

Sem vložte zadání Vaší práce.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
KATEDRA ČÍSLICOVÉHO NÁVRHU



Bakalářská práce

Zařízení pro sledování objektu s nízkou spotřebou

Václav Vanc

Vedoucí práce: Ing. Pavel Kubalík, Ph.D.

11. května 2015

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Pavlu Kubalíkovi, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona, ve znění pozdějších předpisů. V souladu s ust. § 46 odst. 6 tohoto zákona tímto uděluji nevýhradní oprávnění (licenci) k užití této mojí práce, a to včetně všech počítačových programů, jež jsou její součástí či přílohou, a veškeré jejich dokumentace (dále souhrnně jen „Dílo“), a to všem osobám, které si přejí Dílo užít. Tyto osoby jsou oprávněny Dílo užít jakýmkoli způsobem, který nesnižuje hodnotu Díla, a za jakýmkoli účelem (včetně užití k výdělečným účelům). Toto oprávnění je časově, teritoriálně i množstevně neomezené. Každá osoba, která využije výše uvedenou licenci, se však zavazuje udělit ke každému dílu, které vznikne (byť jen zčásti) na základě Díla, úpravou Díla, spojením Díla s jiným dílem, zařazením Díla do díla souborného či zpracováním Díla (včetně překladu), licenci alespoň ve výše uvedeném rozsahu a zároveň zpřístupnit zdrojový kód takového díla alespoň srovnatelným způsobem a ve srovnatelném rozsahu, jako je zpřístupněn zdrojový kód Díla.

V Praze dne 11. května 2015

.....

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta informačních technologií

© 2015 Václav Vanc. Všechna práva vyhrazena.

Tato práce vznikla jako školní dílo na Českém vysokém učení technickém v Praze, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna právními předpisy a mezinárodními úmluvami o právu autorském a právech souvisejících s právem autorským. K jejímu užití, s výjimkou bezúplatných zákonných licencí, je nezbytný souhlas autora.

Odkaz na tuto práci

Vanc, Václav. *Zařízení pro sledování objektu s nízkou spotřebou*. Bakalářská práce. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta informačních technologií, 2015.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem zařízení pro sledování objektu, které není trvale připojeno k internetu ani k elektrické síti. Vlastní zařízení je tvořeno kamerou a GSM/GPRS modemem připojených k procesoru přes seriovou linku. Zařízení je schopné zachycovat a odesílat fotografie přes emaily a je možné jej ovládat pomocí SMS zpráv. Výsledkem této práce je levné zařízení pro sledování objektu s funkcemi mnohem dražších zařízení.

Klíčová slova Zabezpečení objektu, fotopast, SMS, GSM, nízká spotřeba

Abstract

This thesis describes the design of device for property surveillance that is not permanently connected to the Internet or the electrical network. Device consists of a camera and a GSM/GPRS modem connected to the CPU via the serial line. The device is able to capture and send photos via email and can be controlled via SMS messages. The result of this work is a cheap device for surveillance with features of much more expensive products.

Keywords property surveillance, camera trap, SMS, GSM, low-power

Obsah

Úvod	1
1 Analýza	3
1.1 Existující řešení	3
1.2 Sběrnice UART	4
1.3 Sběrnice SPI	5
2 Návrh řešení	7
2.1 Procesor	7
2.2 Kamera	8
2.3 GSM/GPRS modem	8
2.4 SD karta	8
3 Řešení	9
3.1 Kamera	10
3.2 GSM/GPRS modem	13
3.3 Modul s procesorem	15
3.4 Modul SD karty	16
3.5 Napájení	17
3.6 Čidlo pohybu	18
3.7 Měření napětí baterie	19
3.8 Cena	19
3.9 Spotřeba	20
3.10 Software	20
4 Testování	25
Závěr	27
Literatura	29

A Seznam použitých zkratek	31
B Obsah přiloženého CD	33

Seznam obrázků

1.1	Fotopast UV 535 Panda [1]	4
1.2	EYE-02 GSM bezpečnostní kamera [2]	4
1.3	Příklad zapojení sběrnice UART	5
1.4	Průběh dat na sběrnici UART [3]	5
1.5	Příklad zapojení sběrnice SPI	6
2.1	Blokové schéma	7
3.1	Blokové schéma řešení	9
3.2	Kamera uCam-II [4]	10
3.3	Příklad šestice bajtů tvořící příkaz [4]	11
3.4	Ukázka použití příkazu SYNC [4]	12
3.5	Ukázka použití příkazů s následným potvrzením [4]	12
3.6	Datový balíček zaslaný kamerou [4]	12
3.7	Modul UC3-A3 Xplained [5]	16
3.8	Slot na SD kartu [6]	16
3.9	Jeden z upravených regulátorů	17
3.10	Pohybové čidlo	18
3.11	Výstup pohybového čidla	18
3.12	Odporový dělič pro měření napětí baterie	19

Seznam tabulek

3.1	Přehled vybraných příkazů	11
3.2	Soupis materiálu.	20
3.3	Spotřeba v různých režimech.	20

Úvod

V dnešní době se zabezpečení majetku stává stále více aktuálním. Zařízení pro sledování objektu může pomoci při ochraně majetku nebo životů. Hodí se například pro zabezpečení rekreačních objektů, které nejsou větší část roku obývány (chaty, chalupy). Při zaznamenání pohybu je útočník zachycen kamerou a vlastník zařízení informován pomocí SMS nebo MMS. Využití ale najdeme např. i v zoologii, kde jsou tato zařízení známá jako fotopasti, a představují významnou pomůcku pro sledování pohybu a chování zvířete.

Práce se zaměřuje na návrh cenově dostupného zařízení pro sledování objektu, které je schopné na základě zaznamenaného pohybu vyfotit fotografii, a tu přes mobilní síť odeslat pomocí emailu. Zařízení bude napájeno z 12V baterie, a proto bude cílit na co nejmenší spotřebu.

Analýza

1.1 Existující řešení

Na trhu existuje velké množství zařízení určených přímo pro sledování objektu či fotopastí lišících se jak cenou, tak funkcí. Žádné však plně nespĺňuje požadované vlastnosti. Jedná se například o:

UOVision UV 535 Panda (3 690 Kč) - Jedna z nejlevnějších fotopastí, je napájena osmi tužkovými bateriemi, je vybavena čidlem pohybu, přisvícením pro noční záběry a fotografie ukládá na SD kartu. Bohužel není vybavena GSM modemem, takže není schopná odesílat fotografie přes mobilní síť.[1]

UOVision UM 535 Panda (6 890 Kč) - Podobná jako předchozí model, ale rozšířená o GSM modul. Umožňuje ovládání pomocí SMS a odesílání fotografií pomocí MMS a emailů.[7]

Jablotron EYE-02 (8 076 Kč) - Bezpečnostní a monitorovací kamera, která komunikuje bezdrátově prostřednictvím GSM sítě. Disponuje množstvím senzorů (pohyb, zvuk, detekce rozbití skla, vibrace a náklon). Ačkoliv je vybavena baterií, není určena na dlouhodobý provoz bez připojení k elektrické síti.[8]



