zápisu po 512 bajtových blocích data nikdy nepůjdou tak rychle za sebou, aby následující zápis přišel v čase, kdy je karta zaneprázdněna. Obsluha karty není implementována za pomoci přerušení.

8.1 FAT systém

Pro obsluhu souborového systému na kartě byla zvolena implementace FatFs [12]. V rámci této implementace je opět řešeno ovládání MMC/SD karty. Za pomoci tohoto zdroje byly implementovány funkce pro zápis a čtení několika bloků za sebou.

V rámci navázání této implementace FAT systému na MMC kartu musely být implementovány funkce `disk_initialize()`, `disk_status()`, `disk_read()`, `disk_write()`, `disk_ioctl()`, `get_fattime()`.

Funkce `disk_initialize()`, jak již název napovídá, je funkce obsahující inicializaci MMC karty, je volána nikoli po připojení karty funkcí `mount()`, ale až po otevření souboru funkcí `f_open()`.

Funkce `disk_status()` je použita ke zjištění přítomnosti média, je volána při každé operaci se souborovým systémem.

Funkce `disk_read()` je volána z důvodu čtení sektorů dat z karty. V této funkci je zapotřebí upravit adresu, jelikož karta adresuje po bytech, ale implementace FatFs adresuje po sektorech. Pokud je funkce volána k načtení právě jednoho sektoru, pak je volána funkce, která řeší načtení jednoho sektoru z karty. Pokud je volána z důvodu načtení více sektorů, pak je volána funkce, které obsluhuje dávkové čtení z karty.

Funkce `disk_write()` je funkce pro zápis sektorů na kartu. Jak již bylo výše zmíněno, není použita původní funkce z implementace obsluhy MMC karty, ale je použita vlastní funkce pro zápis jednoho sektoru a vlastní funkce pro dávkový zápis více sektorů.

Funkce `disk_ioctl()` slouží pro zjišťování parametrů karty, jelikož jsou některé příkazy potřebné pouze se zapnutím určitých funkcí (viz níže) je implementováno pouze zjištění velikosti bloku.

Funkce `get_fattime()` je funkce pro zjištění aktuálního času, je důležitá pro záznam o čase vzniku souboru. Tato funkce dává stále výstupní čas 2 sekundy 1 hodina 1 minuta 1. 1. 2013.

Vzhledem k tomu, že v souboru s daty jsou ukládány informace o trase a to včetně času, je o záznam času postaráno uvnitř souboru.

Nastavení implementace FatFs je, vzhledem k malému paměťovému prostoru, voleno na co nejmenší funkční celek, který dokáže připojit MMC kartu, otevřít soubor v kořenovém adresáři, do tohoto souboru zapsat data a uzavřít soubor. Bohužel při volbě typu souboru byl zvolen soubor s příponou o čtyřech znacích, což neodpovídá formátu 8.3, tedy je potřeba zapnout rozšíření podporující dlouhé názvy souborů. Důležité nastavení je nastavení `_FS_MINIMIZE` na úroveň tří, což znamená nepoužití velké části funkcí při překladu.

9 Práce s displejem

Před započítím práce s displejem je opět nutno provést jistou posloupnost kroků, aby byl displej korektně připraven k použití. Jedna ze zajímavých věcí je ta, že po připojení napájecího napětí musí displej do 1 μ s obdržet signál resetu na dobu minimálně 1000 ns, nebo může být signál aktivní již v době před připojením napájení. Jelikož na FITkitu může být napájecí napětí zapnuté dříve, než mikrokontrolér. Tato situace byla řešena připojením P – kanálového unipolárního tranzistoru pro spínání napájecího napětí. Zapojení této součástky je stejné jako v případě zapojení spínání GPS modulu. Pouze vývod gate je v tomto případě připojen na port 6 pin 7.

Po tomto resetu jsou displeji poslány příkazy, které nastavují vlastnosti zobrazení, mažou obsah ram paměti a displej je připraven k použití.

Pro zobrazování na displeji byla použita znaková sada s rozměrem 5×7 pixelů. Tato sada byla převzata z projektu pro ovládání displeje z mobilu Nokia 3310 [13]. Tímto projektem byla inspirována funkce `lcd_init()`. Znaková sada pokrývá pouze ASCII znakovou sadu a to jenom tisknutelné znaky v rozmezí třicet dva až sto dvacet osm, což jsou znaky původní americké ASCII tabulky, která je stejná pro různé znakové sady. V projektu není tabulka rozšířena o české znaky.

