

Využití RFID identifikace pro orientaci malé vzducholodi

Use of RFID for identifying the orientation of a small airship

Pavel Frydrych

Bakalářská práce
2011

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavel FRYDRYCH**
Osobní číslo: **A08323**
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**

Téma práce: **Využití RFID identifikace pro orientaci malé
vzducholodi**

Zásady pro vypracování:

1. Popište RFID technologii a její funkci a historii jejího vývoje.
2. Zjistěte, jaké typy čipů jsou na našem trhu běžně k dostání a jaké jsou jejich vlastnosti.
3. Vyberte z nabídky vhodný čip pro aplikaci určující polohu malé vzducholodi na základě RFID tagů.
4. Navrhněte demonstrační modul, který umožní provoz čipu a jeho komunikaci s mikrokontrolérem Freescale MC9S08SE4CRL.
5. Provedte měření spolehlivosti čipu zapojeného v demonstračním modulu v závislosti na vzdálenosti, na kterou probíhá identifikace.
6. Na základě získaných znalostí a zkušeností potvrďte nebo vyvráťte možnost nasazení těchto čipů k zajištění orientace malé vzducholodi.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. BROWN, Dennis E. RFID implementation. New York : McGraw-Hill, 2007. 466 s. ISBN 0-07-226324-5.
2. RANASINGHE, Damith C; SHENG, Quan Z; ZEADALLY, Sherali. Unique radio innovation for the 21st century: building scalable and global RFID networks. Berlin: Springer, 2010. 459 s. ISBN 978-3-642-03462-6.
3. VÁŇA, Vladimír. Začínáme s mikrokontroléry HC08 Nitron. 1. Vyd. Praha: BEN technická literatura, 2003. 96 s., CD. ISBN 80-7300-124-1.
4. VAŠEK, V., VAŠEK, L. Programování mikropočítačů. 1. Vyd., VUT Brno, 1190. 97 s.
5. CPU08. Central Processor Unit Reference Manual. Motorola, 2001
6. AS3910. RFID Reader IC Datasheet, Austria Microsystems, 2009
7. AS3910 výkonný RFID reader. Pandatron.cz [online]. 2009, no. 9, [cit. 2011-02-03]. Dostupný z WWW: [http://pandatron.cz/?976&as3910_%96_vykonný_rfid_reader].

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Martin Pospíšilík

Ústav počítačových a komunikačních systémů

Datum zadání bakalářské práce:

25. února 2011

Termín odevzdání bakalářské práce:

23. května 2011

Ve Zlíně dne 25. února 2011


prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan




doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Práce se zabývá možnostmi využití RFID identifikace pro určení polohy malé univerzitní vzducholodi. Podmínkou této funkčnosti je zajištění komunikace mezi RFID čtečkou a mikrokontrolérem řídícím vzducholodí.

Klíčová slova:

RFID identifikace, mikrokontrolér, návrh systému, orientace malé vzducholodi

ABSTRACT

The thesis deals with the possibilities of using RFID identification for locating small university airship. The requirement of this functionality is communication between the microcontroller and RFID reader to control the airship.

Keywords:

RFID identification, microcontroller, system design, orientation of small airship

Poděkování

Chtěl bych tímto poděkovat především mému vedoucímu práce Ing. Martinu Pospíšilílkovy, za ochotu, cenné rady a pomoc při psaní této bakalářské práce a vývoji RFID kitu.

Motto

„Vítězství není všechno, ale vůle k vítězství ano.“

Zig Ziglar

Prohlašuji, že

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně dne 20.5.2011

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 RFID TECHNOLOGIE	11
1.1 ZÁKLADNÍ INFORMACE.....	11
1.2 HISTORIE VÝVOJE.....	11
1.2.1 První RFID patenty	12
1.3 VYUŽITÍ RFID.....	13
1.4 PRINCIP FUNKCE.....	14
1.5 EPC (ELECTRONIC PRODUCT CODE).....	14
1.6 EPC GLOBAL NETWORK	15
1.7 ROZDĚLENÍ ČIPŮ.....	15
1.7.1 Podle zdroje energie	15
1.7.1.1 Pasivní tagy	15
1.7.1.2 Aktivní tagy	17
1.7.1.3 Semiaktivní	18
1.7.2 Dělení podle typu paměti	18
1.7.2.1 Tagy Read-Only (RO)	18
1.7.2.2 Tagy WORM (write once read many)	18
1.7.2.3 Tagy READ WRITE (RW).....	19
1.7.3 Podle provedení.....	19
1.7.3.1 Tag typu COIN (mince).....	19
1.7.3.2 Diskové tagy	20
1.7.3.3 Smart label	20
1.7.3.4 Wristband (náramky, „hodinky“)	21
1.7.3.5 Smart card	21
1.7.3.6 PCB tagy	22
1.7.3.7 Glass tagy.....	22
1.7.3.8 RFID inlay	23
1.7.4 Podle používaných frekvencí	23
1.8 RFID ČTEČKY (READER)	24
1.8.1 Základní typy čteček	25
1.8.1.1 Stacionární čtečky.....	25
1.8.1.2 Mobilní čtečky	26
1.8.1.3 Integrované čtečky v čipu	27
1.9 STANDARDIZACE A NORMY V OBLASTI RADIOFREKVENČNÍ IDENTIFIKACE	28
1.9.1 ISO normy pro bezdotykové karty RFID	28
1.9.1.1 ISO 14443	28
1.9.1.2 ISO 15693	28
1.9.2 ISO standardy pro bezdrátové rozhraní RFID	28
1.9.2.1 Normy řady ISO 18000.....	29
II PRAKTICKÁ ČÁST	31
2 MODUL ČTEČKY PRO RFID IDENTIFIKACI	32

2.1	ZÁKLADNÍ POŽADAVKY NA SYSTÉM.....	32
2.2	VÝBĚR KOMPONENT A JEJICH POPIS.....	32
2.2.1	Mikrokontrolér (MCU)	32
2.2.2	RFID reader – AS3910.....	34
2.2.2.1	Komunikace s mikrokontrolérem	35
2.2.2.2	Typický postup při zapnutí čtečky.....	38
2.3	NÁVRH ZÁKLADNÍ DESKY KITU	38
2.3.1	Část s mikroprocesorem.....	38
2.3.2	Část se čtečkou AS3910.....	39
2.3.2.1	Nepoužité piny čtečky	40
2.3.2.2	Zapojení pinů čtečky.....	40
2.4	ZAPOJENÍ ANALOGOVÉHO STABILIZÁTORU.....	42
2.5	ZAPOJENÍ SPÍNANÉHO STABILIZÁTORU	42
2.6	ANTÉNA 13,56MHZ	43
2.7	ŘÍDÍCÍ PROGRAM	44
2.7.1	AS3910_Init	45
2.7.2	ReadRFID_FIFO	46
2.7.3	CompareTags	46
2.8	OŽIVENÍ SYSTÉMU	46
2.9	NASAZENÍ SYSTÉMU PRO ORIENTACI MALÉ VZDUCHOLODI	47
	ZÁVĚR	48
	ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....	49
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	50
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	52
	SEZNAM OBRÁZKŮ	54
	SEZNAM TABULEK.....	55
	SEZNAM PŘÍLOH.....	56

ÚVOD

Tato bakalářská práce pojednává o RFID identifikaci a jejím možném využití pro malou univerzitní vzducholod'. Cílem této práce je navrhnout a vyvinout malou RFID čtečku, která bude provozuschopná v nasazení na vzducholodi. Důraz bude kladen hlavně na velikost, spotřebu, správný dosah a hlavně na komunikaci se stávajícím systémem vzducholodi k předání potřebných dat.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 RFID TECHNOLOGIE

1.1 Základní informace

RFID je nová generace identifikátorů sloužící k identifikaci objektů na základě radiofrekvenčních vln. Tato technologie je využitelná v mnoha odvětvích, zejména tam, kde je kladen důraz na rychlost a přesnost zpracování informací a okamžitý přenos dat k jejich následnému zpracování.

Informace jsou ukládány do tzv. tagů, ze kterých je možné je načíst nebo opakovaně zapsat pomocí radiových vln. Čtení probíhá hromadně na rozdíl od čárových kodů, kde probíhalo jednotlivě. Současná čtecí zařízení jsou schopna přečíst najednou až několik set tagů za minutu.

1.2 Historie vývoje

Koncept RFID tak jak ho známe dnes, byl vyvíjen po celá desetiletí. Jeho samotný počátek nám sahá až do doby druhé světové války a jejich tehdejších radarů. V té době všichni začali používat radar, který vynalezl v roce 1935 skotský fyzik Robert Alexander Watson-Watt. Ten byl schopný upozornit na blížící se letadla, která byla v tu chvíli ještě na míle daleko. Problém ovšem byl, že neexistoval žádný způsob, jak zjistit, které letadla patří k nepřátelům a která jsou vlastní vracející se z mise.

Němci zjistili, že když se vraceli jejich letadla zpět na základnu, mohli by změnit radiový signál odrážející se zpět. Na tento způsob upozornila radarová posádka v zemi. (toto byl v podstatě první pasivní RFID systém)

Pod vedením Watsona-Watta, který vedl tajný projekt, Britové vyvinuli první aktivní identifikační systém (IFF), který byl schopen identifikovat spojence a nepřátele. Umístili vysílač na každé britské letadlo, které když přijalo signál z radarových stanic, tak začalo vysílat signál zpět, aby bylo identifikováno jako spojenecké.

Watson-Watt s prvním radarovým přístrojem pokračoval ve vývoji systémů radarů a RF komunikace v 50. a 60. letech. Vědci a vysokoškolští učitelé ve Spojených státech amerických, Evropě a Japonsku dělali výzkum, jak by se mohla RF energie používat pro identifikaci objektů na dálku. Firmy začali komercionalizovat systémy proti krádeži zboží, které využívali radiové vlny k určení, zda zboží bylo zapláceno či nikoliv. Tyto elektronické tagy jsou využívány dodnes a obsahují pouze jeden bit. Ten je buď aktivní,

nebo neaktivní. Pokud daný člověk zboží zaplatí, tag se stane neaktivní. Pokud nezaplatí, čtečka u dveří to vyhodnotí a spustí alarm.

1.2.1 První RFID patenty

Mario W. Cardullo tvrdí, že obdržel první americký patent pro aktivní RFID tag s přepisovatelnou pamětí 23. ledna 1973. V tom samém roce Charles Walton, podnikatel z Kalifornie, získal patent pro pasivní tag sloužící k odemknutí dveří bez klíčů. Karta s integrovaným čipem sdělila svůj unikátní kód RFID čtečce u dveří, pokud byl platný, odemkla dveře.

Americká vláda také pracovala na systémech RFID. V roce 1970 byla Los Alamos National Laboratory požádána ministerstvem energetiky o vyvinutí systému pro sledování jaderných materiálů. Skupina vědců přišla s konceptem umístění transpondéru na kamion a čtečky u brány objektu. Anténa u brány vybudila transpondér v kamionu, který odeslal svoje ID případně ještě další údaje, např. ID řidiče. Tento systém byl uveden na trh v polovině 80. let, kdy vědci, co pracovali v Los Alamos, založili společnost pro rozvoj automatizovaných systémů placení mýtného, tyto systémy se stali velice používané na silnicích, mostech a tunelech po celém světě.

Na žádost ministerstva zemědělství vyvinuli v Los Alamos také pasivní RFID tag pro sledování krav. Problém byl, že krávy dostávali hormony a léky, když byli nemocné. Bylo ovšem velice těžké zjistit, jestli každá kráva dostala správnou dávku. Los Alamos vyvinulo pasivní RFID systém pracující v pásmu UHF.

Později byl vyvinut systém pracující na nízké frekvenci 125kHz, tím se zmenšili transpondéry a bylo je možné zapouzdřit do skla. Tyto kapsle potom byli vpraveny kravám pod kůži. Tento systém je dnes rozšířen po celém světě.

Časem společností vyvinuli systém pracující na frekvenci 13,56 MHz, která byla ve většině částí světa nevyužitá. Vyšší frekvence sebou přináší mnoho výhod, zejména větší dosah a vyšší přenosovou rychlost dat. V dnešní době je tato frekvence využívána pro systém kontroly přístupu, platební systémy, bezkontaktní čipové karty a také jako imobilizéry.

V roce 1990 společnost IBM vyvinula UHF RFID systém, který nabídl delší čtecí vzdálenost (až 6m za dobrých čtecích podmínek) a rychlejší přenos dat. IBM spolupracovalo na některých projektech s firmou Wall-Mart. Nikdy se ovšem nevěnovala

této technologii komerčně. Když se firma v polovině 90. let dostala do finančních potíží, prodala všechny svoje patenty firmě Intermec.

