



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

REALIZACE OVLÁDÁNÍ ELEKTRICKÉHO ZÁMKU

REALIZATION OF THE ELECTRONIC LOCKS CONTROL BOARD

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. Martin Bubák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Ondřej Čožík

BRNO 2016



Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Mikroelektronika a technologie**

Ústav mikroelektroniky

Student: Ing. Martin Bubák

ID: 115466

Ročník: 3

Akademický rok: 2015/16

NÁZEV TÉMATU:

Realizace ovládání elektrického zámku

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Student během bakalářské práce prostuduje možnosti realizace ovládání elektrického zámku umožňujícího bezdrátovou RF komunikaci s nadřazeným řídicím systémem. Elektronický zámek bude primárně otevírán pomocí RFID čipové karty a stavové informace bude následně odesílat přes RF síť. Ovládat zámek bude možné, také pomocí RF sítě. Tato vlastnost bude uživatelsky nastavitelná. Druhá část práce se bude zabývat samotným návrhem desky plošného spoje a tvorbou programového vybavení pro ovládání elektrického zámku, kterou lze propojit se zámky dostupnými na trhu. Výstupem bakalářské práce bude kompletní dokumentace k navržené desce plošného spoje, spolu s detailním popisem funkce zařízení a implementovaného programového vybavení.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 8.2.2016

Termín odevzdání: 2.6.2016

Vedoucí práce: Ing. Ondřej Čožík

Konzultant bakalářské práce:

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

Bakalářská práce se zabývá návrhem ovládání elektrického zámku s použitím technologie RFID.

V první části této práce je uveden popis funkce technologie RFID. Jsou uvedeny výhody RFID a také její rozdělení. Dále budou popsány různé typy elektrických zámků, které lze použít.

Ve druhé části je popsán návrh elektroniky RFID. Je uveden popis řídicího mikrokontroléru a jeho zapojení se čtecí částí RFID a také se spínací částí elektrického zámku. V této části je také uveden popis návrhu desky plošných spojů pro řídicí zařízení a pro RFID modul.

Poslední část se věnuje programovému vybavení mikrokontroléru. Jsou zde uvedena bloková schémata vytvořeného programu a popis bezdrátové komunikace a rozhraní UART.

KLÍČOVÁ SLOVA

RFID, bezdrátová komunikace, elektrický zámek, mikrokontrolér

ABSTRACT

The bachelor's thesis deals with design of a control for electrical lock using the RFID technology.

In the first part of this project is stated a description of the function of the RFID technology. There are described advantages of the RFID and also its classification. Further, will be described various types of electrical locks which can be used.

The second part of the project is describing design of RFID electronics. There is stated specification of control microcontroller and its wiring with the RFID reading part and also with the switching part of the electrical lock. In this part is also listed description of design of circuit boards for control appliance and for RFID module.

The last part of the project is dedicated to the software of microcontroller. There are stated block diagrams of created program and description of wireless communication and UART interface.

KEYWORDS

RFID, wireless communications, electronic lock, microcontroller

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BUBÁK, M. *Realizace ovládání elektrického zámku*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav mikroelektroniky, 2016. 41 s., 11 s. příloh. Bakalářská práce. Vedoucí bakalářské práce Ing. Ondřej Čožík.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Realizace ovládání elektrického zámku 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 2. června 2016

.....

Martin Bubák

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Ondřeji Čožíkovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

OBSAH

Úvod	9
1 Rešeršní studie	10
1.1 RFID Technologie	10
1.1.1 Princip funkce	11
1.1.2 Rozdělení RFID transpondérů	12
1.2 Elektricky ovládané zámky	14
1.2.1 Elektrické otvírače	15
1.2.2 Elektromagnetické zámky	16
1.2.3 Elektromechanické zámky	16
1.2.4 Elektromotorické zámky	17
2 Realizace RFID zařízení	18
2.1 Řídící zařízení	18
2.1.1 Napájení	19
2.1.2 Relé	23
2.1.3 Bezdrátová komunikace	24
2.1.4 Deska plošných spojů řídicího zařízení	25
2.2 RFID čtecí zařízení	27
2.2.1 Deska plošných spojů RFID modulu	28
3 Programové vybavení	30
3.1 Program řídicího zařízení	30
3.1.1 Inicializace	31
3.1.2 Zpracování dat UART	32
3.1.3 Zpracování příkazu z bezdrátové komunikace	33
Závěr	36
Seznam použitých zkratk a symbolů	39
Seznam obrázků	40
Seznam příloh	41

Úvod

Elektronická zařízení se stávají běžnou rutinou každodenních aktivit. Některá mají za cíl usnadnit práci, jiná zase slouží pro zábavu. Dříve se používal například pokojový termostat s otočným kolečkem pro nastavení požadované teploty, který spínal kotel. Současné technologie dovolují, že se již nesetkáme s jiným než digitálním, který odesílá kotli informace o teplotě. Ten na základě tohoto údaje reguluje teplotu vody v radiátorech. Již nejsou stavy pouze zapnuto či vypnuto.

Tento pokrok lze také registrovat v zabezpečení dveří. Přestože se stále z více jak 95 % prodávají pouze mechanické zámky, tak elektrické zámky v posledních letech zaznamenaly mnoho pokroků. Ať se jedná o zadlabací zámky či o cylindrické vložky, tak díky elektronice jsou umožněny operativní změny přístupů do jednotlivých zámků. U mechanických systémů tyto změny nejsou možné. S jakými kompetencemi je vložka sestavena, tak zůstane po celou dobu její životnosti. V případě ztráty klíče nelze přístup tohoto klíče zablokovat a uživatel je nucen zámek vyměnit.

Výraznému rozšíření elektroniky do zamykání dveří zatím brání cena prodáváných systémů. Stavební cylindrická vložka lze koupit za několik stovek korun až po různě propracované systémy za ceny několik tisíc korun. Ceny elektrických zámků včetně jejich ovládání začínají na cenách převyšující propracované mechanické systémy u těch nejlevnějších až po desítky tisíc u těch sofistikovanějších.

Práce se bude zabývat návrhem systému ovládání elektrického zámku, který bude využívat RFID technologii. Bude se jednat o zařízení, které bude konkurovat komerčním produktům hlavně cenou a jednoduchostí. Navíc bude toto zařízení doplněno o bezdrátovou komunikaci na kmitočtu 868 MHz. Díky bezdrátové komunikaci budou možnosti tohoto zařízení rozšířeny oproti komerčním produktům.

1 REŠERŠNÍ STUDIE

První část práce se věnuje popisu RFID technologie. Je uveden její princip a základní dělení. Dále jsou rozebrány jednotlivé typy elektrických zámků.

1.1 RFID TECHNOLOGIE

RFID (Radio Frequency Identification) technologie je jednou z generací identifikátorů původně navržených pro identifikaci zboží, která je dalším vývojovým stupněm čárových kódů. Oproti čárovým kódům tato technologie využívá rádiových vln. [1] Za jejím vývojem stála stejně jako u čárových kódů firma Wal-Mart a patent na ni byl podán v roce 1983. [2]

Důvodem nasazení této technologie byla potřeba identifikace a získání informace o objektu na větší vzdálenost bez přímé viditelnosti tak, aby bylo možné v reálném čase současně zpracovat více objektů. Zpočátku jejímu masovému rozšíření bránila vyšší cena, která postupem času výrazně poklesla. To mělo za následek rozšíření této technologie do dalších odvětví a také její technologický pokrok.

Informace jsou v elektronické podobě uloženy v malých čipech, které se nazývají transpondéry nebo tagy. Z těchto tagů lze informace opakovaně číst a také přepisovat. Zpracování na rozdíl od čárových kódů neprobíhá jen postupně, ale čtecí zařízení dokáže najednou číst až několik set tagů za minutu. Různá provedení tagů jsou uvedena na Obr. 1. [1]

Výhody RFID [3]:

- Bezkontaktní technologie, není nutná přímá viditelnost,
- Informace lze uchovávat v reálném čase,
- Přenos dat není ovlivněn optickými či atmosférickými podmínkami,
- Rychlost čtení,
- Kapacita uchovaných informací,
- Získání digitální informace,
- Odolnost a variabilita provedení tagů.



Obr. 1 RFID tagy [21]

Vzhledem k uvedeným výhodám se s touto technologií lze setkat ve velkém množství aplikací [4]:

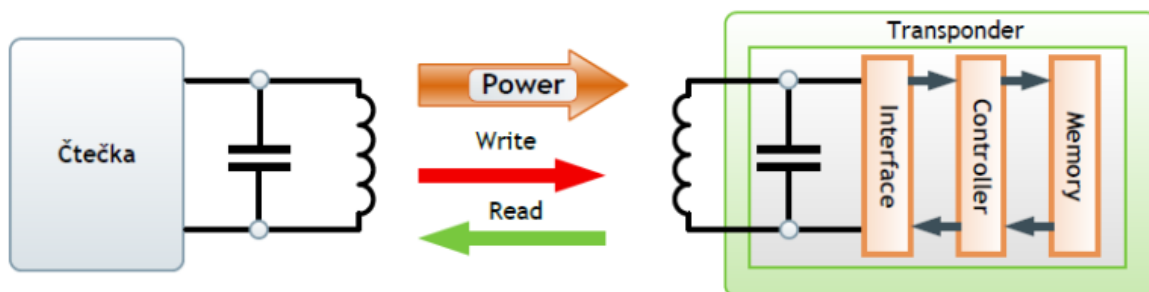
- Imobilizér v autoklících,
- Přístupová média ke dveřím,
- Sledování pohybu a tras,
- Ochrana a evidence majetku,
- Sledování vozidel,
- Evidence mýtného,
- Cestovní pasy,
- Označení zvířat a další.

1.1.1 PRINCIP FUNKCE

RFID systém se skládá z transpondéru a čtecího zařízení. Dále může být doplněn dalšími systémy jako řídicím počítačem či komunikační sítí.

Čtecí zařízení vysílá elektromagnetickou vlnu na pracovním kmitočtu. Tato vlna je přijata anténou transpondéru, kde se pomocí elektromagnetické indukce nabíjí kondenzátor umístěný v transpondéru. Po dosažení minimálního potřebného napětí se spustí řídicí obvod transpondéru, který následně začne odesílat odpověď čtecímu zařízení. Transpondér vysílá pomocí ASK (Amplitude Shifting Key) modulace, která je realizována změnou zakončovací impedance antény uvnitř transpondéru.

Odrazy vzniklé změnou impedance jsou čtecím zařízením interpretovány jako logické úrovně 1 a 0. Princip komunikace tagů se čtecím zařízením je uveden na Obr. 2. [4]



Obr. 2 Schéma komunikace RFID [4]

1.1.2 ROZDĚLENÍ RFID TRANSPONDÉRŮ

Na trhu se lze setkat s několika typy transpondérů. Kromě různých tvarových provedení a formátů je lze rozdělit podle dvou základních kritérií.

