

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 10 - Elektrotechnika, elektronika a telekomunikace

Docházkový terminál

Terminal for attendance registering

Autor: Lukáš Herudek

Škola: Střední průmyslová škola elektrotechniky a informatiky, Ostrava

Kraj: Moravskoslezský

Ostrava, 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v seznamu vloženém v práci SOČ.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupnění této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V Ostravě, dne 6.3.2015

X

Lukáš Herudek

Poděkování

Velmi bych chtěl poděkovat Ing. Renátě Smyčkové za ochotu a podporu po celou dobu studia, dále Ing. Pavlíně Pavlové a Ing. Karlu Gogolkovi za navedení do práce SOČ a v neposlední řadě Mgr. Marii Kubíčkové za zejména psychickou podporu v průběhu studia.

Velký dík patří Jiřímu Pavlíkovi, jednatelem firmy Tipa s.r.o. za finanční a materiálovou podporu projektu. Rovněž bych chtěl poděkovat Martinu Třískovi za uvedení do problematiky docházkových terminálů.

Abstrakt

Práce se zabývá návrhem a stavbou zařízení zaznamenávajícího docházku do zaměstnání, včetně funkcí pro evidenci obědových pauz a přestávek. Identifikace osoby je možná dvěma způsoby – čtečkou otisků prstů nebo čtečkou RFID karet. Informace pro obsluhu terminálu jsou zobrazeny na barevném grafickém displeji. Při návrhu a stavbě zařízení byl kladen důraz na jednoduchost ovládání.

Soubor s příchody a odchody je uložen na SD kartě. V projektu je řešena záloha hlavní SD karty zrcadlením na záložní paměťovou kartu. Čtení zaznamenaných dat je možné dvěma způsoby, buďto vložením paměťové karty do počítače nebo pomocí přímého přístupu do Terminálu skrze rozhraní Ethernet. Firmware pro Terminál byl napsán v jazyce C.

Zařízení je rovněž schopno pomocí výkonových relé ovládat až osm zařízení. Dále bylo vytvořeno pět galvanicky oddělených vstupů, umožňujících připojení na zabezpečovací zařízení.

Výsledkem je multifunkční zřízení schopné zaznamenat docházku do zaměstnání s možností čtení docházkových souborů skrze síťové rozhraní.

Klíčová slova: Docházka; Otisk prstu; RFID; Ethernet; SD; LCD; jazyk C.

Abstract

This project is focused on designing and building a terminal used for registering an attendance including functions for lunch and break registration. There are two ways of how a person can be identified – using fingerprint reader or RFID card. All information is shown on the LCD. Terminal was designed to be easy to use.

Files with recorded attendance are stored on SD card. In this project, backup is created by mirroring main SD card to backup SD card. Reading attendance files can be done by inserting card into the PC or files can be read using Ethernet interface. Firmware was written in C language.

This device can control up to eight external devices using power relays. There are also five galvanic separated inputs designed for alarm signalization connection.

The result of this project is a multifunctional device capable of attendance registration. Attendance data can be read using local network.

Key words: Attendance; Fingerprint; RFID; Ethernet; SD; LCD; C language.

OBSAH

Úvod.....	8
1. Hardware	9
1.1. Hlavní deska plošných spojů.....	9
1.1.1. Mikrokontrolér	9
1.1.2. Externí datová paměť	9
1.1.3. Klávesnice	10
1.1.4. Čtečka RFID karet	12
1.1.5. Čtečka otisků prstů.....	12
1.1.6. Ethernet modul.....	13
1.1.7. Obvod reálného času	15
1.1.8. Senzor pohybu	16
1.1.9. Měření napětí záložního zdroje energie	16
1.1.10. Signalizace stavu	17
1.1.11. Vstupy alarmu a multifunkční vstupy/výstupy	17
1.2. Rozšiřující deska s LCD	18
1.2.1. Mikrokontrolér	18
1.2.2. LCD.....	18
2. Firmware	19
2.1 Program pro hlavní mikrokontrolér	19
2.2 Řadič LCD	22
3. Parametry zařízení.....	25
3.1 Technické parametry	25
3.2 Elektrické parametry	25
3.3 Ostatní parametry	25
Závěr	26
Seznam zkratk	27
Bibliografie	28
Seznam příloh	30

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Ukázka docházkového souboru v programu Microsoft Excel.....	10
Obrázek 2 - Detail zabudované klávesnice.....	11
Obrázek 3 - Modul čtečky otisků prstů (Miaxis Biometrics, 2007)	13
Obrázek 4 - Náhled zobrazení souboru s docházkou v prohlížeči Google Chrome	14
Obrázek 5 - Ethernetový modul založený na integrovaném obvodu ENC28J60	15
Obrázek 6 - Senzor pohybu	16
Obrázek 7 - Záložní akumulátor (TIPA, spol s r.o.).....	17
Obrázek 8 - Ukázka inicializace jednotky UART (čtečka otisků prstů).....	19
Obrázek 9 - Šablona pro vytvoření docházkového souboru pro měsíc leden.....	20
Obrázek 10 - Ukázka výpisu středně velkého textu na LCD.....	20
Obrázek 11 - Neúplný algoritmus programu hlavního mikrokontroléru.....	21
Obrázek 12 - Příklad definování znaku pro výpis na LCD.....	22
Obrázek 13 - Ukázka definování obrázku	23
Obrázek 14 - Funkce pro vyplnění LCD jednou barvou	23
Obrázek 15 - Algoritmus programu zajišťujícího výpis na LCD	24

ÚVOD

V současné době je kladen důraz na co nejvyšší míru automatizace každodenních činností. I přes tento trend zůstaly na některých místech papírové záznamové archy, do kterých se docházka do zaměstnání zapisuje ručně. Tento poměrně levný způsob však disponuje řadou nevýhod, zejména chybovostí zapsaných údajů, ale hlavně administrativní zátěží. Veškeré údaje je totiž následně nutné přepsat do počítače, který posléze provede potřebné výpočty docházky.

Na trhu jsou dnes k dispozici v zásadě dva typy docházkových systémů. První skupinu tvoří tzv. hotová řešení, která jsou sice nabízena za přijatelné ceny, nicméně je z pravidla nemožné jakkoli takový systém modifikovat pro specifické úkoly. Druhá skupina systémů je tvořena zařízeními vyrobenými na zakázku pro daného zákazníka, ale zejména menší a střední firmy si ale takováto řešení nemohou dovolit.

Výsledkem této práce bude cenově přijatelné zařízení zaznamenávající docházku do zaměstnání, schopné identifikace osob dle zvoleného způsobu (RFID, biometrické snímače, identifikační číslo). Současně bude Terminál navržen pro možná rozšíření (elektrický zámek dveří, světelná a zvuková signalizace, ...), včetně možnosti napojení na zabezpečovací zařízení pro upozornění osob vyžadujících přístup do alarmem chráněných prostor.

Při návrhu zařízení bude kladen důraz na snadné ovládání, neboť je předpokládáno každodenní používání poměrně velkým počtem neodborných zaměstnanců.

1. HARDWARE

1.1. Hlavní deska plošných spojů

Hlavní deska tvoří základ docházkového terminálu. Nalézá se na ní hlavní mikrokontrolér, externí paměti, řadič klávesnice, konektory pro připojení periférií a pomocné součástky.

1.1.1. Mikrokontrolér

Při výběru mikrokontroléru byl kladen důraz na následující parametry: velký výpočetní výkon, nízká spotřeba a dostatečné množství programovatelných vývodů a integrovaných periférií.

Vybrán byl osmibitový mikrokontrolér ATxmega256A3U typu RISC, který vyrábí firma Atmel. Rodina AVR XMEGA se vyznačuje vysokým výpočetním výkonem, dosahujícím až 1 MIPS při taktovací frekvenci 1 MHz, velkou kapacitou interní FLASH a SRAM paměti, současně s množstvím integrovaných periférií. Použito bylo 64 vývodové pouzdro TQFP64, které disponuje 50 programovatelnými vstupně/výstupními piny.

1.1.2. Externí datová paměť

Při návrhu Terminálu vyvstala otázka uložení souborů obsahujících informace o docházce a souboru se seznamem uživatelů. Celkový potřebný objem dat byl odhadnut na 5 MB za rok.

Jako paměťové médium byla zvolena SD/SDHC karta. Tyto karty disponují velmi vysokou kapacitou¹ a oproti standardním FLASH pamětem osazených přímo na DPS mají výhodu snadné výměny v případě jejich poruchy.

