

Senzorový systém s NFC komunikačním rozhraním

Bc. Petr Vítek

Diplomová práce
2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr Vítek**

Osobní číslo: **A14452**

Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**

Studijní obor: **Informační technologie**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Senzorový systém s NFC komunikačním rozhraním**

Téma anglicky: **A Sensor System with an NFC Communication Interface**

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte technologii NFC (Near-Field Communication). Zaměřte se na komunikační módy, použitelné pro senzorové systémy.
2. Analyzujte a navrhnete senzorový systém, který bude umožňovat přenos dat pomocí NFC.
3. Implementujte HW a firmware senzoru s přenosem dat po NFC.
4. Naprogramujte mobilní aplikaci pro přenos dat ze senzoru.
5. Vyhodnoťte možnosti použití výsledného systému.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. **BARR, Michael a Anthony J MASSA. Programming embedded systems. 2nd ed. Sebastopol: O'Reilly, 2006, xxi, 301 s. ISBN 978-0-596-00983-0.**
2. **CATSOU LIS, John. Designing Embedded Hardware. Sebastopol: O'Reilly Media, 2005. ISBN 978-0-596-00755-3.**
3. **HRBÁČEK, J. Komunikace mikrokontroléru s okolím. 1. vyd. Praha: BEN technická literatura, 1999, 156 s. ISBN 80-860-5642-2.**
4. **PINKER, Jiří. Mikroprocesory a mikropočítače. Praha: BEN - technická literatura, 2004. ISBN 80-730-0110-1.**
5. **ZÁHLAVA, Vít. Návrh a konstrukce desek plošných spojů: principy a pravidla praktického návrhu. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2010, 123 s. ISBN 978-80-7300-266-4.**
6. **COSKUN, Vedat, Kerem OK a Busra OZDENIZCI. Near field communication: from theory to practice. Hoboken, NJ: Wiley, 2012, xxviii, 361 s. ISBN 978-1-119-97109-2.**
7. **LACKO, L'uboslav. Vývoj aplikací pro Android. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2015, 472 s. ISBN 978-80-251-4347-6.**

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Tomáš Dulík, Ph.D.

Ústav informatiky a umělé inteligence

Datum zadání diplomové práce:

5. února 2016

Termín odevzdání diplomové práce:

20. května 2016

Ve Zlíně dne 5. února 2016



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.

děkan



doc. Mgr. Roman Jašek, Ph.D.

ředitel ústavu


Prohlašuji, že

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně, dne 18. 5. 2016


.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout senzorový systém s přenosem dat pomocí NFC komunikaci. Návrh zahrnuje vlastní realizaci senzorové elektroniky, programové vybavení pro mikropočítač STM32L151RDT6 a mobilní aplikaci pro přenos a zpracování dat ze senzorového systému.

Teoretická část obsahuje popis RFID technologie a poté z ní vycházející technologii NFC. Na konec jsou popsány typy elektronických metod pro měření vlhkosti dřeva.

V praktické části je popsána samotná vlastní realizace senzorového systému. Dále se zabývá programovým vybavením pro použitý mikropočítač a mobilní aplikaci.

Klíčová slova: NFC, STMicroelectronics, Vlhkost, Teplota

ABSTRACT

The aim of this thesis was to design a sensor system with data transfer via NFC communication. The proposal includes the realization of the sensor electronics, software for microcomputer STM32L151RDT6 and mobile application for the transfer and processing of data from the sensor system.

The theoretical part contains a description of RFID and NFC technology. NFC technology is based on technology RFID. The end of the theoretical part describes the types of electronic methods for measuring moisture content of wood.

The practical part contains a description of the actual implementation of the sensor system and it also deals with the software used for microcomputer and mobile application.

Keywords: NFC, STMicroelectronics, Humidity, Temperature

Rád bych poděkoval svému vedoucímu diplomové práce Ing. Tomáši Dulíkovi, Ph.D. za odborné vedení mé práce, za cenné rady a připomínky při vypracování mé diplomové práce.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 RFID	11
1.1 SYSTÉM RFID	11
1.2 PODLE NAPÁJENÍ	12
1.3 PODLE PŘENOSOVÉ FREKVENCE	13
1.4 PODLE POUŽITÉ PAMĚTI.....	14
1.5 PODLE TYPU KOMUNIKACE.....	15
1.5.1 Induktivní metoda	15
1.5.2 Odrazová metoda.....	15
1.6 PODLE ZPŮSOBU POUŽITÍ	15
2 NEAR FIELD COMMUNICATION	18
2.1 HISTORIE NFC	18
2.2 VYUŽITÍ NFC	18
2.3 TECHNICKÁ SPECIFIKACE NFC.....	19
2.3.1 ISO/IEC 14443	19
2.3.2 JIS X 6319-4.....	20
2.3.3 Standardy NFCIP	20
2.3.4 NDEF	21
2.3.5 NDEF zpráva.....	21
2.3.6 NDEF záznam	21
2.4 REŽIMY PŘENOSU	23
2.5 DRUHY NFC TRANSPORTÉRŮ	23
2.6 NARUŠENÍ A ZABEZPEČENÍ NFC.....	24
2.7 MOBILNÍ TELEFONY S NFC	26
3 METODY MĚŘENÍ VLHKOSTI DŘEVA	28
3.1 REZISTIVNÍ METODA.....	28
3.1.1 Měřitelný rozsah.....	29
3.1.2 Typy elektrod	30
3.2 DIELEKTRICKÁ METODA.....	30
3.2.1 Měření pomoci výkonové ztráty	30
3.2.2 Kapacitní typ měření	31
II PRAKTICKÁ ČÁST	32
4 HARDWEROVÁ REALIZACE SENZOROVÉHO SYSTÉMU	33
4.1 BLOKOVÁ ZAPOJENÍ	33
4.2 REALIZACE PASIVNÍ NFC KOMUNIKACE.....	34
4.2.1 Panasonic MN63Y1213	34
4.3 REALIZACE SENZOROVÉHO SYSTÉMU	35
4.3.1 Měření relativní vlhkosti a teploty vzduchu.....	35
4.3.2 Měření vlhkosti dřeva.....	36

4.4	MIKROPOČÍTAČ STM32L151RD	36
4.5	NAPÁJENÍ	37
4.6	PLOŠNÝ SPOJ	38
5	SOFTWAREVÁ REALIZACE MIKROPOČÍTAČE.....	40
5.1	ROZDĚLENÍ PAMĚTI	40
5.2	ŘÍDICÍ PROGRAM V MIKROPOČÍTAČI	41
5.2.1	Vývojový diagram.....	41
5.2.2	Způsob komunikace s NFC vyrovnávací paměti	42
5.2.3	Komunikační příkazy	43
5.2.4	Komunikace se senzory.....	45
5.2.5	Ukládání naměřených dat do paměti	46
5.3	FLASHOVACÍ PROGRAM V MIKROPOČÍTAČI.....	47
5.3.1	Vývojový diagram.....	47
6	MOBILNÍ APLIKACE.....	48
6.1	KOMUNIKACE SE SENZOROVÝM SYSTÉMEM POMOCÍ NFC.....	48
6.1.1	Struktura dat komunikace.....	48
6.2	ŘÍDICÍ A KOMUNIKAČNÍ APLIKACE	50
6.3	FLASHOVACÍ APLIKACE	53
	ZÁVĚR	54
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	55
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	58
	SEZNAM OBRÁZKŮ	59
	SEZNAM TABULEK.....	61
	SEZNAM PŘÍLOH.....	62

ÚVOD

NFC je bezdrátový bezkontaktní systém propojující dvě zařízení na krátkou vzdálenost do jednotek centimetrů pracující na kmitočtu 13,56 Mhz. Jedná se o mladou technologii, která byla schválena jako ISO/IEC standard v roce 2003 a jeho využití poměrně stoupá.

Tato práce se zabývá tvorbou senzorického systému s NFC komunikačním rozhraním. Cílem je nalézt vhodné řešení pro přenos dat mezi mobilním zařízením a senzorovým systémem pomocí komunikačního rozhraní NFC. Při přenosu dat je kladen důraz na velmi nízký odběr elektrické energie ze senzorového systému. Toho se dá dosáhnout při použití NFC v pasivním režimu. Jako aplikace senzorického systému je v práci využité měření vlhkosti podlahových dřevin. Měření vlhkosti podlahových dřevin je nezbytné pro ochranu dodavatele podlah proti neoprávněné reklamaci.

První část teoretické práce je věnována RFID (Radio Frequency Identification) technologii. Bez znalosti této technologie by bylo těžké pochopit technologii NFC, jelikož technologie NFC vychází ze standardů RFID. RFID je bezdrátový bezkontaktní systém, který používá elektromagnetické pole pro přenos dat sloužící k identifikaci objektů, kontroly výrobních procesů, identifikaci zvířat a další. Technologie je popsána podle jednotlivých přenosových frekvencí, typem napájení, použité paměti a podle typu přenosu dat.

V druhé části teoretické práce je popsána technologie NFC, která se díky své nízké energetické závislosti hodí do mobilních zařízení a senzorových systémů. V první řadě jsou popsány jednotlivé standardy a normy technologie NFC. Dále je popsána z pohledu druhů NFC transportérů a jejich režimem přenosu dat. Nakonec jsou popsány druhy útoků na NFC komunikaci a jejich řešení.

Poslední kapitola teoretické části se věnuje způsobu měření vlhkosti dřeva. Jsou zde popsány dvě nejrozšířenější metody: rezistivní a dielektrická.

Součástí práce je vytvoření reálného senzorového zařízení se schématy zapojení a deskou plošného spoje. To je popsáno v praktické části. Při návrhu je popsán výběr vhodné NFC paměti pro přenos z dostupných možných existujících řešení. Spolu s hardwarovou realizací je v praktické části také popsána softwarová realizace jak na straně řídicího mikropočítače senzorového systému, tak na straně mobilního zařízení.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 RFID

RFID neboli Radio Frekvenční Identifikace je automatická bezkontaktní identifikace sloužící k přenosu a ukládání dat pomocí elektromagnetických vln. Bez znalostí této technologie by bylo těžké pochopit technologii NFC (Near Field communication), protože NFC navazuje na standardy specifikované pro RFID. Jelikož je diplomová práce zaměřena na technologii NFC, jsou v následující kapitole popsány jen základy funkce pro systém RFID.

RFID je schopno zaznamenávat, uchovávat a poskytovat informace o objektech v reálném čase. RFID technologie se používá v různých odvětvích průmyslu pro logistiku, kontrolu výrobních procesů, dodávky zboží, identifikaci zvířat. Dále se používá v automobilovém průmyslu, ve zdravotnictví. Dá se také použít pro sportovní účely, kde se zaznamenávají jednotliví sportovci na trati. [5]

Technologie vychází z principu radaru a její historie sahá až do 20 let 20 století, kde se pro navigaci letadel vyvinuly rádiové vysílače. První patent vysílacího zařízení s pamětí a dalšími funkcemi RFID čipu si nechal patentovat Mario Cardullo v roce 1970. První skutečný RFID čip předvedla americká Los Alamos Scientific Laboratory roku 1973. V devadesátých letech se začaly tvořit první standardy pro mezinárodní využívání RFID. [5]

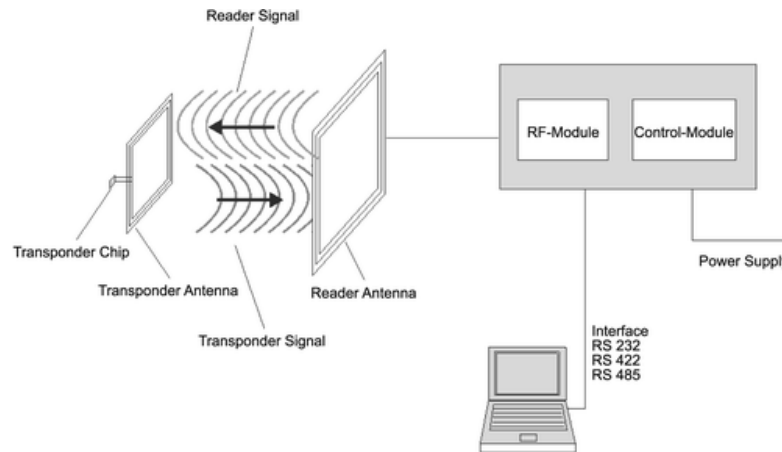
Hlavní výhody RFID patří:

- Bezkontaktnost – nevyžaduje přímou viditelnost pro identifikaci objektu
- Rychlost čtení
- Přenosu dat nebrání špatné optické ani atmosférické podmínky

1.1 Systém RFID

Systém RFID se skládá z komponent:

- RFID transportér (tag) – je tvořen čipem, který obsahuje elektronický paměťový obvod s anténou tvořenou cívkou. U aktivních a semipasivních transportérů je transportér vybaven vlastním zdrojem napájení [7]
- Čtecí zařízení (RFID reader) – je čtečka pro snímání transportéru. Tvoří ji anténa s vysílacím/přijímacím obvodem a dekodérem [7]
- Řídicí software (middleware) - je podpůrný systém, který zajišťuje zpracování všech načtených transportérů a přenesení zpracovaných dat do informačního systému [7]



Obr. 1 Princip RFID transportér [6]

RFID transportéry se dělí na základě používaných rádiových frekvencí a podle technického provedení.

1.2 Podle napájení

Pasivní RFID transportéry

Pasivní RFID transportéry neobsahují vlastní zdroj energie a pro svůj chod využívají dodávanou energii ze čtecího zařízení. Anténa čtecího zařízení šíří elektromagnetické pole, které slouží jako zdroj energie pro aktivaci a komunikaci transportéru, a také jako komunikační kanál ve směru od čtecího zařízení k transportéru. Pasivní RFID transportéry se primárně používají pro identifikaci objektu. Výhodou pasivních transportérů je velmi malá velikost a nízké výrobní náklady. [5]

Aktivní RFID transportéry

Aktivní transportér obsahuje vlastní zdroj energie (baterii) a jsou schopny vysílat, aniž by musely být poblíž čtecího zařízení. Protože aktivní transportéry vysílají v pravidelných intervalech, závisí doba jejich činnosti na velikosti baterie a periodě vysílání. Díky vlastnímu zdroji energie se transportéry využívají nejen pro identifikaci předmětu, ale i pro další funkce jako jsou lokalizace, měření fyzikálních veličin a podobně. Výhodou aktivních transportérů je čtení na delší vzdálenosti díky silnějšímu signálu při vysílání. [5]

Semiaktivní RFID transportéry

Semiaktivní transportéry jsou založené na stejném principu jako aktivní. Rozdílem je, že nejsou aktivní do té doby, než obdrží signál od čtečky. Pak využívají zdroj energie ke komunikaci se čtečkou. Tím je prodloužena životnost baterie. [5]

Semipasivní RFID transportéry

Semipasivní transportéry jsou podobné pasivním transportérům (Obr. 4 uprostřed). Mají ale zdroj energie, který využívají k napájení vnitřních obvodů, ale nikoliv ke komunikaci se čtečkou. [5]

1.3 Podle přenosové frekvence

Nejběžnější používané frekvence pro RFID jsou:

- 125 KHz v nízkofrekvenčním pásmu (LF)
- 13,56 MHz ve vysokofrekvenčním pásmu (HF)
- 902 – 928 MHz v pásmu ultra krátkých vln (UHF)
- 2,45 GHz v mikrovlnném pásmu (MW)

Využití těchto různých frekvencí závisí na konkrétní aplikaci. Výsledkem jsou různé vyzářovací charakteristiky transportérů, velikost antény transportéru, jeho čtecí vzdálenost a schopnost signálu pronikat různými materiály.