PODLE ZPŮSOBU NAPÁJENÍ TRANSPONDÉRU

- Aktivní transpondéry

V transpondéru je umístěna baterie, která slouží pro jeho napájení. Hlavní a největší výhodou tohoto řešení je dosažení větších čtecích vzdáleností, které může být až v řádu desítek metrů, oproti pasivnímu řešení. I přes velmi malý odběr je paradoxně nevýhodou bateriové řešení. Mezi další nevýhody patří několikanásobně větší pořizovací cena a také větší velikost transpondéru. [5]

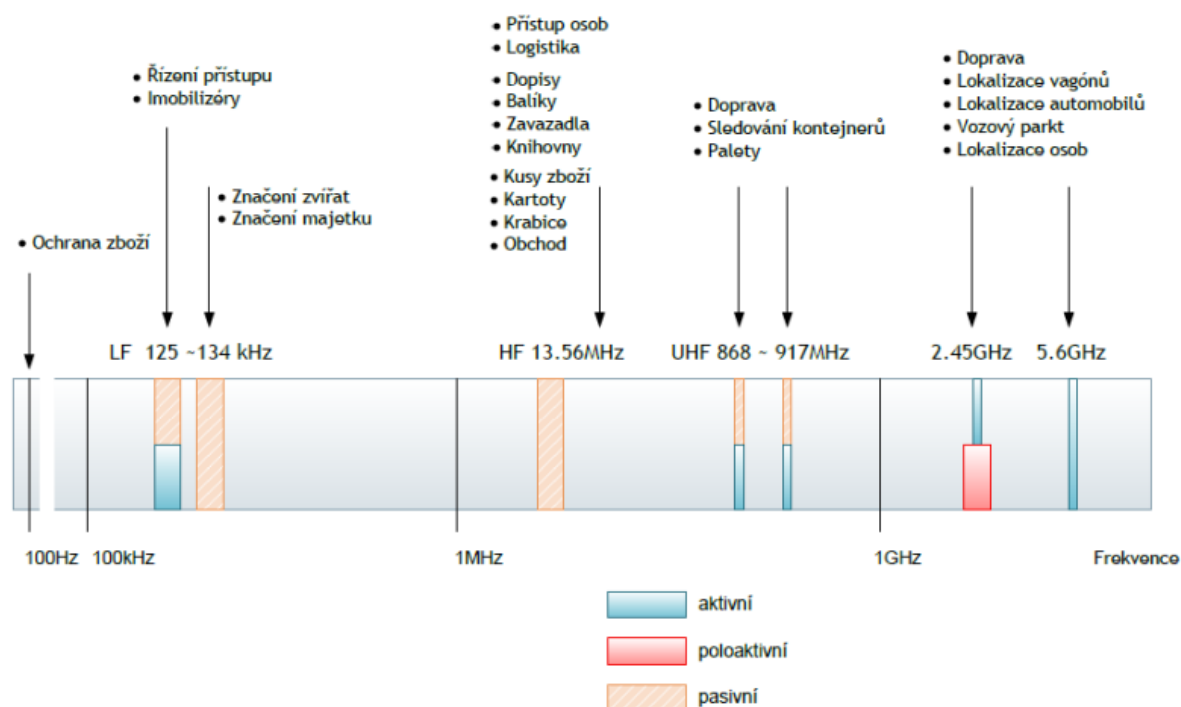
- Pasivní transpondéry

Energie pro činnost tohoto typu je dodávána pomocí elektromagnetické indukce ze čtecího zařízení. Životnost těchto transpondérů je udávána přes 10 let a oproti aktivním transpondérům je čtecí vzdálenost pouze v desítkách centimetrů. [6]

PODLE PRACOVNÍHO KMITOČTU

V technologii RFID se používá několik standardů pracovního kmitočtu. Použitý kmitočet ovlivňuje rychlost přenosu dat a také komunikační vzdálenost. Přehled kmitočtů je také uveden na Obr. 3.

- **Nízká frekvence (LF) 125 - 134 kHz**
Transpondéry používající tento kmitočet jsou pasivní a jejich čtecí vzdálenost je 10 až 20 cm. Spolehlivě fungují v blízkosti kovů či kapalin a ve znečištěném prostředí. Nevýhodou je nízká rychlost čtení. Kmitočet 125 kHz je používán u imobilizéru v automobilech. [7]
- **Vysoká frekvence (HF) 13.56 MHz**
S tímto kmitočtem se nejčastěji setkáváme u bezkontaktních platebních karet. Oproti LF poskytuje vyšší rychlost čtení, ale jejich funkčnost je horší v blízkosti kovů či kapalin. Dále nejsou vhodné do prostředí s citlivou elektronikou a také do nemocnic. [7]
- **Ultra vysoká frekvence (UHF) 868 - 928 MHz**
Transpondéry na těchto kmitočtech nejsou tak rozšířené jako ty LF a HF. Používají jak pasivní, tak i aktivní typy. Tento kmitočet se dále ještě dělí pro Evropu 868 - 870 MHz a pro USA a Kanadu 902 - 928 MHz. Dosahují větších čtecích vzdáleností oproti LF a HF, ale také jsou ještě více rušeny kovy či kapalinami. [7]
- **Mikrovlnná frekvence (MW) více než 1 GHz**
Tyto transpondéry pracují na kmitočtu 2,45 nebo 5,8 GHz a již se nepoužívají pasivní transpondéry. Dosahují vysoké rychlosti přenosu dat a čtecí vzdálenosti až 30 metrů. [7]



Obr. 3 Kmitočty používané RFID [4]

1.2 ELEKTRICKY OVLÁDANÉ ZÁMKY

Na trhu se vyskytuje velké množství různých zámků, které jsou většinou mechanické. Jedná se o klasické stavební cylindrické vložky až po různá propracovaná řešení, které mají za úkol poskytnout vyšší bezpečnost a také komfort. S rozvojem elektroniky se začala zvyšovat poptávka po zámcích, které jsou ovládány elektrickým proudem a můžou být právě ovládány pomocí RFID technologie.

V případě elektricky ovládaných zámků se většinou nejedná právě o cylindrické vložky, ale například o zadlabací zámkové a elektrické otvírače. Cylindrické vložky jsou v těchto případech používány jako nouzová řešení nebo plní funkci dodatečného zamčení pro zvýšení bezpečnosti.

V posledních dvou letech však většina velkých výrobců zámkových systémů přišla s cylindrickou vložkou ovládanou pomocí RFID, kde se přiložením nahraného tagu propojí čtecí hlavice s vnitřním válcem cylindru a potom lze mechanicky zamknout či odemknout. V dřívější době byly tyto cylindrické vložky ještě doplněny o nouzovou

mechanickou část ovládanou klíčem. Toto řešení ve většině případech však výrazně snižovalo bezpečnost těchto systémů. Nově opracovaná řešení mají vyšší spolehlivost a tudíž mohlo být toto „slabé místo“ odstraněno. Cylindrické vložky jsou napájeny pomocí baterií umístěných ve vnější čtecí hlavě a poskytují energii až pro 30 000 cyklů. Vložky jsou doplněny včasným upozorněním vybití baterií a také konektorem pro připojení nouzového zdroje pro případy, kdy uživatel nedbá signalizace. Jeden typ této cylindrické vložky je uveden na Obr. 4.



Obr. 4 Elektronická cylindrická vložka ovládaná RFID [8]

Typy používaných elektrických zámků můžeme rozdělit na elektrické otvírače, elektromagnetické zámků, elektromechanické zámků a elektromotorické zámků.

1.2.1 ELEKTRICKÉ OTVÍRAČE

Tyto „zámků“ se používají jako náhrada protiplechu, kde blokují střelku zadlabacího zámků. V otvírači je umístěn elektromagnet, který po připojení elektrického proudu umožní odklopení západky a následně otevření dveří. V případě uzamčení dveří cylindrickou vložkou nelze pomocí tohoto otvírače dveře otevřít. Toto řešení neposkytuje vysokou bezpečnost, tudíž se většinou používá například u přístupových dveří do panelových domů.

Otvírače se vyrábí v různých provedeních jako monostabilní, bistabilní, s mechanickým odblokováním a další. Dále poskytují široký rozsah napájecího napětí a to 6 - 12 V střídavých nebo 6 - 24 V stejnosměrných. Proudový odběr u otvírače 12 V stejnosměrných je 275 mA a u 12 V střídavých 480 mA. Cívky otvíračů jsou buď určeny

na konkrétní hodnotu napětí nebo na různé rozsahy s možností jak střídavého, tak i stejnosměrného napájecího napětí. Cenové rozpětí je od 600,- až po 1500,-. Příklad elektrického otvírače je uveden na Obr. 5. [9]



Obr. 5 Elektrický otvírač [10]

1.2.2 ELEKTROMAGNETICKÉ ZÁMKY

Tyto zámky se skládají z elektromagnetu umístěného na rámu dveří a přídržné desky, která je připevněna na dveřním křídle. Při připojení elektromagnetu k napájení jsou dveře pevně přidrženy k rámu. Uplatnění těchto zámků je ve většině případů u únikových (panikových) dveří.

Běžné typy se vyrábí na napájení 12 V stejnosměrných s odběrem kolem 500 mA a 24 V stejnosměrných s odběrem okolo 250 mA. Cenové rozpětí je od 1500,- až po 8000,-. [9]

1.2.3 ELEKTROMECHANICKÉ ZÁMKY

Tento typ zámků se většinou vyrábí jako samozamykací. Po zavření dveří dojde k odblokování západky, která umožní pomocí pružiny „vystřelit“ závoru zámku a tím dveře uzamknout. Z vnitřní strany lze dveře jednoduše otevřít pomocí kliky díky dělenému ořechu čtyřhranu kliky. Při pokusu otevření dveří z vnější strany nelze klikou otevřít dokud není přivedeno napájení. To pomocí elektromagnetu uvede vnější kliku do záběru a dveře je možné otevřít. Jedná se o bezpečnější řešení než v případě elektrických otvíračů a další výhodou je, že dveře jsou při každém uzavření uzamčeny. Tyto zámky jsou k dostání od jednobodového až po vícebodové uzamčení.

Tyto zámky se vyrábí na napájení 12 - 24 V stejnosměrných a s proudovým odběrem od 200 mA až po špičkový odběr 900 mA. Ceny začínají od 6000,- až po 20000,- [11]

1.2.4 ELEKTROMOTORICKÉ ZÁMKY

Tato kategorie zahrnuje jak zadlabací zámky, tak cylindrické vložky. Princip mechanické funkce je stejný jako u elektromechanických zámků, ale otevření neprobíhá pomocí vnější kliky, ale přivedením elektrického impulsu do motoru, který následně zasune závory zámku a dveře se otevřou. Některé typy nemají motor jen na odemykání dveří, ale i na zamykání. Elektromotorické cylindrické vložky mají na vnitřním cylindru motor, který po přivedení impulsu do jejich řídicí jednotky provede uzamčení či odemčení dveří. Tyto cylindrické vložky se používají se standardními zadlabacími zámky.

Napájecí napětí těchto zámků je 12 - 24 V stejnosměrných. Klidový odběr se pohybuje v desítkách mA, ale při sepnutí motoru to je od 1 do 2 A dle výrobce a typu. Ceny zadlabacích zámků jsou od 10 do 40 tisíc. Elektromotorické cylindrické vložky začínají na cenách od 25 tisíc. Příklad elektromotorického zámku je uveden na Obr. 6.



Obr. 6 Vícebodový elektromotorický zámek [12]

2 REALIZACE RFID ZAŘÍZENÍ

Navržené zařízení bude sloužit k otevírání dveří pomocí RFID a dále ke komunikaci pomocí bezdrátové sítě s nadřazeným zařízením. Data z přiloženého tagu budou přečtena pomocí RFID části a následně odeslána pomocí bezdrátové komunikace do nadřazeného zařízení. To rozhodne, zda je přiložený tag uložen v paměti a pokud ano, tak odešle povel pro sepnutí zámku. Povel pro sepnutí zámku bude moci odeslat nadřazené zařízení i bez přiložení tagu.

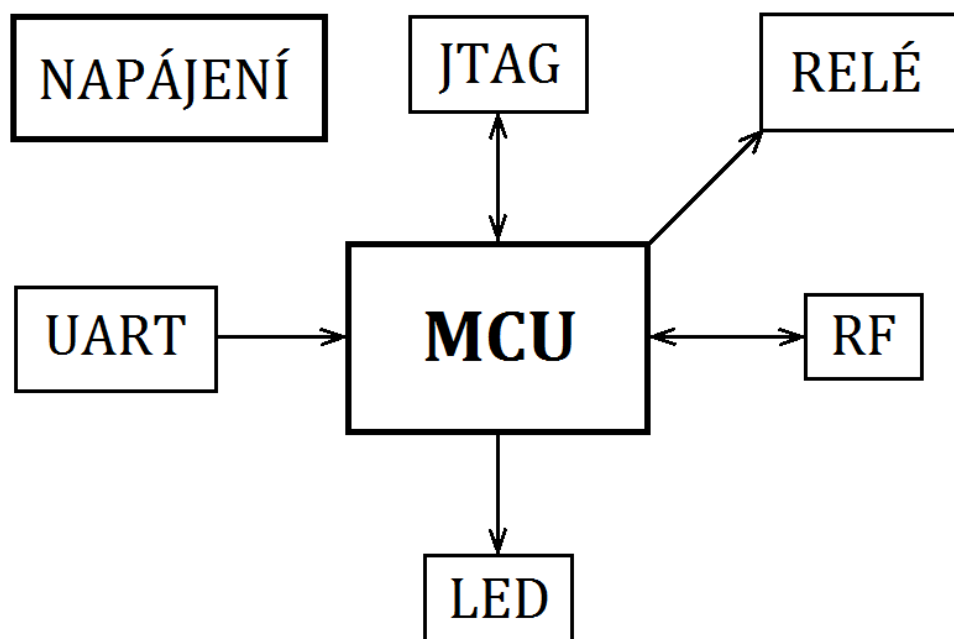
Přidávání tagů do paměti bude umožněno pomocí master tagu, který zapne učící režim nadřazeného zařízení, nebo zapnutím učícího režimu přímo na nadřazeném zařízení.

Aby byla zajištěna vysoká bezpečnost bude nutné oddělit čtecí část zařízení od spínací. V případě, že by byla spínací část umístěna na vnější straně dveří, tak by útočník jednoduše mohl sepnout ovládání zámku. Z tohoto důvodu bude na vnější straně dveří umístěna pouze čtečka, která přečtená data následně odešle po sériové lince do řídicího mikrokontroléru umístěného na vnitřní straně dveří. Součástí části s mikrokontrolérem bude bezdrátová komunikace a spínací část.