Při tvorbě obrazu na displeji je obraz nejprve vytvořen v paměti mikrokontroléru a na displej je odeslán teprve, až je kompletní. Toto nám dovoluje obraz upravovat a měnit dle libosti před vykreslením.

Displej je rozměrově 65×96 pixelů, což při zachování výšky znaku 7 a jednoho pixelu pro mezeru mezi znaky, tedy 8 pixelů na výšku řádku, dává 8 řádků pro text. Pro výpis řetězců na displej je implementována funkce `lcd_print_str_col()`, která dokáže vytisknout řetězec na daný řádek, od daného sloupce a dokonce i eliminuje velké mezery mezi znaky. Tzn. umí tedy tisknout neproporcionální font. Další výhodou je možnost inverzního zobrazení textu, tedy stavu kdy jsou prohozeny aktivní a neaktivní pixely v tisknutém řetězci. Toto inverzní zobrazení daného textu je výhodné pro zobrazení aktivní položky výběru.

Pro tvorbu uživatelského rozhraní (viz níže) byly potřeba grafické ikony. Vzhledem ke snadné práci se znakovou sadou byly ikony pojaty jako znaky o rozměrech 9×7. Informace o vzhledu těchto ikon je uložena ve statické tabulce. Pro tisk ikon je implementována zvláštní funkce, která také dokáže ikonu vytisknout v invertovaném zobrazení.

10 Implementace uživatelského rozhraní

Jak již bylo výše zmíněno, uživatelské rozhraní má na vstupu klávesnici a na výstupu displej pro zobrazování údajů. Prototyp po zapnutí zobrazí menu a v něm se pak uživatel pohybuje pomocí klávesnice.

10.1 Připojení klávesnice

Klávesnice je připojena k FPGA a jelikož je pevnou součástí FITkitu jsou knihovny pro její ovládání již implementovány. Použili jsme demo příkladu pro obsluhu klávesnice a na jeho základě vybudovali její obsluhu.

10.2 Položky menu

Při tvorbě položek menu je především limitující možnost zobrazených ikon. Vzhledem k šířce ikon 9 pixelů a jednoho pixelu mezery mezi položkami, se do vymezeného prostoru osmdesáti pěti pixelů vejde osm ikon, tedy osm položek.



obrázek 9: Zobrazení menu na displeji.

Položky menu:

- teplota,
- nápověda,
- GPS,
- čas,
- zobrazení,
- záznam,
- trasa,
- převýšení.

Teplota je položka pod kterou se skrývá zobrazení průběhu teploty v čase.

V nápovědě se uživatel dozví jak se zařízením pracovat.

Položka GPS dává uživateli možnost zapnout nebo vypnout GPS modul.

Položka čas slouží k nastavení časového pásma. Jelikož jsou údaje o čase z GPS modulu v časovém pásmu UTC +0, je pro korektní zobrazení času nutno určit, v jakém časovém pásmu se v současné chvíli nachází.

V položce zobrazení má uživatel možnost nastavit jeden parametr zobrazení. Tímto parametrem je normální nebo inverzní zobrazení. Nastavení do inverzního zobrazení znamená prohození aktivních a neaktivních pixelů.

Položka záznam dává uživateli možnost zapnout, nebo vypnout ukládání dat o trase a teplotě na kartu.

Trasa je položka, po jejíž aktivaci se na displeji zobrazí údaje o trase. Mezi tyto údaje patří doba trvání trasy a vzdálenost, kterou zatím uživatel urazil. Tyto údaje jsou vztažené k zaznamenávané trase.

Převýšení slouží ke grafickému znázornění výškového profilu trasy.

10.2.1 Záznam na kartu

Po zapnutí záznamu na kartu je vytvořen soubor trace_X.nmea, kde znak 'X' je nahrazen velkým znakem abecedy od 'A' do 'Z' následujícím v pořadí po posledním použitém, prototyp si neuchovává v paměti údaje o názvech, které již použil, ale zkouší postupně abecedu, dokud nenarazí na název souboru, který ještě není přiřazený souboru. Pokud jsou názvy souborů vyčerpány je uživateli na displeji oznámena chyba. Po otevření souboru jsou na kartu zapisována data z GPS modulu a údaje o teplotě. Pokud není GPS modul aktivní, tak se zapisují pouze údaje o teplotě.