UHF RFID dostalo nový impulz pro vývoj v roce 1999, kdy Uniform Code Council, EAN International, Procter & Gamble a Gillette zakládají centrum Auto-ID v Massachusettském Institute of technology. Dva profesori David Brock a Sanjay Sarma, dělali výzkum na možnost uvedení nízkonákladového RFID tagu na všechny vyrobené výrobky. Jejich nápad spočíval v tom, že tag sebou ponese pouze seriové číslo. Což by bylo o mnoho levnější, než větší a dražší tagy s velkou pamětí. Data spojená s číslem štítku by byla uložena v databázi a dostupná přes internet.

Tito dva vědci změnili úplně pohled na současné pojetí RFID v logistice. Dříve byli tagy mobilní databázi, která v sobě nesla informace o produktu. Oni obrátili danou technologii jiným směrem a to směrem do globální sítě Internet.

V letech 1999-2003 Auto-ID Center získal podporu více než 100 velkých společností, americké ministerstvo obrany a mnoho klíčových dodavatelů RFID. V této době otevřelo své výzkumné laboratoře v Austrálii, Velké Británii, Švýcarsku, Japonsku a Číně. Byly vyvíjeny dva protokoly bezdrátového rozhraní (třídy 0 a 1). Electronic product code (EPC) je systém číslování jednotlivých tagů a architektura jejich následného prohlížení dat spojených se štítkem na Internetu. Tato technologie získala licenci Uniform Code Council v roce 2003. Uniform Code Council vytvořil EPCGlobal společně s EAN Internacional, který má za úkol komercializaci EPC. Auto-ID Center bylo v říjnu 2003 uzavřeno a jejich vývoj byl přenesen na Auto-ID Labs.

1.3 Využití RFID

Tato technologie je z logistického hlediska považována jako přímý nástupce čárových kódů, nicméně se nepředpokládá jejich úplné nahrazení touto technologií. Spíše se začíná využívat kombinace těchto dvou technologií, kdy tiskárna zapíše do tagu informace a zároveň potiskne tag informacemi a čárovým kódem.

Samozřejmě tato technologie není využívána jen pro logistiku, ale také se využívá v odvětvích personalistiky, identifikace uživatelů, přístupové systémy, bezpečnostní aplikace. V dnešní době se setkáme také s využitím v oblasti zoologie a to zejména při využití malých kapslí, které se nastřelují zvířatům pod kůži a nesou informace např. o majiteli, o původu atd.

My tuto technologii použijeme trošku v jiném odvětví a to v oblasti identifikace naší malé univerzitní vzducholodi. Identifikace bude spočívat v zkonstruování malé čtečky, která bude komunikovat s ovládacím systémem vzducholodi. V podstatě jde o to, že program bude optimalizován tak, aby se daná vzducholod' mohla sama rozhodnout, kam má letět, podle toho u kterého tagu se nachází.

1.4 Princip funkce

Princip této technologie, je v podstatě jednoduchý, spočívá ve vyslání požadavku a jeho následném zpracování. Základní prvky systému jsou čtečky, transpondéry (tagy) a podpůrné systémy (databáze, přenosové sítě...) Každý tag má svůj unikátní kód tzv. EPC. Máme dva základní modely, aktivní a pasivní systém, o kterých se zmíním níže. Využívají se ve všech aplikacích, každý tento systém má své výhody i nevýhody. Některé mají své uplatnění v logistice, jiné mají smysl u identifikace zvířat.

1.5 EPC (Electronic Product Code)

Tak jako tomu bylo i u čárových kódů, chce mezinárodní organizace EPCGlobal řídit jednoznačnou identifikaci všech produktů. K tomuto účelu slouží unikátní identifikační kód EPC. Skládá se z několika součástí a to:

- záhlaví – slouží k identifikaci verze EPC (kapacita 256 kombinací)
- správce domény - identifikace výrobce (kapacita 256mil. kombinací)
- třída objektu – identifikace skupinu produktů (kapacita 16 mil. kombinací)
- sériové číslo – slouží k jednoznačné identifikaci objektu (kapacita 68 mld. kombinací)



Obr. 1: Struktura EPC dle standardu [6]

1.6 EPC Global Network

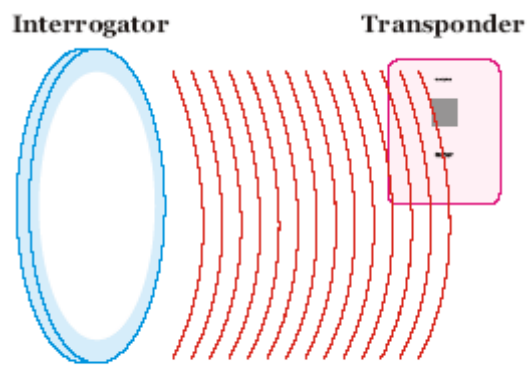
Toto je název pro internetové rozhraní, které slouží ke globální identifikaci RFID čipů. Skládá se ze sítě serverů EPC, které slouží ke globálnímu předávání informací v reálném čase. Toto rozhraní využívá společenství obchodních partnerů zapojených do programu EPC Global, využívající certifikované hardwarové a softwarové komponenty standardních rozhraní.

1.7 Rozdělení čipů

1.7.1 Podle zdroje energie

1.7.1.1 Pasivní tagy

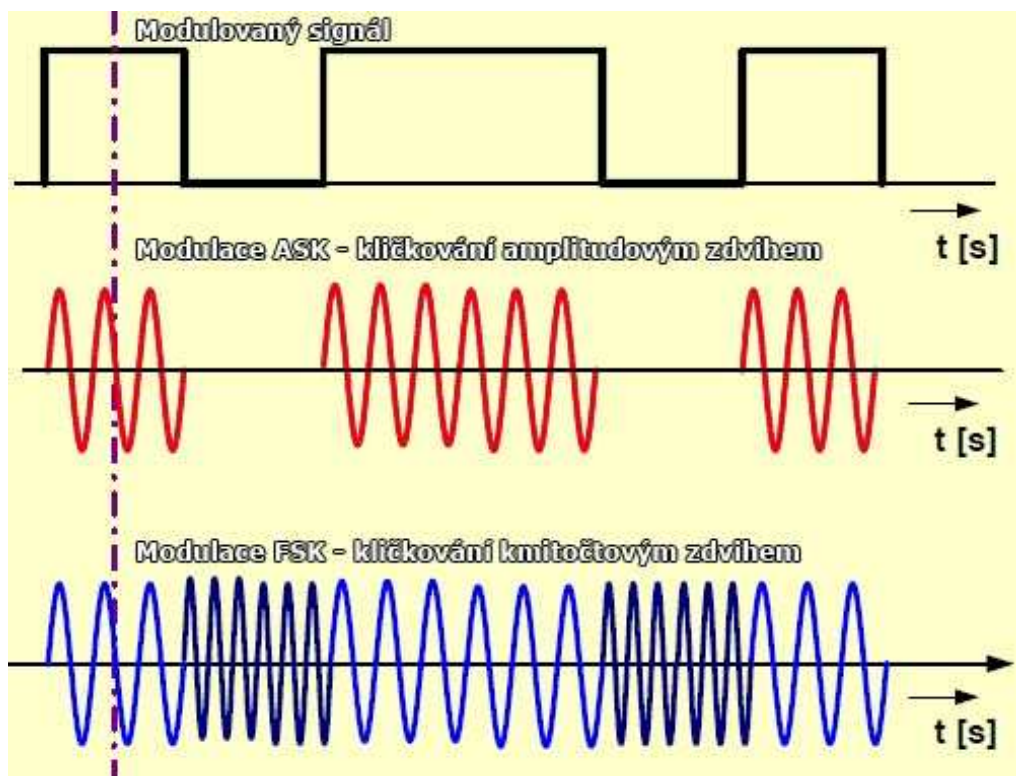
Tento systém spočívá v tom, že čtečka vysílá v pravidelných intervalech impulzy pomocí antény do svého okolí tzv. „wake up“. Pokud se v dosahu objeví nějaký transpondér a je vyslaná energie dostatečně vysoká pro nabití kondenzátoru v něm, dojde k vybuzení čipu a ten následně vyšle čtečce své údaje (EPC, případně i další data). Tento systém vyniká velkou životností, je bezúdržbový a má nízké výrobní náklady. Neobsahuje žádnou baterii a je napájen pouze energií vyslanou z antény čtečky.



A, Passive RFID System

Obr. 2: Nákres principu fungování pasivního RFID [4]

Datové rychlosti se pohybují od 100 bit/s do 10 kbit/s. U těchto tagů využíváme ASK modulaci, někdy bývá využívána i FSK modulace.



Obr. 3: Ukázka modulace ASK a FSK využívané u RFID

1.7.1.2 Aktivní tagy

Tyto systémy se používají méně často z důvodu nutnosti použití napájení jednotlivých tagů. Využívají vlastní zdroj energie, který slouží k zesílení signálu a napájení čipu. Signál z těchto tagů může být zpracován čtečkou i na vzdálenosti větší než 100m (i několik km). Jsou technologicky náročnější a také podstatně dražší. Využívají se pro aktivní lokalizaci. Vysílají své identifikační údaje samostatně a nezávisle na požadavcích čtečky. Jsou vhodné na delší vzdálenosti, protože jsme schopni si vytvořit dostatečně výkonný vysílač. Z historického hlediska byly použity např. v druhé světové válce k identifikaci letadel. V dnešní době jsou využívány ke sledování osob a věcí uvnitř budov, sledování výroby, evidence drahého majetku atd.

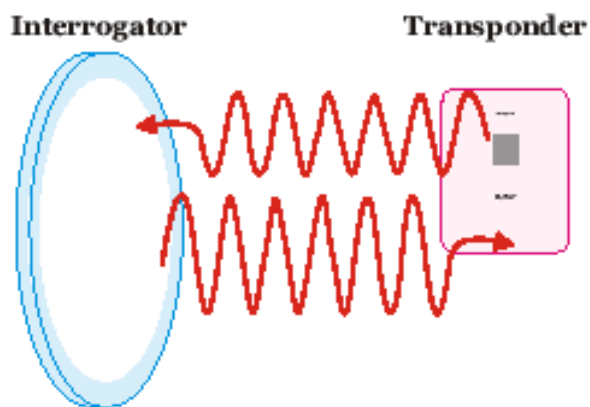
Díky neustále se zvětšující miniaturizaci a snižování spotřeby energií není problém najít aktivní tag, který nepřekvapí životností baterie až 5 let.

Tyto tagy jsou větší než pasivní a mohou nám poskytnout i další informace o okolí např. měření aktuální teploty v okolí čipu, tlaku, vlhkosti popř. vibrací.



Obr. 4: Ukázka
aktivního tagu
s měřením teploty

[5]



B, Active RFID System

Obr. 5: Nákres principu fungování aktivního RFID [4]

1.7.1.3 *Semiaktivní*

Tyto tagy jsou jakýmsi hybridem mezi předchozími dvěma typy. Obsahují sice také baterii, která ovšem neslouží přímo pro napájení čipu, ale pouze ke zvýšení dosahu čtení. Tato baterie dokáže kumulovat energii vysílanou ze čtečky a uchovat ji pro pozdější zesílení signálu z RFID tagu.

1.7.2 Dělení podle typu paměti

Používají se tři základní modely tagů, které mají různá využití:

1.7.2.1 *Tagy Read-Only (RO)*

Tyto tagy jsou určeny pouze pro čtení, plní podobnou funkci jako čárové kódy, z výroby jim je přiděleno unikátní číslo EPC a zapsána na ně data, tyto údaje jsou již neměnné. Mívají velmi malou kapacitu paměti (40 – 512 bit). Velice snadno je lze integrovat do stávajícího systému čárových kódů

Rychlost čtení 1000tagů/s

1.7.2.2 *Tagy WORM (write once read many)*

Tyto tagy jsou určeny pouze pro čtení. Ovšem je tu ten rozdíl, že potřebná data jsou na něj nahrána teprve až u prodejce nebo dodavatele. Ti do něj zapíší potřebné informace a dále na něj není možno zapisovat, ani jakkoli měnit zapsaná data. Na trhu je možné se

setkat s některými tagy typu WORM, u kterých je udáno, že je možné je přepsat. Ovšem po přepisu tagu není deklarována žádná záruka spolehlivosti. Tyto tagy mají kapacitu paměti 40 – 512 bit)

Rychlost čtení 200tagů/s

1.7.2.3 Tagy *READ WRITE (RW)*

Tyto tagy mohou uchovávat velké množství dat díky velké paměti, která dosahuje hodnot:

- Pasivní tagy – 386b – 8kB
- Aktivní tagy – 16kB – 2MB

Mají adresovatelnou paměť, kterou lze snadno přepsat. Zapsaná data lze vymazat a zapsat až 1000x. Data lze nahrát již při výrobě, nebo až u distributora. Informace je možné kdykoli doplňovat či měnit.