Nízká frekvence (Low Frequency)

Nízkofrekvenční (LF) systémy mají velmi krátký dosah (do 20 cm) a malou rychlost čtení, ale lepší prostupnost materiály včetně kapalin. Transportéry na těchto frekvencích obsahují indukční obvody tvořené z kotouče měděného drátu a nepřepisovatelné paměti. Využívají se především pro vstupní identifikační karty a platební technologie. [6]

Vysoká frekvence (High Frequency)

Vysokofrekvenční (HF) systémy mají vyšší čtecí vzdálenost cca 1 m a s aktivním transportérem až do 4 metrů. Oproti LF mají vyšší přenosové rychlosti. Tato frekvence je nejvhodnější volbou pro rušené nebo stíněné prostředí (dokáže projít kovem i tekutinou). V dnešní době patří mezi nejpoužívanější. Využívá se pro docházkové systémy, identifikaci palet a věcí v blízkém okolí, platební karty. Pásmo je standardizované v normě ISO 14443 pro technologii NFC. [6]

Ultra vysoká frekvence (Ultra High Frequency)

UHF pásmo dovoluje přenos informace na vzdálenost do zhruba 10 m. transportéry na této frekvenci mají klasickou dipólovou strukturu. Mezi nevýhody UHF patří rozdělení pásma v Evropě na 866 – 869 MHz a v USA na frekvence 902 - 928 MHz. RFID transportéry

určené pro Spojené státy tedy nelze číst v Evropě a naopak. U UHF se využívá standard ISO 18000 určený pro knihovní systémy, docházkový systém, identifikaci palet. [6]

Mikrovlnné pásmo (Microwave Frequency)

MW pásmo pracuje v blízkosti frekvenčního pásma, které často využívají WIFI sítě. Mezi charakteristické vlastnosti patří vysoké přenosové rychlosti a velká čtecí vzdálenost. Dále z pohledu návrhu s rostoucí nosnou frekvencí je potřeba menší velikosti antén. Výrazně se zde projevuje nejen elektromagnetické rušení ale i špatný výkon v přítomnosti kovů a tekutin. Tato frekvence se využívá s aktivními RFID transportéry. Využívá se například pro identifikaci vozidel a pohybujících se předmětů. [6]

1.4 Podle použité paměti

RO (Read Only)

Jedná se o paměti, které jsou naprogramované ve výrobě a nelze je přepisovat. Jsou určeny pouze pro čtení. Kapacita paměti je obvykle od 40 do 512 bitů. Paměť obsahuje většinou pouze číslo v podobě identifikačního čísla zvířata, osoby či věci. [20]

WORM (Write Once Read Many)

Jedná se o paměť, kterou lze jen jednou naprogramovat. Z výroby je prázdná a programuje ji až zákazník. Po naprogramování slouží už jen pro čtení dat. Někteří výrobci udávají, že paměť lze naprogramovat vícekrát, ale bez záruky správného čtení. Kapacita je stejná jakou u paměti Read Only. [20]

RW (Read Write)

Jedná se o paměti, do kterých se dá zapisovat a číst. Počet zápisu do paměti se udává až v tisících dle výrobce. Pasivní transportéry disponují pamětí od 386 bitu do 8 kbitů a aktivní transportéry mají 16 kbitů až 2 Mbity paměť. [20]

Kombinace Read Only a Read Write

Jedná se o kombinaci Read Only a Read Write paměť. Paměť má vyhrazený sektor, který je naprogramovaný z výroby a sektory které lze přepisovat. Například paměť pouze pro čtení bude obsahovat identifikační číslo palety a přepisovatelná paměť bude obsahovat soupis zboží na paletě. Takovéto transportéry jsou zabudovány do palety napevno a nepřepisovatelné číslo palety slouží jako unikátní číslo. [20]

1.5 Podle typu komunikace

1.5.1 Induktivní metoda

Induktivní metoda dosahuje čtení v řádech desítek centimetrů a je označována jako Low Range nebo také Near Field Communication (komunikace v blízkém poli). Transportér obsahuje čip pro uchování dat a cívku, která funguje jako anténa. Čtečka generuje vysokofrekvenční magnetické pole, které proniká závitů cívky transportéru. Induktivní metoda je založena na principu vzájemné indukce dvou cívek (tento princip je využíván v elektrických transformátorech), mezi primární cívkou ve čtečce a sekundární v transportéru. [5]

1.5.2 Odrazová metoda

Odrazová metoda dosahuje větších vzdáleností v řádech jednotek metrů a označuje se jako Far Field (komunikace vzdálených polí). Funkce je založen na principu radaru, kde energie vyzařovaná anténou čtečky dorazí k transportéru ve formě vysokofrekvenčního signálu. Ten je po úpravě použit pro nabití čipu. Nabitý čip potom řídí rezistor, který mění impedanci antény. Samotná změna impedance antény vyvolá odraz signálu směrem ke čtecímu zařízení, které tuto zprávu musí detekovat. [5]

1.6 Podle způsobu použití

Pole typu použití úzce souvisí tvar RFID transportéru. Některé využití požadují, aby transportéry byly odolné vůči vysokým a proměnlivým teplotám, vlhkosti nebo mechanickému namáhání a vibracím.

RFID chytré karty

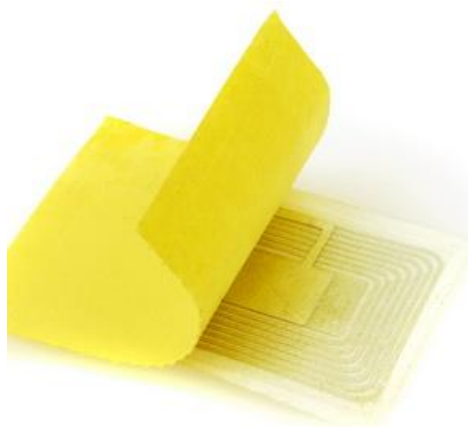
RFID transportér má formát platební karty. Formát karet je cca 58 x 55 x 0,75 mm. Je možné do nich umístit poměrně velkou anténu, která má lepší přenosové vlastnosti. RFID transportér je zabudován mezi vnitřní vrstvy plastu. Využívají se pro bezpečnostní a platební systémy. [7]



Obr. 2 RFID chytrá karta [8]

Lepící RFID transportéry

Jedná se o RFID transportéry, které jsou umístěny na substrát a z druhé strany je lepící vrstva. Jednoduše je lze přilepit na produkt. Lze na ně na tiskou čárový kód, nebo logo, které se vytiskne na stranu bez lepidla. [7]



Obr. 3 Lepící RFID transportér [8]

RFID etiketa/ plakát

Jedná se o papírovou nebo plastovou etiketu s potištěnou horní stranou. V etiketách bývá zabudovaný pasivní nebo semipasivní RFID transportér. Používají se často pro označení zboží a krabic. [7]

Skleněné RFID transportéry

Jedná se RFID transportér, který je ukrytý ve skleněné nebo silikonové ampuli. Svou velikostí dosahují malých rozměrů okolo 10mm až 30 mm. Využívají se pro identifikaci zvířat a osob, protože je lze lehce implantovat pod kůži. [7]



Obr. 4 RFID skleněná ampule [9]

RFID klíčenky, knoflíky

Pro RFID transportéry existuje další široká škála pouzder, jako jsou například klíčenky, pásky na ruku, knoflíky, žetony z kasina, a další. [7]



Obr. 5 RFID žetony [8]

2 NEAR FIELD COMMUNICATION

Near Field communication neboli NFC je sada standardů pro bezdrátovou komunikaci na krátkou vzdálenost s propojením dvou zařízení. Oproti starší technologii RFID, která dokáže v některých případech komunikovat i na větší vzdálenosti, je NFC omezen na vzdálenost do 10 cm. NFC je mladá technologie, u které její využití rychle stoupá. Technologie je úsporná pro přenos dat, proto se hodí do mobilních a přenosných zařízení. NFC nedisponuje velikými přenosovými rychlostmi. Podporuje rychlosti od 106 kbit/s do 424 kbit/s podle typu použitého standardu. Díky malé přenosové rychlosti se technologie nepoužívá pro přenos velkých objemů dat, ale pro nastavení zařízení, čtení RFID transportérů nebo rychlé párování zařízení a následný přenos dat pomocí Bluetooth. [3]

NFC technologie je založena na standardu RFID pracující ve vysokofrekvenčním pásmu 13,56 MHz zahrnující normy ISO/IEC 14443 a FeliCa. Tyto normy zahrnují ISO/IEC 18092 definované neziskovou organizací NFC Fórum. [3]

2.1 Historie NFC

V roce 2003 bylo NFC schváleno jako ISO/IEC standard. Rok poté firmy Nokia, Philips a Sony založily organizaci NFC Fórum, která navrhuje standardy pro komunikaci pomocí NFC. NFC Fórum se stará o rozšíření NFC standardu do celého světa. V roce 2006 byl vydán první telefon Nokia 6131 s NFC, který ale neumožňoval práci s pokročilými NFC aplikacemi. V roce 2010 byl představen Samsung Nexus S s operačním systémem Android Gingerbread s podporou NFC. V roce 2011 se díky mnoha konferencím, podpoře NFC výrobců mobilních telefonů a pilotními projekty platby pomocí NFC se NFC začalo komerčně rozšiřovat. [21]

2.2 Využití NFC

NFC technologie se v dnešní době využívá nejčastěji pro elektronickou peněženku, kdy při placení stačí přiložit telefon s NFC k platebnímu terminálu. Poté je vyžádán pin kód aplikací v telefonu a po zadání proběhne platba. V české republice zatím tuto službu podporuje O2 Wallet. Kvůli bezpečnosti, musí být v telefonu speciální sim karta s bezpečnostním čipem. [21]

Dále lze NFC využít pro přístupové systémy, zabezpečení domu nebo jako klíč od vozu. Odpadá tak nutnost u sebe nosit přístupové karty, klíče.

Pomocí NFC v kombinaci s elektronickou peněženkou lze platit jízdenky a kupóny a poté díky NFC telefonu se prokázat. Průkopníkem v české republice je město Plzeň, kde jsou zastávky vybaveny NFC terminály. [13]

NFC lze využít i pro přenos kontaktů, fotografií, souborů. S kombinací s Bluetooth a WiFi zařízeními lze NFC využít pro rychlé bezkontaktní spárování mezi zařízeními.

2.3 Technická specifikace NFC

Nejnižší vrstvy NFC standardu jsou odvozeny od skupiny standardů bezkontaktních karet, které specifikují kódování, modulační schémata, přenosové rychlosti a technologické specifikace RFID transpondérů. Patří sem zejména standardy ISO/IEC 14443, JIS X 6319 pracující na frekvenci 13.56 MHz s přenosovými rychlostmi od 106 kbit/s do 424 kbit/s, a to do vzdálenosti 10 cm.

2.3.1 ISO/IEC 14443

Standard ISO/IEC 14443 definuje základní elementy v komunikaci, základní požadavky, fyzické vlastnosti, maximální vysílací výkony a protokoly pro iniciaci komunikace, antikolizní protokoly a přenosové protokoly. V rámci standardu se využívají dva pojmy PICC a PCD. [22]

- PICC (Proximity Integrated Circuit Card) – čipová karta
- PCD (Proximity Coupling Device) – NFC čtečka

Standard definuje dva typy komunikačního rozhraní. Typ A a typ B, ke kterým jako dodatek existuje rozhraní typu F z Japonského standardu JIS X 6319.

- Rozhraní typu A - využívá pro komunikaci ve směru od čtečky k transportéru ASK modulace se 100% hloubkou s kódováním dat pomocí modifikace Millerova kódování. V opačném směru je využito OKK⁻³ modulace s typem kódování Manchester⁴. [22]
- Rozhraní typu B – využívá pro komunikaci ve směru od čtečky k transportéru ASK modulace s 10% hloubkou, kde jsou data kódována pomocí NRZ-L. V opačném směru je využita BPSK modulace s kódováním dat pomocí NRZ-L. [22]

Standard se dále dělí do čtyř částí:

- ISO / IEC 14443-1: 2008 Část 1- Fyzikální charakteristiky bezkontaktních čipových karet

- ISO / IEC 14443-2: 2010 Část 2 - Vysílací výkony a signálové rozhraní
- ISO / IEC 14443-3: 2011 Část 3 - Inicializační a antikolizní protokoly
- ISO / IEC 14443-4: 2008 Část 4 - Protokoly pro přenos[22]

2.3.2 JIS X 6319-4

JIS X 6319-4 je japonský standard nazývaný také FeliCa. Tento standard vytvořila firma Sony. Jedná se o ekvivalent standardu ISO/IEC 14443. Standard využívá přenosovou rychlost 212/424 kbit/s.

2.3.3 Standardy NFCIP

Standard NFCIP slouží pro definici fyzické vrstvy. Vznikl rozšířením standardu ISO/IEC 14443 a přizpůsobením pro komunikaci NFC. Dále se dělí na standard NFCIP-1 - ISO/IEC 18092, který byl publikován v roce 2004. Ten byl později rozšířen na novější NFCIP-2 – ISO/IEC 21481, který byl publikován v roce 2012. Je ekvivalentem pro komunikaci pomocí skupiny protokolu TCP/IP. Oproti ISO/IEC 14443 je rozšířen o komunikační režimy, transportní protokol a protokol pro přenos dat. [23]

Standard NFCIP definuje normy pro:

- modulační schémata
- přenosové rychlosti
- strukturu a detekci rámce
- detekci chyb
- detekci zařízení
- výběr komunikačních parametrů
- samotnou výměnu dat

Standard NFCIP-1 pro podporu peer-to-peer komunikace zahrnuje LLCIP protokol pracující na spojové vrstvě, který je odvozen od standardu IEEE 802.2. Standard definuje dvě služby, spojově a nespojově orientovanou. Služba založená na spojové komunikaci (navazuje logické spojení mezi zařízeními před samotným posíláním dat) podporuje číslování rámců, spolehlivou komunikaci, řízení toku dat a mechanismus na opravu chyb. Oproti tomu služba bez navazování spojení nepodporuje spolehlivé doručení ani řízení toku dat. Zařízení musí operovat na přenosové rychlosti 106, 216 nebo 424 kbit/s. [23]

Standard NFCIP-2 rozšiřuje standard NFCIP-1 o správné mechanismy výběru komunikačního režimu s ohledem, aby nenarušoval jakoukoliv implementaci komunikace na frekvenci 13.56 MHz. Zařízení podporující tento standard musí podporovat standard ISO/IEC 14443, aby byla zaručena zpětná kompatibilita s existujícími zařízeními. [23]

2.3.4 NDEF

Protože dříve popsané standardy podporovaly pouze přenos identifikačních dat, byl zaveden formát NDEF (NFC Data Exchange Format), který specifikovala organizace NFC Forum. Cílem NDEF je definovat strukturu dat, pravidla jejich vytváření a typy aplikačních dat uložených v NDEF zprávách. NDEF podporuje přenosy dat mezi dvěma aktivními zařízeními i mezi aktivním a pasivním zařízením. NDEF formát staví na spojově orientované komunikaci, kterou definuje standard NFCIP-1 na podvrstvě LLCP. [25]

NDEF podporuje:

- Zapouzdření libovolných typů dat (GIF, JPEG, XML, ...)
- Sloučení více typů dat do jedné zprávy
- Libovolnou velikost dat, i neznámou velikost dat (dynamickou velikost dat)

2.3.5 NDEF zpráva

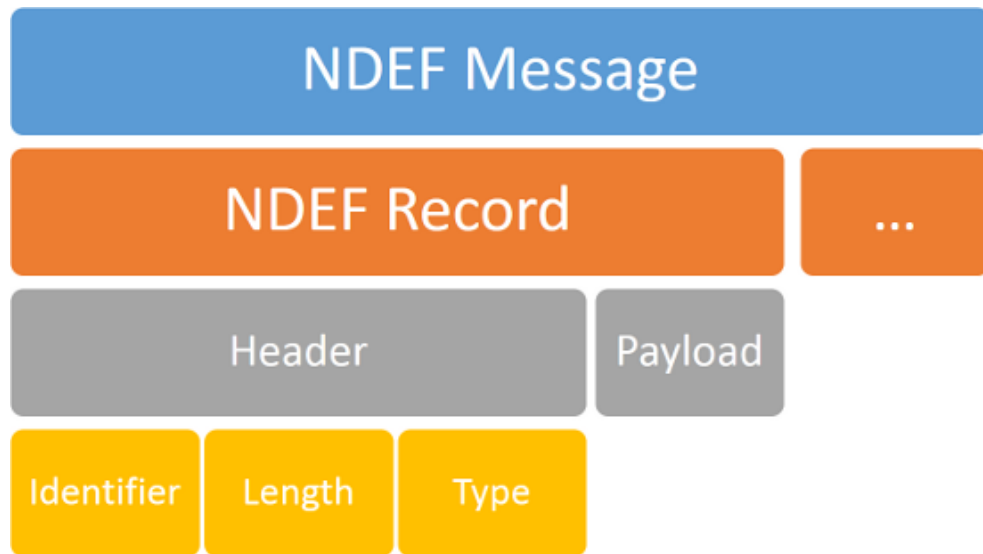
NDEF zpráva se skládá z jednoho nebo více NDEF záznamů. První záznam je označen příznakem MB (message begin) a poslední záznam je označen příznakem ME (message end). Při velikosti NDEF zprávy o jednom NDEF záznamu jsou příznaky MB a ME nastaveny na stejný záznam. Maximální počet záznamů ve zprávě není omezen. [22]

NDEF Message			
Record 1 MB=1, ME=0	Record 2 MB=0, ME=0	...	Record N MB=0, ME=1

Obr. 6 NDEF zpráva [10]

2.3.6 NDEF záznam

Přenos dat v NDEF záznamu je strukturován identifikátorem, délkou, typem a samotnými daty.