Obrázek 1.1: Fotopast UV 535 Panda [1]



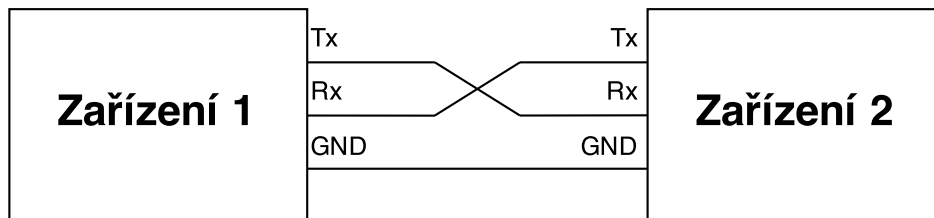
Obrázek 1.2: EYE-02 GSM bezpečnostní kamera [2]

1.2 Sběrnice UART

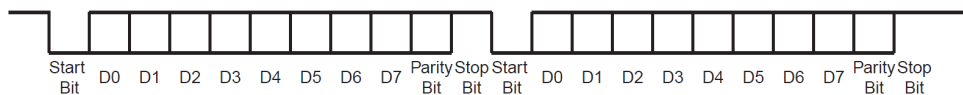
Jedná se o asynchronní, příp. synchronní sériovou sběrnici. Rozšířenější je však její asynchronní varianta. K přenosu dat se využívají dva vodiče, jeden pro každý směr. Vodič pro odesílání se označuje Tx a pro příjem Rx.

Klidová úroveň signálu na sběrnici je log. 1. Zahájení přenosu je indikováno

přechodem do log. 0 (start bit), následuje vyslání 5-9 datových bitů, paritního bitu a posledního stop bitu (log. 1). [9]



Obrázek 1.3: Příklad zapojení sběrnice UART



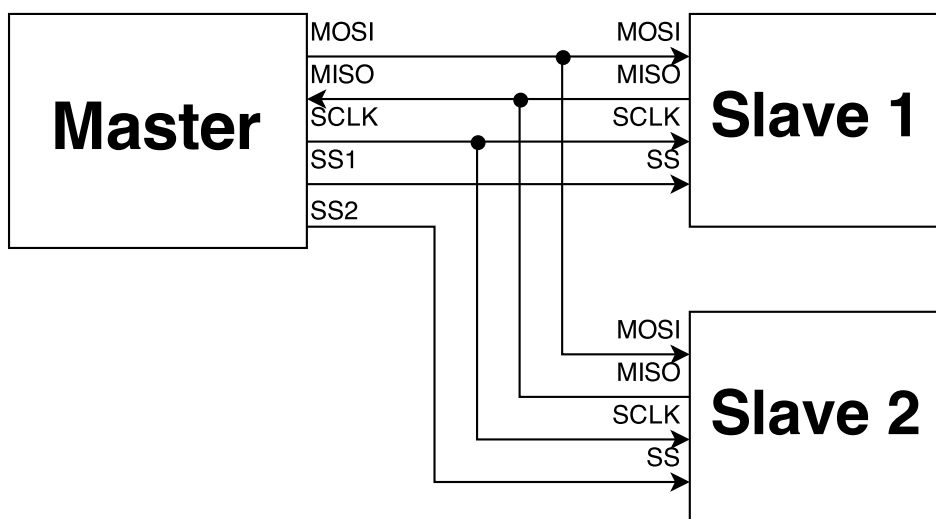
Obrázek 1.4: Průběh dat na sběrnici UART [3]

1.3 Sběrnice SPI

SPI je sériová synchronní sběrnice typu master/slave, umožňující připojení více zařízení. Vodiče sběrnice SPI:

- MOSI - Datový výstup.
- MISO - Datový vstup.
- SCLK - Hodinový signál, který řídí tok dat na sběrnici.
- SS - Slouží k výběru zařízení.

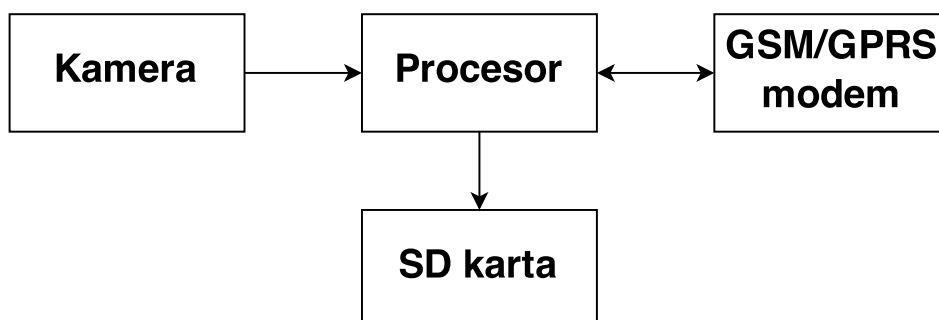
Rozhraní SPI je v podstatě tvořeno posuvným registrem, který přenáší data do jiného SPI rozhraní a naopak. Jedno z rozhraní se během přenosu chová jako hlavní a ovládá tok dat pomocí vodiče SCLK. [3]



Obrázek 1.5: Příklad zapojení sběrnice SPI

Návrh řešení

Mezi základní bloky zařízení patří kamera, která pořizuje snímky, modem, který je odesílá prostřednictvím sítě GSM a procesor, který ovládá modem a kameru. Jelikož jsou tyto komponenty úzce provázány výběr jedné ovlivňuje výběr druhých.



Obrázek 2.1: Blokové schéma

2.1 Procesor

Procesor je základem celého návrhu a jeho výběr ovlivňuje výběr dalších komponent. Můžeme použít procesor, který umožňuje běh operačního systému (např. procesor typu ARM s operačním systémem GNU/Linux), výhodou je, že tyto procesory obvykle obsahují USB a dost paměti. Vývoj aplikací je také díky operačnímu systému a už hotovým ovladačům a knihovnám jednodušší a rychlejší. Problémem je však vyšší spotřeba.

Druhou možností je použití jednoduchého procesoru typu AVR, PIC nebo STM32. Tyto procesory vynikají nízkou spotřebou, ale už k nim např. nejde

připojit kamera nebo modem pomocí USB.

2.2 Kamera

U kamer nás zajímá způsob připojení (USB, UART) a zda podporují kompresi do formátu JPEG nebo jen nekomprimovaný výstup (RAW), který se musí dále zpracovat.

