



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

## ÚSTAV MIKROELEKTRONIKY

DEPARTMENT OF MICROELECTRONICS

## BLUETOOTH KEŠ

BLUETOOTH CACHE

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Miroslav Franek

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Michal Pavlík, Ph.D.

BRNO 2017

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Mikroelektronika a technologie**

Ústav mikroelektroniky

**Student:** Miroslav Franek

**ID:** 173645

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2016/17

**NÁZEV TÉMATU:**

## Bluetooth keš

### POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte keš pro hru geocaching. Keška by měla každý den aktivovat v určitý čas bluetooth modul a lidé by se do ní zapisovali přes aplikaci k tomu určenou. Zapsaná data se budou ukládat do vestavěné paměti. Dále bude keš obsahovat modul GSM se SIM kartou pro snadnou správu keše.

### DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce

**Termín zadání:** 6. 2. 2017

**Termín odevzdání:** 8.6.2017

**Vedoucí práce:** Ing. Michal Pavlík, Ph.D.

**Konzultant:**

  
**doc. Ing. Jiří Háze, Ph.D.**  
předseda oborové rady



### UPOZORNĚNÍ:

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

## **ABSTRAKT**

Tato práce se zabývá návrhem bluetooth cache pro hru geocaching. Stručně popisuje, co je to geocaching a popisuje bluetooth cache. Dále popisuje výběr hardware pro realizaci, návrh schématu zapojení i plošného spoje. Pomocí vývojového diagramu vysvětluje funkci firmware a poskytuje manuál k ovládání Android aplikace, určené k odesílání logů do cache a její správě. Prezentuje výsledky měření spotřeby cache v jednotlivých režimech. V závěru navrhuje řešení, jak prodloužit výdrž cache na jedno nabití.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Geocaching, Bluetooth, GSM, Mikroprocesor, RTC, Paměť,

## **ABSTRACT**

This thesis deals with bluetooth cache design for geocaching. It briefly describes what geocaching is and describes the bluetooth cache. It also describes the selection of hardware for realization, the design of circuit diagram and printed circuit board. Using a flowchart, it explains the firmware function and provides an application management manual for using an Android application for managing the cache. Presents the results of measuring cache consumption in individual modes. Finally, it proposes a solution to extend the cache life for a single charge.

## **KEYWORDS**

Geocaching, Bluetooth, GSM, Microprocessor, RTC, Memory

FRANEK, M. *Bluetooth cache*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav mikroelektroniky, 2017. 55 s. Bakalářská práce. Vedoucí práce: Ing. Michal Pavlík, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma Bluetooth cache jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne .....

.....

(podpis autora)

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Michalu Pavlíkovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce. Pomohl mi podívat se na věc z jiného úhlu a poskytl mi spoustu užitečných rad. Dále děkuji své rodině a blízkým za podporu.

V Brně dne .....

.....

(podpis autora)

# OBSAH

Úvod	6
<b>1 Geocaching</b>	<b>7</b>
1.1 Co je to cache? .....	7
1.2 Místa, kam se cache umísťují .....	8
1.3 Indicie k nalezení cache .....	8
1.4 Povinná výbava geocachera .....	8
<b>2 Bluetooth cache</b>	<b>9</b>
2.1 Postup k nalezení cache .....	9
2.2 Blokové schéma Bluetooth cache .....	10
<b>3 Mikroprocesor</b>	<b>11</b>
3.1 ATmega328 .....	11
<b>4 Komunikační rozhraní</b>	<b>13</b>
4.1 USART .....	13
4.2 I <sup>2</sup> C, TWI .....	14
<b>5 Bluetooth</b>	<b>15</b>
5.1 Bluetooth modul HC-06 .....	15
5.1.1 Konfigurace modulu HC-06 .....	16
5.1.2 Komunikace s modulem .....	16
<b>6 GSM</b>	<b>17</b>
6.1 Význam GSM pro tuto práci .....	17
6.2 GSM Modul SIM 800L .....	17
6.2.1 Napájení modulu .....	18
6.2.2 Konfigurace obvodu SIM800L .....	19
6.3 SIM karta .....	19
6.4 Spojení cache s jejím správcem pomocí SMS .....	19
<b>7 RTC</b>	<b>20</b>
7.1 DS3231 .....	20
<b>8 Paměť</b>	<b>21</b>
8.1 Co se bude do paměti zapisovat? .....	21
8.2 24LC1026-I/SN .....	21
<b>9 Napájení</b>	<b>22</b>
9.1 FDN306P .....	22
9.2 Dobíjení .....	23

<b>10</b>	<b>Návrh Schématu a Plošného spoje</b>	<b>24</b>
10.1	Knihovny součástek .....	24
10.2	Schéma zapojení .....	24
10.2.1	Dělič pro měření napětí.....	24
10.2.2	Dobíjecí obvod TP4056 .....	26
10.2.3	Zapojení paměti .....	26
10.2.4	USART .....	27
10.3	Návrh desky plošného spoje .....	28
<b>11</b>	<b>Firmware</b>	<b>29</b>
11.1	Režim bluetooth.....	30
11.2	Režim GSM .....	30
11.3	Režim spánku.....	30
11.4	Reset cache .....	30
<b>12</b>	<b>Příkazová sada BT cache</b>	<b>31</b>
12.1	Uživatelský režim .....	31
12.2	Administrátorský režim .....	32
<b>13</b>	<b>Měření spotřeby</b>	<b>36</b>
13.1	Připojení baterie .....	36
13.2	Režim spánku.....	37
13.3	Bluetooth nespárováno .....	37
13.4	Bluetooth komunikace .....	38
13.5	Bluetooth spárováno .....	38
13.6	GSM zapnuto .....	39
13.7	Vyhodnocení spotřeby bluetooth cache.....	39
<b>14</b>	<b>Aplikace pro Android</b>	<b>40</b>
<b>15</b>	<b>Závěr</b>	<b>42</b>
	<b>Literatura</b>	<b>43</b>
	<b>Seznam obrázků</b>	<b>44</b>
	<b>Seznam tabulek</b>	<b>45</b>
	<b>Seznam veličin a zkratk</b>	<b>46</b>

# ÚVOD

Tento dokument se zabývá problematikou bluetooth cache pro hru geocaching.

Popisuje, co je to geocaching, jaká je jeho historie a co je cílem hry. Dále se soustředí na to, jaká je funkce bluetooth cache a popisuje, jak se bluetooth cache hledá.

V další části je bluetooth cache rozdělena do jednotlivých bloků, které se řeší jednotlivě. Práce se zabývá volbou mikroprocesoru vhodného pro řízení celého zařízení, dále volí bluetooth modul a GSM modul, které budou použity pro komunikaci s geocacherem a se správcem cache. Také vybírá vhodnou paměť pro uložení zapsaných dat, čítač reálného času, podle kterého se budou spouštět jednotlivé moduly a mikroprocesor. Zabývá se možnostmi napájení celého zařízení a jeho dobíjením, aby se zařízení stalo zcela nezávislé na externím zdroji energie.

Dále je popsán návrh schématu zapojení a plošného spoje. Pomocí vývojového diagramu je vysvětlena funkce bluetooth cache. Jedna kapitola je vyhrazena pro popis příkazů, pomocí kterých lze s cache komunikovat. Také je zde vypracován manuál pro ovládání aplikace, sloužící k odesílání logů do cache a k její správě.

Na konci práce jsou zpracovány výsledky měření spotřeby v jednotlivých režimech a je zde vypočteno, který režim má na celkové spotřebě zařízení největší podíl. Také je zde vypočtena výdrž cache na jedno nabití a jsou navrženy způsoby, jakými lze tuto výdrž navýšit.



# 1 GEOCACHING

Geocaching je celosvětově rozšířená hra spojující sport, zábavu, turistiku, logické myšlení atd. Jejím vynálezcem je Dave Ulmer, který s ní v roce 2000 začal. Hra spočívá v umisťování takzvaných Cache na různá zajímavá místa, na které chce jejich autor upozornit. Určitou povinností autora cache je poté kontrolovat a aktualizovat její stav. [1]

Cílem pro geocahery je tuto cache najít a zapsat se do ní. Hra je založena na poctivosti, slušnosti a měla by sloužit pouze pro zábavné, popřípadě naučné účely. Spoléhá se na to, že geocacheři nebudou cache ničit a budou se chovat tak, aby nepřilákali při hledání pozornost ostatních lidí.

Geocacherem se může stát kdokoli. Stačí se pouze zaregistrovat na některém ze serverů, které se geocachingem zabývají a poskytují informace o tom, kde se jednotlivé cache nacházejí.

## 1.1 Co je to cache?

Cache bývá většinou krabička nebo skříňka, ve které je uschován deník (logbook) pro zápis lidí, kteří ji naleznou. V krabičce často bývají různé předměty. Člověk, který ji najde, si může jeden předmět ponechat a na oplátku musí do krabice vložit jiný předmět odpovídající hodnoty. Jedná se hlavně o drobné věci, například malá hračka, postavička, přívěšek nebo náramek.

Někdy bývá cache velmi malá, a tak obsahuje pouze logbook.



Obr 1: Možná podoba cache schované v lese. Převzato z [1]

## 1.2 Místa, kam se cache umisťují

Cache je možné umístit kamkoli, pokud možno někam, kde to není nezákonné. Obvyklá místa jsou v lese, na vrcholu kopce, na památečních místech, u historických památek, hradů nebo zámků. Cache se umisťují také k pramenům potoků a řek.

V extrémních případech jsou cache umisťovány na různá těžko přístupná a potenciálně nebezpečná místa. Objevitelé těchto cache musí mít určité znalosti například v horolezectví nebo potápění, aby byli schopni je ve zdraví nalézt. Po jejich objevení jsou pak velice ceněni za úspěšné nalezení.

## 1.3 Indicie k nalezení cache

K nalezení cache mohou vést různé indicie. Nejčastěji je udána poloha GPS, po dosažení této pozice ji pak stačí „jen“ najít. Cache může být uschována například pod zemí, v dutině stromu, nebo také v duté výsuvné cihle, fantazii autora se meze nekladou. Obvykle bývají obtížnější ty cache, k jejichž objevení vede nějaká šifra. Lze se setkat s Morseovou abecedou, polským křížem, Caesarovou šifrou apod. Někdy bývá uveden azimut a počet kroků k místu, kde se cache nachází.

## 1.4 Povinná výbava geocachera

Každá cache má svá specifika a tak nelze tabulkově říci, jaké vybavení s sebou vzít. Pro každý případ je vhodné mít u sebe mobilní telefon s GPS nebo GPS navigaci. Dále je většinou potřeba propiska nebo tužka, hodí se vzít si i papír pro případ nutnosti řešení nějaké šifry. Pokud je cache umístěna v jeskyni nebo v nějaké staré šachtě, určitě je vhodné vybavit se svítilnou. Pokud geocacher rád sbírá cache předměty, měl by si vzít drobnost, kterou do krabičky na oplátku vloží.

## 2 BLUETOOTH CACHE

Navrhovaná bluetooth cache je oproti běžným vybavena bluetooth modulem. Geocacheři tak nebudou hledat a otevírat žádnou krabici, budou hledat bluetooth signál a zapisovat se do logbooku pomocí aplikace v mobilním zařízení. Výhodou bluetooth cache je to, že se odlišuje od ostatních a je tak výzvou pro spoustu geocacherů.

Nastavení a komunikace se správcem cache probíhá jak pomocí bluetooth modulu, tak pomocí GSM modulu, takže pokud je potřeba aktualizovat seznam geocacherů, kteří cache úspěšně našli, nebo je potřeba provést nějaké nastavení, je to možné provést odkudkoliv a nemusí se chodit na místo, kde je cache umístěna. Jelikož je cache napájena z baterie, zapíná se GSM modul pouze jednou za čas a pouze na chvíli, aby se snížila spotřeba a prodloužila doba funkce na jedno nabití. Navíc se počítá s napájením ze solárního panelu, takže by se nemuselo chodit ani vyměňovat baterie.

Z důvodu úspory energie a zvýšení složitosti nalezení cache se bude i bluetooth modul zapínat pouze jednou za čas, každý den dvakrát na jednu hodinu.

### 2.1 Postup k nalezení cache

Souřadnice cache budou zveřejněny na internetu. Dále bude zveřejněna také šifra, která bude obsahovat azimut a počet kroků, které je potřeba od zadaného místa urazit. A protože u této cache nestačí být pouze na správném místě, ale také být na něm ve správný čas, šifra prozradí i jednoduchý vzorec pro výpočet času, kdy se spustí bluetooth modul umístěný v cache a kdy tedy bude možno cache odlovit.

Bude se jednat o jednoduchou Caesarovu šifru, kde všechny liché písmena ve zprávě budou posunuty v abecedě o určitý počet znaků a všechny sudé písmena budou posunuty o jiný počet znaků. Obtížnost vyluštění šifry bude zajištěna tím, že nebudou známy čísla, o kolik se má šifra posunout. Následuje příklad takovéto šifry, ve skutečnosti bude použita stejná šifra, jen s jiným textem a jiným posunem čísel.

#### Příklad šifry

Zašifrování provedeno tak, že liché jsou posunuty +1 (A -> B), sudé -1 (B -> A)

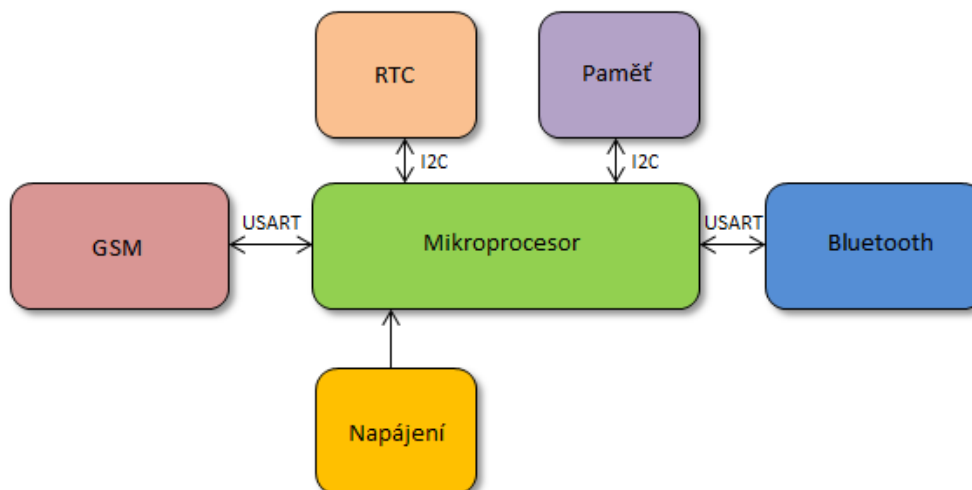
zadaná šifra: BGPI

vyluštěno: AHOJ

Čas spuštění bluetooth modulu bude závislý na tom, jaký je měsíc, a jaký je den v měsíci. Bluetooth modul se bude spouštět 2x za den na 1 hodinu s 12 hodinovým rozestupem (např. ve 4:00 a pak v 16:00).

## 2.2 Blokové schéma Bluetooth cache

Pro zpřehlednění je práce rozdělena do několika bloků, kde každý plní nějakou funkci a každý je popsán zvlášť.



Obr 2: Blokové schéma bluetooth cache

**Mikroprocesor** je mozkiem celého zařízení. Stará se jak o komunikaci s geocacherem, tak o komunikaci se správcem cache. Navíc zapíná a vypíná moduly Bluetooth a GSM podle toho, jaký je zrovna čas a řídí tím spotřebu, aby cache vydržela fungovat co nejdéle na jedno nabití.

