



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

ELEKTRONICKÁ VIZITKA/CENOVKA S BEZDRÁTOVOU KOMUNIKACÍ

ELECTRONIC BUSINESS CARD/PRICE TAG WITH WIRELESS COMMUNICATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Václav Sirůček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Zdeněk Bradáč, Ph.D.

BRNO 2021

Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Automatizační a měřicí technika**

Ústav automatizace a měřicí techniky

Student: Václav Sirůček

ID: 214949

Ročník: 3

Akademický rok: 2020/21

NÁZEV TÉMATU:

Elektronická vizitka/cenovka s bezdrátovou komunikací

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte koncepci přenosného zobrazovacího zařízení s dlouhodobou výdrží na baterie pro vzdálené zobrazování dat na displeji s elektronickým inkoustem. Orientujte se na bezdrátově komunikující mikrokontrolerový systém.

1. Proveďte literární rešerši a internetový průzkum.
2. Navrhněte a zdůvodněte koncepci systému, definujte zvolené komponenty, navrhněte obvodové schéma.
3. Navrhněte a realizujte funkční vzorek zařízení.
4. Vytvořte programové vybavení pro nadřazený systém i pro vlastní zařízení.
5. Demonstrujte a ověřte plnou funkčnost zařízení a zhodnoťte dosažené výsledky.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Pavel Herout: Učebnice jazyka C, KOPP, 2004, IV. přepracované vydání, ISBN 80-7232-220-6

Dle pokynů vedoucího práce.

Termín zadání: 8.2.2021

Termín odevzdání: 4.8.2021

Vedoucí práce: doc. Ing. Zdeněk Bradáč, Ph.D.

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá návrhem elektronické vizitky, přenosného zobrazovacího zařízení, na které se budou zobrazovat údaje o nositeli (jméno, příjmení, telefonní číslo a e-mail). Nároky jsou kladeny na dlouhodobou výdrž baterie a vzdálené zobrazování dat na displeji s elektronickým inkoustem. V práci se nachází řešení napájení přípravku s displejem a jeho bezdrátová komunikace s počítačem či telefonem. Dále se zde nachází řešení systému více vizitek, zobrazení stavu baterie vizitky, aktualizace displeje, obvodové schéma, návrh pouzdra elektronické vizitky a konečná realizace.

Klíčová slova

Elektronická vizitka, ESP32, displej s elektronickým inkoustem, bezdrátová komunikace, baterie, aktualizace displeje, webserver

Abstract

The Bachelor thesis deals with the desing of an electronic business card, a portable imaging device that will display data about the wearer (name, surname, phone nuber and email). Claims are for long-term battery life and remote display of data on an electronic ink display. At work there is a solution for powering the product with display and its wireless communication with the computer or phone. There is also a multi-card systém solution, a display of business card's battery status, a display update, a cicuit scheme, an electronic business card case design and final implementation.

Keywords

electronic business card, ESP32, electronic ink display, wireless communication, battery, display update, webserver

Bibliografická citace

SIRŮČEK, Václav. *Elektronická vizitka/cenovka s bezdrátovou komunikací*. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/136697>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce: doc. Ing. Zdeněk Bradáč, Ph.D.

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení studenta: *Václav Sirůček*

VUT ID studenta: *214949*

Typ práce: *Bakalářská práce*

Akademický rok: *2020/2021*

Téma závěrečné práce: *Elektronická vizitka/cenovka
s bezdrátovou komunikací*

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: 4. srpna 2021

podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Zdeňku Bradáčovi, Ph.D. za trpělivost a účinnou pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat rodině, přítelkyni, kolegům a přátelům za značnou podporu a pochopení.