Do Terminálu je možné zapojit celkem až tři různé SD/SDHC karty, přičemž každá slouží k jinému účelu. Hlavní karta obsahuje soubory nezbytné pro chod systému, jako je například seznam zaměstnanců. Další karta obsahuje zálohu dat. Docházkové soubory jsou nejprve uloženy na hlavní kartu a následně jsou zrcadleny na záložní kartu. V případě poruchy je možné okamžitě nahradit hlavní kartu záložní kartou, chod systému tak nebude omezen. Nedojde ani ke ztrátě dat.

¹ Pro SD až 2 GB, pro SDHC až 32 GB

Třetí karta je určena pro export docházkových souborů. Při autorizaci speciální RFID kartou je po potvrzení obsluhou zahájen export docházkových souborů z hlavní karty na výměnnou kartu.

Pro všechny SD/SDHC karty byl zvolen formát FAT32, neboť je tento souborový systém velmi rozšířen a je podporován všemi standardními operačními systémy. Formát tak umožňuje čtení a zápis souborů na prakticky všech počítačích vybavených příslušnou čtečkou. Každá karta tak může být spravována na počítači, což je výhodné zejména v případě třetí, výměnné karty určené pro export dat. Po skončení exportu lze paměťovou kartu ihned vysunout a vložit do počítače, kde je možné okamžitě otevřít libovolný soubor.

Docházkové soubory jsou Terminálem ukládány ve formátu CSV (data oddělená středníkem), který je standardně asociován s programem Microsoft Excel. Soubory jsou navrženy tak, aby je mohl program automaticky rozvrhnout do řádků a sloupců, čímž vznikne přehledná tabulka obsahující veškeré potřebné údaje o docházce. V záhlaví nechybí ani jméno a identifikační číslo zaměstnance.

	A	B	C	D	E	F
1	LUKÁŠ HERUDEK	Č.Z.:	0002			
2	DATUM	PŘÍCHOD	ODCHOD	ODPRACOVÁNO	ODCHOD OBĚD	PŘÍCHOD C
3	01.01	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
4	02.01	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
5	03.01	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
6	04.01	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
7	05.01	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
8	06.01	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00

Obrázek 1 - Ukázka docházkového souboru v programu Microsoft Excel

1.1.3. Klávesnice

Docházkový terminál je možno ovládat pomocí dvou klávesnic. Zabudovaná umožňuje snadnou obsluhu zařízení, avšak externí klávesnice umožňuje výrazně rychlejší zadávání údajů, čehož se využívá hlavně při přidávání většího množství nových uživatelů.

1.1.3.1. Zabudovaná klávesnice

Pro základní obsluhu Terminálu bylo vybráno dvanácti klávesové ovládání (0-9, Ano, Ne). Vzhledem k předpokládanému častému používání byla vybrána kapacitní klávesnice, která nemá žádné pohyblivé mechanické části, což vede k mnohonásobně delší životnosti oproti klasickým klávesnicím.

Jako nejvhodnější řešení se ukázalo použití samostatného řadiče s označením MPR121. Tento integrovaný obvod vyráběný firmou Freescale Semiconductor obsahuje vše potřebné pro přímé připojení kapacitních tlačítek. Velkou výhodou je automatická kalibrace, při které se obvod postupně přizpůsobí na zvolenou citlivost dle kapacity jednotlivých kláves.

Komunikace s mikrokontrolérem probíhá pomocí sběrnice I²C s využitím samostatného pinu, který v hlavním mikropočítači vyvolá přerušení signalizující změnu stavu na některé z kláves. Následně je zahájena obousměrná komunikace, jejímž výsledkem je hodnota stisknuté klávesy.

Zabudovaná klávesnice slouží pro běžný provoz Terminálu. Klávesami 1 až 5 si uživatel vybere požadovaný typ odchodu nebo příchodu, dále se klávesnice obsahuje potvrzení a zrušení dané činnosti. Stisk tlačítka 6 vyvolá výpis základních informací o uživateli, klávesa 7 slouží správci systému pro vstup do nastavení. Zbylá tlačítka jsou v základním režimu nevyužita. Jejich přítomnosti je využito až při přidávání uživatele, kde je možno pomocí kláves 1 až 9, potažmo i nuly, zadat jak jméno uživatele, tak i jeho identifikační číslo.



Obrázek 2 - Detail zabudované klávesnice

1.1.3.2. Externí klávesnice

Pro účel externí klávesnice nejvíce vyhovuje použití hotového řešení, a sice klasické počítačové klávesnice, která obsahuje všechny potřebné klávesy. Velkou výhodou je také běžné rozložení kláves, které usnadňuje a zrychluje psaní. Z důvodu jednoduché implementace byl vybrán typ se standardním šesti pinovým mini-DIN konektorem, označovaným jako PS/2.

Využití externí klávesnice při běžném provozu zařízení postrádá smysl, neboť velké množství kláves uživatele spíše jen rozptyluje. Samotná klávesnice je rovněž značně rozměrná, což by znesnadňovalo montáž zařízení. Pokud je však potřeba přidat

nové zaměstnance, stačí k Terminálu připojit klávesnici, která výrazně urychlí zadávání potřebných údajů. Vzhledem k implementaci standardního PS/2 rozhraní je možno připojit libovolnou klávesnici disponující patřičným konektorem.

1.1.4. Čtečka RFID karet

Jeden z možných způsobů identifikace uživatele je pomocí bezkontaktní karty, přičemž každá karta nese své unikátní identifikační číslo, na základě kterého je uživatel rozpoznán. Tento způsob byl vybrán z důvodu jeho jednoduchosti a spolehlivosti.

Pro účely docházkového terminálu nejvíce vyhovuje použití RFID modulu, konkrétně byl vybrán typ RDM630 s pracovní frekvencí 125 kHz. Tento modul pracuje zcela automaticky a není jej potřeba jakkoli nastavovat či řídit. Po detekci přiložené karty modul zašle její identifikační číslo do hlavního mikrokontroléru, kde je dle souboru s registrovanými kartami rozpoznán uživatel. Komunikace probíhá pomocí rozhraní UART rychlostí 9600 bitů za sekundu. Maximální dosah čtečky je přibližně pět centimetrů², přičemž s rostoucí vzdáleností se rapidně prodlužuje doba identifikace karty. Optimální vzdálenost mezi anténou a kartou je do dvou centimetrů.

1.1.5. Čtečka otisků prstů

Dalším způsobem identifikace uživatele je biometrický údaj, konkrétně otisk prstu. Tento typ identifikace má řadu výhod. Pro zaměstnance je hlavní výhodou jednoduchost a rychlost použití, přičemž není potřeba si s sebou nosit identifikační kartu, klíče a ani není nutné si pamatovat jakékoli heslo. Zaměstnavatel má naopak naprostou jistotu, že se do budovy nedostane cizí osoba, neboť RFID karta či klíče mohou být zaměstnanci odcizeny. Mezi hlavní nevýhodu čteček prstů patří špatná rozpoznatelnost poškozených otisků prstů, například pořezáním nebo popálením.

Terminál byl osazen modulem čtečky SM-621 vyráběným firmou Miaxis Biometrics. Modul disponuje kromě optického hranolu se snímačem i vlastním procesorem zpracovávajícím data ze snímače. Mimo jiné má modul integrován i vlastní paměť otisků, což eliminuje nutnost přenášení objemných obrazových dat do externí paměti. Čtečka komunikuje s mikrokontrolérem skrze rozhraní UART, rychlostí 57600 bitů za sekundu. Kromě napájecích a komunikačních pinů modul disponuje ENABLE pinem, který umožňuje převést čtečku do režimu snížené spotřeby, čehož Terminál využívá.

² Měřeno na hotovém zařízení

Jakmile čtečka detekuje přiložený prst, pořídí jeho snímek a obraz zpracuje, čímž vznikne šablona otisku s důležitými body. Tato šablona je následně porovnávána se šablonami uloženými v paměti. Výsledek porovnávání je předán mikrokontroléru, který na základě identifikačního čísla otisku vybere z databáze uživatelů číslo zaměstnance. Jeden zaměstnanec tak může mít přiřazených několik otisků prstů, což zvyšuje pravděpodobnost správné identifikace.



