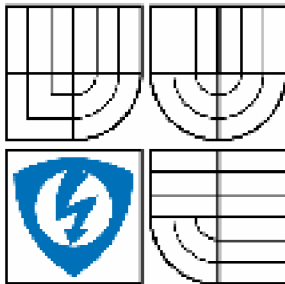


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

JEDNODUCHÝ DIGITÁLNÍ FOTOAPARÁT

SIMPLE DIGITAL PHOTO CAMERA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

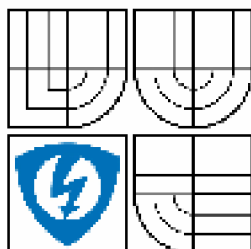
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAROSLAV NEČESANÝ

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ FRÝZA, Ph.D.

BRNO 2009



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav radioelektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student: Jaroslav Nečasany

ID: 72791

Ročník: 3

Akademický rok: 2008/2009

NÁZEV TÉMATU:

Jednoduchý digitální fotoaparát

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Prostudujte a popište komunikaci s modulem externího fotoaparátu k mobilnímu telefonu Siemens S55. Navrhněte obvodové zapojení a desku plošného spoje jednoduchého digitálního fotoaparátu s použitím mikrokontroléru typu AVR a obvodu VINCULUM firmy FTDI.

Realizujte a oživte zařízení jednoduchého digitálního fotoaparátu. Vytvořte obslužný program v jazyce C. Proveďte testování celého zařízení s ohledem na funkci, spolehlivost, spolehlivost. Rozaberte možnost připojení externího LCD displeje k fotoaparátu, zobrazující snímek ve formátu JPEG.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] Vinculum. VNC1L – Vinculum USB Host Controller Device. [online]. 2008 – [cit. 7. května 2008]. Dostupné na WWW: http://www.vinculum.com/prd_vnc1l.html

[2] Atmel Corporation. AVR 8-Bit RISC. [online]. 2007 – [cit. 20. prosince 2007]. Dostupné na WWW: <http://www.atmel.com/products/avr/>

[3] Siemens. Oficiální stránka firmy Siemens. [online]. 2008 – [cit. 7. května 2008]. Dostupné na WWW: <http://www.siemens.cz/siemjet/cz/home/Main/index.jet>

Termín zadání: 9.2.2009

Termín odevzdání: 5.6.2009

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Frýza, Ph.D.

prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida
Předseda oborové rady

Abstrakt

Bakalárska práca sa zaoberá návrhom jednoduchého digitálneho fotoaparátu. Podrobne popisuje spôsob pripojenia a obsluhu modulu digitálneho fotoaparátu z mobilného telefónu Siemens S55. Uvádza príklad nadviazania komunikácie so spomenutým modulom a vytvorenia fotografie. Popisuje USB host mikrokontrolér Vinculum z hľadiska vlastností a spôsobu pripojenia spolu s jednoduchými príkladmi komunikácie. Navrhuje riešenie napájacieho zdroja a popisuje schému zapojenia. Ďalej obsahuje popis programu pre riadiaci mikrokontrolér jednoduchého digitálneho fotoaparátu a na záver rozoberá možnosti pripojenia prídavného modulu zobrazujúceho zhotovené fotografie vo formáte JPEG.

Abstract

My bachelor's thesis deals with the suggestion of simple digital camera. It describes in detail the form of connection and operating of digital camera module from cell phone Siemens S55. It introduces the example of communication with the mentioned module and the creation of photo. Describes the USB Host Microcotroler Vinculum in term of its attributes and the form of connection included with simple example of communication. Thereinafter it deals with the question of the suggestion of solution of power supply and describes schematic. Further includes a description of the microcontroler software and finally discusses the connectivity of external mudule showing photos made in JPEG.

Kľúčové slová

Digitálny fotoaparát, mikrokontrolér, Vinculum, algoritmus, program, displej, fotografia, akcelerometer.

Key words

Digital camera, microcontroler, Vinculum, algorithm, program, display, photo, accelerometer.

Bibliografická citácia

NEČESANÝ, J. *Jednoduchý digitální fotoaparát*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 28 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Tomáš Frýza, Ph.D.

Prehlásenie

Prehlasujem, že svoju bakalársku prácu na tému „Jednoduchý digitálny fotoaparát“ som vypracoval samostatne pod vedením vedúceho práce a s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zozname literatúry na konci práce.

Ako autor uvedenej bakalárskej práce ďalej prehlasujem, že v súvislosti s vytvorením tejto práce som neporušil autorské práva tretích osôb a najmä som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobnostných a som si plne vedomý následkov porušenia ustanovení § 11 a nasledujúcich autorského zákona č.121/2000 Sb., vrátane možných trestnoprávných následkov vyplývajúcich z ustanovení §152 trestného zákona č.140/1961 Sb.

V Brne dňa 5. júna 2009

.....
podpis autora

Pod'akovanie

Ďakujem vedúcemu bakalárskej práce Ing. Tomášovi Frýzovi, Ph.D. za účinnú metodickú, pedagogickú a odbornú pomoc a ďalšie cenné rady pri spracovaní mojej bakalárskej práce. Ďalej by som rád poďakoval kolektívu technických pracovníkov Ústavu radioelektroniky za ochotu a pomoc pri realizovaní prototypových jednotiek mojej práce. Vďaka tiež patrí firmám Freescale, Inc., Maxim Integrated products, Dallas Semiconductor a FTDI, Ltd. za poskytnutie vzoriek súčiastok, čím výrazne prispeli k zníženiu nákladov na realizáciu projektu.

V Brne dňa 5. júna 2009

.....
podpis autora

OBSAH

1. ÚVOD	8
2. MODUL DIGITÁLNEHO FOTOAPARÁTU S JPEG KOMPRESIOU	9
2.1 VLASTNOSTI MODULU FOTOAPARÁTU	9
2.2 PRIPOJENIE MODULU FOTOAPARÁTU	9
2.3 KOMUNIKÁCIA S MODULOM FOTOAPARÁTU	10
3. USB HOST MIKROKONTROLÉR VINCULUM	12
3.1 PRIPOJENIE OBVODU VINCULUM	12
3.2 KOMUNIKÁCIA S OBVODOM VINCULUM	13
4. ZDROJ NAPÁJACIEHO NAPÄTIA	14
4.1 STEP-UP MENIČ LT1308	14
4.2. LINEÁRNY REGULÁTOR LF33	14
5. NÁVRH SCHÉMY DIGITÁLNEHO FOTOAPARÁTU.....	15
5.1 MODUL DIGITÁLNEHO FOTOAPARÁTU	15
5.2 MODUL MIKROKONTROLÉRA VINCULUM.....	15
5.3 MODUL MIKROKONTROLÉRA S08JM60	16
5.5 MODUL UŽÍVATELSKÉHO ROZHRANIA	16
6. NÁVRH DOSKY PLOŠNÝCH SPOJOV	17
7. PROGRAM JEDNODUCHÉHO DIGITÁLNEHO FOTOAPARÁTU.....	18
7.1 HLAVNÝ PROGRAM A FUNKCIE HLAVNÉHO PROGRAMU	18
7.2 OBSLUHA PRERUŠENÍ A VNÚTORNÝCH PERIFÉRIÍ	20
8. PRIPOJENIE LCD DISPLEJA	21
8.1 POPIS ZAPOJENIA MODULU DISPLEJA.....	22
8.2 PROGRAM MODULU DISPLEJA	22
9. ZÁVER	24
10. POUŽITÁ LITERATÚRA	25
11. ZOZNAM SKRATIEK.....	26
12. PRÍLOHY	27
12.1 PRÍLOHA A – NÁVRH PLOŠNÝCH SPOJOV A SCHÉMY ZAPOJENIA	27
12.2 PRÍLOHA B – PRÍKAZY MIKROKONTROLÉRA VINCULUM.....	30
12.3 PRÍLOHA C – ZOZNAM SÚČIASTOK	34

1. Úvod

Úlohou mojej bakalárskej práce je navrhnúť koncepciu, obvodočné zapojenie a dosku plošných spojov digitálneho fotoaparátu. V súčasnosti je na trhu množstvo rôznych kvalitných digitálnych fotoaparátov pre amatérske i profesionálne fotografovanie. Mojim cieľom nie je predčiť dostupné modely kvalitou, ale dokázať, že navrhnúť a vyrobiť digitálny fotoaparát v amatérskych podmienkach nie je nemožné. Požiadavky na digitálny fotoaparát zrejme netreba rozsiahle rozoberať. Spomeniem však aspoň základné body z ktorých som vychádzal.

Formát výstupných dát je dôležité kritérium. V dnešnej dobe je samozrejmosťou, že digitálne fotoaparáty vytvárajú fotografie v multimedialných formátoch (JPEG, JFIF, BMP), ktoré je možné bez problémov prezerať a editovať na osobných počítačoch. Taktiež je vhodné, ak je fotografia hneď po opustení fotoaparátu skomprimovaná do formátu JPEG, čím sa stáva menšou a jednoduchšie prenosnou. Moja koncepcia toto kritérium spĺňa, pretože využíva modul digitálneho fotoaparátu z mobilného telefónu Siemens S55, ktorý výstupné dáta pripraví do potrebnej podoby.

Ukladanie a prenos výstupných dát je oblasť, v ktorej si trúfam označiť svoj fotoaparát za prepracovanejší v porovnaní s fotoaparátmi na trhu. Súčasný digitálny fotoaparát totiž využíva ako pamäťové médium rôzne, najčastejšie MMC, karty. Sú síce malé a cenovo dostupné, ale ak chceme preniesť dáta do osobného počítača, potrebujeme čítačku kariet alebo USB kábel. Môj digitálny fotoaparát ukladá dáta priamo na USB disk so systémom súborov FAT 16. Takto uložené dáta sú dostupné hneď po pripojení USB disku k osobnému počítaču.

Rozmery a hmotnosť sú nezanedbateľnou požiadavkou pri konštruovaní digitálneho fotoaparátu. Fotoaparát musí byť ľahko prenosný, skladný a hmotnosť nesmie prekročiť hranicu pre pohodlné používanie. Pre tieto účely sú mimoriadne vhodné SMD prvky.

Pomer medzi cenou a úžitkovými vlastnosťami je popri predchádzajúcich vlastnostiach veľmi dôležitý. V tomto môj návrh nemôže konkurovať profesionálnym sériovým výrobkom, vzhľadom na výrobné náklady a dosiahnuté rozlíšenie fotografií. Keďže ide o jednu z mála takýchto konštrukcií, myslím si že táto skutočnosť jej na zaujímavosti neuberá.

2. Modul digitálneho fotoaparátu s JPEG kompresiou

Z môjho pohľadu najdôležitejšou súčasťou pripravovaného digitálneho fotoaparátu je modul digitálneho fotoaparátu s JPEG kompresiou z mobilného telefónu Siemens S55 (ďalej len modul fotoaparátu). Aj keď v elektrotechnickej praxi ide o veľmi netypické zariadenie, je veľmi zaujímavé, najmä pre jednoduchosť pripojenia, ovládania a postačujúcu kvalitu výstupných dát. Napriek tomuto faktu neboli až do konca roka 2007 k dispozícii nijaké voľne šíriteľné dokumenty, ktoré by popisovali pripojenie tohoto modulu a komunikáciu s ním. V tom čase som sa rozhodol, že pripojenie a komunikáciu s týmto modulom preštudujem a popíšem. Získané poznatky som publikoval na serveri [1] v článku „Kamera s JPEG kompresiou“. Pre veľký záujem odbornej verejnosti bol tento článok preložený do angličtiny a rozposlaný záujemcom do všetkých kútov sveta. Tým sa z modulu používaného výhradne mobilnými telefónmi stal modul použiteľný v množstve iných aplikácií.

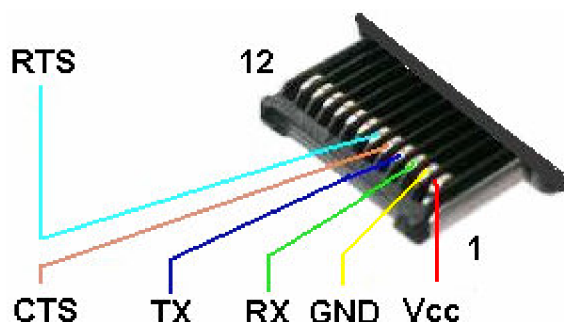
2.1 Vlastnosti modulu fotoaparátu

Popísaný modul dokáže v pomerne krátkom čase vyhotoviť a odoslať digitálnu fotografiu v dvoch rozlíšeniach (160x120 pixelov a 640x480 pixelov). Taktiež umožňuje používať pri fotografovaní vstavaný blesk.

2.2 Pripojenie modulu fotoaparátu

Samotné pripojenie modulu fotoaparátu je veľmi jednoduché. Pozostáva z pripojenia napájacieho napätia k napájacím pinom modulu. Napájacie napätie modulu fotoaparátu je 3,7V, ale testovaním bolo zistené, že spoľahlivo pracuje od 3,3V do 5V bez rizika poškodenia. Potom je nutné pripojiť vodiče linky UART a vodiče CTS a RTS. Tieto je možné priviesť cez prevodník úrovni, UART na RS232 alebo UART na USB k osobnému počítaču, prípadne pripojiť ich priamo k mikrokontroléru, ktorý komunikáciu s modulom zaobstará. S pripojením dátových vodičov k osobnému počítaču nie je nijaký problém. Pripojenie ku niektorým mikrokontrolérom však môže byť zkomplikované nutnosťou použiť jednoduchý tranzistorový zosilovač na linke Tx smerom k mikrokontroléru.