**Bluetooth** modul zajišťuje komunikaci mezi geocacherem nebo správcem a mikroprocesorem. Pomocí něj se může geocacher do cache zapsat a správce může měnit nastavení a vyčítat logy.

**GSM** modul zajišťuje komunikaci mezi správcem cache a mikroprocesorem. Díky němu je možné řídit cache i ze vzdáleného místa přes mobilní síť.

**RTC** uchovává aktuální datum a čas. Podle něj se probouzí mikroprocesor, aby obsloužil bluetooth nebo GSM modul.

V **paměti** jsou uložena veškerá data přijatá od geocacherů skrz bluetooth modul. Ta se pak odesílají pomocí GSM nebo bluetooth modulu správci cache.

**Napájení** - Aby bylo možné provozovat cache v přírodě bez přívodu elektrické energie, je potřeba, aby cache měla baterii. Dále je třeba, aby se energie z baterie hospodárně rozváděla pouze k zařízením, které v danou chvíli mají být zapnuty. Ostatní jsou kvůli úspoře po většinu času buď vypnuty, nebo v režimu spánku.

## 3 MIKROPROCESOR

Mikroprocesor je mozkiem celého zařízení. Stará se o komunikaci s bluetooth modulem pomocí sériového rozhraní USART. Pomocí USART komunikuje také s GSM modulem. Pomocí sběrnice I<sup>2</sup>C mikroprocesor komunikuje s pamětí a obvodem RTC. Dále musí obsahovat dostatek vstupně výstupních pinů pro připojení přerušování od RTC a také pro ovládání napájení bluetooth a GSM modulů.

### 3.1 ATmega328

Jedná se o osmi bitový mikroprocesor od firmy Atmel. Nejčastěji má 32 vývodů a vyrábí se v různých pouzdrech. Pro tuto práci bude varianta s pouzdrém TQFP32. Jedná se o čtvercové pouzdro s osmi vývody na každé straně. Toto pouzdro je dostatečně malé, ale stále lze zapájet i pomocí ruční páječky.

Mikroprocesor se programuje pomocí ISP, které se připojuje na vývody sběrnice SPI.

ATmega328 je vybavena vnitřním RC oscilátorem s frekvencí 8 MHz. V obvodu je také obsažena dělička, která dělí taktovací frekvenci osmi. Ve výchozím nastavení je zvolen jako zdroj hodinového taktu právě oscilátor 8 MHz a dělička je zapnutá, takže výsledná taktovací frekvence je 1 MHz. Pro nižší spotřebu mikroprocesoru je lepší, když je taktovací frekvence nižší. Na druhou stranu, pokud by se zvýšila, snížila by se potřebná doba, kdy musí běžet na plný výkon. Zároveň s mikroprocesorem běží i ostatní periférie, jako třeba bluetooth nebo GSM modul, které mají podstatně větší spotřebu. Pokud by se zvýšením taktovací frekvence dosáhlo snížení doby, po kterou musí být ostatní moduly zapnuty, bylo by výhodnější použít vyšší taktovací frekvence. [2]

Všechny mikroprocesory rodiny ATmega používají redukovanou instrukční sadu. Prakticky to znamená, že mikroprocesor dokáže vykonávat jen omezené množství instrukcí. Pokud je potřeba provést složitější operaci, musí se tak učinit pomocí většího množství jednodušších instrukcí.

Výhodou redukované instrukční sady je, že se podstatně zjednoduší jádro mikroprocesoru. Ten pak bývá jednodušší na výrobu a má zpravidla nižší spotřebu. Pokud programátor píše program pro tento mikroprocesor v assembleru, nemusí se učit tolik instrukcí. Výhodou je také to, že mikroprocesor zvládá tyto jednoduché instrukce většinou během jediného hodinového taktu.

Nevýhodou redukované instrukční sady je to, že výsledný zdrojový kód je delší a zabírá tak více paměti. Také složitější operace trvají déle, protože musí být realizovány pomocí většího množství jednodušších operací. Každý výrobce se při volbě instrukční sady rozhoduje podle toho, co od svého mikroprocesoru očekává.

Tabulka 1: Technické parametry mikroprocesoru Atmega328. Čerpáno z [2]

Parametr	Hodnota
Napájecí napětí	1,8 V – 5,5 V
Odběr proudu (při 1,8 V, 1 MHz, 25 °C)	<b>Active mode: 0,2 mA</b> Power safe: 0,75 uA <b>Power down: 0,1 uA</b>
Povolený rozsah teplot	-40 °C až 85 °C
Taktovací frekvence	0 – 4 MHz při Ucc od 1,8 V <b>0 – 10 MHz při Ucc od 2,7 V</b> 0 – 20 MHz při Ucc od 4,5 V
Paměť	FLASH: 32 KB (až 10 000 zápisů) SRAM: 2KB EEPROM: 1KB (až 100 000 zápisů)
Trvanlivost zapsaných dat	Až 100 let
Programovatelných vstupů/výstupů	23
Rozhraní	1xUSART 1xTWI (I <sup>2</sup> C) 2xSPI 6xPWM 8xADC

## 4 KOMUNIKAČNÍ ROZHRAŇÍ

V této kapitole jsou popsána rozhraní, která se používají ke komunikaci mikroprocesoru s periferními obvody.

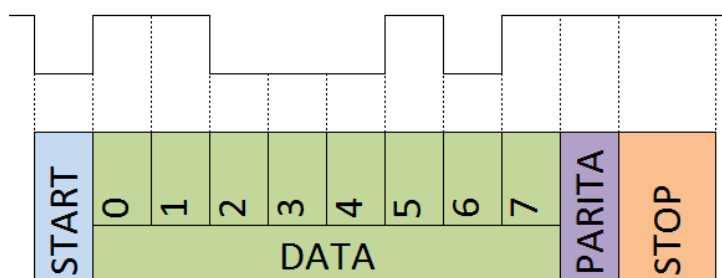
### 4.1 USART

Jedná se o sériové rozhraní, které může pracovat buď v synchronním, nebo asynchronním režimu. V této práci je využito pouze asynchronního režimu, a tak se nadále bude práce zabývat pouze jím. Rozhraní slouží pro komunikaci mezi dvěma zařízeními, kde jsou obě zařízení rovnocenné.

Komunikace potřebuje k přenosu dat tři vodiče. Dva vodiče slouží pro přenos dat oběma směry a třetí vodič, zemnicí, slouží k tomu, aby měla obě zařízení stejný potenciál země. Toto rozhraní je plně duplexní, to znamená, že obě zařízení mohou ve stejnou dobu vysílat i přijímat data.

Každé zařízení má pro USART vyvedeny piny TX a RX. Pin TX slouží k odesílání dat a pin RX k jejich přijímání. Z toho vyplývá, že linka, která vede z pinu TX jednoho zařízení, musí být připojena na pin RX druhého zařízení, a naopak. Tento detail je častým zdrojem chyb při návrhu DPS a stává se i zkušenějším návrhářům, proto je třeba si na něj dávat pozor.

Toto rozhraní může fungovat na různých napěťových úrovních, nejčastěji 3,3 V a 5 V. Pro tuto práci je použita napěťová úroveň právě 3,3 V.



Obr 3: Rámec, odesílaný pomocí USART

Data se odesílají v rámcích, které se skládají ze start bitu, odesílaných dat, parity a stop bitu. Start bit je povinný. Počet bitů odesílaných dat se může lišit podle zařízení, nejčastěji je jich 8, ale konkrétně ATmegy zvládají 5-9 datových bitů. Parita buď není žádná, nebo je lichá, nebo sudá. Stop bit je povinný, může být jeden nebo dva. [2]

Přenosová rychlost (Baudrate) sběrnice se udává v baudech. Tato jednotka vyjadřuje množství odeslaných bitů za sekundu včetně start bitů, stop bitů a parity. Obě zařízení, která spolu komunikují, musí mít nastavena stejnou přenosovou rychlost, jinak se spolu nedomluví. Výjimkou jsou zařízení, která mají ve svém přijímači vestavěnou funkci autobauding, která dokáže přenosovou rychlost zjistit. Tato funkce však nemusí 100% fungovat, a tak je lepší spoléhat se na pevné nastavení stejných rychlostí pro obě zařízení. Nejčastější přenosové rychlosti jsou 9600, 19200 a 115200 baudů.

## 4.2 I<sup>2</sup>C, TWI

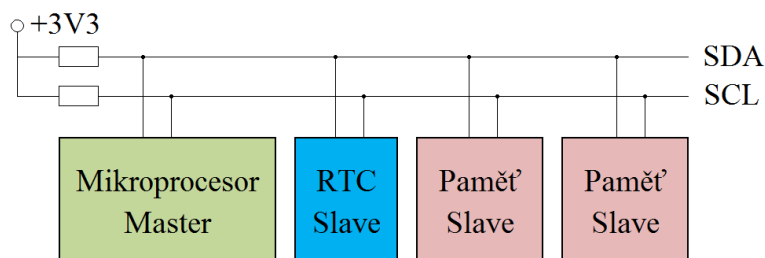
Dva rozdílné názvy, které popisují jedno stejné rozhraní. Jediný rozdíl je v tom, že I<sup>2</sup>C je registrovaná značka firmou Philips, a tak ostatní výrobci, aby nemuseli platit licenční poplatky, vytvořili pro toto rozhraní nový název TWI, a v katalogovém listu pouze uvádějí I<sup>2</sup>C kompatibilní.

Je to synchronní sériové rozhraní určené pro připojení nízko rychlostních periférií k řídicímu zařízení. Sběrnice se skládá opět ze dvou datových linek, třetí je zase zem pro sjednocení potenciálů. Jedna datová linka je SCL, po té se přenáší hodinový signál, generovaný řídicím zařízením během přenosu. Pokud se po sběrnici žádná data nevysílají, zůstává SCL v logické 1. Druhá datová linka je SDA, po té se přenášejí data. Jelikož slouží jeden drát pro přenos dat oběma směry, nelze zároveň posílat a číst, jedná se tedy o half duplexní komunikaci.

Ke sběrnici je většinou připojen pouze jeden master (řídicí), který řídí veškerou komunikaci a ostatní zařízení se mohou bavit pouze s ním, nikoliv mezi sebou. Pokud by bylo na jedné sběrnici masterů více, muselo by se zajistit, aby byl vždy aktivní pouze jeden, jinak by docházelo k přeslechům a nedomluvil by se nikdo s nikým. Dále zde může být připojeno maximálně 127 zařízení slave (podřízení), kde každé takové zařízení musí mít svou identickou 7 bitovou adresu. Pomocí I<sup>2</sup>C se připojují různé paměti, snímače, čítače, převodníky, regulátory, elektronické spínače, displeje, apod.

Komunikace probíhá tak, že master odešle jeden byte, kde první bit vyjadřuje, zda se má zapisovat (log 0), nebo číst (log 1). Zbytek určuje adresu slave zařízení. Dále master odešle adresu registru, se kterým chce pracovat. Nakonec master buď odešle další byte, coby data, která se mají zapsat, nebo pouze řídí hodinový signál a slave mu odesílá data, která obsahuje registr na zvolené adrese. Komunikace je řízena také pomocí start a stop bitů, které generuje master, a potvrzovacích ack bitů, které generuje slave.

Všechna zařízení připojovaná k této sběrnici musí mít výstupní piny řešeny pomocí otevřeného kolektoru, to znamená, že jsou schopny stáhnout linku na zem, ale nejsou schopny přivést napájení. Linky jsou drženy ve stavu log 1 pomocí pullup rezistorů. Zamezí se tak tomu, že kdyby jedno zařízení chtělo odpovědět log 0 a jiné třeba log 1, mohlo by dojít ke zkratu, takhle k němu dojít nemůže.



Obr 4: Schématické znázornění zařízení, spojených pomocí I<sup>2</sup>C, TWI



## 5 BLUETOOTH

Jedná se o standard IEEE 802.15.1 bezdrátové technologie přenosu dat mezi dvěma a více zařízeními na krátké vzdálenosti. Využívá krátkovlnného vysílání v pásmu od 2,4 do 2,485 GHz. Vytváří sítě typu PAN. Bluetooth byl zaveden v roce 1994 společností Ericsson jako náhrada za komunikaci RS232 pro mobilní telefony. Tento účel zůstal této technologii dodnes. Přes Bluetooth lze připojit k mobilnímu zařízení například sluchátka, ale také myš, klávesnici, apod. Také pomocí něj mohou komunikovat mobilní telefony mezi sebou, nebo s ním lze připojit mobilní telefon k PC. [3]

Tabulka 2: Rozdělení zařízení do tříd podle výkonu. Převzato z [3]

Třída	Max. výkon		Typický dosah signálu [m]
	[mW]	[DBm]	
1	100	20	~100
2	2,5	4	~10
3	1	0	~1
4	0,5	-3	~0,5

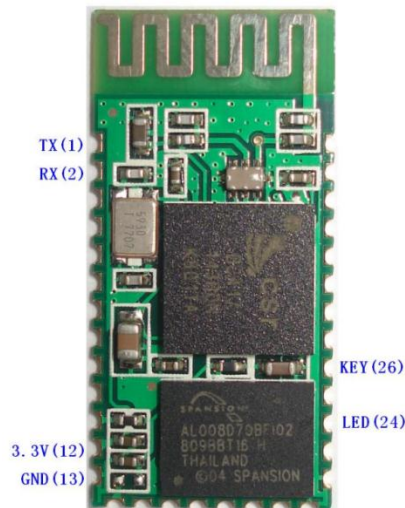
Pro použití v této bakalářské práci je potřeba vybrat bluetooth modul, který bude mít dostatečný dosah, aby mohlo být celé zařízení upevněno například na stromě, a přitom bylo možné se k němu připojit pomocí mobilního zařízení. Druhým hlediskem je spotřeba modulu. Jelikož bude cache napájena z baterie, musí mít všechny komponenty co nejmenší odběr, aby se zajistila co nejdélejší doba mezi nutností nabití akumulátoru. Další kritérium výběru je kompatibilita modulu se staršími zařízeními.

### 5.1 Bluetooth modul HC-06

Jedná se o modul s Bluetooth specifikací 2.0. Byl zvolen pro nízkou spotřebu a zpětnou kompatibilitu se staršími zařízeními. Modul komunikuje pomocí sériové sběrnice USART při napěťové úrovni 3.3 V. Lze jej pořídit buď ve formě hybridního integrovaného obvodu, který se připájí na DPS, nebo již jako hotový modul, který má vyvedené pouze piny pro napájení a komunikaci.

Tabulka 3: Technické parametry modulu HC-06. Čerpáno z [4].

Parametr	Hodnota
Napájecí napětí	3,1 V – 4,2 V
Odběr proudu (párování, během komunikace)	40 mA, 8 mA
Povolený rozsah teplot	-25 °C až 75 °C
Specifikace bluetooth	2.0, třída 2
Přenosová rychlost USART	1200 – 1382400 baud



Obr 5: Bluetooth modul HC-06. Převzato z [4]

### 5.1.1 Konfigurace modulu HC-06

Konfigurace se provádí pomocí AT příkazů a je možná pouze z rozhraní USART, pomocí bluetooth spojení možná není. To je výhodné, protože jinak by mohl kdokoli zvenčí změnit nastavení.

