

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

REALIZACE PŘÍSTUPOVÉHO SYSTÉMU NA BÁZI RFID

RFID ACCES SYSTEM REALIZATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ADAM BUCHAL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ MARADA, Ph.D.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automatizace a informatiky

Akademický rok: 2013/14

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Adam Buchal

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Aplikovaná informatika a řízení (3902R001)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Realizace přístupového systému na bázi RFID

v anglickém jazyce:

RFID acces system realization

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce je návrh a realizace přístupového systému v budovách na bázi RFID čtečky HID iClass R10. Jednotka bude řízena mikrokontrolérem ATmega. Při řízení přístupu např. do laboratoře je nutností vyřešit správu stávajících a zadávání nových ID do přístupového systému.

Cíle bakalářské práce:

1. Seznamte se s RFID problematikou.
2. Navrhněte přístupový systém na bázi RFID.
3. Navržený přístupový systém realizujte.
4. Demonstrujte funkčnost realizovaného řešení.

Seznam odborné literatury:

[1] <http://www.robotika.cz>

[2] <http://www.robotika.sk>

[3] <https://www.hidglobal.com/products/readers/iclass/r10>

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Tomáš Marada, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/14.

V Brně, dne 17.11.2013




Ing. Jan Roupec, Ph.D.
Ředitel ústavu


prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá využitím technologie RFID v přístupových systémech do inteligentních budov. Dále je v práci popsán princip funkce RFID čteček a seznam pracovních frekvencí, na kterých tato technologie funguje. Další část se věnuje návrhu přístupového systému s čtečkou iClass R10 pracující na frekvenci 13.56 MHz, kdy celý systém řídí mikroprocesor ATmega8. K návrhu desky je popsán program pro tvorbu elektronických schémat EAGLE. K ozkoušení funkčnosti a základnímu naprogramování funkcí byl použit kit EvB 4.3. V poslední části je popsán postup při výrobě desky plošných spojů fotocestou včetně nákresů schémat a také je popsán program ovládající celé zařízení pomocí blokového schéma.

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the use of RFID technology in access control systems in intelligent buildings. The study also describes the principle functions of RFID readers and the list of frequencies at which the technology works. The next section is dedicated to the design of the access system with iClass R10 operating at a frequency of 13.56 MHz, the whole system is controlled by a microprocessor ATmega8. The board design is described program for creating electronic schematics EAGLE. The try-out functionality and basic programming functions used kit EVB 4.3 The last section describes the procedure for the production of printed circuit boards photo path including drawings and schemes and also describes the program controlling the entire device using the block diagram.

KLÍČOVÁ SLOVA

RFID, přístupový systém, identifikace, tag, transpondér, RFID čtečka, iClass R10, mikrokontrolér, AVR studio, ATmega, EAGLE

KEYWORDS

RFID, access system, identification, tag, transponder, RFID reader, iClass R10, microcontroller, AVR studio, ATmega, EAGLE

PROHLÁŠENÍ O ORIGINALITĚ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma "Realizace přístupového systému na bázi RFID" vypracoval samostatně, a že veškerá použitá literatura je uvedena v seznamu zdrojů.

V Brně dne 27.5.2014

podpis

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BUCHAL, ADAM. *Realizace přístupového systému na bázi RFID*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 45 s.
Vedoucí bakalářské práce Ing. Tomáš Marada Ph.D.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval svému vedoucímu Ing. Tomáši Maradovi Ph.D. za nedocenitelné rady při psaní této bakalářské práce a za pomoc při realizaci praktické části. Dále bych rád poděkoval Ing. Danielu Zuthovi Ph.D. za pomoc při opravování nedostatků v části s elektronikou. V neposlední řadě bych rád poděkoval svým nejbližším, kteří mě podporovali.

OBSAH

1	ÚVOD	13
2	IDENTIFIKACE POMOCÍ RFID.....	15
2.1	Úvod do technologie RFID	15
2.2	Princip komunikace mezi tagem a čtečkou.....	16
2.3	Transpondéry (tagy)	16
2.3.1	Aktivní transpondér	17
2.3.2	Pasivní transpondér.....	17
2.3.3	Semi-pasivní transpondéry.....	18
2.4	Pracovní frekvence	19
2.4.1	Nízká frekvence (Low Frequency - LF)	20
2.4.2	Vysoká frekvence (High Frequency - HF).....	20
2.4.3	Ultra-vysoká frekvence (Ultra-High Frequency - UHF)	20
2.4.4	Mikrovlny.....	20
2.4.5	Ultra-širokopásmové frekvence (Ultra-Wideband - UWB).....	21
3	NÁVRH PŘÍSTUPOVÉHO SYSTÉMU	23
3.1	Čtečka iClass R10.....	23
3.1.1	Protokol Wiegand	23
3.2	Mikroprocesor ATmega8.....	24
3.2.1	Komunikace UART	25
3.2.2	Komunikace SPI	25
3.3	Kit EvB 4.3	26
3.3.1	Obvod reálného času.....	27
3.3.2	Slot pro paměťovou kartu	27
3.4	Použité programy	28
3.4.1	AVR Studio	28
3.4.2	EAGLE.....	28
3.5	Funkce.....	29
3.5.1	Uživatelská ID	29
3.5.2	Logovací soubor na SD kartě	29
3.5.3	Obvod reálného času.....	30

4	REALIZACE SYSTÉMU	31
4.1	Schéma zapojení	31
4.1.1	Napájení	31
4.1.2	Mikroprocesor	31
4.1.3	Zapojení čtečky iClass R10	32
4.1.4	Zapojení slotu pro paměťovou kartu	33
4.1.5	Zapojení obvodu reálného času	34
4.1.6	Celé schéma	35
4.2	Návrh desky plošných spojů v programu EAGLE	36
4.3	Vyrobení desky plošných spojů	37
4.3.1	Přenesení obrazce na desku	37
4.3.2	Dokončovací práce a osazení	38
4.3.3	Seznam použitých součástek	39
4.4	Program	40
4.5	Stručný manuál k obsluze	41
5	ZÁVĚR	43

1 ÚVOD

Moderní doba a nároky uživatelů posouvají technologie stále kupředu. Každou novou či zdokonalením již používané technologie se snažíme usnadnit lidem práci. Cesta od příchodu moderního výrobku na trh pro běžné obyvatelstvo bývá dlouhá. Stojí za ní velká skupina lidí, kteří odvedou spoustu práce, než výrobek otestují a vyřeší všechny jeho chyby a nedokonalosti.

Již delší dobu se klade velký důraz ke zdokonalení na poli identifikace. Je potřeba, aby identifikace byla plně automatizována a aby byly systémy zabývající se identifikací přesné a snadno ovladatelné. V dnešní době je nejvíce využívána identifikace pomocí rádiových vln - RFID - zkratka z anglického výrazu Radio Frequency Identification. Tato technologie se rychle rozmohla a lze díky ní identifikovat osoby, zvířata a dokonce i předměty na velké vzdálenosti.

Tato bakalářská práce se zabývá identifikací osob pomocí RFID a následně přístupovým systémem do inteligentních budov. Cílem této práce bylo seznámit se s technologií RFID, možnostmi jejího využití a také s ostatními technologiemi, které budou při realizaci této bakalářské práce využity. K realizaci bude sestavena vlastní deska s potřebnými prvky osazená mikročipem ATmega8. Tato deska bude pak k dispozici Ústavu automatizace a informatiky Fakulty strojního inženýrství VUT v Brně pro případné využití.

2 IDENTIFIKACE POMOCÍ RFID

2.1 Úvod do technologie RFID

RFID je moderní způsob identifikace objektů či osob pomocí rádio-frekvenčních vln. Tento systém je využíván především v odvětvích, kde je potřeba rychle a přesně zpracovat informace. Největší uplatnění nachází RFID v logistice, v obchodech a také ve skladech. Tato technologie se považuje za mnohem spolehlivější, přesnější a rychlejší oproti stále velice využívaným čárovým kódům. Právě kvůli tomu se RFID považuje za novodobého nástupce čárových kódů.

Několik desítek let zpátky bylo značení zboží pomocí čárových kódů pro spoustu lidí nepředstavitelné. Tato technologie se však realizovala, usnadnila spoustu práce a stala se naprosto běžně používanou. RFID značky (tagy) mají oproti běžným čárovým kódům spoustu zásadních výhod. Na rozdíl od štítku s čárovým kódem, který musí být na výrobku umístěn na viditelném místě, může být tag umístěn kdekoliv uvnitř výrobku. Tím se předchází nebezpečí poškození identifikátoru a problému s jeho čtením. Další velkou výhodou RFID je možnost načíst větší množství tagů na větší vzdálenost najednou (například vozík s paletami plnými zboží projíždějící čtecí bránou a snímán v reálném čase). V neposlední řadě zmíním ještě výhodu přepisovatelnosti tagů, která zaručuje jejich univerzálnost a opakované použití.

S myšlenkou bezdrátového přenosu informací za účelem identifikace přišla před několika lety největší maloobchodní firma WallMart, která stála také u vzniku čárových kódů. Hlavní myšlenkou byla potřeba identifikovat objekty na delší vzdálenosti, bez přímé viditelnosti a s možností zpracovávat více informací současně.[1]

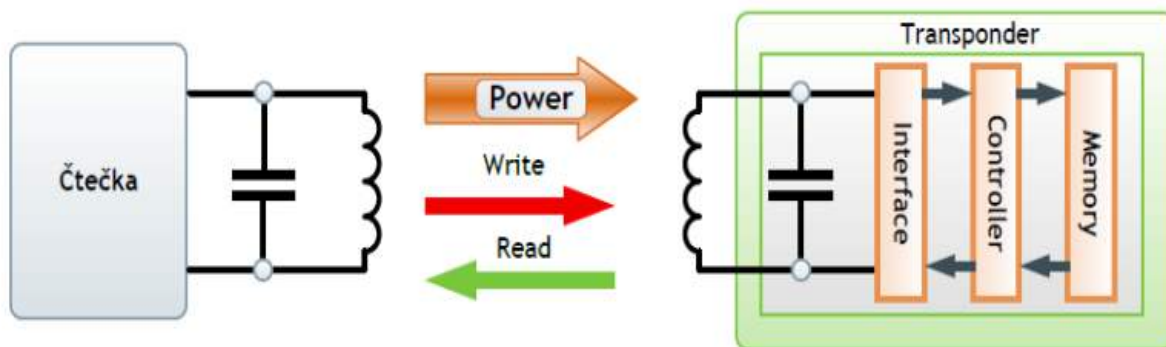
Tato technologie má také velké uplatnění v logistice. Například společnost Kaufhof v roce 2003 realizovala možnost provozovatelů obchodních domů sledovat každou fázi dodavatelského řetězce jednotlivých textilních výrobků při jejich cestě k odběrateli. Bylo možné sledovat celou trasu produktu od výrobce přes logistickou firmu, přípravu a distribuci zboží až k jeho započítání do nákupu spotřebitel. Rozlehlost firmy Kaufhof Warenhaus, která provozuje více jak 150 obchodních domů v Německu a Belgii, představuje obrovské nároky na logistiku. Ve spolupráci s textilním podnikem Gerry Weber byl spuštěn projekt zabudování RFID technologie od společnosti Siemens Business Services za účelem urychlení procesů v logistickém řetězci. Na oblečení byly umístěny RFID etikety s cenovkou. Tyto etikety byly čteny ve skladech pomocí snímačů a celý proces zapisování příchozího a odchozího zboží ze skladů byl postupem času plně automatizován. Tento projekt představoval historicky vůbec první sledování výrobku při jeho cestě od výrobce ke spotřebiteli. Cílem bylo zjistit omezení této technologie, její finanční náročnost a zajistit budoucí vývoj této technologie, která měla dopomoci k modernizaci maloobchodů.[2]

Informace se ukládají do takzvaných tagů (transpondérů), což jsou malé čipy, ze kterých tyto informace mohou být neomezeně čteny a také být opakovaně přepisovány pomocí rádiových vln. Moderní zařízení jsou schopny načíst řádově až několik stovek tagů za minutu.