Obr. 7 struktura NDEF záznamu [6]

Identifikátor je určen aplikacím pro dodatečnou identifikaci záznamu. Obsahuje příznaky:

- **MB (Message Begin)** – příznak značí první záznam NDEF zprávy
- **ME (Message End)** – příznak značí poslední záznam NDEF zprávy
- **CF (Chunk Flag)** – příznak, který indikuje, zda se jedná o celou zprávu nebo o zprávu s rozdělenými daty.
- **SR (Short Record)** – příznak značí, zda **Length** je o velikosti 1 bytu nebo více.
- **IL (ID Length)** – příznak značí, zda jsou použity v záznamu i identifikátory **ID_LENGTH** a **ID_FILE**
- **TNF (Type Name Formát)** – je tříbitové pole, které definuje typ přenášených dat.

Length pole reprezentuje velikost přenášených dat zapouzdřených v NDEF záznamu. Length pole je o velikosti 1 byte pro malé velikosti dat nebo 4 byte pro normální velikost dat. Tuto velikost definuje příznak **SR**. Jsou-li data delší než 231 bytů, musí se rozdělit na více záznamů a u příjemce poté složit. [22]

Type je pole o velikosti 1 bytu, které definuje konkrétní typ přenášených dat dle specifikace z pole **TNF**.

Payload pole nesoucí přenášená data.

2.4 Režimy přenosu

Existují tři typy NFC zařízení. Jedná se o čtečky NFC, NFC transportéry a mobilní zařízení s podporou NFC. Tyto zařízení mohou mezi sebou komunikovat v různých kombinacích. Proto vznikly definice tří typů režimů přenosu dat.

Reader/writer režim

Režim slouží pro čtení a zápis z/do pasivního NFC čipu. Maximální přenosová rychlost je 106 kbit/s. Příkazy sloužící k řízení transportérů probíhají pomocí datového formátu NDEF. [13]

Peer-to-Peer režim

Tento přenosový režim se využívá pro obousměrnou komunikaci mezi dvěma aktivními zařízeními. Nejčastěji se využívá pro přenos kontaktů, textových zpráv nebo výměnu dat. Komunikace mezi zařízeními probíhá v half-duplex režimu, kde v danou chvíli může vysílat pouze jedno zařízení. Takto se zařízení střídají a vždy musí počkat, dokud to druhé nedokončí přenos. Maximální přenosová rychlost je 424kbit/s ve standardu FeliCa. [13]

Card emulation režim

Jedná se o režim, který z aktivního NFC zařízení vytvoří NFC čipovou kartu. V tomto režimu se zařízení chová jako pasivní NFC čipová karta, která je definovaná ve standardu ISO/IEC 14443. Tento režim lze využít pro platbu kreditní kartou, vstupenku, SMS jízdenku nebo identifikační kartu. [13]

2.5 Druhy NFC transportérů

V dnešní době existuje více druhů NFC transportérů podporujících NFC technologii. Většina je založena na standardech RFID komunikace. NFC Fórum definuje 4 typy transportérů, které podporují standardy NFCIP spolu s datovou strukturou NDEF. Liší se mezi sebou v komunikaci, možnosti šifrování rychlosti přenosu a ceně. [13]

Tab. 1 Druhy NFC transportérů definované NFC Fórem [13]

	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4
Založeno na standardu	ISO/IEC 14443 Typ A	ISO/IEC 14443 Typ A	FeliCa	ISO/IEC 14443 Typ A, typ B
Název čipu	Topaz	MIFARE	FeliCa	DESFire, SmartMX-JCOP
Velikost paměti	do 1 kB	do 2 kB	do 1 MB	do 64 kB
Přenosová rychlost	106 kbit/s	106 kbit/s	212 kbit/s	424 kbit/s
Zabezpečení	16 nebo 32bitový digitální podpis	nezabezpečeno	16 nebo 32bitový digitální podpis	volitelně
Cena	nízká	nízká	vysoká	průměrná až vysoká
Případy užití	Jednouúčelové transportéry	Jednouúčelové transportéry	Flexibilní transportéry s širokými možnostmi užití	Flexibilní transportéry s širokými možnostmi užití

Další označení transpondérů je následující:

- NFC-A – standard ISO/IEC 14443-3A (RFID A),
- NFC-B – standard ISO/IEC 14443-3B (RFID B),
- NFC-F – standard JIS X 6319-4 (FeliCa),
- NFC-V – standard ISO/IEC 15693,
- ISO-DEP – standard ISO/IEC 14443-4,
- MIFARE – standard ISO/IEC 14443 A,

2.6 Narušení a zabezpečení NFC

Prvním bezpečnostním aspektem NFC je krátký dosah, který je v řádek jednotek centimetrů. Ale i na takové krátké vzdálenosti se vyskytují různá bezpečnostní rizika. NFC má nezabezpečenou komunikaci, kde každá aplikace se musí sama zabezpečit průběh komunikace na vrchních vrstvách použitím šifrování. Není zde žádná ochrana proti odposlechu komunikace. Tím mohou být data zranitelná a modifikována při komunikaci.

Odposlech (Eavesdropping)

U bezdrátové komunikace NFC existuje možnost pomoci antény, zesilovače a dekodovacího zařízení komunikaci odposlechnout. Kvalita odposlechu závisí na kvalitě útočnickova přijímače a dekodéru, vyzářovací charakteristice odesílatele, místem realizace útoku a výkonu vysílacích NFC zařízení. Odposlech se dělí do dvou kategorií: [13]

- Odposlech pasivních transportérů
- Odposlech aktivních vysílačů

Řešení ochrany proti odposlechu je řešeno použitím bezpečného šifrovaného kanálu. NFC částečně řeší ochranu odposlechu díky malé přenosové vzdálenosti do cca 15 cm.



Obr. 8 Odposlech NFC komunikace [13]

Vkládání dat (Data Insertion)

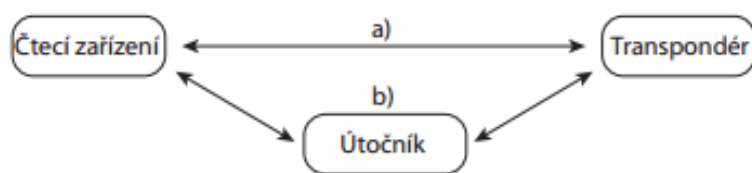
Útok je založen na vložení útočnickovy zprávy do otevřené komunikace mezi zařízeními. To je možné v případě, kdy NFC transportér potřebuje delší dobu na odpověď a útočník odešle modifikovanou odpověď dříve. [13]

Ochrana proti vkládání dat spočívá ve snížení čekací doby na odpověď. Díky zkrácené době potřebné na odpověď nestihne útočník vložit svá data do komunikace bez toho, aby nebyly narušeny originálními daty. Další možnost je monitorování elektromagnetických vln v okolí transportéru. [13]

Přepojovaný útok (Relay Attack)

Útok spočívá v přijetí dat od vysílacího zařízení, následnou modifikací a odesláním příjemci. To lze realizovat pomocí dvou USB čteček a PC. Kdy jedna čtečka zajišťuje komunikaci mezi NFC vysílačem a druhá mezi NFC transportérem. [13]

Tento typ útoku je poměrně nemožné zrealitovat bez viditelného zásahu. Dalším způsobem ochrany dat, je jejich šifrování. [13]



Obr. 9 Normální a přepojovaná NFC komunikace [13]

Přerušení spojení (Interrupted connection)

Komunikace se zabezpečenými funkcemi NFC (například paměť, která obsahuje citlivá data) je chráněna časovačem. Ten po vypršení neumožní přístup a vyžaduje autentizaci zařízení. Časovač se spouští při ukončení komunikace s autentizovaným zařízením. Komunikační kanál zůstane neuzavřen a po dobu odpočtu čítače lze komunikaci navázat bez autentizace zařízení. [13]

Obrana proti útoku spočívá ve zkrácení času čítače, průběžnou identifikací uživatele, implementace lepšího algoritmu nebo ukončení spojení. [13]

Opakované přenášení (Replay Attack)

Narušení pomocí opakovaného přenášení spočívá v opakovaném přenosu originálních dat. Útočník si odposlechne zahajovací komunikaci mezi zařízeními a uloží si ji. Poté se za uloženými daty vydává jako originální transportér. Příkladem takového útoku je odposlechnutí ověřovací sekvence uživatele u kreditní karty. [13]

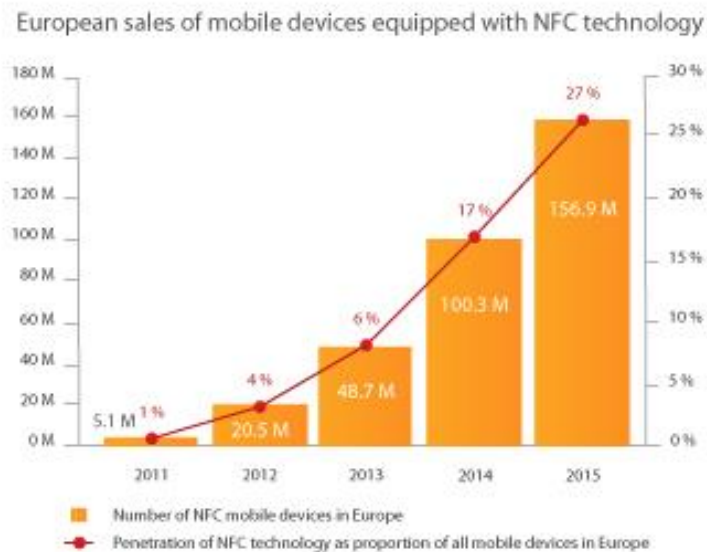
Ochrana tohoto typu útoku se nejvhodněji řeší pomocí časových razítek, čítači transakcí nebo generátorem náhodného čísla, které se bude měnit při každém navázání komunikace. [13]

Odcizení majetku

Ztráta majetku také patří mezi způsob narušení bezpečnosti. NFC zařízení většinou obsahují autentizaci ve formě hesla. Při módu emulace karty pro přístupový systém slouží nálezcí stejné zařízení jako majiteli, proto je dobré používat aplikace, které vyžadují i u módu emulace karty autentizační metody. [13]

2.7 Mobilní telefony s NFC

Při rozšíření NFC v roce 2011 do mobilních telefonů se začaly telefony s NFC mezi uživateli rozšiřovat. V roce 2015 byl poměr mezi telefony bez NFC a telefony s NFC 27% a do budoucna se počítá s nárůstem.



Graf. 1 Zastoupení prodaných NFC telefonů [12]

NFC rozhraní se skládá z NFC antény, integrovaného obvodu NFC ovladače a NFC bezdrátového front-endu. NFC ovladač zajišťuje NFC spojení v mobilním telefonu a funguje jako modulátor a demodulátor mezi analogovým radiofrekvenčním signálem a NFC anténou. NFC bezdrátový front-end definuje protokol nad úrovní datové spojové linkové vrstvy a také, jak jsou zprávy přenášeny mezi zabezpečeným prvkem a NFC front-endem.

U mobilních zařízení je NFC čip integrován na základní desce přístroje. Anténa pro komunikaci je zabudována v baterii nebo zadním krytu telefonu. Dále anténa může být umístěna v rámečku přístroje. NFC je podporováno v operačním systému Android od verze 2.3.3 Gingerbread. [22]

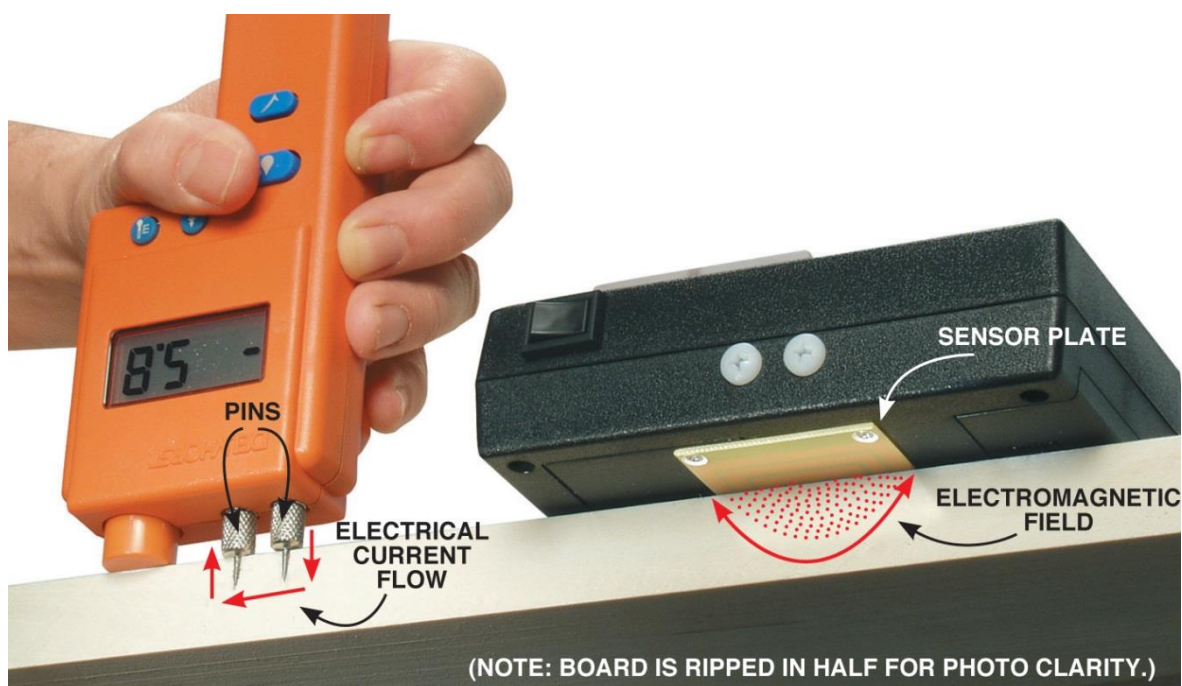
Jako alternativu se výrobci pokoušeli implementovat NFC čip s anténou do SD karty a Sim karty. Řešení má dva problémy. První problém je malá velikost antény, díky konstrukci SD a Sim karty. Druhý problém je kompatibilita s mobilními telefony ze stránky komunikace software s NFC čipem přes komunikační kanály SD a Sim karty. [22]

3 METODY MĚŘENÍ VLHKOSTI DŘEVA

Vlhkost je zodpovědná za více než 90% problému dřevěných podlah. Správné použití měřicího zařízení pro kontrolu vlhkosti dřevin je nejlepší pojištění pro dlouhodobou montáž dřevěných podlah. Obsah vlhkosti dřeva ovlivňuje jeho rozměry, sílu, kvalitu lepení, tvar povrchu a další. [16]

Pro měření vlhkosti dřeva se využívají přístroje, které měří elektrické vlastnosti dřeva. Dva hlavní typy měření vlhkosti dřeva jsou založeny na metodě měření elektrického odporu a měření dielektrika. Při měření elektrického odporu jsou ve dřevě instalovány dvě elektrody, které měří elektrický odpor mezi sebou. Při měření dielektrika se pomocí povrchové elektrody generuje vysokofrekvenční pole do dřeva. [16]