Základní nastavení je následující: Baud rate: 9600N81 (bez parity, 8bitů dat, 1 stop bit), ID: linvor, Password:1234

#### Příkazy

1. Testování komunikace – příkaz: AT, pokud je komunikace navázána, přijde odpověď: OK
2. Změna Přenosové rychlosti – příkaz: AT+BAUD1 (1200 baud, pro ostatní viz [7]), odpověď: OK1200
3. Změna názvu zařízení – tento název se zobrazuje v seznamu dostupných bluetooth zařízení, příkaz: AT+NAMEjmeno (jmeno se nahradí požadovaným názvem), odpověď: OKjmeno
4. Změna hesla – je potřebné při párování, příkaz: AT+PINxxxx (xxxx se nahradí 4 místným číslem), odpověď: OKsetpin
5. Změna parity: příkaz: AT+PN (žádná), AT+PO (lichá) nebo AT+PE (sudá), odpověď: OK NONE, OK ODD nebo OK EVEN
6. Získání verze AT: příkaz AT+VERSION, odpověď: LinvorV1.n

### 5.1.2 Komunikace s modulem

Modul neposílá okamžitě každý byte, který přijme. Ukládá si odesílaná data do paměti a až když mu přijde znak nového řádku (0x0A), odešle data najednou. To platí jak pro komunikaci přes rozhraní USART, tak pro komunikaci pomocí bluetooth. Modul disponuje 1MB paměti FLASH, je však těžko říci, kolik znaků může jedna zpráva mít. Pro tuto práci se počítá s délkou jedné zprávy maximálně 100 znaků, a to by měl modul hravě zvládat.

## 6 GSM

GSM je zkratka z názvu Global System for Mobile communications. Jedná se o nejrozšířenější komunikační standard pro mobilní telefony na celém světě. Jeho vznik se datuje do roku 1982. Je založen na systému buňek, kde koncové zařízení vždy komunikuje s vysílačem, který je mu nejbližší, respektive který má nejsilnější signál. Vysílač poté přeměruje data přes ostatní vysílače a různá propojení až ke druhému koncovému zařízení. Síť GSM poskytuje provozování hovorů, posílání textových zpráv a také připojení k internetu. [5]

Původně bylo GSM zamýšleno pouze pro hrstku vyvolených osob, protože se jednalo o velice drahou a exkluzivní službu. Pokrytí signálem bylo malé, komunikace mezi různými operátory vážla a hlavně koncová zařízení byla tak velká a těžká, že se montovala hlavně do aut. Málokdo mohl tušit, že díky miniaturizaci se jednou dostane i k přenosným zařízením a že se tato služba tolik rozšíří. Odhaduje se, že dnes používá mobilní zařízení s GSM více než polovina obyvatel zeměkoule. [5]

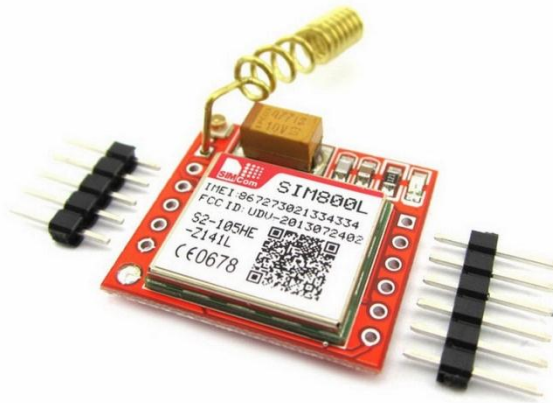
### 6.1 Význam GSM pro tuto práci

Aby bylo možné odkudkoliv komunikovat s cache, je potřeba, aby cache obsahovala GSM modul. Cache bude pomocí něj odesílat seznam nově zapsaných geocacherů, úroveň nabití baterie apod. Pomocí GSM bude možné také měnit nastavení cache, jako například doba spuštění bluetooth modulu, doba a četnost spuštění GSM modulu (nemůže být zapnut stále, protože GSM modul má velkou spotřebu a při napájení z baterie má velký vliv na její výdrž).

Existují dvě hlavní možnosti, jak komunikaci mezi cache a jejím správcem pomocí GSM realizovat. První možnost je posílat veškerá data pomocí SMS nebo MMS, druhou možností je navázat hovor mezi cache a jejím správcem a posílat data v rámci telefonního hovoru.

### 6.2 GSM Modul SIM 800L

Pro tuto práci byl vybrán tento GSM modul. Jedná se o GSM modul určený pro různé aplikace, kde je třeba komunikovat pomocí mobilní sítě na velkou vzdálenost. Modul obsahuje slot pro micro SIM kartu. Má vyveden pin sloužící k připojení externí antény pro zvýšení signálu. Dále obsahuje komunikační rozhraní USART pro řízení, kontrolu a nastavení modulu. Pomocí tohoto rozhraní lze posílat SMS a MMS a také přijímat a vytáčet hovory. Další vývody slouží k připojení mikrofonu a reproduktoru. Modul má ještě vyveden signál RING, který hlásí příchozí hovor.



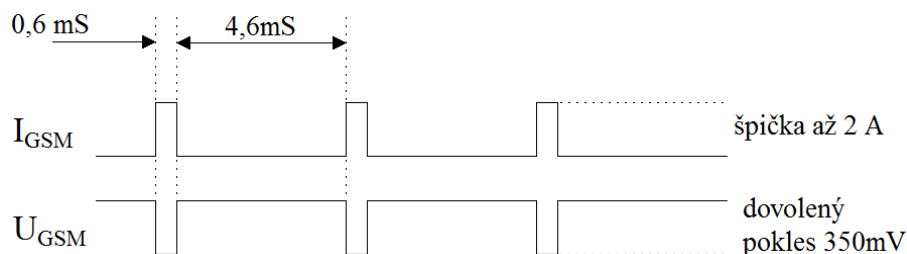
Obr 6: GSM modul s obvodem SIM800L. Převzato z [6]

Tabulka 4: Parametry obvodu SIM800L. Čerpáno z [7]

Parametr	Hodnota
Napájecí napětí	3,4 – 4,4 V
Odběr proudu (spánek, aktivní, komunikace)	0,7 mA, 1 mA, 250 mA (špičkově až 2 A!)
Povolený rozsah teplot	-40°C až 85°C
Baudrate sběrnice USART	1200bps až 115200bps
Podporované napájení SIM	1,8V, 3V
Podporované služby	SMS, MMS, Hovor

### 6.2.1 Napájení modulu

Modul potřebuje k napájení tvrdý zdroj, protože odebíraný proud dosahuje ve špičkách až 2 A. Tím, že bude celé zařízení napájené z baterie, je dostatečně tvrdý zdroj částečně vyřešen. Tranzistor, který bude oddělovat baterii od napájení modulu, není určen pro přenos tak vysokých špičkových proudů. Proto se za tranzistor co nejbliže napájení modulu GSM umístí řada kondenzátorů, které velké proudové špičky a různé rušení pokryjí, a tranzistorem pouze poteče vyšší kontinuální proud.



Obr 7: Proudové špičky modulu SIM800L. Čerpáno z [7]

## **6.2.2 Konfigurace obvodu SIM800L**

Nastavení probíhá pomocí rozhraní USART, po kterém se odesílají AT příkazy. Pomocí nich lze přepínat mezi jednotlivými módy, přijímat hovory, SMS a MMS a také navázat hovor nebo odeslat SMS či MMS. Lze také vyčítat různé stavové registry, například registry sledující výkyvy napájecího napětí. Seznam příkazu je příliš dlouhý na vypisování v tomto dokumentu.

## **6.3 SIM karta**

Někteří mobilní operátoři nabízejí SIM karty speciálně určené pro použití v aplikacích podobných aplikaci probírané v bakalářské práci. Jedná se především o různé hlídací systémy, elektrické vrata, monitorovací systémy, odposlechy apod. U těchto SIM se neplatí žádný nebo jen minimální paušál a dále se platí pouze za odeslané SMS, MMS a odchozí hovory. Tuto výhodu však operátor kompenzuje zvýšeným tarifem za odchozí volání a SMS.

## **6.4 Spojení cache s jejím správcem pomocí SMS**

Bohužel se v bakalářské práci nepodařilo zprovoznit odesílání pomocí MMS, a tak je potřeba každý příkaz posílat pomocí SMS, na ten je pak také pomocí SMS zodpovězeno.

Komunikace probíhá tak, že pokud chce správce změnit nastavení cache nebo chce vyčíst log zapsaného geocachera, odešle příkaz pomocí SMS. Jakmile cache zapne GSM modul, přečte si přijaté SMS a pokud je odesílatelovo číslo v seznamu správcovských telefonních čísel, upraví nastavení, nebo odešle log.

Protože by bylo odesílání každého logu pomocí SMS velmi nákladné, je tato komunikace přes SMS uvažována spíše tak, že si přes ni bude správce vyčítat počet zapsaných geocacherů. Jakmile dosáhne počet logů určité hodnoty, správce dojde cache „vybrat“ pomocí bluetooth a aplikace pro Android.

## 7 RTC

RTC je zkratka z anglického Real-Time clock, česky tedy hodiny reálného času. Jedná se o obvod, který zprostředkovává počítání času. Jeho výhodou je velice malá spotřeba a vysoká přesnost. Obvod je většinou napájen z baterie, aby v případě vypnutí celého zařízení časovač RTC stále běžel a po zapnutí zařízení se opět načel správný čas.

Obvod RTC může být zaintegrován v nějakém mikroprocesoru, nebo může být na DPS umístěn samostatně a mikroprocesor s ním komunikuje většinou pomocí sériové sběrnice I<sup>2</sup>C, SPI apod. K obvodu je zpravidla připojen krystal 32,768 kHz. Tento krystal vytváří 2<sup>15</sup> taktů za sekundu - ideální pro binární zpracování hodnot.

Hlavním kritériem výběru RTC obvodu pro tuto práci bylo, aby obvod dokázal vyvolat přerušení při dosažení určitého času. Aby bylo dosaženo minimální spotřeby, po většinu času běží pouze RTC a mikroprocesor bude v režimu spánku. GSM a Bluetooth moduly jsou vypnuté. Až po vyvolání přerušení z RTC se mikroprocesor vzbudí a zapne příslušný modul. Přesto, že vybraný mikroprocesor je vybaven RTC, je použito externího RTC, kvůli nižší spotřebě a vyšší přesnosti.

### 7.1 DS3231

Jedná se o RTC obvod, který v sobě obsahuje krystal pro generování času. Obsahuje také teplotní čidlo pro odstranění teplotní závislosti krystalu, čímž zajišťuje vyšší přesnost měření času. Obvod komunikuje pomocí sběrnice I<sup>2</sup>C a má programovatelný alarm, který vyvolává přerušení na výstupním pinu INT. Kromě toho disponuje také funkcí CLK OUT s programovatelnou frekvencí. Obvod je optimalizován pro aplikace vyžadující nízkou spotřebu energie.

Tabulka 5: Parametry obvodu DS3231. Čerpáno z [8]

Parametr	Hodnota
Napájecí napětí	2,3 – 5,5 V
Klidový odběr proudu	170 mA
Počet registrů	19
Frekvence sběrnice	Až 400 kHz
Přesnost krystalu	±2 ppm
Povolený rozsah teplot	-40 až +85°C

## 8 PAMĚŤ

Po zápisu geocachera do bluetooth cache se jeho data musí uložit do paměti, aby se dala vyčíst, až bude navázána komunikace mezi cache a jejím správcem pomocí GSM nebo bluetooth modulu. Paměť musí být nevolatilní (k uchování dat nepotřebuje napájení) a mít co nejmenší spotřebu. Při předpokladu, že se zapíše přibližně 10 lidí za den, data se z cache budou vybírat měsíčně a každý zápis bude mít maximálně 100 bajtů, bude potřeba, aby paměť měla velikost aspoň 32 KB.

### 8.1 Co se bude do paměti zapisovat?

Geocacher se do cache zapíše tak, že pomocí bluetooth odešle svou přezdívku, jakou používá na geocachingovém serveru. Spolu se svou přezdívku bude moct zapsat krátké hodnocení, jak se mu cache líbila.

Do paměti se tedy zapíše datum a čas zápisu, přezdívka a hodnocení cache. To vše by mělo zabírat méně než 100 bajtů. Předpokládá se, že datum a čas zabere maximálně 10 bajtů, přezdívka 30 bajtů a hodnocení pak 60 bajtů.

### 8.2 24LC1026-I/SN

Jedná se o EEPROM paměť 128 KB komunikující po sériové sběrnici I<sup>2</sup>C. Paměť má dva adresní piny, takže lze na jednu sběrnici I<sup>2</sup>C připojit až 4 tyto obvody.

Při návrhu DPS se počítalo s možností připojení všech 4 pamětí. Každé místo pro paměť má jinak nastavenou volitelnou část adresy, aby měla každá paměť jinou adresu. Osazena je pouze jedna paměť, pokud by byla potřeba paměti více, stačila by osadit další.

Tabulka 6: Parametry obvodu 24LC1026-I/SN. Čerpáno z [9]

Parametr	Hodnota
Napájecí napětí	2,5 – 5,5 V
Odběr proudu (klidový, čtení, zápis)	5 uA, 450 uA, 5 mA
Velikost paměti	128 K x 8, 1024 Kb, 128 KB
Frekvence sběrnice	Až 400 kHz
Počet zápisů	> 1 000 000
Povolený rozsah teplot	-40 až 80 °C
Trvanlivost uložených dat	> 200 let

## 9 NAPÁJENÍ

Jelikož je celé zařízení napájeno z baterie, je potřeba na ní klást speciální důraz. Baterie by měla mít co nejvyšší kapacitu a také teplotní stálost. Protože cache bude umístěna ve venkovním prostředí, bude muset baterie vydržet teplotní rozsah aspoň od  $-20\text{ °C}$  do  $+50\text{ °C}$ , aniž by to mělo negativní vliv na její kapacitu. Bude muset mít dostatečné napětí pro napájení všech zařízení.

Aby nebylo potřeba používat stabilizátory napětí, které by mohly zvyšovat spotřebu energie, byla použita baterie li-on s napětím  $3,7\text{ V}$  a kapacitou  $9800\text{ mAh}$ . Tato kapacita, kterou výrobce baterie uvedl, se záhy ukázala jako naprosto zavádějící.

Napětí  $3,7\text{ V}$  podporují všechny součástky použité pro tuto bakalářskou práci. Rozsah napětí, při kterém jsou všechna zařízení schopna pracovat, je  $3,4\text{ V}$  až  $4,2\text{ V}$ . Nejnáchylnější na pokles napětí je GSM modul, na přepětí pak Bluetooth modul.

Předpoklad byl, že celé zařízení bude kontinuálně odebírat proud maximálně  $4\text{ mA}$  (zde jsou započítány i krátkodobé odběry proudu bluetooth a GSM modulů, rozpočítané na průměrnou spotřebu za dobu mezi dvěma sepnutími), zařízení by pak vydrželo běžet na baterii o kapacitě  $9800\text{ mAh}$  přibližně 100 dní. Počítalo se s tím, že se GSM modul se spouští jednou týdně na 3 minuty při plném odběru a bluetooth modul dvakrát za den na jednu hodinu při průměrném proudu  $20\text{ mA}$ . Největší podíl na celkovém odběru měl mít právě bluetooth modul, hned po něm GSM modul. Odběr ostatních zařízení byl téměř zanedbatelný. Reálná spotřeba je měřena v kapitole 13.

### 9.1 FDN306P

Bluetooth a GSM moduly jsou k baterii připojeny přes tranzistor, který je ovládán mikroprocesorem, a tak je možné připojovat napájení k jednotlivým modulům. Na tranzistoru musí docházet k co nejnižšímu poklesu napětí, aby mohly moduly i při sníženém napětí baterie fungovat. Tento tranzistor je určen právě pro aplikace napájené nízkým napětím. Je to unipolární tranzistor typu P. Často se používá pro spínání různých zátěží.