2.3 GSM/GPRS modem

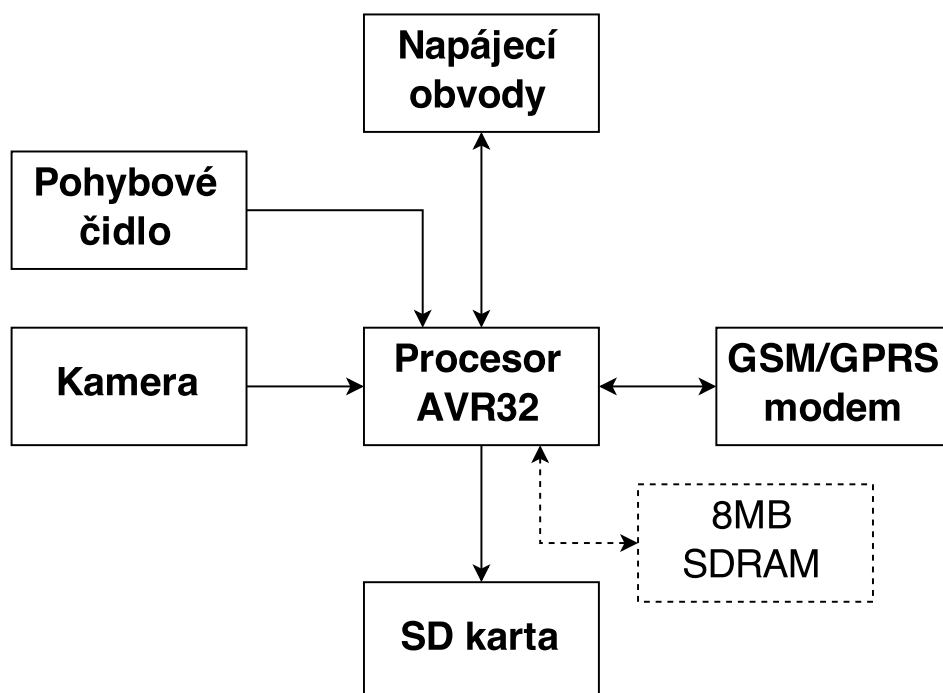
Modem lze k procesoru připojit pomocí UART nebo USB. Modemy jsou schopné přijímat a odesílat SMS nebo MMS a v případě, že jsou připojené přes UART, mají obvykle integrovaný i TCP/IP stack a jsou tak vhodné pro připojení k jednoduchým procesorům. Na trhu je několik modulů většinou založených na modemech SIM900 od firmy Simcom nebo M10 od firmy Quectel. Parametry obou modemů se od sebe nijak zásadně neliší.

2.4 SD karta

S SD kartami lze komunikovat v několika režimech. Všechny SD karty podporují komunikaci v režimu SPI a SD [10]. Je proto důležité, aby procesor umožňoval připojení pomocí některé z těchto sběrnic.

Řešení

Jelikož je jedním z hlavních cílů nízká spotřeba a cena, rozhodl jsem se pro použití procesoru bez operačního systému. Od toho se pak odvíjí výběr všech dalších komponent.



Obrázek 3.1: Blokové schéma řešení

3.1 Kamera

Použití procesoru, který neumožňuje běh operačního systému, vylučuje z výběru kamery připojené pomocí sběrnice USB kvůli složité implementaci ovladače. Rovněž je vhodné, aby kamera podporovala přímou kompresi do formátu JPEG, protože procesor má omezené zdroje.

Vybral jsem kameru uCAM-II od firmy 4D Systems, která nevyžaduje žádné další externí součástky. Kamera používá napájení 5 V, s procesorem komunikuje pomocí rozhraní UART s napětím 3,3 V. Dále umožňuje pořízené fotografie rovnou komprimovat do formátu JPEG a je schopna v paměti udržet jeden snímek.



Obrázek 3.2: Kamera uCam-II [4]

3.1.1 Přenosová rychlost

Kamera dokáže automaticky detekovat jednu z těchto přenosových rychlostí: 9600, 14400, 56000, 57600, 115200, 921600 baudů. Pro vyšší rychlost je potřeba ruční nastavení rychlosti pomocí speciálního příkazu.[4]

3.1.2 Komunikační protokol

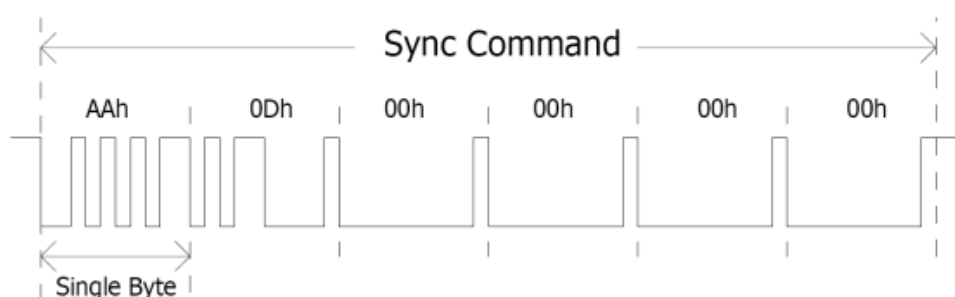
Komunikace probíhá pomocí příkazů tvořenými šesticí bajtů. První bajt má vždy hodnotu AAh (binárně 10101010) a slouží k synchronizaci. Druhý bajt označuje druh příkazu a zbylé čtyři bajty tvoří parametry. Kamera přijetí každého příkazu potvrdí. Kamera neposílá fotografie najednou (zpracování by mohlo být pro nějaké procesory problematické vzhledem k velkému množství dat), ale posílá je v balíčcích o velikosti 64-512 B. [4]

3.1.3 Inicializace

Před pořízením fotografie je potřeba nejprve kameru probudit ze spánku a inicializovat sekvencí příkazů.

Příkaz	Význam
SYNC	Probuzení kamery ze spánku
INITIAL	Nastavení formátu a rozlišení
SNAPSHOT	Pořízení fotografie
GET PICTURE	Žádost o zaslání fotografie
SET PACKAGE SIZE	Nastavení velikosti balíčku dat
ACK	Potvrzení příkazu

Tabulka 3.1: Přehled vybraných příkazů



Obrázek 3.3: Příklad šestice bajtů tvořící příkaz [4]

K probuzení slouží příkaz SYNC, který je potřeba opakovat (obvykle 25x až 60x), dokud kamera neodpoví. Jakmile je kamera připravena odpoví příkazem ACK a pošle příkaz SYNC, na který zase musí odpovědět procesor. Poté je kamera připravena zpracovávat další příkazy.

Nastavení formátu (JPEG nebo RAW) a rozlišení fotografie se provede pomocí příkazu INITIAL a počet bajtů v balíčku při stahování fotografie pomocí příkazu SET PACKAGE SIZE. Oba příkazy jsou potvrzeny pomocí příkazu ACK.