Studie celého světa dokazuje, že měření pomocí rezistivní metody je přibližně dvakrát přesnější, než kapacitní metoda. Rezistivní metoda je obvykle přesná v rozmezí od $\pm 1.5\%$ do $\pm 3\%$. Dielektrická metoda je obvykle přesná v rozmezí od $\pm 3\%$ do $\pm 6\%$. [16]



Obr. 10 Měřicí přístroje pro rezistivní a dielektrickou metodu [18]

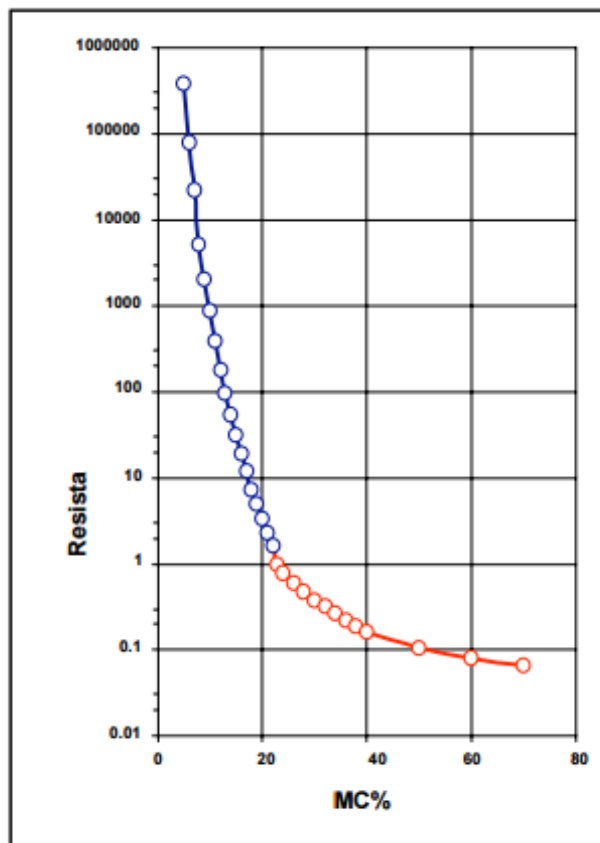
3.1 Rezistivní metoda

Pro měření pomocí rezistivní metody se využívá pomocí dvou elektrod. Elektrody jsou dvě kovové sondy, které jsou zapíchnuty ve dřevě. Pomocí elektrod dřevem prochází při daném napětí elektrický proud, ze kterého se vypočítá elektrický odpor. Ten je poté převeden na

vlhkost. Dřevo je špatný vodič a s přibývajícím vlhkostí za pomoci vody roste jeho vodivost a klesá elektrický odpor. [16]

3.1.1 Měřitelný rozsah

Bod nasycení vláken kolísá podle dřevin od 23% do 30%. Podle kvality přístroje lze měřit obsah vlhkosti dřevin mezi 7% až 27%. Podle tabulek se udává pro dřevinu Douglasku elektrický odpor při 7% vlhkosti $22.4\text{G}\Omega$ a při 25% vlhkosti $0.46\text{M}\Omega$. To je měřeno při použití zápichových sond s roztečí 2.2 mm a hloubkou 0.8 mm. Horní hranice pro měřitelnost vlhkosti dřeva je dána bodem nasycení vláken a dolní hranice podle kvality měřícího přístroje okolo 7%, poté je vodivost dřeva extrémně nízká a téměř neměřitelná pomocí dostupných měřících přístrojů. [16]



Graf. 2 Závislost odporu na vlhkosti
pro Douglasku [16]

3.1.2 Typy elektrod

Měřicí sondy ve dřevě je doporučováno instalovat rovnoběžně s léty dřeva. V knize od Jamese je napsáno, že při měření vlhkosti do 15% neovlivňuje orientace sond výsledek měření. Při měření vlhkosti nad 15% se při měření můžeme dopustit chyby až 2% se sondami instalovány pravoúhle s léty dřeva. [17]

Prvním typem uspořádání elektrod je využito čtyř pinové zapojení. Každý pól elektrody využívá dva kolíky. Kolíky pro jednu elektrodu jsou od sebe vzdáleny asi 1.5 cm a mezi kolíky elektrod je mezera asi 3 cm. Hloubka zanoření do dřeva je okolo 8 mm. [16]

Dalším typem uspořádání je využito dvou pinové zapojení. Každý pól elektrody využívá jeden kolík. Mezera mezi kolíky je vhodná okolo 2-3 cm. Dvou-pinové zapojení se více využívá k ručním měřicím přístrojům. [17]

Podle typu měřeného dřeva a místě měření vlhkosti ve dřevě se používají izolované a neizolované elektrody. Izolované elektrody jsou 25 – 75 mm dlouhé kolíky, které mají odizolované špičky v délce okolo 8 – 10 mm a zbytek kolíku je izolován izolační pryskyřicí. Slouží pro měření vlhkosti tlustých materiálů nebo neopracovaných kmenů stromů. Při zapichování sond se může povrchová voda spolu s kolíky dostat v místě vpichu hlouběji do dřeva a způsobit tak nepřesnost měření. Dále se používají neizolované elektrody. Neizolované elektrody jsou 8-12 mm dlouhé kolíky bez izolace. Slouží pro měření vlhkosti již opracovaných materiálu jako jsou například desky a fošny. [17]

3.2 Dielektrická metoda

Pro měření vlhkosti pomocí dielektrické metody se využívá dvou typů měření. První je typu výkon-ztráta, která využívá vztahu mezi vlhkostí dřeva a dielektrickým ztrátovým faktorem dřeva. Druhým typem je kapacitní. Ta využívá vztahu mezi obsahem vlhkosti dřeva a dielektrickou konstantou dřeva. Existuje i třetí typ měření, ten je založen na kombinaci obou metod. [17]

3.2.1 Měření pomocí výkonové ztráty

Tento typ měření dává do vztahu vlhkost a ztrátový faktor. Při měření vzorkem dřeva prochází elektrické pole vyzařované z elektrody, která je spojena s oscilátorem v měřicím přístroji. Výkon absorbovaný ve vzorku se projeví na oscilátoru tak, že omezí amplitudu osci-

lace, kterou poté může měřící přístroj vyhodnotit. Jelikož ztrátový faktor závisí na přítomnosti vlhkosti, tak je jej možné převést na relativní procentuální vlhkost.

3.2.2 Kapacitní typ měření

Měřící přístroje založené na kapacitním měření využívají vztahu mezi vlhkostí a dielektrickou konstantou. Měření probíhá tak, že měřeným vzorkem prochází elektrické pole spojené s kapacitorem pomocí frekvence. Frekvence se změní podle kapacity měřeného vzorku na tomto kapacitoru, jinými slovy podle dielektrické konstanty měřeného vzorku. Frekvenční diskriminátor generuje signál, který je čten v měřícím přístroji a zachycuje změny frekvence. Použitím vztahu mezi dielektrickou konstantou a vlhkostí může být měřící přístroj kalibrován na čtení vlhkosti. Kvůli technickým problémům a vysokým nákladům není tento typ komerčně vyráběn.

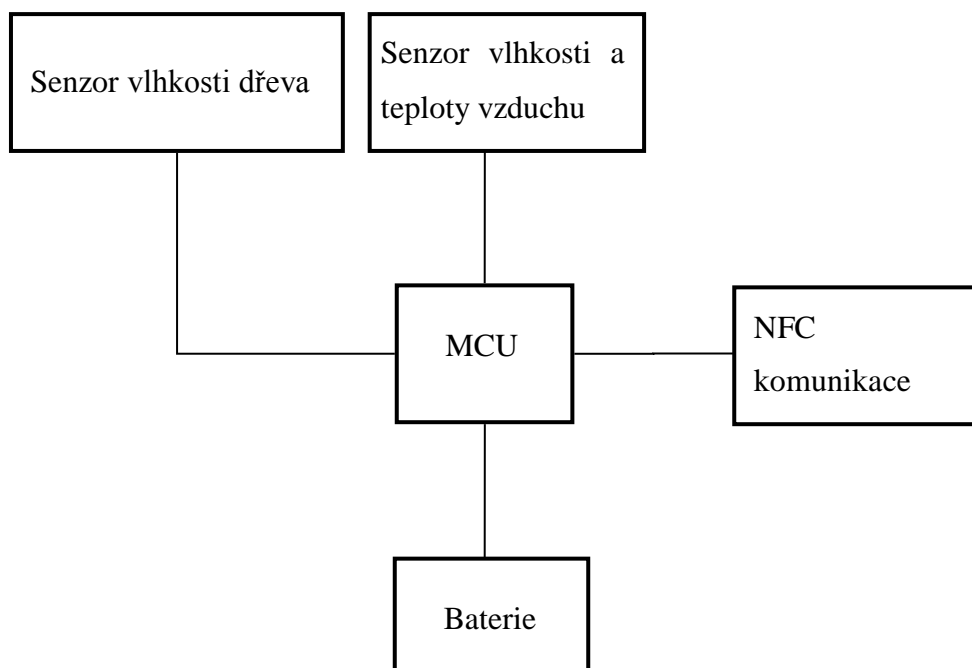
II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 HARDVEROVÁ REALIZACE SENZOROVÉHO SYSTÉMU

V rámci sensorového systému pro přenos dat pomocí NFC je vytvořen Datalogger měřící vlhkost dřeva a relativní vlhkost vzduchu společně s teplotou vzduchu. Tento sensorový systém je navržen pro použití v ultra-low-power aplikaci, kde se počítá s funkčností výrobku minimálně 3 roky z knoflíkové lithiové baterie. Dalším aspektem je velikost a hlavně výška celého systému, který je zamýšlen pro zabudování do podlahových krytin, které mají tloušťku okolo 2 cm.

4.1 Bloková zapojení

Elektronické zapojení zařízení je rozděleno do 5 bloků. Řízení obstarává 32 bitový mikro-počítač. Ten periodicky sbírá data ze senzorů pro měření vlhkosti dřeva a senzoru relativní vlhkosti a teploty vzduchu. Naměřená data uchovává ve vlastní Flash paměti. Pro nastavení zařízení a načtení naměřených dat do mobilního zařízení se stará pasivní NFC vyrovnávací paměť, která podporuje funkci Tunnel mode. Funkce sloužící pro přenos dat mezi mikro-počítačem a mobilním telefonem za použití SRAM vyrovnávací paměti s krátkou přístupovou dobou. Cele zařízení napájí knoflíková baterie o kapacitě 220 mAh.



Obr. 11 Základní blokové schéma sensorového systému

4.2 Realizace pasivní NFC komunikace

Pro komunikaci pomocí NFC se vyrábějí jak čipy aktivní s peer-to-peer módem, tak pasivní, které se tváří jako RFID read-write paměť. Data ukládají do paměti NFC čipu a poté se pomocí přerušení čtou mikropočítačem. Pro specifikaci, že zařízení musí být v kategorii ultra-low-power zařízení je možnost použití aktivního NFC vyloučená, protože aktivní čipy při přenosu odebírají proud okolo 20 mA. Proto se výběr zúžil na pasivní čipy. Jsou dvě varianty provedení:

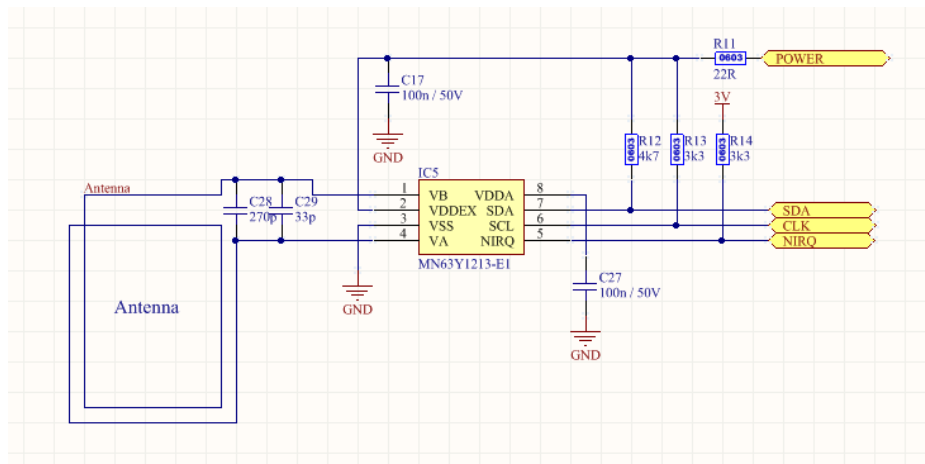
- Pasivní RFID paměť s komunikačním rozhraním
- Pasivní RFID vyrovnávací paměť s komunikačním rozhraním

U RFID paměti se data ukládají na EEPROM paměť a u RFID vyrovnávací paměti se data ukládají na SRAM paměť, která musí být napájená a po odpojení napájení se o data přichází. Rozdíl je v ukládacích časech paměti, kde u EEPROM je to cca 5 ms pro jedno slovo a u SRAM je doba zápisu cca 0.4 ms pro jedno slovo. Z hlediska přenosu většího množství dat je pro senzorický systém výhodnější RFID vyrovnávací paměť.

4.2.1 Panasonic MN63Y1213

MN63Y1213 je pasivní RFID vyrovnávací paměť od firmy PANASONIC ELECTRONIC COMPONENTS, která podporuje tunnel mod. Tunnel mod znamená, že při přenosu dat mezi mikropočítačem a mobilním zařízením využívá SRAM vyrovnávací paměť s velmi malou dobou zápisu dat. Obsahuje 4 Kbit FeRAM non-volatile paměť a 2Kbit SRAM vyrovnávací paměť. Pro RF komunikaci využívá protokoly JISX6319-4 (212 kbps / 424 kbps) a ISO/IEC14443 TypeB (106 kbps / 212 kbps) na frekvenci 13.56 MHz. Paměť disponuje velmi nízkým odběrem při zápisu do FeRAM paměti a komunikaci v tunnel módu: 250 uA při napájecím napětím 1.7 V až 3.6 V. Pro komunikaci s řídicím mikropočítačem slouží I²C sběrnice o frekvenci 100 kHz. Obvod se vyrábí v HSON-8 pouzdře o rozměrech 2x2 mm. [15]

Schéma zapojení RFID paměti



Obr. 12 Schéma zapojení RFID paměti MN63Y1213

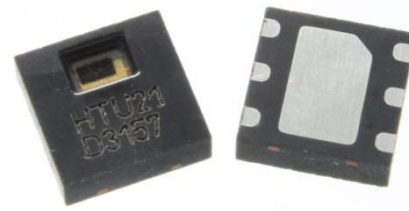
Schéma zapojení obsahuje filtrační kondenzátor na napájení a pull-up rezistory pro I²C sběrnici a pin přerušení. Anténa je pomocí kondenzátorů C28 a C29 nastavena na rezonanční frekvenci 13.56 MHz.

4.3 Realizace senzorového systému

V přístroji je navržen obvod pro měření vlhkosti dřeva a použit integrovaný obvod pro měření relativní vlhkosti a teploty vzduchu.

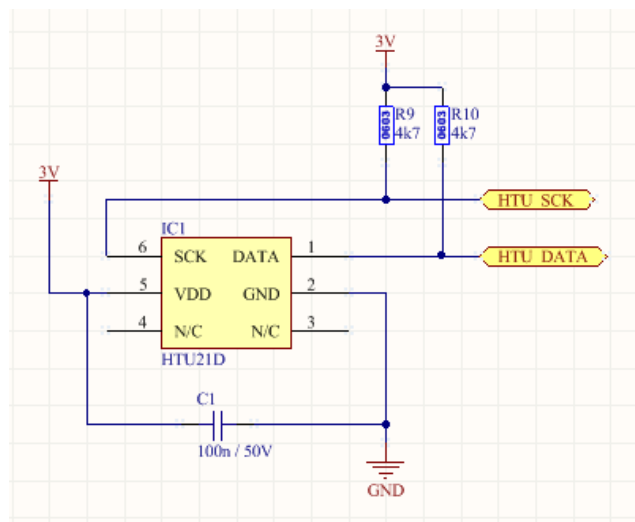
4.3.1 Měření relativní vlhkosti a teploty vzduchu

O měření relativní vlhkosti a teploty vzduchu se stará digitální obvod HTU21D od firmy MEASUREMENT SPECIALTIES. Měření teploty probíhá v rozsahu -40°C až $+125^{\circ}\text{C}$ s přesností $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$. Měření relativní vlhkosti probíhá v rozsahu 0% až 100% s přesností $\pm 3\%$. Pro měření obvod obsahuje vnitřní AD převodník s nastavitelným rozlišením 8/12 bitů pro měření relativní vlhkosti a 12/14 bitů pro měření teploty. Pro komunikaci s řídicím mikro počítačem slouží I²C sběrnice. Obvod je vhodný pro ultra-low-power aplikace, protože jeho napájecí napětí je 1.5-3.6V, odběr v měřicím modu 450 uA a sleep modu 0.02 uA. HTU21D se vyrábí v DFN pouzdře o rozměrech 3x3 mm. [14]



Obr. 13 HTU21D

Schéma zapojení HTU21D



Obr. 14 Schéma zapojení HTU21D

Schéma zapojení obsahuje filtrační kondenzátor na napájení a pull-up rezistory pro I2C sběrnici.