2.1 ŘÍDÍCÍ ZAŘÍZENÍ

Řídicí zařízení je založeno na mikrokontroléru od firmy Texa Instruments CC430F5137. Jedná se o 16-bitový mikrokontrolér, který obsahuje model pro bezdrátovou komunikaci v pásmech 300 - 348 MHz, 389 - 464 MHz a 779 - 928 MHz. Další výhodou je nízká spotřeba, která umožňuje bateriový provoz, a široký rozsah napájecího napětí 1,8 - 3,6 V. Mikrokontrolér je vybaven 32 kB programovou Flash pamětí a 4 kB RAM pamětí. Dále je vybaven 12-bitovým AD převodníkem, integrovaným teplotním senzorem a rozhraním I2C, SPI a UART. Nevýhodou pro amatérské použití může být použité pouzdro VQFN. [13]

Dále je řídicí zařízení doplněno o další periferie viz Obr. 7. Jedná se o programovací konektor JTAG, spínací relé zámku, bezdrátovou komunikaci, signalizační LED, rozhraní UART a v neposlední řadě o napájecí část.



Obr. 7 Blokové schéma řídicího zařízení

2.1.1 NAPÁJENÍ

Nejdůležitějším blokem řídicího zařízení je napájení. Jak pro elektrický zámek, tak i pro celé zařízení bude použit síťový zdroj s výstupním napětím potřebným pro napájení zámku. To může být dle kapitoly 1.2 od 6 - 24 V stejnosměrných. Pro zařízení je však potřeba nižší napájení a to o dvou úrovních 5 V a pro mikrokontrolér 1,8 - 3,6 V.

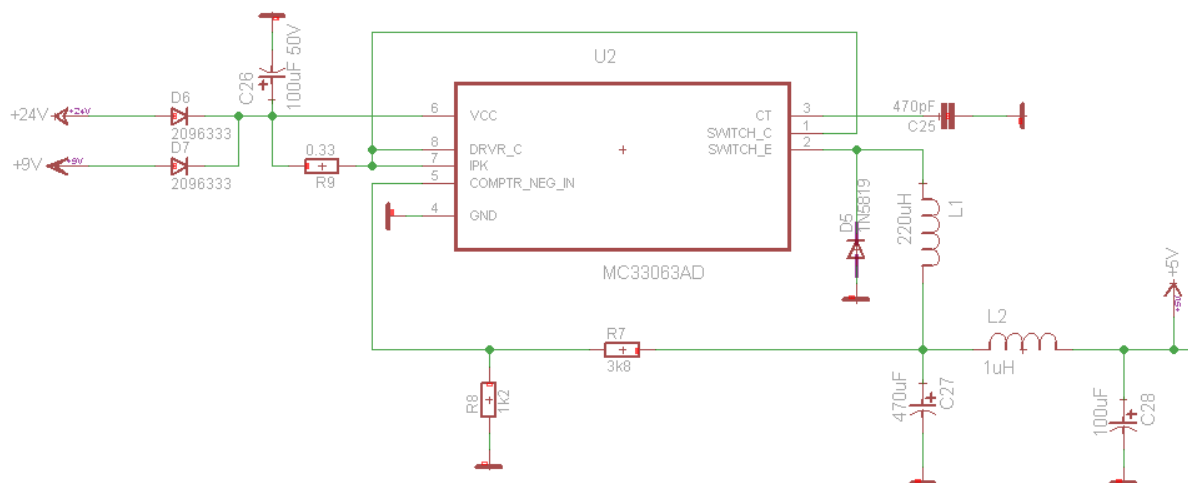
Dále bylo potřeba určit proud potřebný pro napájení. Mikrokontrolér má spotřebu 160 $\mu\text{A}/\text{MHz}$. Při použití krystalu 26 MHz to vychází na 4,16 mA. Při přijímání dat po bezdrátové síti je to dalších 15 mA. Mikrokontrolér bez dalších periférií s bezdrátovou komunikací tedy potřebuje kolem 20 mA. Pro modul RFID je potřeba jmenovitý proud 30 mA. Pro signalizaci přístupu je k RFID modulu ještě připojen bzučák jehož odběr je 80 mA. [14]

Bylo rozhodnuto, že pro napájení bude použit integrovaný obvod snižujícího DC/DC měniče. Vstupní napětí měniče musí být 6 - 24 V stejnosměrných s tím, že výstupní napětí je potřeba o dvou úrovních. Nejprve bylo uvažováno použití měniče, který má

možnost dvou úrovní výstupního napětí. Toto řešení se ukázalo jako neekonomické. Cena měniče je poměrně vysoká a vyžaduje použití poměrně velkého množství dalších součástek. Z toho důvodu bylo rozhodnuto, že bude použit měnič s jedním výstupním napětím na 5 V a napětí na napájení mikrokontroléru bude řešeno pomocí lineárního stabilizátoru. Toto řešení je ekonomicky nejvýhodnější.

V obvodu byl použit DC/DC měnič od firmy Texas Instruments MC33063AD. Vstupní napětí může být v rozsahu 3 - 40 V stejnosměrných a výstupní napětí je nastavitelné v rozsahu 1,25 - 40 V stejnosměrných s maximálním výstupním proudem 1,5 A. Schéma zapojení tohoto měniče je uvedeno na Obr. 8. [15]

Pro případ výpadku síťového napájení bude možnost na napájecí vstup připojit baterii, aby byla zajištěna práce mikrokontroléru a RFID čtečky. Baterie by také měla poskytnout dostatek energie pro otevření zámku. Její napětí bude dáno použitým zámkem, ale minimální hodnota je stanovena na 9 V. Aby nedocházelo k vybíjení baterie, tak jsou napájecí vstupy ošetřeny pomocí Schottkyho diod.



Obr. 8 Schéma zapojení DC měniče

Pro výpočet hodnot okolních součástek bylo nutné určit některé parametry [15]:

- Minimální vstupní napětí $U_{in} = 9 \text{ V}$,
- Požadované výstupní napětí $U_{out} = 5 \text{ V}$,
- Požadovaný výstupní proud $I_{out} = 500 \text{ mA}$,

- Minimální spínací frekvence $f_{\min} = 50 \text{ kHz}$,
- Zvlnění výstupního napětí $U_{\text{zvl(pp)}} = 5 \text{ mV}$.

Poměr doby sepnutí a vypnutí měniče je uveden ve vztahu (1):

$$\frac{t_{on}}{t_{off}} = \frac{U_{out} + U_F}{U_{in(\min)} - U_{sat} - U_{out}} = \frac{5 + 0,75}{9 - 1 - 5} = 1,917 \quad (1)$$

kde U_F je úbytek napětí na diodě 1N5819, U_{sat} je saturační napětí vnitřního tranzistoru

Perioda měniče je uvedena ve vztahu (2):

$$T = t_{on} + t_{off} = \frac{1}{f_{\min}} = \frac{1}{50000} = 20 \mu s \quad (2)$$

Doba vypnutí měniče je uvedena ve vztahu (3):

$$t_{off} = \frac{T}{\frac{t_{on}}{t_{off}} + 1} = \frac{20 \cdot 10^{-6}}{1,917 + 1} = 6,856 \mu s \quad (3)$$

Doba sepnutí měniče je uvedena ve vztahu (4):

$$t_{on} = T - t_{off} = 20 \cdot 10^{-6} - 6,856 \cdot 10^{-6} = 13,14 \mu s \quad (4)$$

Kapacita kondenzátoru $C_T = C25$ je uvedena ve vztahu (5):

$$C_T = 4 \cdot 10^{-5} \cdot t_{on} = 4 \cdot 10^{-5} \cdot 13,14 \cdot 10^{-6} = 525,6 \text{ pF} \Rightarrow 470 \text{ pF} \quad (5)$$

Špičková hodnota kolektorového proudu je uvedena ve vztahu (6):

$$I_{pk} = 2 \cdot I_{out} = 2 \cdot 0,5 = 1 \text{ A} \quad (6)$$

Hodnota odporu $R_{SC} = R_9$ je uvedena ve vztahu (7):

$$R_{SC} = \frac{0,3}{I_{pk}} = \frac{0,3}{1} = 0,3 \, \Omega \Rightarrow 0,33 \, \Omega \quad (7)$$

Minimální hodnota L_1 je uvedena ve vztahu (8):

$$L_{(min)} = \frac{U_{in(min)} - U_{sat} - U_{out}}{I_{pk}} \cdot t_{on(max)} = \frac{9 - 1 - 5}{1} \cdot 13,14 \cdot 10^{-6} = 39,42 \, \mu H \quad (8) \\ \Rightarrow 220 \, \mu H$$

Kapacita kondenzátoru $C_0 = C_{27}$ je uvedena ve vztahu (9):

$$C_0 = \frac{I_{pk} \cdot T}{8 \cdot U_{(zvl)pp}} = \frac{1 \cdot 20 \cdot 10^{-6}}{8 \cdot 5 \cdot 10^{-3}} = 500 \, \mu F \Rightarrow 470 \, \mu F \quad (9)$$

Výstupní napětí je uvedeno ve vztahu (10):

$$U_{out} = 1,25 \cdot \left(1 + \frac{R_7}{R_8}\right) = 1,25 \cdot \left(1 + \frac{3800}{1200}\right) = 5,21 \text{ V} \quad (10)$$

Na výstupu měniče byl ještě doplněn LC filtr dle doporučení výrobce $L_2 = 1 \, \mu H$ a $C_{28} = 100 \, \mu F$.

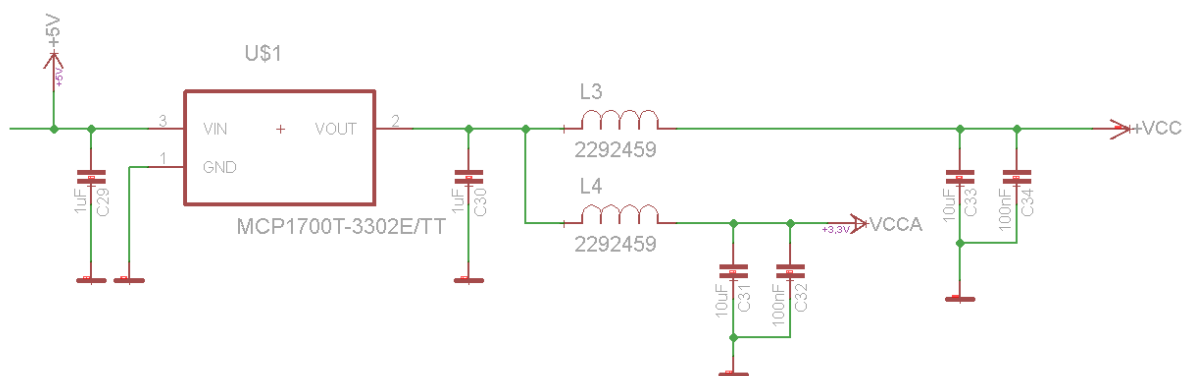
Pro napájení mikrokontroléru bylo zvoleno napětí 3 V. K tomu byl použit lineární stabilizátor MCP1700T v pouzdře SOT-23. Tento stabilizátor poskytuje napájení mikrokontroléru jak pro jeho analogovou, tak i pro digitální část. Schéma zapojení stabilizátoru je uvedeno na Obr. 9. [16]

Maximální ztrátový výkon na stabilizátoru je uveden ve vztahu (11):

$$P_{LDO} = (U_{in} - U_{out}) \cdot I_{out} = (5 - 3) \cdot 0,05 = 100 \text{ mW} \quad (11)$$

kde U_{in} je vstupní napětí do stabilizátoru, U_{out} je výstupní napětí stabilizátoru a I_{out} je maximální výstupní proud ze stabilizátoru.

Pro pouzdro SOT-23 je maximální dovolený ztrátový výkon 370 mW, tudíž lze tento stabilizátor použít.