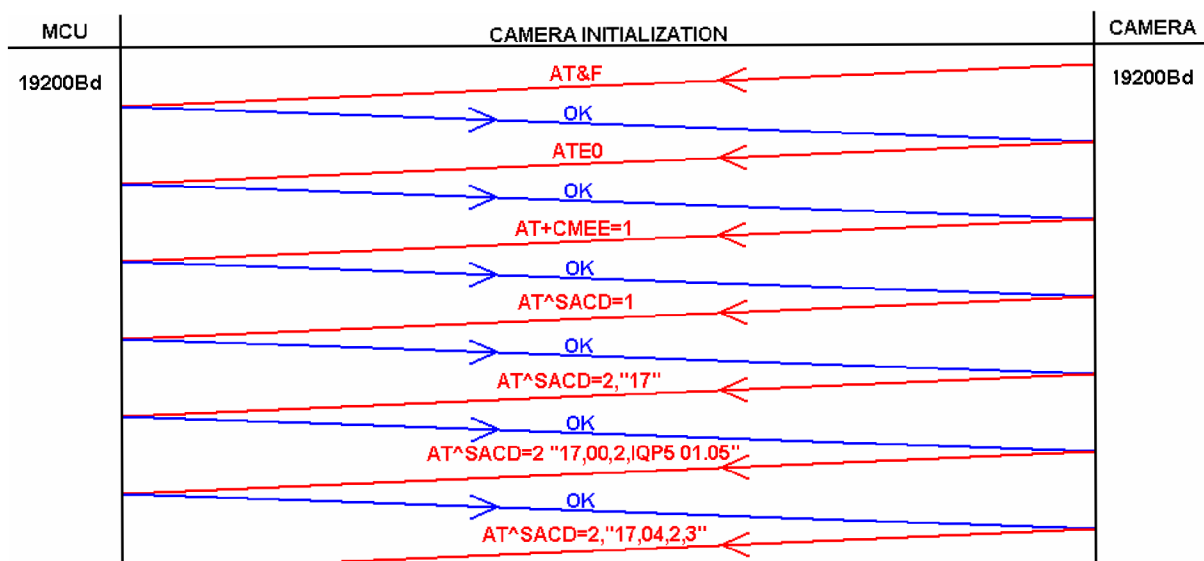
Ako už bolo spomenuté, modul fotoaparátu komunikuje s riadiacim zariadením pomocou UART. Symbolová rýchlosť, taktiež známa ako BaudRate, je nastavená na 19200Bd pre odosielanie príkazov a 115200Bd pre prenos dát z modulu fotoaparátu do riadiaceho zariadenia. Ďalšie nastavenia asynchrónneho rámca: 8 dátových bitov, bez parity, 1 stop bit



Obr. 2.2.1 - Dátový konektor modulu fotoaparátu s popisom jednotlivých pinov [1]

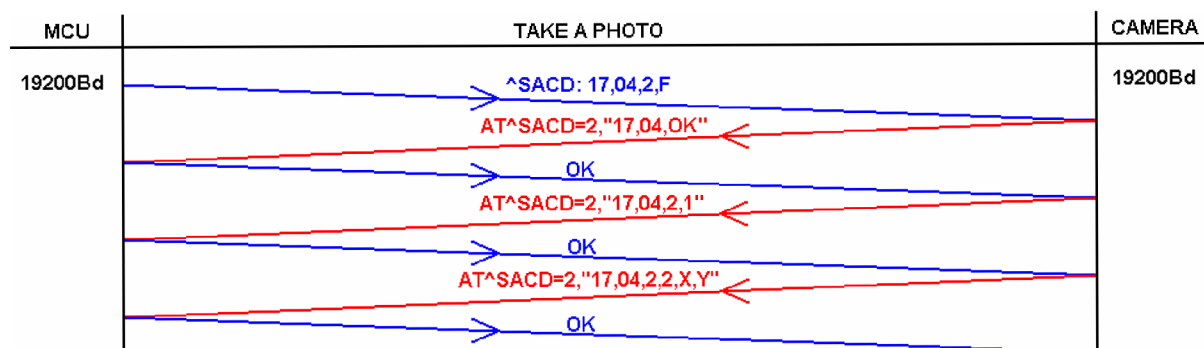
2.3 Komunikácia s modulom fotoaparátu

Ku spusteniu modulu fotoaparátu samotné pripojenie napájacieho napätia nestačí. Je nutné priviesť oba signály, tzv. handshakingu, teda signály CTS a RTS, na vysokú logickú úroveň. Zapnutie modulu nám signalizuje vstavaná zelená LED dióda. Vzápätí modul fotoaparátu odošle frázu, ktorú môžeme v ASCII napísať ako „AT&F“. Za každou prijatou i odoslanou frázou nasleduje prázdny znak <CR> (v dekadickéj číselnej sústave zodpovedá číslu 13), ktorý signalizuje prechod na nový riadok a tým pádom ukončenie frázy. Riadiace zariadenie po prijatí a vyhodnotení frázy odpovedá „OK“ <CR>. Potom nasledujú ďalšie frázy. Dáta odoslané modulom fotoaparátu sú zobrazené **červenou farbou** a dáta odoslané do modulu fotoaparátu **modrou farbou**. Inicializáciu popisuje obrázok 2.3.1.



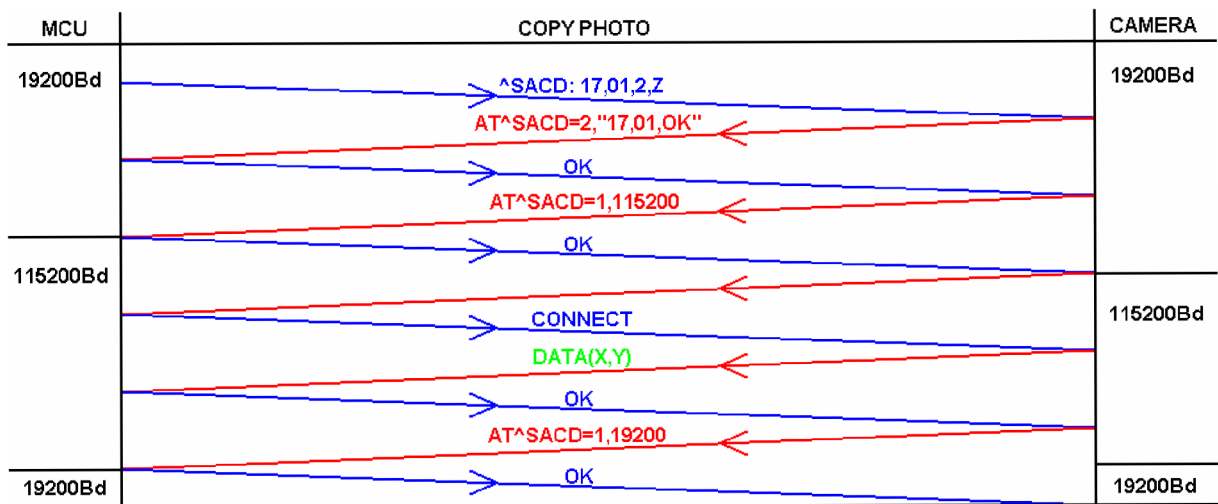
Obr. 2.3.1 – Komunikácia medzi MCU a modulom fotoaparátu – inicializácia

V tomto momente je modul fotoaparátu zapnutý a pripravený na fotografovanie. Tento postup je zobrazený na obrázku 2.3.2.



Obr. 2.3.2 – Komunikácia medzi MCU a modulom fotoaparátu – vytvorenie fotografie

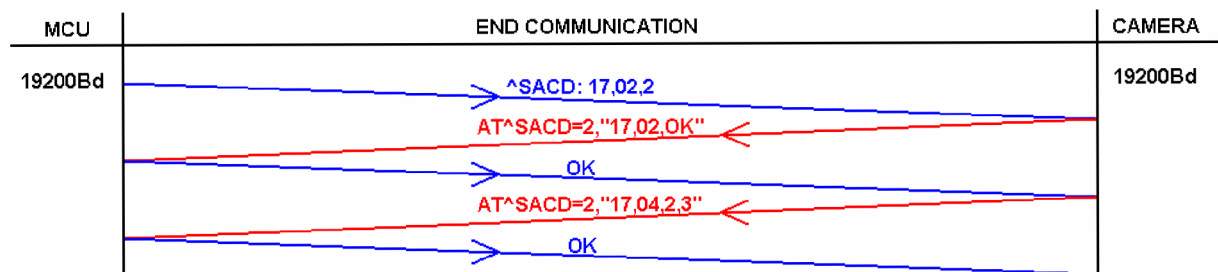
Za znak **F** dosadíme ASCII číslice 1 alebo 2. Ak dosadíme znak „1“, pri fotografovaní sa použije vstavaný blesk. Ten však musí byť nabitý. Procedúra nabíjania je popísaná na konci kapitoly. Po dosadení znaku „2“ sa vstavaný blesk nepoužije. Za znakom **X** sa skrýva číslo hovoriace o veľkosti fotografie v rozlíšení 160 x 120 pixelov a číslo zobrazené ako **Y** oznamuje veľkosť fotografie s rozlíšením 640 x 480 pixelov. Oba údaje vyjadrujú počet bytov jednotlivých fotografií. Postup následného kopírovania dát popisuje obrázok 2.3.3.



Obr. 2.3.3 - Komunikácia medzi MCU a modulom fotoaparátu – kopírovanie fotografie

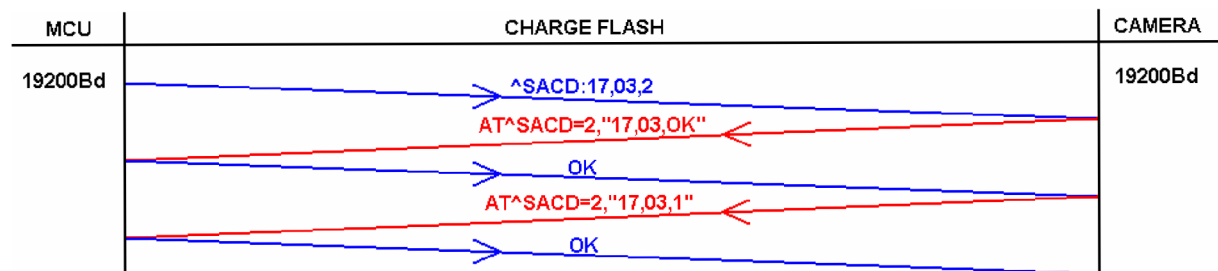
Znak **Z** je nutné nahradiť ASCII znakom 1 alebo 2. Ak dosadíme znak „1“, skopírujeme fotografiu v rozlíšení 160 x 120 pixelov. Ak však dosadíme znak „2“, obdržíme kvalitnejší záber v rozlíšení 640 x 480 pixelov.

Po obdržaní dát môžeme skopírovať obrázok v inej kvalite alebo fotografovanie ukončiť. Postup je uvedený na obrázku 2.3.4.



Obr. 2.3.4 - Komunikácia medzi MCU a modulom fotoaparátu – ukončenie komunikácie

Postup nabíjania blesku je uvedený na obrázku 2.3.5.

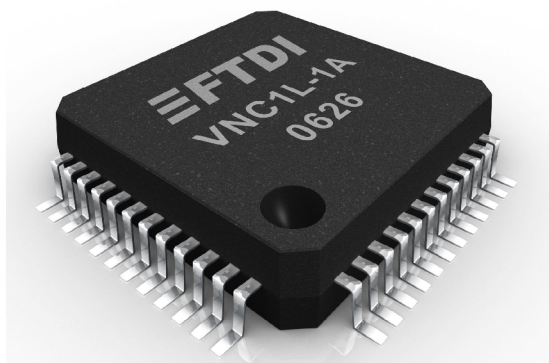


Obr. 2.3.5 - Komunikácia medzi MCU a modulom fotoaparátu – nabíjanie blesku

Teraz je možné použiť pri fotografovaní blesk. Skúsenosť však hovorí, že doba medzi nabitím blesku a jeho použitím by nemala presiahnuť maximálne niekoľko desiatok sekúnd. Po dlhšom čase by bolo blesk znovu nutné nabiť.

3. USB host mikrokontrolér Vinculum

USB host mikrokontrolér, taktiež známy ako Vinculum, vyrába firma FTDI pod označením VNC1L. Ide o obvod postavený na báze mikrokontroléra, ktorý dokáže spravovať USB zariadenia. Okrem bežných periférnych zariadení osobných počítačov (klávesnica, myš, tlačiareň) dokáže obsluhovať USB disky, tzv. „flešky“, organizované systémom súborov FAT16. Nedokáže však fungovať autonómne, ale musí byť riadený iným mikrokontrolérom. V mojom zariadení ide o mikrokontrolér S08JM60 od firmy Freescale semiconductor. Výrobca pre tieto obvody ponúka niekoľko verzií firmware. Najpoužívanejší je zrejme VDAC firmware, kvôli jeho univerzálnosti. Za zmienku však stojí aj VDSP, pomocou ktorého dokáže Vinculum obsluhovať USB device, a zároveň byť USB device pre iný USB host. Výrobca poskytuje ako samotné obvody, tak aj univerzálne vývojové moduly. Samotné procesory sa totiž vyrábajú v puzdách LQFP48 (Obr 3.1), a tým sa výroba prototypov komplikuje (nutnosť vyrábania DPS). Vývojové moduly sú vybavené všetkými pasívnymi súčiastkami nutnými k správne fungovaniu obvodu a rozloženie jednotlivých pinov je ekvivalentné puzdram DIP. Taktiež odpadá nutnosť nahrávania firmware pred prvým použitím. [2]



Obr 3.1 - USB Host mikrokontroler Vinculum [2]

3.1 Pripojenie obvodu Vinculum

Keďže vo svojom projekte nebudem využívať vývojový modul, ale len samotný chip, musím pripojenie potrebných pasívnych súčiastok zabezpečiť sám. Zrejme najdôležitejším prvkom je kryštál s frekvenciou hodinového signálu 12MHz. Bez neho by obvod vôbec nepracoval. Dôležitý je tiež USB konektor pripojený k USB portu 2. Len na ňom totiž Vinculum dokáže obsluhovať USB disky. Ďalej sú k pinom AVcc a PLLfltr pripojené RC filtre a k pinom #RESET a #TEST pripojené pull-up rezistory, ktoré ich udržiavajú na vysokej logickej úrovni. Piny ACBUS5 a ACBUS6 slúžia na nastavenie komunikačného rozhrania cez ktoré môžeme k obvodu Vinculum pristupovať. Nastavenie pinov je uvedené v tabuľke 3.1.1. Na výber máme UART, SPI a FIFO. Vybrané komunikačné rozhranie je následne nutné pripojiť k riadiacemu mikrokontroléru. Obvod je napájaný napájacím napätím 3,3V avšak všetky vstupno/výstupné piny su 5V tolerantné.