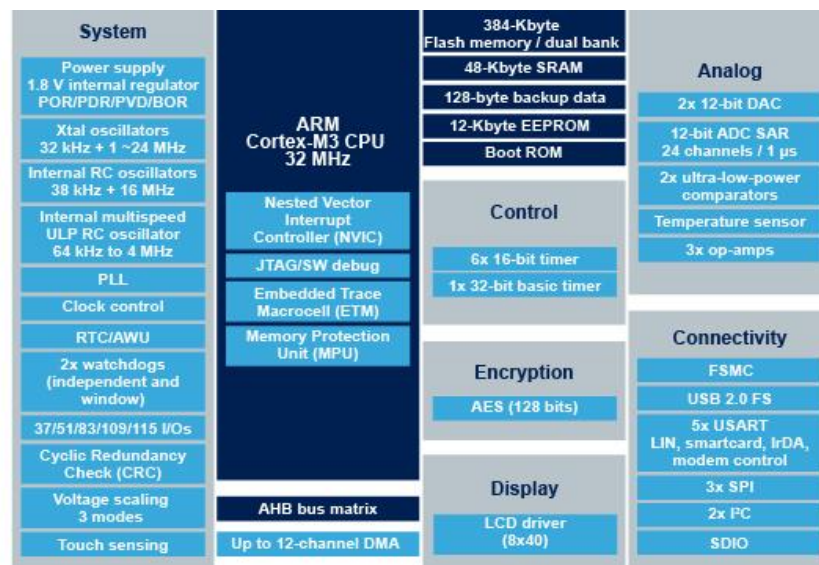
4.3.2 Měření vlhkosti dřeva

Pro měření vlhkosti dřeva je využito jeho rezistivity. Při měření vlhkosti dřeva se sondami vzdálenými 20 mm od sebe a hloubkou zápichu 10 mm dosahuje rezistivita dřeva u Douglasky při 8% vlhkosti přes 2.3 G Ω . Při vlhkosti 20% dosahuje typ dřeva Douglaska rezistivity 600 k Ω . K měření rezistivity slouží odporový můstek s přepínáním tří odporových rozsahů. Napětí je snímáno přes napěťový sledovač s velmi vysokou vstupní impedancí a je posíláno do AD převodníku v MCU o rozlišení 12 bitů. Pro napájení odporového můstku je využito 3.3V step-up regulátoru pro kompenzaci poklesu napětí na napájecí baterii.

4.4 Mikropočítač STM32L151RD

Pro řízení sensorového systému je použit mikropočítač STM32L151RD, který vyrábí firma STMicroelectronics. Mikropočítač se řadí do ultra-low-power řady s velmi nízkým odbě-

rem proudu ve stop modu s RTC 1.35 uA a teplotním pracovním rozsahem -40°C až 105°C . STM32L151RD je postavený na struktuře ARM Cortex M3. Jedná se o 32 bitovou architekturu s pracovní frekvencí od 32 kHz do 32 MHz. Mikropočítač obsahuje Flash paměť o velikosti 384 KB, které je využito i pro ukládání naměřených dat, RAM paměť o velikosti 48KB a EEPROM paměť o velikosti 12 KB. Pro komunikaci obsahuje 3x SPI, 2x I²c, 5x USART, USB 2.0 FS. Pro připojení externích pamětí slouží FSMC sběrnice, která je obsažena ve verzích s více než 100 piny. [1][19]



Obr. 15 Diagram vnitřního zapojení STM32L151RD [19]

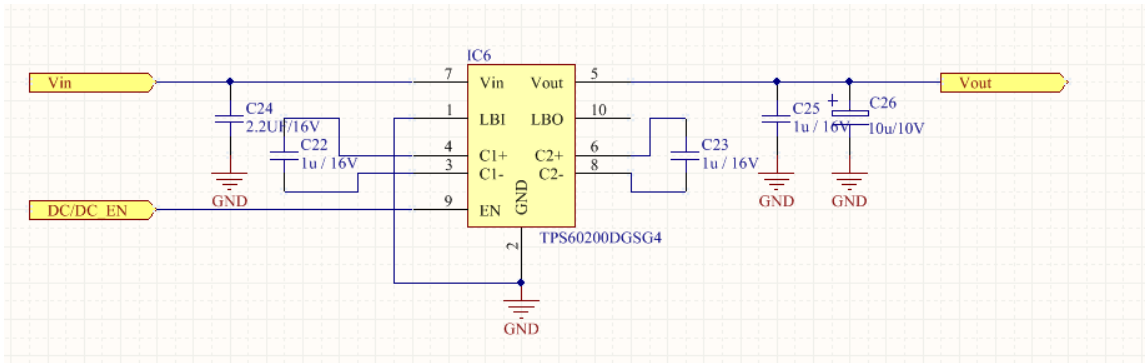
Mikropočítač dále obsahuje 2x 12 bitový AD převodník, se kterým lze měřit hodnoty až ze 40 pinů díky vnitřnímu multiplexeru, 12 bitový DA převodník, 2x ultra low power komparátor, PWM výstupy a další.

Na mikropočítači jsou využity dvě sběrnice I2C pro NFC paměť a obvod HTU21D, AD převodník pro měření vlhkosti dřeva, snímání stavu baterie a RTC obvod s připojeným externím krystalem.

4.5 Napájení

Pro napájení je použita baterie CR2032. Tato baterie má kapacitu 220 mAh. Zařízení na baterii dokáže pracovat s periodou měření 1 hodina 4 roky. Odběr zařízení v uspaném stavu je 1.4 uA a v měřicím a komunikačním módu je proud 2.8 mA. Při měření v intervalu 1 hodina je průměrná spotřeba 4.46 uA. Baterie je schopna pracovat v napájecím rozsahu 2.2V – 3V. Všechny komponenty jsou navrženy s napájecím napětím od 2V kromě sond

pro měření vlhkosti dřeva. Zde je využito step-up regulátoru TSP60200, který udržuje výstupní napájecí napětí 3.3V při vstupním napájecím napětí 1.8V – 3.6V.



Obr. 16 Schéma zapojení step-up regulátoru TSP60200

4.6 Plošný spoj

Výsledný senzorický systém je navržen se součástkami pro povrchovou montáž. Je použit dvouvrstvý tištěný spoj s osazením součástek z jedné strany. Na plošný spoj je navrhnutý plastový obal, kde v místech elektroniky bude vylita polyuretanová zalévací hmota na elektroniku, z důvodu odstranění potíží z důvodu vlhkosti nebo políť výrobku vodou. Na plošném spoji jsou dva otvory na prošrubování sondami do měřeného dřeva a jeden otvor pro přichycení plošného spoje na protější straně od sond. Rozměry výrobku jsou 90x46 mm a výška 7 mm.



Obr. 17 Ukázka hotového senzorickeho systému pred zalitim

5 SOFTWAREVÁ REALIZACE MIKROPOČÍTAČE

Řídicí software pro mikropočítač je napsán v jazyce C ve vývojovém prostředí Tasking. Mikropočítač je hlavním řídicím prvkem celého sensorického systému. Jeho úkolem je periodicky měřit teplotu a vlhkost a naměřená data ukládat do interní Flash paměti. Dalším úkolem mikropočítače je obstarávat komunikaci po I²C s NFC vyrovnávací paměti pro odesílání data do mobilního zařízení. Dále je na začátku Flash paměti v mikropočítači vytvořený krátký program pro upgrade programu v mikropočítači při nové verzi programu.

5.1 Rozdělení paměti

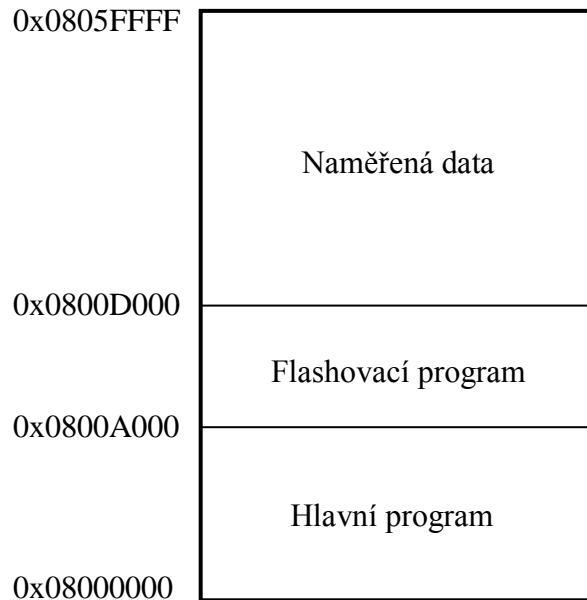
Interní Flash mikropočítače má velikost 386 KB. Paměť je hardwarově rozdělena do dvou bank. Každá banka má velikost 193 KB. Pro práci s Flash pamětí je paměť rozdělena na různě velké sektory, které jsou popsány v Obr. 18 a stránky o velikosti 256 KB.

Block	Name	Memory addresses	Size	
Program memory bank 1	Sector 0	Page 0	0x0800 0000 - 0x0800 00FF	256 bytes
		Page 1	0x0800 0100 - 0x0800 01FF	256 bytes
		Page 2	0x0800 0200 - 0x0800 02FF	256 bytes
		Page 3	0x0800 0300 - 0x0800 03FF	256 bytes
		Page 4 to 7	0x0800 0400 - 0x0800 07FF	1 Kbytes
		Page 8 to 11	0x0800 0800 - 0x0800 0BFF	1 Kbytes
		Page 12 to 15	0x0800 0C00 - 0x0800 0FFF	1 Kbytes
	Sector 1	Page 16 to 31	0x0800 1000 - 0x0800 1FFF	4 Kbytes
	Sector 2	Page 32 to 47	0x0800 2000 - 0x0800 2FFF	4 Kbytes
	Sector 3	Page 48 to 63	0x0800 3000 - 0x0800 3FFF	4 Kbytes

	Sector 30	Page 478 to 495	0x0801 E000 - 0x0801 EFFF	4 Kbytes
Sector 31	Page 496 to 511	0x0801 F000 - 0x0801 FFFF	4 Kbytes	
Sector 32 to Sector 47	Page 512 to 767	0x0802 0000 - 0x0802 FFFF	64 Kbytes	
Program memory bank 2	Sector 48 to Sector 79	Page 768 to 1279	0x0803 0000 - 0x0804 FFFF	128 Kbytes
	Sector 80 to Sector 95	Page 1280 to 1535	0x0805 0000 - 0x0805 FFFF	64 Kbytes
Data EEPROM bank 1		0x0808 0000 - 0x0808 17FF	6 Kbytes	

Obr. 18 Rozdělení interní Flash paměti mikropočítače [19]

Pro bezchybný běh hlavního programu, flashovacího programu a ukládání naměřených dat je paměť rozdělena do tří částí.



Obr. 19 Softwarové rozdělení Flash paměti

V první části Flash paměti se nachází hlavní řídicí program. Pro hlavní program je vyhrazeno 40 KB paměti. Za hlavním programem se nachází flashovací program, který slouží pro aktualizaci hlavního programu po NFC komunikačním rozhraní. Pro tento program je vyhrazeno v paměti 12 KB. Zbytek paměti o velikosti 331 KB slouží pro ukládání naměřených dat.

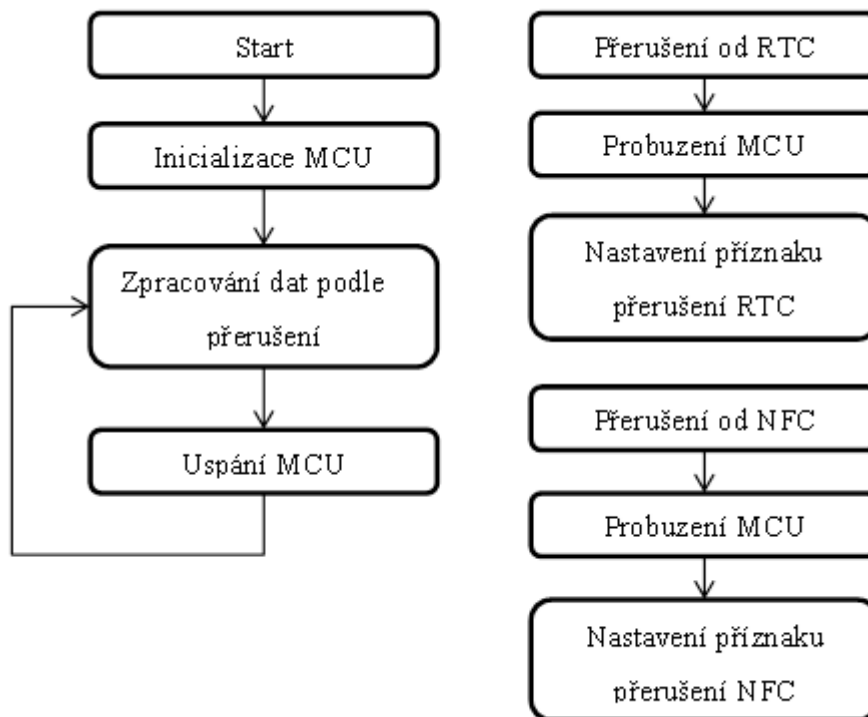
5.2 Řídicí program v mikropočítači

Program slouží pro řízení senzorového systému. Program periodicky měří hodnoty ze senzoru vlhkosti a teploty vzduchu a vlhkosti dřeva a ukládá je do Flash paměti. Dále zpracovává požadavky z NFC paměti.

5.2.1 Vývojový diagram

Po spuštění mikropočítače se vykoná inicializační fáze, kde se ukládají základní nastavení do EEPROM paměti, pokud již nebyly nastaveny při dřívějším startu programu. Dále se nastaví jednotlivé periferie, přerušeni od obvodu reálného času a nakonfiguruje se čip HTU21D. Poté se kontroluje nastavení příznaku od přerušeni RTC nebo NFC. Pokud není nastaven, tak se mikropočítač uspí do stop módu, kvůli šetření energie v baterii. Při při-

chodu přerušeni od NFC vyrovnávací paměti nebo hodin reálného času se mikro počítač probouzí, nastaví se příznak a podle něj se provádí operace pro komunikaci s NFC nebo měření záznamu. Po vykonání rutiny se procesor zase uspává do stop módu. Při stop módu jsou vypnuty všechny vnitřní periferie a zastaveno jádro. RAM paměť zůstává pod napájením pro zachování dat.