Každá implementace technologie RFID vždy obsahuje tagy na označení objektů, zařízení pro čtení tagů a takzvaný middleware, což je řídicí systém zajišťující zpracovávání načtených dat. RFID tagy jsou základem systému pro ukládání a předávání informací pomocí elektromagnetických vln. Tyto tagy jsou čteny zaznamenávacím zařízením, které může být pevné, ale i mobilní. [1]

2.2 Princip komunikace mezi tagem a čtečkou

Technologie funguje na principu radaru. Základem komunikace jsou tedy dva prvky - čtečka a tag. Čtečka obsahuje vysokofrekvenční přijímač a vysílač, který neustále vysílá rádiové vlny o určité frekvenci. Jakmile se tag, naladěný na stejnou frekvenci, dostane do dosahu čtení, nabije se a vyšle zpět data, která má v sobě uložena, pomocí dvoustavové ASK modulace (Amplitude Shifting Key) a změnou zakončovací impedance antény tagu. Vznikají odrazy, které zachycuje přijímač čtečky, a ta je vyhodnocuje jako logické úrovně 0 a 1.[3]



Obr.1: Princip komunikace RFID[4]

Mezinárodní organizace pro standardizaci vytvořila sbírku několika ISO standardů, které upravují normy pro čtení RFID čtečkami (např. frekvenci, kódování, ...):

- ČSN ISO/IEC 11784 - Definuje frekvence, kódování a datovou strukturu transpondérů pro identifikaci zvířat.
- ČSN ISO/IEC 11785 - Definuje frekvence, kódování a datovou strukturu transpondérů pro letecký provoz.
- ČSN ISO/IEC 14443 - Upravuje přesné frekvence pro bezkontaktní platby.
- ČSN ISO/IEC 15693 - Upravuje parametry ostatních karet pro identifikaci.[5]

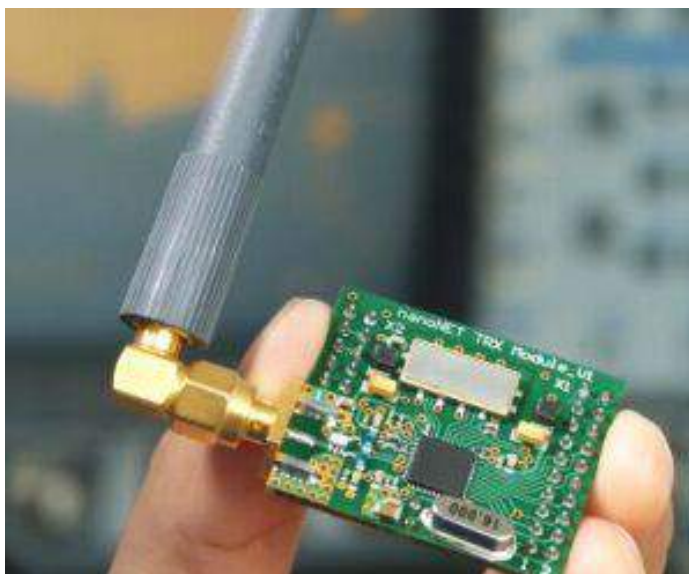
2.3 Transpondéry (tagy)

RFID tag obsahuje ve většině případů čip a anténu namontovanou na kryt. V čipu nalezneme procesor, paměť a rádiový vysílač. Velikost paměti se může pohybovat od několika bajtů až po desítky kilobajtů. Komunikace probíhá, jak bylo zmíněno, pomocí rádiových vln, které vysílá a přijímá čtečka. Pro čtení tagu na delší vzdálenost je potřeba většího množství energie. Transpondér může být obohacen o vlastní zdroj energie. Dle tohoto kritéria, zda-li má, či nemá vlastní zdroj energie, se dělí na **aktivní** a **pasivní** (viz. dále). Mohou být také naprogramovány jako "read only - R/O", neboli pouze pro čtení, pro dynamické aplikace mohou být přepisovatelné, tedy "read write - R/W", a nakonec mohou být také pro jeden zápis, ale mnoho čtení "write once read many times - WORM". Poslední způsob zajistí, že identifikační číslo bude do transpondéru zapsáno pouze jednou, nikdy nebude přepsáno a zároveň bude možno jej mnohokrát číst. Typický příklad třetí varianty transpondéru je bezkontaktní identifikační karta.[6]

2.3.1 Aktivní transpondér

Jedná se o tag, který je vybaven vlastním zdrojem napětí - baterií. Některé tagy obsahují vyměnitelné baterie, což umožňuje použití na několik let. Aktivní transpondéry lze také připojit k externímu zdroji napětí.

Velkou výhodou těchto tagů je možnost čtení na poměrně velké vzdálenosti, řádově více než stovky metrů. Také může mít zabudovány jiné senzory, které budou využívat energii z baterie. Nutno zmínit i jeho nevýhody, jako například fakt, že tyto tagy jsou bez vlastního zdroje napětí nepoužitelné a to ani na krátké vzdálenosti. I jejich cena je poněkud vyšší, a sice od 20 dolarů a více. Celková údržba je také časově náročnější skrze případnou výměnu baterie. Mohou však obsahovat inteligentní řídicí jednotku, která sama inicializuje komunikaci nebo dokáže sama najít nejvýhodnější komunikační cestu. Co se týče velikosti, jsou o dost větší oproti pasivním transpondérům.[7]



Obr.2: Aktivní transpondér[8]

2.3.2 Pasivní transpondér

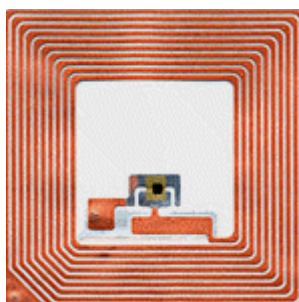
Pasivní tag nemá na rozdíl od aktivního svůj vlastní zdroj napětí (baterii) a veškerá komunikace je závislá pouze na energii z rádiových vln, které vysílá čtečka. Jakmile se pasivní transpondér dostane do postačující blízkosti ke čtečce, jeho anténa zachytí rádiové vlny a okruh v tagu se touto energií nabije. Následně transpondér vysílá informace, které jsou v něm zakódovány.

Mezi hlavní výhody patří funkčnost bez baterie a jejich životnost až 20 let a více. Jejich finanční náročnost na výrobu je minimální oproti tagům aktivním. Taktéž jsou výrazně menší. Některé typy mohou být velké asi jako zrnko rýže a díky velikosti se hojně uplatňují u spotřebního zboží. [9]



Obr.3: Znáznornění velikosti pasivních transpondérů[10]

Pasivnost s sebou nese i jisté nevýhody, jako je čtecí vzdálenost, která nebývá větší, než-li pár desítek centimetrů.[9]



Obr.4: Pasivní transpondér v samolepicím štítku[11]

2.3.3 Semi-pasivní transpondéry

Existují i transpondéry mezi aktivními a pasivními, takzvané semi-pasivní. Tyto transpondéry mají baterii, která zásobuje pouze okruh s čipem, ale samotná energie ke komunikaci s čtečkou je z rádiových vln, které čtečka vysílá.[12]

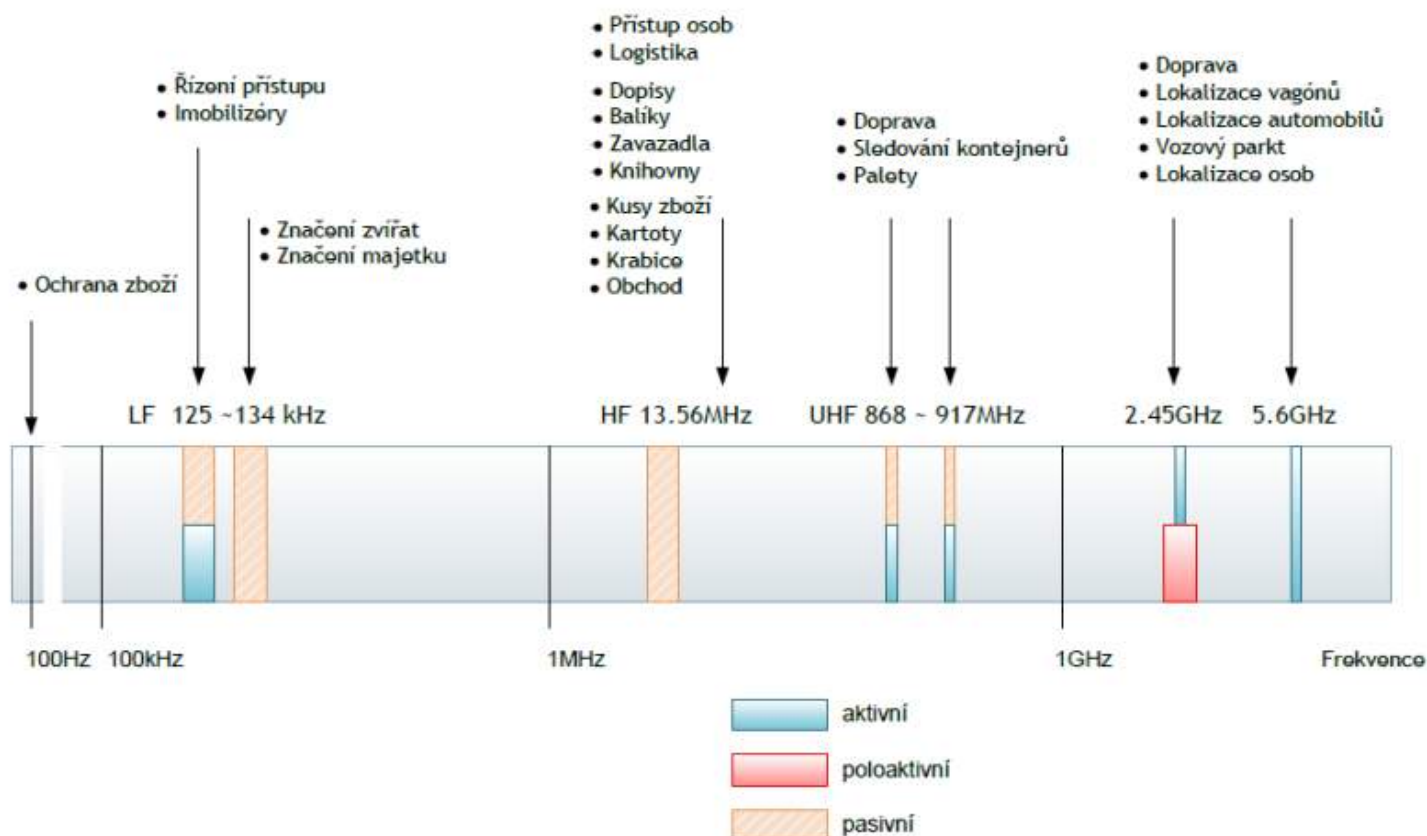
Tyto typy poskytují možnost čtení a zápisů na tag ve vzdálenosti až 100 metrů. Může být čteno více tagů najednou, identifikována jejich poloha a jejich životnost dosahuje až 5 let.[13]



Obr.5: Semi-pasivní transpondér vyroben pro armádu za účelem lokalizace brýlí s nočním viděním[14]

2.4 Pracovní frekvence

Dalším důležitým parametrem je pracovní frekvence, nebo-li frekvence, na které čtečka, popř. transpondér, vysílají a přijímají. Přesnější představu o používaných frekvencích nám nabídne následující obrázek.[4]



Obr.6: Přehledné znázornění používaných pracovních kmitočtů[4]

Různé RFID systémy pracují na různých frekvencích, přičemž každá operační frekvence nabízí svůj vlastní pracovní rozsah. Pro volbu pracovní frekvence je důležité určit, kde bude zařízení používáno. Například velmi vysoké frekvence (UHF - Ultra-High Frequency) fungují poněkud hůře v blízkosti kovů. Frekvence také určuje velikost antény a její tvar. Frekvence můžeme rozdělit do následující tabulky.[15]

Rozsah pracovního kmitočtu	Kmitočet	Pasivní čtecí vzdálenost
Nízká frekvence (LF)	120-140 kHz	10-20 cm
Vysoká frekvence (HF)	13.56 MHz	10-20 cm
Ultra-vysoká frekvence (UHF)	868 – 928 MHz	3 m
Mikrovlny	2.45 a 5.8 GHz	3 m
Ultra-širokopásmové (UWB)	3.1 – 10.6 GHz	10 m

Tabulka 1: Základní RFID pracovní kmitočty[15]

2.4.1 Nízká frekvence (Low Frequency - LF)

Nízkofrekvenční RFID tagy pracují na frekvencích mezi 120 kHz a 140 kHz. Nejčastěji jsou transpondéry pracující na tomto kmitočtu pasivní, tedy nabíjeny indukci z rádiových vln vyslaných čtečkou. Kvůli tomu mají také velmi nízkou čtecí vzdálenost, pouze od 10 do 20 centimetrů.

Mohou dobře pracovat v těžších podmínkách a také v blízkosti kovů, znečištění a ve vlhku. Díky tomu najdou skvělé uplatnění v oboru značení a identifikace zvířat nebo také pro značení špinavého prádla. Nevýhodou však je nízká rychlost čtení dat z tagů oproti ostatním pracovním kmitočtům. Občas bývají nízkofrekvenční tagy používány v imobilizérech u aut a u přístupových systémů. Pro představu - v roce 2006 se dal pořídit LF pasivní tag za 1 dolar.[4]

2.4.2 Vysoká frekvence (High Frequency - HF)

Tagy, spadající do této kategorie, pracují na jednom kmitočtu, a sice 13.56 MHz. Bývají zabaleny do fóliové vložky nebo zabudovány v kreditní kartě. Díky tomu jsou HF tagy užitečné v přístupových systémech do budov, u bezkontaktních plateb a u dalších různých identifikátorech podobného rázu. V tomto případě je krátká čtecí vzdálenost, taktéž okolo 10 až 20 centimetrů, výhodou.

V dnešní době některé aerolinky používají právě HF transpondéry k manipulaci a převážení zavazadel. Oproti nízkofrekvenčním tagům dokážou vysokofrekvenční tagy přenášet informace rychleji, avšak mohou se vyskytovat menší problémy při snaze používání v blízkosti kovů. Také je nevhodné používat tuto frekvenci v nemocnicích v důsledku možnosti poškození citlivé elektroniky. Opět pro představu - v roce 2006 se dal vysokofrekvenční transpondér pořídit za 0.5 dolaru.[4]

2.4.3 Ultra-vysoká frekvence (Ultra-High Frequency - UHF)

Pracovní kmitočet u UHF tagů je v rozmezí 868 až 928 MHz. V Evropě se spíše používají frekvence v rozmezí 868 až 870 MHz, zatímco ve Spojených státech a Kanadě se používá frekvence v rozmezí 902 až 928 MHz. Transpondéry v této kategorii mají největší uplatnění v logistice při sledování zboží a celého logistického řetězce od výrobce ke spotřebiteli.