Tab 3.1.1 - Tabuľka pre nastavenie komunikačného rozhrania

ACBUS6 (pin 47)	ACBUS5 (pin 46)	INTERFACE
H	H	UART
H	L	SPI
L	H	FIFO
L	L	UART

3.2 Komunikácia s obvodom Vinculum

Vo svojom projekte pre jednoduchosť využívam rozhranie UART. Po pripojení napájacieho napätia musíme na pin CTS# priviesť nízku logickú úroveň, inak sa obvod bude stále resetovať. Po spustení obvodu už nemá spomínaný signál vplyv na reset obvodu, preto ho môžeme slobodne využívať pre handshaking. Asynchrónny rámec sériovej komunikácie má nastavenie: 8 dátových bitov, 1 stop bit, bez parity

Po resete obvodu je symbolová rýchlosť komunikácie vždy nastavená na 9600Bd. Túto je možné kedykoľvek počas komunikácie zmeniť na to určeným príkazom. Tabuľka príkazov (Tab. 12.2.1 – Tab. 12.2.4) spolu s popisom a tabuľka konštánt pre nastavenie rôznych symbolových rýchlostí (Tab. 12.2.5) je uvedená v prílohe. Po spustení obvodu tento odošle dáta, ktoré je možné vyjadriť ako:

```
„Ver 03.xxxxVDAP On-Line:“<CR>
```

Ak je v zároveň pripojený USB disk nasleduje :

```
„Device Detected P2“<CR>  
„No Upgrade“<CR>  
„D:\>“<CR>
```

O odpojení disku nás obvod vždy oboznámi frázou:

```
„No Disc“<CR>
```

a o opätovnom pripojení opäť frázou:

```
„D:\>“<CR>.
```

Príkazy slúžiace pre správu USB disku sú takmer totožné s príkazmi používanými v operačnom systéme MS DOS na osobných počítačoch. Obvod je možné prepnúť do zkrátenej príkazovej sady, kedy sú jednotlivé príkazy reprezentované jedným bytom. To je využívané najmä pri komunikácii obvodu Vinculum s mikrokontrolérom. Výhodou je kratšia doba prenosu príkazu a jednoduchšie vyhodnocovanie odpovedí. Taktiež je možné zapnúť a vypnúť ECHO (súčasťou odpovede je znenie odoslaného príkazu), prípadne prepnúť obvod do módu, kedy namiesto binárnych čísel, prijíma reťazce ASCII číslíc. Obvod taktiež umožňuje ovládať nevyužitú vstupno/výstupnú piny, prípadne čítať ich aktuálnu úroveň. Užitočná je aj možnosť prepnúť USB disk do tzv. suspend módu, čím sa v čase nečinnosti disku výrazne zníži prúdový odber (úspora rádovo v desiatkach mA).

4. Zdroj napájacieho napätia

Bežne vyrábané autonómne zdroje elektrickej energie (batérie, akumulátory) nie sú samé o sebe použiteľné k napájaniu celého digitálneho fotoaparátu. Nikel kadmiové a nikel metal hydridové akumulátory majú totiž menovité napätie jedného článku 1,24V. Pre napájanie jednotlivých častí zariadenia sú nutné dve napäťové vetvy. USB flash disk spolu s mikrokontrolérom sú napájané napätím 5V a USB host mikrokontrolér Vinculum spolu s modulom fotoaparátu napätím 3,3V. Pre napájanie fotoaparátu sú použité 4 do série zapojené akumulátory s menovitým napätím 1,24 V. Tie poskytujú napätie 4,96 V, ktoré pre napájanie fotoaparátu pohodlne postačuje. Aj tak je do zariadenia zaradený zvyšujúci, tzv. step-up menič LT1308, ktorý dokáže napájacie napätie upraviť na požadovanú hodnotu v momente, keď napätie akumulátorov začne klesať. Pre získanie napätia 3,3V je použitý low drop regulátor LF33.

4.1 Step-up menič LT1308

Zvyšujúci menič od firmy Linear Technology je schopný dodávať napájacie napätie 3,3V alebo 5V. Výstupné napätie je nastavené odporovým deličom na vstupe FB (spätná väzba). V mojom prípade je nastavené napätie 5V. Menič dokáže pracovať už pri vstupnom napätí 1V. Pri tomto napätí by však nebol schopný dodávať fotoaparátu stabilné napätie. Experimentálne bolo zistené, že minimálne vstupné napätie pri ktorom zdroj dokáže dodávať napájacie napätie pri požadovanom prúdovom odbere je 3V. Prúdový odber fotoaparátu nieje konštantný a pohybuje sa v rozsahu 120mA – v pohotovostnom režime, do 320mA – pri vytváraní fotografie. Nárokom zariadenia na prúdovú zaťažiteľnosť zdroja najviac vyhovoval práve tento obvod. Ani tento napájací obvod však nieje dokonalý a jeho nedostatkom je nemožnosť úplne odpojiť napájacie napätie zariadenia. Ak totiž privedieme aktívnu logickú úroveň na vstup SHDN (vypnutie) obvod sa síce vypne, ale výstupné napätie ostane na úrovni napätia akumulátoru. Tento nedostatok je nutné kompenzovať zaradením výkonového FET tranzistora medzi akumulátor a menič. Vypnutím FETu je zároveň vypnuté celé zariadenie.

4.2. Lineárny regulátor LF33

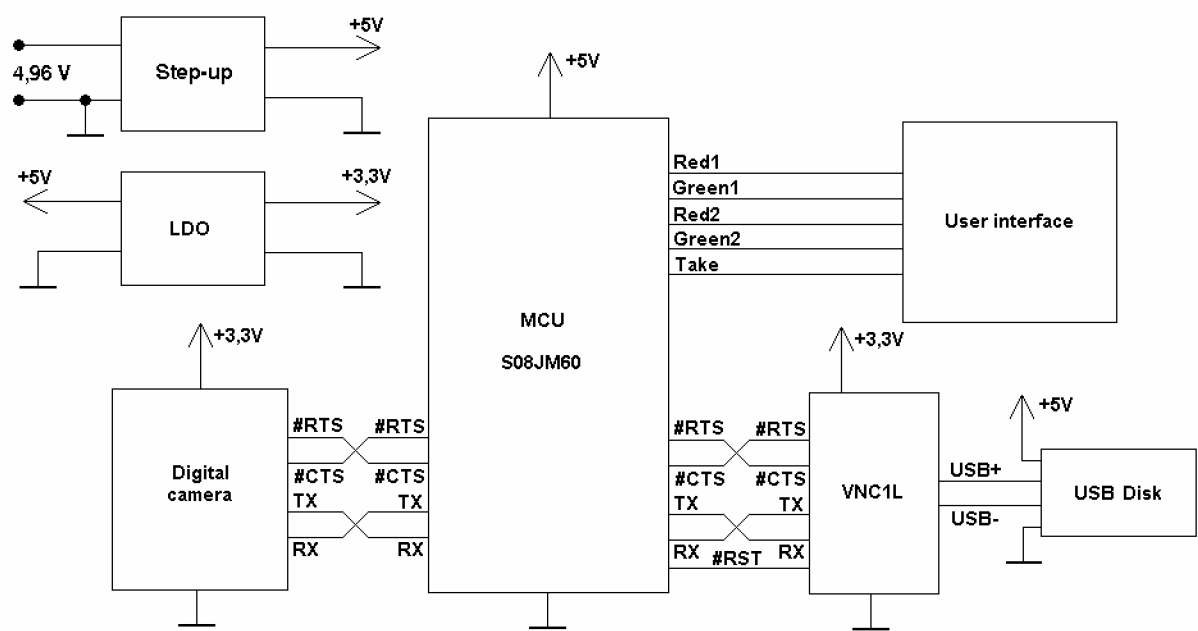
Vytvorenie vetvy napájacieho napätia 3,3V so sebou nesie niekoľko úskalí. Je nutné zabezpečiť, aby bol napájací zdroj schopný dodať konštantné napätie aj v čase, keď modul digitálneho fotoaparátu prechádza fázami prípravy snímku do podoby JPEG. Vtedy jeho prúdový odber prekračuje 200mA. Ďalším problémom je vstupné napätie regulátora. Bežné lineárne regulátory majú totiž Drop-Out Voltage, $V_{drop} > 2V$. Keďže minimálne vstupné napätie V_{in} závisí na V_{drop} ,

$$V_{in} = V_{out} + V_{drop}$$

nie je možné ako vstupné napätie použiť 5V. Riešením je použitie Low Drop-Out regulátora, ktorého $V_{drop} = 1V$. Regulátor LF33 podmienky spĺňa a navyše je dostupný v českých a slovenských veľkoskladoch s elektrotechnickými súčiastkami. Jeho rozmery v SMD prevedení ho spolu s minimom potrebných pasívnych súčiastok k použitiu priam predurčujú.

5. Návrh schémy digitálneho fotoaparátu

Schéma digitálneho fotoaparátu pozostáva z niekoľkých základných blokov. Všetky riadiace a dátové signály vychádzajú alebo vchádzajú do bloku mikrokontroléra. Okrem nich v blokovej schéme figurujú aj dve napájacie vetvy, ktorými sú jednotlivé bloky napájané.



Obr 5.1 - Blokovaná schéma digitálneho fotoaparátu

Schéma zapojenia je uvedená v prílohe A na Obr. 12.1.5 a zoznam súčiastok, v prílohe C, v tabuľkách.12.3.1 a 12.3.2

5.1 Modul digitálneho fotoaparátu

Modul digitálneho fotoaparátu je azda najzložitejším z celého zapojenia. Obsahuje CCD čip, riadiaci procesor a RAM pamäť. Keďže ide o prefabrikovaný modul ku ktorému nie sú k dispozícii podrobné dokumenty, nie je možné jeho vnútorné zapojenie podrobne popísať. Pripojenie k mikrokontroléru je popísané v kapitole 2.1.

5.2 Modul mikrokontroléra Vinculum

Návrh schémy tohto modulu vychádza z odporúčaného katalógového zapojenia. K mikrokontroléru je pripojený kryštál s frekvenciou 12MHz, ktorý slúži ako zdroj hodinového signálu. K pinom #RESET a #PROG sú pripojené externé pull-up rezistory. Piny ACBUS5 a ACBUS6 sú pripojené ku GND, čím je nastavené komunikačné rozhranie na UART. Napájacie napätie 3,3V je privedené k pinom VCCIO, ktorými sú napájané obvody rozhrania a taktiež k pinu Vcore cez ktorý je napájané procesorové jadro. Analógové časti mikrokontroléra sú napájané z pinu AVcc. K tomu je napájacie napätie privedené vez RC filter, ktorý má za úlohu odstrániť z napätia nežiaduce rušenie. Všetky piny označené ako GND a AGND sú pripojené ku GND. Rovnako aj pin TEST. Pin PLLFLTR je ku GND privedený cez sériovo-paralelný RC filter. Piny USB portu 2 sú pripojené k USB konektoru. Komunikačné rozhranie UART je privedené k riadiacemu mikrokontroléru S08JM60. Po osadení obvodu Vinculum je nutné nahráť doňho firmware. Nahrávanie sa vykonáva pomocou linky UART pri nízkej logickej úrovni na pine #PROG. Z tohto dôvodu je na linke UART medzi mikrokontrolérom Vinculum a riadiacim S08JM60 konektor slúžiaci pre

nahrávanie firmware. Za normálnej prevádzky sú piny linky UART prepojené. Pri nahrávaní pripojíme ku konektoru linku UART z osobného počítača a pin #PROG pripojíme ku GND. Pripojenie a komunikácia s mikrokontrolérom Vinculum sú popísané v kapitole 3.