V Brně dne: 4. srpna 2021

podpis autora

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ	9
SEZNAM TABULEK.....	10
ÚVOD	11
1. LITERÁRNÍ REŠERŠE	12
1.1 VIZITKA	12
1.1.1 Vizitka s QR kódem	13
1.2 ESP2866/ESP32	13
1.2.1 Správa napájení ESP32	14
1.2.2 Důležité parametry.....	15
1.3 RASPBERRY PI ZERO W	15
1.4 ELEKTRONICKÝ INKOUSTOVÝ DISPLEJ	16
1.4.1 Princip funkce	16
1.5 LCD DISPLEJ	17
1.5.1 Princip funkce	17
1.6 OLED DISPLEJ	18
1.6.1 Princip funkce	18
1.7 BATERIE CR2032.....	19
1.8 BATERIE LI-POL.....	19
1.9 BATERIE LI-ION	20
1.10 POROVNÁNÍ.....	20
1.10.1 Porovnání mikroprocesorů/minipočítačů.....	21
1.10.2 Porovnání zobrazovacích displejů	21
1.10.3 Porovnání baterií	22
1.11 PRŮZKUM TRHU – FIRMA CZECHPHONE.....	23
2. NÁVRH ELEKTRONICKÉ VIZITKY	24
2.1 BLOKOVÉ SCHÉMA ELEKTRONICKÉ VIZITKY.....	24
2.1.1 SPI.....	25
2.2 KOMUNIKACE ELEKTRONICKÉ VIZITKY	25
2.2.1 Wi-Fi	26
2.2.2 AP	26
2.2.3 Webový server.....	26
2.2.4 HTTP.....	27
2.3 WEBOVÉHO ROZHRAŇÍ.....	27
2.3.1 HTML.....	28
2.3.2 CSS.....	28
2.3.3 JavaScript	29
2.4 DATABÁZE PRO VIZITKY.....	29
2.4.1 Databáze	29
2.4.2 phpMyAdmin.....	29
2.4.3 Apache	30
2.4.4 PHP.....	30
2.5 ELEKTRONICKÁ VIZITKA	30

2.5.1	<i>LILYGO® TTGO V2.3</i>	30
2.5.2	<i>Důležité parametry přípravku</i>	31
2.6	ELEKTRONICKÉ SCHÉMA VIZITKY	31
2.7	PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ ELEKTRONICKÉ VIZITKY	32
2.7.1	<i>Struktura programu</i>	32
2.7.2	<i>Inicializace</i>	33
2.7.3	<i>Deep sleep</i>	34
2.7.4	<i>Pracovní režim</i>	34
2.7.5	<i>Konfigurační režim</i>	35
2.7.6	<i>Další funkce programu</i>	36
2.7.7	<i>Použité programy</i>	36
2.7.8	<i>Vývojové prostředí Arduino IDE</i>	36
2.7.9	<i>WAMP</i>	37
2.7.10	<i>ProfiCAD</i>	37
2.7.11	<i>SOLIDworks</i>	37
2.8	NAPÁJENÍ VIZITKY	38
2.9	POUZDRO VIZITKY	38
2.9.1	<i>Rozměry přípravku</i>	38
3.	REALIZACE ELEKTRONICKÉ VIZITKY	39
3.1	VZHLED ELEKTRONICKÉ VIZITKY	39
3.2	KOMPONENTY	39
3.2.1	<i>Rezistory</i>	40
3.2.2	<i>RGB LED</i>	41
3.2.3	<i>Ovládací tlačítko</i>	41
3.2.4	<i>Baterie</i>	41
3.3	POUZDRO	41
3.3.1	<i>Spodní část pouzdra</i>	41
3.3.2	<i>Vrchní část pouzdra</i>	42
3.4	UŽIVATELSKÉ ROZHŘANÍ	43
3.4.1	<i>Stránky databáze</i>	43
3.4.2	<i>Uživatelské rozhraní vizitky</i>	44
3.5	CENA VIZITKY	46
3.6	DEMONSTRACE ELEKTRONICKÉ VIZITKY	46
3.6.1	<i>Deep sleep</i>	47
3.6.2	<i>Stav vybité baterie</i>	47
3.6.3	<i>Pracovní stav</i>	48
3.6.4	<i>Konfigurační režim</i>	48
3.6.5	<i>Vizitka po prvním zapnutí</i>	49
4.	ZÁVĚR	50
	LITERATURA	51
	SEZNAM PŘÍLOH	56