Tabulka 7: Technické parametry tranzistoru FDN306P. Čerpáno z [10]

Parametr	Hodnota
Maximální napětí $U_{DS}$	$12\text{ V}$
Maximální trvalý proud $I_D$	$2,6\text{ A}$
Odpor přechodu $R_{DS}$	$50\text{ m}\Omega$ při $U_{GS} = -2,5\text{ V}$
Maximální ztrátový výkon	$0,5\text{ W}$
Povolený rozsah teplot	$-55\text{ °C}$ až $150\text{ °C}$



## 9.2 Dobíjení

Baterie je vložena v pouzdře, takže ji lze snadno vyměnit. Jelikož však bude cache umístěna na stromě tak, aby nebyla běžně přístupná, bylo by velmi nepraktické muset chodit vyměňovat vybitou baterii za novou, nabitou.

Z toho důvodu je možné připojit k zařízení solární článek, který bude baterii dobíjet. K nabíjení Li-on baterií slouží obvod TP4056. Je to velice jednoduchý lineární dobíjecí obvod, k jehož správné funkci již stačí připojit pouze minimum okolních součástek. Má nastavitelný dobíjecí proud a také teplotní ochranu pro baterie, které jsou vybaveny teplotním čidlem. Obvod se vyrábí v pouzdře SOP-8 a má na spodní straně chladičskou plošku. Proto se při návrhu DPS počítalo s umístěním chladičské plošky pod tento obvod, aby se případné teplo odvádělo ven.

Tabulka 8: Technické parametry obvodu TP4056. Čerpáno z [11]

Parametr	Hodnota
Vstupní napětí	Až 8 V
Výstupní napětí	4,2 V
Dobíjecí proud	Programovatelný, až 1 A
Odběr proudu pro samotný obvod	0,5 mA
Povolený rozsah teplot	-40 °C až 85°C

Za předpokladu, že bluetooth cache má proudový odběr 4 mA při napětí 3,7 V, bude mít průměrný výkon 0,015 W. Aby mělo dobíjení dostatečnou rezervu, počítá se doba osvětlení, kdy bude mít solární panel nominální výkon pouze 2 hodiny. Aby solární panel dodal za dvě hodiny dostatek energie na dobití baterie, musí mít výkon aspoň 0,2 W. V ideálním případě by maximální napětí solárního panelu nemělo překročit 8V, což je vstupní napětí obvodu TP4056. Nakonec byl vybrán solární panel s nominálním napětím 6 V, výkonem 1 W a maximálním proudem 200 mA.

## 10 NÁVRH SCHÉMATU A PLOŠNÉHO SPOJE

K návrhu schématu zapojení a desky plošných spojů byl použit program Eagle. Jedná se o lehce ovladatelný software, určený pro tvorbu jednoduchých a středně obtížných zapojení.

### 10.1 Knihovny součástek

Eagle má součástky uloženy v knihovnách součástek. Pokud však součástka, kterou potřebuje návrhář použít, není obsažena v žádné z dostupných knihoven, je potřeba buď stáhnout knihovnu této součástky z internetu [12], nebo si vytvořit vlastní knihovnu se součástkou. K tomu slouží část Library. Jedná se o editor, ve kterém lze otevřít kteroukoli knihovnu programu Eagle, nebo založit novou. Do knihovny poté lze přidávat schématické značky součástek a jejich pouzdra. Součástky jsou pak vytvořeny spojením schématické značky a pouzdra součástky.

Většina součástek použitých v této bakalářské práci pochází ze standardních knihoven programu Eagle. Součástky TP4056 a DS3231 pochází z knihoven tp4056.lbr a DS3231.lbr, které autor stáhl z internetu. Knihovny součástek bluetooth a GSM modulů musel autor vytvořit sám, protože je na internetu nenalezl.

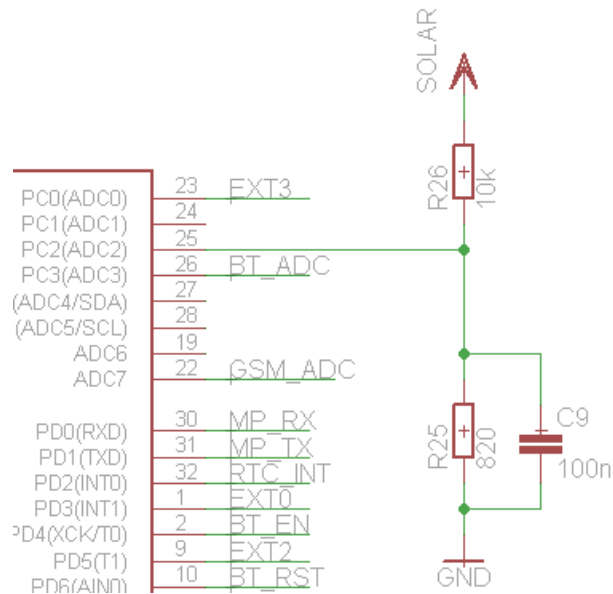
Při stahování knihoven součástek z internetu i při návrhu vlastních součástek je potřeba dát si velký pozor, aby velikost pouzdra v návrhu odpovídala velikosti skutečného pouzdra. Autorovi práce se bohužel povedlo u součástky DS3231 stáhnout knihovnu, kde bylo u součástky použito menší pouzdro, ve kterém se součástka ani nevyrobí.

### 10.2 Schéma zapojení

Schéma zapojení znázorňuje, jak jsou navzájem všechny součástky propojeny, a určuje výslednou funkci zařízení. Na základě schématu zapojení jsou poté rozmístěny a propojeny součástky na desce plošného spoje. Následuje popis různých zapojení, použitých při návrhu této bakalářské práce.

#### 10.2.1 Dělič pro měření napětí

Aby bylo možné měřit, na jaké napětí je nabitá baterie, jaké je dobíjecí napětí solárního panelu, a jaké napětí je přivedeno na bluetooth a GSM moduly, jsou tato měřená místa přivedena přes napěťový dělič na analogový vstup mikroprocesoru. Dělič je zde použit proto, že na analogovém vstupu se napětí musí vždy pohybovat mezi 0V a 1,1V. 1,1V je vnitřní referenční napětí mikroprocesoru. Ten je vybaven desetibitovým AD převodníkem, tzn., že pokud je na vstupu napětí 0V, změří ADC hodnotu 0, při vstupním napětí 1,1V změří ADC hodnotu 1023.



Obr 8: Dělič napětí přivedený na vstup AD převodníku mikroprocesoru

Hodnoty rezistorů v děliči byly zvoleny vždy  $10\text{k}\Omega$  a  $820\Omega$ . Při těchto hodnotách odporu nezatěžuje dělič obvod téměř žádnou výkonovou ztrátou. Pokud by byly hodnoty zvoleny moc malé, docházelo by ke zvýšení spotřeby celého zařízení. Při volbě příliš vysokých hodnot by se mohlo stát, že vstupní impedance ADC převodníku bude ovlivňovat dělicí poměr rezistorů. Maximální vstupní napětí takového děliče pak lze zjistit pomocí následující rovnice.

$$U_{INMAX} = U_{REF} * \frac{R_1 + R_2}{R_1} \quad (10.1)$$

$$U_{INMAX} = 1,1 * \frac{10000 + 820}{820} = 14,51V$$

Takhle vysoké maximální vstupní napětí bylo zvoleno kvůli tomu, aby bylo možné stejným dělicím poměrem měřit také napětí na solárním panelu.

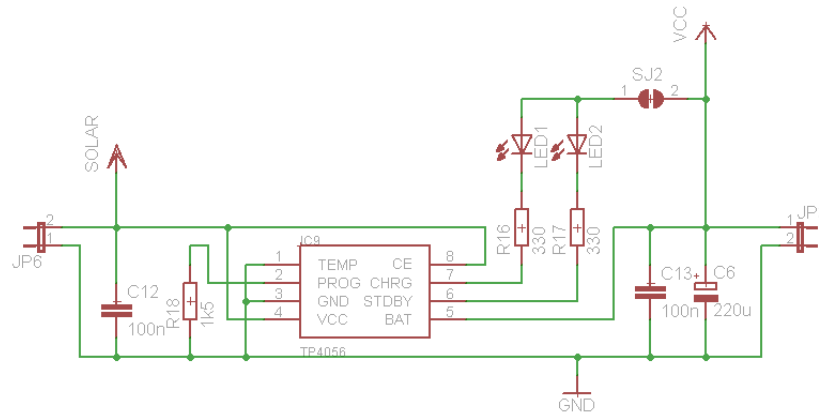
Pomocí ADC je měřena také teplota. ATmega328 je vybavena vnitřním termistorem. Čidlo má výrobní toleranci  $\pm 10^\circ\text{C}$ , takže je potřeba si výslednou hodnotu zkalibrovat přičtením offsetu. Citlivost je  $1\text{mV}/^\circ\text{C}$ . Výslednou teplotu z naměřené hodnoty pro mikrokontroler, použitý v této bakalářské práci lze získat pomocí následujícího vzorce.

$$T = \left( \frac{1100}{1024} * RAW \right) - 338 \quad (10.2)$$

## 10.2.2 Dobíjecí obvod TP4056

Tento obvod je zapojen podle doporučeného zapojení z katalogového listu. Bylo zde potřeba zvolit hodnotu rezistoru připojeného na vývod PROG. Tento rezistor rozhoduje o maximálním dobíjecím proudu do baterie. Hodnota rezistoru byla zvolena 1,5kΩ, což odpovídá dobíjecímu proudu 780mA. Tato hodnota byla zjištěna z tabulky v katalogovém listu [11]. Přepočtení rovnice pak vypadá následovně.

$$R = 1161,2 * I^{-1,045} \quad (10.3)$$

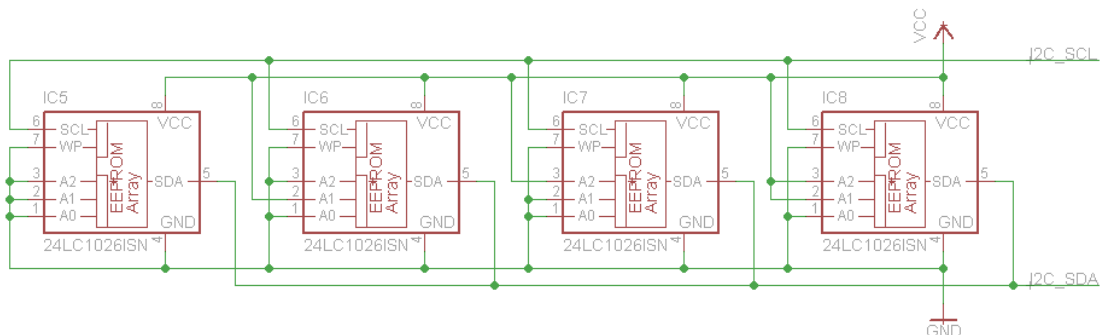


Obr 9: Dobíjení řešené obvodem TP4056

K dobíjecímu obvodu jsou připojeny LED, indikující stav dobíjení. Červená LED svítí při dobíjení, zelená pak pokud je baterie plně dobita. Na výsledném zařízení je osazena pouze zelená LED, protože při dobíjení solárním panelem nebylo možné baterii dobít. Jednak proto, že byl po celou dobu zapnutý bluetooth modul, ale také proto, že po celou dobu svítila červená LED.

## 10.2.3 Zapojení paměť

Integrovaný obvod 24LC1026 s EEPROM pamětí má vyvedeny dva piny pro nastavení části jeho adresy pro komunikaci po sběrnici I2C. Aby se dalo plně využít všech adres, jsou v návrhu uvažovány čtyři tyto obvody, každý s jinou, pevně danou adresou. Na výsledném zařízení je připájen pouze jeden obvod IC5 na adrese 00.



Obr 10: Zapojení paměť 24LC1026

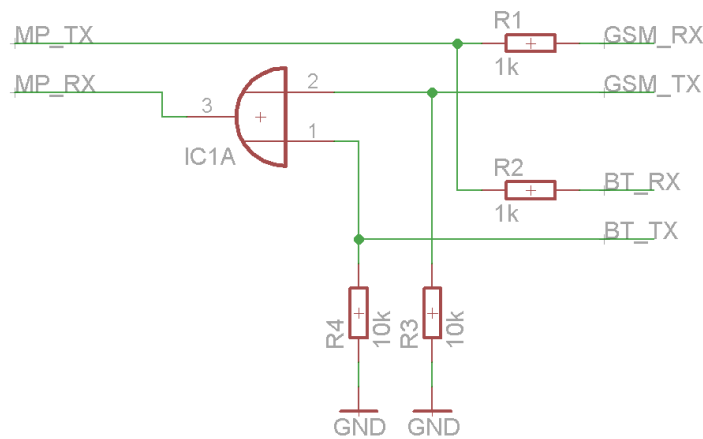
## 10.2.4 USART

Rozhraní USART slouží pouze pro komunikaci dvou zařízení mezi sebou. Protože práce obsahuje dvě periferní zařízení, komunikující pomocí USART, a mikroprocesor disponuje pouze jedním tímto rozhraním, byly dvě možnosti, jak vyřešit tento problém.

První možnost byla sehnat jiný mikroprocesor, který by měl dvě rozhraní USART. Tyto mikroprocesory však bývají podstatně dražší a mají hodně vývodů, které by ve výsledku zůstaly nevyužité.

Druhá možnost byla vymyslet způsob, jak by bylo možné připojit obě zařízení pouze na jedno rozhraní mikroprocesoru. Řešením je zapojení zobrazené na obrázku 11.

Výhodou tohoto řešení je to, že může mikroprocesor komunikovat s více perifériemi pomocí jediného rozhraní USART. Nevýhodou je ta, že v jednu chvíli může být zapnutá pouze jedna tato periférie. Další nevýhodou je, že zařízení nejsou nadále rovnocenná, z mikroprocesoru se stává tzv. master, z ostatních periférií se stávají tzv. slave, takže mezi sebou nemohou periférie komunikovat. Ani jedna nevýhoda není pro řešení této práce důležitá, a tak lze pouze čerpat z výhody jediného USART rozhraní na straně mikroprocesoru.



Obr 11: Schéma připojení více periférií na jeden USART

Ve schématu jsou TX signály periférií přivedeny na vstup logického hradla OR, realizovaného pomocí obvodu 74AHC1G32, kde se z nich stane jediný signál a dále už k mikroprocesoru vede pouze jedna linka. V tomto zapojení jsou rezistory R1 a R2 pro oddělení periférií od přímé vysílací linky mikroprocesoru. Rezistory R3 a R4 slouží pro nastavení definované napěťové úrovně vstupu hradla při vypnuté periférii.