5.3 Modul mikrokontroléra S08JM60

Mikrokontrolér je napájaný napájacím napätím 5V. To je privedené k pinu VDD a VDDad. Napätie je priamo pri týchto pinoch filtrované blokovacími kondenzátormi. Piny Vss a Vssad sú pripojené ku GND. Ako referenčné napätie analógovo/číslcového prevodníka je použité napájacie napätie 5V. K mikrokontroléru je pripojený BDM konektor cez ktorý sa vykonáva nahrávanie programu do vnútornej pamäte a debugovanie programu. K pinu číslo 1 je pripojený vodič BKGD/MS, k pinu č.2 GND, k pinu č.4 je pripojený #RESET a k pinu číslo 6 je pripojené Vcc = 5V. Piny #RESET a IRQ sú zároveň vybavené externým pull-up rezistorom a filtračným kondenzátorom. K mikrokontroléru je ďalej pripojený externý kryštál s frekvenciou hodinového signálu 7,3728 MHz. Digitálny fotoaparát je ďalej vybavený rozširovacím konektorom. Týmto bude možné celé zariadenie rozšíriť, napr. o modul zobrazujúci fotografie na farebnom LCD displayi. K tomuto konektoru sú privedené napájacie napätia 3,3V, 5V a GND. V záujme univerzálnosti sú k nemu pripojené linky SPI a I²C z mikrokontroléra a dva GPIO piny, ktoré môžu byť použité ľubovoľne. Ku konektoru sú pripojené aj vysielacie vodiče liniek UART v smere od modulu fotoaparátu a od mikrokontroléru Vinculum. Za týchto okolností by prípadný zobrazovací modul mohol zobrazovať aktuálne vytvorené fotografie a taktiež aj fotografie uložené na USB disku. K vstupu analógovo/číslcového prevodníka je privedený vodič pripojený cez odporový napäťový delič k batérii. S jeho pomocou môže mikrokontrolér sledovať aktuálny stav nabitia batérie a informovať o ňom užívateľa cez užívateľské rozhranie. K mikrokontroléru sú samozrejme pripojené aj všetky vodiče užívateľského rozhrania a linky UART.

5.5 Modul užívateľského rozhrania

Ide o najjednoduchší modul celého zapojenia. Pozostáva z jedného tlačidla, ktoré je pripojené k riadiacemu mikrokontroléru k pinu „Keyboard Interrupt“. Pin je vybavený vnútorným pull-up rezistorom. Tlačidlo je druhou stranou pripojené ku GND, takže pri stlačení sa na pine mikrokontroléra objaví nízka logická úroveň. Ďalším prvkom tohoto modulu sú dve dvojfarebné diódy so spoločnou anódou pripojené k riadiacemu mikrokontroléru cez ochranné rezistory. Pripojené sú k pinom mikrokontroléru, ktoré sú vybavené okrem iného aj PWM kanálmi. Tým je možné dosiahnuť plynulú reguláciu jasu jednotlivých farieb oboch diód. Jedna dióda informuje užívateľa o veľkosti napätia batérie a druhá o priebehu spracovávaní fotografie.

6. Návrh dosky plošných spojov

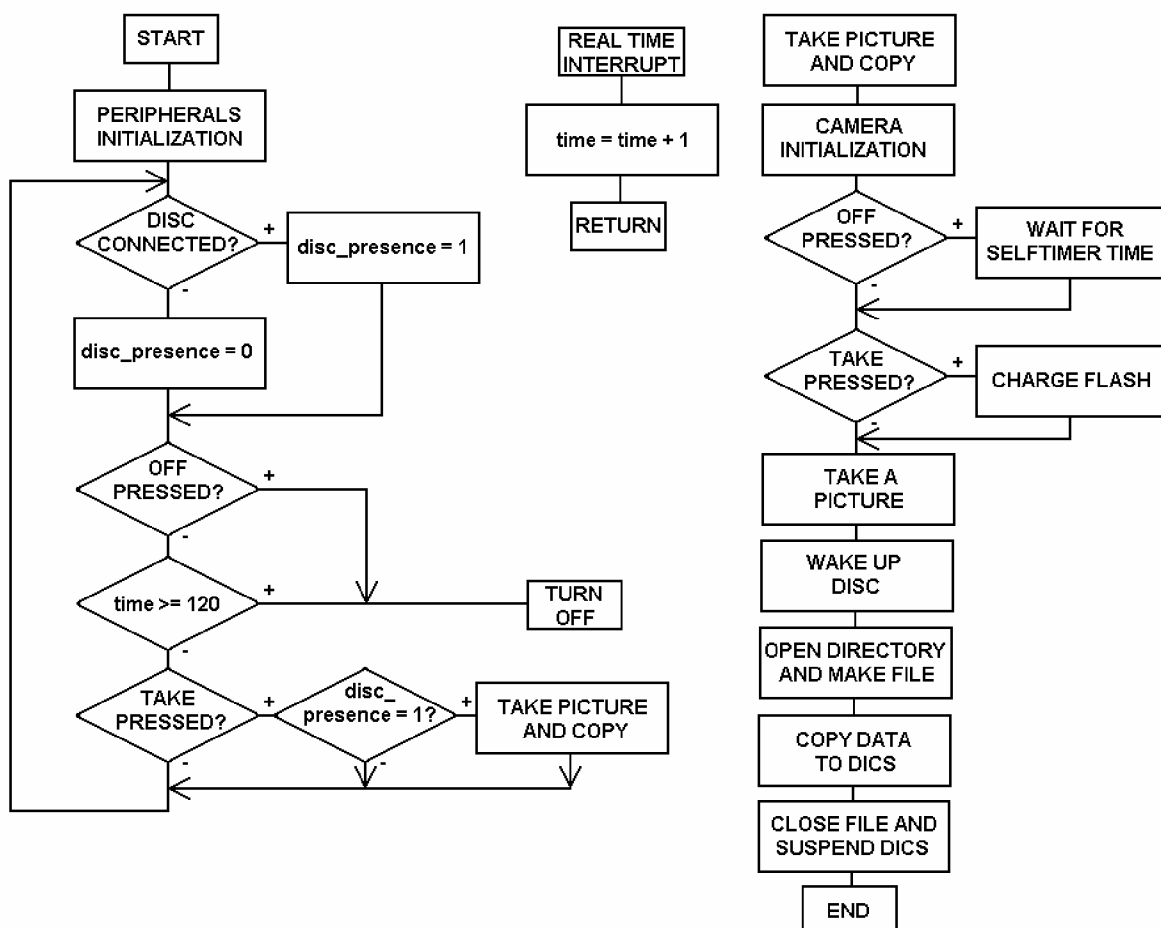
Pri návrhu dosky plošných spojov som najväčší dôraz kládol na konečné rozmery zariadenia. Z toho dôvodu som musel do návrhu zakomponovať SMD prvky. Náročnosť výroby dosky plošných spojov sa zvyšuje spolu s náročnosťou osadzovania súčiastok. Pri kvalitnom návrhu však dôjde k značnej úspore priestoru. Pri takomto návrhu je však nutné rátať s podmienkami v ktorých bude zariadenie vyhotovované. V amatérskych podmienkach totiž nie je možné osadiť všetky typy SMD puzdier v ktorých sú súčiastky k dispozícii. Problémom sú najmä puzdrá integrovaných obvodov označené ako BGA a QFN. Ich použitia som sa bol nútený vyvarovať. Použité sú iba puzdrá označované ako LQFP a SOIC. Uprednostňované puzdrá rezistorov a keramických kondenzátorov sú označené ako 0805. Súčiastky ako kryštály, konektory, diódy a tlačidlá nie sú v SMD puzdrách zámerne. Dôvodom je postavenie návrhu do podoby, keď všetky súčiastky, ktorých vertikálne rozmery presahujú 3mm, sú umiestnené na TOP (vrchnej) vrstve dosky plošného spoja a súčiastky nižšie ako 3mm sú prednostne umiestnené na BOTTOM (spodnej) vrstve dosky plošného spoja. Tým sa podstatne zmenší hrúbka celého zariadenia. Taktiež na náročnosť výroby dosky plošných spojov vplýva aj počet prechodov tzv. „prekoviek“ medzi jednotlivými vrstvami. V záujme zníženia počtu prechodov je každý blok zapojenia sústredený len na jednej strane dosky plošných spojov. Na strane TOP sú sústredené obvody napájacieho zdroja a na vrstve BOTTOM sú umiestnené mikrokontroléry a konektor modulu digitálneho fotoaparátu. Takto teda medzi vrstvami TOP a BOTTOM prechádzajú len signály od a do spínaného regulátora a napájacie napätie. Ako býva u fotoaparátov zvykom, tlačidlo „spúšť“ je umiestnené v pravom hornom rohu. Hneď vedľa sa nachádza tlačidlo pre zapnutie a vypnutie. USB konektor som umiestnil na pravú hranu dosky plošných spojov a konektor modulu digitálneho fotoaparátu leží na ľavej hrane. Cesty, ktorými je vedené napájacie napätie na doske plošných spojov majú hrúbku 0,6 mm, prípadne 0,4 mm. Dátové cesty sú vyhotovené s hrúbkou 0,3 mm, vo výnimočných prípadoch 0,2 mm.

Schéma zapojenia spolu s návrhom dosky plošných spojov je nakreslená v programe EAGLE verzia 5.00. Dôvodom výberu tohto programu boli moje predchádzajúce dobré skúsenosti s jeho používaním a najmä fakt, že pre študijné účely, vo verzií freeware, nie je jeho používanie podmienené zakúpením programu. Všetky spomenuté nákresy sú uvedené v prílohe A. TOP vrstva dosky plošných spojov na Obr. 12.1.1, osadzovací predpis TOP vrstvy na Obr. 12.1.2, návrh spojov BOTTOM vrstvy na Obr. 12.1.3 a osadzovací predpis BOTTOM vrstvy na Obr. 12.1.3.

7. Program jednoduchého digitálneho fotoaparátu

7.1 Hlavný program a funkcie hlavného programu

Ako je možné vidieť z obrázku 7.1, hlavný program fotoaparátu je veľmi jednoduchý a pozostáva len z volania niekoľkých funkcií. Tieto funkcie sú však pomerne komplikované.



Obr. 7.1 – Vývojový diagram hlavného programu, obsluhy real time interrupt a funkcie pre vytvorenie fotografie

Po spustení programu sa ako prvá spustí funkcia inicializujúca periférie a mikrokontrolér Vinculum. Ako prvé nastaví oscilátor, vstupno-výstupné piny, čítač reálneho času a kanály komunikačnej linky UART. Následne nastaví riadiaci pin napájacieho zdroja na aktívnu úroveň. Inicializácia Vincula začína resetom (privedením aktívnej úrovne na pin RESET) a následným korektným spustením ktoré je vyvolané nízkou logickou úrovňou na pine CTS. Ďalej je nutné zmeniť symbolovú rýchlosť komunikácie z defaultných 9600Bd na 230400Bd. Po úspešnej inicializácii, o ktorej priebehu užívateľa informuje R-G LED dioda, program skĺzne do nekonečnej slučky v ktorej sú vykonávané funkcie obsluhy fotoaparátu.

Ako prvá je vykonávaná kontrola prítomnosti disku. Funkcia využíva informácie odosielané Vinculom po pripojení a odpojení disku. Ak je prijímací buffer naplnený reťazcom „D:\>“, príznak disc_presence sa nastaví na hodnotu 1. V prípade, že buffer obsahuje „No Disc“, hodnota príznaku sa zmení na 0. Ak buffer obsahuje iné dáta, hodnota príznaku ostáva nezmenená. Bezprostredne po pripojení disku dochádza k jeho kontrole. Program preskúma či existuje súbor nesúci názov (číslo) nasledujúcej fotografie a či má správny obsah. Ďalej sa zameriava na existenciu zložky do ktorej sa fotografie budú ukladať. V prípade nedostatkov

tieto opraví a pokračuje kontrolou voľného miesta. Ak je na disku voľných menej ako 1,2MB, nastaví sa príznak low_space na hodnotu 1 a tým sa znemožní vytváranie fotografií. V prípade že je voľné miesto v rozpätí 1,2 – 62MB, kontrola voľného miesta bude vykonávaná po vytvorení každej fotografie. Ak je voľných viac ako 62MB, kontrola sa vykoná až po odpojení a opätovnom pripojení disku.

Nasledujúcim krokom je kontrola tlačidla ON/OFF a hodnoty premennej „time“ ktoré rozhodujú o tom či ostane fotoaparát zapnutý alebo nie. Premenná „time“ je inkrementovaná každú sekundu v prerušení od čítača reálneho času. Slúži nám k jednoduchému meraniu času s nízkou, avšak pre naše potreby postačujúcou presnosťou. V prípade, že prekročí hodnotu 120 (120 sekúnd nečinnosti fotoaparátu), mikrokontrolér prepne riadiaci pin obvodu napájacieho zdroja do neaktívnej úrovne a tým sa preruší napájanie fotoaparátu. Pri vytváraní fotografií sa time vynuluje a počítanie začína odznova. Rovnaký následok na napájanie má aj stlačenie tlačidla ON/OFF (mimo funkcie vytvárania fotografie, kedy toto tlačidlo využívame na aktiváciu samospúšte). Po stlačení tlačidla však program čaká na uvoľnenie tlačidla a až potom napájanie odpojí. Zabráni sa tým nežiadúcemu opätovnému zapínaniu fotoaparátu hneď po vypnutí.