Některé tagy mohou obsahovat jak části RO tak RW, v části RO máme uložen unikátní kód, třeba číslo palety a v části RW se budou střídát údaje o naloženém zboží.

1.7.3 Podle provedení

RFID tagy se vyrábějí v několika základních provedeních, která odpovídají aplikaci, ke které mají sloužit. Některé jsou vyráběny tak, aby vydržely vysokou mechanickou zátěž, měli odolnost proti vlhkosti, chemickým látkám, UV-zářením nebo vysokým teplotám.

Tagy se vyrábějí v mnoha typech provedení, různé velikosti, tvary, barvy, tyto vlastnosti jsou přesně uzpůsobeny aplikaci, ve které budou použity a to dle požadavků zákazníka. Vyrábí se v několika provedeních hlediska použitého materiálu a jejich mechanické odolnosti:

- PETG
- PVC
- ABS

1.7.3.1 Tag typu *COIN (mince)*

Je to jeden z nejrozmanitějších druhů, vyrábí se v kruhovém provedení o velikosti od několika mm do 5 cm. Pro jeho malé rozměry tloušťka pouze několik mm, je vhodný pro integraci do klíčenek, náramků. Někdy mívá uprostřed otvor pro uchycení.



Obr. 6: COIN tagy [8]

1.7.3.2 Diskové tagy

Je to velice tenký tag, jehož anténa a čip jsou zalaminovány mezi dvě tenké folie, které zajišťují odolnost proti prachu a vodě. Používají se buď jako polotovary do nejrůznějších klíčenek, hodinek a dalších aplikací. Dále se vyrábí také ve formě samolepky, kdy jedna strana obsahuje samolepící fólii.

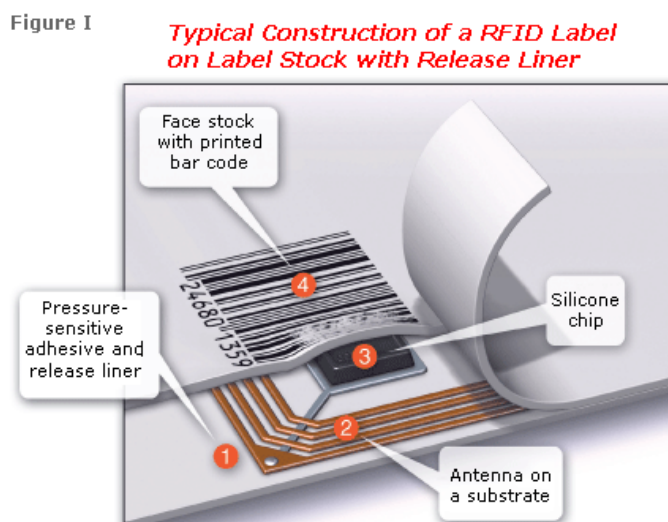


Obr. 7: Diskové tagy [8]

1.7.3.3 Smart label

Má formu tištěné papírové nebo plastové etikety, přičemž čip s anténou je zabudován uvnitř. Tyto samolepící etikety mohou být opatřeny libovolným potiskem třeba i v kombinaci s čárovým kódem. Výhodou je možnost zálohy formou právě pomocí čárového kódu, nevýhodou je nižší odolnost vůči povětrnostním vlivům a mechanickým

poškozením. Tento tag najde své uplatnění zejména v logistice jako identifikátor kartonů, palet nebo krabic.



Obr. 8: Složení a ukázka Smart Label [9]

1.7.3.4 Wristband (náramky, „hodinky“)

Má formu náramku na ruku obsahující RFID čip. Využívá se zejména k identifikaci osob ve zdravotnictví, ke kontrole vstupů na koupalištích, aqvaparcích, zábavních centrech, koncertech a všude jinde, kde je nutno identifikovat osoby. Navíc může náramek sloužit jako elektronická peněženka, kde si zákazník u vstupu dobije určitý obnos, který mu je zapsán do náramku a poté může elektronicky platit za služby uvnitř.



Obr. 9: Ukázka čipu typu Wristband [8]

1.7.3.5 Smart card

Jsou to bezkontaktní karty, které mohou být opatřeny potiskem. Tento typ má rozměry platební karty (cca 58 x 55 x 0,75 mm). Většinou jsou vyrobeny z bílého PVC materiálu. Dále se vyrábí s různými doplňkovými prvky např. magnetické proužky,

0,04mm) je navinuta na plastovém nosiči, na kterém je upevněn i čip. Je možné jej implantovat pod kůži. Používá se zejména k identifikaci zvířat, identifikace nástrojů, dále pak k identifikaci palet, identifikace robotů, imobilizéry v autech atd.



Obr. 12: Glass tag [8]

1.7.3.8 RFID inlay

Tento druh je využíván pro zabudování přímo do těla produktu a zákazník ani nepozná, že daný produkt čip obsahuje, většinou by měli být po odchodu z obchodu již neaktivní, ale bohužel někdy tomu tak nebývá. Některé velké společnosti je využívají pro sledování svých vratných obalových materiálů.



Obr. 13: RFID přepravka používaná firmou Penam a.s. [10]

1.7.4 Podle používaných frekvencí

Tato technologie využívá široké spektrum frekvencí, čímž dosahuje různých přenosových rychlostí, dosahu a kvality přenosu, prostor pokrytí, pronikání materiálem atp.

Frekvence	Dosah	Popis
125 – 134 kHz Nízká frekvence	Max. 0,5 m	Používaná celosvětově, nízká rychlost snímání, možnost snímání přes vodu a v blízkosti kovu Rychlost snímání cca 2kb/s
13, 56 MHz Vysoká frekvence	Max. 1 m	Používaná celosvětově, obtížné snímání přes vodu Rychlost snímání cca 20kb/s
865 – 869 MHz (Evropa) 902 – 928 MHz (USA, Kanada, Mexiko) 950 – 956 MHz (Asie, Japonsko) Velmi vysoká frekvence	Max. 3m	Různá pásma pro jednotlivé části světa, nelze snímat přes kapalinu a obtížně přes kov Rychlost snímání cca 250kb/s
2, 45 GHz; 5,8 GHz Mikrovlňná frekvence	Max. 10m	Vysoká rychlost čtení, ale vysoká cena čipů a technologie

Tab. 1: Srovnání používaných frekvencí pro RFID

1.8 RFID čtečky (reader)

RFID čtečky plní funkci rozhraní mezi řídicím mikrokontrolérem, počítačem nebo jiným zařízením zpracovávající požadavky a jednotlivými tagy.

Plní několik základních funkcí:

- Vysílá energií do svého okolí pro napájení pasivních RFID tagů
- Přečtení údajů z RFID tagů
- Zapisování dat do tagů v případě zapisovatelných tagů (RW tagy)
- Zprostředkování přenosu dat do řídicího systému
- Filtrování dat a ovládání součinných obvodů

Dále některé složitější čtečky mohou vykonávat další doplňkové funkce:

- Zamezení koliznímu čtení při výskytu více tagů v oblasti čtení
- Ověřování tagů
- Šifrování a integrita dat

RFID čtečky se skládají v podstatě ze tří základních částí:

- Jedna nebo více antén, buď integrovaných anebo externích připojených pomocí konektoru
- Radiové rozhraní, které zajišťuje vysílání a příjem dat, modulaci, demodulaci. Někdy se můžeme setkat s oddělenými cestami pro vysílání a příjem z důvodu zvýšení citlivosti.
- Řídící jednotka, kterou bývá zpravidla mikrokontrolér. K procesoru jsou připojeny veškeré součásti čtečky a ten funkci na základě programu řídí celý systém čtečky. Bývá k němu připojeno taktéž další rozhraní pro připojení k PC. Na trhu se vyskytují čtečky konstruované jako jeden přístroj, nebo odděleně (řídící systém a anténa zvlášť)

1.8.1 Základní typy čteček

1.8.1.1 Stacionární čtečky

Jsou určeny pro montáž na určené místo, kde má docházet k identifikaci např. vstupy do objektu, brány pro průchod, dopravníky, vysokozdvížné vozíky atd. Většinou se jedná o robustní průmyslová řešení, která vynikají vysokým výkonem, spolehlivostí a odolností. Dodávají se i v provedení se zvýšeným IP pro odolnost proti prachu a vodě. Skládají se z čtecí jednotky a externí antény, případně více antén, pro zvýšení pokrytí prostoru signálem.



Obr. 14: Stacionární čtečka
MOTOROLA XR480 [12]

1.8.1.2 Mobilní čtečky

V případě mobilních čteček se naopak jedná o malé kompaktní zařízení, které může být doplněno o různé další komponenty jako je možnost připojení do sítě pomocí WIFI a komunikace s firemním logistickým systémem, případně využití dokovací stanice na výrobní lince, integrovaná čtečka čárových kódů atd. Toto zařízení má v sobě integrovanu jak anténu tak přijíací/vysílací část, někdy včetně vlastního operačního systému.



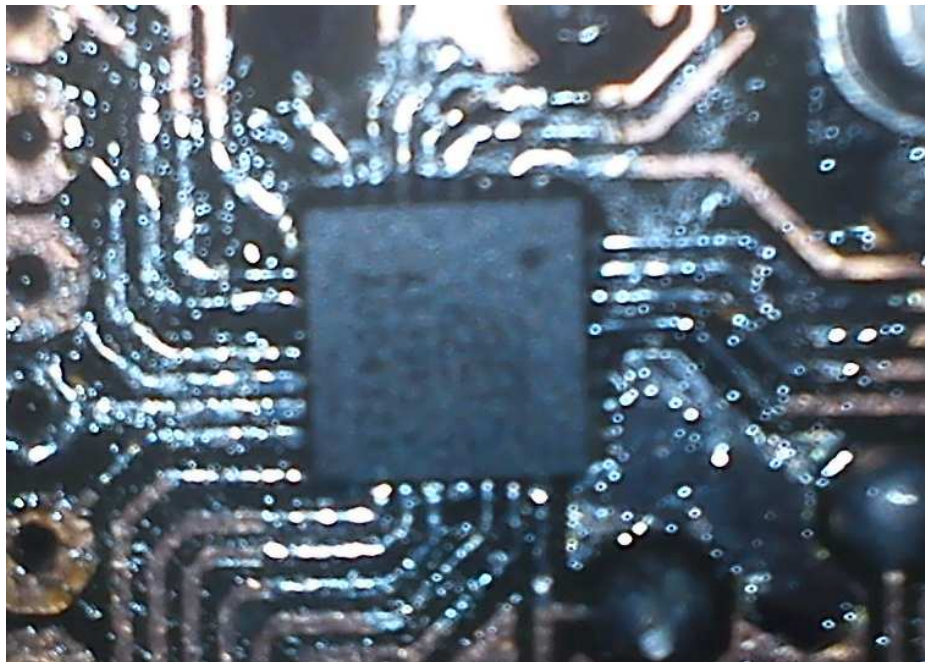
Obr. 15: Malá kompaktní čtečka EMS
element určená pro připojení k dokovacímu
terminálu nebo počítači [12]



Obr. 16: Mobilní terminál Motorola MC9090-G včetně WIFI připojení [12]

1.8.1.3 Integrované čtečky v čipu

Tyto čtečky jsou určeny k individuální implementaci pro vlastní řešení čtečky, dodávají se v několika typech pouzder a jedná se o kompaktní čtecí zařízení, ke kterému připojíme pouze pár diskrétních součástek pro její provoz. Dále je třeba ji připojit k procesoru, který bude ovládat a zprostředkovávat údaje na základě vytvořeného programu. Jejich výhodou jsou velmi malé kompaktní rozměry a možnost navrhnout si vlastní zcela individuální systém na základě našich potřeb.



Obr. 17: Integrovaná čtečka v jednom pouzdře (AS3910)

1.9 Standardizace a normy v oblasti radiofrekvenční identifikace

Mezinárodní organizace pro normalizaci (ISO) se sídlem v Ženevě, mají v některých zemích důležitost zákona. Veškeré ISO normy musí být k dispozici pro použití na celém světě. Většina výrobců a implementací výrobků se řídí RFID ISO standardy, takže není třeba se obávat, pokud je norma v souladu s předpisy o frekvencích a výkonu v dané zemi, kde dochází k nasazení systému. ISO je velmi aktivní ve vývoji RFID standardů. Nejaktivnější je zejména v oblasti pro řetězce a zásobování a pro různé druhy kontejnerů.

1.9.1 ISO normy pro bezdotykové karty RFID

ISO 14443 pro karty na krátkou vzdálenost a jejich přenos a ISO 15693 pro karty na větší vzdálenosti. Obě doporučují jako nosný kmitočet frekvenci 13,56 MHz z důvodu malých rozměrů karet, vyšší paměti a technologické dostupnosti. Umožňují číst několik karet v poli téměř současně při použití antikolizní funkce, která obsahuje speciální algoritmus k tomu, aby nedocházelo ke čtení více tagů zároveň a tím zabrání kolizi čtení.