Nabízí větší čtecí vzdálenost a jsou poměrně levné při výrobě ve velkém množství. Velkou nevýhodou je však problém při komunikaci v blízkosti kovů. Bylo již několik pokusů o vytvoření materiálu, který by celý transpondér odstínil od případného rušení z okolních kovů, avšak tato řešení by byla velice nákladná. Vlny z UHF tagů mohou také interferovat s velice jemnými a citlivými přístroji, jaké nalezneme například ve zdravotnictví. UHF transpondéry jsou poměrně novější technologií oproti LF a HF transpondérům a čtečky stojí o něco více. V roce 2006 se daly pořídit ve větším množství pasivní tagy, pracující na UHF, za méně než 0.15 dolaru.[4]

2.4.4 Mikrovlny

Mikrovlnné tagy pracují buďto na frekvenci 2.45 nebo 5.8 GHz. Tyto kmitočty se občas také pojmenovávají super-vysoké frekvence. RFID technologie pracující na této frekvenci se začaly používat teprve nedávno a rychle se vyvíjejí. V praxi se používají tagy semi-pasivní nebo aktivní, ale existují i v pasivní formě. Semi-pasivní mikrovlnné tagy se používají převážně v lodní dopravě.

Technologie na této bázi dokážou číst data ještě rychleji, než technologie na bázi UHF a mají přibližně stejnou pasivní čtecí vzdálenost. Semi-pasivní a aktivní čtecí vzdálenost bývá většinou větší, aktivní tagy mohou být čteny na vzdálenost i 30 metrů. Mikrovlny však potřebují

oproti UHF pro vysílání více energie a jsou také o dost dražší - v roce 2006 se cena jednoho mikrovlnného aktivního tagu pohybovala okolo 25 dolarů. V neposlední řadě si sebou tato technologie nese problém možné interference vln s klasickou Wi-Fi sítí 802.11b/g.[4]

2.4.5 Ultra-širokopásmové frekvence (Ultra-Wideband - UWB)

Technologie RFID na bázi širokopásmových vln je poměrně nedávná záležitost. Namísto posílání velkého množství energie pomocí jedné frekvence dokáže tato technologie posílat menší množství energie rozdělené do více frekvencí v širokém pásmu 3.1 - 10.6 GHz.

Velikou výhodou je možnost čtení na opravdu velké vzdálenosti, konkrétněji až 200 metrů. Zároveň zde nedochází k žádnému rušení způsobeného kovy, jelikož energie vysílaná na daných frekvencích je poměrně malá. UWB také neinterferuje s vlnami od jemných a citlivých přístrojů a díky tomu byla tato technologie nejdříve aplikována v prostředí nemocnic. UWB tagy musí být minimálně semi-pasivní. Při masové výrobě je cena jednoho tagu okolo 5 dolarů.[4]

3 NÁVRH PŘÍSTUPOVÉHO SYSTÉMU

Nyní je potřeba celý přístupový systém navrhnout. K dispozici byla RFID čtečka iClass R10 od firmy HID Global, která má zastoupení v mnoha zemích světa a zaměřuje se na bezpečnostní a přístupové systémy. Specializuje se na technologie RFID využívající frekvence 125 kHz (nízká frekvence) a 13.56 MHz (vysoká frekvence).

Firma HID Global vznikla v roce 1991 pod jménem Hughes Identification Devices jako vedlejší společnost velké firmy Hughes Aircraft. V roce 1995 přestoupila pod křídla společnosti Palomar Technological Companies a změnila svůj název na HID Corporation. Letos získala cenu IdenTrust, která oceňuje spolehlivost firmy na poli identifikace v odvětví finančních institucí, vládních agentur a obchodních agentur po celém světě. Mimo jiné během svého trvání na trhu získala spoustu dalších cen.[16]

Celý systém bude řízen mikročipem ATmega8. Deska bude osazena dalšími prvky, které budou nutné k vykonávání potřebných funkcí. Na desce se dále nachází obvod reálného času, ISP programátor a slot pro SD kartu, na kterou budeme zapisovat vstupy (čtení) jednotlivých karet.

Pro ozkoušení funkčnosti čtečky a sepsání základního kódu byl použit vývojový kit EVB 4.3 od polské společnosti And-Tech. Společnost And-Tech vznikla v roce 2006 a od té doby se snaží každým dnem pracovat na novější a modernější elektronice, aby zjednodušila běžným uživatelům realizovat jejich projekty za minimální náklady času a peněz. V jejich sortimentu se nachází převážně různé vývojové kity a elektronické součástky pro širokou škálu lidí, od začátečníků až po zkušené inženýry na poli elektrotechniky.[17]

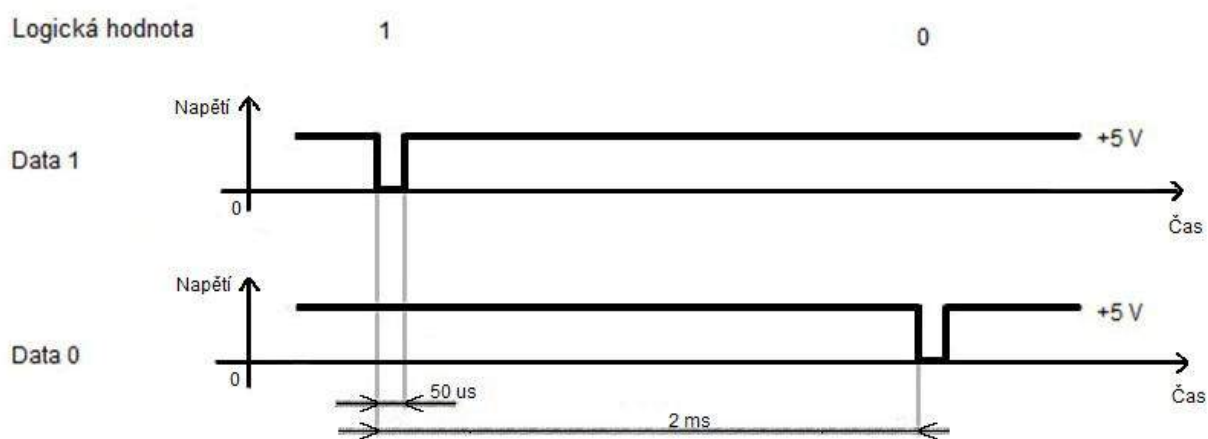
3.1 Čtečka iClass R10

Jde samozřejmě o bezkontaktní čtečku, konkrétně typ značený 6100CKN0000, která dokáže číst karty na vzdálenost 5.1 cm. Jedná se společně s čtečkou R15 o nejmenší čtečku z rodiny iClass čteček, které firma HID Global vyrobila. Nemá v sobě zabudováván žádnou klávesnici. Její rozměry jsou 4.8 cm x 10.3 cm x 2.3 cm. Stačí ji napájení 5 V a potřebuje k fungování průměrný proud 55 mA, maximálně 116 mA. Dokáže pracovat v teplotě od -35 do +65 °C a při relativní vlhkosti od 5% do 95%. Pracovní frekvence čtečky je 13.56 MHz. Je kompatibilní s mnoha druhy bezkontaktních karet a především je kompatibilní s kartami používanými na fakultě FSI VUT v Brně, stejně tak jako s moderními kartami pro bezkontaktní platby. Využívá protokol Wiegand.[18]

3.1.1 Protokol Wiegand

Tento protokol je hojně využíván v RFID technologiích pro přenos dat z čtečky do middleware. Existují protokoly Wiegand 26, Wiegand 34 a další. Číslo znázorňuje počet posílaných bitů při jednom čtení. Protokol je založený na Wiegand efektu, který objevil fyzik John R. Wiegand. Zjistil, že specifické zapojení spojů (drátů) o malém průměru může detekovat změny magnetického pole a generovat napěťový impulz.[19]

Protokol využívá pro posílání dat dva vodiče (Data 0 a Data 1, dále D0 a D1). Tyto vodiče jsou připojeny k mikrokontroléru. V momentě, kdy zapojená čtečka čeká na RFID tag, je na obou vodičích konstantní napětí +5 V (VCC). Jakmile se zahájí proces čtení, jsou data přeposílána na mikrokontrolér čtečkou sekvenčně (tedy bity jsou přenášeny postupně). Při přenosu bitu s hodnotou 1 je vodič D1 stažen k zemi (GND) po dobu 20 až 50 μ s. Následuje pauza před odesláním dalšího bitu o délce 2 ms. Dále může být opět poslán bit o hodnotě 1, ale také o hodnotě 0, který by byl detekován jako napětíová úroveň zem (GND) na vodiči D0. Opět by následovala pauza o délce 2 ms. Pokud není detekována žádná změna po dobu delší než-li 2 ms, přenos dat je u konce. Protokol využívá paritní bit jak na začátku, tak na konci.[20]



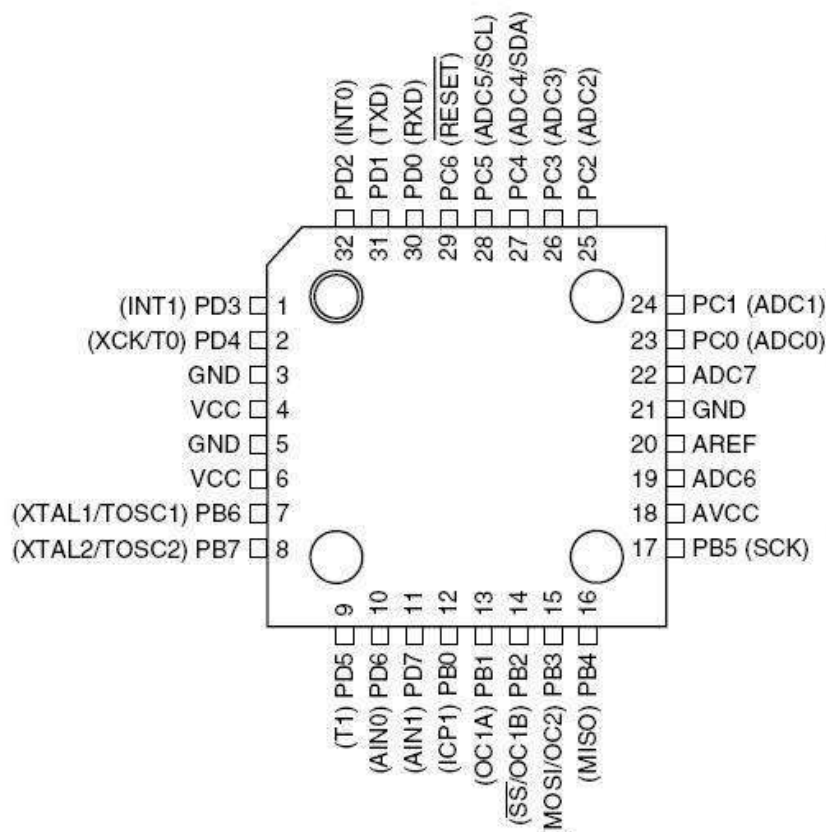
Obr.7: Protokol Wiegand [21]

3.2 Mikroprocesor ATmega8

Výpočetní jednotky, mikroprocesory, řady ATmega přivedla na trh firma Atmel. Využívá moderní architektury RISC, u které není oddělena vnitřní krystalová časovací frekvence. Odběr proudu je poměrně malý díky relativně nízké pracovní frekvenci. Součástí mikroprocesoru je pochopitelně programovatelná paměť typu flash a dále pak datová paměť typu EEPROM. Instrukční sada obsahuje 120 instrukcí, což umožňuje vytvořit efektivní programy.[22]

Parametry:

10bit A/D kanály	8
Počet 8-bitových časových spínačů	2
Taktovací kmitočet	až 16 MHz
Paměť EEPROM	512 B
Paměť FLASH	8 kB
Paměť RAM	1 kB
I/O piny	23
Rozhraní SPI	1
Dvoudrátové rozhraní TWI	1
Počet UART	1
Napájecí napětí	4,5 - 5,5 V



Obr.8: Schéma mikroprocesoru ATmega8-16AU[34]

3.2.1 Komunikace UART

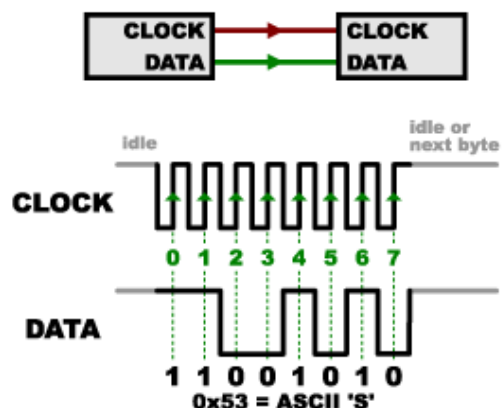
Universal Asynchronous Receiver / Transmitter, nebo-li zkráceně UART, je asynchronní druh komunikace, realizovaný integrovaným obvodem, jehož počátky spadají do 60.let 20.století. Obsahuje přijímač (serial-to-parallel konvertor) a vysílač (parallel-to-serial konvertor). Bývá používán s komunikačními standardy RS-422, RS-232 nebo R-485. UART bývá často využíván v mikrokontrolerech a existuje i dvojité UART (Double-UART – DUART) kombinující dvě UART rozhraní do jediného čipu. Některé dnešní integrované obvody nabízejí možnost, nikoliv asynchronní, ale synchronní komunikace. Toto zařízení se nazývá USART (Universal synchronous / asynchronous receiver / transmitter).