### 10.3 Návrh desky plošného spoje

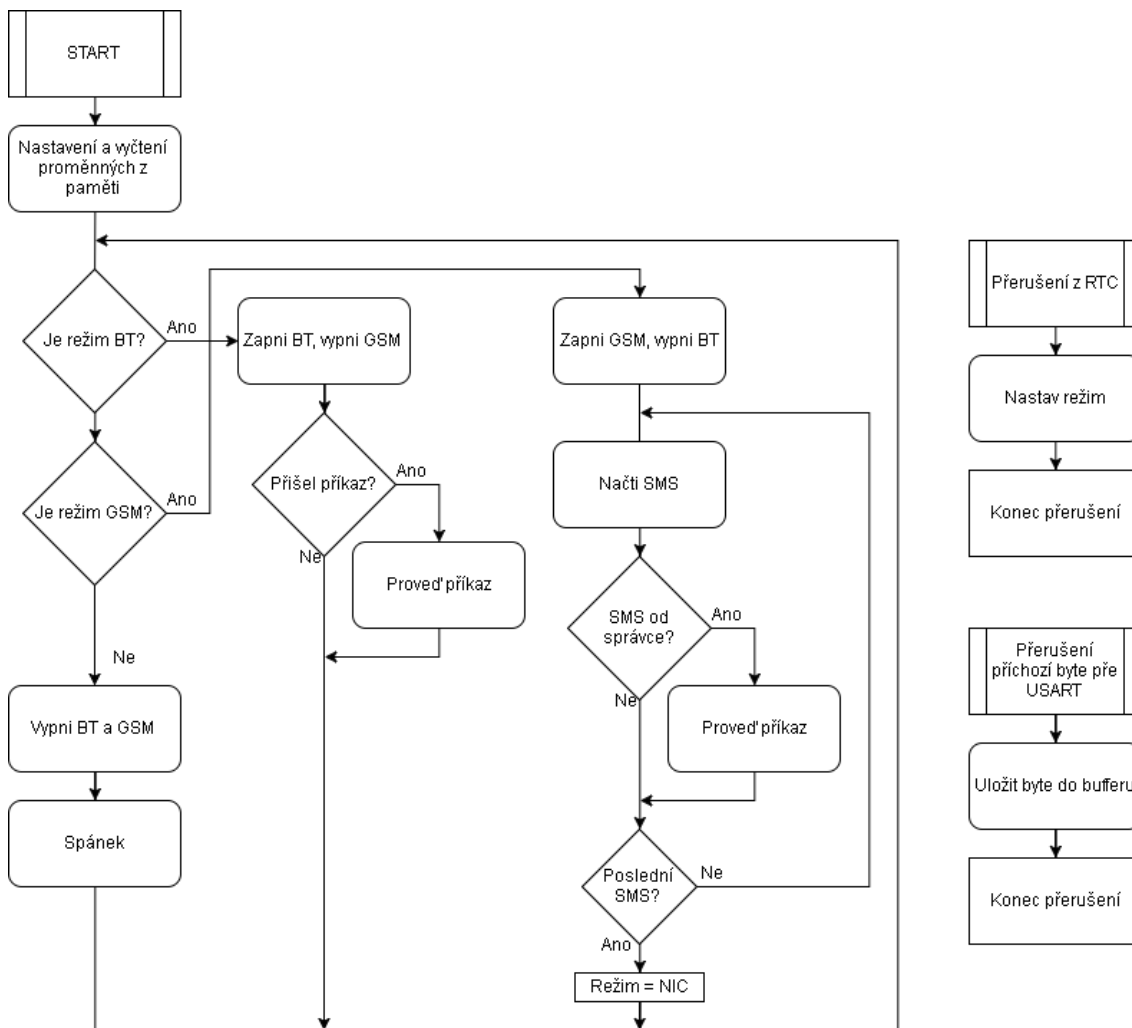
Výrobce plošného spoje udává minimální a maximální parametry, které musí být dodrženy, aby byl schopný plošný spoj vyrobit. Mezi hlavní parametry patří maximální rozměr desky plošného spoje. Dalšími důležitými parametry jsou minimální šířka cesty a minimální mezera mezi cestami. Výrobce se zavazuje, že při dodržení těchto parametrů nebudou cesty plošného spoje podleptané, přerušené nebo spojeny se sousedními cestami. Dále může výrobce uvést minimální průměr otvorů v DPS. Vždy také uvádí minimální mezera mezi motivem plošného spoje a hranou DPS pro daný způsob dělení DPS.

K výrobě DPS pro tuto bakalářskou práci výrobce požadoval minimální tloušťku cesty a mezera mezi dvěma cestami 6 milů. Minimální mezera mezi okrajem DPS a motivem byla 20 milů. Minimální vnější průměr prokovu byl 40 milů.

Autor při návrhu dbal na to, aby cesty, které slouží k napájení a přenášejí velké proudy, měly větší tloušťku než ostatní. Od baterie k hlavnímu elektrolytickému kondenzátoru vedou cesty o tloušťce 24 milů, pouze když to ostatní součástky nedovolují, se ztenčují na 16 milů. Napájení bluetooth modulu je řešeno pomocí cest o šířce 16 milů. GSM modul, který má největší proudový odběr, je ke svému kondenzátoru a ke spínacímu tranzistoru připojen cestami, které mají tloušťku 32 milů. Ostatní cesty mají tloušťku 8 milů. Prokovy jsou využity nejen pro vedení proudu mezi vrstvami plošného spoje, ale také k odvodu přebytečného tepla ze součástky TP4056.

# 11 FIRMWARE

Firmware je program, který ovládá mikroprocesor. K jeho naprogramování bylo použito vývojové studio AVR Studio 5.1. Je to dobře zpracovaný program od výrobce Atmel. Podporuje programovací jazyky C a C++. Po přeložení programu jej dokáže otevřít v simulaci, podporuje také funkci debug. Protože autor práce použil k programování mikroprocesoru levný programátor, který funkci debug nepodporuje, bylo občas velmi složité zjistit, proč nová část kódu nefunguje. Nakonec se však vždy podařilo problém odhalit.



Obr 12: Algoritmus funkce firmwaru

Po restartu se provede nastavení a program skočí do hlavní smyčky. O tom, v jakém režimu cache poběží, rozhoduje RTC. Podle data a času se rozhoduje, zda má být spuštěn bluetooth modul, GSM modul, nebo zda má být cache v režimu spánku. Každou hodinu vyvolá RTC přerušeni, ve kterém se vyčte aktuální čas a podle něj se rozhodne o dalším režimu.

## 11.1 Režim bluetooth

Tento režim má nejvyšší prioritu. Pokud má být cache zároveň v režimu GSM, spustí se nejprve režim bluetooth a GSM režim se o hodinu odloží.

Pro výpočet, v kolik hodin v konkrétní den poběží cache v režimu bluetooth slouží následující vzorec.

$$Hodina_{BT} = (Měsíc + DenVTýdnu)\%12 \quad (11.1)$$

Tímto se získá hodina prvního zapnutí cache v tomto režimu. Podruhé se cache spustí v režimu bluetooth o 12 hodin později.

V tomto režimu je zapnutý bluetooth modul a cache přes něj přijímá příkazy od správce a logy od geocacherů.

Po resetu je možné spustit bluetooth režim také připojením pinu EXT1 na GND větev. V tomto režimu zůstává až do odpojení pinu EXT1 od GND.

## 11.2 Režim GSM

V tomto režimu cache běží každou neděli ve 12 hodin. Pokud má ve stejný čas cache běžet v režimu bluetooth, zapne se bluetooth režim a GSM režim se o hodinu odloží. V tomto režimu je zapnutý GSM modul. Po přihlášení do sítě se vyčtou příchozí SMS a pokud SMS přišly z telefonního čísla, které je uloženo v seznamu správcovských čísel, provede se příkaz, který je napsán v textu SMS.

Po resetu je možné spustit GSM režim také připojením pinu EXT2 na GND. V tomto režimu zůstává cache do dokončení vyčítání zpráv. Pokud je EXT2 stále připojen na GND, spustí se znovu GSM modul a znovu se vyčítají nepřečtené zprávy.

## 11.3 Režim spánku

Pokud bluetooth cache není ani v režimu bluetooth, ani v režimu GSM, přepne se do režimu spánku. V tomto režimu se BT i GSM moduly vypnou a mikroprocesor se uvede do spánku, ze kterého jej může probudit pouze vnější přerušení od RTC.

## 11.4 Reset cache

Cache lze resetovat buď odpojením od napájení a opětovným připojením, nebo pomocí příkazu odeslaným přes bluetooth nebo pomocí SMS, nebo je možné ji resetovat také připojením resetovacího pinu č. 5 konektoru JP1 na GND.



## 12 PŘÍKAZOVÁ SADA BT CACHE

Stejně jako se BT a GSM moduly ovládají pomocí AT příkazů, u bluetooth cache bylo použito také textových příkazů, jak k odesílání logu do cache, tak k jejímu nastavení. V této kapitole jsou jednotlivé příkazy popsány. Příkazy musí být napsány malými písmeny. Bluetooth cache běží z hlediska úrovně zabezpečení příkazů ve dvou režimech, uživatelském a administrátorském. V závislosti na tom, ve kterém režimu zrovna běží, je možné používat pouze některé příkazy. Je tak zajištěno, že se běžný uživatel (geocacher) může zapsat do cache, ale nemůže měnit žádné nastavení, zatímco správce cache může po zadání hesla změnit cokoli.

### 12.1 Uživatelský režim

V tomto režimu běží cache po většinu času. Slouží pouze k zapisování logu a k přihlášení do administrátorského režimu. Podporuje pouze následující příkazy.

Tabulka 9: Seznam příkazů v uživatelském režimu.

Příkaz	Popis
	Parametry (Funkce bez parametru tento řádek nemají)
	Příklad zápisu
	Odpověď
mode	Dotáže se na to, ve kterém režimu bluetooth cache běží.
	mode
	OK 0 – Uživatelský režim.
admin	Vstoupí do administrátorského režimu.
	<b>Heslo</b> – Heslo pro přístup do administrátorského režimu.
	admin 1234
	OK NOK – Špatné heslo.
sendlog	Odešle log do bluetooth cache.
	<b>Přezdívka</b> – Přezdívka, kterou geocacher používá ve hře. <b>Hodnocení</b> – Číselné hodnocení cache. <b>Komentář</b> se zážitky s nalezením cache.
	sendlog Mirek 5 text
	OK NOK 1 – Chyba při zápisu do paměti. NOK 2 – Nevyplněná přezdívka. NOK 3 – Nevyplněné hodnocení, nebo jeho špatný formát. (Číslo 0 až 5.) NOK 4 – Nevyplněný celý log.

## 12.2 Administrátorský režim

V tomto režimu je možné provádět veškeré nastavení cache, ale nelze v něm zapisovat do cache logy, k tomu slouží uživatelský režim.

Do administrátorského režimu je možné vstoupit dvěma způsoby. Buď se správce spojí s cache pomocí bluetooth modulu, čímž se dostane do uživatelského režimu a příkazem **admin** vstoupí do režimu administrátorského, nebo může správce poslat příkaz pro cache pomocí SMS na telefonní číslo SIM karty, která je vložena do GSM modulu cache. Při vykonávání příkazů z SMS zpráv je cache automaticky přepnuta do administrátorského režimu, příkaz se však vykoná, pouze pokud je telefonní číslo odesílatele v seznamu správcovských telefonních čísel. Odpovědi na příkazy jsou vždy odeslány na modul, přes který se zrovna komunikuje. Následuje seznam příkazů, které je možné zavolat v administrátorském režimu.

Tabulka 10: Seznam příkazů v administrátorském režimu

Příkaz	Popis
	Parametry (Funkce bez parametru tento řádek nemají)
	Příklad zápisu
	Odpověď
mode	Dotáže se na to, ve kterém režimu bluetooth cache běží.
	mode
	OK 1 – Administrátorský režim.
exit	Vystoupí z administrátorského režimu do uživatelského.
	exit
	OK
reset	Resetuje Bluetooth cache.
	reset
	OK
setpass	Nastaví heslo pro vstup do administrátorského režimu.
	<b>Heslo</b> – Heslo pro vstup do administrátorského režimu.
	setpass 1234
	OK NOK 1 – Příliš krátké heslo. (Minimálně 4 znaky.) NOK 2 – Příliš dlouhé heslo. (Maximálně 16 znaků.)
getpass	Vyčte heslo pro přístup do administrátorského režimu.
	getpass
	OK 1234

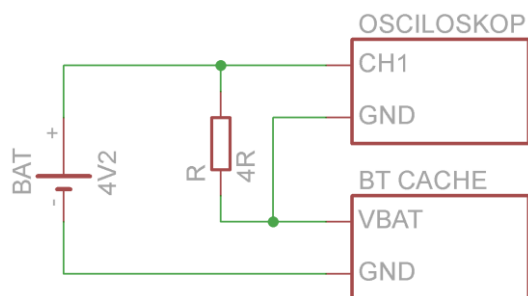
<b>setpin</b>	Nastaví PIN pro odemknutí SIM karty. Nedokáže změnit PIN uložený v SIM kartě, pouze nastaví, jaký se má zadat pro odemknutí.
	<b>Pin</b> – PIN pro odemknutí SIM, při zadání <b>no</b> nebude PIN při odemykání zadáván.
	setpin no setpin 1234
	OK NOK 1 – Příliš krátký PIN. (Minimálně 4 znaky.) NOK 2 – Příliš dlouhý PIN. (Maximálně 8 znaků.) NOK 3 – Špatný formát, PIN musí obsahovat pouze číslice.
<b>getpin</b>	Vyčte PIN pro odemknutí SIM karty.
	getpin
	OK NOPIN OK 1234
<b>setbtpin</b>	Nastaví PIN pro spárování s bluetooth modulem.
	<b>Pin</b> – PIN pro spárování s bluetooth modulem
	setbtpin 1234
	OK NOK 1 – Příliš krátký PIN. (Minimálně 4 znaky.) NOK 2 – Příliš dlouhý PIN. (Maximálně 4 znaků.) NOK 3 – Špatný formát, PIN musí obsahovat pouze číslice.
<b>getbtpin</b>	Vyčte PIN pro spárování s bluetooth modulem.
	getbtpin
	OK 1234
<b>setname</b>	Nastaví jméno bluetooth modulu.
	<b>Jméno</b> – Jméno bluetooth modulu
	setname BT Cache
	OK NOK 1 – Příliš krátké jméno. (Minimálně 1 znak.) NOK 2 – Příliš dlouhé jméno. (Maximálně 20 znaků.)
<b>getname</b>	Vyčte jméno bluetooth modulu.
	getname
	OK BT Cache

<b>setdate</b>	Nastaví datum a čas.
	<b>YYYY</b> - Rok <b>MM</b> - Měsíc <b>DD</b> - Den <b>d</b> – Den v týdnu <b>HH</b> - Hodiny <b>MM</b> - Minuty <b>SS</b> – Sekundy
	setdate 2017 5 27 6 16 47 22
	OK NOK 1 – Rok mimo rozsah. (Povolený rozsah je 2000 až 2099.) NOK 2 – Měsíc mimo rozsah. (1 až 12) NOK 3 – Den v měsíci mimo rozsah. (1 až 31) NOK 4 – Den v týdnu mimo rozsah. (1 až 7) NOK 5 – Hodiny mimo rozsah. (0 až 23) NOK 6 – Minuty mimo rozsah. (0 až 59) NOK 7 – Sekundy mimo rozsah. (0 až 59) NOK 11 – Nevyplněný rok. NOK 12 – Nevyplněný měsíc. NOK 13 – Nevyplněný den v měsíci. NOK 14 – Nevyplněný den v týdnu. NOK 15 – Nevyplněné hodiny. NOK 16 – Nevyplněné minuty. NOK 17 – Nevyplněné sekundy.
<b>getdate</b>	Vyčte datum a čas.
	getdate
	OK 2017/5/27 6 17:01:40
<b>getinfo</b>	Vyčte informace o napájení, datu, času a počtu uložených logů.
	getinfo
	OK 2017/5/27 6 17:06:20 Logs 10 Temp 20C Bat 4123mV Solar 5100mV BT 4100mV GSM 10mV
<b>getlog</b>	Vyčte nejstarší log, datum, kdy byl zapsán a počet zbývajících zapsaných logů. Nejstarší log se vyčtením smaže.
	getlog
	OK 9 2017/5/27 6 17:06:40 Mirek 5 text

<b>getlogcount</b>	Vyčte počet zapsaných logů.
	getlogcount
	OK 9
<b>phone read</b>	Vyčte seznam telefonních čísel, která mohou ovládat cache pomocí SMS.
	phone read
	OK 987654321 123456789 111222333
<b>phone add</b>	Přidá do seznamu nové telefonní číslo.
	<b>Číslo</b> - 9 nebo 12 číslic
	phone add 123456789
	OK NOK 1 – Špatná délka čísla. (9 nebo 12 znaků.) NOK 2 – Špatný formát, povolena jsou pouze čísla. NOK 3 – Číslo už v seznamu existuje. NOK 4 – Seznam je plný. (Možné zapsat maximálně 8 čísel.)
<b>phone del</b>	Odstraní telefonní číslo ze seznamu.
	<b>Číslo</b> - 9 nebo 12 číslic
	phone del 123456789
	OK NOK 1 – Špatná délka čísla. (9 nebo 12 znaků.) NOK 2 – Špatný formát, povolena jsou pouze čísla. NOK 3 – Číslo není v seznamu.