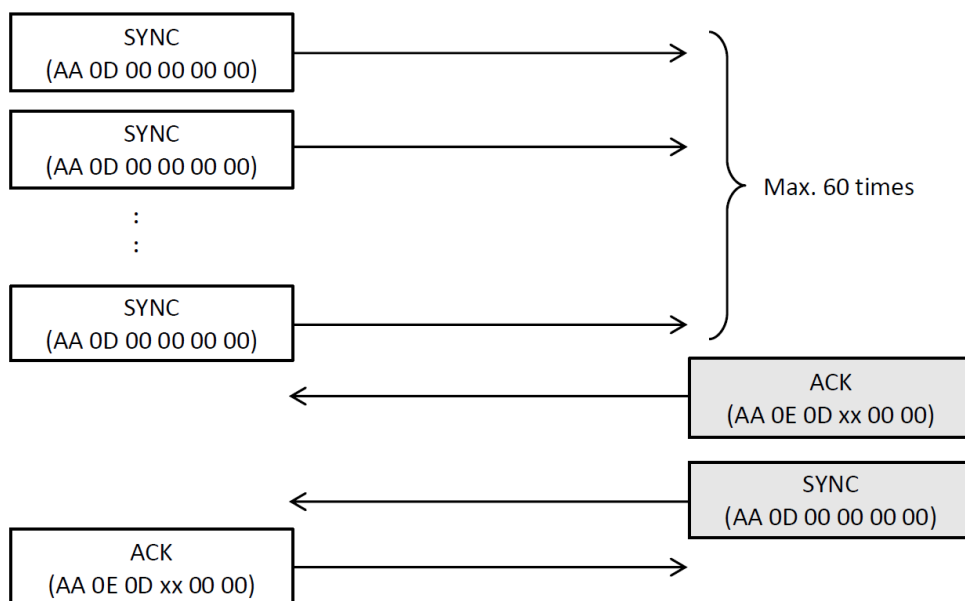
3.1.4 Pořízení fotografie

Snímek se pořídí příkazem SNAPSHOT, snímek je pak uložen v paměti kamery. Pro získání snímku slouží příkaz GET PICTURE. Kamera poté pošle první balíček požadované velikosti. Procesor pošle potvrzení s pořadovým číslem balíčku a kamera pošle následující balíček. To se opakuje, dokud není přenesena celá fotografie.

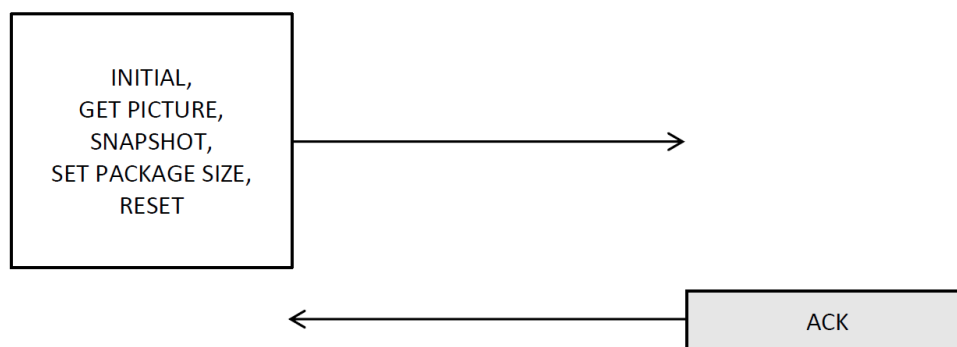
Balíček se skládá z ID (pořadové číslo balíčku), velikosti dat, samotných dat a kontrolního součtu. Kontrolní součet se spočítá jako součet všech bajtů (kromě CRC) v balíčku modulo 255.

Mezi příkazy SYNC a SNAPSHOT by měla být prodleva asi 1-2 s, jinak hrozí, že bude fotografie přsvícená nebo naopak příliš tmavá.

3. ŘEŠENÍ



Obrázek 3.4: Ukázka použití příkazu SYNC [4]



Obrázek 3.5: Ukázka použití příkazů s následným potvrzením [4]



Obrázek 3.6: Datový balíček zasláný kamerou [4]

3.2 GSM/GPRS modem

Jako modem jsem vybral modul PGSM-M10 s modemem M10. Modul v sobě integruje slot na kartu SIM a konektor pro anténu. S procesorem komunikuje pomocí AT příkazů posílaných přes rozhraní UART. Modem umožňuje volání, příjem a posílání SMS a odesílání/příjem emailů přes protokol SMTP/POP3.

3.2.1 Inicializace

Po připojení napájení je modem v režimu spánku a je nutné ho probudit pomocí přivedení impulzu (alespoň 2s) na pin POWER_ON. Poté modem začíná odpovídat na AT příkazy. Pro správnou inicializaci je nutné odeslat tyto příkazy:

- AT - Na tento příkaz odpoví modem příkazem "OK". Slouží ke zjištění, jestli je modem schopen přijímat příkazy.
- AT+V1 - Zapne detailní výpisy zpráv.
- ATE1 - Zapne echo.
- AT+CMEE=2 - Nastaví textové výpisy chybových zpráv.
- AT+IPR? - Ověří přenosovou rychlost.
- AT+CPIN? - Ověří přítomnost SIM karty a zda není zamčená nebo zablokovaná.

Pokud se modem úspěšně přihlásí k síti, pošle zprávu "Call Ready"

3.2.2 Synchronizace času

Z mobilní sítě je možné získat informaci o aktuálním datu, čase a časovém pásmu. Kdykoliv modem tuto informaci od sítě obdrží pošle zprávu +QNITZ. To se děje vždy během přihlášení do sítě a pak periodicky každých pár hodin. Dostupnost těchto informací záleží na operátorovi.

3.2.3 SMS zprávy

Všechny přijaté SMS jsou automaticky ukládané na SIM kartu. Všechny zprávy je možné přečíst pomocí příkazu AT+CMGL="ALL". Jednotlivé zprávy lze číst příkazem AT+CMGR=X, kde X označuje pozici SMS zprávy, a obdobně je lze pomocí příkazu AT+CMGD=X mazat. Jelikož je paměť karty SIM omezená, je vhodné zprávy po zpracování hned vymazat, protože při zaplnění paměti nemůže být nová zpráva přijata.

Před použitím těchto příkazů je nutné nejdříve nastavit formát výpisu zpráv. Modem podporuje jak textový výpis, tak výpis ve formátu PDU. Textový výstup se nastaví pomocí příkazu AT+CMGF=1.

3. ŘEŠENÍ

Pokud modem přijme novou SMS zprávu, dá tuto skutečnost vědět pomocí zprávy +CMGR. Není tedy nutné periodicky zjišťovat, zda nepřišla nová zpráva.

3.2.4 Posílání emailů

Modem umožňuje posílat emaily pomocí protokolu SMTP, podporuje sice autorizaci, ale už ne šifrování pomocí SSL/TLS. I přes toto omezení, lze pro odesílání emailů použít jak SMTP servery operátora, tak servery většiny poskytovatelů emailu.

Nejprve je nutné nastavit parametry pro přístup k SMTP serveru pomocí:

- AT+QSMTPCLR - Odstraní všechnu předchozí konfiguraci.
- AT+QSMTPSRV - Nastaví adresu a port SMTP serveru.
- AT+QSMTPUSER - Nastaví uživatelské jméno (jen pokud server vyžaduje autorizaci).
- AT+QSMTPPWD - Nastaví uživatelské heslo.

Poté je možné začít posílat vlastní mail.