V dnešní době se UART považuje za pomalejší přenosový protokol. Přesto je dostačující pro spoustu aplikací. Podporované rychlosti přenosu v bodech jsou:

600, 1200, 3400, 4800, **9600**, 14400, 19200, 28800, 38400, 56000, 57600, 115200, 128000, 256000, 460800, 921600 [23]

3.2.2 Komunikace SPI

Serial Peripheral Interface (SPI) se využívá ke komunikaci mikrokontrolerů s menšími paralelními zařízeními, jako například se senzory nebo SD kartami. Používá odděleně linku pro čas a pro data. Rozdíl oproti UART je v tom, že komunikace není asynchronní, ale synchronní, což zaručuje, že obě strany (vysílací i přijímací) pracují na přesně stejné rychlosti / tempu. Signál na lince "Clock" (hodiny / čas) osciluje a vysílací prvek (Master) tímto signálem říká přijímacímu prvku (Slave), jak datovou linku číst. Impulz ke čtení dat z datového signálu může být buďto na vzestupné nebo na sestupné hraně signálu hodin. Jakmile přijímač zdetekuje tuto hranu, ihned přečte informaci z datové linky. [24]



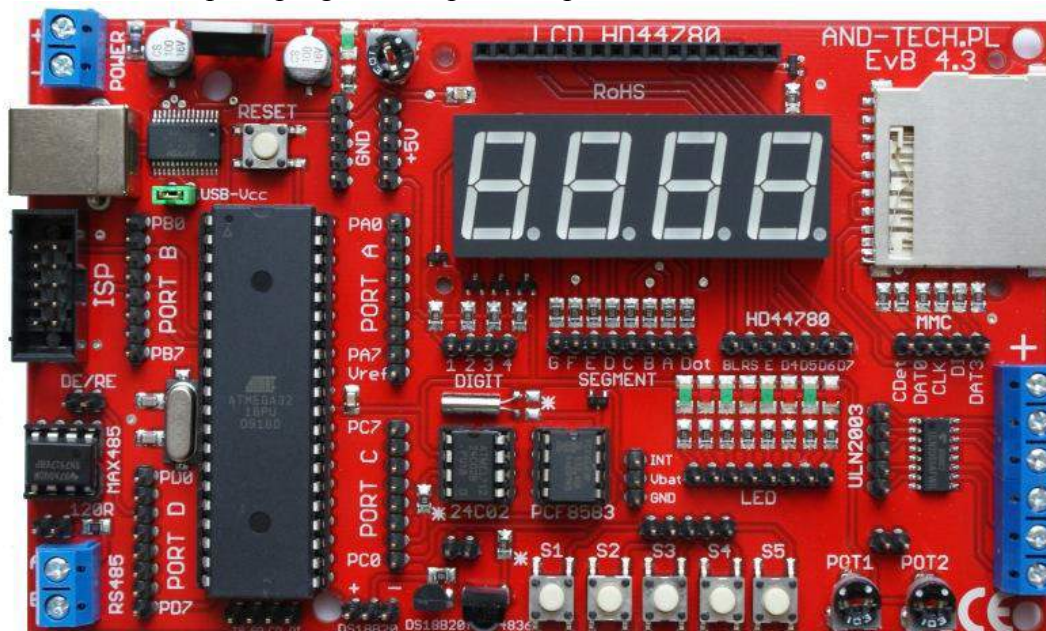
Obr.9: Princip komunikace SPI [25]

V SPI módu generuje čas pouze jediná strana, ve většině případu mikrokontrolér - Master. Vždy je pouze jeden master, kdežto přijímacích prvků (slaves) může být víc. Když jsou data posílána směrem k zařízení slave, je použita linka MOSI (Master Out / Slave In). V opačném případě je využita linka MISO (Master In / Slave Out). [24]

SPI rozhraní se také využívá při nahrávání programu do mikročipu.

3.3 Kit EvB 4.3

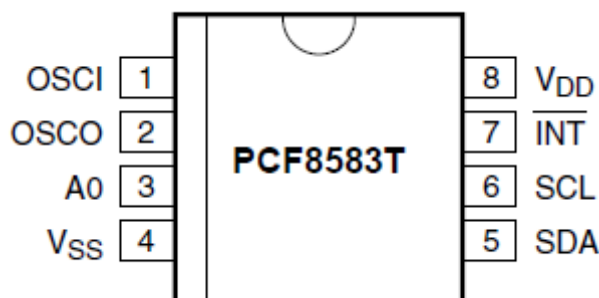
Kit byl vyvinut společností And-Tech a je osazen mikročipem ATmega16 připojeným ke krystalu o frekvenci 16 MHz. Z mikročipu jsou vyvedeny porty A, B, C a D. Dále se na desce nachází 8 LED diod a 5 tlačítek. Napájení je řešeno svorkovnicí nebo také USB portem, přes který je zároveň vedena sériová linka pro UART komunikaci. Důležitou částí je slot pro SD kartu, který je v mém případě využíván pro zapisování vstupů, a také obvod reálného času PCF8583. Mikročip lze programovat přes ISP port.[26]



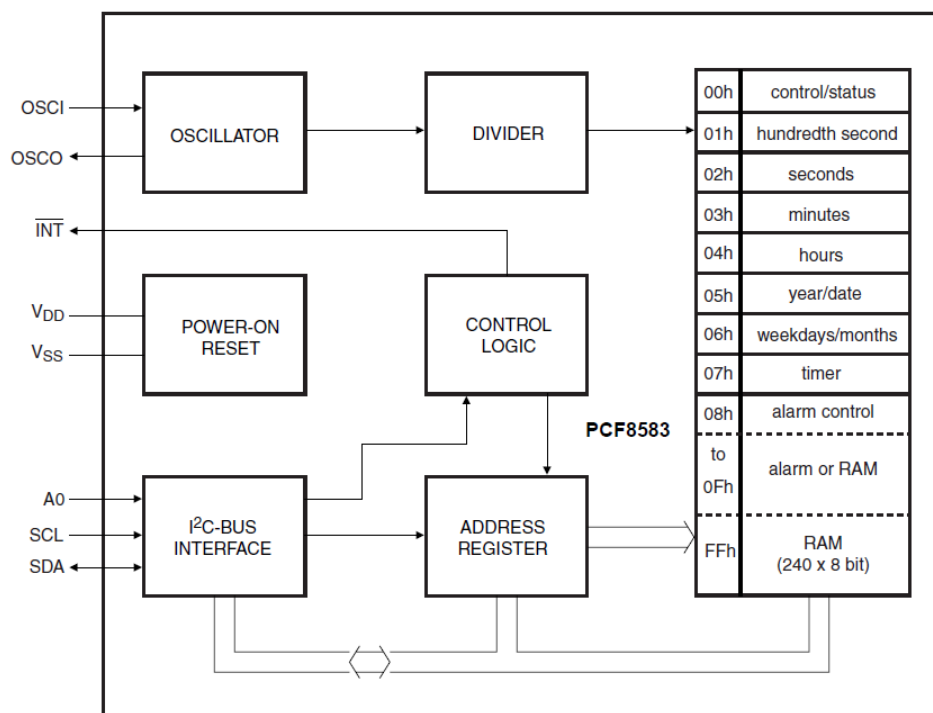
Obr.10: Kit EvB 4.3 [27]

3.3.1 Obvod reálného času

RTC (Real-Time Circuit) je realizován součástkou PCF8583, která obsahuje čip reálného času. Je schopen zaznamenávat čas a také datum pomocí 2048 bitové statické RAM paměti organizované jako 256 slov po osmi bitech. Adresy a data jsou posílány sériově přes dvou-linkovou obousměrnou I²C sběrnici.[28]



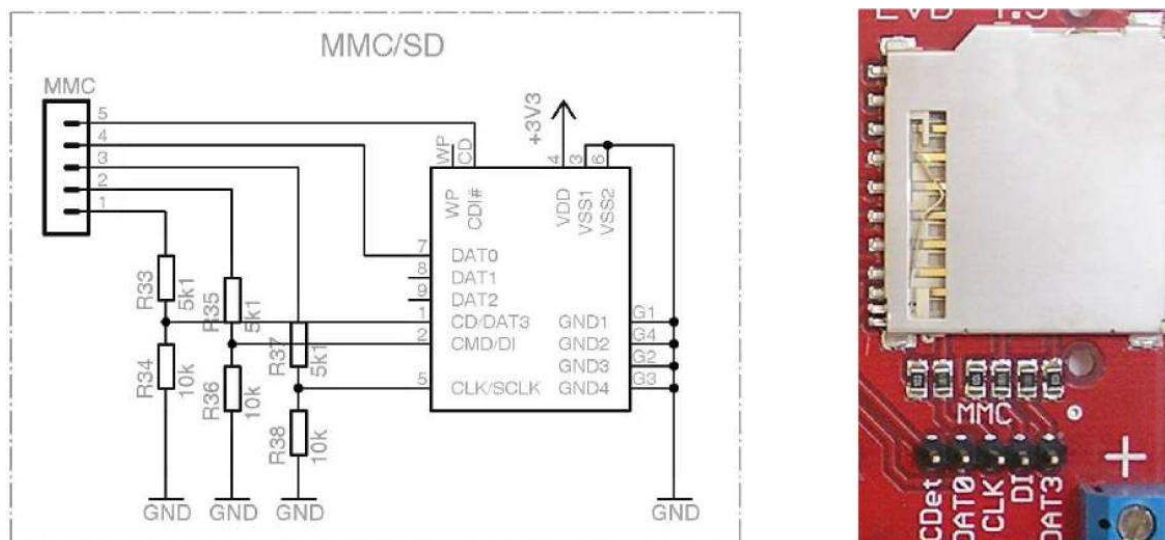
Obr.11: Rozložení pinů u PCF8583T [28]



Obr.12: Blokové schéma PCF8583 [28]

3.3.2 Slot pro paměťovou kartu

Při realizaci bude také využit slot SD030 pro paměťovou kartu. Paměťová karta je napájena napětím 3.3 V, které je vyvedeno z napěťového stabilizátoru FT232RL umístěném v komunikačním obvodu. Pro spolupráci s mikročipem jsou vstupní piny do slotu opatřeny odporovými děliči o hodnotách 5.1 kΩ a 10 kΩ, aby bylo sníženo napětí z 5 V na požadovaných 3.3 V. Výstupní signál z karty, který však nebude využit, je zapojen přímo. Ze slotu jsou vyvedeny signály CLK (clock), DI (Data In), DATA0 a DATA3.[26]



Obr. 13: Schéma zapojení slotu v kitu EvB 4.3 a výřez z fotografie kitu EvB 4.3 [26]

3.4 Použité programy

3.4.1 AVR Studio

Program na řízení mikrokontroléru je napsán v prostředí AVR Studio 5.1, který vyvíjí společnost Atmel. Program je volně dostupný na stránkách www.atmel.com. Tato verze má již funkci simulace, která uživateli umožňuje vyzkoušet si běh mikroprocesoru, aniž by musel být program do mikrokontroleru nahrán. Obsahuje výukové programy, které si může uživatel vyzkoušet. Nabízí také plynulejší a propracovanější debugging kódů psaných v C++. Při prvním spuštění si lze povšimnout i vylepšení grafického prostředí, které nyní připomíná propracovanější Visual Studio.[29]

Program pro řízení RFID čtečky je napsán v jazyce C. Byl použit kompilátor GNU GCC, což je volně dostupný kompilátor obsahující knihovny pro C, C++, objektové programování, Fortran, Java a další.

3.4.2 EAGLE

Pro návrh desky plošných spojů byl použit program EAGLE, což je zkratka pro Easily Applicable Graphical Layout Editor. Jedná se o uživatelsky přívětivý a výkonný nástroj pro tvorbu elektronických schémat a následně z těchto schémat desek plošných spojů. Program je volně dostupný na oficiálních stránkách CadSoft ve freeware verzi, která si sebou nese jistá omezení. Program obsahuje dva hlavní moduly:

Editor schémat:

Slouží k návrhu elektronického schématu. Dodává se s plnou sadou knihoven, ve kterých lze nalézt nepřeberné množství součástek, jak v klasickém, tak i v SMD provedení (SMD - Surface-mount Device). Lze také prohazovat hradla a piny. Ze schématu je poté udělána deska jediným příkazem.