1.9.1.1 ISO 14443

Karty v tomto standardu nabízejí většinou dosah několik desítek centimetrů. Primárně by měla být využívána pro aplikace finančních transakcí, jako jsou různé elektronické peněženky pro jízdné a pro aplikace s vysokou úrovní zabezpečení. Tyto aplikace dávají přednost omezení dosahu karty pro zvýšení bezpečnosti.

1.9.1.2 ISO 15693

Karty v tomto standardu nám nabízí maximální použitelný dosah, přičemž musíme dodržet maximální povolené vyzařovací výkony daného státu. U této normy se nám posunuje oblast využití pro čtení na delší vzdálenosti, vzhledem k možnosti využití nejenom jedné antény, ale více anténních prvků pro zvýšení dosahu. Tímto můžeme dosáhnout vytvoření, velice výkonného systému čtení.

1.9.2 ISO standardy pro bezdrátové rozhraní RFID

Problematikou parametrů a vysílacích výkonů na různých frekvencích se zabývají normy řady ISO 18000, které byly schváleny v průběhu let 2004 - 2008. Série norem zahrnuje různé specifikace, které upravují oblasti nejpoužívanějších frekvencí.

1.9.2.1 Normy řady ISO 18000

ISO / IEC 18000-1:2008 Informační technologie - Radiofrekvenční identifikace položky pro management - Část 1: Referenční architektura a definice parametrů, které mají být standardizované

ISO / IEC 18000-2:2004 Informační technologie - Radiofrekvenční identifikace položky pro management - Část 2: Parametry pro komunikaci na rozhraní pod 135 kHz

ISO / IEC 18000-3:2010 Informační technologie - Radiofrekvenční identifikace položky pro management - Část 3: Parametry pro komunikaci na rozhraní na 13,56 MHz

ISO / IEC 18000-4:2008 Informační technologie - Radiofrekvenční identifikace položky pro management - Část 4: Parametry pro komunikaci na rozhraní na 2,45 GHz

ISO / IEC 18000-6:2004 Informační technologie - Radiofrekvenční identifikace položky pro management - Část 6: Parametry pro komunikaci na rozhraní od 860 MHz do 960 MHz

ISO / IEC 18000-7:2008 Informační technologie - Radiofrekvenční identifikace položky pro management - Část 7: Parametry pro aktivní komunikaci na rozhraní na 433 MHz

ISO / IEC 18046-1 Informační technologie - radiofrekvenční identifikační zařízení - metody pro zkoušení - Část 1: Zkušební metody pro výkon systému

ISO / IEC 18046-3:2007 Informační technologie - radiofrekvenční identifikační zařízení - metody pro zkoušení - Část 3: Zkušební metody pro výkon tagu

ISO / IEC TR 18047-2:2006 Informační technologie - radiofrekvenční identifikační zařízení - metody zkoušky shody - Část 2: Zkušební metody pro komunikaci na rozhraní pod 135 kHz

ISO / IEC TR 18047-3:2004 Informační technologie - radiofrekvenční identifikační zařízení - metody zkoušky shody - Část 3: Zkušební metody pro komunikaci na rozhraní na 13,56 MHz

ISO / IEC TR 18047-4:2004 Informační technologie - radiofrekvenční identifikační zařízení - metody zkoušky shody - Část 4: Zkušební metody pro komunikaci na rozhraní na 2,45 GHz

ISO / IEC TR 18047-6:2008 Informační technologie - radiofrekvenční identifikační zařízení - metody zkoušky shody - Část 6: Zkušební metody pro komunikaci na rozhraní od 860 MHz do 960 MHz

ISO / IEC TR 18047-7:2005 Informační technologie - radiofrekvenční identifikační zařízení - metody zkoušky shody - Část 7: Zkušební metody pro aktivní komunikaci na rozhraní na 433 MHz

Názvy jednotlivých norem získány a přeloženy z [11].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

2 MODUL ČTEČKY PRO RFID IDENTIFIKACI

2.1 Základní požadavky na systém

Vzhledem k omezené nosnosti vzducholodi je jedním z hlavních požadavků nízká hmotnost modulu, dále také musíme vzít v úvahu požadavek na kompaktní rozměry modulu. Vzhledem k nutnosti provozu na baterie, je také třeba přihlídnout ke spotřebě. Navrhovaný modul by měl mít dosah okolo 1m, aby byl použitelný pro naši aplikaci k určení polohy malé vzducholodi.

2.2 Výběr komponent a jejich popis

Vzhledem k těmto aspektům jsme zvolili řešení tohoto problému pomocí malé kompaktní čtečky integrované do jediného čipu. Po prostudování nabídky čipů několika výrobců a prostudování recenzí jsme se rozhodli, pro použití čipu AS3910 od firmy Austria Micro Systems, což je výkonná RFID čtečka pracující na frekvenci 13,56MHz v kompaktním pouzdře. Tato čtečka by měla komunikovat s procesorem MC9S08SE4 od firmy Freescale, jelikož právě na tomto procesoru bude založen nový řídicí systém vzducholodi. Tento procesor je pro nás tedy závazný a budeme muset využít tento, i když by se nabízeli, jiná lepší řešení.

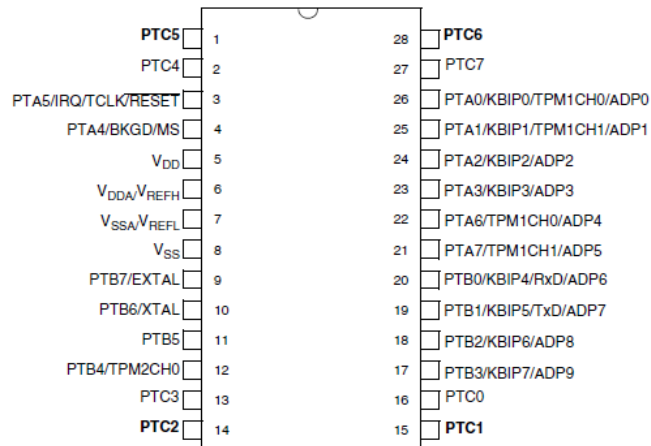
2.2.1 Mikrokontrolér (MCU)

Jak již jsem nastínil, jedná se o procesor firmy Freescale z rodiny HCS08 a to MC9S08SE4 máme k dispozici několik kousků v provedení pouzdra DIP-28, které sice není zrovna kompaktních rozměrů, ale dá se na něj bez problémů použít patice, díky které si usnadníme trochu práci při případné výměně.

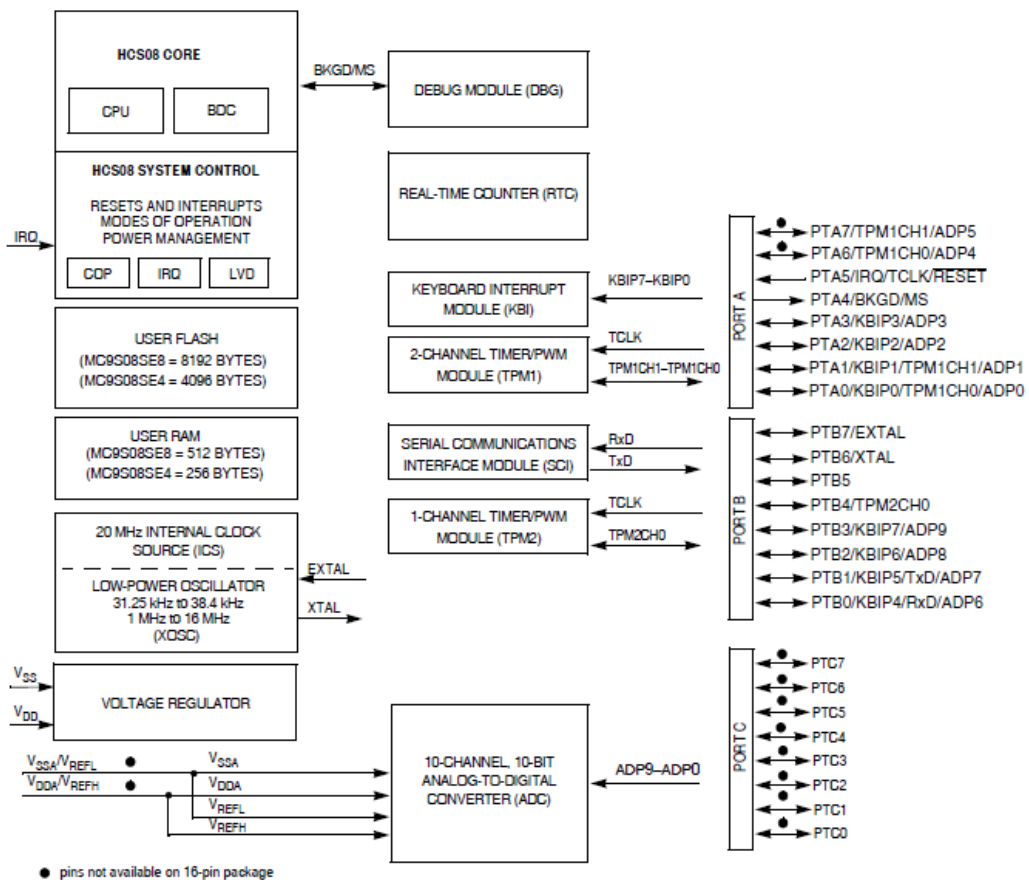
Parametry kontroléru:

- 8bitový kontrolér
- Pracovní frekvence 20MHz
- 8kB paměti flash pro program
- 512B operační paměti RAM
- Interní oscilátor
- 24 programovatelných vstupů/výstupů rozčleněných do 3 portů
- 10-ti kanálový 10-ti bitový A/D převodník

Procesor vydrží napájecí napětí až 5,8V. Programování je možné přes programátor USB BDM Multilink, který máme k dispozici, programování procesoru je možné v jazyku #C, pro překlad a ladění využijeme vývojové prostředí CodeWarrior Development Studio v10.1 od Freescale určené pro programování jejich kontrolérů. Programování probíhá přes piny 3(reset) a 4(BKGD).



Obr. 18: Zobrazení pouzdra a popis pinů MCU [14]



Obr. 19: Blokové schéma použitého MCU [14]

2.2.2 RFID reader – AS3910

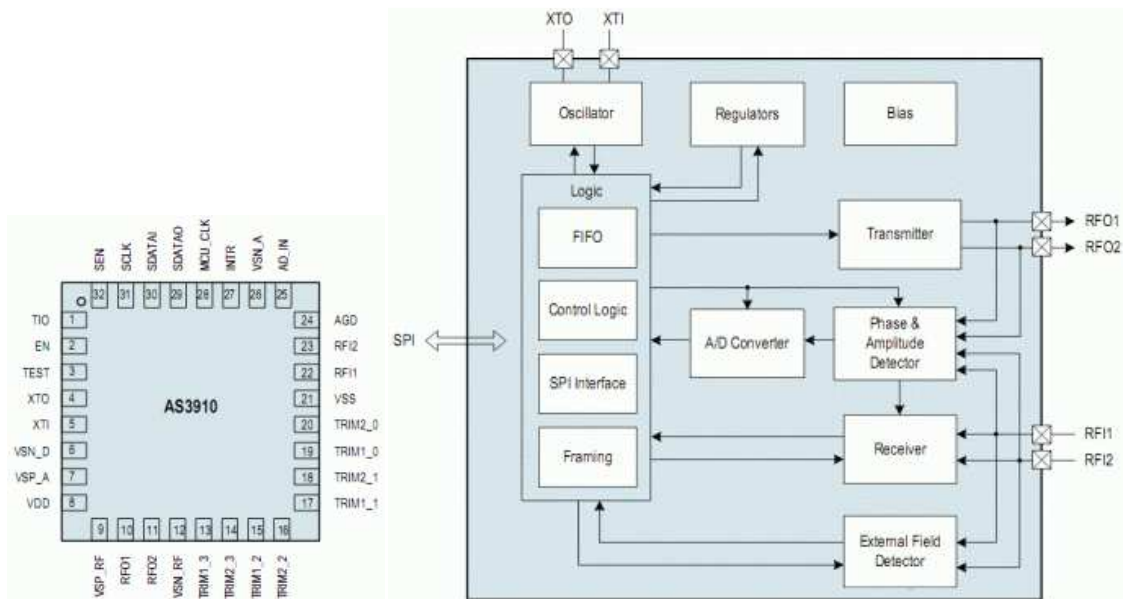
Jako čtečku jsme zvolili tento miniaturní výkonný RFID reader, který potřebuje ke svému chodu pouze několik doplňkových diskrétních součástek, mimo jiné také krystal pracující na frekvenci 13,56MHz, který slouží pro generování základní frekvence čtečky. Čtečka nám poskytuje výstupní výkon až 1W, což by mohl být dostatečný výkon pro dosažení požadované čtecí vzdálenosti. Čip pracuje při napětí od 2,4V do 3,6V. Výrobce tento čip přímo doporučuje pro aplikace napájené z baterie, kvůli jeho integrovanému řízení spotřeby.