Zápis údajů z GPS modulu probíhá vždy po příjmu celé zprávy. Je zbytečné zapisovat všechny zprávy, protože součástí zpráv z GPS modulu jsou i zprávy, které dávají informaci o satelitech, ze kterých GPS modul vypočítává polohu. Tyto zprávy jsou při vizualizaci dat o trase pro uživatele

nepotřebné a navíc se tímto krokem ušetří místo potřebné pro záznam trasy. Tento krok ovšem navyšuje náročnost projektu v tom, že data nelze prostě přijmout a zapsat, ale je potřeba je i analyzovat a pokud se analýzou ukáže, že data nejsou potřeba pro vizualizaci trasy, nejsou zapsána na kartu, konkrétně se jedná o zprávy GSA a GSV. Kromě informací o satelitech nejsou zapisovány ani zprávy, ve kterých není validní informace o pozici.

Jelikož údaje o teplotě nezískáváme z GPS modulu, tak jejich formát neodpovídá formátu souboru, je potřeba je převést do tohoto formátu. Dle [14] jsou zprávy o teplotě, které jsou posílány ve formátu „--MTA“, nedoporučovány pro nové aplikace a je doporučeno místo tohoto typu používat zprávy „--XDR“. Teplota je do těchto vět zaznamenána s přesností na jedno desetinné místo.

Záznamy z GPS chodí sami, ale časování vzorků teploty je potřeba implementovat v rámci projektu. Z tohoto důvodu byla implementována obsluha čítače, jež vyvolá přerušení s frekvencí 8 Hz. Za pomoci tohoto čítače a dalšího čítání počtu přerušení jsme schopni nastavit delší časové prodlevy. V projektu je prodleva nastavena na dvacet pět sekund, je to z toho důvodu, že graf dokáže zobrazit sedmdesát dva vzorků. A díky čtení vzorku každých dvacet pět sekund dokáže graf vykreslit průběh teploty v posledních třiceti minutách.

10.2.2 Průběh teploty

Při potvrzení položky teplota v menu se uživateli zobrazí graf průběhu teploty v čase. Tento graf je navržen tak, že zobrazí sedmdesát dva vzorků. Teplota je vzorkována po dvaceti pěti sekundách a tudíž je na ose X zobrazen průběh za posledních třiceti minut. Na ose Y je vynesena teplota ve stupních s minimální a maximální hodnotou zaokrouhlenou na desítky stupňů. Vzorky teploty jsou zaznamenány do kruhové zásobníku. Dolní a horní hodnota na ose Y je upravována podle minimální a maximální hodnoty naměřené teploty v zásobníku.

10.2.3 Výškový profil

Výškový profil trasy se zobrazí po zvolení možnosti převýšení v menu. Při tvorbě grafu nadmořské výšky vyvstal problém s hodnotou na ose X. V úvahu pro osu X přišel čas a nebo vzdálenost, byla implementována závislost výšky na vzdálenosti. Pro tento účel bylo zapotřebí analyzovat data z GPS modulu. Jak již bylo výše zmíněno, komunikace GPS modulu je popsána v manuálu k čipu SiRF. Získat údaj o výšce není obtížný úkol, větší problém nastává v okamžiku počítání vzdálenosti dvou bodů.

Výpočet vzdálenosti dvou bodů.

Pokud jsou body ve dvou rozměrném prostoru a jsou určeny souřadnicemi, pak k řešení stačí středoškolské znalosti matematiky, ani ve trojrozměrném prostoru by to nebylo těžké, problém

nastává v okamžiku, když si uvědomíme, že data o poloze z GPS modulu jsou přijímána v systému šířka-délka, která jsou reprezentována v souřadnicovém systému WGS84.

Pro výpočet vzdáleností dvou bodů, zadaných souřadnicemi šířka – délka, je několik algoritmů, asi nejznámějším je algoritmus „great circle“ [17], který počítá nejkratší vzdálenost mezi dvěma body na povrchu koule. Byť v souřadnicovém systému je Země reprezentována jako elipsoid, tak tento vzorec nedává příliš chybné výsledky.

Dalším algoritmem pro výpočet vzdálenosti je „haversine formula“ [17], i tento vzorec výpočtu vzdálenosti slouží pro výpočet nejkratší vzdálenosti na povrchu koule.

Vzorec „Vincenty's formula“ [20] je již výpočet nejkratší vzdálenosti dvou bodů na rotačním elipsoidu a z těchto tří vzorců je uváděn jako nejpresnější. Jeho náročnost výpočtu je ale důvod, pro jeho nemožnost implementace.