Obrázek 3 - Modul čtečky otisků prstů (Miaxis Biometrics, 2007)

1.1.6. Ethernet modul

Automatizovaný export dat může probíhat mnoha způsoby, nabízí se však použití jednoho z mnoha již rozšířených rozhraní. Sériový port se dnes zejména na přenosných počítačích neosazuje. Velmi oblíbené USB má sice podporu napříč počítači, nicméně jeho dosah je značně limitován. Jako ideální se tedy jeví použití rozhraní Ethernet, Terminál tak může být připojen k počítači přímo, bez potřeby převodníku, a to i na větší vzdálenost. Vzhledem k náročnosti ethernetové komunikace je výhodné použít již hotových modulů, které mají implementovány i několik vrstev referenčního modelu ISO/OSI.

Terminál byl osazen modulem založeným na integrovaném obvodu ENC28J60, který vyrábí firma Microchip. Obvod má implementovány pouze MAC a fyzickou vrstvu modelu OSI. Maximální přenosová rychlost je ale standardu 10BASE-T omezena na 10 Mb/s, což plně postačuje pro účely docházkového terminálu. Komunikace ethernetového modulu s mikrokontrolérem probíhá skrze SPI.



Obrázek 5 - Ethernetový modul založený na integrovaném obvodu ENC28J60

1.1.7. Obvod reálného času

Docházkový terminál pro svou činnost vyžaduje přesné počítání času. Obvod reálného času založený na integrovaném oscilátoru mikrokontroléru však i přes možnou kalibraci nedosahuje potřebné přesnosti.

Jako nejvhodnější řešení se ukázalo použití hotového modulu, využívajícího integrovaný obvod DS1307, který vyrábí společnost Maxim Integrated. Tento obvod obsahuje kompletní kalendář a navíc disponuje výstupním pinem, který každou sekundu vyšle impulz. Toho je využito pro čítání času hlavním mikrokontrolérem. Modul je kromě integrovaného obvodu a pomocných součástí tvořen hodinovým krystalem, s frekvencí 32,768 kHz, a záložní baterií. Komunikace mezi modulem a hlavní deskou je realizována pomocí sběrnice I²C.

Čas a datum je počítáno hlavním mikrokontrolérem na základě 1 Hz pulzu RTC modulu. Při resetování Terminálu je čas i datum vynulováno. Jakmile jsou však inicializovány kritické periferie, dojde k načtení aktuálního času z modulu obvodu reálného času.

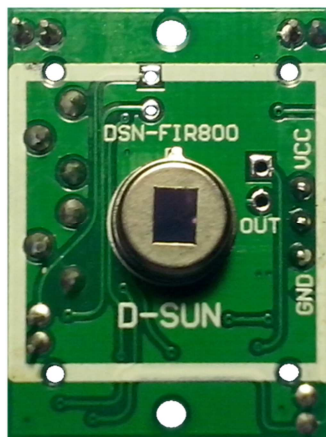
Nastavení času modulu je možné provést dvěma způsoby. Prvním způsobem je fyzické nastavení, tedy přímo na Terminálu po přihlášení administrátorskou RFID kartou. Druhý způsob aktualizace času je pomocí síťového rozhraní. Terminálu je vyslán speciální požadavek obsahující kromě nového času také heslo, které slouží jako jednoduchá ochrana proti neoprávněné změně času. Tento způsob může být snadno automatizován, například server umístěný v místní síti může dle plánovače každý den provádět korekci času.

1.1.8. Senzor pohybu

Pro úsporu energie je Terminál v době nečinnosti v úsporném režimu. Při probuzení vzniká časová prodleva, během které není možné Terminál používat. Pokud by tak byl Terminál aktivován uživatelem, musel by počkat, než je zařízení připraveno k provozu.

Tento problém je vyřešen použitím senzoru pohybu, běžně označovaným jako PIR čidlo. Nejvýhodnějším řešením je použití hotového modulu, neboť vyvíjet vlastní zapojení by bylo vzhledem k ceně modulů neekonomické. Terminál tak byl osazen modulem HC-SR501, který má řadu výhod. Mezi ty hlavní patří nastavení citlivosti nebo nastavení doby trvání napěťového pulzu při detekování pohybu.

Jakmile PIR senzor zaregistruje pohyb, Terminál se automaticky aktivuje, což je signalizováno na displeji. Doby, po kterou setrvává zařízení aktivováno lze měnit, standardní doba činí patnáct sekund. Jakmile tato doba uplyne a nebyl během ní zaregistrován stisk tlačítka, Terminál opět přejde do režimu spánku, čímž šetří energii, a čeká na další detekovaný pohyb.



Obrázek 6 - Senzor pohybu

1.1.9. Měření napětí záložního zdroje energie

Docházkový terminál musí být schopen fungovat i v případě výpadku elektrické energie. Nejvýhodnější je použití záložního akumulátoru s dostatečnou kapacitou, který umožní několika hodinový provoz Terminálu bez externího napájení.

Terminál byl vybaven takzvaným akupackem, tedy akumulátorem složeným z menších článků. V tomto případě se jedná o osm NiMH článků, každý s nominálním napětím 1,2 V a kapacitou 2000 mAh. Všechny články jsou spojeny sériově, napětí akumulátoru tak činí 9,6 V.

Aby nedošlo k poškození akumulátoru vlivem hlubokého vybití, je nutné zařízení včas vypnout a akumulátor tak přestat dále vybíjet. Nejjednodušším způsobem je průběžné monitorování napětí akumulátoru. Terminál využívá dvanáctibitového analogově-digitálního převodníku, který je integrován v hlavním mikrokontroléru. Toto řešení umožňuje poměrně přesné měření napětí, na základě čehož může být uživatel informován o aktuálním stavu akumulátoru. Jakmile napětí klesne pod 8 V, Terminál se samočinně vypne. Po přivedení externího napájení se Terminál opět automaticky zapne.



Obrázek 7 - Záložní akumulátor (TIPA, spol s r.o.)

1.1.10. Signalizace stavu

Pro snadné vyhodnocení aktuálního stavu zařízení byl Terminál osazen dvěma difúzními LED o průměru deset milimetrů a piezo-reproduktorem.

Jakmile je na čtečce otisků prstů detekován přiložený prst, ozve se krátké pípnutí, které uživateli signalizuje, že může prst ze čtečky sejmout. Pokud je uživatel rozpoznán, rozsvítí se zelená LED. Pokud nebyla nalezena shoda, následuje rozsvícení červené LED. Obdobně funguje systém i pro identifikaci RFID kartou.

1.1.11. Vstupy alarmu a multifunkční vstupy/výstupy

Hlavní myšlenka konstrukce zařízení je v možnosti mnoha způsobů použití, Terminál tak nemusí sloužit pouze k monitorování docházky, ale je možno rozšířit jej o mnoho dalších funkcí. Typické nadstavby systému tvoří ovládání elektrického zámku dveří nebo napojení na zabezpečovací zařízení.

Z tohoto důvodu byl Terminál vybaven pěti vstupy a dalšími osmi piny, které mohou být použity buďto jako další vstupy nebo jako výstupy. Všechny vstupní části jsou galvanicky odděleny použitím optočlenů. Všech osm výstupních pinů bylo osazeno relé RAS-1215³.

³ Maximální zatížení: 24 V / 15 A, 250 V / 10 A

1.2. Rozšiřující deska s LCD

Tato rozšiřující deska plošných spojů slouží pro připojení barevného grafického displeje k hlavní desce. Na rozšiřující desce se kromě samotného LCD nachází řídicí mikrokontrolér a napěťový stabilizátor.

1.2.1. Mikrokontrolér

Z důvodu nedostatečného počtu volných vývodů hlavní desky byla rozšiřující deska osazena mikrokontrolérem, který se stará o zobrazování údajů na displeji. Ve snaze minimalizovat datový tok mezi hlavní a rozšiřující deskou, byl mikrokontrolér vybaven určitou inteligencí. Takto vzniklý řadič má kromě příkazů pro LCD uloženu i kompletní znakovou sadu a současně i dva obrázky⁴.

Pro funkci řadiče byl vybrán mikrokontrolér ATmega8535. Hlavním kritériem byl dostatečný počet vývodů a vysoký maximální kmitočet taktování.

Komunikace mezi hlavní a rozšiřující deskou je zprostředkována rozhraním UART v simplexním režimu. Rozšiřující deska tak data pouze přijímá. Rychlost komunikace je 1 Mb/s.

1.2.2. LCD

Pro zobrazování velkého množství informací je nejvýhodnější použít grafický displej, který dokáže zobrazovat libovolné znaky o různé velikosti. Volitelná barva každého pixelu zlepšuje čitelnost údajů zobrazených na displeji. Vlastnosti zobrazit libovolný obrazec může být využito pro vykreslení obrázků, například loga firmy.