Parametry čipu:

- 13,56MHz RFID reader
- Výstupní výkon až 1W
- Integrovaný management antény a ladění
- Podpora norem ISO14443 A a B
- AM/PM demodulátor eliminující komunikační chyby
- Diagnostika obvodu využívající 8bitový A/D převodník
- Provedení v pouzdře QFN32 (5x5mm)

Vzhledem k pouzdru QFN32 je nutno vytvořit desku fotocelou, jelikož toto zařízení máme v laboratoři k dispozici, nemusíme desku plošného spoje nikam zadávat. I přesto, bude velice obtížné tento čip zapájet právě kvůli jeho malé velikosti. Mezera mezi piny je pouhých 0,17mm, což je velice málo pro ruční pájení. Výrobce nejspíše volil tento typ pouzdra kvůli nízkým výrobním nákladům a hlavně z důvodu miniaturizace.

Na obrázku níže, je zobrazeno blokové schéma čipu, na němž můžete vidět veškeré součásti obvodu. A také kompletní vyobrazení vstupů a výstupů obvodu AS3910, některé z vyobrazených pinů si probereme blíže, jelikož jsou velice podstatné pro následující konstrukci modulu.



Obr. 20: Pouzdro čipu a popis pinů (vlevo), blokové schéma obvodu AS3910 (vpravo)[15]

2.2.2.1 Komunikace s mikrokontrolérem

Čtečka AS3910 používá pro komunikaci s procesory obousměrnou sběrnici SPI (Seriál Peripheral Interface). Tato sběrnice využívá 4 vodiče pro komunikaci.

SEN, SCLK, SDATAI, SDATAO – vývody pro připojení sběrnice SPI, toto je jediné spojení s mikrokontrolérem, pomocí kterého se obvod konfiguruje a řídí.

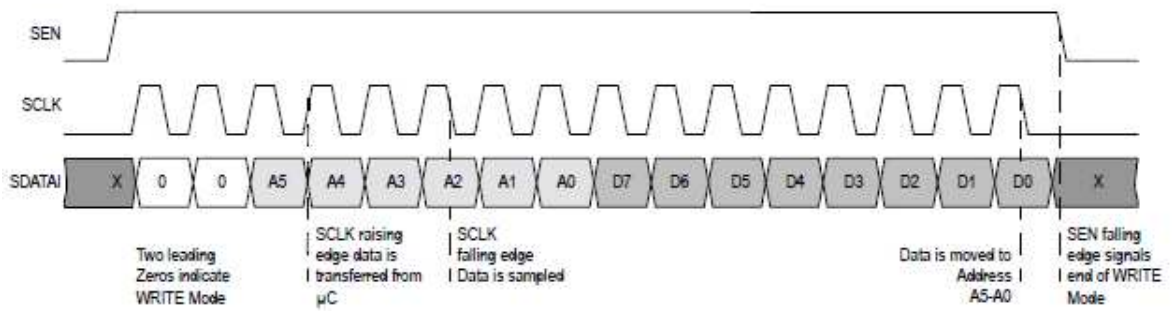
SEN SPI Enable

SDATAI Sériová komunikace příchozí data

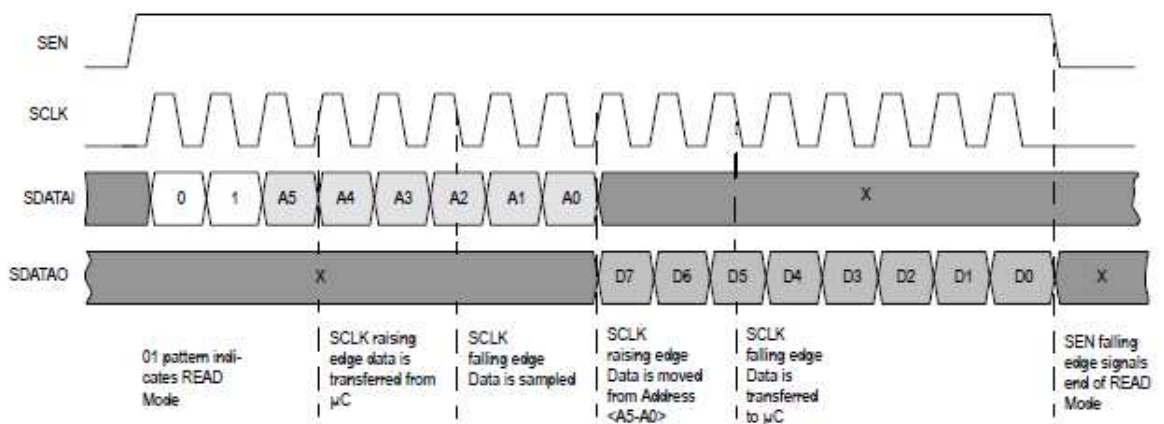
SDATAO Sériová komunikace odchozí data

SCLK Taktování komunikace procesorem

SPI sběrnice pracuje na principu MASTER – SLAVE, což znamená, že máme jeden nadřazený řídicí obvod a další obvody jsou podřízené. V našem případě budeme mít pouze jeden podřízený obvod (AS3910), čímž nám odpadá nutnost rozlišovat podřízené obvody. Pro umožnění komunikace po sběrnici, je nutné poslat na pin SEN log. 1 a tím povolíme komunikaci po sběrnici.



Obr. 21: Zápis jednoho bajtu po sběrnici SPI [15]



Obr. 22: Čtení jednoho bajtu po sběrnici SPI [15]

Sběrnice SPI je ve své podstatě posuvný registr, který si navzájem posílá data na základě požadavků zaslanych pomocí instrukcí.

Komunikace začne nastavením pinu SEN na log. 1, mikrokontrolér generuje hodinový signál na pinu SCLK, který je připojen na stejný pin podřízeného obvodu čtečky. První dva bity nám určují, o jaký typ módu se bude jednat, což je znázorněno v následující tabulce.

MODE	MODE Pattern (com. bits)							
	MODE		Register Address					
	M1	M0	C5	C4	C3	C2	C1	C0
WRITE Mode	0	0	A5	A4	A3	A2	A1	A0
READ Mode	0	1	A5	A4	A3	A2	A1	A0
FIFO Load	1	0	0	0	0	0	0	0
FIFO Read	1	0	1	1	1	1	1	1
COMMAND Mode	1	1	C5	C4	C3	C2	C1	C0

Tab. 2: Tabulka nastavovacích bitů sběrnice SPI [15]

Poté se odešle adresa registru, se kterým chceme pracovat (číst, zapisovat), a poté se buď vyšle blok dat, nebo se přijme. Sběrnice pracuje na principu výměny dat mezi registry.

Graficky znázorněný je tento proces zápisu a čtení na Obr. 20 a 21.

Inicializaci čtečky a její první nastavení provádíme pomocí COMMAND modu a instrukcí, které uvedu v tabulce níže.

Instrukce	Příkaz	Komentář
000001	Set default	Uvede obvod do základního stavu (jako po připojení napájení)
000010	Clear	Zastaví veškerou činnost a vymaže registr na výstupu
010110	Adjust regulators	Nastaví vnitřní stabilizátory napětí na optimální hodnotu
011000	Calibrate antenna	Nakalibruje anténu pomocí kondenzátorů připojených k pinům TRIMx, aby byla anténa v rezonanci
011001	Check antenna resonance	Zapíše do stavového registru 0E, informaci o kalibraci antény

Tab. 3: Instrukce pro čtečku v COMMAND MODE

2.2.2.2 Typický postup při zapnutí čtečky

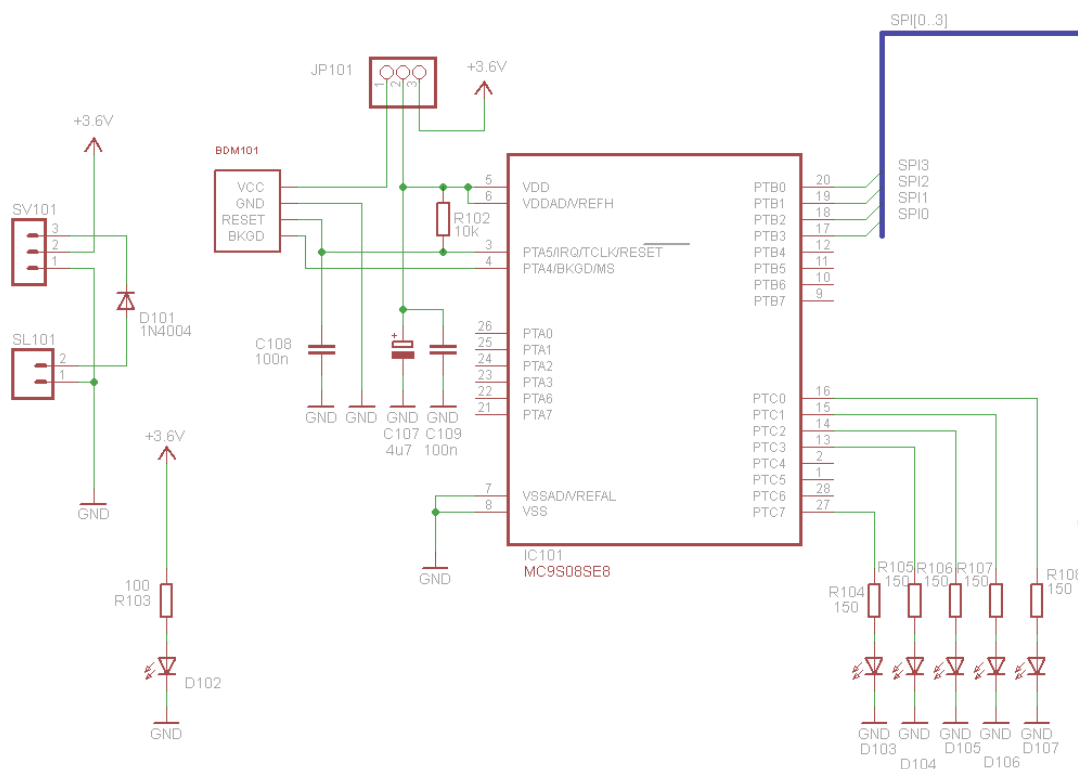
Po zapnutí napájení je čtečka ve stand-by režimu, všechny registry jsou nastaveny na 0. První krok mikrokontroléru po zapnutí je nastavení ISO módu a nastavení konfiguračního registru čtení. Stabilizátory jsou defaultně nastaveny na 3,4V pokud chceme nižší napájení, musíme odeslat instrukci pro Adjust regulators. Poté musíme provést kalibraci antény, kterou provedeme instrukcí Calibrate antenna, a následně musí být nastavena modulace pomocí Modulačního registru.

Po sekvenci těchto příkazů je čtečka připravena ke čtení.

2.3 Návrh základní desky kitu

Pro zjednodušení naší práce jsme zvolili vytvoření vývojového kitu modulu, který bude obsahovat procesor, čtečku a nezbytné součástky pro jejich provoz, následná implementace do systému vzducholodi proběhne až na základě otestování na zkušebním kitu, kterou vytvoříme pomocí programu Eagle 4.15.