Editor spojů:

Slouží k vytvoření desky plošných spojů. Spoje pro signály mohou být vytvořeny ručně nebo může být použit nástroj Autorouter, který se pokusí spojit všechny signály neoptimálnější cestou. Tento nástroj však u složitějších schémat selhává a nezbyvá, než signály spojit ručně. K dispozici je až 16 vrstev, do kterých je možno spoje kreslit. Verze zdarma však nabízí pouze dvě vrstvy - z horní části a z dolní části desky.[30]

3.5 Funkce

Systém má několik funkcí. Základním kamenem je porovnávání ID načtené karty s databází. Ze začátku bude do systému nahrána pouze jedna karta, tzv. karta správcovská. Pomocí této karty se mohou přidávat do databáze další karty. Karty je také možno z databáze odebírat. Další funkcí je zapisování vstupů na SD kartu, k čemuž je využit také obvod reálného času pro přesný čas a datum.

3.5.1 Uživatelská ID

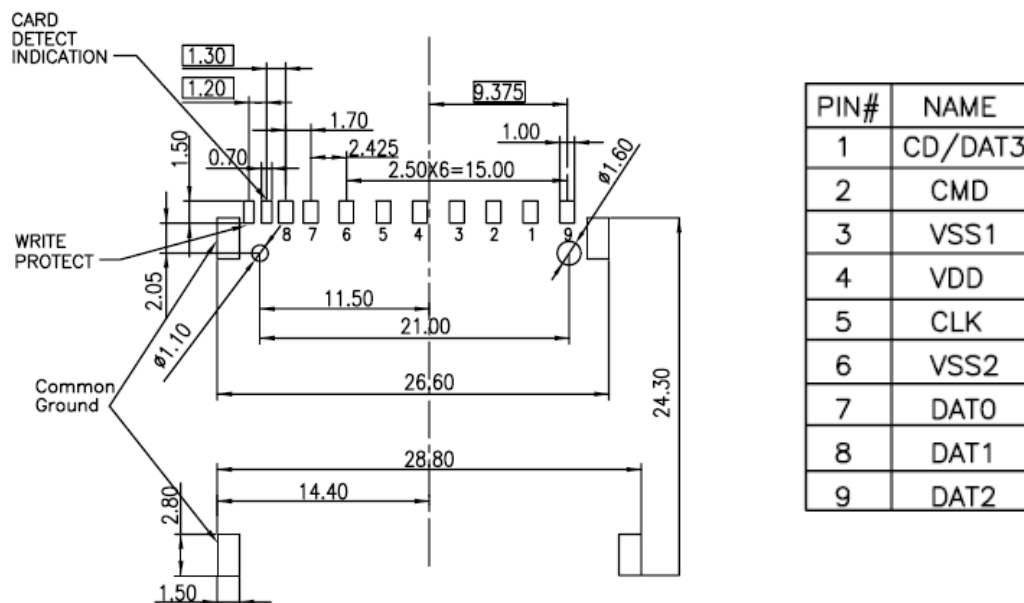
Správa uživatelských ID je důležitou součástí porovnávání ID načtené karty se známými ID. Byla zvolena cesta porovnávání stringů. Při přerušení vyvolaném přivedením hodnoty 0 na piny INT0 a INT1 se do pracovní proměnné postupně uloží celý řetězec znaků '1' a '0'. S tímto řetězcem se pak dále pracuje při porovnávání.

V mikroprocesoru jsou uloženy prázdné řetězce, které jsou využity k přidání nových uživatelských ID. Tato přidávání, dále pak také odebírání, jsou realizována pomocí hlavní karty, která ponese název MASTER. Její ID je do programu vloženo od začátku při naprogramování mikroprocesoru. Celý systém přidávání nových a odebírání známých ID je díky této MASTER kartě usnadněn.

Požadavkem bylo systém navrhnout tak, aby se program přepínal mezi dvěma režimy, a sice porovnávání – přidávání / odebírání, pouhým počtem pípnutí v krátkém čase za sebou. Pokud je pípnuo pouze jednou, provede se kontrola ID, zda-li je pro zařízení známe. Pokud uživatel pípne MASTER kartou dvakrát za sebou, přepne se program do režimu přidávání / odebírání ID. V momentě, kdy uživatel pípne potřetí neznámou kartou, její ID se načte a uloží do prázdné předpřipravené proměnné - prázdného řetězce. Pokud je třetí pípnutí provedeno kartou, jejíž ID je pro zařízení známo, toto ID se odebere. Všechny tyto skutečnosti jsou po provedení úkonu rozlišeny různými zvukovými signály a barvou světla na čtečce. Červená barva společně s dlouhými tóny značí neúspěšné porovnání ID (cizí karta) a odebrání známého ID ze zařízení, kdežto zelená barva značí úspěšné porovnání (známá karta) a přidání neznámého ID do zařízení.

3.5.2 Logovací soubor na SD kartě

Je požadován zápis vstupů na SD kartu. K tomu je potřeba na desku zakomponovat slot pro paměťovou kartu. Pro dobrou dostupnost byl vybrán Slot-SD030. Tato součástka se v knihovnách EAGLE nenachází a proto je potřeba ji nakreslit a přidat do knihovny manuálně. K tomu je potřeba najít specifikaci výrobku. V datasheetu se nachází doporučené rozpoložení plošných SMD spojů na desku, stejně tak jako výkres součástky samotné, kde se dají vyčíst rozměry. Dále se v datasheetu popisují jednotlivé spoje a jejich datový význam.



Obr. 13: Rozložení SMD spojů na desce a popis funkcí pinů součástky Slot-SD030 [31]

3.5.3 Obvod reálného času

RTC (Real-Time Circuit) je použit stejný jako u kitu EvB 4.3 (viz. kapitola 3.3.1), tedy PCF8583T. Jeho funkcí je zaznamenávat čas společně s datem a rokem, který bude potřeba pro zápis těchto údajů při výpisu do logovacího souboru. Komunikace je provedena pomocí I²C sběrnice, tedy datového signálu SDA a synchronizačního signálu SCL. Integrovaný obvod PCF8583T dokáže operovat v napětovém rozsahu 1 V až 6 V, nabízí také klasický 24-hodinový formát času nebo 12-hodinový formát. Maximální proud by neměl překročit 50 μ A. Adresy pro komunikaci se zařízením jsou A1h a A3h pro čtení a A0h a A2h pro zápis.

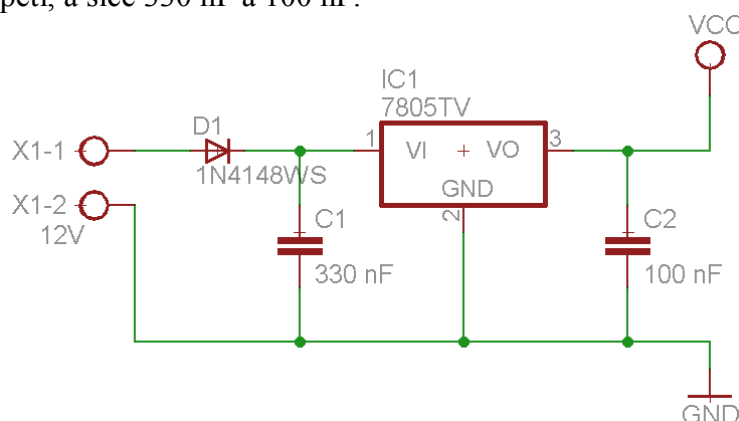
Při připojení externího oscilátoru o frekvenci 32.768 kHz je nutné dbát na volbu kondenzátoru. Při příliš velké nebo příliš malé kapacitě může docházet k výraznějšímu zpoždění. Při správné volbě se může odchylka času od reálného pohybovat přibližně kolem 5 minut ročně.

4 REALIZACE SYSTÉMU

4.1 Schéma zapojení

4.1.1 Napájení

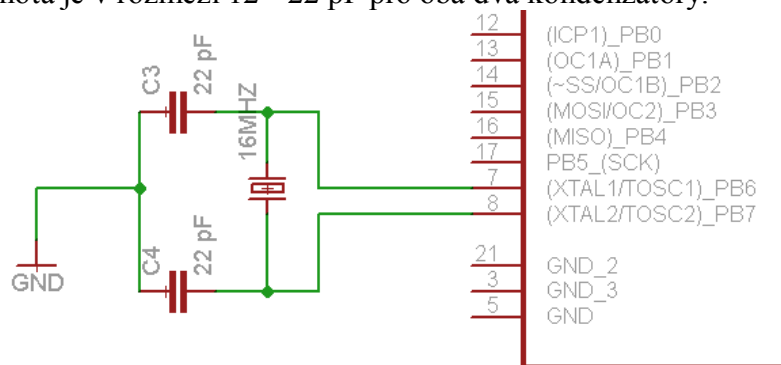
Celá deska bude napájena pomocí svorkovnice, na kterou se přivede napětí 12 V a 0 V. Ze svorkovnice je napětí vedeno přes diodu, aby byl zajištěn směr toku proudu a nemohlo se stát, že proud poteče opačným směrem. Dále je využit stabilizátor napětí 7805, který sníží napětí na požadovaných 5 V. Hodnoty připojených kondenzátorů byly vyčteny z datasheetu ke stabilizátoru napětí, a sice 330 nF a 100 nF.



Obr.14: Napájení desky

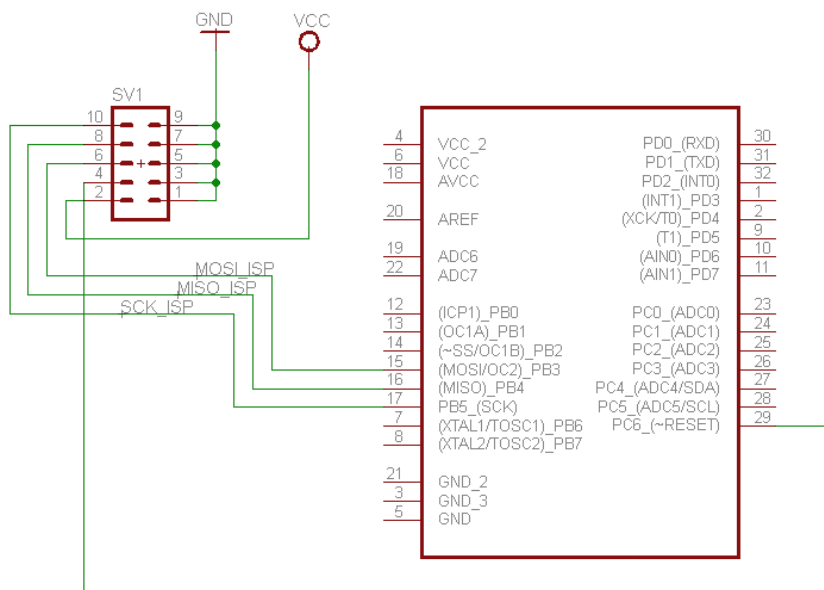
4.1.2 Mikroprocesor

Systém je řízen mikroprocesorem ATmega8-16AU, který je připojen na napájení 5V. Frekvence krystalu, který určuje takt procesoru, byl zvolen 16 MHz. Je potřeba se při volbě kondenzátorů u krystalu řídit doporučenými hodnotami z datasheetu mikroprocesoru. Doporučená hodnota je v rozmezí 12 - 22 pF pro oba dva kondenzátory.



Obr.15: Zapojení krystalu k mikroprocesoru

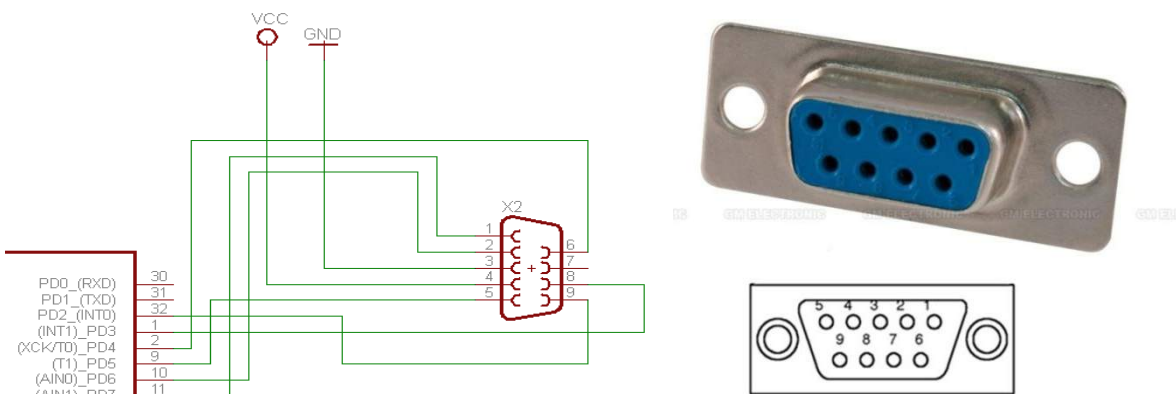
K mikroprocesoru je také připojen port ISP, přes který je mikročip naprogramován. Pro naprogramování je potřeba sestavit jednoduchou přechodku, aby byly datové signály, vedené z programátoru PK-Design, připojeny na správné piny u mikroprocesoru.



Obr. 16: Zapojení programovacího ISP konektoru

4.1.3 Zapojení čtečky iClass R10

Čtečka je připojena k mikrokontroléru přes port D, aby bylo možno využít externí přerušení. Jakmile se ke čtečce přiloží karta, program se přeruší, ať je v jakékoliv fázi a zahájí se proces načítání dat vyslaných čtečkou. Vodiče vyvedené z čtečky jsou připojeny ke konektoru typu D-Sub (samec) s 9 kolíky. Konektor stejného typu, akorát samice, se nachází na desce.