Obr. 20 Vývojový diagram hlavního programu

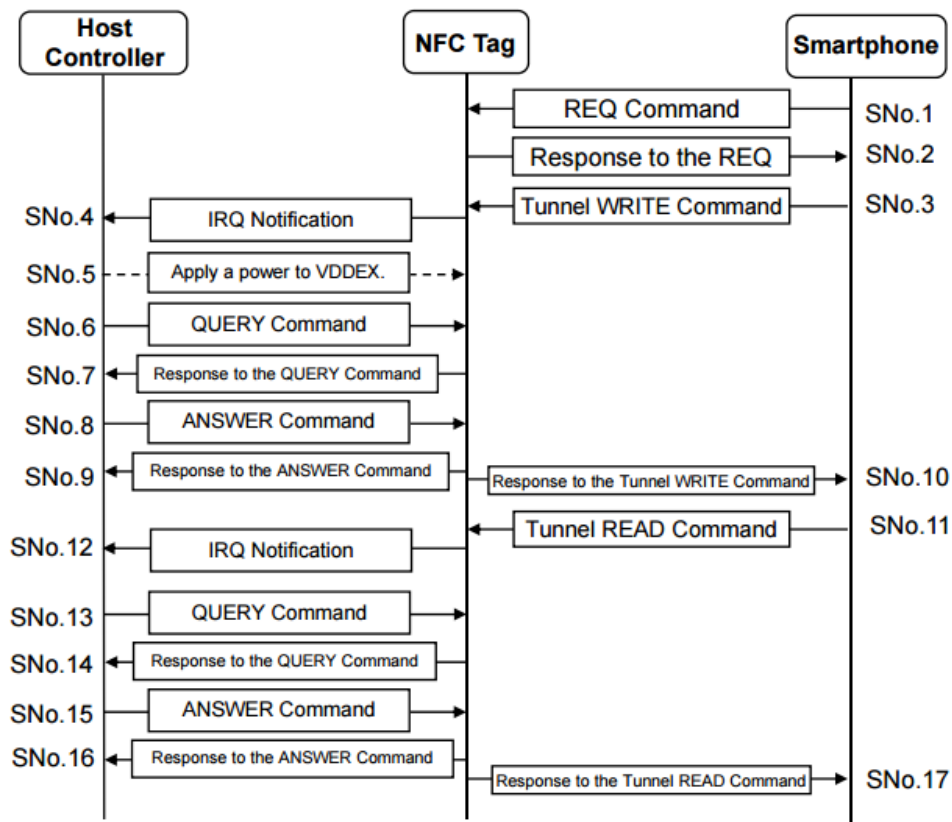
5.2.2 Způsob komunikace s NFC vyrovnávací pamětí

Pro komunikaci s NFC vyrovnávací pamětí se využívá komunikačního rozhraní I²C. Rozhraní I²C je nastaveno:

- Rychlost 100 kHz
- 7 bitová adresa
- Povolen ACK příznak
- Mód I²C

NFC vyrovnávací paměť při příchodu komunikace po NFC generuje přerušeni a její napájení se v nečinnosti vypíná. Pro to jsou nastaveny další dva piny v mikro počítači. Pin pro generování přerušeni má nastavené NVIC přerušeni na náběžnou hranu.

Tunnel mód NFC vyrovnávací paměti



Obr. 21 Diagram komunikace v Tunnel módu [15]

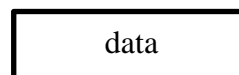
Při příchodu požadavku z NFC mobilního zařízení se vygeneruje přerušení, které probouzí mikropočítač. Mikropočítač zapne NFC vyrovnávací paměť a pomocí I2C komunikace si přečte zprávu s požadavkem. Zpracuje ji a odesílá paměti odpověď. Ta jí následně odešle pomocí NFC do mobilního zařízení. NFC komunikace probíhá v pasivním módu. Proto zpracování požadavku musí být rychlé, aby nevypršel čas na odpověď v mobilním zařízení.

5.2.3 Komunikační příkazy

Pro komunikaci, mezi sensorickým systémem a mobilní aplikací, vznikly dva typy příkazů. První je pro čtení dat směrem ze sensorického systému do mobilního zařízení a druhý naopak. Tyto příkazy přicházejí pomocí I2C rozhraní z NFC vyrovnávací paměti do mikropočítače. Struktura příkazů vznikla z definice struktury komunikace NFC vyrovnávací paměti výrobce. U přenosu dat mezi mobilním zařízením a NFC vyrovnávací paměti se struktura příkazu mírně liší. To bude popsáno v kategorii mobilní aplikace.

Čtení ze sensorického systému do mobilního zařízení**Požadavek**

Obr. 22 Požadavek ve čtecím módu

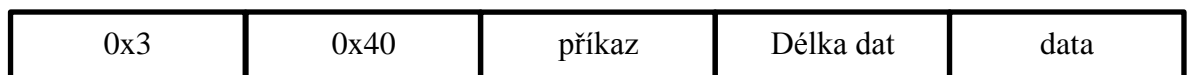
Odpověď

Obr. 23 Odpověď ve čtecím módu

Při požadavku na čtení dat ze sensorického systému si podle specifikace NFC vyrovnávací paměti mobilní zařízení musí vyžádat velikost čtených dat. Pro čtení se odešle příkaz 0x1,0x40 společně s typem příkazu a velikostí dat. Po přijetí požadavku mikropočítač odešle data o požadované délce NFC vyrovnávací paměti a ta zpracuje její odeslání do mobilního zařízení.

Typy příkazů:

- Zjištění napětí baterie 0x02
- Načtení nastavení sensorového systému 0x03
- Začátek sekvence čtení naměřených dat 0x10
- Změření testovacího vzorku 0x04
- Načtení testovacího vzorku 0x05

Čtení z mobilního zařízení do sensorického systému

Obr. 24 Požadavek ve čtecím módu

Pro zápis dat z mobilního zařízení do sensorického systému se odešle sekvence 0x3,0x40, společně s typem příkazu, velikostí dat a samotnými daty.

Typy příkazů:

- Start/Stop měření 0x00, data nesou Start = 0x01 a Stop = 0x00

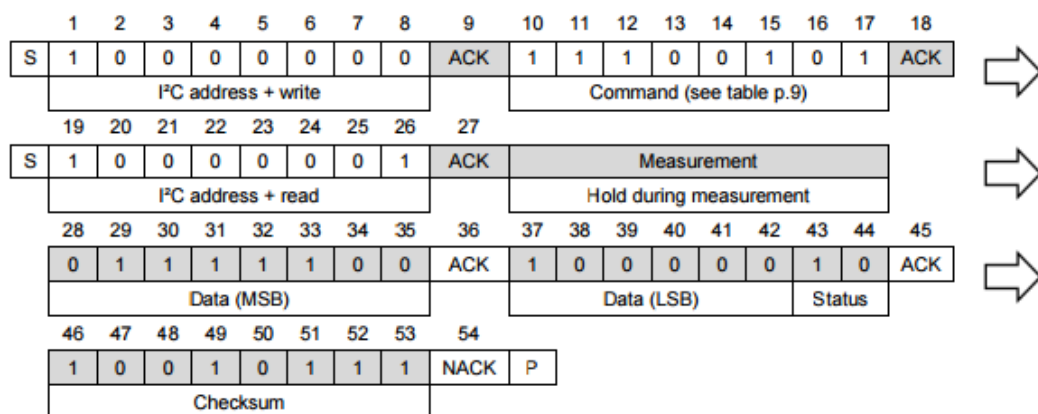
- Nastavení času 0x01, data nesou čas a datum
- Nastavení periody měření 0x02, data nesou periodu měření
- Nastavení jména 0x03, data nesou název zařízení
- Povolení přepisování paměti 0x04, data nesou Povoleno = 0x01, Zakázáno = 0x00
- Smazání paměti 0x05, data nesou 0x01
- Nastavení typu dřeva 0x06, data nesou typ dřeva

Mezi komunikací mikropočítače a NFC vyrovnávací paměti probíhají spolu s popsány mi sekvencemi ještě potvrzovací a chybové příkazy, které jsou vyspecifikované výrobcem NFC vyrovnávací paměti uvedené v Příloze číslo 1.

5.2.4 Komunikace se senzory

Pro měření vlhkosti se využívá AD převodník. Ten je nastaven na 12 bitové rozlišení. Při měření se průměruje ze 4 změřených hodnot. Elektronika pro měření vlhkosti dřeva má přepínání mezi třemi rozsahy pro velkou škálu měření rezistivity dřeva v rozsahu od 100kohm do 1 Gohm. Mikropočítač změří hodnoty v každém rozsahu a poté vyhodnotí, do kterého aktuální rezistivita dřeva spadá. Přepoččet na vlhkost v procentech se provádí až v mobilní aplikaci podle údaje o rezistivitě dřeva.

Pro komunikaci s čipem HTU21D se využívá I²C komunikace. I²C rozhraní je nastaveno stejně, jako v případě NFC vyrovnávací paměti. Při vyčítání teploty a relativní vlhkosti vzduchu se odešle senzoru dotaz na teplotu nebo vlhkost a ten ji odešle společně s kontrolním součtem do mikropočítače.



Obr. 25 Komunikace s HTU21D [14]

Pro výpočet teploty v °C z přijatých dat se využívá vzorce:

$$Temp = -46.85 + 175.72 * \frac{S_{temp}}{2^{16}}$$

Pro výpočet relativní vlhkosti v % z přijatých dat se využívá vzorce:

$$RH = -6 + 125 * \frac{S_{rh}}{2^{16}}$$

Z důvodu šetření místa při ukládání změřených vzorků do paměti se data ukládají v původních hodnotách a výsledný přepočítání probíhá až v mobilní aplikaci.

5.2.5 Ukládání naměřených dat do paměti

Pro ukládání naměřených dat je využito rozdělení Flash paměti na stránky o velikosti 256 bajtů. Jedna stránka vždy obsahuje definovaný formát uložených dat.

0x6FDE	Čas a Datum	Časový interval měření	Počet dat	data	0xAADD
--------	-------------	---------------------------	-----------	------	--------

Obr. 26 Formát ukládání naměřených dat do Flash paměti

Struktura formátu dat uložených ve stránce:

- Označení začátku dat – 2 bajty – 0x6FDE
- Čas a datum – 8 bajtů – zde je uložena informace o času a datu prvního záznamu měření v datech
- Časový interval měření – 1 bajt – udává časovou periodu mezi jednotlivými měřeními daty
- Počet dat – 2 bajty – udává kolik naměřených vzorků je uložených v datech
- Data – zde jsou uloženy jednotlivé naměřené záznamy, každý záznam má velikost 4 bajty a skládá se z vlhkosti vzduchu, teploty vzduchu a vlhkosti dřeva
- Označení konce dat – 2 bajty – 0xAADD

Do jedné stránky se dá uložit 30 záznamů. Celkem je ve Flash paměti vyhrazených 1324 stránek pro ukládání naměřených dat. To odpovídá prostoru pro uložení 39720 naměřených záznamů. Při periodě měření 1 hodina lze do paměti zapsat naměřená data za dobu měření 4.5 let.

5.3 Flashovací program v mikropočítači

Pro případné nahrání nové verze hlavního programu je v měřicím systému vytvořen v malé části Flash paměti program, který obstarává přehrání řídicího programu pomocí NFC komunikačního rozhraní.

5.3.1 Vývojový diagram

Po odeslání příkazu nahrání nového řídicího programu z mobilního zařízení se automaticky spustí flashovací program v mikropočítači. Flashovací program běží po dobu nahrávání nového hlavního programu. Pokud z mobilního zařízení nepřicházejí data a nebyl smazán hlavní program, se po vypršení bezpečnostního časového limitu spouští opět hlavní řídicí program. Při příchodu dat nové verze řídicího programu, se vyhrazená paměť pro řídicí program vymaže. Poté se přehraje data s novým řídicím programem. Na závěr probíhá kontrolní součet nahraného programu s kontrolním součtem odeslaným z mobilní aplikace. Při shodě kontrolních součtů se flashovací program ukončí a spouští se hlavní řídicí program. Při chybném nahrání hlavního programu se čeká na opětovné přehrání Flash paměti.



Obr. 27 Vývojový diagram flashovacího programu

6 MOBILNÍ APLIKACE

Mobilní aplikace pro operační systém Android je implementována v jazyce Java ve vývojovém prostředí Eclipse s patřičnými pluginy pro vývoj Android aplikace. Aplikace je napsaná tak, aby byla schopna pracovat už od verze Androidu 2.3.3 GINGERBREAD, ve kterém bylo zpřístupněno první API pro NFC standard.

Pro komunikaci a řízení sensorového systému je vytvořena mobilní aplikace. Aplikace se skládá z hlavní stránky, která vypisuje základní informace o sensorickém systému. Dále obsahuje nastavovacího menu, menu pro stažení, uložení, nastavení typu dřeva pro přepočítání a zpracování dat. Pro práci s daty slouží stránky, které vykreslí data do grafu a vypsání dat do tabulky.

Pro případné nahrání nového řídicího programu do mikropočítače sensorového systému je vytvořena druhá mobilní aplikace. Aplikace obsahuje jednu hlavní stránku pro nahrání binárního souboru do mikropočítače.

6.1 Komunikace se sensorovým systémem pomocí NFC

Komunikace se sensorovým systémem probíhá na standardu ISO/IEC 14443-3B. Aplikace využívá pro komunikaci příkazů popsaných v kategorii komunikační příkazy. Výrobce NFC pasivní paměti udává v dokumentaci přesnou strukturu dat pro komunikaci v Tunnel módu.

6.1.1 Struktura dat komunikace

Komunikace se vždy skládá z odeslání dat s požadavkem na NFC vyrovnávací paměť a její odpovědi.

Zápis dat do sensorového systému

Struktura dat pro zápis do sensorového systému se skládá z:

- Povinné tři bajty dané výrobcem PCB, CLA a INC
- Adresa – v našem případě 0x40 + příkazy popsané v kategorii komunikační příkazy
- Délka dat, které chceme odeslat
- Data
- Kontrolní součet

SOF	PCB	CLA	INS	Address		LEN	DATA		CRC	EOF
	02	00	D6	40	00	01	A5	AC	82	

Obr. 28 Požadavek pro zápis dat [15]

Odpověď

Odpověď obsahuje:

- Jeden bajt daným výrobcem PCB
- Dva bajty WS, které udávají správnost nebo chybnost přenosu
- Kontrolní součet

SOF	PCB	SW		CRC		EOF
		1	2			
	02	90	00	29	6A	

Obr. 29 Odpověď [15]

Čtení dat ze sensorového systému

Struktura dat pro čtení ze sensorového systému je složena:

- Povinné tři bajty dané výrobcem PCB, CLA a INC
- Adresa – v našem případě 0x40 + příkazy popsané v kategorii komunikační příkazy
- Délka dat, které chceme přijmout
- Kontrolní součet

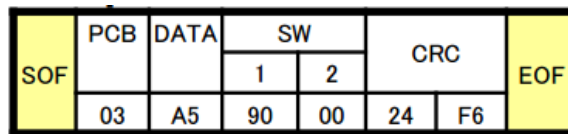
SOF	PCB	CLA	INS	Address		LEN	CRC		EOF
	03	00	B0	40	00	01	91	8D	

Obr. 30 Požadavek pro čtení dat [15]

Odpověď s daty

Odpověď se skládá:

- Jeden bajt daným výrobcem PCB
- Data
- Dva bajty WS, které udávají správnost nebo chybnost přenosu
- Kontrolní součet



Obr. 31 Odpověď s daty [15]

Chybové hlášky přenosu

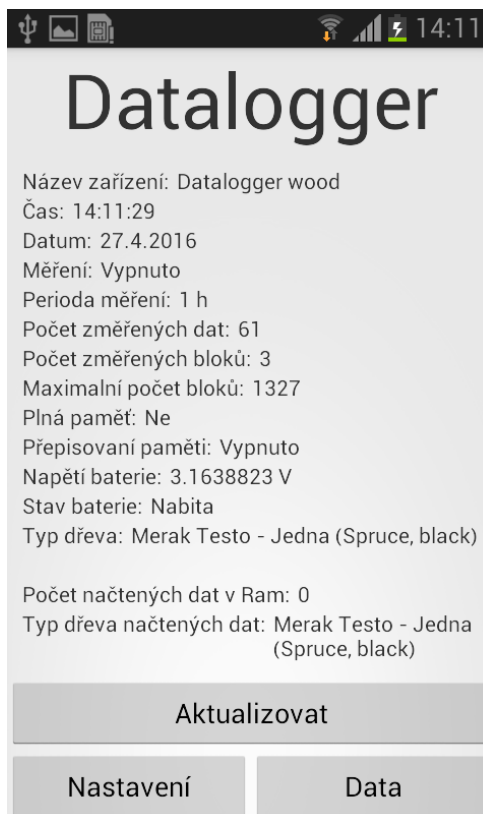
Při komunikaci s NFC vyrovnávací paměti mohou nastat chyby při přenosu po NFC a I²C s mikropočítačem. NFC vyrovnávací paměť tyto chyby detekuje a odesílá je při odpovědi ve dvou bajtech status word (SW). Jednotlivé chybové odpovědi jsou popsány v následující tabulce.