Ve snaze o co nejlepší čitelnost displeje byl vybrán model s IPS panelem a uhlopříčkou 4 palce. Jedná se o barevný grafický displej s rozlišením 320x480 pixelů. O řízení panelu se stará řadič ILI9486L. Komunikace s řídicím mikrokontrolérem je zprostředkována 16bit rozhraním typu 8080.

⁴ Z důvodu omezené velikosti paměti mikrokontroléru je možné uložit pouze dva monochromatické obrázky s rozlišením 120x80 pixelů

2. FIRMWARE

Firmwarová část práce se skládá ze dvou programů. Jeden je určen pro hlavní mikrokontrolér, obsluhující většinu periferií, druhý program má na starost ovládání displeje, tedy zobrazování údajů.

2.1 Program pro hlavní mikrokontrolér

Pro provedení restartu mikrokontroléru je zvolen jako zdroj taktování integrovaný fázový závěs s výstupní frekvencí 32 MHz. Následně jsou postupně inicializovány periferie. Pokud není detekována hlavní SD karta, program skončí v nekonečné smyčce, neboť bez vložené karty nemůže Terminál fungovat. Jedním z dalších kroků inicializace je načtení času z RTC modulu, po kterém je připravena jednotka UART pro komunikaci se čtečkou otisků prstů. Následuje inicializace kapacitní klávesnice, současně je připraveno i rozhraní pro externí klávesnici. Po skončení přichází na řadu ethernetový modul, u kterého je potřeba nastavit mimo jiné i síťovou adresu. Jakmile je inicializace všech potřebných periferií dokončena, Terminál vydá akustický signál potvrzující správný průběh začátku programu. Dále již následuje povolení přerušování a zobrazení výchozí obrazovky, po kterém přejde program do hlavní smyčky.

```
void FPR_UART_init(void)
{
    PORTF_DIRSET = 0b00011000;
    PORTF_DIRCLR = 0b00000100;
    PORTF_OUTSET = 0b00001100;

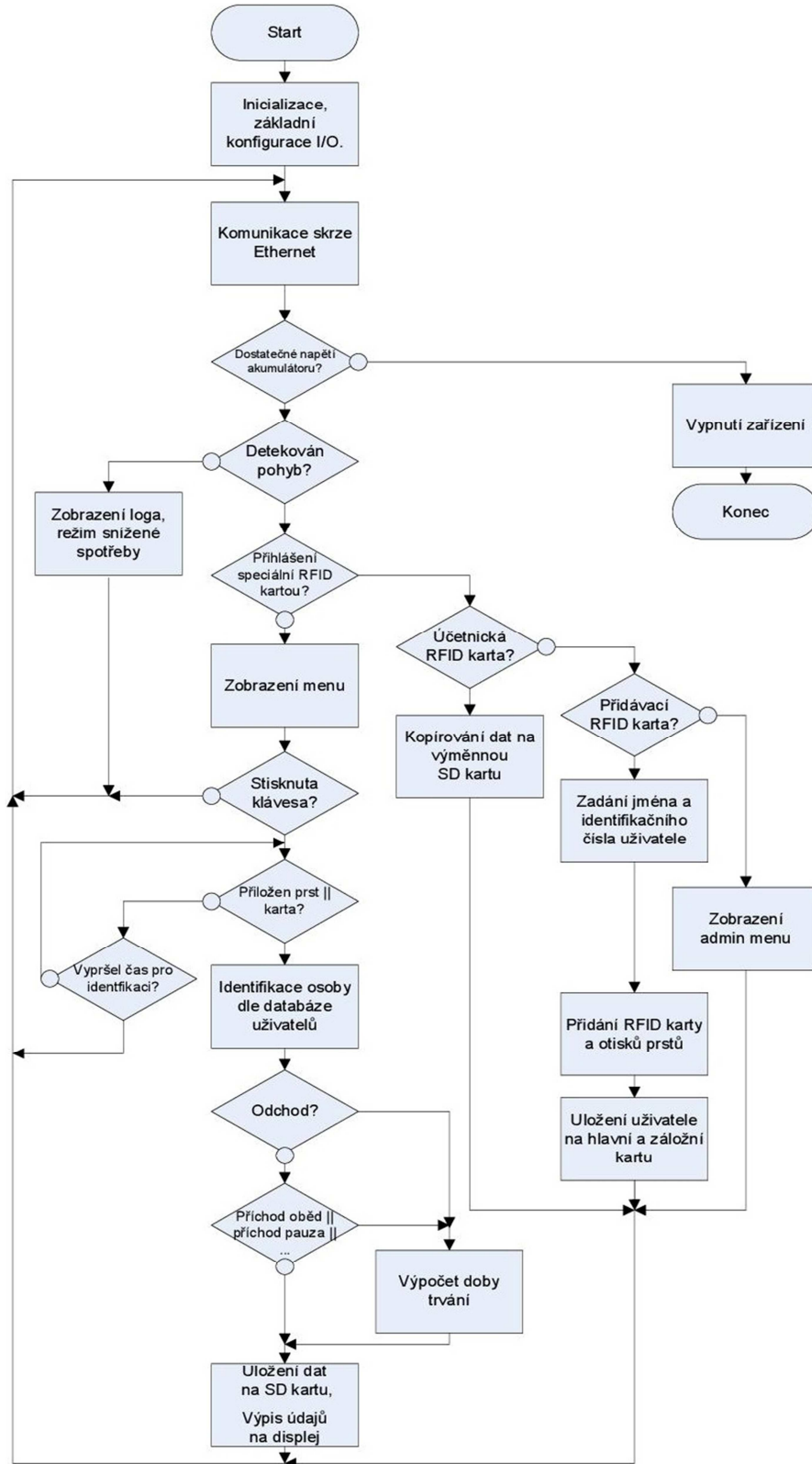
    USARTF0_CTRLA = 0b00000000; //interrupts levels//RX[5,4], TX[3,2], Data reg. empty [1,0]
    USARTF0_CTRLB = 0b00011000; //RX[4], TX[3] enabling, CLK2x[2] enable, multiprocessor mode[1]
    USARTF0_CTRLC = 0b00000011; //asynchronous, parity, stop bit, 8bit mode
    USARTF0_BAUDCTRLA = 0x22; //57600 bps
    USARTF0_BAUDCTRLB = 0x00; //
}
```

Obrázek 8 - Ukázka inicializace jednotky UART (čtečka otisků prstů)

Na začátku hlavní smyčky je zkontrolován Ethernet modul, kde se zjišťuje, zda není třeba odpovědět na příchozí požadavek. Následuje změření napětí akumulátoru. Pokud je příliš nízké⁵, uživatel je upozorněn a po pěti sekundách dojde k vypnutí Terminálu. Pokud je napětí dostatečné, zařízení zjišťuje, zda byl detekován pohyb. Pokud ne, je vyslán příkaz řadiči LCD na rozšiřující desce k zobrazení loga firmy a snížení jasu displeje. Následně Terminál přejde do režimu snížené spotřeby, ve kterém sleduje komunikaci skrze ethernetové rozhraní. Dále se kontroluje napájecí napětí

⁵ Pro osmi-člankový NiMH akumulátor se jedná o 8 V.

zda se jedná o příchod či odchod. Pokud se jedná o odchod ze zaměstnání nebo o specifický příchod, vypočte Terminál dobu trvání dané činnosti a následně ji vypíše na displej. Zaměstnanec tak okamžitě vidí, jak dlouho byl například na obědě nebo kolik minut odpracoval.



Obrázek 11 - Neúplný algoritmus programu hlavního mikrokontroléru

2.2 Řadič LCD

Program pro mikrokontrolér ovládající LCD je oproti hlavnímu programu výrazně jednodušší, neboť nemá na starost řízení velkého množství periférií.

Po provedení resetu je nastaven PWM modul sloužící k ovládání jasu, následně je provedena inicializace LCD, kdy se nastavují parametry zobrazení dat, korekce barev, zrcadlení zobrazení a podobně. Jakmile je vše potřebné nastaveno, mikrokontrolér přejde k zapnutí přijímače jednotky UART, současně dojde k povolení přerušení. Od této chvíle je rozšiřující deska schopna přijímat příkazy nebo data k vypsání. Následně pak program vstupuje do hlavní smyčky.