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Ukázka starožitné vizitky [2].....	12
Obrázek 2 Ukázka vizitky s QR kódem [4]	13
Obrázek 3 Blokové schéma struktury mikroprocesoru ESP32 [5].....	14
Obrázek 4 Ukázka vzhledu Raspberry PI Zero W [8]	16
Obrázek 5 Princip funkce elektronické inkoustové kapsle [11].....	17
Obrázek 6 Princip vzniku tekutých krystalů [12]	17
Obrázek 7 Princip činnosti LCD displeje [12].....	18
Obrázek 8 Princip OLED displeje [14].....	19
Obrázek 9 Vzhled baterie CR2032 [16].....	19
Obrázek 10 Vzhled baterie Li-Pol [17].....	20
Obrázek 11 Vzhled baterie Li-Ion [19].....	20
Obrázek 12 Komunikace s tablem od firmy Czechphone [20]	23
Obrázek 13 Návrh Blokového schéma elektronické vizitky	24
Obrázek 14 Návrh komunikace databáze s vizitkou	25
Obrázek 15 Návrh komunikace vizitky a Access Pointu	26
Obrázek 16 Hlavní stránka po připojení do AP	27
Obrázek 17 Vedlejší stránka pro nastavení důležitých proměnných pro správnou funkci	28
Obrázek 18 Ukázka vzhledu přípravku LILYGO® TTGO V2.30 2.13 Inch [34]	31
Obrázek 19 Elektronické schéma vizitky.....	32
Obrázek 20 Vývojový diagram programu	33
Obrázek 21 Okótované rozměry přípravku LILYGO® TTGO V2.30 2.13 Inch[38]	38
Obrázek 22 Čelní pohled na vizitku v pouzdře	39
Obrázek 23 Elektronická vizitky bez čelního krytu	40
Obrázek 24 Spodní část pouzdra v Solidworks a po vytisknutí na 3D tiskárně	42
Obrázek 25 Vrchní část pouzdra v SolidWorks a po vytisknutí na 3D tiskárně	43
Obrázek 26 Stránky databáze.....	44
Obrázek 27 Vzhled struktury stránek get.php.....	44
Obrázek 28 Hlavní stránka uživatelského rozhraní elektronické vizitky	45
Obrázek 29 Vedlejší stránka uživatelského rozhraní elektronické vizitky	46
Obrázek 30 Elektronická vizitka nacházející se v režimu deep sleep	47
Obrázek 31 Elektronická vizitka nacházející se ve stavu vybití	47
Obrázek 32 Pracovní stav elektronické vizitky po připojení k internetu	48
Obrázek 33 Konfigurační režim elektronické vizitky při manuálním přepisu	49

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Důležité parametry mikroprocesoru ESP32	15
Tabulka 2 Specifikace přípravku LILYGO® TTGO V2.30 2.13 dané výrobcem	31
Tabulka 3 Tabulka cen jednotlivých komponent	46

ÚVOD

Cílem této bakalářské práce je navrhnout elektronickou vizitku, která dokáže bezdrátově zobrazit data, které jsou zadány uživatelem do databáze nebo přímo do konkrétní vizitky. Daná data tedy uživatel nahraje do databáze, která se nachází mimo vizitku, a skrze internetové připojení vizitky je do sebe nahraje. V případě nahraní dat na konkrétní vizitku uživatelem, skrze webové rozhraní, se tyto data na vizitce zobrazí a odešlou do databáze, kde se daná data přepíší za aktuální. Vizitka potřebuje ke komunikaci Wi-Fi síť a jelikož se jedná o bezdrátový výrobek, tak i bateriové napájení s dostatečně vysokou kapacitou pro vysokou výdrž a minimální nutnost nabíjení či výměny. Pro co největší úspory energie je vizitka navržena tak, aby pracovala jen v době, kdy je potřeba přepsat data na displeji vizitky či při upravit nastavení vizitky. Konfigurace vizitky funguje skrze interní tlačítko, které se nachází na obalu vizitky.

Práce je rozdělena na tři kapitoly. V první kapitole se nachází literární rešerše s internetovým průzkumem a výběrem všech součástí pro správné fungování vizitky, jejich stručný popis a odůvodnění proč jsem právě tyto součástky zvolil.

V druhé kapitole se nachází návrh elektronické vizitky. Je zde vyobrazeno blokové schéma, podle kterého se práce dále rozvíjí. Jednotlivé podkapitoly se zabývají návrhem komunikace, webového rozhraní, databáze pro více vizitek, konečného elektronického schéma, návrh programu a pouzdra. Na konci kapitoly jsou vypsány použité programy.

Třetí kapitola obsahuje celkovou realizaci elektronické vizitky a její výsledný vzhled. Jsou zde konkrétně popsány jednotlivé součástky s případnými hodnotami. Dále se zde nachází blokový diagram programu a jsou zde popsány důležité jeho důležité funkce. Na konci této kapitoly se nachází tabulka s cenovým ohodnocením jednotlivých komponent a celkového výrobku.