V poradí poslednou a zároveň najdôležitejšou funkciou hlavného programu je funkcia pre vytváranie a kopírovanie fotografií. Funkcia na začiatku vyhodnotí či bolo stlačené tlačidlo TAKE a z už spomenutých príznakov či je disk pripojený a či je na ňom dostatok miesta. Iba v prípade že sú splnené všetky podmienky súčasne bude spustené jadro funkcie. Na začiatku sú privedené piny modulu fotoaparátu na vysokú logickú úroveň, čím dôjde k spusteniu modulu fotoaparátu. Nasleduje rutina inicializácie modulu podľa postupu popísaného v kapitole 2. Nasleduje vyhodnotenie stlačenia tlačidla ON/OFF. Ide o jediný bod programu, kde má stlačenie tohoto tlačidla iný následok ako vypnutie fotoaparátu. V tomto prípade sa s jeho pomocou aktivuje tzv. samospúšť alebo Self Timer. Ide o funkciu ktorá jednoducho počká predpísaný čas (10 sekúnd) a po jej skončení program pokračuje ďalej. K meraniu času využíva už spomínanú premennú „time“, inkrementovanú v prerušení od RTC. Funkcia ďalej vyhodnocuje či je stlačené tlačidlo TAKE. Ak áno, inicializuje sa nabíjanie blesku tak, ako je to popísané v kapitole 2. Čas medzi prvým stlačením tlačidla (pred spustením funkcie) je dostatočný na to, aby užívateľ tlačidlo uvoľnil a nechcane nabíjanie nespustil. Počas nabíjania blesku je informačná LED zhasnutá a užívateľ vie, že musí čakať. Po nabití sa LED opäť rozsvieti čo signalizuje že fotoaparát je pripravený pokračovať vo fotografovaní. K tomu je nutné opätovne stlačiť tlačidlo TAKE, prípadne tlačidlo ON/OFF pre fotografovanie samospúšťou. Program pokračuje vykonávaním rutiny pre vytvorenie fotografie podľa kapitoly 2. Mikrokontrolér obdrží informácie o veľkosti pripravených fotografií a pretransformuje ich do potrebnej podoby – z reťazca ASCII do čísla v dekadickej sústave. Ďalším krokom tejto funkcie je prebudenie USB disku zo suspend módu, tzv. wake-up. Odkladanie „prebudenia“ disku až do tohoto momentu je zámerné. Modul fotoaparátu má totiž najväčší prúdový odber práve počas vytvárania fotografie a ak by bol disk aktívny skôr, prúdový odber fotoaparátu by bol zbytočne vysoký. Pri čiastočne vyčerpaných akumulátoroch by to malo za následok samovolné vypnutie fotoaparátu. Z disku sa následne vyčíta obsah súboru nesúceho názov (číslo) nasledujúcej fotografie. Okrem toho že je uložené pre ďalšie spracovanie, je inkrementované a späť uložené do súboru. Súbor nesie názov „name.txt“ a je možné editovať ho na osobnom počítači. Neodporúča sa doňho zasahovať okrem vynulovania. Aj vtedy treba myslieť na to, že všetky fotografie ktoré sú na disku uložené budú prepísané novými v prípade že dojde ku kolízií názvov. Funkcia pokračuje vytvorením súboru xyz.jpeg v zložke D:PHOTOS do ktorého prenesie dáta z modulu fotoaparátu. Po ukončení prenosu je súbor uzatvorený a disk opäť uvedený do suspend módu.

7.2 Obsluha prerušení a vnútorných periférií

Program využíva 3 zdroje prerušenia programu. Prvý prichádza od modulu RTC a bol spomenutý v podkapitole 7.1. Ide o periodické prerušenie 1krát za sekundu. Obsluha prerušenia spočíva len v inkrementácii premennej „time“ a korektnom opustení prerušenia – nastavenie príznakového bitu RealTimeInterruptFlag.

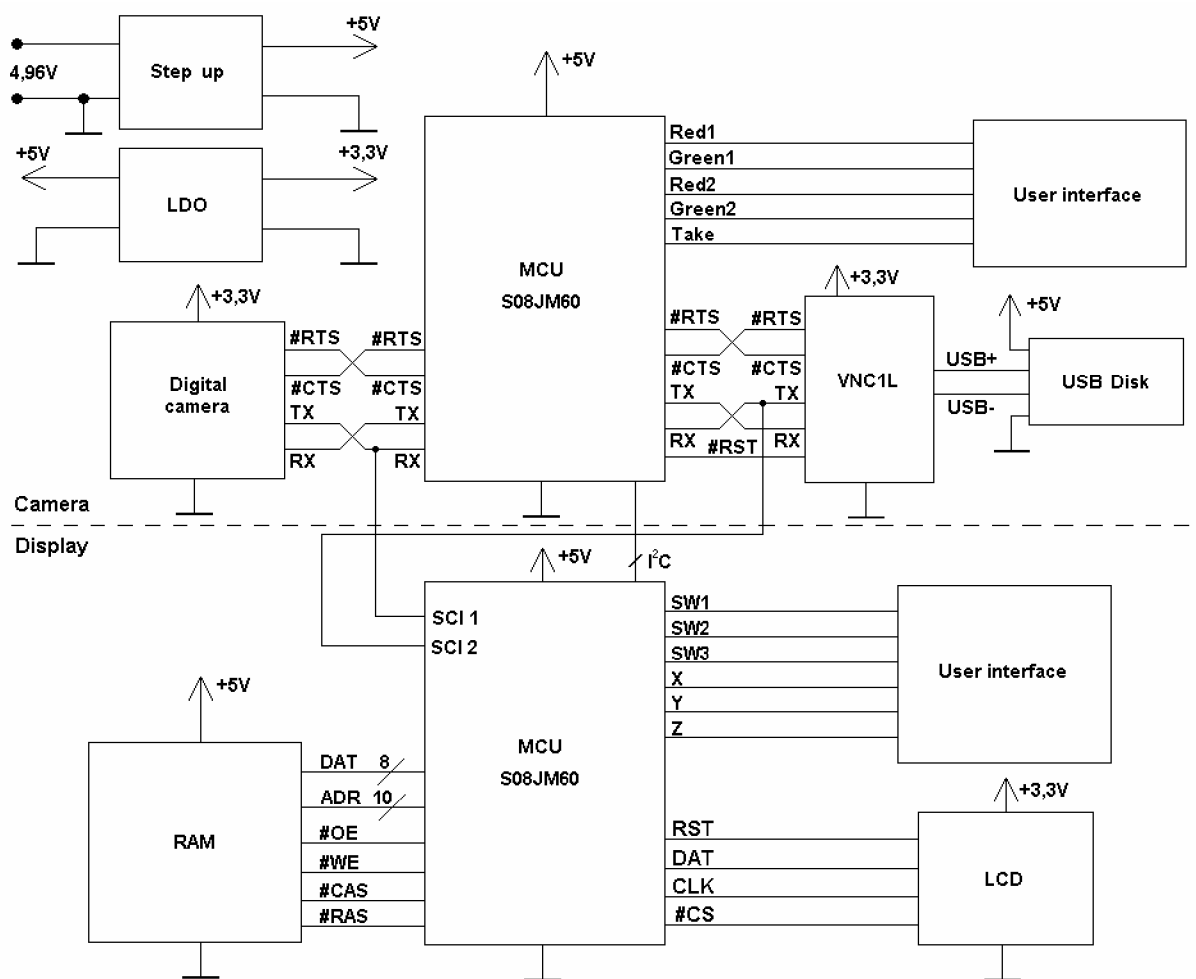
Ďalšie 2 prerušenia pochádzajú od sériového kanálu SC11 a SC12 ktoré sú tiež známe ako UART. Ich obsluha začína tzv. dummy read (prečítanie nepotrebných dát za účelom znovunastavenia kanála). Potom prichádza čítanie prijatých dát z datového registra a ich uloženie do bufferu. Bufferom oboch kanálov bol v internej RAM vyhradený priestor 512B. Ukazatele na buffer sú inkrementované každým prerušením a nulované prijatím znaku <CR>.

Obsluha vysielacích častí kanálov je veľmi jednoduchá. Zabezpečujú ju funkcie ktoré zapíšu dáta do datového registra príslušného kanálu. Funkcia si však musí pred zápisom overiť či je nastavený príznak Transfer Complete. Ak nieje, musí so zápisom počkať práve na tento príznak.

Poslednou využívanou vnútornou perifériou mikrokontroléru je PWM kanál pripojený k LED diódam. Nieje však využívaný stále a zapína sa len pri prenose dát z modulu fotoaparátu na USB disk. Ako modulo sa použije veľkosť prenášanej fotografie a do registra s hodnotou PWM sa priebežne odosiela počet prenesených dát. Keďže je PWM pripojený aj k červenej aj zelenej led diode, môžeme pri prenášaní dát pozorovať plynulý prechod z červenej farby diody na zelenú a odhadnúť ako dlho prenos ešte potrvá. PWM kanál červenej diody však musí byť nastavený ako “set output on compare” a zelená ako “clear output on compare”.

8. Pripojenie LCD displeja

Súčasťou zadania mojej bakalárskej práce rozobrať možnosti pripojenia LCD ktorý by vytvorené fotografie zobrazoval. Z toho dôvodu bol môj jednoduchý digitálny fotoaparát od začiatku pripravovaný tak, aby pripojenie modulu displeja nebolo neriešiteľným problémom. Fotoaparát je vybavený rozširovacím konektorom ku ktorému sú privedené všetky potrebné dátové linky a dokonca linka I²C pomocou ktorej môžu riadiace mikrokontroléry modulov vzájomne komunikovať. Bloková schéma upraveného digitálneho fotoaparátu je uvedená na obrázku 8.1.



Obr. 8.1 – Bloková schéma digitálneho fotoaparátu s LCD

Navrhnuť a realizovať fotoaparát s displejom nie je jednoduché. Hlavným problémom je paradoxne jedna zo základných predností môjho fotoaparátu – formát výstupných dát. Tým že sú zhotovené fotografie komprimované štandardom JPEG je výrazne redukovaná ich veľkosť. Ich opätovné zobrazenie si však vyžaduje značný priestor v operačnej pamäti mikrokontroléra a sled časovo náročných výpočtov. Napriek tomu som sa pre dekódovanie fotografií rozhodol použiť rovnaký 8bitový mikrokontrolér S08JM60 ako pre modul jednoduchého digitálneho fotoaparátu. Prvým dôvodom bol práve pokus o realizáciu JPEG dekompresie 8bitovým mikrokontrolérom čo je veľmi neobvyklé. Druhým dôvodom bola možnosť nahradenia tohoto mikrokontroléra jeho klonom s 32bitovým jadrom ColdFire, bez nutnosti úpravy schémy zapojenia, dosky plošných spojov a programu. Po takejto výmene je možné pozorovať rozdiel v rýchlosti vykonávania identických operácií 8 a 32 bitovým mikrokontrolérom.

8.1 Popis zapojenia modulu displeja

Napájacie napätie 3,3V a 5V je k modulu privedené cez rozširovací konektor priamo z modulu fotoaparátu. Napätie 3,3 V slúži k napájaniu LCD a mikrokontroléra. Vetva 5V napája externú RAM. Pre podsvietenie displeja napätie 5V nestačí. Do modulu je preto zaradená nábojová pumpa od firmy Maxim s označením MAX1848. Je určená k napájaniu niekoľkých sériovo zapojených bielych LED. Riadená je mikrokontrolérom ktorý ju káže zapnúť a vypnúť a v prípade potreby čiastočne regulovať výstupné napätie a tým jas podsvietenia. Táto možnosť však nieje v mojom zariadení využitá. K pevnej regulácii jasu podsvietenia je použitý odporový trimer zaradený na riadiaci vstup pumpy. Bez neho by bolo výstupné napätie príliš vysoké čo by malo za následok extrémne vysoký prúdový odber – rádovo 100ky mA a dochádzalo by k prehrievaniu displeja čím by sa deformovala a zužovala farebná škála displeja.

Zapojenie modulu displeja ďalej obsahuje I²C EEPROM pamäť od firmy Microchip s označením 24AA1025. V nej je uložené úvodné logo fotoaparátu ktoré sa zobrazí na displeji vždy po zapnutí. Užívateľské rozhranie modulu tvorí aj trojica tlačidiel ktoré však do môjho prototypu neboli osadené. Namiesto nich bola využitá druhá možnosť ovládania – pomocou akcelerometra. Snímač od firmy Freescale Semiconductor označený ako MMA7361 dokáže vyhodnocovať hodnoty preťaženia v rozsahu 1,5g vo všetkých 3 osiach. Keďže je schopný zachytiť aj jemné údery prstov na hrany fotoaparátu, umožňuje netradičné a pohodlné ovládanie fotoaparátu.

Všetky obvody modulu sú pripojené k riadiacemu mikrokontroléru S08JM60. Pripojený kryštál pracuje s na frekvencii 7,3728MHz. S využitím PLL dokáže mikrokontrolér pracovať až na frekvencii 25,8048MHz. Prístup k LCD zabezpečuje jednoduché sériové rozhranie, analogové výstupy akcelerometra sú privedené k A/D prevodníku mikrokontroléru. Linkou I²C je pripojená EEPROM a zároveň mikrokontrolér z modulu jednoduchého digitálneho fotoaparátu.

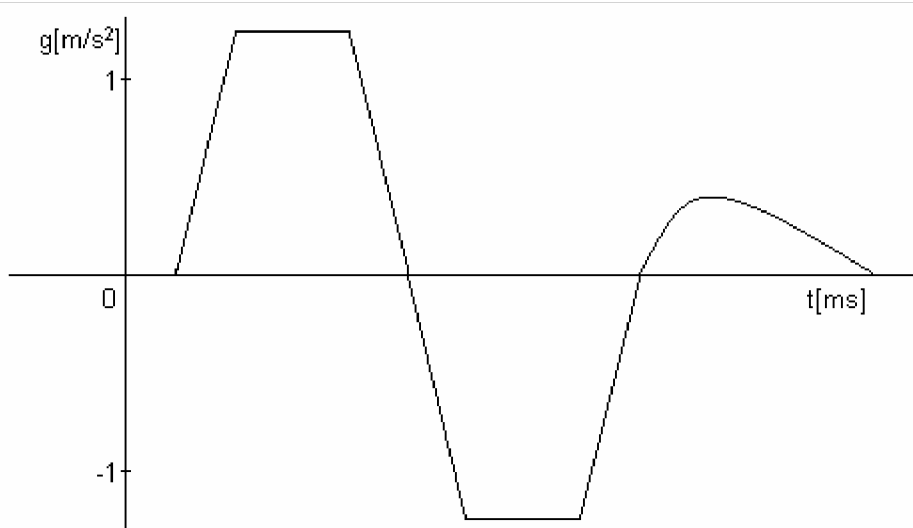
Použitá externá RAM je pripojená paralelným rozhraním a multiplexovanými adresovými vstupmi. Pri kapacite 2MB multiplexované ovládanie výrazne znižuje počet vodičov a tým aj veľkosť puzdra. Pri použití 32bitového mikrokontroléra nie je nutné túto RAM osádzať pretože mikrokontrolér ColdFire disponuje dostatočne veľkou vnútornou RAM.