Důvodem pro neimplementování těchto algoritmů je jejich paměťová náročnost, proto bylo zvoleno řešení poněkud neobvyklé. V tomto řešení počítám rozdíl šířek a výšek a tento rozdíl převedu ze stupňů na metry pomocí převodní tabulky [16]. Pak pomocí Pythagorovi věty dopočítám přeponu v pravoúhlém trojúhelníku. Tento výpočet zabírá poměrně mnoho místa v paměti, kvůli převodním tabulkám, ale stále je to méně místa než funkce `sin()` z knihovny `math.h`.

11 Překlad

V průběhu implementace bylo dosaženo maximální velikosti programu. Tento problém byl zpočátku řešen zmenšením implementace FAT systému. Po dalším dosažení této hranice byl problém vyřešen zapnutím optimalizace „-Os“. Tento příznak byl přidán do souboru Makefile. Je to proto, že soubor projekt.xml popisující aplikaci nedává možnost přidat příznaky pro překlad. Tedy nelze použít program QdevKit pro předklad aplikace, protože při překladu tímto programem dochází ke generování souboru makefile za pomoci fcmake. Takto vygenerovaný makefile ale neobsahuje onu výše zmiňovanou optimalizaci. Proto je potřeba program překládat pomocí make za pomoci přiloženého makefile.

12 Testování

Cílem projektu je vytvořit zařízení, které dokáže zaznamenat informace o trase. Proto je také hlavní test specifikovaný již v zadání. Zadání testu zní: otestujte zařízení zaznamenáním trasy o vzdálenosti minimálně jeden kilometr, která bude následně v počítači pomocí dostupných nástrojů zobrazena.

Před tímto testem muselo zařízení v průběhu vývoje prokázat funkčnost jednotlivých prvků. Vývoj začal na platformě FITkit verze 1.2. Po implementaci měření teploty, práce s GPS modulem a představou požadavků na práci s MMC kartou a displejem, jsme se rozhodli, že projekt bude vytvářen na platformě FITkit 2.0. Při přesunu na novou platformu byl trochu pozměněn zdrojový kód s přihlédnutím na jiný mikrokontrolér řady MSP430. Po přesunu bylo opět otestováno měření teploty a příjem dat z GPS modulu. Nic nenaznačovalo, že by něco mělo být v nepořádku. Problém nastal po implementaci MMC karty a displeje, kdy se začala řešit data z GPS modulu, jejich význam a zpracování. V tomto okamžiku bylo zjištěno, že modul funguje, ale nedokáže zaměřit polohu, občas se stalo, že dokázal zaměřit polohu, ale tento stav byl spíše ojedinělý. Ani s jiným FITkitem verze 2.0 nebyl modul funkční. Při testování jsme došli k závěru, že na starší platformě FITkitu měl modul plnou funkčnost, tedy modul nefungoval s novou platformou. Po několika testech, kdy bylo experimentováno s různými zdroji napájení, jsme došli k závěru, že tento problém není ve zdroji napětí. Až v poslední řadě byl otestován modul ve větší vzdálenosti od FITkitu a modul se dokázal zaměřit. Tedy závěrem tohoto testu bylo prokázáno, že FITkit verze 2.0 ruší frekvenci, na které vysílají satelity GPS a nebo, že GPS modul je náchylný na elektromagnetické rušení. Každopádně tento problém vyřešila větší vzdálenost od FITkitu a to dvacet pět cm. Dalším testováním bylo zjištěno, že i blízkost notebooku je problém pro GPS modul.

Občas se stávalo, že než se modul ustálil na dané pozici, tak naměřené hodnoty kmitaly v okolí. Tento jev nijak zvlášť neovlivnil celkový vzhled trasy, ale velice ovlivnil výpočet vzdálenosti, kde tyto kmity byly od předchozího bodu vzdáleny i stovky metrů. Řešením by bylo tyto kmity ignorovat například na základě hodnoty HDOP ve zprávě GGA, která určuje zkreslení.

Příklad kmity je vidět na přiložených datech, které jsou záznamem trasy. Zde v jeden okamžik GPS modul udal trasu, kterou se nejelo a v těchto bodech, které byly označeny jako validní data i přesto, že na pozici přijímač nebyl, byla hodnota HDOP 50.0. Jak je výše zmíněno, čím je hodnota menší, tím lépe. V průběhu trasy se pohybuje mezi 1.0 a 3.0, jen v těchto očividně špatných souřadnicích je tato hodnota o mnoho vyšší.