V závěru této práce se nachází zhodnocení dosažených výsledků mezi návrhem a vlastní realizací vizitky a pojednání o funkčnosti celého systému a možných vylepšení.

1. LITERÁRNÍ REŠERŠE

V této kapitole se nachází stručný popis vizitky, k čemu slouží a jaké principy její realizace existují. Dále je zde popis různých mikroprocesorů, principy zobrazovacích displejů a vybrané druhy baterií, které by mohli být použity pro tuto práci. Součástky jsou zde vybrány podle kritérií na vizitku, které jsou na ni kladeny, a to na dostupnost na trhu, cenu či například funkčnost nebo spotřebu elektrické energie. Ke konci této kapitoly se nachází porovnání těchto součástek. V závěru kapitoly se nachází průzkum trhu, podobně fungujících systémů, které by mohli posloužit k realizaci elektronické vizitky.

1.1 Vizitka

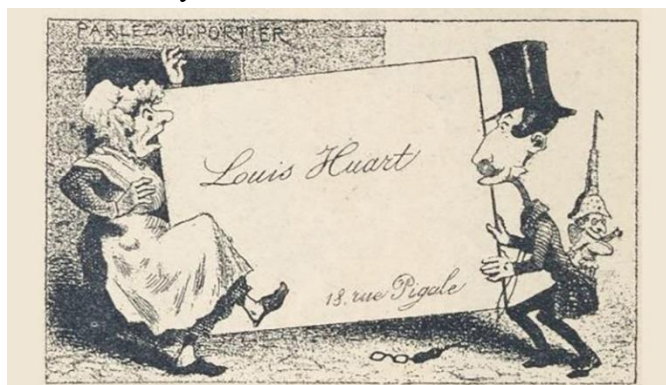
Jedná se o jednoduchý informační prvek, na kterém se nachází informace o jejím držiteli. Mezi tyto informace patří údaje jako jméno, příjmení, telefonní číslo či webové stránky majitele vizitky.

V historii se používaly proužky papíru, kde byli základní informace jako jméno a příjmení zapsány. Ve šlechtických kruzích se ručně vypisovali karty, na kterých byly zapsány všechny tituly a přídomy majitele. S postupem let se tyto karty stávali více zdobené a byly často doplněny o podpis majitele. Čím více byly vizitky zdobené, tím významnější majitel byl. V dnešní době se vizitky používají například k propagaci firmy či vlastníka. Vizitky mohou být doplněny i logem.

Vizitky se dělí na dva základní druhy, a to na soukromé či firemní. Dalšími možnými druhy jsou vizitky fotografické či v dnešních době populární turistické vizitky, kdy se jedná o samolepku, která se lepí do turistického deníku. Po obsahové stránce se dají dále rozdělit na to, v jakém slovosledu se píše jméno a příjmení, jelikož v některých státech se píše příjmení jako první a jméno jako druhé.

Kartičky vizitek se dají rozdělit i podle velikostí:

- Nejmenší mají rozměry od 4 x 7,5 cm k větším, mající rozměr 5,5 x 9,5 cm
- Standartní vizitka by měla mít rozměr 90 x 50 mm
- EURO formát vizitky má rozměr 85 x 54 mm [1]



Obrázek 1 Ukázka starožitné vizitky [2]

1.1.1 Vizitka s QR kódem

Jedná se moderní způsob vytvoření vizitky. Na vizitce se nachází základní informace o majiteli (jméno, příjmení) nebo o firmě (název firmy) a QR kód.

QR kód lze připodobnit k čárovým kódům u zboží v obchodních řetězcích, ve kterých jsou uloženy číslice, které lze naskenovat a následně identifikovat dané zboží. Kdežto sv QR kódu se nachází zakódovaná textová informace, která může dosáhnout velikostí až 4300 znaků. Informace je zakódována pomocí bílých a černých čtverečků.

Díky této technologii můžeme informace, které se na vizitku nevešly, vložit právě do tohoto QR kódu. Nejčastěji se do QR kódu ukládají tyto informace:

- Webová adresa (URL)
- Dodatečné kontaktní informace
- Události v kalendáři
- E-mail
- Poloha dle GPS
- Telefonní číslo apod.