Obr.17: Připojení konektoru D-sub pro RFID čtečku k mikrokontroléru[32]

Konektor	Funkce	Port / pin
1	Reader_Beeper - pípání čtečky	Port D / 7
2	Reader_Green_Led - zelená dioda na čtečce	Port D / 6
3	GND - připojeno na zem (0 V)	GND
4	VCC - napájení (+5 V)	VCC
5	Reader_Red_Led - červená dioda na čtečce	Port D / 5
6	Reader_Hold - zamknutí čtečky	Port D / 4
8	Reader_DATA1 - přenos dat (1)	Port D / 3 / INT1
9	Reader_DATA0 - přenos dat (0)	Port D / 2 / INT0

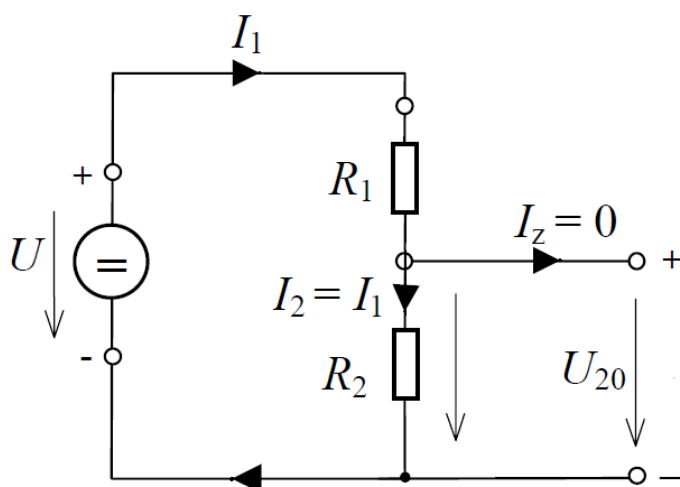
Tabulka 2: Zapojení čtečky do konektoru D-sub a do mikrokontroléru

Konektory 8 a 9 jsou připojeny k pinům s přerušením (INT0 a INT1), aby bylo zjednodušené čtení karet a zpracovávání informací. Díky této skutečnosti je možné kód konstruovat, aniž by se objevovaly obavy, že se program do požadované části s čtením nedostane, pokud se nachází v jiné části kódu.

4.1.4 Zapojení slotu pro paměťovou kartu

Celý slot se napájí, stejně jako komunikace s SD kartou je realizována, napětím 3.3 V. Pro převod napětí pro napájení z 5 V na 3.3 V je použit stabilizátor napětí TS1117BCW33 RPG značky Taiwan Semiconductor. Vstupní signály do SD slotu je potřeba také snížit na 3.3 V. To je provedeno odporovými děliči napětí.

Děliče napětí se používají tam, kde je potřeba nižší napětí, než je napětí zdroje. Zdrojem 5 V je samotný mikrokontrolér. Dělič zpravidla tvoří dva rezistory, které jsou zapojeny do série ke svorkám zdroje.[33]



Obr.15: Schéma zapojení odporového děliče[33]

Platí vztah: $U_{20} = R_2 \cdot I_2 = R_2 \cdot I_1$, kde $I_2 = I_1 = \frac{U}{R_1 + R_2}$, ze kterého po dosazení vychází vztah:

$$U_{20} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U \quad [29]$$

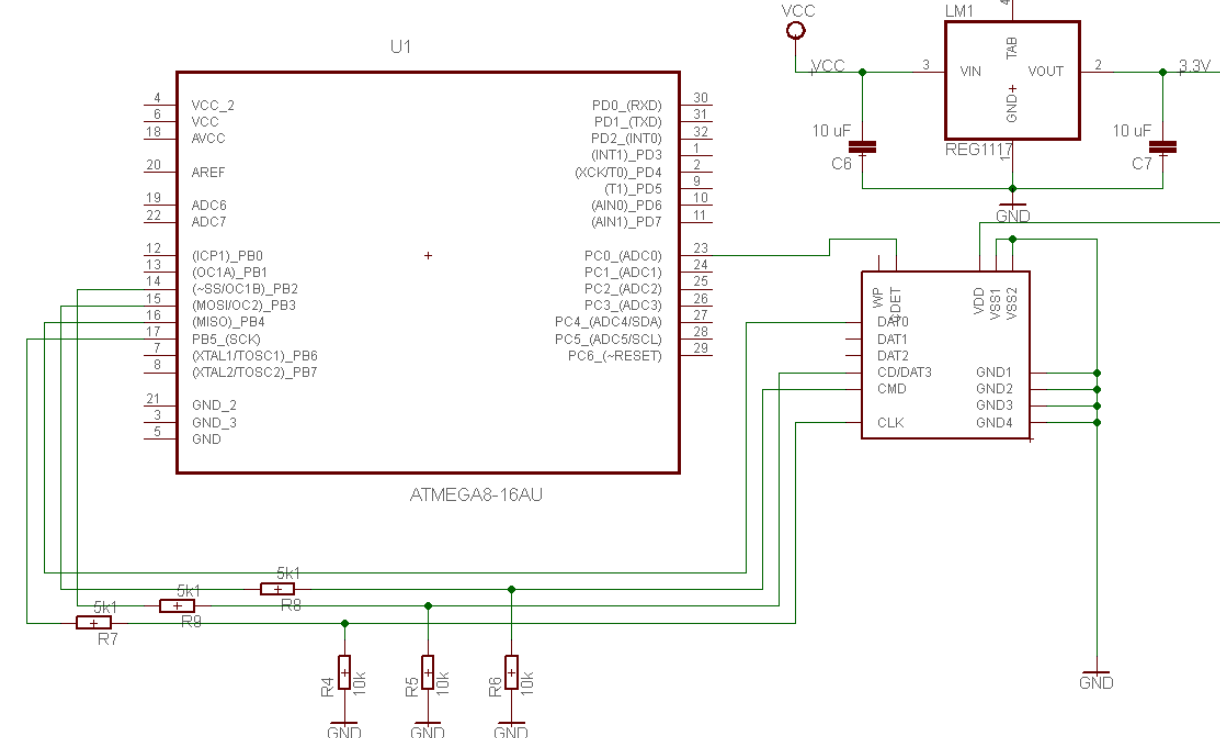
Vstupní napětí je 5 V a potřebné napětí je 3.3 V, z čehož plyne, že je potřeba poměr snížení napětí 0.66. Když se určí jedna hodnota, například $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$, vypočte se hodnota druhého odporu $R_1 = \frac{R_2 \cdot (1 - 0.66)}{0.66} = 5151,5 \text{ k}\Omega$.

Odpor, který je nejbližší vypočtené hodnotě a zároveň dostupný, má hodnotu 5100 kΩ. Po dosazení této hodnoty do vzorce pro výpočet výsledného napětí vyjde hodnota napětí na slotu pro SD kartu:

$$U_{20} = \frac{10000}{10000 + 5100} \cdot 5 = 3.31 \text{ V},$$

což je hodnota dostatečně blízká požadovaným 3.3 V.

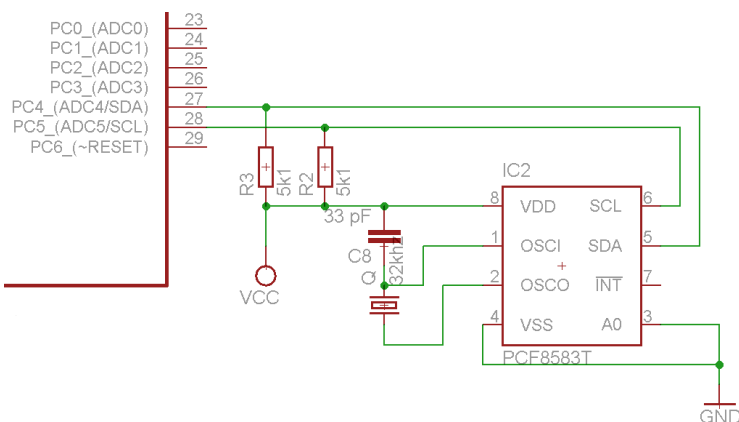
Karta využívá SPI rozhraní. Na Slave select (PB2 - SS) je připojen pin CD/DAT3. Pin CMD na slotu ve schématu reprezentuje Data In, a proto musí být připojen k mikrokontroléru na pin PB3 - MOSI (Master Out / Slave In). Dále pin DAT0 reprezentuje Data Out, takže je připojen k mikrokontroléru na pin PB4 - MISO (Master In / Slave Out). Signál z pinu CLK je pro hodiny v SPI komunikaci a je připojen k pinu PB5 - SCK. Dále je pin CDET z SD slotu



Obr.16: Schéma zapojení slotu SD030 pro paměťovou kartu

4.1.5 Zapojení obvodu reálného času

Obvod reálného času využívá I²C komunikaci, při které jsou použity 2 signály - SCL (synchronizační signál) a SDA (datový signál). PCF8583T využívá krystal přesného času o frekvenci 32.768 kHz připojený k pinům OSCI a OSCO. Piny SDA a SCL jsou připojeny na stejnojmenné piny u mikroprocesoru, tedy pin PC4 a PC. Celé zařízení je napájeno 5 V. V datasheetu k součástce PCF8583T byla zjištěna doporučená hodnota kapacity kondenzátoru 33 pF.



Obr.17: Schéma zapojení obvodu reálného času

4.1.6 Celé schéma

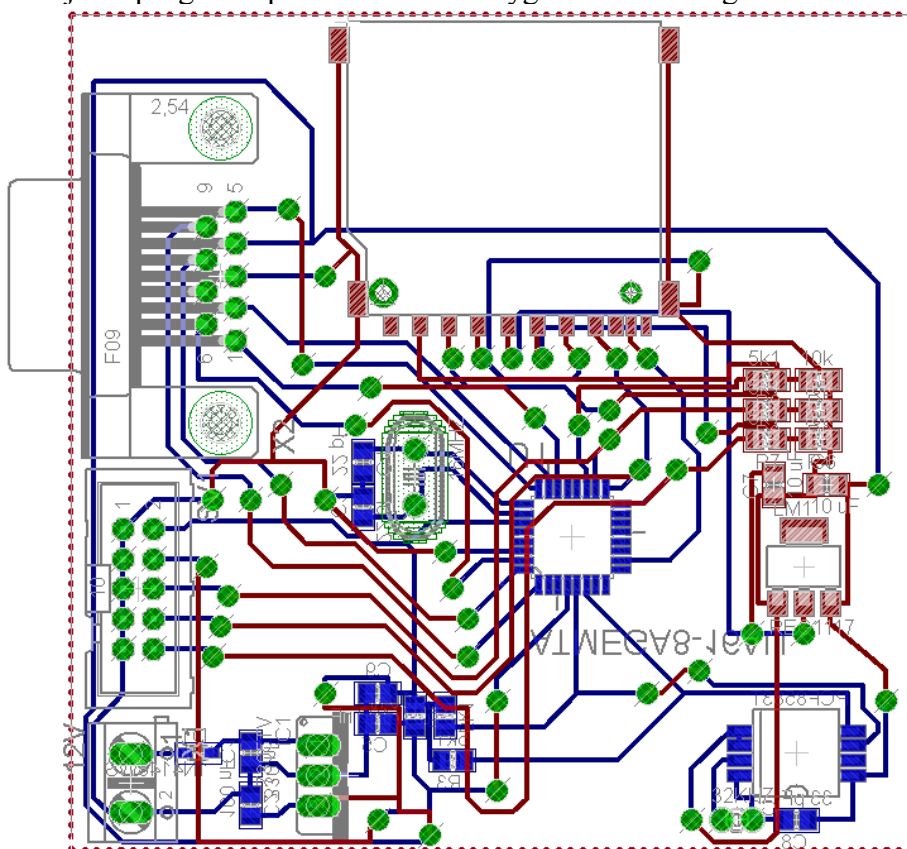
4.2 Návrh desky plošných spojů v programu EAGLE

Po návrhu elektrického schématu se musí spoje realizovat. Při výběru součástek se dbá na výběr tzv. "package", nebo-li schránky / obalu, ve kterém je součástka provedena. Každá součástka má ve své knihovně více možností schránek. Výběr schránky určí, jak budou vypadat plošné kontakty k dané součástce na desce.

V návrhovém rozhraní se pouhým přepnutím do návrhového okna desky plošných spojů všechny součástky přenesou v reálné velikosti do nového okna a uživatel si je sám poskládá na desku dle vlastního uvážení se snahou ušetřit co nejvíce místa a zjednodušit si spojování cest (signálů) mezi jednotlivými součástkami. Všechna námi navržená spojení jsou v této chvíli v rozhraní EAGLE zobrazena jako tzv. air-wires a při realizaci DPS je nutné všechny tyto spoje realizovat cestami (routes).

Je výhodné snažit se SMD součástky (Surface Mount Device), jako například rezistory, kondenzátory apod. dávat do spodní části desky a klasické součástky, jako jsou krystaly, napájení atd. do horní části desky. Dále se musí myslet na pozdější odstínění, které se provede rozlitím signálu GND (zem), a kvůli tomu na desce tahat signály GND takovým způsobem, aby se neuzavřely mezi jinými signály.