- AT+QSMTPNAME - Nastaví jméno odesílatele.
- AT+QSMTPADDR - Nastaví emailovou adresu odesílatele.
- AT+QSMTPDST - Nastaví jednoho nebo více příjemců.
- AT+QSMTPSUB - Nastaví předmět zprávy.
- AT+QSMTPBODY - Nastaví tělo zprávy.
- AT+QSMTPATT - Umožňuje přiložení příloh(y). Přiložený soubor musí být předem nahraný do paměti modemu.

Email je nyní připraven, stačí ho odeslat.

- AT+QIFGCNT - Přepne kontext kvůli aktivaci GPRS.
- AT+QICSGP - Nastaví přístupový bod.
- AT+QSMTPPUT - Odešle email.

Aby se mohl soubor k emailu přiložit, musí být nejdříve nahrán do paměti modemu pomocí příkazu AT+QFUPL. Tento soubor je možné uložit do paměti RAM nebo FLASH. Po odeslání emailu je vhodné soubor smazat pomocí příkazu AT+QFDEL, aby nezabíral místo dalším souborům.

3.3 Modul s procesorem

Volba procesoru byla ovlivněna volbou ostatních součástek, požadavky na procesor jsou tedy tyto:

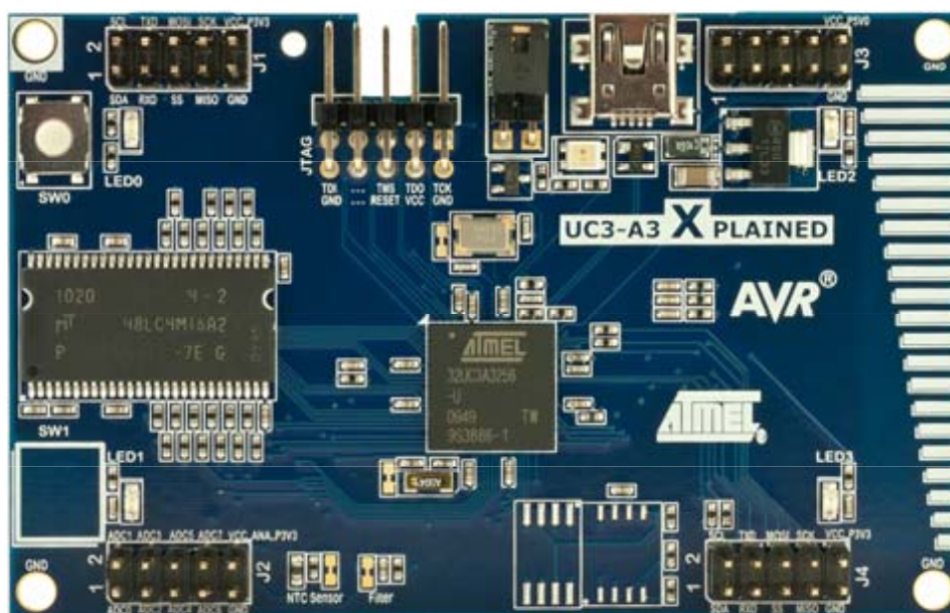
- možnost připojení periférií pracujících s napětím 3,3 V (modem a SD karta)
- 2x UART pro modem a kameru (ideálně však 3x kvůli ladění)
- 1x SPI pro SD kartu
- integrovaný AD převodník pro měření napětí baterie
- nízká spotřeba v režimu spánku a schopnost probuzení pomocí RTC a externího přerušení
- dostatek paměti pro program (více než 100 KB)
- dostatek paměti pro data (ideálně víc než 64 KB pro možnost uložení celé fotografie)

Všechny tyto požadavky splňuje vývojový modul UC3-A3 Xplained od firmy Atmel. Je vybaven procesorem AT32UC3A3256, který disponuje 256 KB paměti Flash a 128 KB paměti SRAM. Procesor je napájen pomocí napětí 3,3 V, ačkoliv celý modul je napájen pomocí 5 V (modul obsahuje lineární stabilizátor). Modul umožňuje připojení ampérmetru pro měření proudu protékajícího procesorem. Tuto funkci jsem využil pro přímé napájení procesoru kvůli úspoře elektrické energie. Modul je dále 8 MB dynamickou pamětí, která může sloužit např. k uchování fotografií při sekvenčním fotografování.

Procesor lze programovat jak přes USB (využívá se zavaděč dodávaný s modulem), tak pomocí externího programátoru připojeného přes JTAG.

Modul je podporován vývojovým prostředím Atmel Studio 6, jehož součástí je ASF (Atmel Software Framework), který obsahuje knihovny a ovladače pro většinu periférií, a značně tak urychluje vývoj.

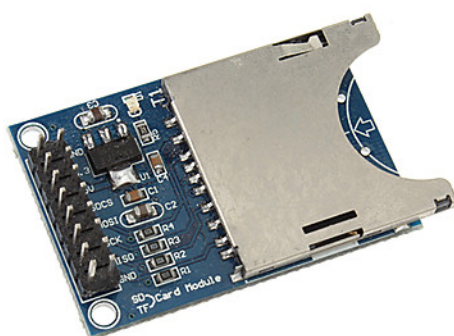
3. ŘEŠENÍ



Obrázek 3.7: Modul UC3-A3 Xplained [5]

3.4 Modul SD karty

Modul pro SD kartu je vybaven převodníkem napětí, takže je možné napájet SD kartu pomocí 5 V. S kartou je možné komunikovat přes sběrnici SPI (pro jiné sběrnice nejsou vyvedeny patřičné vodiče). Modul neumožňuje kontrolovat přítomnost karty, ani ochranu proti zápisu.

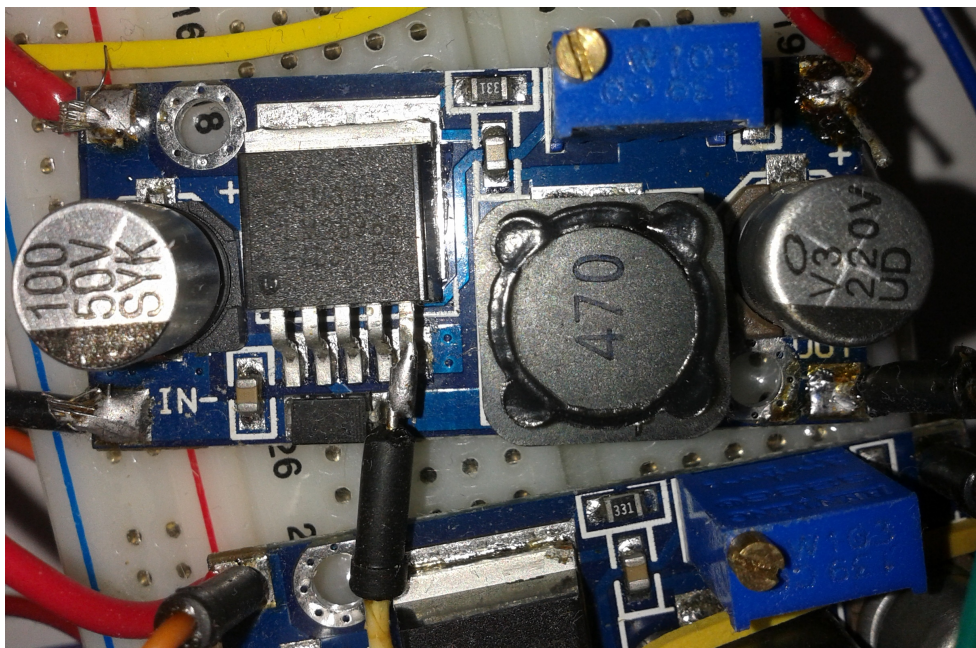


Obrázek 3.8: Slot na SD kartu [6]