2.3.1 Část s mikroprocesorem



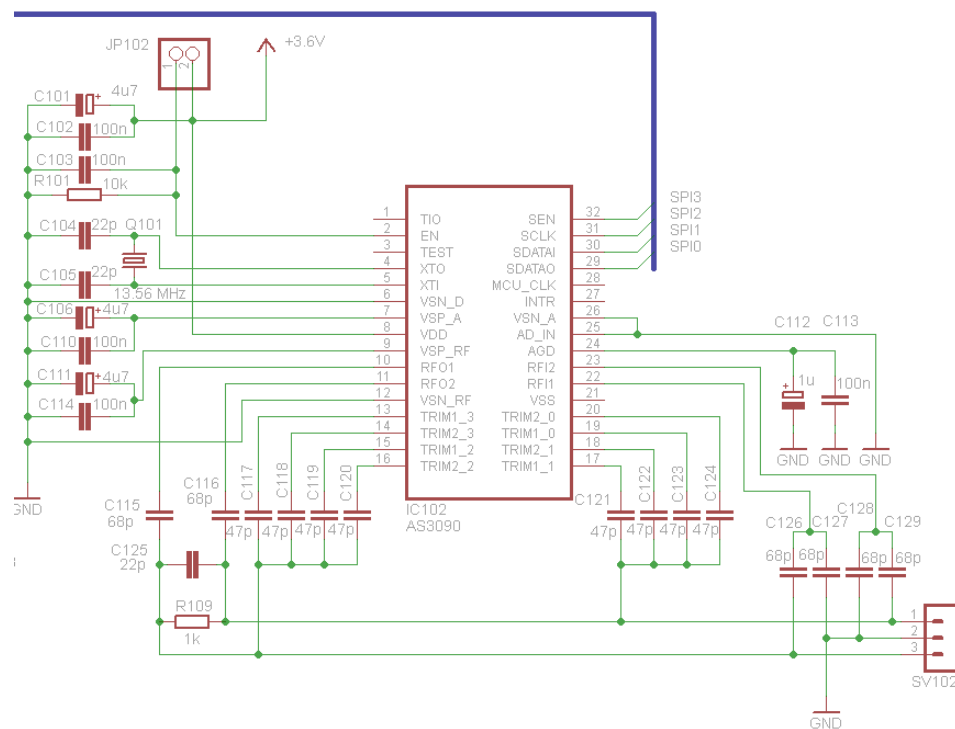
Obr. 23: Schéma části kitu s mikroprocesorem

Tato část obsahuje mikrokontrolér MC9S08SE4, navíc se také v této části nachází napájecí prvky pro celý modul. Z důvodu potřeby napájecího napětí 3,3V, bude osazen stabilizátor napětí z vyššího napětí (5-12V), pro který je připravena patice SV2. Dále se zde nachází konektor SL1 pro připojení napájení s ochranou proti přepólování. Tato část obsahuje také 6 indikačních LED:

- D104, D105, D106, D107 – budou sloužit k indikaci tagů uložených v paměti (oranžové)
- D102 – slouží k indikaci připojeného napájení (zelená)
- D103 – bude sloužit jako indikace při probíhající kalibraci (červená)

Nachází se zde i konektor BDM1 (6 pin), která slouží pro připojení programátoru pro programování procesoru, k pinu reset jsou připojeny nejnütnější součástky pro jeho správnou funkci, dle datasheetu programátoru. Konektor JP2 slouží pro přepínání napájení mezi napájením procesoru ze zdroje a napájením z programátoru. Což se nakonec v našem případě ukázalo jako špatné rozhodnutí, z důvodu, že náš programátor nepodporuje tuto funkci a proto musel být nakonec konektor proklemován. Na PTB jsou připojeny vodiče pro komunikaci po sběrnici SPI, která bude realizována pomocí programu v procesoru.

2.3.2 Část se čtečkou AS3910



Obr. 24: Schéma části kitu se čtečkou AS3910

Tato část obsahuje samotnou čtečku AS3910 a její nejnnutnější součástky pro provoz, které jsou uvedeny v datasheetu. Včetně krystalu pracujícího na frekvenci 13,56MHz, který slouží jako oscilátor pro vnitřní obvody čtečky. V horní části je vidět sběrnice SPI, která vede do mikrokontroléru. Mimo jiné zde máme konektor JP1, který slouží pro zastavení čipu při odlaďování modulu. Konektor SV1 slouží pro připojení antény.

2.3.2.1 Nepoužité piny čtečky

INTR	Interrupt request output
MCU_CLK	Synchronizace frekvence čtečky a procesoru
TIO	Test I/O pin
TEST	Test INPUT

Nezapojením synchronizace vzroste sice možnost rušení mezi procesorem a čtečkou, nicméně je třeba vytvořit odolný návrh vůči rušení z důvodu umístění driverů motorů na základní desce.

2.3.2.2 Zapojení pinů čtečky

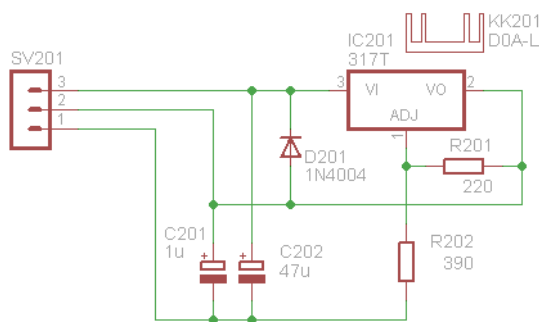
Pin	Zkratka	Účel	Zapojení
1	TIO	I/O Pro testování obvodu	Nezapojovat (je tristate)
2	EN	Enable input	Přes DIL SWITCH na +Vdd
3	TEST	Přepnutí do testovacího režimu	Na Vss
4	XTO	Analogový výstup pro krystal	Krystal 13.56 MHz
5	XTI	Analogový vstup pro krystal	Krystal 13.56 MHz
6	VSN_D	Digitální zem	Digitální zem
7	VSP_A	Analogové napájení	Blokovat kondenzátorem proti VSN_A (2,2 μ + 10 n)
8	VDD	Napájení	+ 3,6 V

9	VSP_RF	VF napájení	Blokovat kondenzátorem proti VSN_RF (2,2 μ + 10 n)
10	RFO1	Anténní výstup	
11	RFO2	Anténní výstup	
12	VSN_RF	VF zem	Zem vysokofrekvenčního obvodu
13	TRIM1_3	Analogový vstup	Trimování antény pomocí kondenzátoru
14	TRIM2_3	Analogový vstup	Trimování antény pomocí kondenzátoru
15	TRIM1_3	Analogový vstup	Trimování antény pomocí kondenzátoru
16	TRIM2_2	Analogový vstup	Trimování antény pomocí kondenzátoru
17	TRIM1_1	Analogový vstup	Trimování antény pomocí kondenzátoru
18	TRIM2_1	Analogový vstup	Trimování antény pomocí kondenzátoru
19	TRIM1_0	Analogový vstup	Trimování antény pomocí kondenzátoru
20	TRIM2_0	Analogový vstup	Trimování antény pomocí kondenzátoru
21	VSS	Zem	Digitální zem, zde propojit ostatní země
22	RFI1	Vstup přijímače	Analogový vstup přijímače
23	RFI2	Vstup přijímače	Analogový vstup přijímače
24	AGD	Pomocná analogová zem o potenciálu 1,5 V	Blokovat kondenzátorem proti Vss (1 μ + 10 n)
25	AD_IN	Vstup převodníku	A/D Na zem
26	VSN_A	Analogová zem	Analogová zem – spojit s Vss na pinu 21
27	INTR	Požadavek na interrupt	Nezapojovat
28	MCU_CLK	Taktování procesoru čtečkou	Nezapojeno
29	SDATAO	Digitální výstup	Sběrnice SPI – budí čtečka

30	SDATAI	Digitální vstup	Sběrnice SPI – budí procesor
31	SCLK	Hodiny sběrnice	Sběrnice SPI – budí procesor
32	SEN	Aktivace SPI	Sběrnice SPI – budí procesor

Tab. 4: Tabulka zapojení jednotlivých pinů čtečky

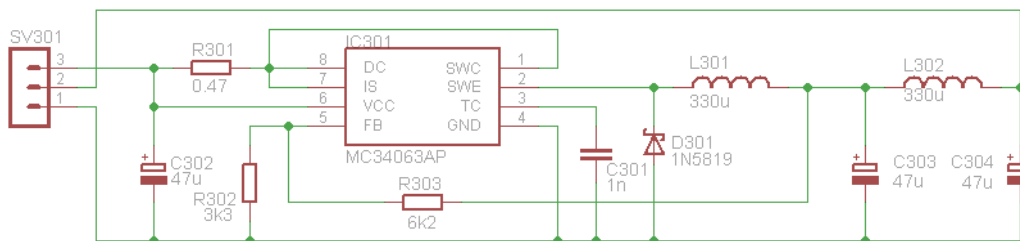
2.4 Zapojení analogového stabilizátoru



Obr. 25: Schéma zapojení modulu analogového stabilizátoru

Analogový stabilizátor stabilizuje napětí na cca 3,5 V, aby bylo dále možné použít stabilizátor v čtečce, který vyžaduje napěťový úbytek asi 0,25 V. Odběr proudu se předpokládá do 0,4 A. Pro mezní napětí 12 V musí být zaručena výkonová ztráta 3,5 W. Použijeme známý stabilizátor LM317 v pouzdře TO220. Pro kombinaci odporů 220 Ω a 390 Ω včetně započtení chyby vzniklé řídicím proudem 100 μ A vychází stabilizační napětí na 3,509 V. Vstup blokuje kondenzátorem 47 μ F, výstup kondenzátorem 1 μ F.

2.5 Zapojení spínaného stabilizátoru



Obr. 26: Schéma zapojení modulu spínaného stabilizátoru

Spínaný stabilizátor je zapojen s obvodem MC34063 podle datasheetu výrobce. Odtud jsou vybrány i potřebné hodnoty součástek.

Mezní parametry jsou:

- Rozsah vstupních napětí 5 – 15 V
- Výstupní napětí 3,5 V
- Odběr proudu maximálně 400 mA
- Pracovní frekvence min. 30 kHz

2.6 Anténa 13,56MHz

Návrh antény byl převzat z nákresu jiné PCB zařízení pracujícího na stejné frekvenci, z tohoto důvodu jsme se nezabývali jejím návrhem. Nákres této antény naleznete v Příloze 10.

2.7 Řídící program

Po dlouhém přemýšlení jak by mohl program, pracovat jsme zvolili níže uvedené řešení, kde se nejdříve provádí inicializace čtečky, poté kalibrace antény a nakonec probíhá nekonečný cyklus čtení a vždy rozsvícení příslušné LED.



Obr. 27: Vývojový diagram programu

Program je napsán v jazyce C upraveném pro použití v těchto procesorech. Použili jsme vývojové prostředí CodeWarrior Development Studio od Freescale. Jelikož použitý procesor přímo neobsahuje rozhraní pro komunikaci po SPI sběrnici, musíme toto řešit softwarově.

Program se skládá z několika základních funkcí, které si popíšeme:

AS3910_Init – funkce zajišťující inicializaci obvodu, nastavení potřebných registrů, kalibrace antény

spiWrite – podpůrná funkce pro zápis hodnot na sběrnici SPI, včetně generování hodinového signálu

spiRead – podpůrná funkce pro čtení hodnot na sběrnici SPI, včetně generování hodinového signálu

ReadRFID_FIFO – funkce zajišťující načtení do paměti

CompareTags – funkce zajišťující porovnání načtených tagů z tagy uloženými v paměti

2.7.1 AS3910_Init

V této funkci se pomocí pomocné funkce spiWrite provádí inicializace čipu, při provádění této sekvence příkazů svítí kalibrační červená LED. Příkazy, které používáme, jsou definovány v datasheetu čtečky. Postupně se provedou tyto příkazy odeslané po sběrnici SPI do čtečky.

spiWrite(0b00000001);	Nastavení ISO modu na ISO 14443A
spiWrite(0b11000010);	Vyčistí registr FIFO
spiWrite(0b11010110);	Nastaví regulátory obvodu
spiWrite(0b11011000);	Kalibrace antény
spiWrite(0b01001110);	Ověření kalibrace

Po posledním příkazu se přečte z registru 0xF7 stav kalibrace. Pokud je úspěšná kalibrační LED zhasne.

2.7.2 ReadRFID_FIFO

V této části kódu se provede vytvoření pole o velikosti 4 bajty, pro uložení 32 bitového unikátního kódu tagů. A jejich načtení pomocí funkce spiRead a následné uložení. Po tomto cyklu program pokračuje k další funkci.

2.7.3 CompareTags

V této části se kontroluje, zdali bylo vytvořeno pole a v něm uloženy data, pokud ano přechází se k porovnávání načteného tagu s uloženými.

Celý program pro MCU je k dispozici v přílohách této práce.

2.8 Oživení systému

Při ožívování systému jsme se potýkali s nemalými obtížemi. Nejdříve se nám nedařilo naprogramovat procesor. Z neznámého důvodu jsme se stále snažili procesor naprogramovat, nicméně programátor hlásil neustále, že je odpojen. Poté jsme vyjmuli procesor z kitu a snažili se jej naprogramovat za pomoci nepájivého pole a programátoru s využitím nejdůležitějších součástek pro provoz. V této fázi při neúspěšném pokusu o programování se z ničeho nic první procesor začal přehřívat a z tohoto důvodu jsme usoudili, že je vadný. Naštěstí jsme měli k dispozici další kus tohoto procesoru. Po výměně jsme konečně dostali program do procesoru za pomoci provizorní konstrukce v nepájivém poli.

Po osazení zpět do vyrobeného kitu, problém přetrvával a programátor se hlásil jako odpojený. Po podrobném zkoumání datasheetu programátoru jsme přišli na to, že nelze náš programátor (USB BDM Multilink) využít pro napájení procesoru tak jako bylo původně v plánu s používáním konektoru JP01. Takže tento konektor bylo nutné proklemovat a tímto jsme odstranili problém s hlášením o odpojeném programátoru.