8.2 Program modulu displeja

Po štarte programu sú ako prvé inicializované vnútorné periférne rozhrania mikrokontroléra – GPIO, UART a I²C. Následne je inicializovaný LCD do ktorého sa z externej EEPROM skopíruje logo fotoaparátu. Až po zkopírovaní je zapnuté zobrazovanie a podsvietenie. V tomto momente je modul pripravený na príjem dát z fotoaparátu na ktoré čaká v nekonečnej slučke programu. Tie je schopný prijať priamo z modulu fotoaparátu alebo z mikrokontroléra Vinculum - z USB disku. Prijaté dáta sú uložené v RAM (pri použití mikrokontroléra S08JM60 v externej RAM). Ich spracovanie začína scanom v ktorom sú podľa markerov stanovené ofsety potrebných údajov – Huffmanove tabuľky, kvantizačné tabuľky, obrazové dáta. Ofsety sa využijú pri načítaní a uložení spomínaných tabuliek. Spracovanie fotografie začína Huffmanovým dekódovaním. Po ňom dostávame prvý blok dát luminančných koeficientov. Tie sa prepočítajú príslušnou kvantizačnou tabuľkou a podrobia preindexovaniu nazývanému Cik-Cak. Nasleduje inverzná diskretná kosinova transformácia ktorá prevedie koeficienty z frekvenčnej do časovej oblasti [3]. Po tomto kroku máme

k dispozícii prvý blok obrazových dát 8x8 pixelov. Ide však len o luminančnú zložku. Rovnaký postup dekódovania zopakujeme pre ďalší luminančný blok a následne pre 2 chrominančné. Toto rozloženie blokov (2 luminančné : 2 chrominančné) vyplýva z nastavenia sampling faktoru obrázku. V našom prípade patrí prvému luminančnému bloku prvá polovica jedného aj druhého chrominančného bloku. Týmto spôsobom sa zredukuje množstvo už zakódovaných obrazových dát o 1/3. Na kvalite obrázku to však poznať nie je, pretože ľudské oko nie je tak citlivé na zkeslenie chrominančných zložiek obrazu. Nasleduje transformácia farieb na RGB a zobrazenie na LCD displeji pre oba pripravené bloky. Rovnaký postup sa opakuje až kým nie sú zobrazené všetky bloky obrázku. Potom je mikrokontrolér schopný prijať ďalšiu fotografiu a zobraziť ju na displeji rovnakým spôsobom.

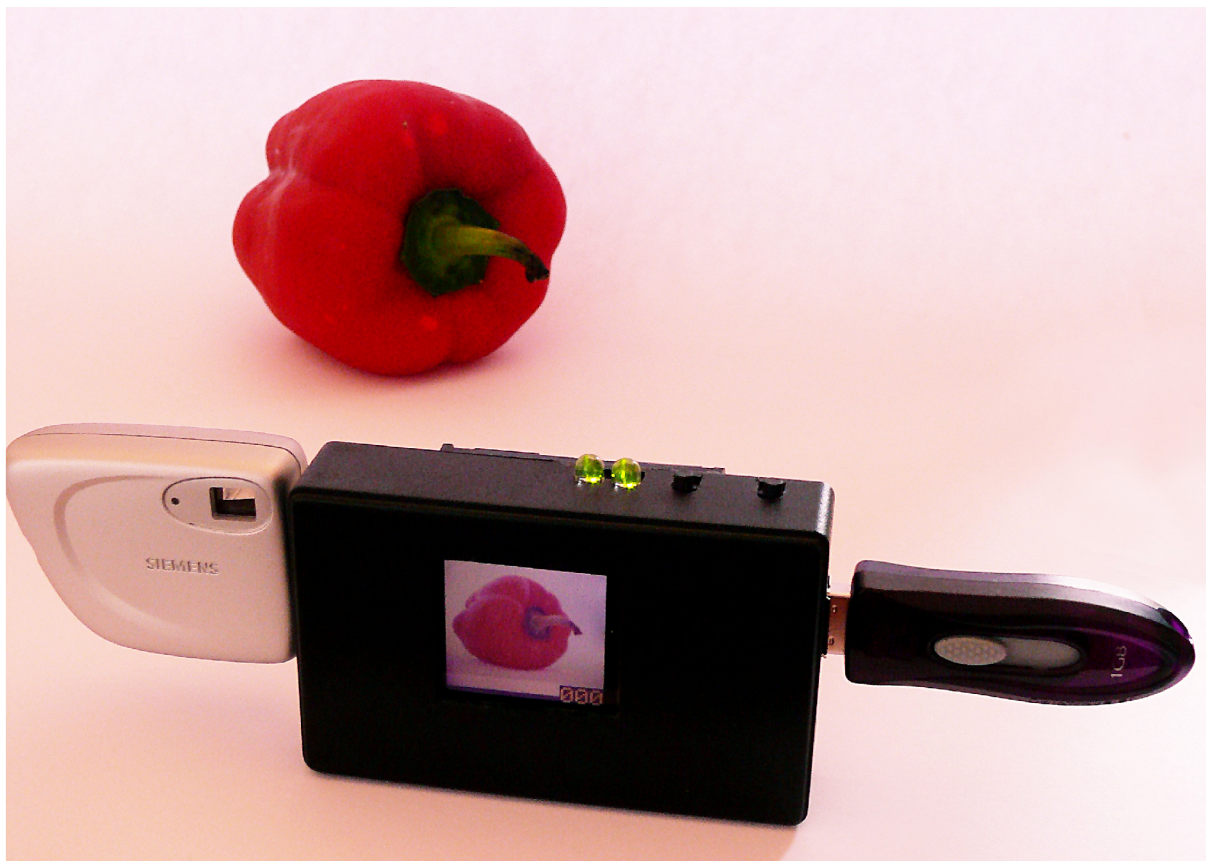
Program spracováva aj údaje z akcelerometra. Počas čakania na prijatie fotografie je povolené prerušenie od A/D prevodníku, v ktorom sú údaje o aktuálnom preťažení ukladané do pamäte. Ideálny časový priebeh preťaženia po údere prstu na hranu fotoaparátu je zobrazený na obrázku 8.2.1. Program mikrokontroléru vyhodnotí podobnosť prijatých dát s optimálnym časovým priebehom. V prípade že je prijaté preťaženie vyhodnotené ako cielený úder za účelom preskočenia fotografie, odošle sa pomocou linky I²C výzva mikrokontroléru modulu jednoduchého digitálneho fotoaparátu. Ten odošle príkaz mikrokontroléru Vinculum a následne sa z USB disku vyčíta vyžiadaná fotografia. Po zobrazení fotografie je v ľavom dolnom rohu displeja zobrazené číslo fotografie, ktoré je zároveň jej názvom.



Obr. 8.2.1 – Časový priebeh preťaženia osi X po údere prstu na hranu fotoaparátu

9. Záver

V texte bakalárskej práce je podrobne popísaný spôsob pripojenia a používania modulu digitálneho fotoaparátu z mobilného telefónu Siemens S55. Ďalej bol predstavený USB host mikrokontrolér Vinculum a v stručnosti aj vybrané obvody napájacieho zdroja. Podľa navrhnutej schémy zapojenia a dosky plošných spojov bol skonštruovaný prototyp jednoduchého digitálneho fotoaparátu, viz Obr. 9.1. Vytvorený riadiaci program, popísaný v kapitole 7, bol testovaný predovšetkým s ohľadom na spoľahlivosť a ani po vytvorení stoviek fotografií neboli odhalené jeho funkčné nedostatky. K vytvorenému fotoaparátu bol navrhnutý modul schopný zobrazovať vytvorené digitálne fotografie pomocou farebného LCD. Výsledkom intenzívnej tvorivej práce bolo povýšenie jednoduchého digitálneho fotoaparátu na plnohodnotný digitálny fotoaparát. Pre porovnanie rýchlosti vykonávania dekompresie JPEG boli zostavené 2 verzie modulu. Prvá využívala mikrokontrolér s jadrom HCS08 a druhá mikrokontrolér s jadrom ColdFire. Porovnanie rýchlosti zobrazovania fotografií prinieslo prekvapujúce výsledky. Modul displeja osadený 32bitovým mikrokontrolérom dokáže zobrazíť fotografiu behom približne 4 sekúnd, čo je 10 krát rýchlejšie ako v prípade 8 bitového mikrokontroléra. Krátky článok o digitálnom fotoaparáte bol publikovaný v zborníku konferencie EEICT 2009, kde sa v súťažnej kategórii „Elektronika a komunikace“ umiestnil na 2. mieste. Rovnako bol zaradený do súťaže „Freescale technology application 09“ poriadanej Ústavom radioelektroniky na VUT v Brne, kde obsadil 1. miesto.



Obr. 9.1 – Digitálny fotoaparát

10. Použitá literatura

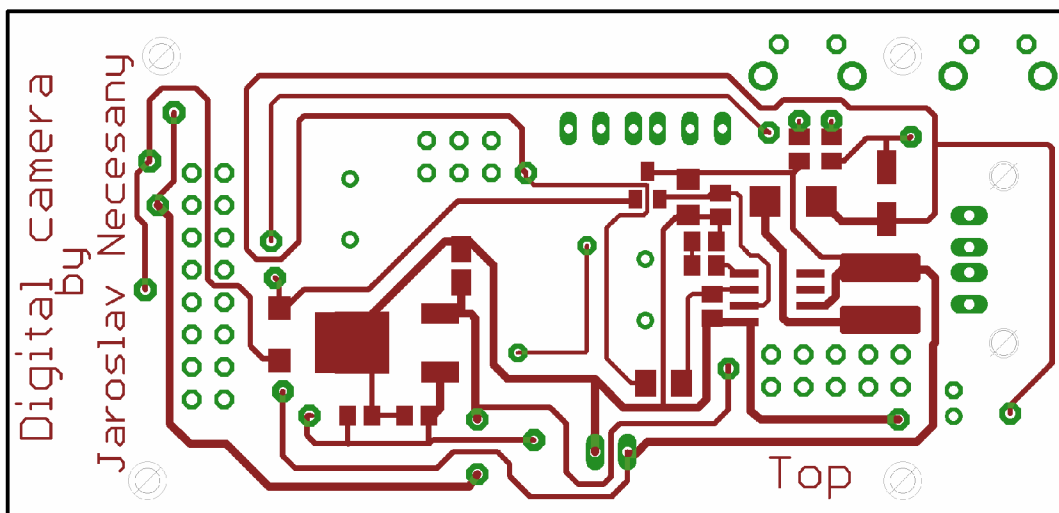
- [1] NEČESANÝ, Jaroslav. Kamera s JPEG kompresí. Leden 2008 [cit. 24. 10. 2008]. Dostupné na WWW: <http://pandatron.cz/?169&kamera_s_jpg_kompresi>
- [2] VDAP - Vinculum VNC1L Disk and Peripheral Interface Firmware © Future Technology Devices International Ltd. 2006 Datasheet Version 1.07.
- [3] FRÝZA, T. Modeling of Real Time Video Compression System - Three-Dimensional Discrete Cosine Transform. In Proceedings of International Conference on Signal Processing and Multimedia Applications SIGMAP 2008. Porto, Portugal. 2008. p. 208 - 211. ISBN 978-989-8111-60-9