Program ve hlavní smyčce neustále testuje, zda byl přijat konec datového paketu, tedy zda byl podán příkaz k výpisu. Během testování jsou v přerušení postupně přijímána data, která se ukládají do bufferu. S příjmem ukončovacího znaku paketu přejde mikrokontrolér k vyhodnocení, zda jsou přijatá data určená k výpisu nebo zda se jedná o příkaz pro samotný mikrokontrolér, který se případně následně provede.

Pokud se však jedná o data k zobrazení, je potřeba nejprve zjistit požadované umístění textu. Přijaté souřadnice jsou tak z bufferu odeslány do LCD, kde je nastaven počátek pro výpis. Jakmile je displej připraven pro zaslání dat k zobrazení je potřeba tato data vygenerovat. Nejprve se z tabulky definovaných znaků vybere ten požadovaný. Veškerý font je uložen v rozlišení 8x16 pixelů, což definuje nejmenší možnou velikost znaků. Vzhledem k poměrně velkému rozlišení displeje je však taková velikost nedostatečná, musí tedy proběhnout zvětšení znaku dle požadované velikosti fontu. Obvykle jsou znaky zvětšeny dvojnásobně až trojnásobně. Problémem s velikostí znaků by bylo možné předejít vytvořením fontu v požadované velikosti. Takovýto font se však do paměti mikrokontroléru kvůli velkému objemu dat nevejde. Po získání obrazových dat jsou tato data odeslána v příslušné barvě do LCD, kde jsou následně na zadaných souřadnicích vykresleny požadované znaky.

```
0b00000001, 0b00000000, 0b00000000, 0b00000000,  
//'0'  
0b11111100, 0b11111110, 0b00000111, 0b10000011,  
0b11000011, 0b01100111, 0b11111110, 0b11111100,  
0b00011111, 0b00111111, 0b01110011, 0b01100001,  
0b01100000, 0b01110000, 0b00111111, 0b00011111,  
//'1'  
0b00000000 0b00110000 0b00111000 0b00011100
```

Obrázek 12 - Příklad definování znaku pro výpis na LCD

Kromě vypsání textu je možno vykreslit na displeji monochromatický obrázek s rozlišením 120x80 pixelů. Rozlišení je opět menší, než je rozlišení displeje, opět je to z důvodu nízké kapacity paměti mikrokontroléru. Pro zobrazení obrázku přes celou obrazovku je tak potřeba jej zvětšit, konkrétně čtyřnásobně.

```
const unsigned char logo[][10] PROGMEM = { //logo
  0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x
  0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x
  0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x
  0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xE0, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x
  0xE0, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xE0, 0x
  0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xE0, 0xFC, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x
  0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x7F 0xFF 0x00 0x
```

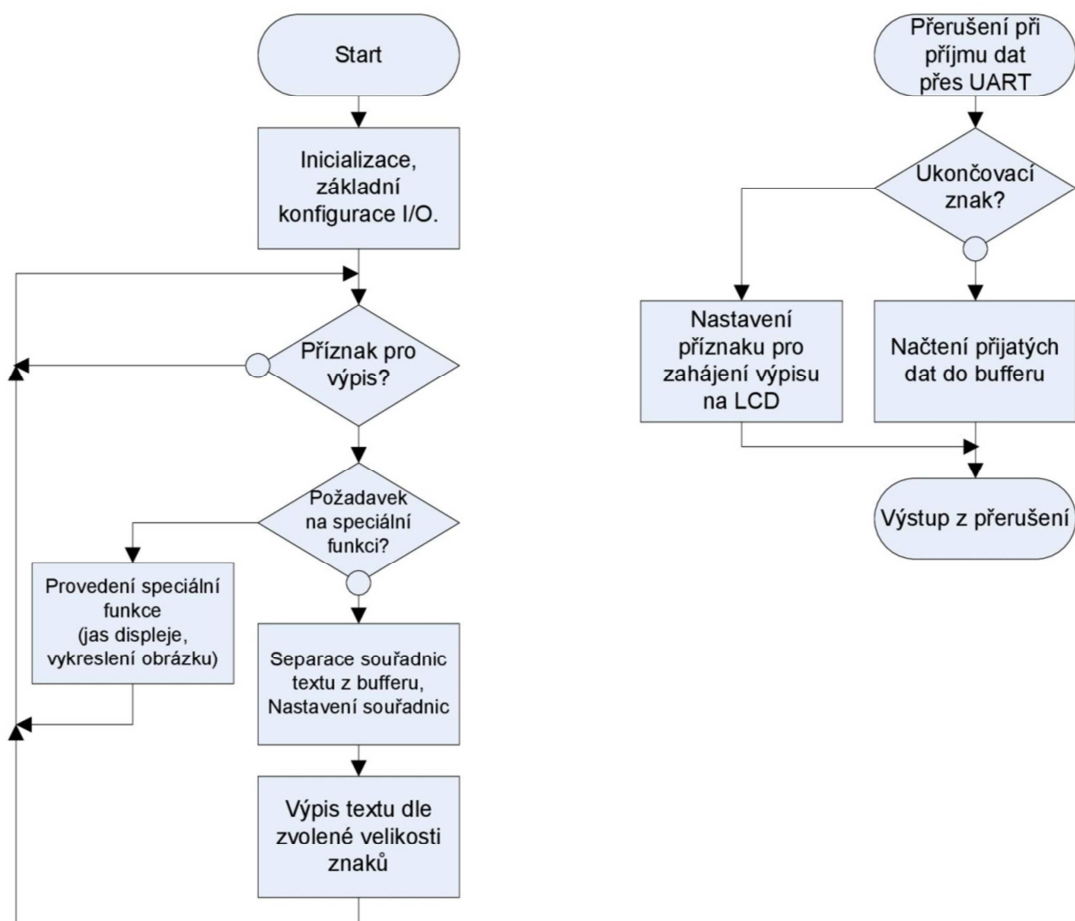
Obrázek 13 - Ukázka definování obrázku

Nejvíce používanou funkcí je však vymazání obrazovky, které je prováděno přepisem obrazovky bílou barvou. Ne vždy se však musí jednat o bílou barvu, displej je možno vyplnit širokou⁶ paletou barev, čímž je možné vytvořit téměř libovolně barevné pozadí textu.

```
void LCD_full_fill(unsigned char colorH, unsigned char colorL)
{
  int i,j;
  clrCS; //chip select - activate LCD
  setXY(0,0,319,479); //set position
  for(i=0;i<480;i++) //vertical and horizontal filling...
  {
    for (j=0;j<320;j++)
    {
      LCD_write_DATA(colorH,colorL);//...with desired color
    }
  }
  setCS; //chip select - release LCD
}
```

Obrázek 14 - Funkce pro vyplnění LCD jednou barvou

⁶ V 16bit režimu se jedná o 65536 barev



Obrázek 15 - Algoritmus programu zajišťujícího výpis na LCD

3. PARAMETRY ZAŘÍZENÍ

3.1 Technické parametry

Maximální rozměry.....	244x184x68 mm
Výřez pro displej.....	73x55 mm
Rozměr kapacitní klávesnice	112x35 mm

3.2 Elektrické parametry

Napájecí napětí	12 V
Maximální spotřeba	450 mA
Spotřeba v pohotovostním stavu.....	200 mA
Spotřeba v režimu snížené spotřeby	160 mA
Kapacita interní baterie	2000 mAh
Maximální měřitelné napětí	13 V
Přesnost měřeného napětí	±0,01 V
Maximální spínatelný proud (relé)	15 A

3.3 Ostatní parametry

Kapacita uživatelů.....	110
Kapacita RFID karet	240
Kapacita otisků prstů	409
Velikost docházkového souboru	4096 B

ZÁVĚR

Podařilo se mi vytvořit zařízení schopné zaznamenávat docházku do zaměstnání. Terminál je zároveň možné snadno rozšířit použitím osmi vyčleněných pinů mikrokontroléru, na které byly připojeny galvanicky oddělené vstupy současně s galvanicky oddělenými výstupy. Navíc bylo rezervováno dalších pět pinů navržených pouze jako vstupy. Zaznamenaná data je možno číst dvěma způsoby, buďto zkopírováním z hlavní SD karty na výměnnou kartu nebo skrze rozhraní Ethernet. Identifikaci osoby lze provést jak snímačem otisků prstů, tak i čtečkou RFID karet. Aktuální stav zařízení a pokyny pro uživatele jsou zobrazovány na barevném grafickém LCD.