3.5 Napájení

Jelikož je zařízení napájeno pomocí 12V baterie, musí být schopné pracovat s rozsahem napájecího napětí mezi 10,5 V (vybitá baterie) a 14,5 V (baterie, která se právě nabíjí). Pro co nejvyšší efektivitu jsem použil dvojici spínaných stejnosměrných měničů a jednoho lineárního stabilizátoru. Měnič pro modem musí být navíc schopen dodat poměrně vysoký špičkový proud 2 A [11].

Jeden měnič vytváří z 12 V dodávaného baterií napětí 3,7 V, které je použito výhradně pro modem, a druhý 5 V, které je využito pro kameru, SD kartu a procesorovou desku. Měniče jsou založeny na integrovaném obvodu LM2596S a vynikají vysokou efektivitou (až 90 %), nevýhodou je však vysoký odběr naprázdno (5 mA)[12]. Tato hodnota je pro klidový režim příliš vysoká a způsobila by vybití baterie už v řádu dní. Proto je nutné tyto regulátory vypínat. Poté jejich klidový proud klesne na 80 μ A. Zakoupené moduly však toto vypínání neumožňují a bylo nutné je upravit vyvedením příslušného vodiče mimo modul.

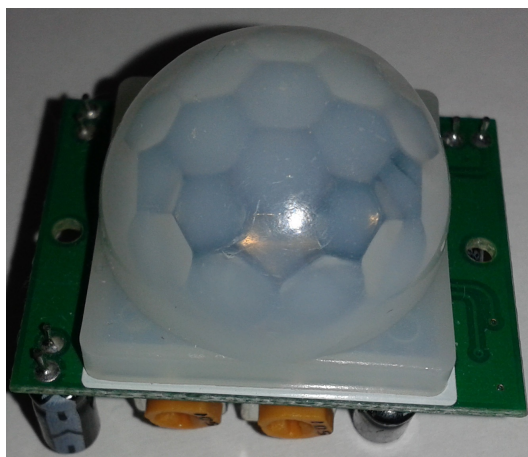


Obrázek 3.9: Jeden z upravených regulátorů

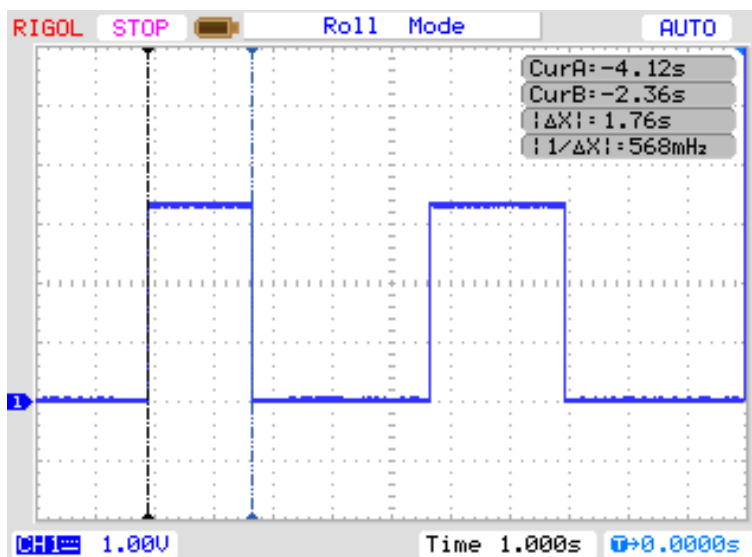
Vypínání je realizováno pomocí procesoru, který je napájen vlastním spínaným stabilizátorem.

3.6 Čidlo pohybu

Detekci pohybu zajišťuje levné čidlo HC-SR501. Čidlo je schopné pracovat s napájecím napětím do 20 V a má minimální spotřebu, takže může být napájené přímo z baterie. Při zaznamenaném pohybu se na výstupu čidla objeví log. 1 (logika 3,3 V) a v procesoru se vyvolá přerušení. Jelikož je čidlo napájené přímo z baterie, funguje, i když je procesor v režimu spánku, a umožňuje tak jeho probuzení. Citlivost a délka pulzu se dá nastavit pomocí dvojice trimrů.



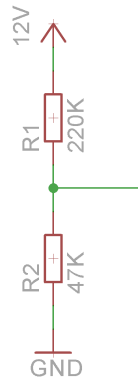
Obrázek 3.10: Pohybové čidlo



Obrázek 3.11: Výstup pohybového čidla

3.7 Měření napětí baterie

Napětí baterie, které se může pohybovat mezi 10,5 V a 14,5 V, je nejdříve nutné přizpůsobit AD převodníku v použitém procesoru. K tomu poslouží odporový dělič.



Obrázek 3.12: Odporový dělič pro měření napětí baterie

Výstupní napětí se spočítá jako (zatížení děliče převodníkem lze zanedbat):

$$U = U_{bat} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Hodnoty odporu R_1 , resp. R_2 , jsem zvolil 220 k Ω , resp. 47 k Ω . Výsledné maximální napětí baterie se spočítá jako:

$$U = U_{AD_MAX} \frac{R_1 + R_2}{R_2} = 3,3 \frac{220 + 47}{47} \approx 18,75 \text{ V}$$

3.8 Cena

Jedním z hlavních požadavků je co nejnižší pořizovací cena. Celková cena nepřesahuje částku 3 500 Kč, takže se tento požadavek podařilo splnit. Při výrobě více kusů a návrhu vlastního plošného spoje by navíc tato cena byla ještě nižší. V ceně není zahrnuta baterie.

Kamera	1339 Kč
Modem	935 Kč
Modul s procesorem	933 Kč
Regulátory	100 Kč
Slot na SD kartu	20 Kč
Pohybové čidlo	30 Kč
Drobný materiál	100 Kč
Celkem:	3457 Kč

Tabulka 3.2: Soupis materiálu.

3.9 Spotřeba

Jelikož je zařízení určené pro provoz na baterie, je velmi důležitá spotřeba. Nejdůležitější je spotřeba v klidovém režimu, která činí pouhých 1,7 mA a umožňuje tak provozní dobu zařízení v řádech měsíců. Spotřeba v aktivních režimech dosahuje stovek mA, zařízení však v těchto režimech nezůstává dlouho, takže na životnost baterie nemají takový vliv.