Pokud není možné spoj uskutečnit z důvodu křížení dvou signálů v jedné vrstvě, lze využít přechodu prokovanou dírou na vrstvu druhou a díky tomu pokračovat v signálu. Většina cest signálů by měla být realizována ve spodní části desky. Při rozmístění součástek by měl být brát ohled na přístupnost ke konektorům a možnost připájení součástek. Přestože program EAGLE nabízí možnost automatického spojení signálů, nesplnil by naše požadavky a dokonce selhává a ponechá některé air-wires nespojené. Aby bylo dosaženo odstínění, ke konci návrhu je ve programu použita funkce Polygon na rozlití signálu GND.



Obr.19: Návrh desky plošných spojů v programu EAGLE

V levé dolní části se nachází napájení společně s ISP konektorem. V pravé dolní části je umístěna součástka pro obvod reálného času PCF8583T. V horní části se nachází konektor

sub-D pro připojení RFID čtečky a slot pro SD kartu. V pravé části je umístěn regulátor napětí na 3.3 V a odporové děliče napětí. Velikost desky je 7x7 cm.

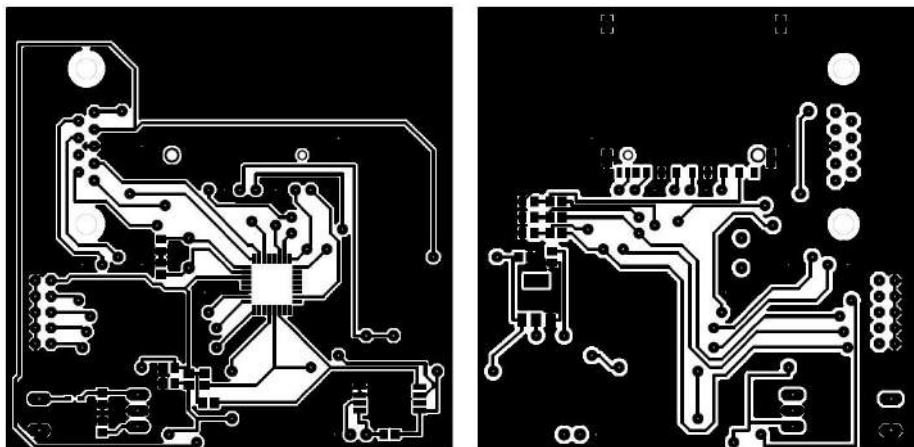
4.3 Vyrobení desky plošných spojů

4.3.1 Přenesení obrazce na desku

Pro přenos obrazce na DPS byla zvolena metoda fotocestou na cuprexitu se speciální vrstvou citlivou na světlo. Budou potřeba následující věci:

- 1) UV lampa
- 2) roztok NaOH
- 3) roztok FeCl_2
- 4) průhledná fólie
- 5) DPS s fotocitlivým lakem
- 6) vrtačka
- 7) lak, na který je možno pájet

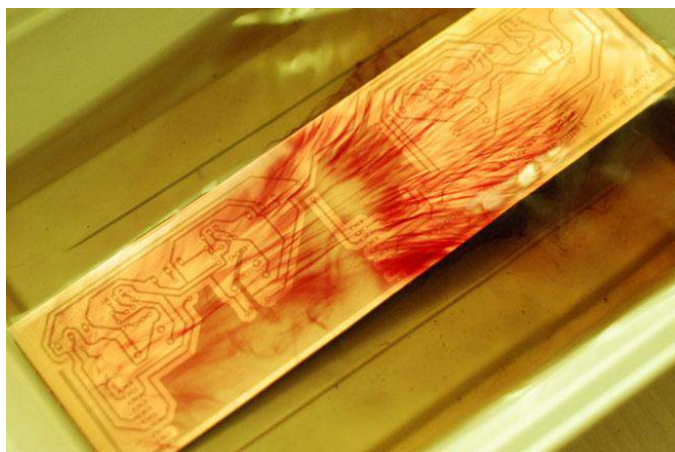
Nejprve se vyexportuje obraz schématu v reálné velikosti z programu EAGLE do formátu PDF v černobílé verzi.



Obr.20: Připravené obrazy dolní a horní strany desky pro tisk

Tyto obrazce se vytisknou na průhlednou fólii. Tisk musí být v dostačujícím rozlišení, aby šly vidět díry, které mají průměr 0.8 mm. Následně se připraví deska s fotocitlivou vrstvou, na kterou bude obrazec přenesen osvětlením pod UV lampou. Pomocí izolepy se obě strany desky slepí a jedna strana se nechá nezalepená, aby vznikla kapsa pro vložení desky. Slepění obou stran musí být provedeno s pečlivou přesností, aby díry o malém průměru byly přesně na sobě. Do této kapsy se poté vloží deska odpovídající velikosti.

Následuje osvit pomocí UV světla. Připravená deska se vloží mezi dvě očištěná skla, která jsou k sobě přitisknuta kuličky, aby se předloha během manipulace nepohnula. Jako zdroj světla je použito zařízení s UV diodami, které je napájeno 12 V. Deska je nasvícena z obou dvou stran po dobu přibližně pěti minut. Po osvitu následuje vyvolání desky v roztoku NaOH s koncentrací 10g/l. Celá deska je ponořena do misky s tímto roztokem hydroxidu sodného. Deskou se pohybuje, otáčí se a otírá se štětcem, aby se roztok dostal všude rovnoměrně. Roztok hydroxidu sodného je zásaditý a při styku s kůží může dojít k poleptání. Při manipulaci s deskou v lázni je nutné použít pinzetu, aby se poleptání zamezilo, a pracovat se zvýšenou opatrností.



Obr. 21: Vyvolávání desky v lázni hydroxidu sodného[35]

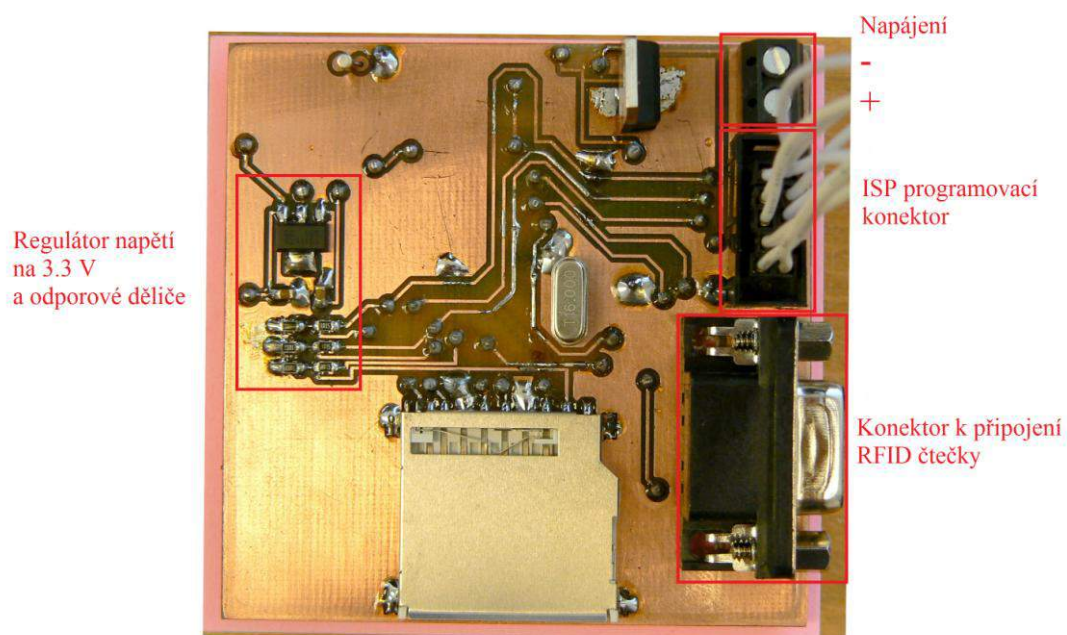
Vyvolávání je u konce, pokud je vidět čistá měď a plocha, která má být odleptána, je zbavena fotocitlivé vrstvy.

Následně musí být deska pečlivě opláchnuta vodou a před dalšími kroky osušena. Do misky se nalije dostatečné množství roztoku chloridu železitého (FeCl_2). Leptání je možné urychlit zvýšením teploty lázně a koncentrace roztoku. Na dva okraje desky se z izolepy vyrobí úchyty, za které bude možné desku vytahovat, aby se do roztoku nenamáčely ruce. Do připravené lázně se položí deska takovým způsobem, aby plaval na hladině. Doporučuje se ji jednou přizvednout a ponořit znova, aby nebyly pod deskou žádné vzduchové bubliny. Samotné leptání trvá v rozmezí 30 minut až 90 minut. Je nutné desku kontrolovat. Až bude leptání z jedné strany dokončené, deska se důkladně omyje a po vysušení se stejným způsobem vyleptá z druhé strany. Při práci s roztokem chloridu železitého je třeba dbát na ochranné pomůcky stejně jako na opatrnost, jelikož skvrny od tohoto roztoku jsou velice těžko smyvateľné z oblečení i kůže.

4.3.2 Dokončovací práce a osazení

Po vyleptání se musí vyvrtat díry pro součástky a přechody mezi horní a dolní vrstvou. Jelikož se jedná o díry malého průměru a je potřeba dodržet dostatečnou přesnost, použije se stojanová vrtačka a vrtáky s průměrem 0.8 mm. Pokud bude potřeba pro nějakou součástku vyvrtat díry větší, jednoduše se použije větší vrták a díra se zvětší. Při osazování by měly jít součástky do DPS zamáčkнут s přiměřenou silou a zároveň by neměly být moc volné. Po vyvrtání se jemným brusným papírem obrousí oštěpy z vrtání. Zbytky nečistot a jiných emulzí se očistí acetonem, dokud není deska dokonale čistá. Ihned po oschnutí se na desky nanese vrstva ochranného pájitelného laku, aby nedocházelo k nežádoucí oxidaci mědi.

Po zaschnutí laku, tedy přibližně po jednom dni, se začne deska osazovat. Nejdříve se začne pájením všech prokůvů, poté se pájí SMD součástky a nakonec vývodové součástky. Po dokončení se deska proměří, aby se zkontrolovali všechny spoje, zda-li není nějaký spoj přerušen nebo špatně napájen.



Obr.22: Vyrobená deska s popisem

4.3.3 Seznam použitých součástek

Součástka	Množství	Cena v Kč
R0805 5k1	5	5.25
R0805 10k0	4	4.20
1N4148 SMD 0805	1	0.79
CK0805 10uF	2	3.36
CK0805 330nF	1	3.15
CK0805 33pF	1	1.5
CK0805 22pF	2	2.10
CK0805 100nF	3	2.25
QM 16.000 MHz	1	9.80
Q 32.768 kHz	1	5.60
TS1117BCW33 RPG	1	7.48
7805-STM	1	9.48
PCF8583T SMD	1	72.00
ATmega8-16AU	1	82.00
ARK500/2	1	5.26
SLOT-SD030	1	22.79
CONFLY DS1037	1	11.09
MLW10GT	1	3.36
CELKEM Kč		251.76

Tabulka č.3: Seznam zakoupených součástek

4.4 Program

Celý systém je řízen mikrokontrolérem ATmega8, který je potřeba naprogramovat, aby plnil požadované funkce. Nejdříve byl celý program sepsán pro vývojový kit EvB 4.3 a poté přenesen do zhotovené vlastní desky.

Při inicializaci jsou nadefinovány funkce pro UART komunikaci (při navrhování programu pomocí kitu EvB 4.3), pro zápis na SD kartu a také pro obvod reálného času.