V průběhu práce bylo vyřešeno několik problémů, vzniklých téměř výhradně při obsluze periferií. Největším problémem byla komunikace s počítačem rozhraním Ethernet skrze protokol TCP.

Příjemným překvapením byla rychlost prohledávání databáze uživatelů při identifikaci osoby. Naopak zklamáním je občasná chybovost snímače otisků prstů, kdy je pro rozpoznání uživatele nutno opakovaně přikládat prst.

Na projektu jsem se naučil obsluhovat velké množství periferií jedním mikrokontrolérem a současně řešit čistě mechanické problémy vzniklé při montáži komponent do krabičky.

Zařízení najde uplatnění zejména v malých a středně velkých firmách, kde je často potřeba řešit specifické problémy, které by klasickými komerčními docházkovými terminály nemohly být řešeny. Při stavbě Terminálu byl rovněž brán ohled na výslednou cenu a celkovou spotřebu elektrické energie.

Do budoucna bych chtěl přenést celý docházkový systém na platformu čipů ARM, které dokáží rychlejší zpracování dat z periferií a současně dokáží zachovat nízký příkon celého zařízení.

SEZNAM ZKRATEK

- FAT32 – File Allocation Table – *tabulka alokace souborů se 32bit adresou*
- FLASH – *Nonvolatilní elektricky programovatelná paměť*
- MIPS – Million instructions per second – *milion instrukcí za sekundu*
- I²C – Inter-Integrated Circuit – *Typ sériového rozhraní*
- LED – Light Emitting Diode – *Světlo-emitující dioda*
- LCD – Liquid crystal display – *Displej fungující na bázi tekutých krystalů*
- MAC – Media Access Control – *identifikátor síťového zařízení*
- MIPS – Million instructions per second – *Milion instrukcí za sekundu*
- NiMH – nickel-metal hydride – *typ akumulátorů*
- PIR – Passive infrared – *čidlo reagující na infračervené záření*
- PWM – Pulse Width Modulation – *pulzně šířková modulace*
- RFID – Radio frequency identification – *rádio-frekvenční identifikace*
- RISC – Rich instruction set computing
– *typ mikrokontrolérů s obohacenou instrukční sadou*
- RTC – Real Time Clock – *obvod reálného času*
- SD karta – Secure Digital karta
- SRAM – Static Random Access Memory – *Statická paměť s přímým přístupem*
- SDHC karta – Secure Digital High Capacity karta
- TCP – Transmission Control Protocol – *protokol transportní vrstvy*
- SPI – Serial Peripheral Interface – *Sériové periferní rozhraní*
- UART – Universal Asynchronous Receiver and Transmitter
– *Univerzální asynchronní přijímač a vysílač*
- URL – Uniform Resource Locator – *jednotná adresa zdroje*
- USB – Universal Serial Bus – *Univerzální sériová sběrnice*

BIBLIOGRAFIE

2014. An IBM Keyboard Adaptor Board. *S100 Computers*. [Online] 11. Červen 2014. [Citace: 10. Listopad 2014.] Dostupné z: <http://s100computers.com/My%20System%20Pages/IBM%20Keyboard/IBM%20Keyboard.htm>.

Atasoy, Hüseyin. 2014. Modifying the EtherCard Library To Handle Large TCP Packets. *Atasoyweb*. [Online] 10. Srpen 2014. [Citace: 18. Prosinec 2014.] Dostupné z: <http://www.atasoyweb.net/Modifying-The-EtherCard-Library-To-Handle-Large-TCP-Packets>.

Atmel Corporation. 2013. 8/16-bit XMEGA A3 Microcontroller. [Online] Červen 2013. [Citace: 6. Říjen 2014.] Dostupné z: http://www.atmel.com/Images/Atmel-8068-8-and-16-bit-AVR-XMEGA-A3-Microcontrollers_Datasheet.pdf.

—, **2006.** 8-bit Microcontroller with 8K Bytes In-System Programmable Flash. [Online] Říjen 2006. [Citace: 10. Listopad 2014.] Dostupné z: <http://www.atmel.com/images/doc2502.pdf>.

—, **2012.** XMEGA A MANUAL. [Online] Listopad 2012. [Citace: 6. Říjen 2014.] Dostupné z: <http://www.atmel.com/Images/doc8077.pdf>.

Brouwer, Andries. 2002. The FAT filesystem. [Online] 20. Zář 2002. [Citace: 12. Listopad 2014.] Dostupné z: <http://www.win.tue.nl/~aeb/linux/fs/fat/fat-1.html>.

Embedded Artists. 2007. Products: Displays: Embedded Artists. *Web Embedded Artists*. [Online] 2007. [Citace: 22. Srpen 2014.] Dostupné z: http://www.embeddedartists.com/sites/default/files/docs/3.2_inch_QVGA_TFT_Color_LCD_Users_Guide-Version_2.1_Rev_A.pdf.

Freescale Semiconductor. 2013. Data Sheet: Technical Data. [Online] Únor 2013. [Citace: 9. Listopad 2014.] Dostupné z: http://cache.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MPR121.pdf.

ILI TECHNOLOGY CORPORATION. 2011. ILI9486L, a-Si TFT LCD Single Chip Driver 320RGBx480 Resolution and 262K-color. [Online] 11. Květen 2011. [Citace: 10. Prosinec 2014.] Dostupné z: <http://www.displayfuture.com/Display/datasheet/controller/ILI9486L.pdf>.

Jenkins, Matt. 2014. UECIDE/Teensy3. *GitHub*. [Online] 2. Prosinec 2014. [Citace: 8. Prosinec 2014.] Dostupné z: https://github.com/UECIDE/Teensy3/tree/master/cores/teensy3/files/libraries/UTFT/tft_drivers/ili9486.

Maxim Integrated. 2008. DS1307 Data Sheet. [Online] 2008. [Citace: 15. Únor 2015.] Dostupné z: <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS1307.pdf>.

Miaxis Biometrics. 2007. SM-621 Fingerprint Verification Module User Manual. [Online] 24. Leden 2007. [Citace: 19. Srpen 2014.] Dostupné z: <http://www.olimex.cl/pdf/Sensors/SM-621%20FINGERPRINT%20VERIFICATION%20MODULE%20USER%20MANUAL.pdf>.

Microchip Technology. 2004. ENC28J60 Data Sheet. [Online] 2004. [Citace: 15. Prosinec 2015.] Dostupné z: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39662a.pdf>.

Starting Electronics. 2013. Arduino SD Card Web Server – Displaying Images. *Web Starting Electronics*. [Online] 7. Březen 2013. [Citace: 21. Leden 2015.] Dostupné z: <http://startingelectronics.com/tutorials/arduino/ethernet-shield-web-server-tutorial/SD-card-web-server-image/>.

2005. TFT LCD Specification, Model NO.: TD035STED4. [Online] 15. Duben 2005. [Citace: 1. Prosinec 2014.] Dostupné z: <http://arm9download.cncncn.com/datasheet/TD035STED4.pdf>.

TIPA, spol s r.o. Akupack NiMH AA 9,6V/2000mAh. [Online] [Citace: 5. Prosinec 2014.] Dostupné z: <http://www.tipa.eu/cz/akupack-nimh-aa-96v-2000mah/d-127175/>.

Uživatel:blackrynius. 2011. HX8347-A LCD Code for PIC18F4580. *Black Rynius' Blog*. [Online] 3. Květen 2011. [Citace: 1. Prosinec 2014.] Dostupné z: <https://blackrynius.wordpress.com/2011/05/03/hx8347-a-lcd-code-for-pic18f4580/>.

Uživatel:ElecFreaks. 2013. ENC28J60 Mini Ethernet Module (3.3V/5V). *Web ElecFreaks*. [Online] 4. Leden 2013. [Citace: 20. Leden 2015.] Dostupné z: [http://www.elec Freaks.com/wiki/index.php?title=ENC28J60_Mini_Ethernet_Module_\(3.3V/5V\)](http://www.elec Freaks.com/wiki/index.php?title=ENC28J60_Mini_Ethernet_Module_(3.3V/5V)).