Tab. 2 Chybové stavy [15]

SW1	SW2	Význam
0x90	0x00	Korektní přenos
0x50	0x00	Chyba tunnel módu
0x51	0x00	Chyba tunnel módu
0x67	0x00	Lc/Le chyba
0x6A	0x86	P1-P2 chyba
0x6D	0x00	INS chyba
0x6E	0x00	CLA chyba
0x6F	0x00	Autodiagnostika chyba

6.2 Řídící a komunikační aplikace

Hlavní obrazovka aplikace slouží pro připojení a vypisování údajů o načteném sensorovém zařízení. Po přiblížení mobilního telefonu k sensorovému zařízení se načtou údaje ze sensorového systému do telefonu. Všechna komunikace s NFC vyrovnávací paměti se provádí v asynchronních vláknech.



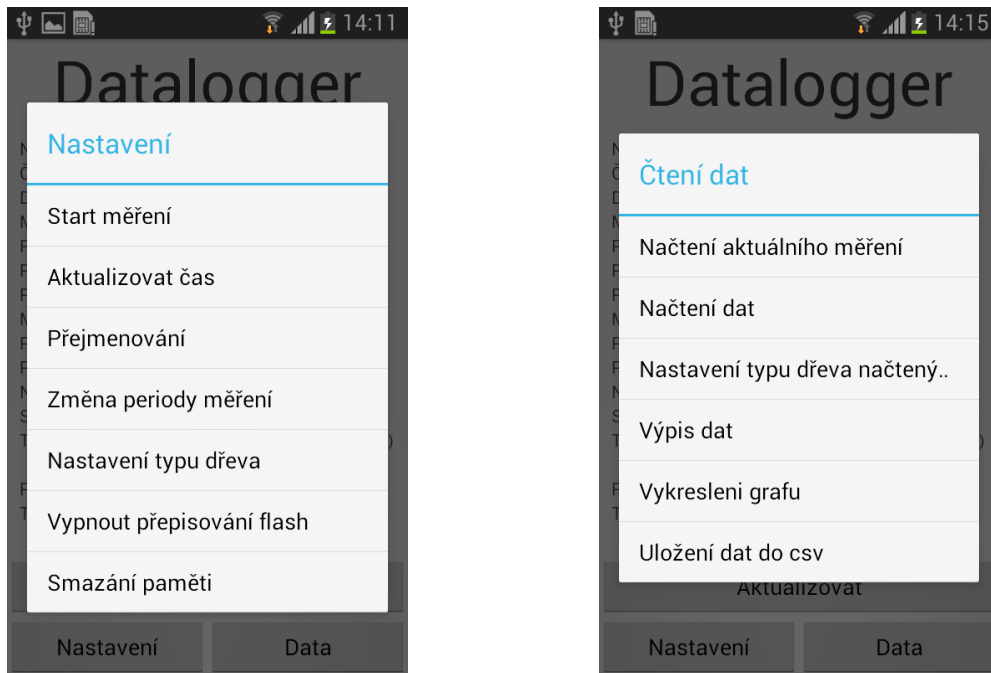
Obr. 32 Úvodní obrazovka

Aplikace obsahuje pop-up menu pro nastavení senzoričského systému. V senzoričském systému lze nastavit následující parametry:

- Start/Stop měření
- Aktualizovat datum a čas
- Název zařízení
- Perioda měření
- Typ měřeného dřeva
- Přepisování Flash paměti

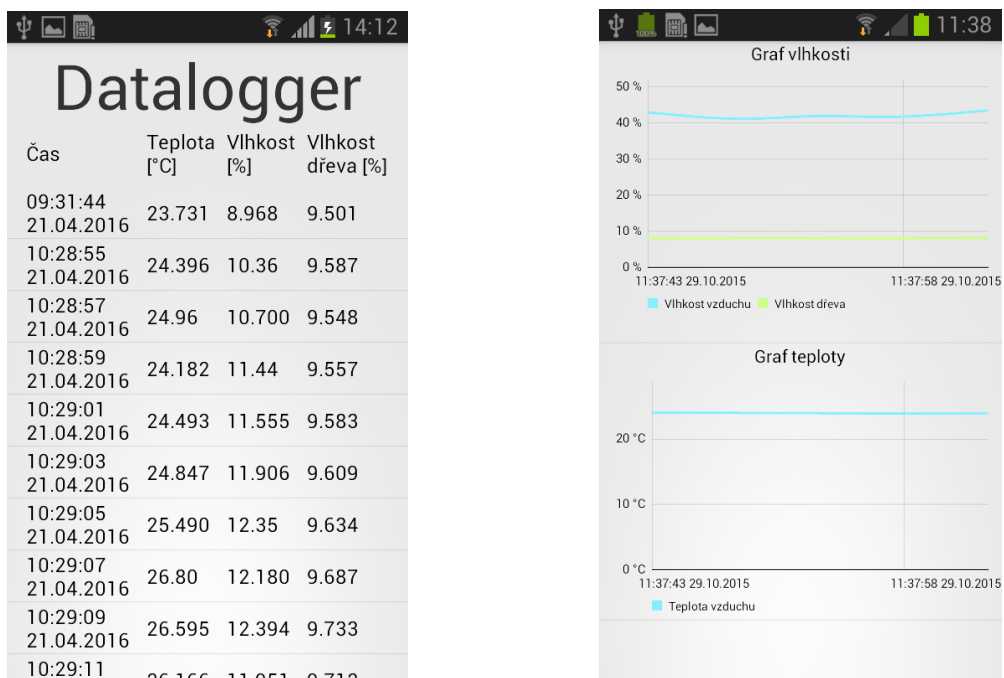
Při změně použití senzoričského systému lze celou Flash paměť s naměřenými daty smazat. Všechny údaje o nastavení jsou uloženy v EEPROM paměti mikropočítače.

Dále je v aplikaci pop-up menu pro správu naměřených dat. Data lze stáhnout do mobilního telefonu a následně zpracovávat.



Obr. 33 Nastavení senzorového systému a načtení dat

S načtenými daty lze v aplikaci pracovat. Data je možné vypsát do tabulky nebo vykreslit do grafů. Data lze uložit i do csv souboru.



Obr. 34 Vypsání a vykreslení načtených vzorků.

6.3 Flashovací aplikace

Aplikace obsahuje informaci o id vektorech mikropočítače. Ty jsou staženy při přiblížení mobilního telefonu k senzorickému systému. V id vektorech jsou uloženy informace o přesném typu mikropočítače. V aplikaci se vybírá binární soubor, který má být nahrán do mikropočítače senzorového systému z interní paměti mobilního telefonu. Při nahrávání souboru do mikropočítače je vypisován aktuální průběh v dialogovém okně aplikace. Při nahrání nového řídicího programu nedojde ke ztrátě nastavení ani smazání naměřených vzorků.



Obr. 35 Flashování firmware

ZÁVĚR

Cílem práce bylo nastudovat použití vhodného komunikačního protokolu pro přenos dat senzorického systému. Pro ověření funkčnosti bylo zapotřebí vytvořit schéma zapojení a desku plošného spoje pro měření vlhkosti dřevin s přenosem dat pomocí NFC spolu se softwarovou realizací pro řídicí mikropočítač s technologií NFC a RFID. Jsou zde popsány jednotlivé specifikace a komunikační protokoly. Po prozkoumání dostupných komunikačních protokolů NFC a módů transportéru byl zvolen transportér v pasivním módu kvůli důvodu spotřeby elektrické energie. Dále jsou v teoretické části popsány metody měření vlhkosti dřeva. Pro realizaci byla zvolena rezistivní metoda z důvodu přesnějšího měření.

V praktické části byla popsána realizace sensorového systému. U výběru typu pasivní NFC paměti byla v první verzi použita pasivní NFC paměť od STMicroelectronics M24LR64-R. Tato pasivní paměť nemá SRAM buffer pro podporu Tunnel módu. Při posílání velkého množství naměřených dat do mobilní aplikace se data nejdříve musela uložit do EEPROM paměti v M24LR64-R. Tato operace byla velmi pomalá z důvodu zápisové doby EEPROM paměti 4 ms/ 4kbajty dat a přeposílání dat do mobilní aplikace trvalo velmi dlouhou dobu. Proto byla následně zvolena pasivní NFC vyrovnávací paměť s SRAM bufferem. To díky velmi krátké době zápisu do SRAM bufferu 0.8 ms / 4 kbajty několikanásobně urychlilo přetažení dat do mobilního zařízení.

Dále bylo nutné navrhnout obvod pro měření vlhkosti dřeva. Protože je udávaná rezistivita u typu dřeva Douglaska při 8% $2.3 \text{ G}\Omega$ a při 20% $600 \text{ k}\Omega$, musel jsem obvod navrhnout tak, aby bylo možné přepínat mezi měřicím rozsahem. Bez přepínání rozsahu by nebylo možné na odporovém děliči pokrýt celé pásmo při napájení děliče 3.3V.

Při návrhu softwaru bylo nutné vymyslet komunikační příkazy při přenosu dat mezi sensorovým systémem a mobilním zařízením. Pro ukládání dat do interní Flash paměti mikropočítače bylo potřeba navrhnout strukturu uložených dat v rámci úspory paměti. Proto se s každým vzorkem neukládá aktuální čas, ale je uložen vždy na začátku stránky spolu s délkou periody měření.

Po shrnutí výsledné práce se domnívám, že všechny body zadání byly splněny.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PINKER, Jiří. Mikroprocesory a mikropočítače. Praha: BEN - technická literatura, 2004. ISBN 80-730-0110-1.
- [2] ZÁHLAVA, Vít. Návrh a konstrukce desek plošných spojů: principy a pravidla praktického návrhu. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2010, 123 s. ISBN 978-80-7300-266-4.
- [3] COSKUN, Vedat, Kerem OK a Busra OZDENIZCI. Near field communication: from theory to practice. Hoboken, NJ: Wiley, 2012, xxviii, 361 s. ISBN 978-1-119-97109-2.
- [4] LACKO, Ľuboslav. Vývoj aplikací pro Android. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2015, 472 s. ISBN 978-80-251-4347-6.
- [5] ČERNÝ, Tomáš. Technologie RFID [online]. Praha, 2007 [cit. 2016-04-07]. Diplomová práce. Vysoká škola ekonomická v Praze. Vedoucí práce Jan Pour Dostupné z: <<http://theses.cz/id/erluef/>>.
- [6] Christian Kern, (2004) "Radio-frequency-identification for security and media circulation in libraries", The Electronic Library, Vol. 22 Iss: 4, pp.317 - 324
- [7] Základy RFID technologií [online]. Ostrava, 2013 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: http://rfid.vsb.cz/export/sites/rfid/cs/informace/RFID_pro_Logistickou_akademii.pdf
- [8] NFC (Near Field Communication), RFID. In: siongboon [online]. 2012 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: http://www.siongboon.com/projects/2012-03-03_rfid/index.html
- [9] RFID Accessories/Transponders. In: microchipid [online]. 2013 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.microchipid.us/rfid-accessories/>
- [10] NFC Data Exchange Format. In: Nfcpy [online]. 2012 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://nfcpy.readthedocs.org/en/latest/topics/ndef.html>
- [11] Writing Tag Content. In: PACKT [online]. 2014 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <https://www.packtpub.com/books/content/writing-tag-content>
- [12] NFC mobile. In: Kurtsalmon [online]. 2013 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.kurtsalmon.com/en-be/financialservice/vertical-insight/666/NFC-mobile>

- [13] MERTLÍK, Tomáš a Martin ROSENBERG. Technologie NFC – popis, bezpečnost a využití. In: Elektrorevue [online]. 2013 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/cz/clanky/informacni-technologie/20/technologie-nfc--popis--bezpecnost-a-vyuziti/>
- [14] HTU21D(F) RH/T Sensor IC. In: Mouser [online]. 2014 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://cz.mouser.com/pdfdocs/HTU21DF.PDF>
- [15] NFC Tag LSI Application Note. Panasonic [online]. 2014 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: http://www.semicon.panasonic.co.jp/ds8/c2/APN_NFC-TAG_EN.pdf
- [16] PETERSON, Charles. Hand Held Moisture Meters [online]. 2008 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://woodflooringedu.org/archives/downloads/moisturemeters.pdf>
- [17] JAMES, William L. Electric Moisture Meters for Wood [online]. 1988 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fplgtr06.pdf>
- [18] Moisture Meters. In: WoodWorking [online]. 2015 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.popularwoodworking.com/american-woodworker-blog/moisture-meters>
- [19] RM0038 Reference manual. In: STMicroelectronic [online]. 2015 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: http://www2.st.com/content/ccc/resource/technical/document/reference_manual/c/c/f9/93/b2/f0/82/42/57/CD00240193.pdf/files/CD00240193.pdf/jcr:content/translations/en.CD00240193.pdf
- [20] EXPERIMENTÁLNÍ TAGY PRO UHF RFID APLIKACE [online]. Brno, 2012 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=51614. DIPLOMOVÁ PRÁCE.
- [11] NFC služby v knihovnách a jejich bezpečnost [online]. Brno, 2013 [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/383468/ff_b/NFC_sluzby_v_knihovnach_a_jejich_bezpecnost.pdf
- [22] TECHNOLOGIE NFC A JEJÍ ZABEZPEČENÍ [online]. Brno, 2013 [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=65330

[23] Příspěvatelé Wikipedie, Near Field Communication [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, c2015, Datum poslední revize 10. 04. 2015, 15:35 UTC, [citováno 27. 04. 2016]

<https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Near_Field_Communication&oldid=12448472>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

RFID	Radio Frequency Identification
NFC	Near Field communication
LF	Low Frequency
HF	High Frequency
UHF	Ultra High Frequency
MW	Microwave Frequency
PICC	Proximity Integrated Circuit Card
PCD	Proximity Coupling Device
RO	Read Only
WORM	Write Once Read Many
RW	Read Write
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISO	International Organization for Standardization
IEC	International Electrotechnical Commission
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
NDEF	NFC Data Exchange Format

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Princip RFID transportér [6].....	12
Obr. 2 RFID chytrá karta [8]	16
Obr. 3 Lepící RFID transportér [8].....	16
Obr. 4 RFID skleněná ampule [9].....	17
Obr. 5 RFID žetony [8].....	17
Obr. 6 NDEF zpráva [10]	21
Obr. 7 struktura NDEF záznamu [6].....	22
Obr. 8 Odposlech NFC komunikace [13]	25
Obr. 9 Normální a přepojovaná NFC komunikace [13]	26
Obr. 10 Měřicí přístroje pro rezistivní a dielektrickou metodu [18]	28
Obr. 11 Základní blokové schéma sensorového systému	33
Obr. 12 Schéma zapojení RFID paměti MN63Y1213	35
Obr. 13 HTU21D	36
Obr. 14 Schéma zapojení HTU21D	36
Obr. 15 Diagram vnitřního zapojení STM32L1RD [19]	37
Obr. 16 Schéma zapojení step-up regulátoru TSP60200.....	38
Obr. 17 Ukázka hotového sensorického systému před zalitím.....	39
Obr. 18 Rozdělení interní Flash paměti mikropočítače [19]	40
Obr. 19 Softwarové rozdělení Flash paměti	41
Obr. 20 Vývojový diagram hlavního programu.....	42
Obr. 21 Diagram komunikace v Tunnel módu [15].....	43
Obr. 22 Požadavek ve čtecím módu	44
Obr. 23 Odpověď ve čtecím módu	44
Obr. 24 Požadavek ve čtecím módu	44
Obr. 25 Komunikace s HTU21D [14]	45
Obr. 26 Formát ukládání naměřených dat do Flash paměti	46
Obr. 27 Vývojový diagram flashovacího programu	47
Obr. 28 Požadavek pro zápis dat [15].....	49
Obr. 29 Odpověď [15]	49
Obr. 30 Požadavek pro čtení dat [15]	49
Obr. 31 Odpověď s daty [15].....	50
Obr. 32 Úvodní obrazovka.....	51