Po těchto prvotních problémech začalo probíhat testování na vyrobeném kitu s osazeným stabilizátorem. Po několika měřeních jsme zjistili, že čtečka nechce komunikovat po sběrnici SPI. Po dalších pokusech s programem a měření výstupních dat z procesoru na pinu SDATA0 a sledování odezvy čtečky na pinu procesoru SDATA1 za pomoci osciloskopu. Usoudili jsme, že bude nejspíše zničený čip AS3910 vzhledem k jeho malé velikosti a složitosti pájení. Proto jsme se rozhodli daný čip vyměnit.

Po výměně čipu přetrvává stav, že čtečka odmítá jakkoli komunikovat s procesorem. Tudíž se systém nepodařilo oživit.

Z důvodu nedostatku času není možné zjistit příčinu způsobeného problému a není tedy možné provést měření spolehlivosti s anténou a RFID tagy.

2.9 Nasazení systému pro orientaci malé vzducholodi

Po prostudování dané problematiky, jsem zjistil, že teoretické znalosti, nemusí vždy znamenat úspěch. Nasazení tohoto systému teoreticky možné je, dosah RFID čteček se pohybuje i přes hranici potřebného 1m pro naši malou vzducholod'. Bohužel, z důvodu nefunkčnosti naší čtečky nemůžu toto nasazení podložit dosaženými výsledky a měřeními. Takže teoretická možnost nasazení tohoto systému tu je, ovšem vzhledem k technologickým náročnostem výrobních procesů se nám to nepodařilo prokázat. Především ruční pájení tak malého čipu je velice náročné a sebemenší nepřesnost znamená propojení sousedících cest, což představuje nutnou opravu a každá oprava velice zahřívala čip. Nemůžeme tedy vyloučit jeho zničení již ve fázi pájení.

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo probrat problematiku RFID, shrnout nabídku na trhu a navrhnout kit pro možnost orientace malé vzducholodi s kompaktními rozměry a nízkou spotřebou, pokud možno co nejlevněji. Průmyslové výkonné a jiné komerčně dodávané čtečky jsou cenově nedostupné a nevhodné pro naše nasazení. Proto byla zvolena kompaktní čtečka v jednom pouzdře pro použití s mikrokontrolérem. Dosavadní testování systému se nedostalo bohužel do fáze oživení čtečky, z důvodů možného zničení při pájení a nedostatku času. Na čtecím zařízení bude vývoj pokračovat, aby mohlo být použita pro nasazení na vzducholodi. V této práci jsem prozkoumal možnosti RFID technologie jako celku, zjistil jsem současnou nabídku na trhu. Práce vedla k prohloubení znalostí v oblasti návrhu systémů, programování mikrokontrolérů a v neposlední řadě také v oblasti ladění. Tato práce zahrnovala spoustu technologických i praktických částí a bude mi přínosem pro další navrhování obvodů. I přes neúspěch v oblasti oživení doufám, že se zařízení nakonec podaří zprovoznit a bude možné jej nasadit v systému vzducholodi.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

Aim of this study was to discuss the issue of RFID, to summarize offer on the market and how to in the cheapest way put forward KIT for orientation of airship the smallest with compact extensions and low consumption.

Industrial efficient and other imported commercial scanners (readers) are prohibitively expensive and unsuitable for our use. In this case, we have chosen compact scanner in one case for microcontroller usage. Unfortunately, present testing of system had not got to period of galvanization of scanner for reason of possible destruction during feeding and because of the lack of time. The development of scanner will continue to use the scanner on the airships. In this work, I explored the possibilities of RFID technology as a complex; I find the present offer on the market. The thesis has led to increasing of knowledge in the field of system design, microcontroller programming and last but not least, in tune. This work included a lot of technological and practical parts, and I will be benefit of designing circuits. The failure in recovery of reader is, I hope, that the device put eventually into operation and will be used in airship system.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ROBERTI, Mark. The History of RFID Technology. *RFID Journal* [online]. 2005, 0, [cit. 2011-04-21]. Dostupný z WWW: <<http://www.rfidjournal.com/article/print/1338>>.
- [2] OŠMERA, Jiří. RFID - nové možnosti nejen v logistice 1. část. *IT Systems* [online]. 2004, 7-8, [cit. 2011-04-21]. Dostupný z WWW: <<http://www.systemonline.cz/clanky/rfid-nove-moznosti-nejen-v-logistice-1-cast.htm>>.
- [3] OŠMERA, Jiří. RFID - nové možnosti nejen v logistice 2. část. *IT Systems* [online]. 2004, 9, [cit. 2011-04-21]. Dostupný z WWW: <<http://www.systemonline.cz/clanky/rfid-nove-moznosti-nejen-v-logistice-2-cast.htm>>.
- [4] Radio Frequency Identification (RFID): Solutions without a Barrier. *Calsoftlabs* [online]. 2009, 0, [cit. 2011-04-21]. Dostupný z WWW: <<http://www.calsoftlabs.com/whitepapers/rfid-technology.html>>.
- [5] Aktivní RFID - REPSALE RFID Now. *Neotec* [online]. 2009, 0, [cit. 2011-04-21]. Dostupný z WWW: <http://www.neotec.cz/idsys/rfid/rfid_aktivni.php#aktivni>.
- [6] RFID - Radio Frequency IDentification. *Siemens* [online]. 2007, 0, [cit. 2011-04-21]. Dostupný z WWW: <http://itsolutions.siemens.cz/web/topics/main_topic6>.
- [7] SOMMEROVÁ, Martina. *Základy RFID technologií* [online]. Ostrava : VSB, 2008. 32 s. Vyučovací materiál. VŠB-TU Ostrava. Dostupné z WWW: <http://rfid.vsb.cz/miranda2/export/sites-root/rfid/cs/okruhy/informace/RFID_pro_Logistickou_akademii.pdf>.
- [8] *Identifikační systémy* [online]. 2002-2010 [cit. 2011-04-24]. LUX-IDENT. Dostupné z WWW: <<http://www.lux-ident.com/>>.
- [9] BLITSHTEYN, Mark . Mastering RFID. *PFFC : Paper, film & foil converter* [online]. 2005, 0, [cit. 2011-04-24]. Dostupný z WWW: <http://pffc-online.com/mag/mastering_rfid_1005/>.
- [10] *RFID Portál* [online]. 2006 [cit. 2011-04-24]. RFID Portál. Dostupné z WWW: <<http://www.rfidportal.cz/>>.

- [11] *International Standards* [online]. 2011 [cit. 2011-05-14]. International Standards. Dostupné z WWW: <<http://www.iso.org>>.
- [12] *Mobilita pro vaše data* [online]. 2009 [cit. 2011-05-15]. Kodys. Dostupné z WWW: <<http://www.kodys.cz/>>.
- [13] AS3910. RFID Reader IC Datasheet, Austria Microsystems, 2009 AS3910 výkonný RFID reader. Pandatron.cz [online]. 2009, no. 9, [cit. 2011-02-03]. Dostupný z WWW: [http://pandatron.cz/?976&as3910_%96_vykonny_rfid_reader].
- [14] MC9S08SE4 Datasheet. *Freemicrocontroller* [online]. 4/2009, 0, [cit. 2011-05-15]. Dostupný z WWW: <http://www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/data_sheet/MC9S08SE4.pdf>.
- [15] AS3910. RFID Reader IC Datasheet, Austria Microsystems, 2009 AS3910 výkonný RFID reader. Pandatron.cz [online]. 2009, no. 9, [cit. 2011-02-03]. Dostupný z WWW: [http://pandatron.cz/?976&as3910_%96_vykonny_rfid_reader].
- [16] BROWN, Dennis E. RFID implementation. New York : McGraw-Hill, 2007. 466 s. ISBN 0-07-226324-5.
- [17] RANASINGHE, Damith C; SHENG, Quan Z; ZEADALLY, Sherali. Unique radio innovation for the 21st century : building scalable and global RFID networks. Berlin : Springer, 2010. 459 s. ISBN 978-3-642-03462-6.
- [18] VÁŇA, Vladimír. Začínáme s mikrokontroléry HC08 Nitron. 1. Vyd. Praha: BEN ? technická literatura, 2003. 96 s., CD. ISBN 80-7300-124-1.
- [19] VAŠEK, V., VAŠEK, L. Programování mikropočítačů. 1. Vyd., VUT Brno, 1190. 97 s.
- [20] CPU08 . Central Processor Unit Reference Manual. Motorola, 2001

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

RFID	Radio-frequency identification
IFF	Identify friend or foe
UHF	Ultra high frequency
HF	High frequency
LF	Low frequency
RF	Radio-frequency
EAN	International Article Number
EPC	Electronic product code
ASK	Amplitude-Shift Keying
FSK	Frequency Shift Keying
RO	Read only
RW	Read write
PETG	Polyethylene terephthalate
PVC	Polyvinylchlorid
ABS	Acrylonitrile butadiene styrene
PCB	Printed circuit board
IP	Ingress Protection
WIFI	Wireless fidelity
MCU	Microcontroller unit
RAM	Random access memory
DIP	Dual-inline package
USB	Universal seriál bus
A/D	Analog/digital
ISO	Internacional organization for standartization

IEC Internacional Electrotechnical Commission

TR Technical report

SPI Seriál Peripheral Interface

LED Light emitting diode

FIFO First IN first OUT

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Struktura EPC dle standardu [6].....	15
Obr. 2: Nákres principu fungování pasivního RFID [4].....	16
Obr. 3: Ukázka modulace ASK a FSK využívané u RFID.....	16
Obr. 4: Ukázka aktivního tagu s měřením teploty [5]	17
Obr. 5: Nákres principu fungování aktivního RFID [4]	18
Obr. 6: COIN tagy [8].....	20
Obr. 7: Diskové tagy [8]	20
Obr. 8: Složení a ukázka Smart Label [9].....	21
Obr. 9: Ukázka čipu typu Wristband [8].....	21
Obr. 10: Ukázka provedení karet Smart card [8].....	22
Obr. 11: Ukázka PCB tagu [8].....	22
Obr. 12: Glass tag [8].....	23
Obr. 13: RFID přepravka používaná firmou Penam a.s. [10].....	23
Obr. 14: Stacionární čtečka MOTOROLA XR480 [12].....	26
Obr. 15: Malá kompaktní čtečka EMS element určená pro připojení k dokovacímu terminálu nebo počítači [12].....	26
Obr. 16: Mobilní terminál Motorola MC9090-G včetně WIFI připojení [12]	27
Obr. 17: Integrovaná čtečka v jednom pouzdře (AS3910)	27
Obr. 18: Zobrazení pouzdra a popis pinů MCU [14].....	33
Obr. 19: Blokové schéma použitého MCU [14]	33
Obr. 20: Pouzdro čipu a popis pinů (vlevo), blokové schéma obvodu AS3910 (vpravo)[15].....	35
Obr. 21: Zápis jednoho bajtu po sběrnici SPI [15]	36
Obr. 22: Čtení jednoho bajtu po sběrnici SPI [15]	36
Obr. 23: Schéma části kitu s mikroprocesorem	38
Obr. 24: Schéma části kitu se čtečkou AS3910.....	39
Obr. 25: Schéma zapojení modulu analogového stabilizátoru	42
Obr. 26: Schéma zapojení modulu spínaného stabilizátoru.....	42
Obr. 27: Vývojový diagram programu	44

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Srovnání používaných frekvencí pro RFID.....	24
Tab. 2: Tabulka nastavovacích bitů sběrnice SPI [15]	37
Tab. 3: Instrukce pro čtečku v COMMAND MODE	37
Tab. 4: Tabulka zapojení jednotlivých pinů čtečky	42

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: Program pro MCU v C

PŘÍLOHA P II: Schémata, desky plošných spojů a osazovací plány

Příloha 1: Schéma hlavní desky kitu.....	65
Příloha 2: Plošný spoj hlavní desky kitu.....	66
Příloha 3: Osazovací plán hlavní desky kitu.....	66
Příloha 4: Schéma analogového stabilizátoru	66
Příloha 5: Plošný spoj analogového stabilizátoru	67
Příloha 6: Osazovací plán analogového stabilizátoru	67
Příloha 7: Schéma spínaného stabilizátoru	67
Příloha 8: Plošný spoj spínaného stabilizátoru	68
Příloha 9: Osazovací plán spínaného stabilizátoru	68
Příloha 10: Plošný spoj antény.....	68
Příloha 11: Osazený KIT se spínaným stabilizátorem při ladění v laboratoři	69