## 13 MĚŘENÍ SPOTŘEBY

Jelikož je Bluetooth cache napájena z baterie, je její spotřeba velmi důležitým údajem, který nepřímo úměrně ovlivňuje výdrž zařízení na jedno nabití. Proto bylo potřeba změřit, jaká je spotřeba v různých režimech, ve kterých bluetooth cache běží, aby bylo možné určit reálnou výdrž na jedno nabití. K tomuto účelu byl použit osciloskop Tektronix TDS5054B, který snímá úbytek napětí na rezistoru zapojeném mezi kladným pólem baterie a kladným napájecím pólem bluetooth cache.



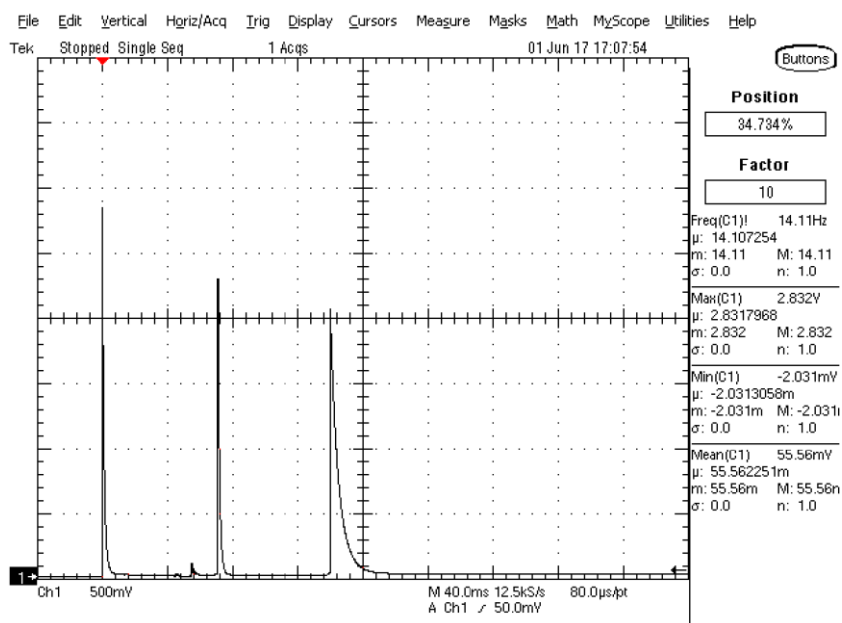
Obr 13: Zapojení obvodu pro měření spotřeby

Pro výpočet proudu, který rezistorem protéká je potřeba použít následující vzorec.

$$I_{BAT} = \frac{U_R}{R} = 0,25 * U_R [mA] \quad (13.1)$$

### 13.1 Připojení baterie

Po připojení baterie dochází k nabíjení kondenzátorů, které ve vybitém stavu představují zkrat. Špičkově baterie dodává až 0,7A.



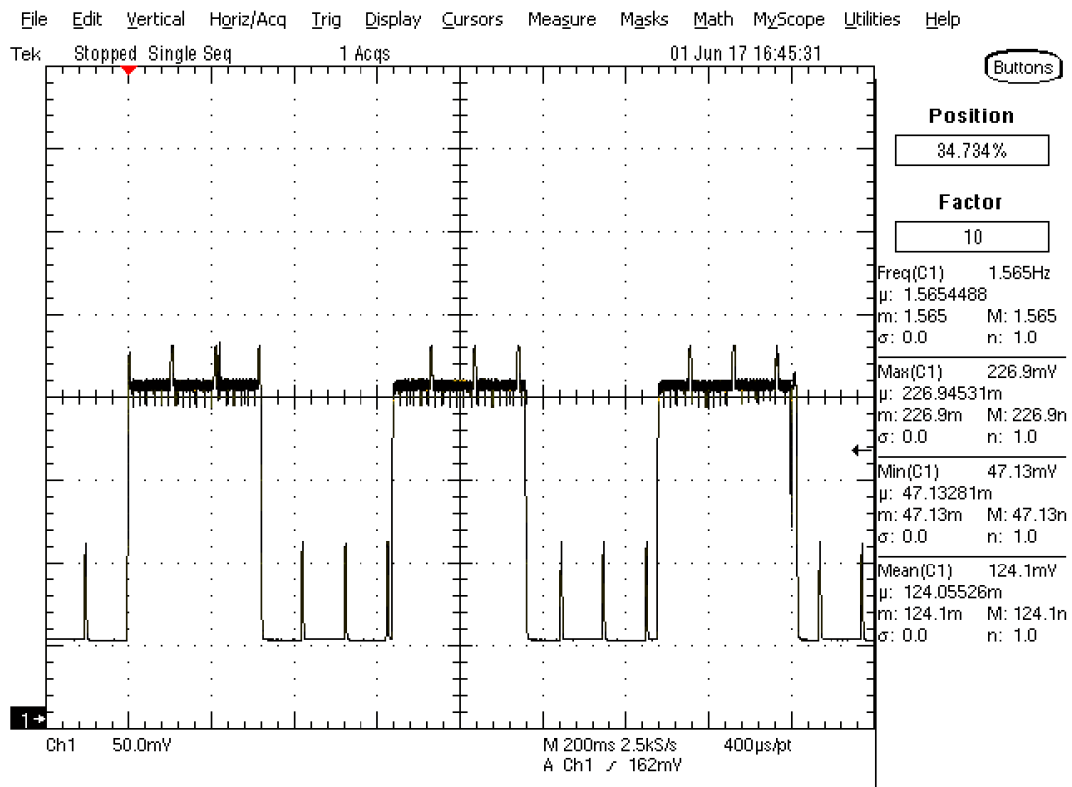
Obr 14: Měření na osciloskopu: Připojení baterie

## 13.2 Režim spánku

V režimu spánku se nachází bluetooth cache po většinu času a je potřeba zajistit, aby v něm měla co nejnižší proudový odběr. Napájena je pouze paměť EEPROM, obvod RTC, logický obvod OR a mikroprocesor. Mikroprocesor je v režimu spánku POWER DOWN, ve kterém neprovádí žádnou činnost, pouze čeká na vnější přerušení od obvodu RTC. Proudový odběr z baterie je v tomto režimu stabilní, 3 mA.

## 13.3 Bluetooth nespárováno

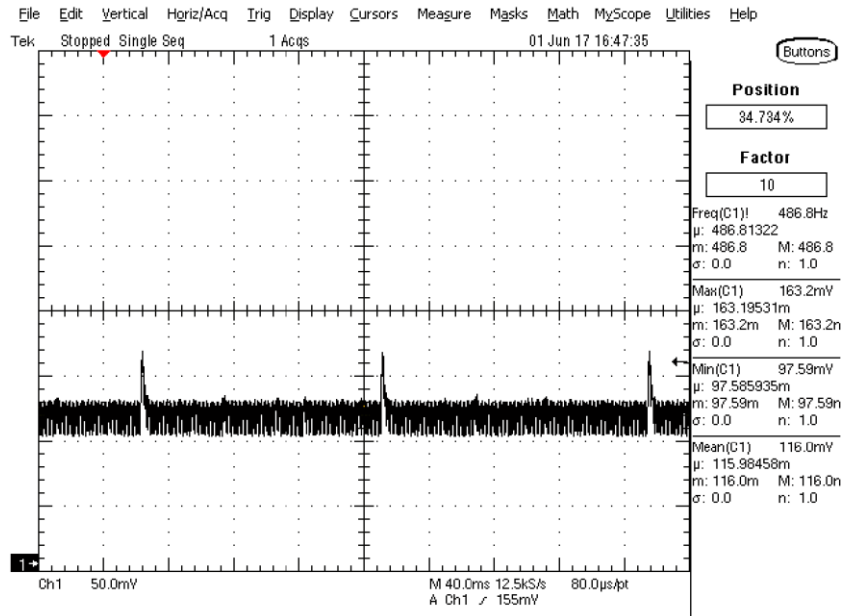
Bluetooth modul vysílá informace o své MAC adrese a názvu modulu, aby se s ním mohl jiný modul spárovat. Modul vysílá tyto údaje 3 krát za 2 sekundy a vysílání se zapíná se střídou 50%. Během vysílání má cache spotřebu až 60mA, když nevysílá, klesne spotřeba na 12mA. Průměrná spotřeba pak činí 30mA.



Obr 15: Měření na osciloskopu: Bluetooth nespárováno

## 13.4 Bluetooth komunikace

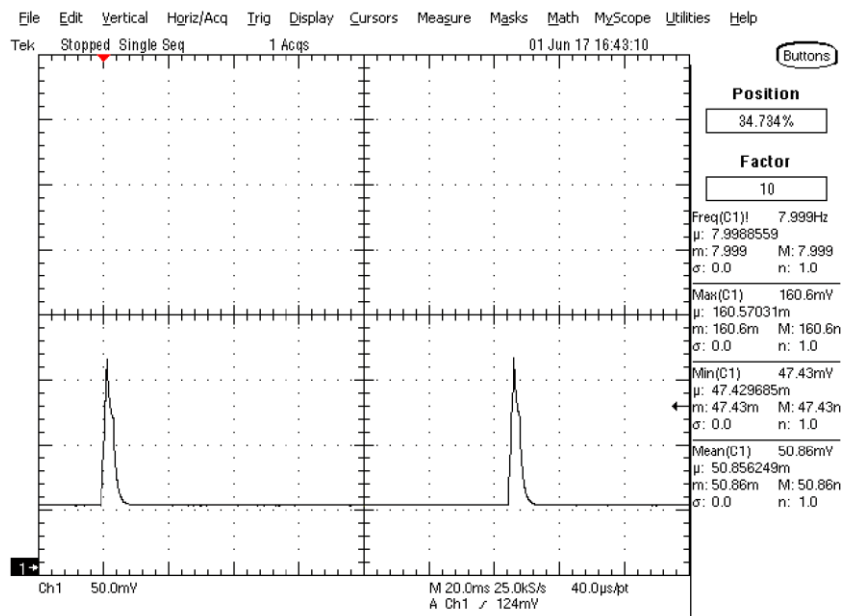
Během párování nebo jakékoliv následné komunikace má bluetooth cache spotřebu špičkově až 40mA, průměrně pak 30mA.



Obr 16: Měření na osciloskopu: Bluetooth komunikace

## 13.5 Bluetooth spárováno

Když je modul spárován a nedochází k žádné komunikaci, vysílá pouze špičkově informaci o své přítomnosti, kdy je spotřeba až 40mA, jinak je spotřeba stabilně 12mA.

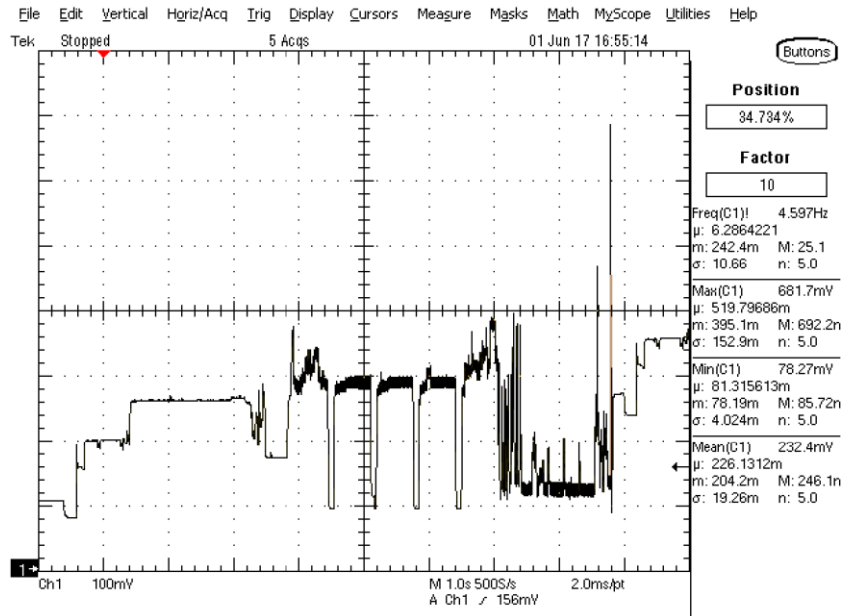


Obr 17: Měření na osciloskopu: Bluetooth spárováno



## 13.6 GSM zapnuto

Jakmile je zapnut GSM modul, je spotřeba bluetooth cache velmi proměnlivá. Špičkově dosahuje až 200mA, průměrně pak 60mA.



Obr 18: Měření na osciloskopu: GSM zapnuto

## 13.7 Vyhodnocení spotřeby bluetooth cache

Aby bylo možné vypočítat, jaká bude výdrž bluetooth cache na jedno nabití, bylo potřeba zjistit spotřebu v jednotlivých režimech. Týdenní spotřebu pak lze vypočítat pomocí znalosti doby, po kterou se bluetooth cache týdně nachází v jednotlivých režimech. V posledním řádku je pak vypočtena průměrná spotřeba vzhledem k celkové týdenní spotřebě.

Tabulka 11: Vyhodnocení týdenní spotřeby bluetooth cache

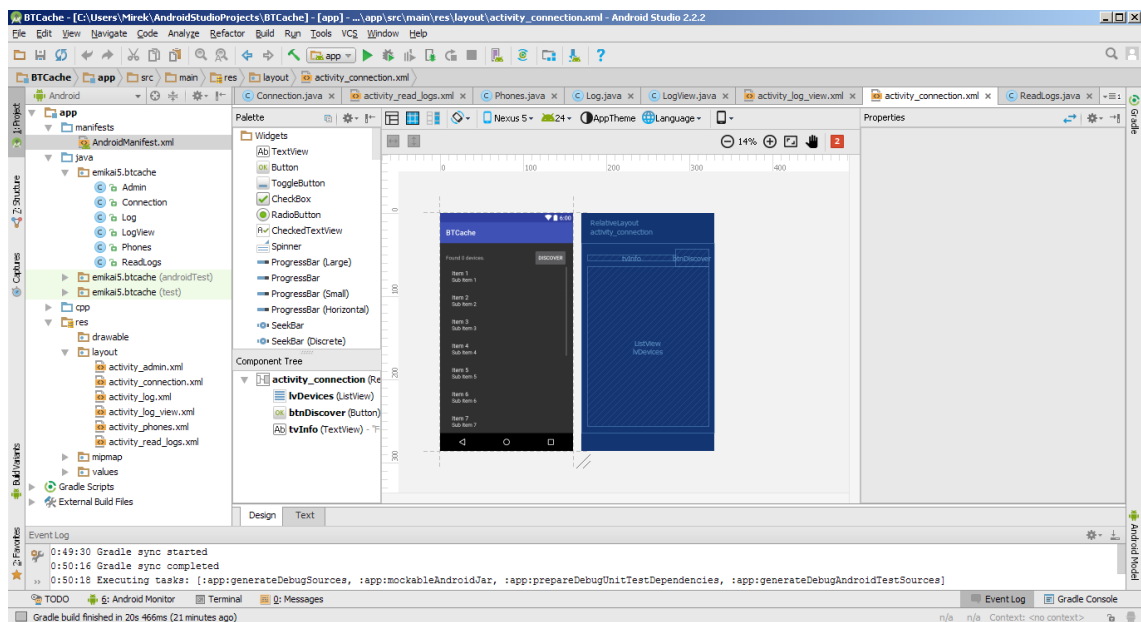
Režim	Spotřeba [mA]	Doba zapnutí [h:m/týden]	Týdenní spotřeba [mAh]	Podíl celkové spotřeby [%]
Spánek	3mA	153:58	462	52,3
Bluetooth	30mA	14:00	420	47,5
GSM	60mA	0:02	2	0,2
<b>Celkem</b>	<b>5,26mA</b>	<b>168:00</b>	<b>884</b>	<b>100</b>

# 14 APLIKACE PRO ANDROID

Součástí zadání bakalářské práce bylo vytvoření aplikace pro snadné odesílání logu a správu cache. Aplikace byla vytvořena pro platformu Android ve vývojovém prostředí Android Studio. Je vytvořena tak, aby s pomocí ní mohl geocacher snadno odeslat log, zároveň aplikace dovoluje po zadání správného administrátorského hesla také změnu všech nastavení, a tak není potřeba pro správu cache další aplikace.