Režim	Spotřeba
Procesor v režimu spánku	1,7 mA
Aktivní pouze procesor	35 mA
Zapnutý modul procesoru, kamera v režimu spánku	48 mA
Kamera pořizuje fotografie	87 mA
Odesílání emailu	120–150 mA

Tabulka 3.3: Spotřeba v různých režimech.

3.10 Software

Softwarová knihovna je členěna do modulů (co modul, to samostatný soubor), aby byl kód přehlednější a umožňoval snadné úpravy a znovupoužití v jiných projektech. Funkce vracejí hodnotu 0 při neúspěchu a hodnotu 1 v ostatních případech.

3.10.1 Kamera

V ovladači jsou implementovány všechny funkce potřebné pro pořízení fotografie a její přenos. Konfigurační funkce jsou pro jednoduchost implementovány jako blokuující (avšak s ochranou proti chybě pomocí timeoutu). Přenos dat je naopak realizován jako neblokuující a je pro něj využito DMA.

Ovladač kamery je závislý na endianitě procesoru. Jelikož jsou ale závislé části izolovány, stačí při portování na jinou architekturu nastavit správnou endianitu procesoru v konfiguračním souboru ovladače.

3.10.1.1 Popis vybraných funkcí

- `uint8_t uCAM_init (void)` - Inicializuje kameru. Pokud se inicializace nezdaří, je nutné kameru odpojit a zase připojit k napájení [4].
- `uint8_t uCam_take_picture (void)` - Pořídí fotografii a vrátí její celkovou velikost v bajtech. Snímek je uložen v paměti kamery. V případě chyby vrátí funkce 0.
- `void uCam_get_data (uint32_t received, uint32_t picture_size, Image_data *data)` - Požádá kameru o balíček obrazových dat. Parametr `received` označuje počet úspěšně přijatých bajtů, parametr `picture_size` velikost fotografie získanou pomocí funkce `uCam_take_picture` a parametr `*data` je ukazatel na paměť, kam budou nová data přijata.

Funkce je neblokující a přenos se provede pomocí DMA. Dokončení přenosu je možné testovat pomocí funkce `uCam_data_ready`.

- `uint8_t uCam_check_data (Image_data *data, uint8_t *dst)` - Pomocná funkce, která zkontroluje balíček přijatý pomocí funkce `uCam_get_data` a data z něj uloží na adresu indikovanou pomocí `*dst`. Pokud funkce vrátí hodnotu jinou než 0, je balíček chybný a je nutné opakovat jeho přenos.
- `uint8_t uCam_data_ready (void)` - Testuje, jestli funkce `uCam_get_data` dokončila svůj přenos.

3.10.2 Modem

V ovladači je implementována podpora pro příjem SMS, odesílání emailu (včetně příloh) pomocí protokolu SMTP a možnost synchronizace času. Všechny funkce (až na přenos souborů) jsou neblokující a provádějí se až v hlavní smyčce programu.

3.10.2.1 Popis vybraných funkcí

- `void modem_init(void)` - Slouží k inicializaci modemu.
- `void modem_loop (void)` - Jelikož ovladač musí neustále reagovat na možné události vyvolané modemem, je nutné tuto funkci volat v hlavní smyčce programu.

3. ŘEŠENÍ

- `void modem_register_time_callback (void (*callback)(char *))` - Zaregistruje funkci, která bude volána kdykoliv modem obdrží informaci o aktuálním čase ze sítě GSM.
- `void modem_register_sms_callback (uint8_t (*callback)(SMS *))` - Zaregistruje funkci, která bude volána při příchozí SMS zprávě. Návrátová hodnota určuje, jestli má modem zprávu smazat, nebo ponechat v paměti SIM karty.
- `uint8_t check_SMS (void)` - Znovu přečte všechny uložené SMS zprávy ze SIM karty (napřed musí být zaregistrována patřičná funkce pomocí `modem_register_sms_callback`).
- `uint8_t upload_file (File *f)` - Nahraje soubor do paměti modemu. Soubor je možné nahrát buď do paměti RAM nebo FLASH.
- `uint8_t delete_file (char *name)` - Smaže soubor v paměti modemu.
- `void set_smtp_settings (Smtp_settings *sett)` - Nastaví parametry SMTP serveru.
- `uint8_t send_email (Email *e)` - Odešle email.
- `void modem_sleep (void)` - Uspí modem a připraví ho na vypnutí napájení.
- `void modem_power_on (void)` - Opětovně zapne modem po uspání.
- `MODEM_STATE modem_get_state (void)` - Přečte stav modemu.

3.10.3 SD karta

Fotografie (nebo jiné, např. konfigurační soubory) je možné ukládat na SD kartu se souborovým systémem FAT32. Přístup k souborům zajišťuje volně dostupná knihovna FatFs. Nízkoúrovňový přístup na úrovni bloků je realizován pomocí ovladače z ASF.

3.10.4 Další funkce

Součástí knihovny jsou funkce pro ovládání pohybového čidla, čtení napětí baterie a pro ovládání spínaných regulátorů.

3.10.4.1 Popis funkcí

- `void power_5V (uint8_t state)` - Zapne nebo vypne 5V napájecí větev, která se používá pro kameru, SD kartu a modul s procesorem, ne však pro procesor samotný. Před vypnutím je vhodné se ujistit, že neprobíhají žádné zápisy na SD kartu nebo z kamery, jinak hrozí poškození dat.

- `void power_modem (uint8_t state)` - Vypne napájení modemu. Je vhodné před vypnutím napájení modem softwarově vypnout a zkontolovat stav pomocí funkcí `modem_sleep` a `modem_get_state`.
- `void battery_init (void)` - Inicializuje AD převodník pro čtení napětí baterie.
- `uint32_t battery_get_voltage (void)` - Přečte naměřenou hodnotu z AD převodníku.
- `void pir_init(void)` - Inicializuje řadič externího přerušení od pohybového čidla.
- `void register_pir_callback (void (*callback)(void))` - Zaregistruje funkci, která se zavolá, pokud čidlo pohybu zaznamená pohyb. Funkci je po zpracování události vždy nutné zaregistrovat znovu.
- `void debug_init(void)` - Inicializuje ladící UART port.
- `void debug(char *line)` - Pošle ladící zprávu přes UART.

3.10.5 Demonstrační aplikace

V rámci práce byla vytvořena aplikace, která demonstruje funkčnost jednotlivých součástí zařízení. Aplikace demonstruje mj. funkčnost hodin reálného času, měření napětí baterie, pohybového čidla, schopnost pořizovat fotografie a ukládat je na SD kartu se souborovým systémem FAT32, odesílání emailů s fotografií v příloze a přijímání SMS zpráv.

Každou minutu aplikace pořídí fotografii a pokud je vložena SD karta, fotografie se na ní uloží. Pokud zařízení zaznamená pohyb, rozsvítí se LED dioda č. 2. Slabá baterie (resp. pokles napětí) je indikována LED diodou č. 3. Při stisku tlačítka SW0 se následující pořizovaná fotografie odešle emailem.