Uživatel:jmccrohan. 2010. ENC28J60 Ethernet Breakout Board. [Online] 21. Zář 2010. [Citace: 15. Prosinec 2014.] Dostupné z: <http://dereenigne.org/arduino/enc28j60-breakout-board>.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A - Neúplné schéma zařízení

Příloha B - Hlavní deska plošných spojů (TOP)

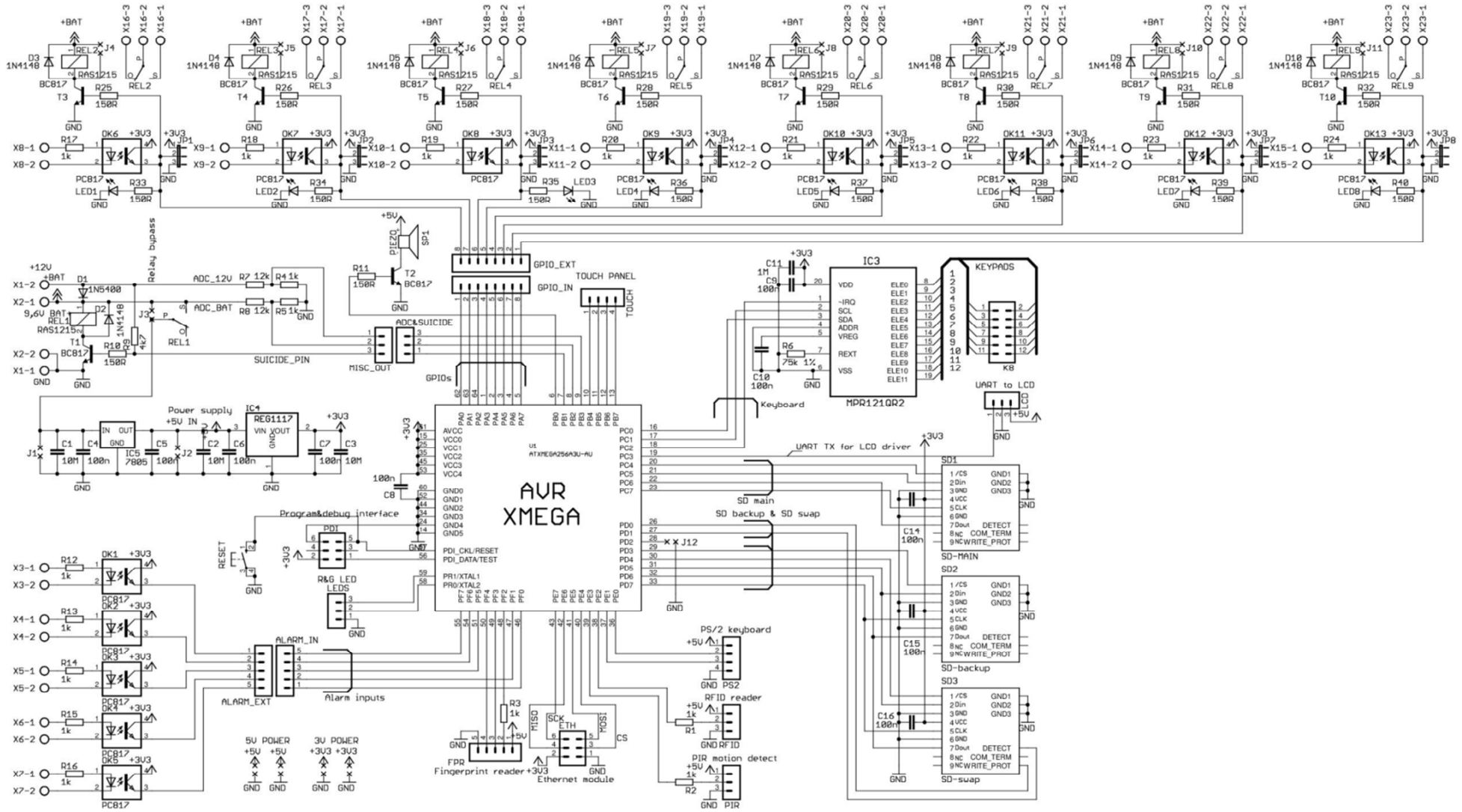
Příloha C - Hlavní deska plošných spojů (BOTTOM)