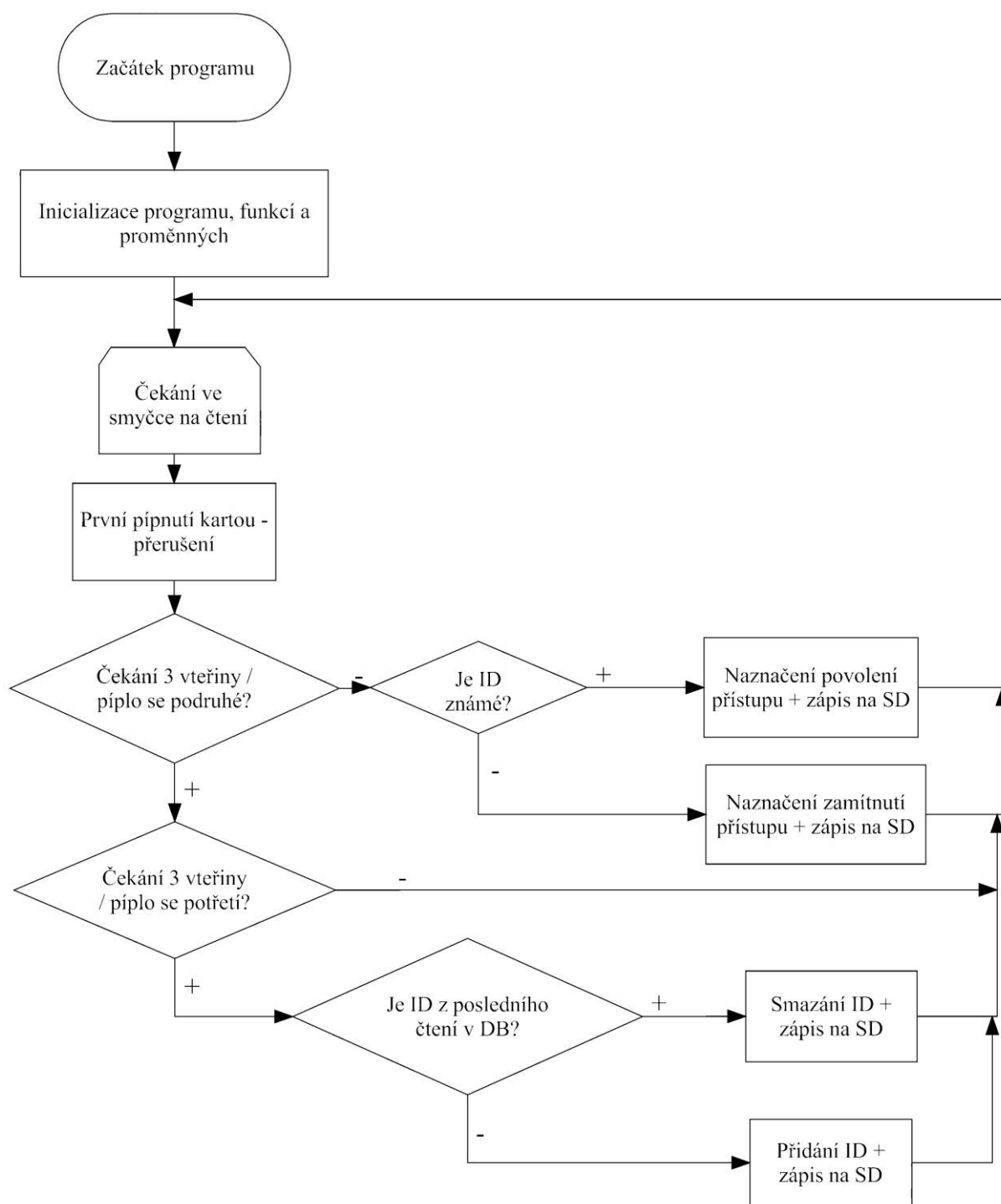
Samotný program se dělí na několik částí. Obsluha přerušení je základem pro čtení RFID tagů. Pokud by nebylo zapisování příchozího bitu ze čtečky realizováno v přerušení, mohl by se při čtení karty program nacházet v jiné části a nestihl by se dostat do požadované funkce, která by zapisovala data z karty do proměnné. Protokol Wiegand vysílá data s pauzami mezi jednotlivými bity o délce 2 ms a samotný signál trvá 20 až 50 μ s. Tato doba je poměrně krátká a může to způsobit problémy se čtením dat z karty. V přerušení je využita proměnná, která je definována jako pole znaků. Při každém impulzu je v obsluze přerušení inkrementována proměnná definována jako integer. Při zápisu dat z karty je tedy do proměnné zapsán následující bit vždy na pozici o jednu vyšší, než bit předchozí. Proměnná, kterou inkrementujeme při přerušení, zároveň slouží v další části programu k rozlišení, kolikrát je přiložena karta ke čtečce.

Při přiložení karty jednou se program po chvíli čekání, zda-li nastane i další čtení, dostane do části s porovnáním načteného ID se známými ID. Po překontrolování se podle výsledku naznačí úspěšný nebo neúspěšný vstup. Výsledek vyhodnocení vstupu, ať už úspěšného či neúspěšného je zapsán na SD kartu. Následně jsou vynulovány použité proměnné a program se tak vrací do části, kdy se čeká na přiložení karty.

Pokud je v době čekání po prvním čtení přiložena karta podruhé, program přeskočí do části, kde se porovná, zda-li byl přiložen MASTER transpondér a následně se opět chvíli čeká na třetí přiložení karty.

Při třetím přiložení karty se program rozdělí podle toho, zda-li je karta pro systém známá či nikoliv. Pokud ano, toto ID se odebere (to neplatí pro MASTER transpondér). Jestliže čtečka kartu nezná, zapíše ji do předpřipravené proměnné.

Komunikace UART byla využita při konstruování kódu na kitu EvB 4.3 pro snadnější orientaci a lepším přehledu o proměnných a části kódu, ve které se program nacházel. Před nahráním finální verze do vyrobené desky jsou řádky kódu s komunikací UART zakomentovány, aby zbytečně nebrzdily běh programu popřípadě jej nezacyklily.



Obr. 23: Blokový diagram programu

4.5 Stručný manuál k obsluze

Deska se připojí na zdroj napájení 12V pomocí svorkovnice a připojí se k ní čtečka karet, zastrčí se SD karta a systém je připraven. Pokud si přejeme pouze zkontrolovat, zda-li se karta nachází v databázi, jednoduše přiloží kartu ke čtečce. Po pípnutí může být karta odebrána a čeká se na výsledek porovnání, který je znázorněn krátkými po sobě jdoucími pípnutími společně s rozsvícením zelené LED diody na čtečce. Při neúspěšném porovnání se rozsvítí LED dioda červeně a ozve se jedno dlouhé pípnutí. Pokus i uživatel přejde přidat nové

ID do databáze, musí použít hlavní MASTER transpondér, přiložit kartu ke čtečce, ihned odejmout a do tří vteřin přiložit znova. Následně vzít kartu, kterou si přeje přidat, a přiložit ji ke čtečce. Stejný postup musí uživatel aplikovat při snaze odebrat kartu z databáze s tím, že karta, přiložená jako třetí, se smaže.

5 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo seznámit se s technologií RFID a možnostmi jejího využití. Praktickou částí byla realizace přístupového systému. K sestavení vlastního zařízení, které bude ovládat RFID čtečku, bylo potřeba naučit se pracovat s programem EAGLE na tvorbu schémat desek plošných spojů a programem AVR Studio na programování mikrokontrolérů ATmega.

Celý systém musel být navrhnout tak, aby splnil základní požadavky - porovnávání ID, jejich ukládání a mazání ze systému pouhým počtem pípnutí a zápis ID a času vstupu do logovacího souboru na SD kartu.

V kapitole 2 Identifikace pomocí RFID je popsána celá technologie, především způsob přenosu dat, kde je značná část věnována rozdělením nosičům dat (tagům) na pasivní, semi-pasivní a aktivní. Dále je v kapitole zmíněno základní rozdělení pracovních frekvencí, které jsou standardizované a celosvětově uznávané, a jejichž volba závisí převážně na požadavcích použití technologie.

Kapitola 3 Návrh přístupového systému se zabývá konkrétními prostředky, které byly při tvorbě této bakalářské práce k dispozici. Jsou popsány funkce čtečky iClass R10, její technické parametry a protokol, pomocí kterého odesílá data do middleware. Dále je popsán kit EvB 4.3, na němž byl postupně konstruován a ozkoušen program pro řízení čtečky. V kapitole je také popsán mikrokontrolér ATmega8, jeho funkce a komunikační rozhraní, která jsou využita při realizaci. Následně jsou popsány základní požadované funkce programu a komponenty využitě při realizaci - obvod reálného času PCF8583T a slot pro SD kartu.

Čtvrtá kapitola Realizace systému popisuje výrobu vlastní desky od návrhu v programu EAGLE, přes přenos na desku fotocestou, až po pájení součástek. Dále je blokovým diagramem popsán program řídící celý systém. Příjem dat ze strany middleware bylo realizováno pomocí externího přerušení. Komunikace s SD kartou probíhá přes SPI sběrnici a s obvodem reálného času přes I²C sběrnici.

Seznam použité literatury

- [1]: Co je RFID. In: *RFID portál* [online]. 2011. vyd. [cit. 2014-04-27]. Dostupné z: http://www.rfidportal.cz/index.php?page=rfid_obecne
- [2]: OŠMERA, Jiří. RFID - nové možnosti nejen v logistice. In: *SystemOnLine* [online]. 2004. vyd. [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.systemonline.cz/clanky/rfid-nove-moznosti-nejen-v-logistice-1-cast.htm>
- [3]: Introduction to RFID. In: *RFID-Handbook* [online]. [cit. 2014-04-30]. Dostupné z: <http://rfid-handbook.de/about-rfid.html>
- [4]: VOJTĚCH, L. RFID - technologie pro internet věcí. In: *Access server CVUT* [online]. 2009. vyd. [cit. 2014-05-01]. Dostupné z: <http://access.fel.cvut.cz/view.php?cisloclanku=2009020001>
- [5]: VIOLINO, Bob. A Summary of RFID Standards. In: *RFID Journal* [online]. 2009. vyd. [cit. 2014-05-01]. Dostupné z: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?1335/3>
- [6]: RFID TECHNICAL TEAM, GAO. Understanding RFID. In: *GAO RFID Asset Tracking* [online]. 2008. vyd. [cit. 2014-05-01]. Dostupné z: http://www.gaorfidassettracking.com/RFID_Asset_Tracking_Resources/rfid_understanding/
- [7]: Active Tag (Active RFID Tag). In: *Technovelgy* [online]. 2010. vyd. [cit. 2014-05-02]. Dostupné z: <http://www.technovelgy.com/ct/technology-article.asp?artnum=21>
- [8]: [online]. [cit. 2014-05-01]. Dostupné z: <http://www.intechopen.com/source/html/17868/media/image5.jpeg>
- [9]: Passive RFID Tag (or Passive Tag). In: *Technovelgy* [online]. [cit. 2014-05-02]. Dostupné z: <http://www.technovelgy.com/ct/technology-article.asp?artnum=47>
- [10]: [online]. [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: http://www.euroid.com/uploads/RTEmagicC_trovan_id100.jpg.jpg
- [11]: [online]. [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://www.aurora-magazin.at/images/2006/RFID.GIF>
- [12]: RFID Frequently Asked Question. In: *RFID Journal* [online]. [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://www.rfidjournal.com/faq/show?68>
- [13]: Radio Frequency Identification Tags - Semi Passive (Battery Assisted Backscatter). In: *Pacific Northwest National Laboratory* [online]. [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://availabletechnologies.pnnl.gov/technology.asp?id=90>
- [14]: [online]. [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: http://availabletechnologies.pnnl.gov/images/90_1.jpg
- [15]: RFID (Radio Frequency Identification): Principles and Applications. In: *CiteSeerX* [online]. [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.182.5224>
- [16]: About HID. In: *HIDGlobal* [online]. [cit. 2014-05-07]. Dostupné z: <http://www.hidglobal.com/about-hid>
- [17]: O firmie. In: *And-Tech* [online]. [cit. 2014-05-07]. Dostupné z: <http://and-tech.pl/home/>
- [18]: IClass Readers. In: *HIDGlobal* [online]. [cit. 2014-05-07]. Dostupné z: http://www.hidglobal.com/sites/hidglobal.com/files/resource_files/iclass-r-series-c-readers-ds-en.pdf
- [19]: Wiegand Protocol. In: *EHow* [online]. [cit. 2014-05-07]. Dostupné z: http://www.ehow.com/facts_7839022_wiegand-protocol.html
- [20]: Wiegand 26 protocol. In: *ZPS-Electronics* [online]. [cit. 2014-05-07]. Dostupné z: http://zps-electronics.com/eng/docs/wiegand_rfid_reader_avr/
- [21]: [online]. [cit. 2014-05-07]. Dostupné z: http://zps-electronics.com/docs/162/wiegand_diagram.jpg

- [22]: ATMEGA8-16PU. In: *Conrad* [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.conrad.cz/atmega8-16pu.k154054>
- [23]: UART Protocol. In: *CladLab* [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://cladlab.com/electronics/circuit-design/communication-protocols/uart-protocol>
- [24]: Serial Peripheral Interface (SPI). In: *SparkFun* [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/serial-peripheral-interface-spi/all>
- [25]: [online]. [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <https://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/assets/d/6/b/f/9/52ddb2d8ce395fad638b4567.png>
- [26]: Uživatelská příručka EvB 4.3. In: *Onpa* [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: http://shop.onpa.cz/download/EvB43_cz_manual_rev3.pdf
- [27]: [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: http://shop.onpa.cz/files/evb4.3_2%5B2%5D.jpg
- [28]: PCF8583 datasheet. In: *NXP* [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: http://www.nxp.com/documents/data_sheet/PCF8583.pdf
- [29]: AVR Studio 5. In: *Atmel* [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.atmel.com/Images/as5installer-stable-5.1.208-readme.pdf>
- [30]: Informace o programu EAGLE. In: *Eagle* [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.eagle.cz/info.htm>
- [31]: Slot SD030 datasheet. In: *GM Electronics* [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/img/cache/doc/823/034/slot-sd030-datasheet-1.pdf>
- [32]: [online]. [cit. 2014-05-09]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/img/cache/800x600/801/040/konektor-xinya-can-9-z-obrazek-1.jpg>
- [33]: Odporové děliče napětí. In: *Vysoká škola Báňská* [online]. [cit. 2014-05-09]. Dostupné z: http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/Bakalarske_FS/prednasky/sylab_prechdej%20delic%20slovník_bc%20FSb.pdf
- [34]: [online]. [cit. 2014-05-09]. Dostupné z: http://tec.org.ru/_bd/10/13527486.jpg
- [35]: Fotocesta: domácí výroba desek plošných spojů (DPS). In: *Elweb* [online]. [cit. 2014-05-09]. Dostupné z: <http://www.elweb.cz/clanky.php?clanek=101>