Obr. 33 Nastavení senzorového systému a načtení dat.....	52
Obr. 34 Vypsání a vykreslení načtených vzorků.	52
Obr. 35 Flashování firmware	53
Obr. 36 I2C Tunnel mód komunikace část. 1 [14]	63
Obr. 37 I2C Tunnel mód komunikace část. 2 [14]	64
Obr. 38 I2C Tunnel mód komunikace část. 3 [14]	65
Obr. 39 I2C Tunnel mód komunikace část. 4 [14]	66

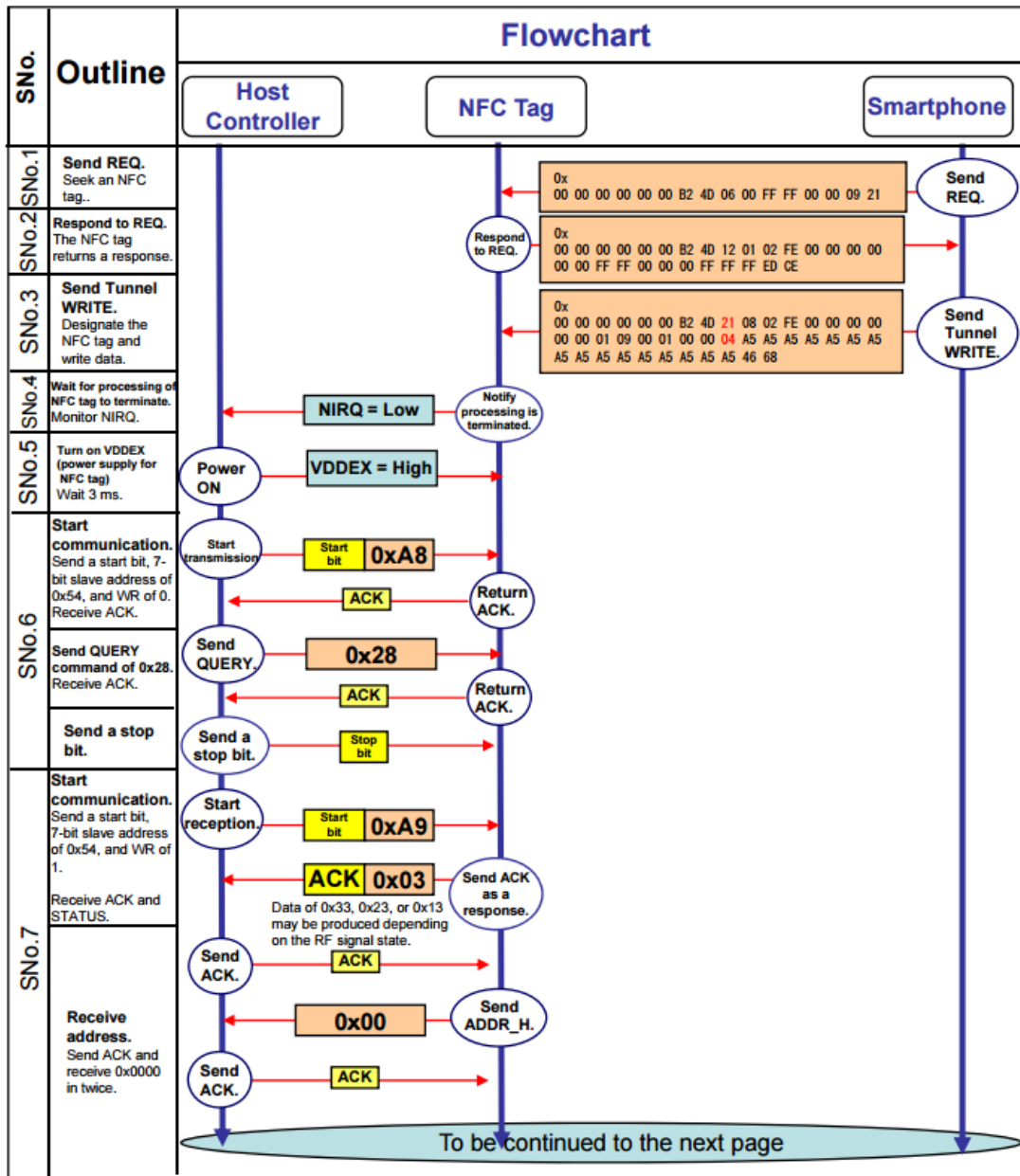
SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Druhy NFC transportérů definované NFC Fórem [13]	24
Tab. 2 Chybové stavy [15].....	50

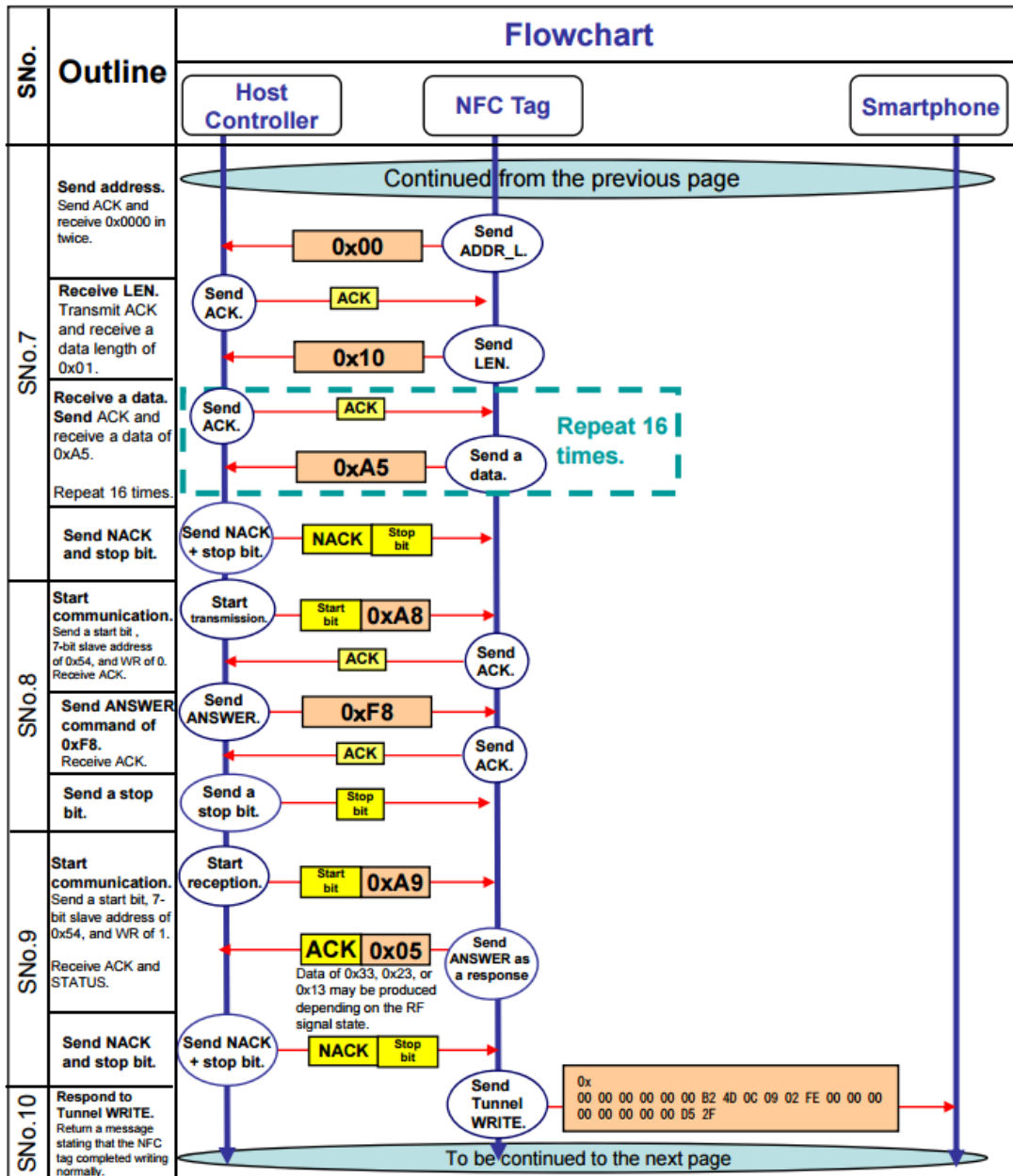
SEZNAM PŘÍLOH

P I Definice po I2C Tunnel mód komunikace NFC vyrovnávací paměti

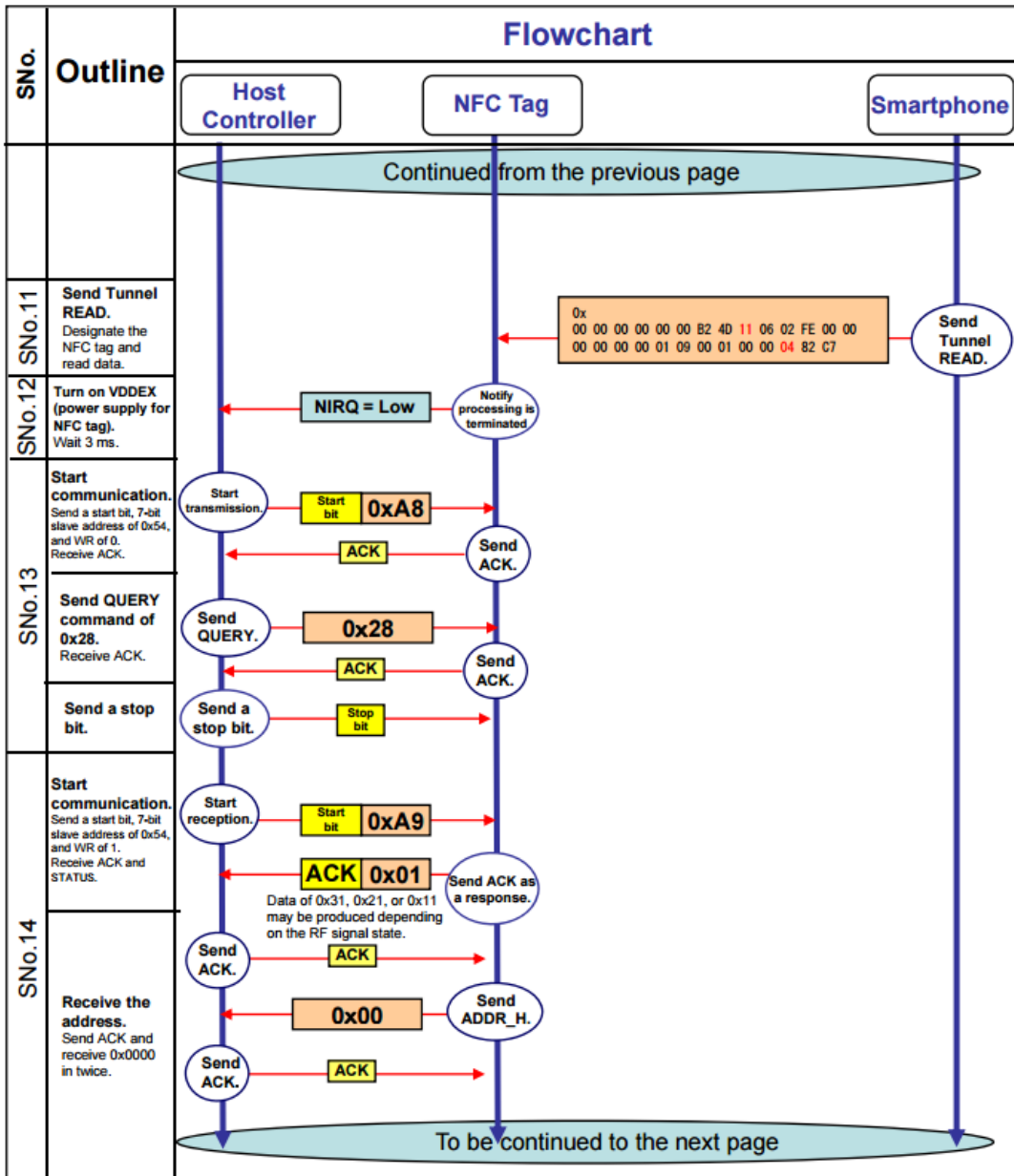
PŘÍLOHA P I: DEFINICE PO I²C TUNNEL MÓD KOMUNIKACE NFC VYROVNÁVACÍ PAMĚTI



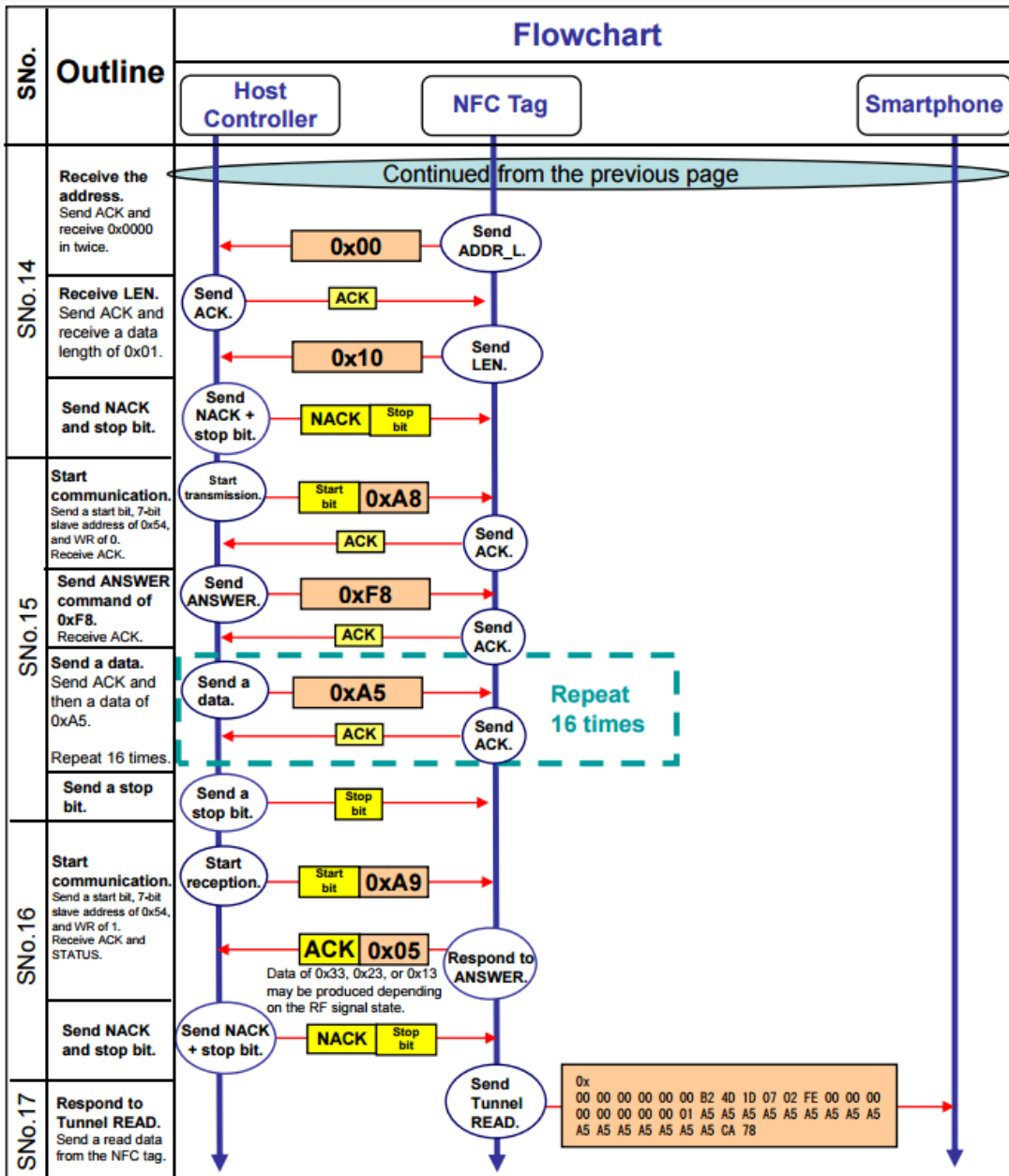
Obr. 36 I2C Tunnel mód komunikace část. 1 [14]



Obr. 37 I2C Tunnel mód komunikace část. 2 [14]



Obr. 38 I2C Tunnel mód komunikace část. 3 [14]



Obr. 39 I2C Tunnel mód komunikace část. 4 [14]