Pokud zařízení přijme SMS zprávu, vypíše ji přes ladící UART port. Přes ladící port se rovněž vypisují všechny důležité zprávy o stavu zařízení.

Aplikace je určena jen pro demonstrační účely a nesnaží se např. o úsporu energie.

3.10.6 Aplikace

Také byla vytvořena druhá aplikace, která je určena pro případné nasazení. Parametry se dají měnit pomocí SMS zpráv ve speciálním formátu.

Formát zprávy vypadá následovně: „a,b,c,d“. Vysvětlení parametrů:

- a - Určuje periodu mezi jednotlivými snímky.
- b - Povoluje zpracování signálů z pohybového čidla. Pokud čidlo zaznamená pohyb, bude pořizen snímek.

3. ŘEŠENÍ

- c - Všechny pořízené snímky budou zapsány na SD kartu.
- d - Všechny pořízené snímky budou odeslány pomocí emailu.

Parametry můžou nabývat hodnotu 1 (povolení) nebo 0 (zakázání), výjimkou je parametr a, kde hodnota 0 znamená zakázání a jakákoliv jiná periodu v sekundách.

Příklad SMS zprávy: „3600,1,1,0“

Zařízení po přijetí této konfigurační zprávy bude každou hodinu (nebo pokud zaznamená pohyb) pořizovat snímek. Snímky budou ukládány na SD kartu, nebudou však odesílány emailem.

Zařízení se snaží o co nejmenší spotřebu a pokud je to možné, tak přechází do úsporných režimů. Pokud napětí baterie klesne pod kritickou úroveň, zařízení se vypne a přestane reagovat na vnější podněty.

Testování

Během konstrukce zařízení byly všechny komponenty jednotlivě otestovány. Následně byla i otestována funkčnost celku na vyvinutých aplikacích.

Bylo ověřeno, že pohybové čidlo dokáže zaznamenat pohyb osoby na vzdálenost větší než 5 m.

Ovladač pro kameru a modem byl testován pomocí analyzátoru sběrnic, který potvrdil správné chování z hlediska dat i časování.

Dále byla otestována schopnost zařízení periodicky pořizovat fotografie (zařízení bylo ponecháno v běhu po několik hodin) a schopnost pořizovat fotografie na základě pohybu, který zaregistrovalo pohybové čidlo. Ověřena byla také možnost změny nastavení parametrů pomocí přijetí konfigurační SMS zprávy. Schopnost zařízení přecházet do úsporného režimu byla ověřena pomocí měření odebíraného proudu.

Bylo ověřeno, že zařízení je schopné správně pracovat v celém rozsahu napájecího napětí (10 V až 15 V).

Zařízení bylo také testováno s několika různými SD kartami různých výrobců a velikostí. Testované karty:

- SD Transcend 2 GB
- SDHC Kingston 8 GB
- SDHC ADATA 16 GB

Všechny paměťové karty bylo zařízení schopné správně detekovat a ukládat na ně fotografie. Fotografie šly poté bez problému přečíst v PC.

Závěr

Práce se zaměřila na návrh cenově dostupného zařízení schopného odesílat fotografie přes mobilní sítě s důrazem na nízkou spotřebu elektrické energie a cenu. Tento cíl byl splněn v plném rozsahu. Zařízení je schopné zaznamenávat fotografie pohybujících se objektů a odesílat je přes mobilní síť pomocí emailů. Zařízení je možné ovládat na dálku pomocí SMS zpráv. Rovněž má velmi nízkou spotřebu v klidovém režimu.

V rámci práce byla vytvořena softwarová knihovna, která obsahuje ovladače pro veškeré periférie, a aplikace, která demonstruje funkčnost zařízení.

Zařízení je koncipováno modulárně, takže je možné ho do budoucna rozšířit o další funkce, jako je přísvit pro noční fotografie nebo o možnost dobíjení baterií pomocí solárních panelů.

Literatura

- [1] FOTOPAST.CZ s.r.o: *UV 535 Panda [online]*. [cit. 2014-11-23]. Dostupné z: <http://www.fotopast.cz/fotopasti-na-zlodeje/9-uv-535-panda.html>
- [2] JABLOTRON ALARMS a.s.: *GSM bezdrátová kamera EYE-02 - leták [online]*. [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.jablotron.com/DownloadHandler.aspx?method=GetFileDownload&fileID=2306&DontParse=true>
- [3] Atmel: *AT32UC3A Datasheet [online]*. [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://www.atmel.com/Images/doc32058.pdf>
- [4] 4D Systems: *Serial Camera Module uCam-II [online]*. [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: http://www.4dsystems.com.au/productpages/uCAM-II/downloads/uCAM-II_datasheet_R_1_4.pdf
- [5] Atmel: *Atmel AVR32918: UC3-A3 Xplained Hardware User's Guide [online]*. [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://www.atmel.com/Images/doc32159.pdf>
- [6] MiniInTheBox.com: *SD Card Reader Module [online]*. [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://miniimg7.rightinthebox.com/images/384x384/201403/swxmyy1393908921962.jpg>
- [7] FOTOPAST.CZ s.r.o: *UM 535 Panda [online]*. [cit. 2014-11-23]. Dostupné z: <http://www.fotopast.cz/fotopasti-na-zlodeje/18-fotopast-um-535-panda.html>
- [8] JABLOTRON ALARMS a.s.: *EYE-02 LTA [online]*. [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.jablotron.com/cz/katalog-produktu/alarmy/kamery-1/kamery-a-prislusenstvi/eye-02.aspx>

LITERATURA

- [9] Root.cz: *Sériový port RS-232C [online]*. [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/seriovy-port-rs-232c/>
- [10] JABLOTRON ALARMS a.s.: *SD Specifications, Part 1, Physical Layer Simplified Specification [online]*. [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: https://www.sdcard.org/downloads/pls/simplified_specs/part1_410.pdf
- [11] Pandatron: *PGSM - M10 - GSM/GPRS moduly s M10 [online]*. [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: http://pandatron.cz/shop/ds/pgsm-m10_cz.pdf
- [12] Texas Instruments: *LM2596 SIMPLE SWITCHER [online]*. [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2596.pdf>

Seznam použitých zkratk

ASF Atmel Software Framework

FAT32 File Allocation Table

MMS Multimedia Messaging Service

SIM Subscriber Identity Module

SMTP Simple Mail Transfer Protocol

SMS Short Message Service

SPI Serial Peripheral Interface

UART Universal Asynchronous Receiver/Transmitter

USB Universal Serial Bus

Obsah přiloženého CD

	readme.txt.....	stručný popis obsahu CD
	doc	adresář s katalogovými listy veškerých součástí
	scheme.pdf	schéma zapojení ve formátu pdf
	scheme.png	schéma zapojení ve formátu png
	src	
	app.....	zdrojové kódy aplikací
	lib.....	zdrojové kódy knihovny
	thesis	zdrojová forma práce ve formátu $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$
	text	
	thesis.pdf	text práce ve formátu PDF