11. Zoznam skratiek

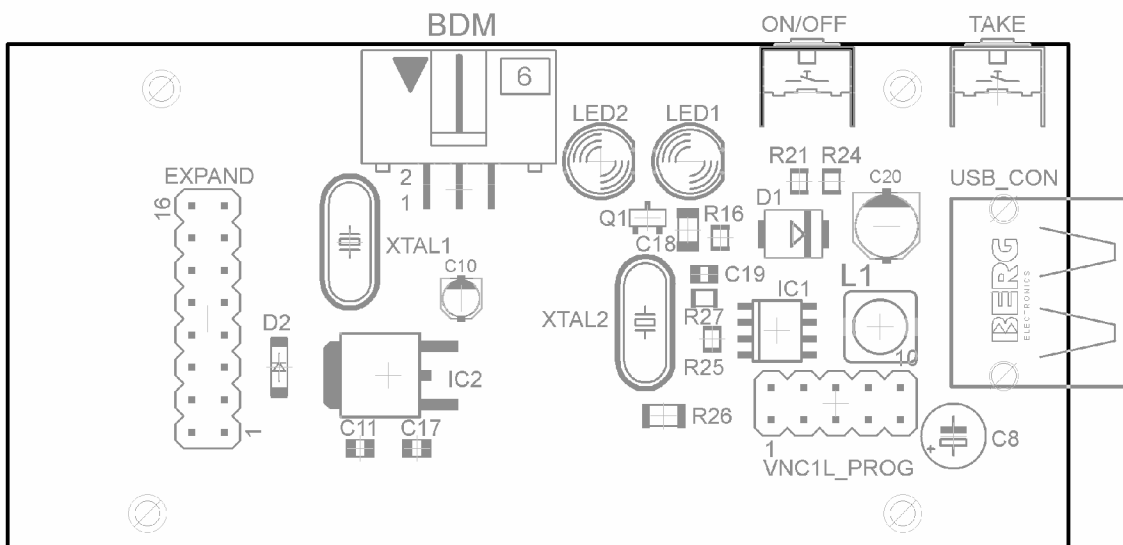
ASCII	-	American Standard Code for Information Interchange
BDM	-	Background Debug Mode
BGA	-	Ball Grid Array
CCD	-	Charge-Coupled Device
CTS	-	Clear To Send
DIP	-	Dual In-line Package
DPS	-	Doska Plošných Spojov
EEPROM	-	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
FAT	-	File Allocation Table
FET	-	Field Emitted Transistor
FB	-	FeedBack
FIFO	-	First In, First Out
FTDI	-	Future Technology Devices International
GND	-	Ground
GPIO	-	General Purpose Input/Output
I ² C	-	Inter-Integrated Circuit
IRQ	-	Interrupt Request
JPEG	-	Joint Photographic Experts Group
LCD	-	Liquid Crystal Display
LED	-	Light-Emitting Diode
LQFP	-	Low-profile Quad Flat Package
MMC	-	MultiMedia Card
PWM	-	Pulse-Width Modulation
QFN	-	Quad Flat No leads
RAM	-	Random Access Memory
RS232	-	Recommended Standard 232
RTC	-	Real Time Counter
RTS	-	Ready To Send
SCI	-	Serial Communication Interface
SMD	-	Surface-Mount Technology
SOIC	-	Small-Outline Integrated Circuit
SPI	-	Serial Peripheral Interface Bus
UART	-	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
USB	-	Universal Serial Bus

12. Prílohy

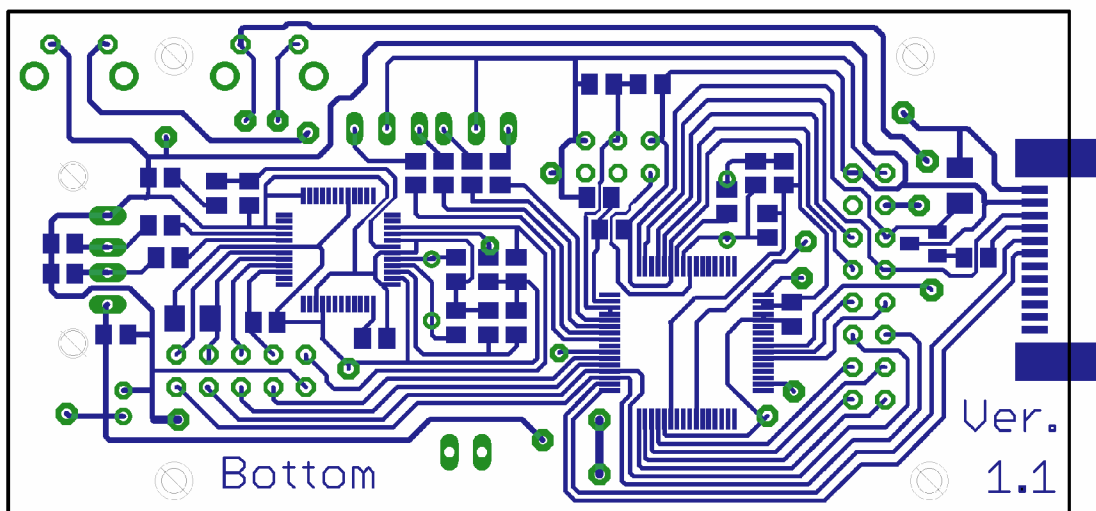
12.1 Príloha A – Návrh plošných spojov a schémy zapojenia



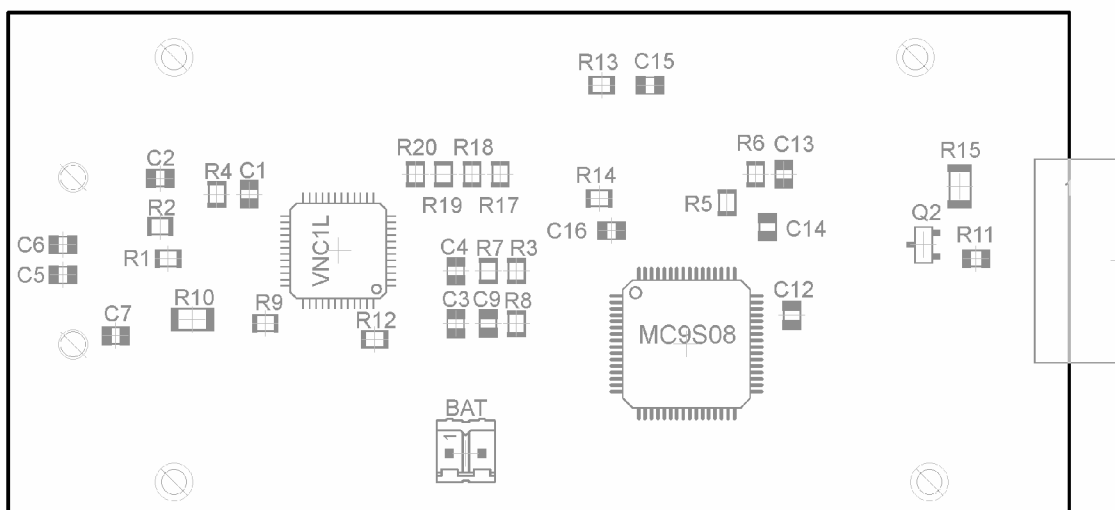
Obr. 12.1.1 – Návrh TOP vrstvy dosky plošných spojov



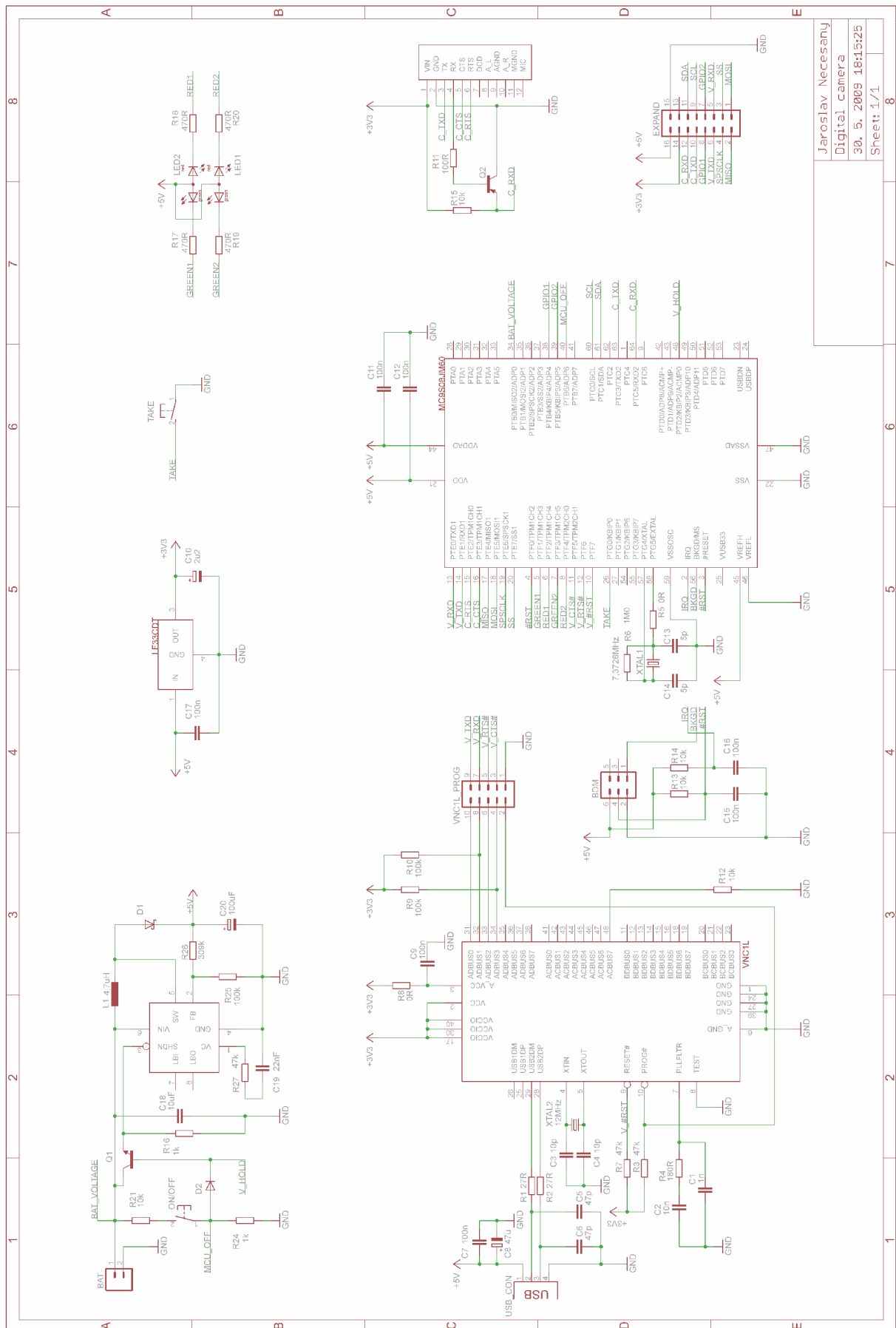
Obr. 12.1.2 – Osadzovací predpis TOP vrstvy dosky plošných spojov



Obr. 12.1.3 – Návrh BOTTOM vrstvy dosky plošných spojov (vodorovne preklopený)



Obr 12.1.4 – Osadzovací predpis BOTTOM vrstvy dosky plošných spojov (vodorovne preklopený)



Obr. 12.1.5 – Schéma zapojenia digitálneho fotoaparátu

12.2 Príloha B – príkazy mikrokontroléra Vinculum

Tab. 12.2.1 – Tabuľka príkazov mikrokontroléra Vinculum [2]

<i>Extended ASCII Command for Terminal mode</i>	<i>Shortened Hexadecimal Command for microprocessor mode</i>	<i>Command function</i>	<i>Response</i>
Switching between Shortened and Extended Command sets			
'SCS'<cr>	\$10,\$0D	Switches to the shortened command set	This will return the prompt '>',\$0D to indicate that the device is in shortened command set mode.
'ECS'<cr>	\$11,\$0D	Switches to the extended command set	This will return the prompt 'D:\>',\$0D to indicate that the device is in extended command set mode.
'E'<cr>	'E'<cr>	Echo	This will return 'E',\$0D for synchronisation purposes
'e'<cr>	'e'<cr>	Echo	This will return 'e',\$0D for synchronisation purposes
'IPA'<cr>	\$90,\$0D	Input numbers in ASCII	<prompt>\$0D
'IPH'<cr>	\$91,\$0D	Input numbers in HEX	<prompt>\$0D
Responses to indicate if disk is online			
<cr>	\$0D	Check if online	This will return the appropriate prompt or 'no disk' message for the current command set.
Response to Check if online for Extended Command Mode		If no valid disk is found	'No Disk',\$0D
		If a valid disk is found	'D:\>',\$0D
Response to Check if online for Short Command Mode		If no valid disk is found	'ND',\$0D
		If a valid disk is found	'>',\$0D
Directory operations			
'DIR'<cr>	\$01,\$0D	Lists the current directory	A list of file names and directory names are returned. Each entry is terminated by \$0D. A directory entry has <sp>'DIR' after the name and before the \$0D.
'DIR'<sp> <name><cr>	\$01,\$20, <name>,\$0D	Lists the file name followed by the size. Use this before doing a file read to know how many bytes to expect.	\$0D,<name><sp><size in hex(4 bytes) LSB first> \$0D
'DLD'<sp> <name><cr>	\$05,\$20,<name>,\$0D	Delete directory	Deletes the directory <name> from the current directory. <prompt>\$0D
'MKD'<sp> <name><cr>	\$06,\$20, <name>,\$0D	Make directory	Creates a new directory <name> in the current directory. <prompt>\$0D
'CD'<sp> <name><cr>	\$02,\$20,<name>,\$0D	The current directory is changed to the new directory <name>	<prompt>\$0D
'CD'<sp>'..'<cr>	\$02,\$20,\$2E,\$2E,\$0D	Move up one directory level.	<prompt>\$0D

Tab 12.2.2 - Tabuľka príkazov mikrokontroléra Vinculum [2]