Aplikace pro android se skládá z několika formulářů, kterým se říká aktivity. Po spuštění aplikace se zobrazí hlavní aktivita. Do ostatních aktivit lze přejít pomocí jejich volání ve zdrojovém kódu, obvykle po stisku tlačítka nebo položky v seznamu.

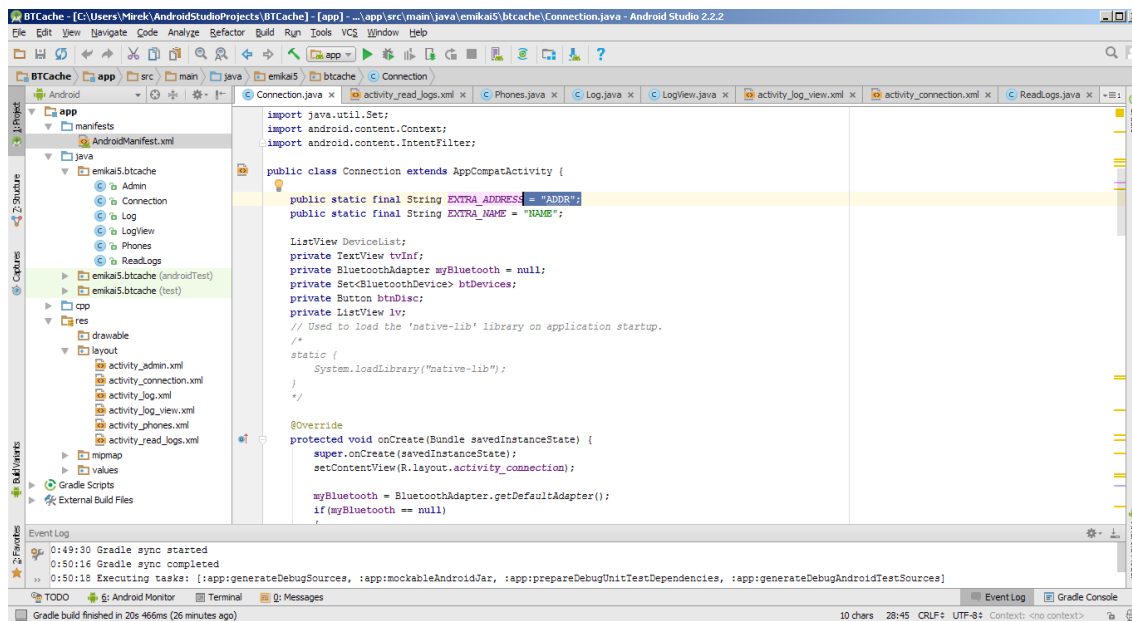
Každá aktivita se skládá ze dvou částí. První část se stará o vzhled aktivity. Jedná se o soubor ve formátu XML, který rozhoduje o tom, jaké komponenty budou v aktivitě zobrazeny. Tento soubor je možné upravovat buď v textovém editoru, nebo pomocí grafického rozhraní.



Obr 19: Grafický editor aktivity pro Android aplikaci

Každá komponenta má mnoho vlastností, kterými je přesně definována. Mezi hlavní vlastnosti patří název, popis, pozice, velikost a barva komponenty. Dále každá komponenta obsahuje seznam událostí, které u ní mohou nastat, například událost `OnClick`, která nastane po kliknutí na komponentu. Ke každé události lze přiřadit funkci zdrojového kódu, která se má po jejím vyvolání provést. Tím je vytvořena vazba s druhou částí aktivity, a tou je zdrojový kód, který tvoří funkčnost aktivity a celé aplikace.

Zdrojový kód je napsán v jazyce Java. K úpravě zdrojového kódu slouží pokročilý textový editor, který zabarvuje text podle jeho funkce v kódu a tak jej zpřehledňuje. Dále nabízí řadu nápověd a zvýrazňuje chyby syntaxe, kterých se programátor dopustil a se kterými nebude možné aplikaci sestavit.



Obr 20: Textový editor zdrojového kódu pro Android aplikaci

Aplikaci pro Android je možné ladit buď pomocí vytvoření virtuálního zařízení na počítači, nebo pomocí připojení Android zařízení k počítači pomocí USB kabelu a povolení ladění v nastavení zařízení. K ladění aplikace BT Cache autor použil mobilní telefon Asus Pegasus 2 Plus. Ladění probíhá tak, že po sestavení aplikace dojde k její instalaci na zařízení a následnému spuštění v běžném nebo debug (ladícím) režimu. Rozdíl je v tom, že v debug režimu je možné umístit do zdrojového kódu tzv. breakpoint (záchytný bod), kterého když aplikace dosáhne, dojde na tomto místě k jejímu pozastavení a je možné následně vyčítat hodnoty jednotlivých proměnných a krokovat program. Tímto se stává debugovací režim skvělou pomůckou pro programátora, zvláště pokud se aplikace chová jinak, než bylo zamýšleno, nebo aplikace padá bez známé příčiny.

## 15 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se věnuje návrhu bluetooth cache pro hru geocaching. Stručně popisuje, co je to geocaching, co jsou cache a jak se hledají.

Cílem práce bylo vybrat součástky pro realizaci, navrhnout schéma zapojení a DPS zařízení, naprogramovat firmware pro mikroprocesor a aplikaci pro platformu Android, která slouží pro odesílání logu do cache a její snadnou správu.

Součástí práce je také měření spotřeby v jednotlivých režimech a určení kritických částí, ovlivňujících celkovou výdrž na jedno nabití. Z tabulky 11 vyplývá, že největší podíl na spotřebě má režim spánku. Spotřeba v tomto režimu několikanásobně přesahuje předpoklad, protože výrobci jednotlivých součástek, které jsou v tomto režimu napájeny, deklarují spotřebu řádově ve stovkách uA, reálná spotřeba je však 3mA. BT cache je dále napájena pomocí baterie, u které výrobce uvádí kapacitu 9800mAh, měřením výdrže pomocí zatěžovacího rezistoru však byla zjištěna kapacita pouhých 1000mAh. Na baterii o takovéto kapacitě vydrží BT cache běžet pouze necelých 8 dní oproti původně uvažovaným 100 dnům. Snížením spotřeby BT cache v režimu spánku a použitím jiného BT modulu spolu s jinou baterií (lze sehnat baterie ve stejném pouzdře s reálnou kapacitou 3000 mAh) by bylo možné dosáhnout výdrže přesahující 40 dní.

Předpokládaný průměrný proudový odběr bluetooth cache byl 4 mA, reálný je 5,26 mA. Vzhledem k tomu, že baterie má oproti původně uvažované pouze desetinou výdrž, bylo by potřeba předdimenzovat solární článek, aby byl schopný udržovat celé zařízení v chodu.

# LITERATURA

- [1] Geocaching. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. : Wikimedia Foundation, 2016 [cit. 2016-12-06]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Geocaching>
- [2] Atmega328 datasheet <http://www.atmel.com/> [online]. : Atmel Corporation, 2016 [cit. 2016-12-10]. Dostupné z: [http://www.atmel.com/Images/Atmel-42735-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega328-328P\\_datasheet.pdf](http://www.atmel.com/Images/Atmel-42735-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega328-328P_datasheet.pdf)
- [3] Bluetooth In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. : Wikimedia Foundation, 2016 [cit. 2016-12-08]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>
- [4] Bluetooth Serial HC-06 <http://www.olimex.com/> [online]. Guangzhou HC Information Technology Co., Ltd., 2011 [cit. 2016-12-08]. Dostupné z: <https://www.olimex.com/Products/Components/RF/BLUETOOTH-SERIAL-HC-06/resources/hc06.pdf>
- [5] Global System for Mobile Communications. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. : Wikimedia Foundation, 2016 [cit. 2016-12-08]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Global\\_System\\_for\\_Mobile\\_Communications](https://cs.wikipedia.org/wiki/Global_System_for_Mobile_Communications)
- [6] SIM800L <http://robotstore.cz/> [online]. Robotstore.cz, 2016 [cit. 2016-11-15]. Dostupné z: <http://robotstore.cz/wp-content/uploads/2016/01/sim800l-gprs-gsm-arduino-modul-ttl-1.jpg>
- [7] SIM800L Hardware design <http://wiki.seeedstudio.com/> [online]. SIMCom, 2013 [cit. 2016-11-15]. Dostupné z: [http://wiki.seeedstudio.com/images/4/46/SIM800L\\_Hardware\\_Design\\_V1.00.pdf](http://wiki.seeedstudio.com/images/4/46/SIM800L_Hardware_Design_V1.00.pdf)
- [8] DS3231 <https://datasheets.maximintegrated.com/> [online]. Maxim Integrated, 2015 [cit. 2017-06-03]. Dostupné z: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS3231.pdf>
- [9] 24LC1026 I/SN <http://www.tme.eu/> [online]. Microchip technology Inc., 2011 [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: [http://www.tme.eu/cz/Document/9a3bae1ff49ab5ca8f62d38b6d93d159/24lc1026-i\\_sn.pdf](http://www.tme.eu/cz/Document/9a3bae1ff49ab5ca8f62d38b6d93d159/24lc1026-i_sn.pdf)
- [10] FDN306P <http://www.tme.eu/> [online]. Fairchild semiconductor, 2001 [cit. 2016-12-09]. Dostupné z: <http://www.tme.eu/cz/Document/896bf5a5e439b4f373f7fac1cdc11e75/FDN306P.pdf>
- [11] TP4056 <https://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/> [online]. NanJing Top Power ASIC Corp, 2016 [cit. 2016-12-10]. Dostupné z: <https://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Prototyping/TP4056.pdf>
- [12] Knihovny Eagle ke stažení <http://eagle.autodesk.com/eagle/libraries> [online]. CadSoft 2017 [cit. 2017-05-28]. Dostupné z: <http://eagle.autodesk.com/eagle/libraries>
- [13] Stack Owerflow <https://stackoverflow.com/> [online]. Stack Exchange Inc 2017 [cit. 2017-06-04]. Dostupné z: <https://stackoverflow.com/>
- [14] FRANEK, M. *Bluetooth cache*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav mikroelektroniky, 2016. 30 s. Semestrální práce. Vedoucí práce: Ing. Michal Pavlík, Ph.D.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr 1: Možná podoba cache schované v lese. Převzato z [1].....	7
Obr 2: Blokové schéma bluetooth cache .....	10
Obr 3: Rámec, odesílaný pomocí USART.....	13
Obr 4: Schématické znázornění zařízení, spojených pomocí I <sup>2</sup> C, TWI .....	14
Obr 5: Bluetooth modul HC-06. Převzato z [4].....	16
Obr 6: GSM modul s obvodem SIM800L. Převzato z [6].....	18
Obr 7: Proudové špičky modulu SIM800L. Čerpáno z [7].....	18
Obr 8: Dělič napětí přivedený na vstup AD převodníku mikroprocesoru .....	25
Obr 9: Dobíjení řešené obvodem TP4056 .....	26
Obr 10: Zapojení paměti 24LC1026.....	26
Obr 11: Schéma připojení více periférií na jeden USART.....	27
Obr 12: Algoritmus funkce firmwaru .....	29
Obr 13: Zapojení obvodu pro měření spotřeby.....	36
Obr 14: Měření na osciloskopu: Připojení baterie .....	36
Obr 15: Měření na osciloskopu: Bluetooth nespárováno.....	37
Obr 16: Měření na osciloskopu: Bluetooth komunikace .....	38
Obr 17: Měření na osciloskopu: Bluetooth spárováno .....	38
Obr 18: Měření na osciloskopu: GSM zapnuto .....	39
Obr 19: Grafický editor aktivity pro Android aplikaci .....	40
Obr 20: Textový editor zdrojového kódu pro Android aplikaci .....	41

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Technické parametry mikroprocesoru Atmega328. Čerpáno z [2] .....	12
Tabulka 2: Rozdělení zařízení do tříd podle výkonu. Převzato z [3] .....	15
Tabulka 3: Technické parametry modulu HC-06. Čerpáno z [4]. .....	15
Tabulka 4: Parametry obvodu SIM800L. Čerpáno z [7] .....	18
Tabulka 5: Parametry obvodu DS3231. Čerpáno z [8].....	20
Tabulka 6: Parametry obvodu 24LC1026-I/SN. Čerpáno z [9].....	21
Tabulka 7: Technické parametry tranzistoru FDN306P. Čerpáno z [10].....	22
Tabulka 8: Technické parametry obvodu TP4056. Čerpáno z [11].....	23
Tabulka 9: Seznam příkazů v uživatelském režimu. ....	31
Tabulka 10: Seznam příkazů v administrátorském režimu.....	32
Tabulka 11: Vyhodnocení týdenní spotřeby bluetooth cache.....	39