Příloha D - Neosazená hlavní deska plošných spojů

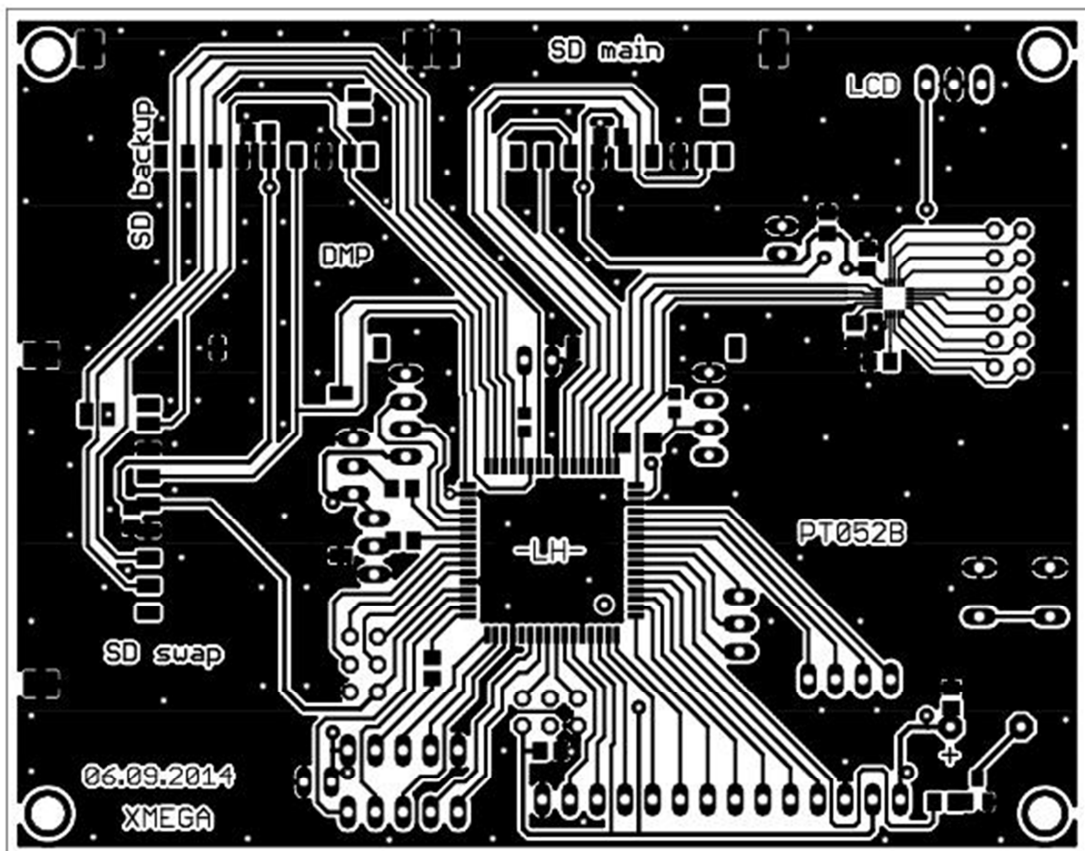
Příloha E - Čelní potisk krabičky

Příloha F - Fotografie výsledného zařízení

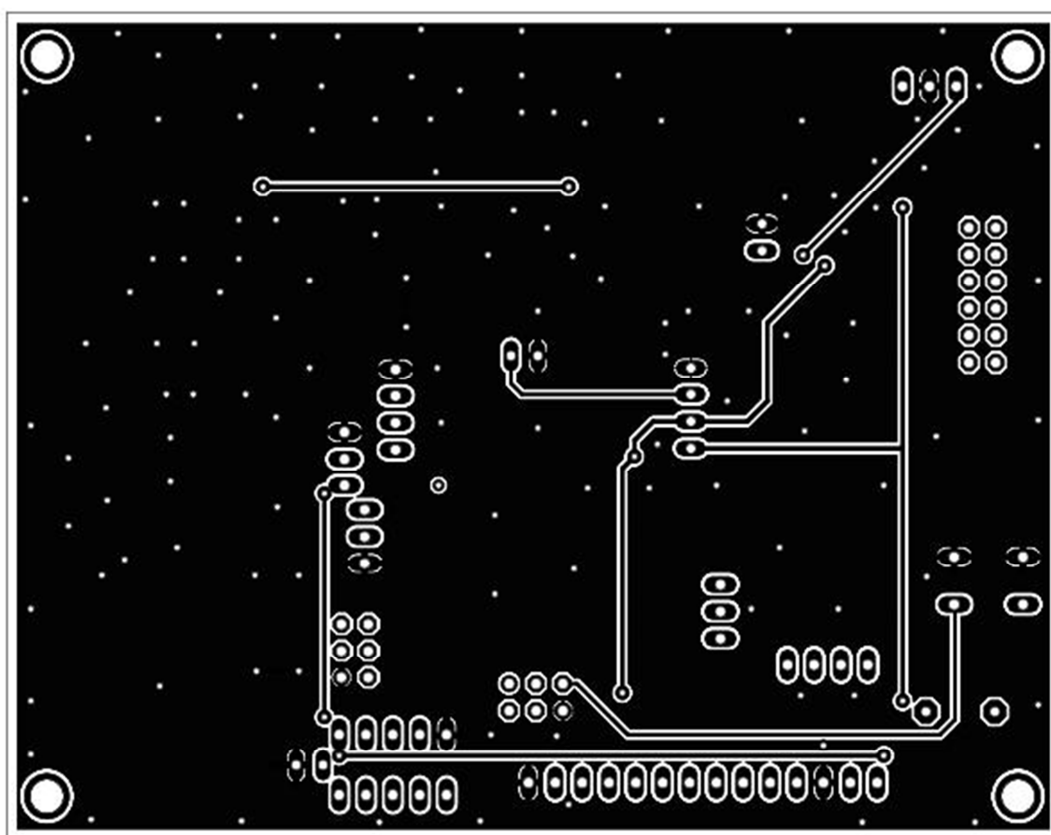
Příloha A - Neúplné schéma zařízení



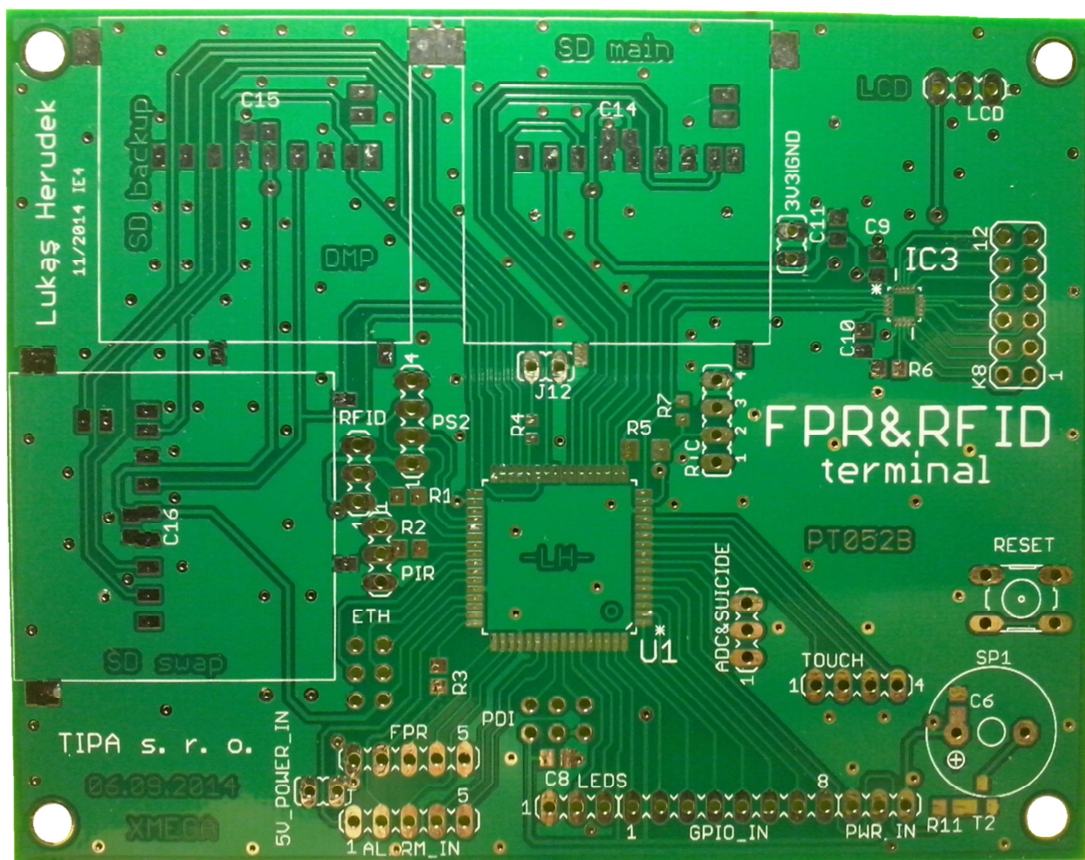
Příloha B - Hlavní deska plošných spojů (TOP)



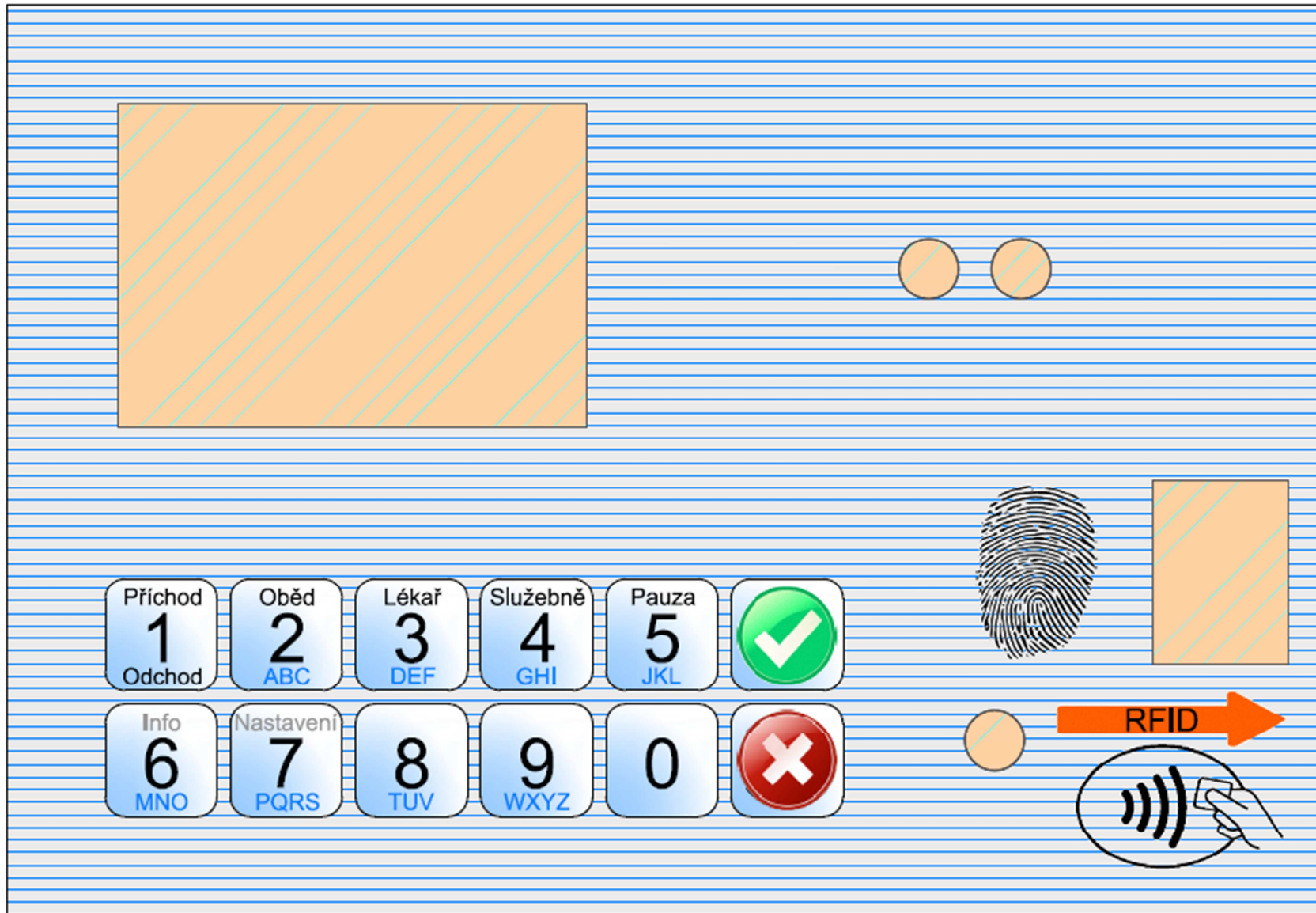
Příloha C - Hlavní deska plošných spojů (BOTTOM)



Příloha D - Neosazená hlavní deska plošných spojů



Příloha E - Čelní potisk krabičky



Příloha F - Fotografie výsledného zařízení