File operations			
'RD' <sp> <name><cr>	\$04,\$20,<name> \$0D	Read file <name>	This will send back the entire file in binary to the monitor. The size should first be found by using the 'DIR' <sp> <name> <cr> command so that the expected number of bytes is known. <prompt>\$0D
'RDF' <sp> <size in hex(4 bytes MSB first) ><cr>	\$0B,\$20,size in hex(4 bytes) , \$0D	Reads the data of <size in hex(4 bytes) > from the current open file.	This will send back the requested amount of data to the monitor. <prompt>\$0D
'DLF' <sp> <name><cr>	\$07,\$20,<name> \$0D	Delete file <name>	This will delete the file from the current directory and free up the FAT sectors. <prompt>\$0D
'WRF' <sp> <size in hex(4 bytes MSB first) ><cr> <data bytes of size><cr>	\$08,\$20,size in hex(4 bytes) , \$0D \$data,\$0D	Writes the data of <size in hex(4 bytes) > to the end of the current open file.	<prompt>\$0D
'OPW' <sp> <name><cr>	\$09,\$20, <name>,\$0D	Opens a file for writing to with 'WRF'	<prompt>\$0D
'OPR' <sp> <name><cr>	\$0E,\$20, <name>,\$0D	Opens a file for reading to with 'RDF'	<prompt>\$0D
'CLF' <sp> <name><cr>	\$0A,\$20, <name>,\$0D	Closes a file for writing.	<prompt>\$0D
'REN' <sp> <orig name> <sp> <new name><cr>	\$0C,\$20, <orig name>,\$20, <new name> <cr>	Rename a file or directory	<prompt>\$0D
'FS' <cr>	\$12,\$0D	Returns free space in bytes on disk. For disks of over 4 GBytes in size this will return \$FFFFFFFF if more than 4 GByte available. Otherwise use 'FSE' command	<free space in hex(4 bytes) LSB first> \$0D
'FSE' <cr>	\$93,\$0D	<free space in hex(6 bytes) LSB first> \$0D	<free space in hex(6 bytes) LSB first> \$0D
'SEK' <sp><offset in hex(4 bytes MSB first) ><cr>	\$28,\$0D	Seek to an offset within the file	<prompt>\$0D
Commands for UART monitor mode only			
'SBD' <sp><divisor (3 bytes) LSB first ><cr>	\$14, \$20,divisor (3 bytes) LSB first >,\$0D	Set Baud Rate (See Baud Rate Table)	<prompt>\$0D
Power Management Commands			
'SUD' <cr>	\$15,\$0D	Suspend the disk when not in use to conserve power. The disk will be woken up automatically the next time a disk command is sent to it.	<prompt>\$0D
'WKD' <cr>	\$16,\$0D	Wake Disk and do not put it into suspend when not in use.	<prompt>\$0D
'SUM' <cr>	\$17,\$0D	Suspend Monitor and stop clocks	<prompt>\$0D
Commands to FT232 / FT245 / FT2232 on USB Port 1 or 2			
'FBD' <sp><divisor(3 bytes) LSB first><cr>	\$18,\$20,<divisor (3 bytes) LSB first>,\$0D	Set baud rate (See baud rate table 7)	<prompt>\$0D
'FMC' <sp><value (2 bytes) ><cr>	\$19, \$20,<value (2 bytes)>,\$0D	Set modem control for RTS/DTR (See table 8)	<prompt>\$0D
'FSD' <sp><value (2 bytes) LSB first ><cr>	\$1A, \$20,value (2 bytes) LSB first >,\$0D	Set data characteristics (See table 9)	<prompt>\$0D
'FFC' <sp><value (1 byte)><cr>	\$1B, \$20,value (1 byte), \$0D	Set flow control (See table 10)	<prompt>\$0D
'FGM' <cr>	\$1C,\$0D	Get modem status (See table 8)	Returns the modem and line status (2 bytes), \$0D
'FSL' <sp><value (1 bytes)><cr>	\$22, \$20,value (1 bytes), \$0D	Set Latency Timer	Set the latency timer in milliseconds. The default value is 16 mS <prompt>\$0D

Tab 12.2.3 – Tabuľka príkazov mikrokontroléra Vinculum [2]

'FSB' <sp><BitMask 1 byte><Enable 1 byte><cr>	\$23,\$20,\$BitMask, \$Enable, \$0D	Set Bit Mode	Sends the SetBitMode command <prompt>\$0D
'FGB' <cr>	\$24, \$0D	Get Bit Mode	Returns the state of the pins (1 byte),\$0D
Commands to Unused I/O pins			
'IOR' <sp><port (1 byte) <cr>	\$29,\$20,port number AD = \$00 AC = \$01 BD = \$02 BC = \$03, \$0D	Read I/O port	Reads the I/O port and returns the data
'IOW' <sp><port, direction,value (3 bytes) <cr>	\$2A,\$20,port number AD = \$00 AC = \$01 BD = \$02 BC = \$03, \$Direction (1=output), \$value \$0D	Write I/O port	Writes to the I/O port if it is not being used (i.e. ADBUS 0 -7 will all be used when UART or FIFO interface is active. ACBUS0 will be used in UART mode but ACBUS1-7 are available)
Printer Class Commands			
'PGS' <cr>	\$81, \$0D	Get Printer Status	Returns the status byte of the printer (1 byte), \$0D, (Bit 5 – Paper Empty Bit 4 – Selected Bit 3 – Not Error The rest of the bits are 0) <prompt>\$0D
'PSR' <cr>	\$82, \$0D	Printer Soft Reset	<prompt>\$0D
USB Device Commands			
'DSD' <sp> <size in hex(1 bytes) ><cr> <data bytes of size><cr>	\$83,\$20, size (1byte) , \$0D, data of size , \$0D	Send data to USB Device	<prompt>\$0D
'DRD' <cr>	\$84	Read Data from USB Device	Sends back a byte with the number of bytes n available then <cr> then sends n data bytes then <prompt>\$0D
'QP1' <cr>	\$2B,\$0D	Query Device Port 1 Status	Sends back 2 bytes showing the device types connected to port 1 (see table) <prompt>\$0D
'QP2' <cr>	\$2C,\$0D	Query Device Port 2 Status	Sends back 2 bytes showing the device types connected to port 2 (see table) <prompt>\$0D
'QD' <sp> n <cr> (where n is a number in hex of 0 to 7)	\$85,\$20,n, \$0D (where n is a number in hex of 0 to 7)	Query device n	This returns the device data for device n , \$0D<prompt>\$0D See table
'SC' <sp> n <cr> (where n is a number in hex of 0 to 7)	\$86,\$20,n, \$0D (where n is a number in hex of 0 to 7)	Set Current Device to n so if the DATAREQ# DATAACK mode is entered, then this device interface will be used for it. Useful if a FT2232C chip with 2 interfaces is connected for example	<prompt>\$0D

Tab 12.2.4 - Tabuľka príkazov mikrokontroléra Vinculum [2]

'SF' <sp> n <cr> (where n is a number in hex of 0 to 7)	\$87,\$20,n, \$0D (where n is a number in hex of 0 to 7)	Set Device to be an FTDI device. This is useful if the VID of a FT232R/FT245R (or BM etc) has been changed from the FTDI default. Use 'QD n' to find your device. 'SF n' to set the device to FTDI and then 'SC n' to set as the current device.	<prompt>\$0D
VMUSIC commands - only with VMSC firmware not standard VDAP			
'VPF' <sp><name> <cr>	\$1D, \$20,<name>,\$0D	Play an MP3 file	Sends file to SPI interface (I/O pins between VNC1 and VLS1003) then returns <prompt>\$0D
'VWR' <sp> <Address>(1 byte) <value (2 bytes) LSB first ><cr>	\$1E, \$20, <Address>(1 byte) <value (2 bytes) LSB first >,\$0D	Write to command register of VS1003	<prompt>\$0D
'VRD' <sp> <Address>(1 byte) <cr>	\$1F, \$20, <Address>(1 byte),\$0D	Read from command register of VS1003	Returns 2 bytes followed by <prompt>\$0D
'VST' <cr>	\$20,\$0D	Stop playing current track	<prompt>\$0D
'V3A' <cr>	\$21,\$0D	Play all tracks with MP3 as the extension.	Sends all MP3 files in all sub directories to SPI interface then returns <prompt>\$0D
'VSF' <cr>	\$25,\$0D	Skip to next track.	<prompt>\$0D
'VSB' <cr>	\$26,\$0D	Skip to beginning of current track. If pressed twice within 1 second it will go to the beginning of the previous track..	<prompt>\$0D
Debug commands			
'SD' <sp> <sector number in ASCII hex><cr>	\$03,\$20,...\$0D	Sector Dump. This is used for debug purposes and may be removed. e.g. 'SD 0000<cr>' will dump sector 0000. 'SD 0010'<cr> will dump sector 16 decimal.	Sends back 512 bytes from the sector specified in HEX converted to ASCII. Every 16 bytes is followed by a \$0D. <prompt>\$0D
'SW' <sp> <sector number 4 bytes MSB first><cr> <data bytes of size>	\$92,\$20,...\$0D,< 512 bytes of data>	Sector Write. This writes a block of data to the sector specified. Misuse of this command may destroy the disk contents.	<prompt>\$0D
'IDD' <cr>	\$0F,\$0D	Identify Disk Drive. This will display information about the attached disk.	Sends IDD data block and then <prompt>\$0D
'IDDE' <cr>	\$94,\$0D	Identify Disk Drive Extended. This will display information about the attached disk allowing for a disk capacity up to 2 Terra bytes.	Sends IDDE data block and then <prompt>\$0D
'FWV' <cr>	\$13,\$0D	Get Firmware Versions	Displays the version numbers of the main firmware and the reprogramming firmware in the VNC1L-1A 'MAIN x.xx'\$0D 'RPRG x.xx'\$0D then <prompt>\$0D

Tab. 12.2.5 – Tabuľka nastavenia symbolových rýchlostí asynchrónnej sériovej komunikácie s mikrokontrolérom Vinculum [2]

Baud Rate	1st Byte	2nd Byte	3rd Byte
300	\$10	\$27	\$00
600	\$88	\$13	\$00
1200	\$C4	\$09	\$00
2400	\$E2	\$04	\$00
4800	\$71	\$02	\$00
9600*	\$38	\$41	\$00
19200	\$9C	\$80	\$00
38400	\$4E	\$C0	\$00
57600	\$34	\$C0	\$00
115200	\$1A	\$00	\$00
230400	\$0D	\$00	\$00
460800	\$06	\$40	\$00
921600	\$03	\$80	\$00
1000000	\$03	\$00	\$00
1500000	\$02	\$00	\$00
2000000	\$01	\$00	\$00
3000000	\$00	\$00	\$00

12.3 Príloha C – Zoznam súčiastok

Tab. 12.3.1 – Zoznam súčiastok

Part	Value	Device	Package	Library
BAT		M02	02P	con-amp-quick
BDM		ML6L	ML6L	con-harting-ml
C1	1n	C-EUC0805	C0805	rcl
C2	10n	C-EUC0805	C0805	rcl
C3	10p	C-EUC0805	C0805	rcl
C4	10p	C-EUC0805	C0805	rcl
C5	47p	C-EUC0805	C0805	rcl
C6	47p	C-EUC0805	C0805	rcl
C7	100n	C-EUC0805	C0805	rcl
C8	47u	CPOL-EUE2-5	E2-5	rcl
C9	100n	C-EUC0805	C0805	rcl
C10	2u2	CPOL-EUA	PANASONIC_A	rcl
C11	100n	C-EUC0805	C0805	rcl
C12	100n	C-EUC0805	C0805	rcl
C13	5p	C-EUC0805	C0805	rcl
C14	5p	C-EUC0805	C0805	rcl
C15	100n	C-EUC0805	C0805	rcl
C16	100n	C-EUC0805	C0805	rcl
C17	100n	C-EUC0805	C0805	rcl
C18	22u	CPOL-EUC	PANASONIC_C	rcl
C19	220u	CPOL-EUD	PANASONIC_D	rcl
CAM_CON		Camera CON	CON	siemens_con
D1		BAT42	SMB	diode
D2		BAT42	MELF-MLL41	diode
EXPAND		MA08-2	MA08-2	con-1stb

Tab. 12.3.2 – Zoznam súčiastok

IC1		LM2574M-5.0	SO14W	linear
IC2		LF33CDT	DPAK	transistor
IC3		MC9S08JM60	LQFP64	Freescale MCUs
IC4		VNC1L	LQFP-48	VINCULUM
L1	330uH	L-EUWE-TPC	POWER-CHOKE_WE- TPC	rcl
I.01		DUOLED-RG-A	DUOLED-A-5MM	led
I.02		DUOLED-RG-A	DUOLED-A-5MM	led
ON/OFF		31-XX	B3F-31XX	switch-omron
Q1		BC817-40SMD	SOT23-BEC	transistor-npn
Q2		BC807-40SMD	SOT23-BEC	transistor-pnp
R1	27R	R-EU_M0805	M0805	rcl
R2	27R	R-EU_M0805	M0805	rcl
R3	47k	R-EU_M0805	M0805	rcl
R4	180R	R-EU_M0805	M0805	rcl
R5	0R	R-EU_M0805	M0805	rcl
R6	1M0	R-EU_M0805	M0805	rcl
R7	47k	R-EU_M0805	M0805	rcl
R8	0R	R-EU_M0805	M0805	rcl
R9	100k	R-EU_M0805	M0805	rcl
R10	100k	R-EU_M1206	M1206	rcl
R11	100R	R-EU_R0805	R0805	rcl
R12	10k	R-EU_M0805	M0805	rcl
R13	10k	R-EU_M0805	M0805	rcl
R14	10k	R-EU_M0805	M0805	rcl
R15	10k	R-EU_M1206	M1206	rcl
R16	33k	R-EU_M0805	M0805	rcl
R17	470R	R-EU_M0805	M0805	rcl
R18	470R	R-EU_M0805	M0805	rcl
R19	470R	R-EU_M0805	M0805	rcl
R20	470R	R-EU_M0805	M0805	rcl
R21	10k	R-EU_M0805	M0805	rcl
R22	33k	R-EU_M0805	M0805	rcl
R23	10k	R-EU_M0805	M0805	rcl
R24	1M0	R-EU_M1206	M1206	rcl
TAKE		31-XX	B3F-31XX	switch-omron
USB_CON		PN87520	PN87520	con-berg
VNC1L_PROG		MA05-2	MA05-2	con-1stb
XTAL1	7,3728MHz	CRYSTALHC49S	HC49/S	crystal
XTAL2	12MHz	CRYSTALHC49S	HC49/S	crystal