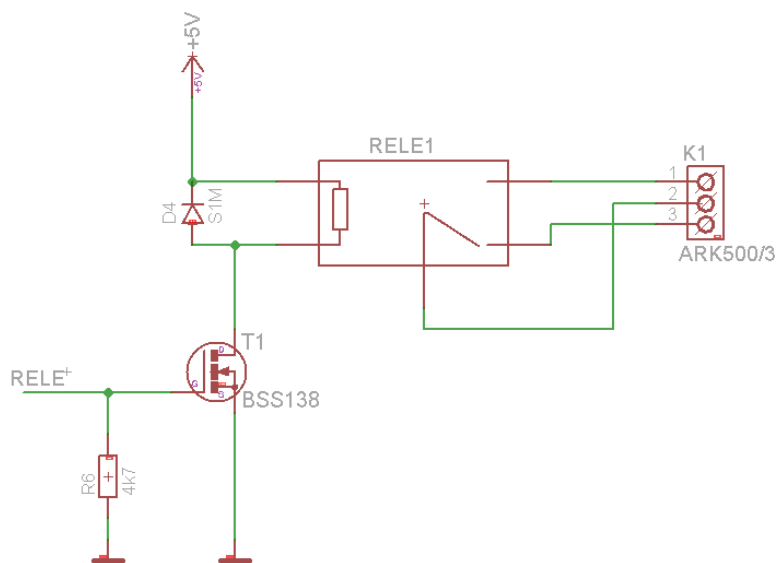


Obr. 9 Schéma zapojená stabilizátoru

2.1.2 RELÉ

Spínání elektrického zámku je vyřešeno pomocí N-MOS tranzistoru a relé. Relé je spínáno tranzistorem BSS138, kde jeho typické spínací napětí je 1,1 V, takže 3 V budou dostatečné pro jeho sepnutí. Proudové zatížení tranzistoru I_D je 360 mA. [17]

Spínací napětí tohoto relé FINDER je 5 V a výstupní kontakty mohou být zatíženy napětím 250 V střídavých a proudem 10 A. Při sepnutí protéká proud jeho cívkou 72 mA a tudíž je použitý tranzistor dostatečný. Dále je použita ochranná dioda S1M, která je připojena paralelně k cívkce relé. Schéma zapojení relé je uvedeno na Obr. 10. [18]



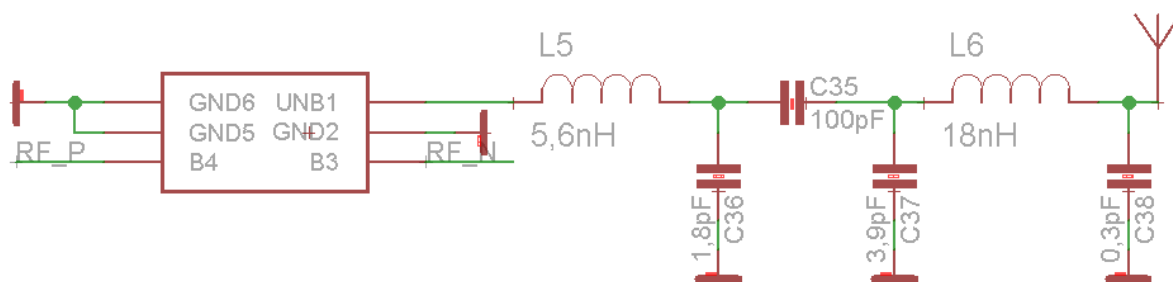
Obr. 10 Schéma zapojení relé

2.1.3 BEZDRÁTOVÁ KOMUNIKACE

Pro bezdrátovou komunikaci byl vybrán kmitočet 868 MHz. Hlavním důvodem výběru tohoto kmitočtu bylo, že se spadá do bezplatného vysílacího pásma. Dále je tento kmitočet málo používán oproti pásmu 389 - 464 MHz a tudíž lze předpokládat minimální rušení.

Aby mohl mikrokontrolér bezdrátově komunikovat, je nutné k němu připojit anténu. Ta byla vybrána od firmy Johanson Technology typ 0868AT43A0020 s impedančním přizpůsobením 50 Ω . [20]

Impedanční přizpůsobení lze vytvořit meziobvodem mezi mikrokontrolérem a anténou pomocí pasivních součástek nebo jednočipovou součástkou zvanou „balun“. Pro zařízení byla vybrána druhá možnost to je pomocí balunu 0896BM15A0001 od již zmíněné firmy. [19] Dále je zde doplněno několik filtračních součástek doporučených výrobcem. Schéma zapojení antény je uvedeno na Obr. 11.



Obr. 11 Schéma zapojení bezdrátové antény

2.1.4 DESKA PLOŠNÝCH SPOJŮ ŘÍDÍČÍHO ZAŘÍZENÍ

Použité pouzdro procesoru má mezery mezi pájecími ploškami menší než 200 μm a tudíž pro výrobu desky plošných spojů byla zvolena možnost profesionální výroby a to systémem POOL servisu. Typ použitého základního materiálu a minimální šířky spojů a mezer byly tedy voleny dle specifikací a možností tohoto systému výroby.

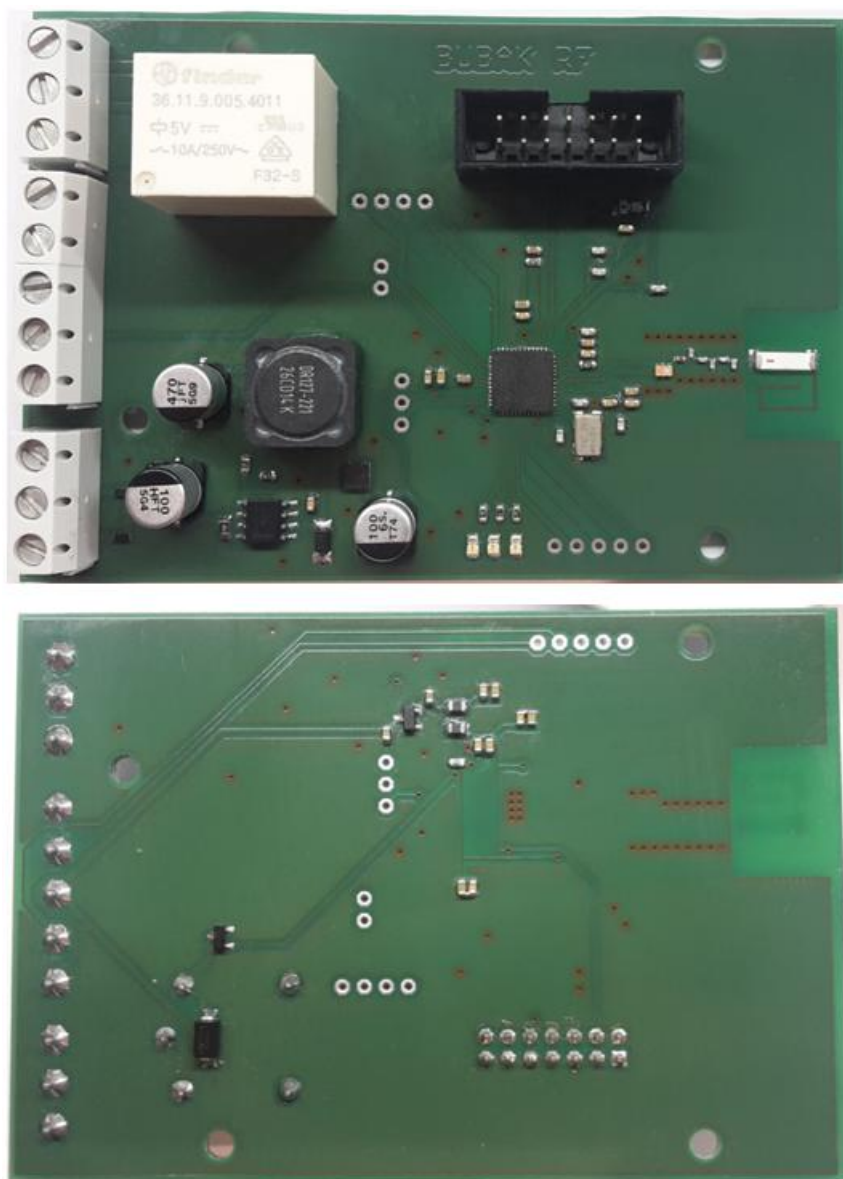
Jako základní materiál byla zvolena dvouvrstvá deska typ FR4 o tloušťce 1,5 mm s plátovanou mědí o tloušťce 18 μm a povrchovou úpravou bezolovnatého HALu. Standardně bez příplatku tento typ výroby nabízí minimální šířku spojů a mezer 150 μm a s minimálním výsledným prokoveným otvorem o průměru 0,3 mm.

Z důvodu zvoleného způsobu výroby a malých rozměrů pouzdra procesoru byla zvolena šířka signálových vodičů a napájecích vodičů s napětím 3 V pro procesor 200 μm . Šířka vodičů pro napájecí část řídicího zařízení byla zvolena na 500 μm . Jelikož spínací kontakty použitého relé můžou být zatíženy proudem až 10 A, tak šířka spojů od spínacích kontaktů relé a svorkovnice byla zvolena na 1 mm. Průměr otvorů na propojení signálových spojů horní a spodní strany byl zvolen na 0,3 mm.

Na desku plošných spojů řídicího zařízení nebyl kladen požadavek na co nejmenší rozměry a tak výsledný rozměr této desky je 94 x 65 mm. Na horní stranu desky byly umístěny vývodové součástky, jako vstupní a výstupní svorkovnice, spínací relé a také programovací JTAG konektor. Dále zde byl umístěn DC měnič, kde bylo potřeba dodržet rozmístění součástek doporučené výrobcem tohoto obvodu. Kondenzátory a cívky potřebné pro správnou činnost DC měniče jsou v SMD provedení. Dále se zde nachází procesor spolu s blokovacími kondenzátory a třemi LED diodami. Na okraji desky ještě

najdeme anténu pro bezdrátovou komunikaci. Část desky s anténou vyžaduje, aby okolí antény bylo bez jakékoliv mědi a to ať rozlévané mědi či vodivého spoje a to na obou stranách desky plošných spojů.

Spodní strana desky byla použita pro signálové spoje a pro blokovací kondenzátory napájecího napětí procesoru, aby byla zajištěna co nejkratší vzdálenost od procesoru. Dále se zde nachází lineární stabilizátor napětí na 3 V a N-MOS tranzistor spolu s ochranou diodou pro relé. Osazená deska plošných spojů je vyobrazena na Obr. 12.

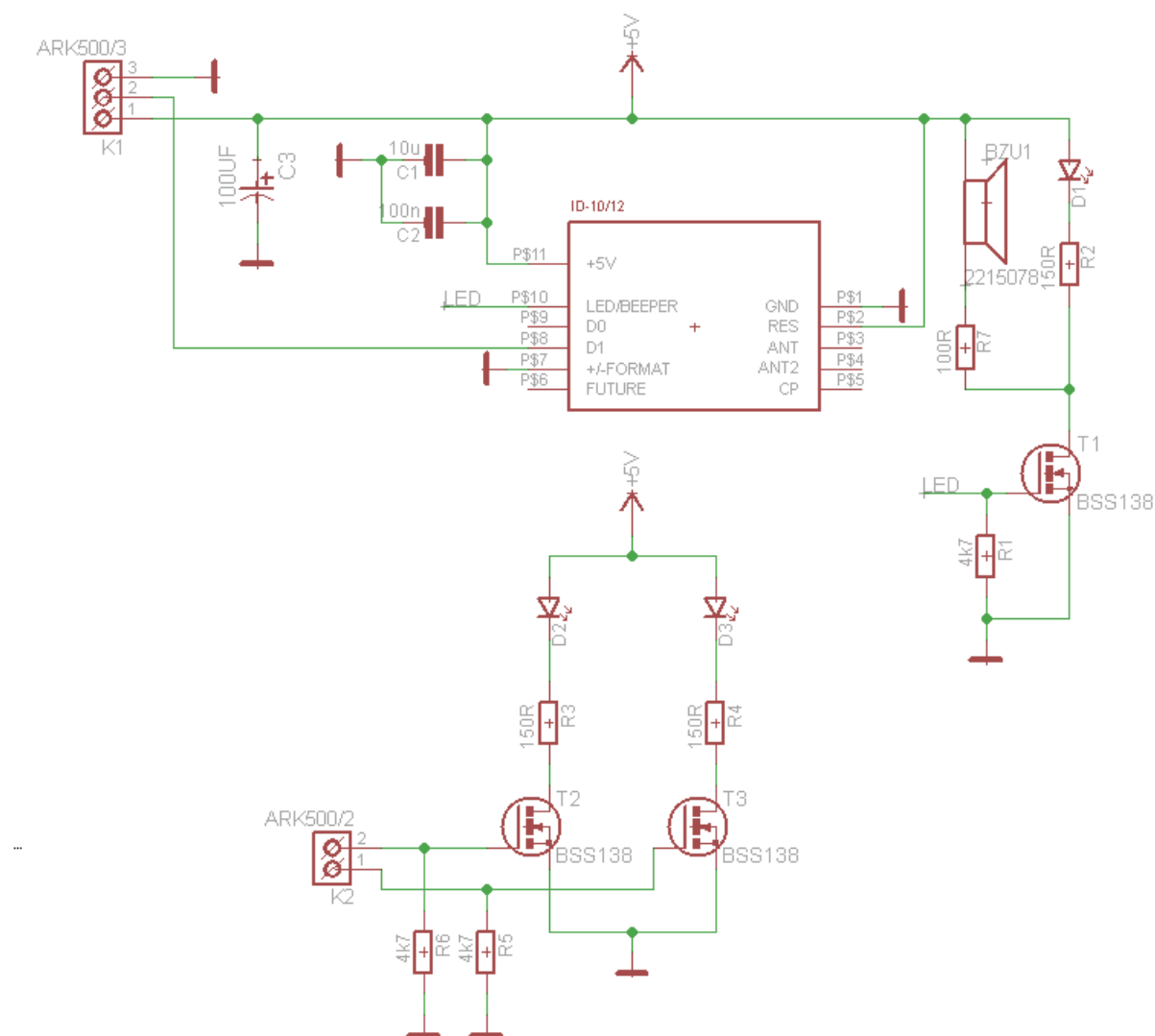


Obr. 12 Osazená DPS řídicího zařízení

2.2 RFID ČTECÍ ZAŘÍZENÍ

Tato část je založena na obvodu ID-12 od firmy ID Innovations. Jedná se o čip, který umožňuje čtení RFID tagů na frekvenci 125 kHz. Po přečtení dat z přiloženého tagu jsou vyčtená data odeslána pomocí rozhraní UART do mikrokontroléru. Napájení obvodu je 5 V stejnosměrných a je poskytováno z řídicího zařízení. [14]

Dále je toto zařízení doplněno o signalizaci čtení tagu pomocí bzučáku a LED diody. Signalizace je spínána pomocí N-MOS tranzistoru popsaného v kapitole 2.1.2. Odběr LED a bzučáku je celkem 100 mA, takže proudové zatížení je třetinové oproti možnému použitého tranzistoru. Schéma zapojení čtecího zařízení je uvedeno na Obr. 13.