Testovací data byla měřena jízdou v autě, kdy přijímač byl umístěn na palubní desku. Před započítím sběru dat byl zapnut GPS modul dostatečně dlouho, aby zaměřil svoji polohu. Pak byl zapnut záznam dat a projeta trasa o délce zhruba 2 430 metrů. Tato vzdálenost je vypočítaná

programem QLandKarte GT. Tuto vzdálenost jsme ujeli za 3 minuty 32 vteřin. Prototyp vypočítal délku trasy 2550 metrů. Je zde velká nepřesnost způsobená výpočtem vzdálenosti.

Prototyp byl testován s SD kartou (verze 1) místo MMC. Jelikož příkazy pro MMC a SD karty jsou stejné, tak nenastává žádný problém.

13 Závěr

Projekt splňuje všechny zadané požadavky, seznámili jsme se s platformou FITkit, GPS modulem, teplotním čidlem a paměťovou kartou MMC se souborovým systémem FAT a grafickým displejem. Dozvěděli jsme se o možnostech jednodušších outdoorových počítačů na trhu. Zapojili jsme všechny výše zmíněné prvky do funkčního celku za pomoci nepájivého pole a implementovali firmware pro obsluhu tohoto prototypu. Pro zobrazení nasbíraných dat jsou doporučeny programy Google Earth nebo QLandkarte GT.

V tomto projektu není řešena spotřeba zařízení, která by rozhodně měla být u přenosných zařízení diskutována. Dalším možným rozšířením je změna GPS modulu. Případně vyměnit navigační systém GPS za Galileo. Jako další možné rozšíření by se dala považovat funkce, která dokáže zobrazovat trasu, kterou uživatel zaznamenal. Toto zobrazování se v současné podobě ponechává až po přenosu dat do počítače. Zobrazení trasy by se dalo použít pro zpětnou navigaci do místa začátku trasy. Dalším rozšířením by bylo navržení desky plošných spojů a zapracování komponent do obalu. Možností rozšíření je mnoho, ale vzhledem k tomu, že již při implementaci bylo dosaženo maximální kapacity velikosti programu, bude další rozšíření složité, pokud by nedošlo ke zvětšení kapacity paměti. Toho by se dalo dosáhnout například ukládáním některých dat na kartu.

Zobrazení času v této práci není řešeno, byť v menu je položka pro nastavení časového pásma, tak čas není nikde zobrazen. Toto zobrazení času by se dalo považovat za rozšíření. Jako hlavní možnost rozšíření však uvedme to, že by zařízení mohlo z údajů o poloze samo nastavovat časové pásmo a dle toho upravovat čas zobrazený pro uživatele. Toto by byl obtížný úkol, protože časová pásma nemají rozhraní rovná, ale jsou upravována podle hranic států. Implementačně hodně náročný úkol s minimálním přínosem pro uživatele.

V tomto projektu je velice nepřesný způsob výpočtu vzdálenosti dvou bodů, viz kapitola testování. Přesný vzorec pro výpočet nebyl implementován z důvodu paměťové náročnosti funkcí z matematické knihovny. Jako další rozšíření by tedy mohlo být zmenšení kódu. Výraznou měrou by se na zmenšení paměťové náročnosti mohlo podílet nepoužití knihovny libfitkit.h.