PŘÍLOHA P I: PROGRAM PRO MCU V C

```
#include <hidef.h> /* for EnableInterrupts macro */

#include "derivative.h" /* include peripheral declarations */

// #include "MCUinit.h"

#ifdef __cplusplus

extern "C"

#endif

void MCU_init(void); /* Device initialization function declaration */

/* master clock - output with pull up */

#define SCLK_BB PTBD_PTBD0

/* master output data - output with pull up*/

#define MOSI_BB PTBD_PTBD1

/* master input data - input */

#define MISO_BB PTBD_PTBD2

/* master SELECT - output with pull up*/

#define SS_BB PTBD_PTBD3

/* output data, no pull up */

#define LED_KALIB PTCD_PTCD7

#define LED0 PTCD_PTCD1

#define LED1 PTCD_PTCD2

#define LED2 PTCD_PTCD3

#define LED3 PTCD_PTCD0
```

```

unsigned char Znak, Tag_no, I, J, Nalezeno;

unsigned char Tag[4][4] = {"XXXX", "XXXX", "XXXX", "XXXX"} ;

unsigned char FifoStore[8][4];

void Delay(unsigned long time) {
    unsigned long i;
    unsigned int j;
    for (i=0; i<time; i++)
        for (j=0; j<10000; j++)
            {;}
}

void spiWrite(unsigned char regData) {
    char bitOut;

    int SPICount;           // Counter used to clock out the data

    SS_BB = 1;             // SPI Enable

    SCLK_BB = 0;           // and CK low

    for (SPICount = 0; SPICount < 8; SPICount++) // Prepare to clock out the Address byte
    {
        bitOut = regData && 0x80;

        MOSI_BB = bitOut;

        SCLK_BB = 1;       // Toggle the clock line

        SCLK_BB = 0;
    }
}

```

```

    regData = regData << 1;           // Rotate to get the next bit
}                                     // and loop back to send the next bit

MOSI_BB = 0;
}

unsigned char spiRead(void){
    char bitIn;
    int SPICount;                     // Counter used to clock out the data
    unsigned char SPIData = 0;        // Define a data structure for the SPI data.

    for (SPICount = 0; SPICount < 8; SPICount++) // Prepare to clock out the Address byte
    {
        SCLK_BB = 1;                 // Toggle the clock line
        SCLK_BB = 0;
        bitIn = MISO_BB;
        bitIn = 0xFE && bitIn;
        SPIData = SPIData << 1;      // Rotate to prepare space for the next bit
        SPIData = SPIData && bitIn;
    }                                 // and loop back to read the next bit
    return(SPIData);
}

void AS3910_Init(void) {
    unsigned char Answer;

```

```

    LED_KALIB = 1;                // Switch ON the Calibration LED

    /* switch on oscillator and voltage regulator */

    spiWrite(0b00000001);        // Write Reg01

    spiWrite(0b11000000);        // en=1,rx_en=1

    /* alternatively spiWrite(0b11010000); // en=1,rx_en=1,tx_en=1 */

    SS_BB = 0;                    // SPI Disable

    /* setting, adjusting and calibration */

    Delay(1);                     // Delay

    spiWrite(0b11000010);        // Clear

    Delay(1);                     // Delay

    spiWrite(0b11010110);        // Adjust regulators

    Delay(5);                     // Delay

    spiWrite(0b11011000);        // Calibrate antenna

    Delay(1);                     // Delay

    /* calibration check */

    spiWrite(0b01001110);        // Read Reg0E

    Answer = spiRead();          // read content of Antenna cal register

    if ( (Answer && 0xF7) == 0 )

        LED_KALIB = 0;            // Switch OFF the Calibration LED

    SS_BB = 0;                    // SPI Disable

    /* in unsuccessful case the LED will light */

} // end of AS3910_Init

```

```

void ReadRFID_FIFO(void){
    unsigned char PomI, PomJ;

    spiWrite(0b10111111);          // Read FIFO

    for (PomI=0; PomI< 8; PomI++){    // 8 x 4 bytes in FIFO
        for (PomJ=0; PomJ<4; PomJ++){    // for 4 bytes (32 bits of code)
            FifoStore[PomI][PomJ]= spiRead();
        }
    }

    SS_BB = 0;                    // SPI Disable
} // end of ReadRFID_FIFO

```

```

void CompareTags(void){
    unsigned char PomI, PomJ, Bingo, FifoZero;

    for (PomI=0; PomI< 4; PomI++){    // for 4 stored tags
        Bingo = 1;
        FifoZero = 1;
        for (PomJ=0; PomJ<4; PomJ++){    // for 4 bytes (32 bits of code)
            if (FifoStore[0][PomJ] != 0 )
                FifoZero = 0;          // the nulls are ignored
            if (Tag[PomI][PomJ] != FifoStore[0][PomJ] ){
                Bingo = 0;
                break;
            }
        }
    }
}

```

```

if (Bingo == 0 && Tag[PomI]=="XXXX" && FifoZero != 0){ // new tag
    for (PomJ=0; PomJ<4; PomJ++){ // for 4 bytes (32 bits of code)
        Tag[PomI][PomJ] = FifoStore[0][PomJ];
    }
    Bingo = 1;
}
if (Bingo)
    switch (PomI) {
    case 0:
        LED0 = 1; // Switch LED ON
        break;
    case 1:
        LED1 = 1; // Switch LED ON
        break;
    case 2:
        LED2 = 1; // Switch LED ON
        break;
    case 3:
        LED3 = 1; // Switch LED ON
        break;
    default:
        break;
    }
}
} // end of ReadRFID_FIFO

```

```

void main(void) {

    MCU_init(); /* call Device Initialization */

    LED_KALIB = 0;

    LED0 = 0;

    LED1 = 0;

    LED2 = 0;

    LED3 = 0;                // no LED light

    AS3910_Init(); /* RFID Tags Reader Initialization */

    for(;;) {

        /* __RESET_WATCHDOG(); By default COP is disabled with device init. When
enabling, also reset the watchdog. */

        LED0 = 0; /* no light */

            LED1 = 0; /* no light */

            LED2 = 0; /* no light */

            LED3 = 0; /* no light */

            ReadRFID_FIFO();                // Read the FIFO from Reader */

            CompareTags();

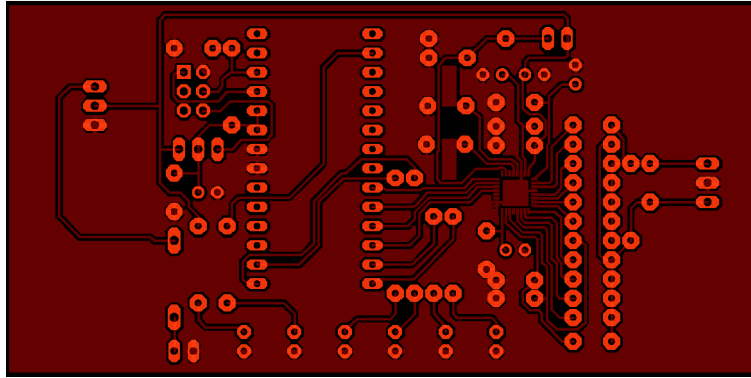
            Delay(10000);

    } /* loop forever */

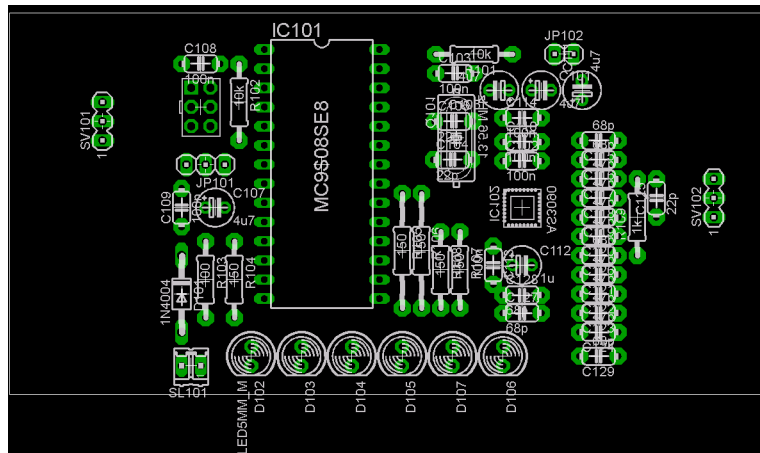
```

```
/* please make sure that you never leave main */
```

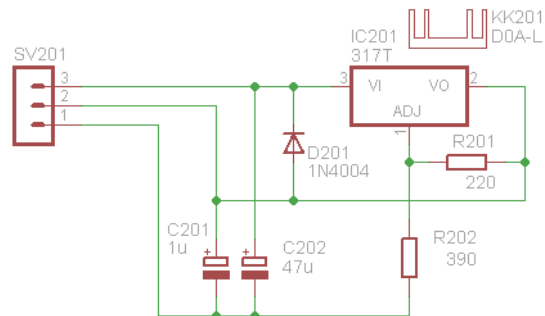
```
}
```

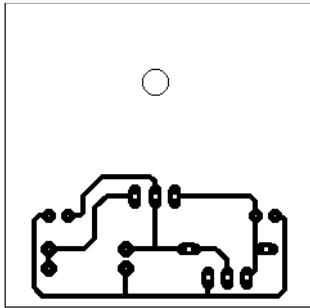
Příloha 2: Plošný spoj hlavní desky kitu



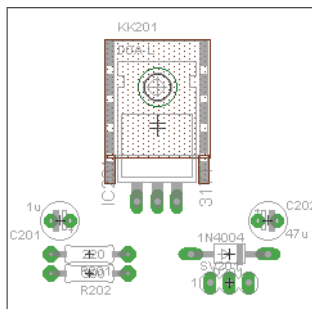
Příloha 3: Osazovací plán hlavní desky kitu



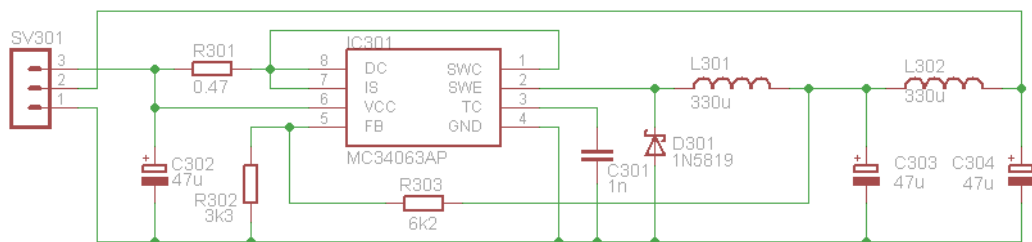
Příloha 4: Schéma analogového stabilizátoru



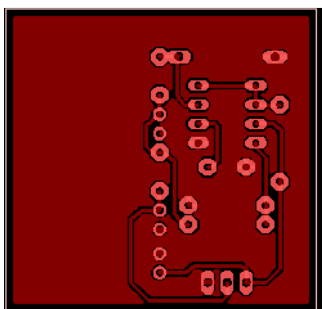
Příloha 5: Plošný spoj
analogového
stabilizátoru



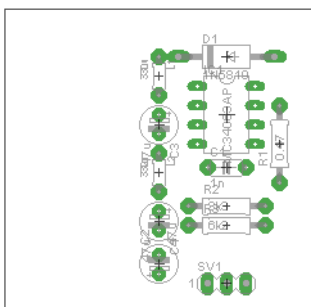
Příloha 6: Osazovací
plán analogového
stabilizátoru



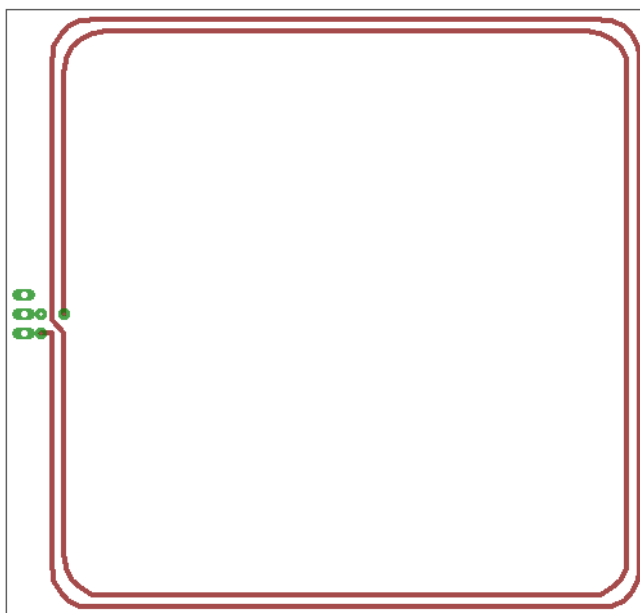
Příloha 7: Schéma spínaného stabilizátoru



Příloha 8: Plošný spoj
spínaného stabilizátoru



Příloha 9: Osazovací plán
spínaného stabilizátoru



Příloha 10: Plošný spoj antény



Příloha 11: Osazený KIT se spínaným stabilizátorem při ladění v laboratoři