Obr. 13 Schéma zapojení RFID čtecího zařízení

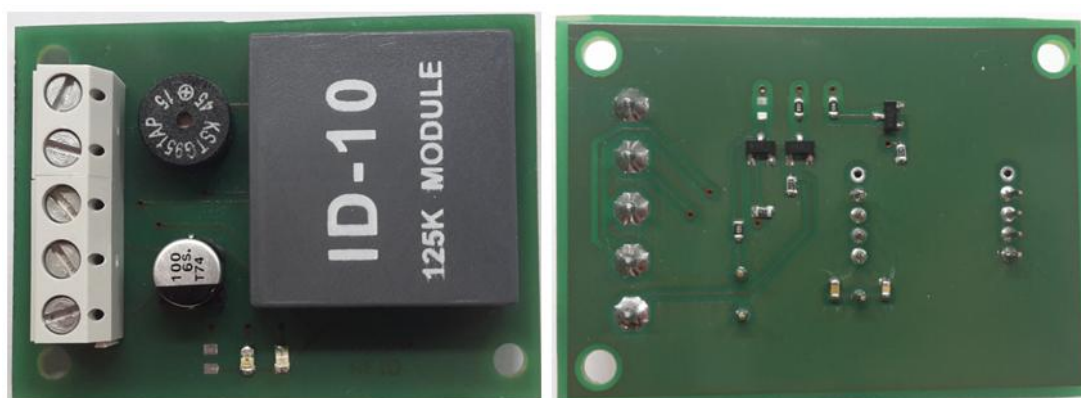
2.2.1 DESKA PLOŠNÝCH SPOJŮ RFID MODULU

Pro tuto desku plošných spojů byl použit stejný typ výroby i základní materiál jako v případě desky řídicího zařízení. Na tuto desku již byly kladeny požadavky na rozměr, aby mohla být umístěna do krytu. Jako kryt bude použit zaslepovací kryt od ABB, který se vyrábí ve stejném designu jako vypínače a tudíž čtečka nebude nijak vzhledově vyčnívat. Typ použitého krytu je uveden na Obr. 14.



Obr. 14 Kryt RFID čtečky [22]

Rozměr desky pro RFID je 50 x 35 mm. Horní strana je osazena vývodovými součástkami jako svorkovnice, bzučák a RFID modul, který zabírá většinu plochy. Dále je zde blokový elektrolytický SMD kondenzátor a indikační LED diody. Na spodní straně jsou osazeny pouze malé SMD součástky, aby celková výška byla co nejmenší. Nachází se zde N-MOS tranzistory spolu s PULL - DOWN rezistory. Osazená deska plošných spojů RFID modulu je vyobrazena na Obr. 15.



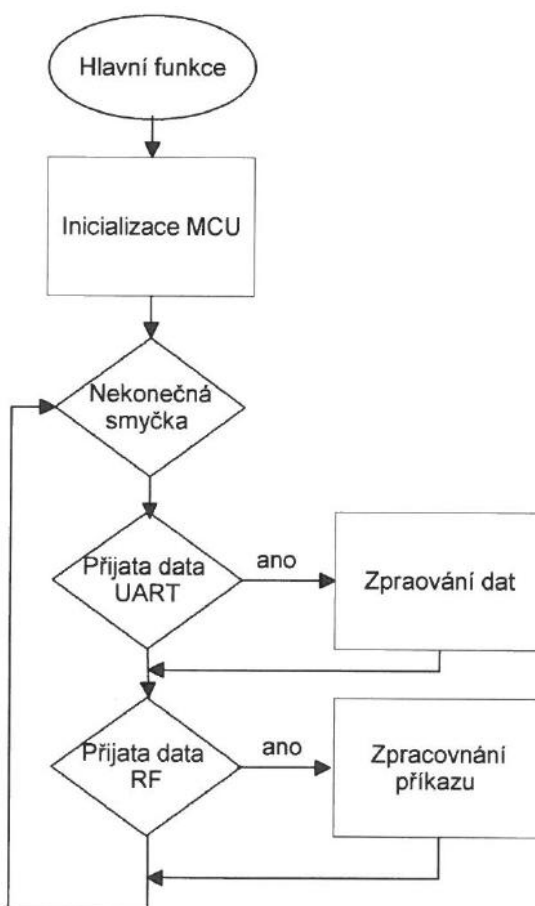
Obr. 15 Osazená DPS RFID modulu

3 PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ

Tato kapitola se zabývá programovým vybavením, které se stará o běh řídicího zařízení.

3.1 PROGRAM ŘÍDÍCIHO ZAŘÍZENÍ

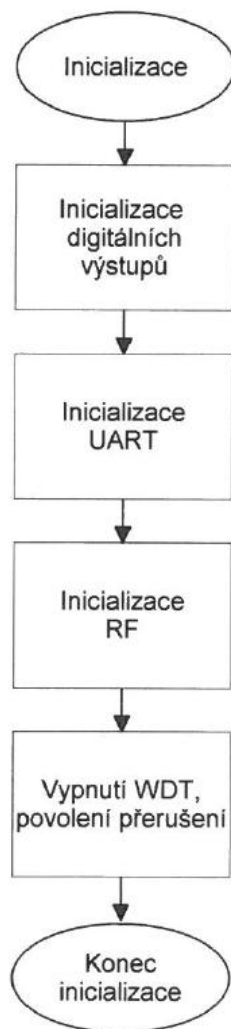
Pro řídicí zařízení byl napsán program, který po spuštění mikrokontroléru provede nejprve jeho inicializaci. Následně program vstoupí do nekonečné smyčky, ve které čeká na přijetí dat z rozhraní UART. Pokud data odpovídají požadované specifikaci, tak jsou zpracována. Dále v nekonečné smyčce program testuje, zda byl přijat příkaz z bezdrátové komunikace. Pokud tento příkaz odpovídá požadované specifikaci, tak je proveden. Blokové schéma je vyobrazeno na Obr. 16.



Obr. 16 Vývojový diagram řídicího zařízení

3.1.1 INICIALIZACE

Blokové schéma procesu inicializace je uvedeno na Obr. 17.



Obr. 17 Vývojový diagram inicializace

V rámci inicializace jsou na portu 3 piny nastaveny jako výstupy. Na tomto portu jsou připojeny LED diody.

Potom jsou nastaveny piny pro UART komunikaci. Pin 5 na portu 1 je nastaven pro příjem dat přes tuto sběrnici. Dále je nastavena komunikační rychlost na 9600

baudů s příjmem osmi datových bitů a jednoho stop bitu. Nakonec je povoleno přerušení pro příjem dat.

Pro přenos pomocí bezdrátové komunikace se zapne programové ošetření komunikace CRC a LQI. Dále se povolí přerušení pro příjem dat a modul se nastaví pro příjem.

Na konec inicializace se vypne WDT a povolí se globální přerušení.

3.1.2 ZPRACOVÁNÍ DAT UART

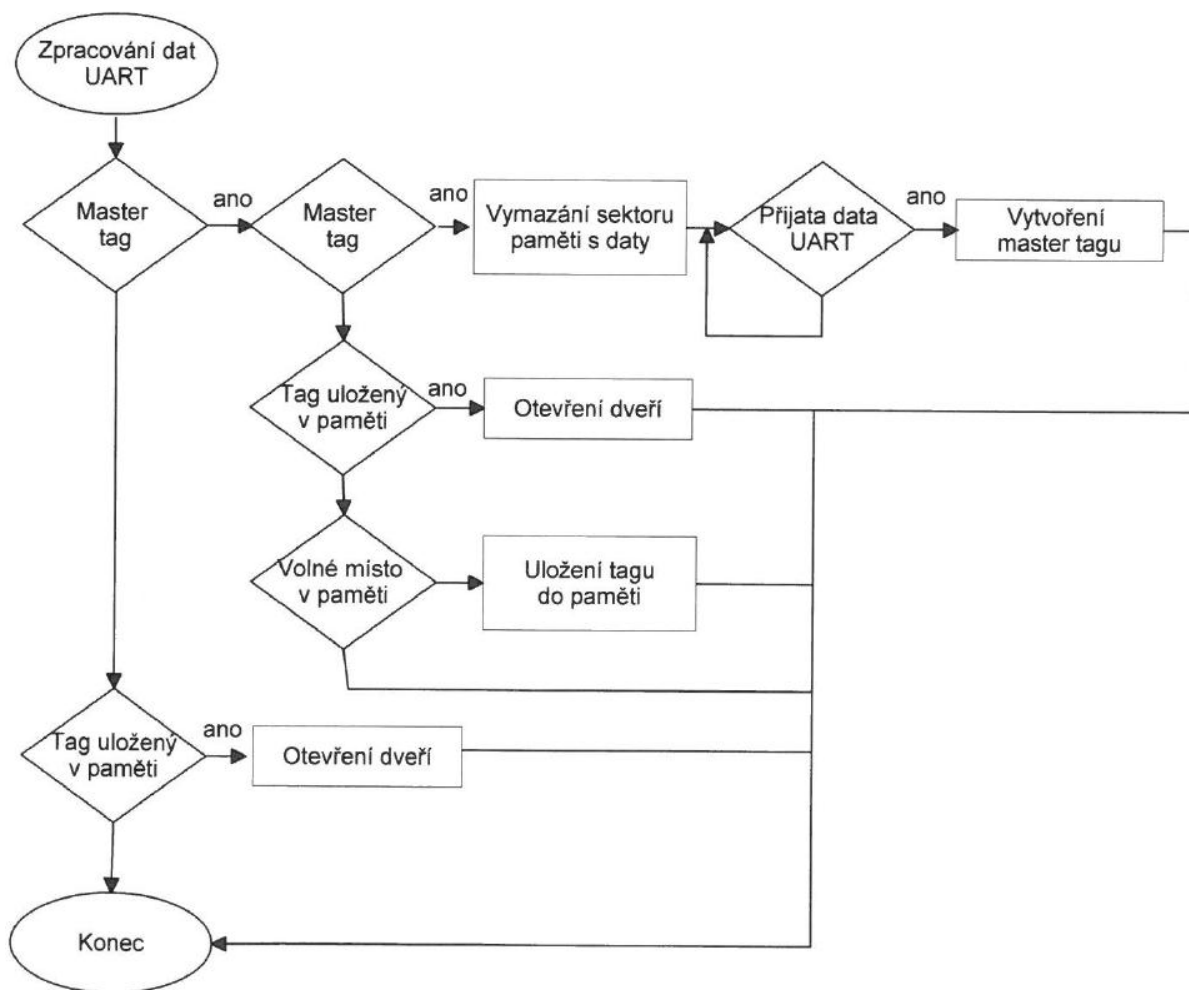
RFID modul odesílá data o velikosti 10 bajtů do řídicího zařízení. Z těchto 10 bajtů je 5 bajtů, které odpovídají identifikaci tagu. Specifikace komunikace je uvedena na Obr. 18.

start bajt	5 datových bajtů	1 kontrolní bajt	CR	LF	stop bajt
------------	------------------	------------------	----	----	-----------

Obr. 18 Specifikace komunikace UART

Součástí zpracování přijatých dat je zápis těchto dat do paměti mikrokontroléru tak, aby při výpadku napájení data zůstala uložena v paměti. K zápisu byl vybrán sektor paměti mikrokontroléru označený C s počáteční adresou 0x1880 a velikostí 128 bajtů. Vzhledem k velikosti paměti byl určen maximální počet uložených tagů na 20 a 1 master tag. Do paměti je ukládáno pouze 5 datových bajtů. V případě potřeby smazání určitého tagu v paměti je nutné smazat celý sektor C a požadované tagy znovu uložit. K smazání dat v paměti je potřeba přiložit master tag dvakrát za sebou. Potom je paměť vymazána a mikrokontrolér čeká na přijetí nových dat, které budou uložena jako master tag.