Literatura

- [1] KAPLAN, Elliot D. *Understanding GPS: Principles and application*. Norwood, Massachusetts: ARTECH HOUSE, INC., 2006. 2. ISBN 1-58053-894-0.
- [2] GPS beginner's guide. In: Garmin.com [online]. rev. B. 2008 [cit. 2012-12-10]. Dostupné z: http://www8.garmin.com/manuals/GPSGuideforBeginners_Manual.pdf
- [3] MSP430F2617: (ACTIVE) 16-Bit Ultra-Low-Power MCU, 92KB Flash, 8KB RAM, 12-Bit ADC, Dual DAC, 2 USCI, HW Mult, DMA. TEXAS INSTRUMENTS. Texas Instruments [online]. © 1995-2013 [cit. 2013-04-04]. Dostupné z: <http://www.ti.com/product/msp430f2617>
- [4] FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ VUT BRNO. FITkit [online]. © 2006 - 2012 [cit. 2013-04-04]. Dostupné z: <http://merlin.fit.vutbr.cz/FITkit/hardware.html>
- [5] KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS. *PCF8814: 65 ' 96 pixels matrix LCD driver* [online]. 2003 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <http://mylcd.sourceforge.net/files/pcf8814.pdf>
- [6] SiRF: NMEA Reference Manual. SIRF TECHNOLOGY, Inc. Usglobalsat [online]. Revision 2.2. San Jose, CA 95112 U.S.A., 2008 [cit. 2013-04-12]. Dostupné z: http://www.usglobalsat.com/store/downloads/NMEA_commands.pdf
- [7] LR9552: GPS module. LEADTEK RESEARCH INC. Macrogroup [online]. Version 0.2. 2007 [cit. 2013-04-12]. Dostupné z: http://www.macrogroup.ru/content/data/store/images/f_107_207_1.pdf
- [8] SCHWARZ, Josef, Richard RŮŽIČKA a Josef STRNADEL. *Mikroprocesorové a vestavěné systémy: IMP* [online]. Brno, 2006 [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: https://wis.fit.vutbr.cz/FIT/st/course-files-st.php/course/IMP-IT/texts/IMP_opora_cast1.pdf. Studijní opora. VUT.
- [9] MultiMediaCard Specification. SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. Datasheetcatalog [online]. 2004 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: http://www.datasheetcatalog.org/datasheets2/14/1456453_1.pdf
- [10] AD22100: Voltage Output Temperature Sensor with Signal Conditioning. ANALOG DEVICES, Inc. *Analog* [online]. Rev. D. Norwood, © 2004 [cit. 2013-04-24]. Dostupné z: http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD22100.pdf
- [11] TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED. SLAA281B: Interfacing the MSP430 With MMC/SD Flash Memory Cards [online]. 2008 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/an/slaa281b/slaa281b.pdf>
- [12] FatFs: Generic FAT File System Module [online]. 2013 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: http://elm-chan.org/fsw/ff/00index_e.html
- [13] STM32+LCD Nokia 3410. In: Mcu.cz [online]. 2012 [cit. 2013-04-26]. Dostupné z: <http://mcu.cz/news.php?extend.2888>
- [14] NMEA 0183 Sentences Not Recommended for New Designs. Nmea [online]. 2008 [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: http://www.nmea.org/Assets/100108_nmea_0183_sentences_not_recommended_for_new_designs.pdf
- [15] DEPARTMENT OF DEFENSE WORLD GEODETIC SYSTEM 1984: Its Definition and Relationships with Local Geodetic Systems. National Geospatial-Intelligence Agency [online]. third edition. 2000 [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: <https://www1.nga.mil/ProductsServices/GeodesyandGeophysics/Documents/TR8350.2.pdf>
- [16] Earth according to WGS 84. HUMERFELT, Sigurd. *Online.no* [online]. 1999., 12th February 2012 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: http://home.online.no/~sigurdhu/Grid_1deg.htm
- [17] HLAVÁČ, L. *Konstrukce GPS přístroje*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 53 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Pavel Šteffan, Ph.D.

- [18] NATIONAL COORDINATION OFFICE FOR SPACE-BASED POSITIONING, Navigation, and Timing. GPS.GOV [online]. January 18, 2013 [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: <http://www.gps.gov>
- [19] RAPANT, Petr. *Družicové polohové systémy* [online]. Vyd. 1. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2002, 197 s. [cit. 2013-05-13]. ISBN 80-248-0124-8. Dostupné z: http://gis.vsb.cz/dokumenty/dns-gps/at_download/file
- [20] Movable Type Script. Movable Type Ltd [online]. © 2002-2012 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong-vincenty.html>

Seznam příloh

Příloha 1. CD, na kterém jsou umístěni zdrojové kódy a další dokumentace

- bachelors_thesis.zip
 - Zdrojové soubory pro umístění do adresářové struktury FITkitu (včetně programové dokumentace).
- trace_A.nmea
 - Vzorová ukázka souboru zaznamenaného zařízením.
- trace_A.jpg
 - Grafické znázornění trasy pomocí Google Earth.
- Rychlostní_profil.png
 - Graf závislosti rychlosti na vzdálenosti generovaný programem QLandKarte GT ze souboru trace_A.nmea.
- Výškový_profil.png
 - Graf průběhu nadmořské výšky generovaný programem QLandKarte GT ze souboru trace_A.nmea.
- bp_xrohri00.pdf
 - Tato bakalářská práce.
- photos/
 - Fotografie zařízení.