## SEZNAM VELIČIN A ZKRATEK

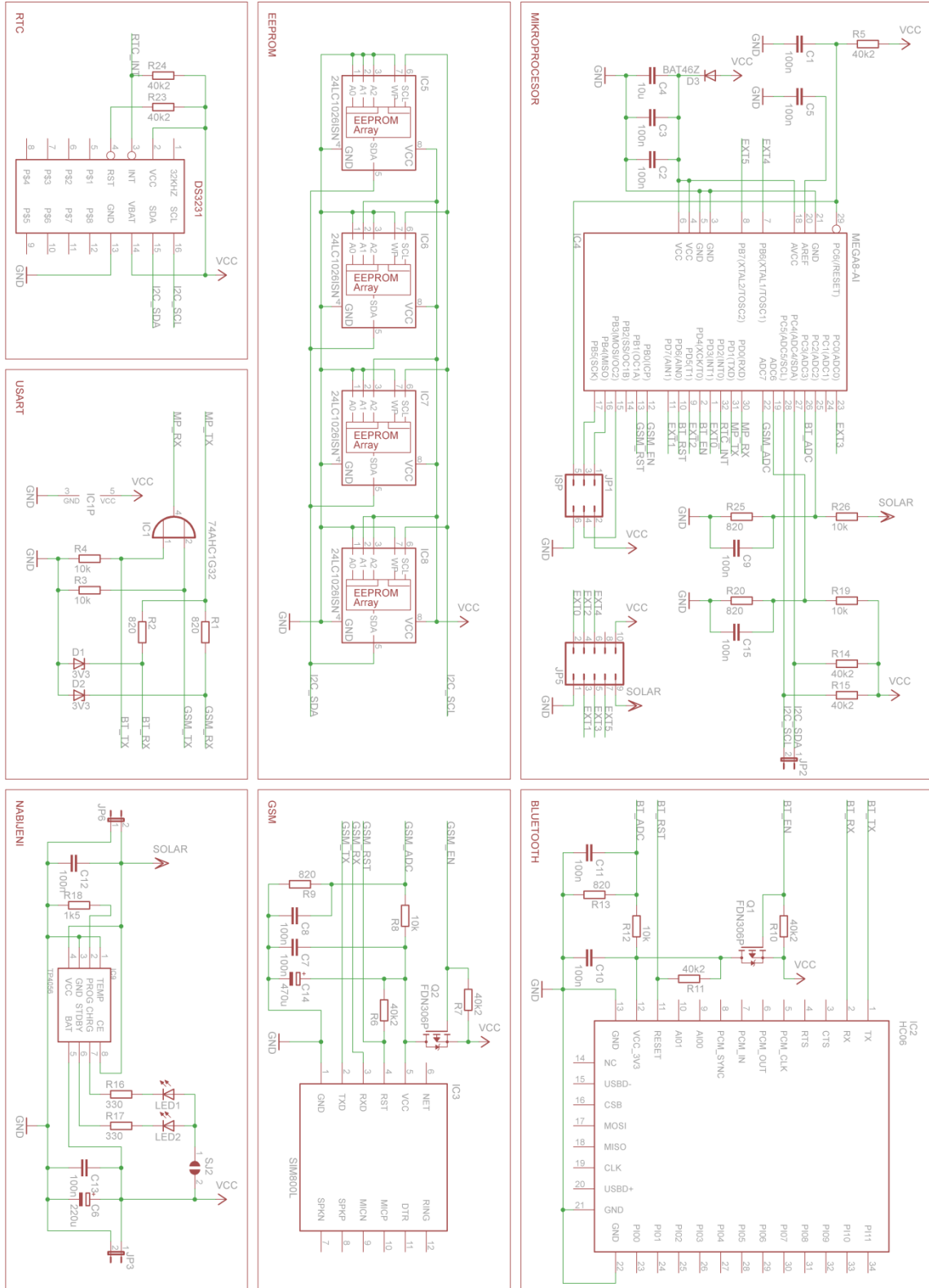
<i>U</i>	Napětí [V]
<i>I</i>	Proud [A]
<i>R</i>	Odpor [ $\Omega$ ]
<i>P</i>	Výkon [W]
<i>f</i>	Frekvence [Hz]

<i>ADC</i>	Analog/Digital Converter
<i>BT</i>	Bluetooth
<i>DPS</i>	Deska Plošného Spoje
<i>EEPROM</i>	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
<i>GPS</i>	Global Positioning System
<i>GSM</i>	Global System for Mobile Communications
<i>ISP</i>	In System Programming
<i>MMS</i>	Multimedia Message Service
<i>PAN</i>	Personal Area Network
<i>PC</i>	Personal Computer
<i>PWM</i>	Pulse Width Modulation
<i>RAW</i>	Hodnota z převodníku, před jakýmkoliv zpracováním
<i>RC</i>	Rezistor Capacitor, RC článek
<i>RTC</i>	Real Time Clock
<i>SIM</i>	Subscriber Information Module
<i>SMS</i>	Short Message Service
<i>SOP</i>	Small Outline Package
<i>SPI</i>	Serial Peripheral Interface
<i>TWI</i>	Two Wire Interface
<i>TQFP</i>	Thin Quad Flat Package
<i>USART</i>	Universal Synchronous/Asynchronous Receiver and Transmitter

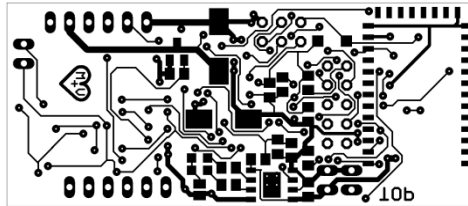


# A NÁVRH ZAŘÍZENÍ

## A.1 Schéma zapojení bluetooth cache

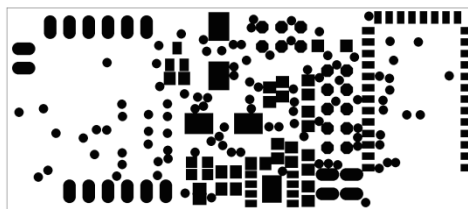


## A.2 Deska plošného spoje – top



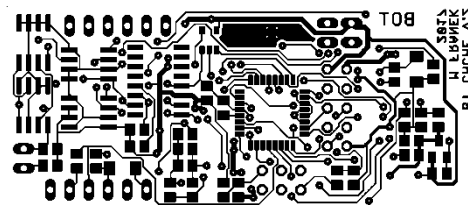
Rozměr desky 26,6 x 61,9 [mm], měřítko M1:1

## A.3 Deska plošného spoje – top maska



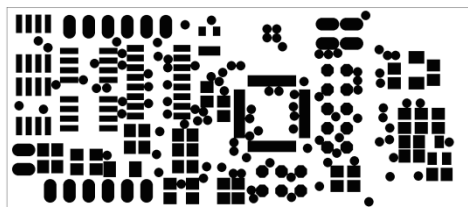
Rozměr desky 26,6 x 61,9 [mm], měřítko M1:1

## A.4 Deska plošného spoje – bot



Rozměr desky 26,6 x 61,9 [mm], měřítko M1:1

## A.5 Deska plošného spoje – bot maska



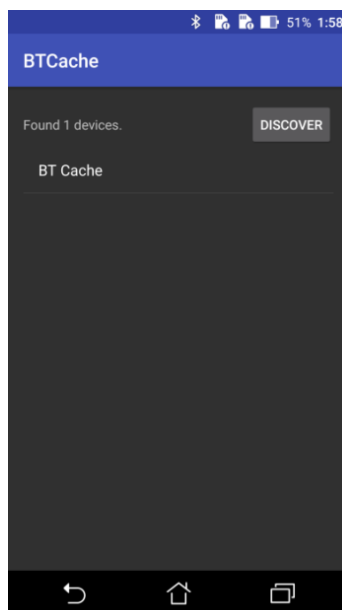
Rozměr desky 26,6 x 61,9 [mm], měřítko M1:1

## B SEZNAM SOUČÁSTEK

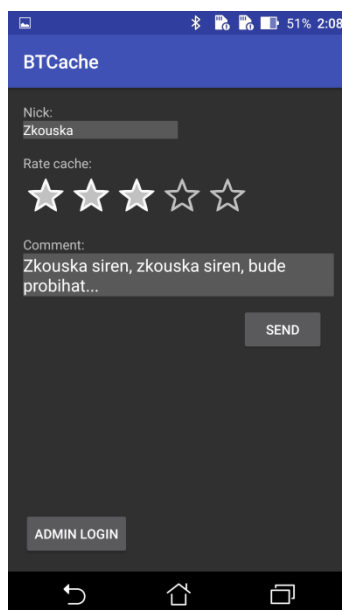
Označení	Hodnota	Pouzdro	Popis
C1, C2, C3, C5, C7, C8, C9, C10, C11, C12, C13, C15	100n	C0805	SMD kondenzátor
C4	10u	C0805	SMD kondenzátor
C6	220u	140CLH-0810	Elektrolytický SMD kondenzátor
C14	470u	140CLH-0810	Elektrolytický SMD kondenzátor
D1, D2	3V3	SOD80C	Zenerova dioda
D3	BAT46Z	SOD123	Schottkyho dioda
IC1	74AHC1G32	SOT23-5	Logický obvod OR
IC2	HC06		Bluetooth modul
IC3	SIM800L		GSM modul
IC4	ATMEGA 328	TQFP32	Mikroprocesor
IC5, IC6, IC7, IC8	24LC1026ISN	SO8	Paměť EEPROM
IC9	TP4056	SO8	Dobíjecí obvod
IC10	DS3231	SOP16	RTC
JP1		JP3Q	Jumper
JP2, JP3, JP6		JP1	Jumper
JP5		JP5Q	Jumper
LED1	RED	CHIPLED_0805	LED
LED2	GREEN	CHIPLED_0805	LED
Q1, Q2	FDN306P	SOT23	P-MOSFET tranzistor
R1, R2, R9, R13, R20, R25	820	R0805	SMD rezistor
R3, R4, R8, R12, R19, R26	10K	R0805	SMD rezistor
R5, R6, R7, R10, R11, R14, R15, R23, R24	40K2	R0805	SMD rezistor
R16, R17	330	R0805	SMD rezistor
R18	1K5	R0805	SMD rezistor

## C MANUÁL K APLIKACI BT CACHE

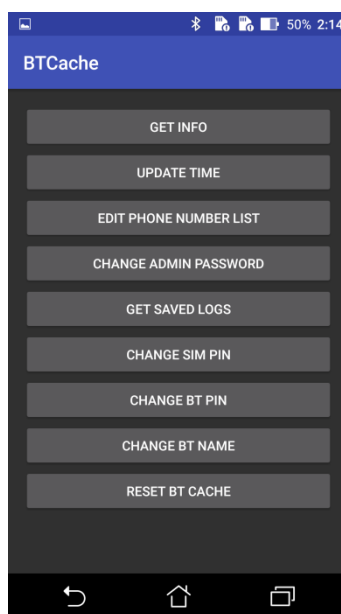
Po spuštění aplikace se zobrazí výzva k zapnutí bluetooth mobilního zařízení, pokud je bluetooth vypnuto. Jakmile dojde k zapnutí bluetooth, zobrazí se hlavní aktivita a začnou se vyhledávat dostupná zařízení, v opačném případě dojde k ukončení aplikace. Po dokončení vyhledávání se zobrazí seznam dostupných zařízení. Tento seznam je možné obnovit stiskem tlačítka DISCOVER, čímž se spustí nové vyhledávání zařízení.



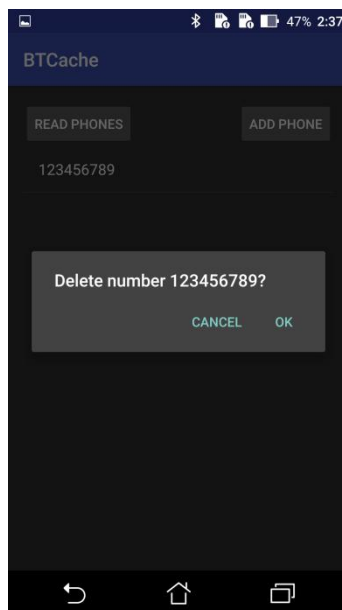
Pokud se zobrazí bluetooth cache v seznamu, je možné se k ní připojit klepnutím na příslušný řádek. Pokud zařízení nejsou spárována, objeví se výzva, kde je potřeba zadat bluetooth PIN. Po úspěšném spárování se zobrazí aktivita, která slouží k odesílání logu.



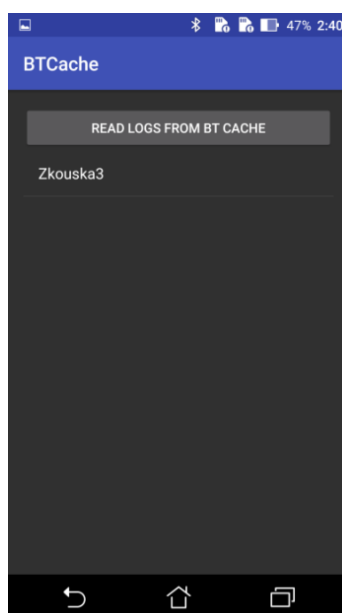
Zde je potřeba vyplnit přezdívku geocachera a hodnocení v podobě hvězd. Slovní komentář je nepovinný. Log je možné odeslat stisknutím tlačítka SEND. Pro běžného geocachera tímto veškerá funkčnost aplikace končí, stačí se pouze odpojit od zařízení a přenechat možnost odeslat log dalšímu geocacherovi. Pokud je uživatel aplikace zároveň správcem cache, může stisknutím tlačítka ADMIN LOGIN po zadání administrátorského hesla vstoupit do administrátorského režimu. Aplikace tímto přejde do aktivity administrátorského menu. Opuštěním aktivity pro odesílání logu se aplikace vrátí k hlavní aktivitě.



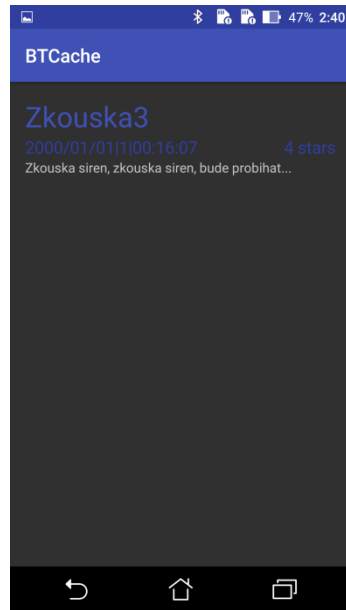
V administrátorském menu se nachází 9 tlačítek. Tlačítkem GET INFO dojde k vyčtení informací z cache a jejich následnému zobrazení na několik vteřin v informační bublině. Tlačítko UPDATE TIME nahraje do cache aktuální čas z mobilního zařízení. Tlačítko EDIT PHONE NUMBERS přesune správce do aktivity, ve které lze editovat seznam telefonních čísel, která mohou pomocí SMS provádět nastavení cache. Stisknutím tlačítek CHANGE ADMIN PASSWORD, CHANGE SIM PIN, CHANGE BT PIN a CHANGE BT NAME se zobrazí formulář pro zadání nové hodnoty příslušného nastavení, jejíž změnu stačí potvrdit stiskem OK. Nevyplněním pinu SIM dojde k tomu, že se při přihlášení SIM nebude PIN zadávat. Změny nastavení BT a GSM modulů se projeví až po jejich restartu. Tlačítko GET SAVED LOGS zobrazí aktivitu, sloužící k vyčítání uložených logů. Tlačítko RESET BT CACHE resetuje cache a vrátí aplikaci do hlavní aktivity. Opuštěním administrátorského menu dojde k přepnutí cache zpět do uživatelského režimu a zobrazí se aktivita pro odesílání logu.



Aktivita pro editaci telefonních čísel se skládá ze dvou tlačítek a jednoho seznamu. Stiskem tlačítka READ PHONES dojde k načtení seznamu telefonních čísel. Po stisknutí tlačítka ADD PHONE se zobrazí formulář pro zadání nového telefonního čísla. Po vybrání některého telefonního čísla ze seznamu se zobrazí formulář, zda se má toto telefonní číslo odstranit, potvrzením OK se číslo smaže. Opuštěním aktivity se aplikace vrátí do administrátorského menu.



Aktivita pro vyčítání logů obsahuje pouze tlačítko READ LOGS FROM BT CACHE a seznam vyčtených logů. Stisknutím tlačítka se logy vyčtou a seznam se naplní přezdívkami geocacherů. Opuštěním této aktivity se aplikace vrátí do administrátorského menu.



Výběrem geocachera se otevře aktivita, sloužící pro detailní zobrazení logu. Zobrazuje se zde přezdívka geocachera, datum a čas zápisu logu, hodnocení cache a slovní komentář. Opuštěním této aktivity se aplikace vrací k seznamu logů.