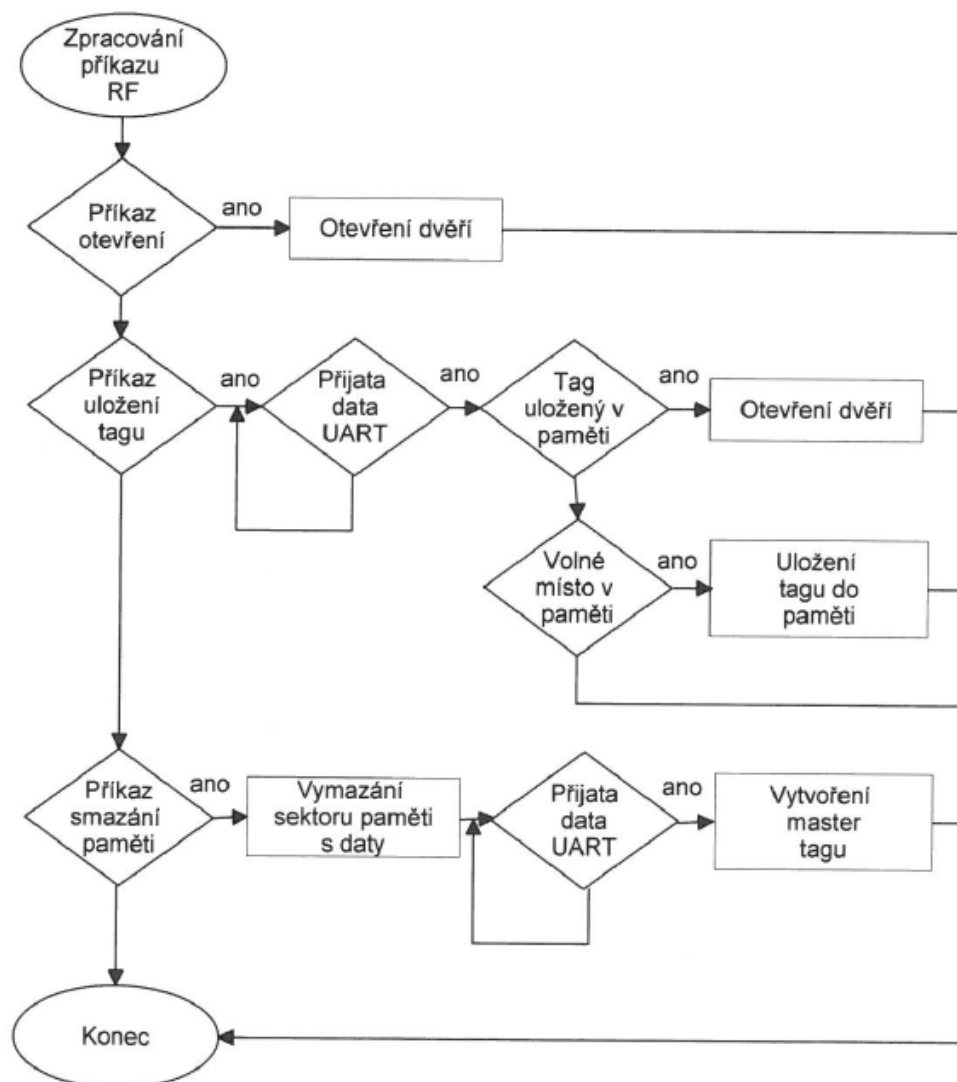
Při přijetí dat program testuje, zda jsou tato data uložena v paměti. Pokud ano, tak dojde k sepnutí relé. Pokud jsou data vyhodnocena jako master, tak je umožněn zápis nového tagu do paměti a mikrokontrolér čeká na přijetí nových dat. Blokové schéma zpracování dat je uvedeno na Obr. 19.



Obr. 19 Vývojový diagram zpracování dat UART

3.1.3 ZPRACOVÁNÍ PŘÍKAZU Z BEZDRÁTOVÉ KOMUNIKACE

Další možností jak ovládat řídicí zařízení je pomocí bezdrátové komunikace. Pokud řídicí zařízení přijme příkaz pro otevření dveří, tak sepne relé. Dále lze poslat příkaz pro přidání tagu. Po přijetí tohoto příkazu mikrokontrolér čeká na přijetí dat přes UART. Po jejich přijetí je tento tag přidán do paměti. Poslední příkaz slouží ke smazání paměti a vytvoření nového master tagu. Po přijetí příkazu mikrokontrolér čeká na přijetí nových dat přes UART. Tato data jsou označena jako master. V případě ztráty master tagu lze takto vymazat paměť a vytvořit nový master tag. Blokové schéma bezdrátové komunikace je uvedeno na Obr. 20.



Obr. 20 Vývojový diagram zpracování příkazu RF

Příkazy odesílané pomocí bezdrátové komunikace mají velikost 5 bajtů a jejich seznam včetně specifikace je uveden v Tab. 1.

Tab. 1 Seznam příkazů pro bezdrátovou komunikaci

Příkaz	Adresa	Kód	Data 1	Data 2	Data 3
Otevření dveří	0x08	0x10	0x2A	0x8D	0x03
Přidání tagu		0x11	0x62	0xC4	
Smazání paměti		0x12	0xE5	0x63	

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo navržení ovládání elektrického zámku. Otvírání zámku je umožněno pomocí RFID technologie a také pomocí bezdrátové komunikace s nadřazeným zařízením.

Srdcem navrženého zařízení je mikrokontrolér od firmy Texas Instruments CC430F5137. Ten již obsahuje potřebné komunikační rozhraní a také modul pro bezdrátovou komunikaci. Pro tuto komunikaci byla navržena vysílací část spolu s impedančním přizpůsobením. Dále byla navržena spínací část, pro ovládání elektrického zámku.

Pro RFID technologii bylo navrženo čtecí zařízení, které komunikuje s mikrokontrolérem pomocí UART rozhraní. Čtecí zařízení je také doplněno signalizací čtení tagu pomocí zvukové a optické signalizace pomocí LED.

V neposlední řadě bylo navrženo napájení, které poskytuje dvě napětové úrovně. Jednu pro čtecí zařízení a to 5 V a druhou pro napájení mikrokontroléru a to 3 V.

Z navržených schémat byly navrženy dvě desky plošných spojů. Jedna pro řídicí zařízení a druhá pro RFID modul, která bude umístěna v krytu na vnější straně dveří. Následně byly tyto desky plošných spojů vyrobeny a osazeny součástkami.

V poslední fázi vývoje byl vytvořen program pro obsluhu řídicího zařízení. Tento program umožňuje komunikaci řídicího zařízení s RFID modulem pomocí rozhraní UART a také komunikaci řídicího zařízení s nadřazeným zařízením pomocí bezdrátové komunikace.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] Co je RFID. *RFID portál* [online]. [cit. 2015-12-1]. Dostupné z WWW:
<http://www.rfidportal.cz/index.php?page=rfid_obecne>
- [2] RFID. *Wikipedia* [online]. [cit. 2015-12-1]. Dostupné z WWW:
<<https://cs.wikipedia.org/wiki/RFID>>
- [3] RFID technologie. *Combitrading* [online]. [cit. 2015-12-1]. Dostupné z WWW:
<<http://www.combitrading.cz/technologie/vyhody-rfid.html>>
- [4] RFID - technologie pro internet věcí [online]. [cit. 2015-12-1]. Dostupné z WWW:
<<http://access.fel.cvut.cz/view.php?cisloclanku=2009020001>>
- [5] Active RFID Tag. *Technovelgy* [online]. [cit. 2015-12-1]. Dostupné z WWW:
<<http://www.technovelgy.com/ct/technology-article.asp?artnum=21>>
- [6] Passive RFID Tag. *Technovelgy* [online]. [cit. 2015-12-1]. Dostupné z WWW:
<<http://www.technovelgy.com/ct/Technology-Article.asp?ArtNum=47>>
- [7] RFID [online]. [cit. 2015-12-1]. Dostupné z WWW:
<<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=D911A55B60EC208560C99F26FAA35897?doi=10.1.1.182.5224&rep=rep1&type=pdf>>
- [8] EVVA prospekt Xesar. *EVVA* [online]. [cit. 2015-12-1]. Dostupné z WWW:
<http://www.evva.cz/fileadmin/files_all/Download/Xesar/Systemprospekte/W.FD.HBS.X.V2.LN.SCZ.pdf>
- [9] Openers & Closers katalog. [online]. [cit. 2015-12-1]. Dostupné z WWW:
<<http://www.klicovecentrum.cz/index.php/cs/velkoobchod/ke-stazeni.html>>
- [10] Adiglobal [online]. [cit. 2015-12-1]. Dostupné z WWW:
<[http://www.adiglobal.cz/iiWWW/shared.nsf/i/5923561/\\$FILE/original.jpg](http://www.adiglobal.cz/iiWWW/shared.nsf/i/5923561/$FILE/original.jpg)>
- [11] Elektrické zámky. *Sezam* [online]. [cit. 2015-12-1]. Dostupné z WWW:
<<http://www.sezam.cz/elektricke-zamky/c3417/katalog.html>>

- [12] G-U [online]. [cit. 2015-12-1]. Dostupné z WWW:
<<https://www.g-u.com/CZ/cs/dverni-technika/vicebodova-zamykani/dvere-z-hliniku-nebo-pvc/samozamykaci/gu-secury-automatic.html>>
- [13] CC430F5137. *Texas Instruments* [online]. [cit. 2015-12-1]. Dostupné z WWW:
<<http://www.ti.com/product/CC430F5137>>
- [14] ID RFID datasheet. *Pandatron* [online]. [cit. 2015-12-1]. Dostupné z WWW:
<<http://pandatron.cz/shop/ds/ID-12.pdf>>
- [15] MC33063A datasheet. *Farnell* [online]. [cit. 2015-12-1]. Dostupné z WWW:
<<http://www.farnell.com/datasheets/1974516.pdf>>
- [16] MCP1700T datasheet. *Farnell* [online]. [cit. 2015-12-1]. Dostupné z WWW:
<<http://www.farnell.com/datasheets/1784514.pdf>>
- [17] BSS138BK datasheet. *Farnell* [online]. [cit. 2015-12-1]. Dostupné z WWW:
<<http://www.farnell.com/datasheets/1455134.pdf>>
- [18] FINDER relé datasheet. *Farnell* [online]. [cit. 2015-12-1]. Dostupné z WWW:
<<http://www.farnell.com/datasheets/1699475.pdf>>
- [19] Balun Johanson Technology datasheet. *Farnell* [online]. [cit. 2015-12-1].
Dostupné z WWW: <<http://cz.farnell.com/johanson-technology/0896bm15a0001e/balun-928-863mhz-1-5db-180-deg/dp/1885513>>
- [20] Antenna 868 MHz datasheet. *JohansonTechnology* [online]. [cit. 2015-12-1].
Dostupné z WWW:
<<http://www.johansontechnology.com/datasheets/antennas/0868AT43A0020.pdf>>
- [21] Chipdrive [online]. [cit. 2015-12-1]. Dostupné z WWW:
<http://www.chipdrive.de/index.php/en/oem-smart-card-reader-writer/smart-card-mifare-desfire-tags-tokens.htm?__from_store=de>
- [22] ABB [online]. [cit. 2016-5-10]. Dostupné z WWW:
<<http://www117.abb.com/catalog.asp?thema=4019&category=650>>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ASK	Amplitude Shifting Key
CRC	Cyclic Redundancy Check
DPS	Deska Plošných Spojů
HF	High Frequency
I2C	Internal Integrated Circuit
JTAG	Joint Test Action Group
LED	Light Emitting Diode
LF	Low Frequency
LQI	Link Quality Indication
MCU	MicroController Unit
MW	MicroWave
N-MOS	N-type Metal Oxide Semiconductor
RAM	Random Access Memory
RF	Radio Frequency
RFID	Radio Frequency IDentification
SOT	Small Outline Tranzistor
SPI	Serial Peripheral Interface
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
UHF	Ultra-High Frequency
VQFN	Very thin profile Quad Flat Non leaded package

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 RFID tagy [21].....	11
Obr. 2 Schéma komunikace RFID [4]	12
Obr. 3 Kmitočty používané RFID [4].....	14
Obr. 4 Elektronická cylindrická vložka ovládaná RFID [8]	15
Obr. 5 Elektrický otvírač [10].....	16
Obr. 6 Vícebodový elektromotorický zámek [12]	17
Obr. 7 Blokové schéma řídicího zařízení	19
Obr. 8 Schéma zapojení DC měniče.....	20
Obr. 9 Schéma zapojení stabilizátoru.....	23
Obr. 10 Schéma zapojení relé.....	24
Obr. 11 Schéma zapojení bezdrátové antény.....	25
Obr. 12 Osazená DPS řídicího zařízení	26
Obr. 13 Schéma zapojení RFID čtecího zařízení.....	27
Obr. 14 Kryt RFID čtečky [22].....	28
Obr. 15 Osazená DPS RFID modulu	29
Obr. 16 Vývojový diagram řídicího zařízení.....	30
Obr. 17 Vývojový diagram inicializace	31
Obr. 18 Specifikace komunikace UART	32
Obr. 19 Vývojový diagram zpracování dat UART	33
Obr. 20 Vývojový diagram zpracování příkazu RF	34

SEZNAM PŘÍLOH

A. Schémata

- A.1 Schéma zapojení mikrokontroléru
- A.2 Schéma zapojení napájení
- A.3 Schéma zapojení relé
- A.4 Schéma zapojení čtecího zařízení RFID

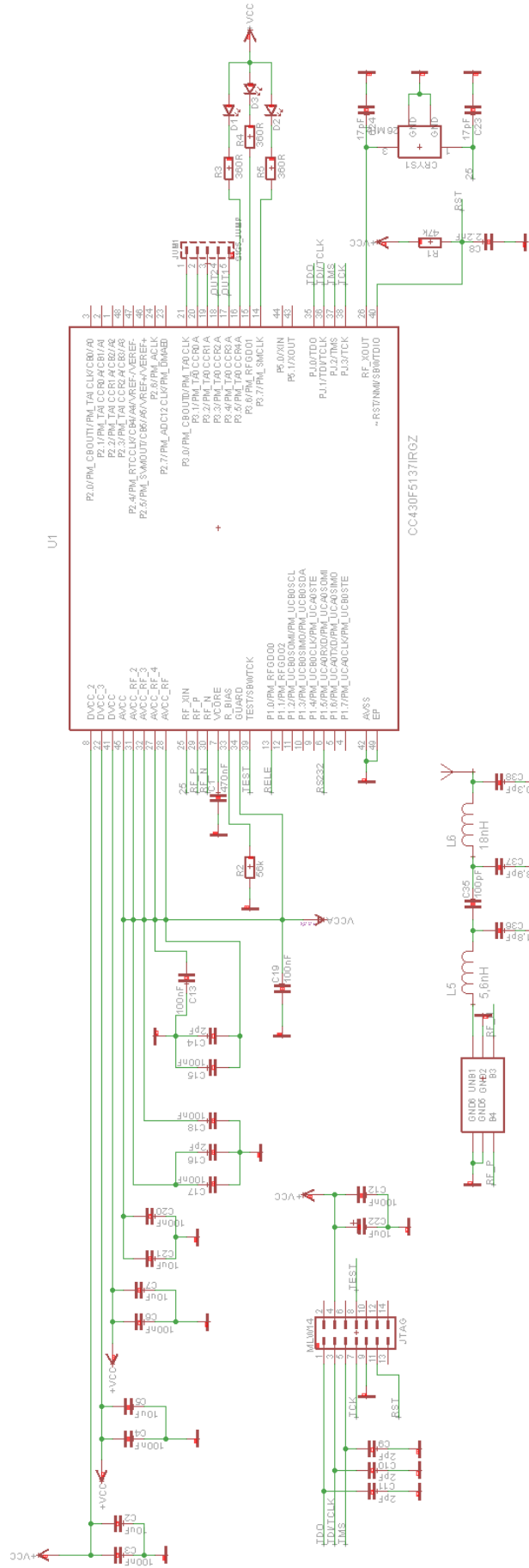
B. Desky plošných spojů

- B.1 Deska řídicího zařízení
 - B.1.1 Top strana
 - B.1.2 Bottom strana
 - B.1.3 Osazení součástek top strana
 - B.1.4 Osazení součástek bottom strana
- B.2 Deska RFID modulu
 - B.2.1 Top strana
 - B.2.2 Bottom strana
 - B.2.3 Osazení součástek top strana
 - B.2.4 Osazení součástek bottom strana

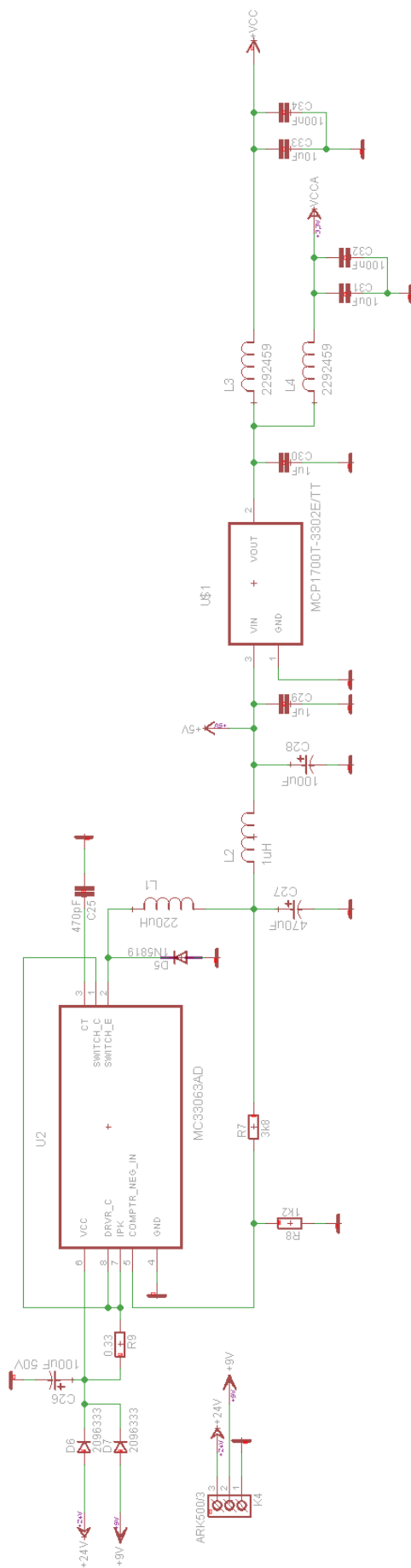
C. Seznam součástek

- C.1 Seznam součástek řídicího zařízení
- C.2 Seznam součástek RFID modulu

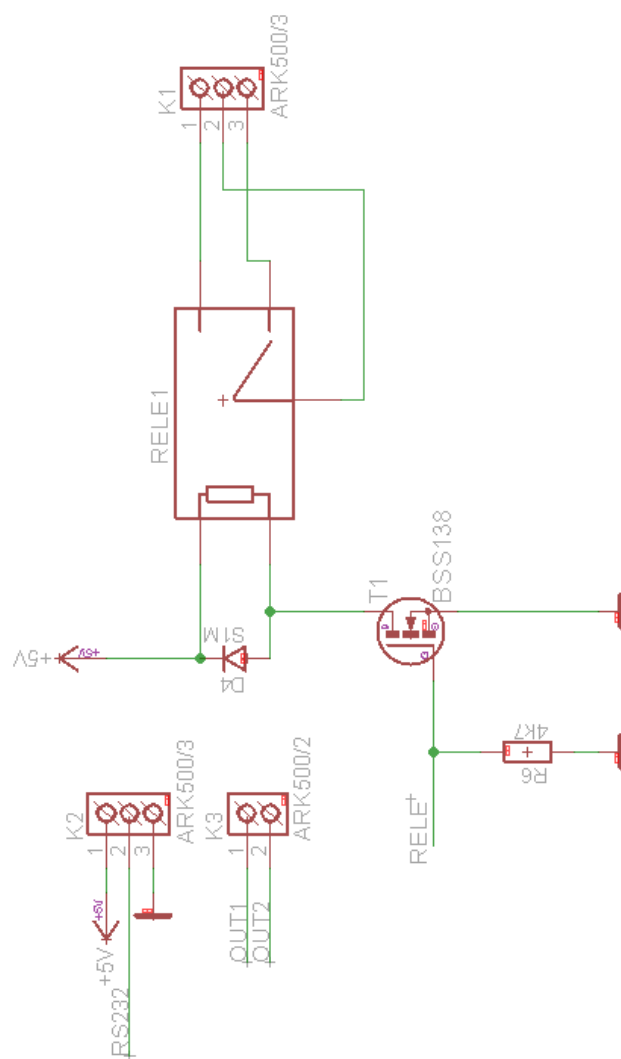
A.1 Schéma zapojení mikrokontroléru



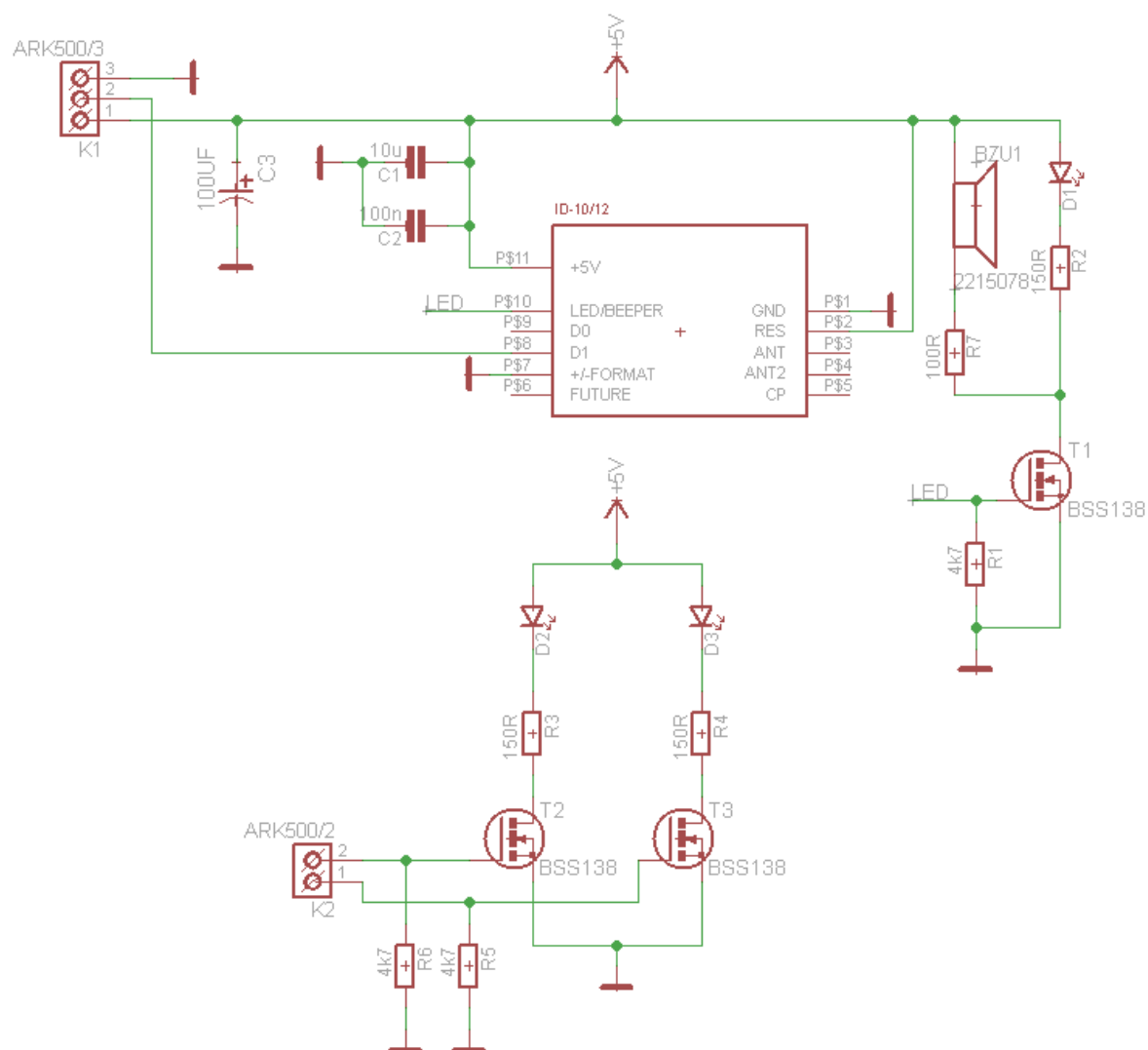
A.2 Schéma zapojení napájení



A.3 Schéma zapojení relé

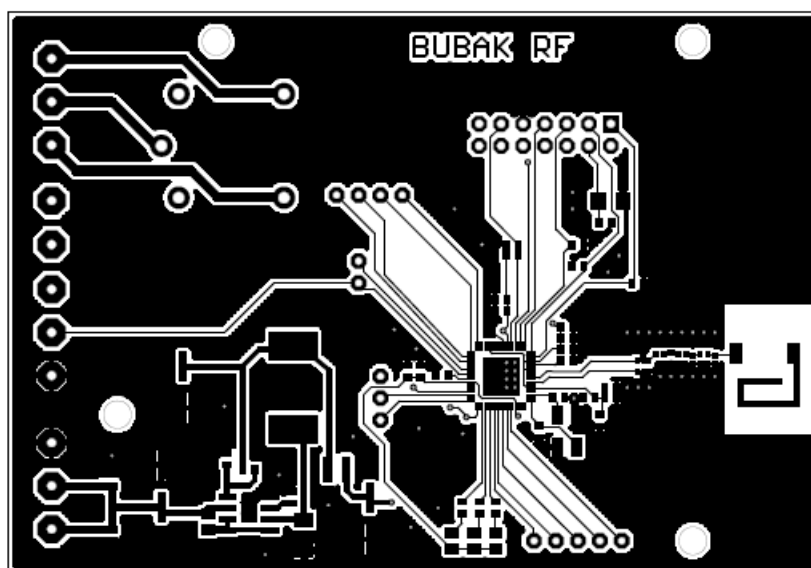


A.4 Schéma zapojení čtecího zařízení RFID



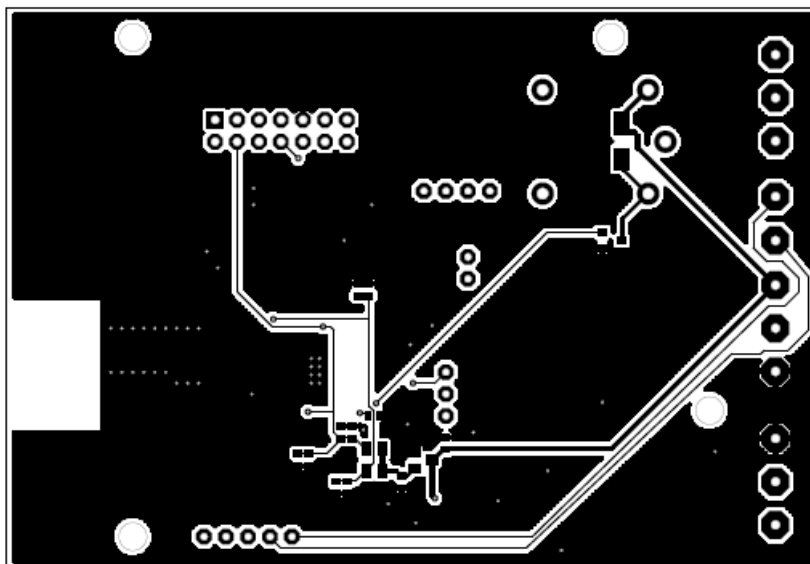
B.1 Deska řídicího zařízení

B.1.1 Top strana



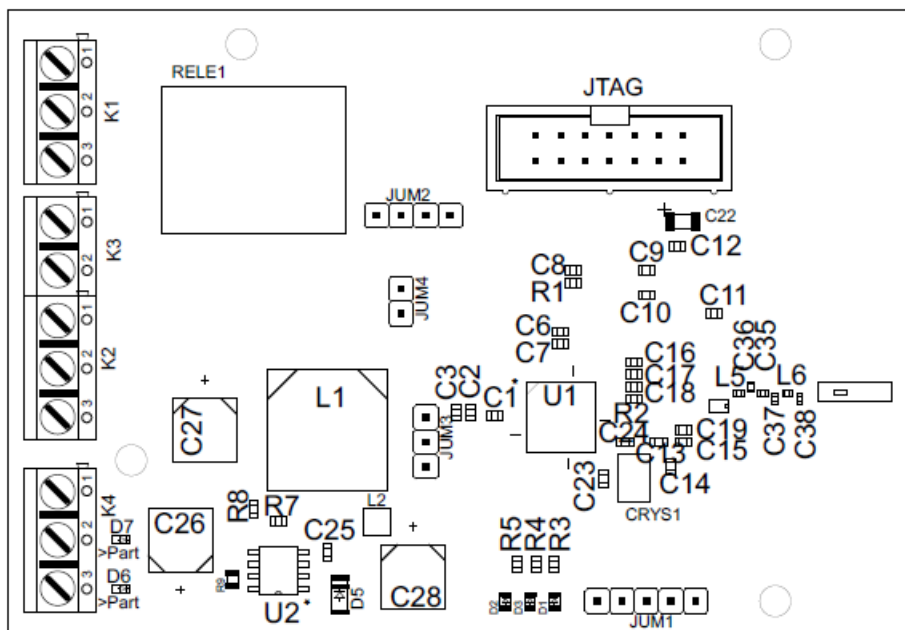
Rozměr desky 94 x 65 [mm]

B.1.2 Bottom strana

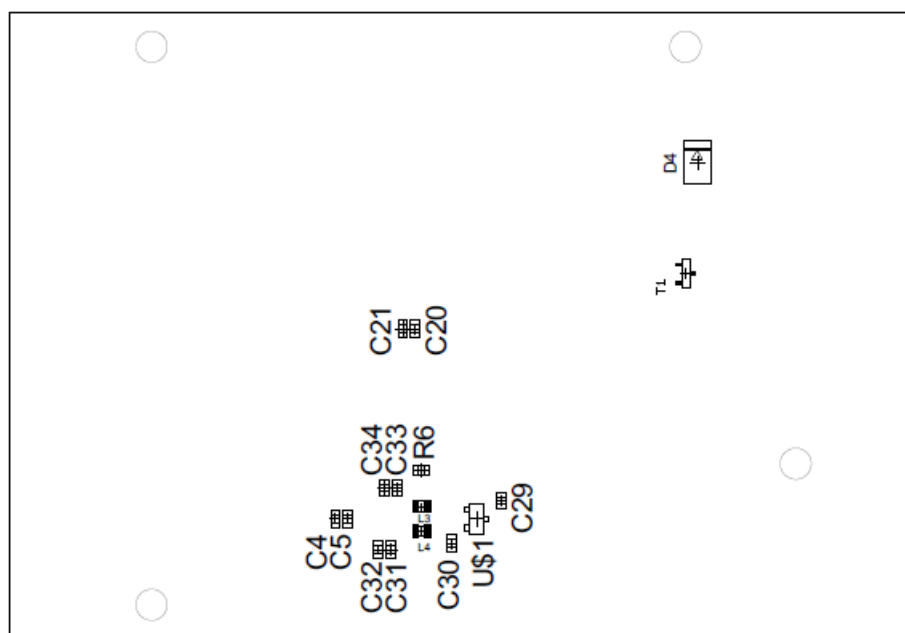


Rozměr desky 94 x 65 [mm]

B.1.3 Osazení součástek top strana

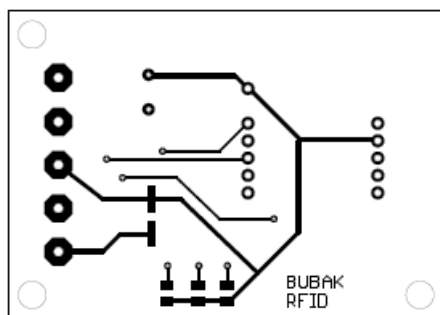


B.1.4 Osazení součástek bottom strana



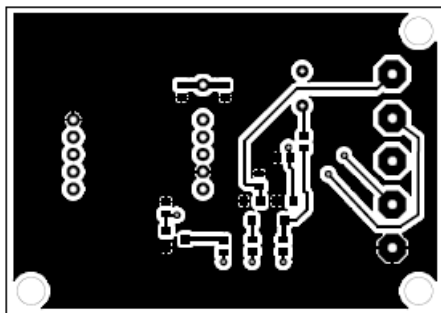
B.2 Deska RFID modulu

B.2.1 Top strana



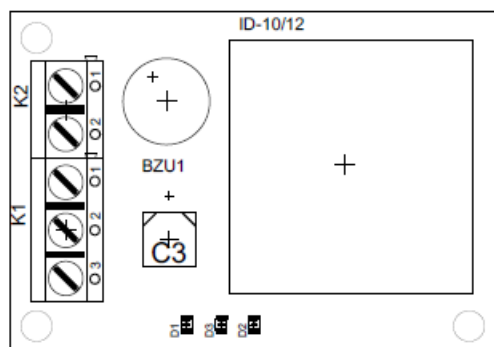
Rozměr desky 50,4 x 35,6 [mm]

B.2.2 Bottom strana

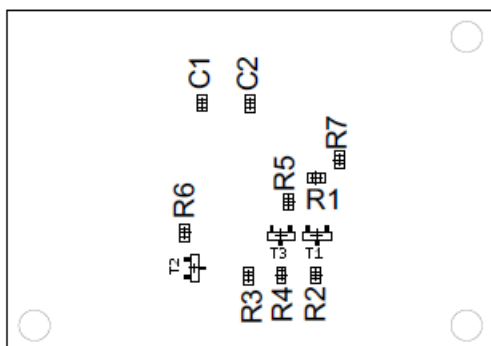


Rozměr desky 50,4 x 35,6 [mm]

B.2.3 Osazení součástek top strana



B.2.4 Osazení součástek bottom strana



C.1 Seznam součástek řídicího zařízení

Označení	Hodnota	Pouzdro
ANT1	ANT_KER	
BAL1	BALUN	
C1	470nF	0603
C2	10uF	0603
C3	100nF	0603
C4	100nF	0603
C5	10uF	0603
C6	100nF	0603
C7	10uF	0603
C8	2.2nF	0603
C9	2pF	0603
C10	2pF	0603
C11	2pF	0603
C12	100nF	0603
C13	100nF	0603
C14	2pF	0603
C15	100nF	0603
C16	2pF	0603
C17	100nF	0603
C18	100nF	0603
C19	100nF	0603
C20	100nF	0603
C21	10uF	0603
C22	10uF	0805+
C23	17pF	0603
C24	17pF	0603
C25	470pF	0603
C26	100uF/50V	SE-D8 CAPAE660X800N
C27	470uF	SE-D8 CAPAE660X800N
C28	100uF	SE-D CAPAE660X610N
C29	1uF	0603
C30	1uF	0603
C31	10uF	0603
C32	100nF	0603
C33	10uF	0603
C34	100nF	0603
C35	100pF	0402
C36	1,8pF	0402
C37	3,9pF	0402
C38	0,3pF	0402
CRYS1	26MHz	SMD 5X3.2
D1	2V/2mA červená	P0805
D2	2V/2mA červená	P0805
D3	2V/2mA červená	P0805

Označení	Hodnota	Pouzdro
D4	S1M	SMA
D5	1N5819	SOD-123 MINI-SMA
D6	2096333	SOD-1608
D7	2096333	SOD-1608
JTAG	MLW14	MLW14G
K1	ARK500/3	ARK500/3
K2	ARK500/3	ARK500/3
K3	ARK500/2	ARK500/2
K4	ARK500/3	ARK500/3
L1	220uH	INDM125125X800N
L2	1uH	L_VISHAY
L3	2292459	0805
L4	2292459	0805
L5	5,6nH	0402
L6	18nH	0402
R1	47k	0603
R2	56k	0603
R3	360R	0603
R4	360R	0603
R5	360R	0603
R6	4k7	0603
R7	3k8	0603
R8	1k2	0603
R9	0.33	0603
RELE1	SPDT, 5 VDC, 10 A	RELE_FINDER
T1	BSS138	SOT-23
U\$1	MCP1700T-30, 3 V	SOT-23
U1	CC430F5137I	QFN50P700X700X100-49N
U2	MC33063AD	SOIC127P600X175-8N

C.2 Seznam součástek RFID modulu

Označení	Hodnota	Pouzdro
BZU1	2215078	
C1	10u	0603
C2	100n	0603
C3	100uF	CAPAE530X610N
D1	2,2V/20mA zelená	P0805
D2	2V/20mA červená	P0805
D3	3,2V/20mA modrá	P0805
K1	ARK500/3	ARK500/3
K2	ARK500/2	ARK500/2
R1	4k7	0603
R2	150R	0603
R3	150R	0603
R4	100R	0603
R5	4k7	0603
R6	4k7	0603
R7	100R	0603
T1	BSS138	SOT-23
T2	BSS138	SOT-23
T3	BSS138	SOT-23
U1	ID-10/12	ID-10/12