K přečtení QR kódu stačí mobilní telefon s fotoaparátem a příslušnou aplikací, pro jeho rozkódování. [3]



Obrázek 2 Ukázka vizitky s QR kódem [4]

1.2 ESP2866/ESP32

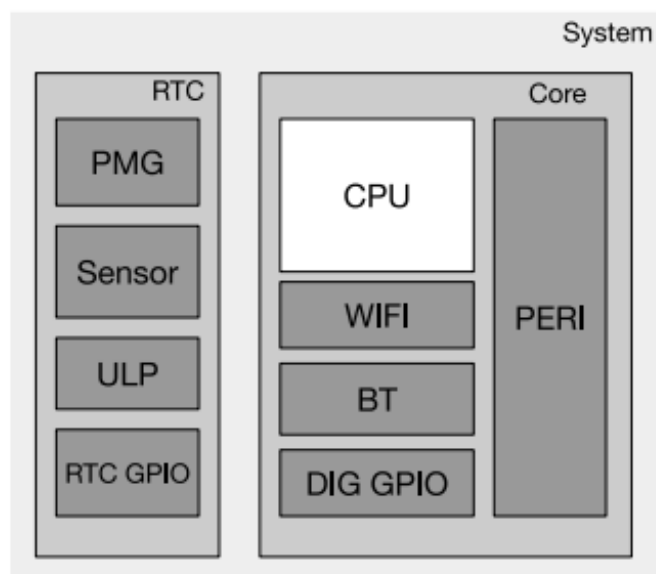
Mikroprocesorové čipy ESP2866 a ESP32 jsou výrobkem od firmy Espressif. Výrobce těchto čipů zaručuje velmi nízkou spotřebu. Tyto čipy jsou konstruovány pro použití jak v mobilních telefonech, elektronických hodinkách a v různé nositelné elektronice, tak i pro správnou funkčnost v industriálním odvětví. Uplatnění naleznou i v domácích projektech jako je měření vlhkosti, teploty apod.

ESP2866 je předchůdce čipu ESP32. Má v sobě zabudovanou 2,4 GHz Wi-Fi vysílač a přijímač. Obsahuje jedno jádrový procesor Tensilica L106 32-bit, 512 kB–16 MB

FLASH paměti. Na čipu se nachází 17 GPIO včetně sériové linky a podpory různých protokolů.

Mikroprocesorový čip ESP32 je vyráběn technologií 40nm a má v sobě zabudovanou 2,4 GHz Wi-Fi a Bluetooth vysílač a přijímač. Dále obsahuje dvou jádrový procesor Tensilica Xtensa 32-bit LX6, 512 KB SRAM, 448 KB ROM a externí 16 MB FLASH paměť. Na čipu se nachází 36 GPIO a z nich některé zvládají funkce jako PWM/I2C a SPI.

Tyto mikroprocesory disponují různými módy, které znatelně mění spotřebu elektrické energie tohoto čipu.[5]



Obrázek 3 Blokové schéma struktury mikroprocesoru ESP32 [5]

1.2.1 Správa napájení ESP32

Díky pokročilé správě napájení ESP32 nabízí 5 konfigurací pro režimy napájení:

- **Active Mode** – taktéž zvaný jako normální mód, kdy jsou všechny funkce zapnuté (WiFi, Bluetooth atd.) a čip tak odebírá více než 240 mA k správné funkčnosti.
- **Modem Sleep Mode** – V tomto režimu je aktivní vše, kromě WiFi, Bluetooth a rádia. Odběr proudu zde činí kolem 3 mA při nízké rychlosti a při vysoké rychlosti 20 mA.
- **Light Sleep Mode** – Tento mód je obdobou Modem Sleep módu. Rozdíl je zde v tom, že digitální periferie, velká část RAM a CPU jsou clock-gated, to znamená, že se vypínají části obvodů vypínáním hodinových pulsů, a tudíž v nich nemusí flip-flop obvody přepínat své stavy a tím se sníží spotřeba energie na nulu. Spotřeba činí okolo 0.8 mA
- **Deep sleep Mode** – Deep sleep mode je mód, který šetří spotřebovanou elektrickou energii ESP32, do kterého může mikrokontroler přejít, když není

využívaný. Tento stav ESP32 je udržován v RAM. Když ESP32 vstoupí do tohoto režimu, přeruší se napájení pro všechny nepotřebné digitální periferie a RAM dostává jen tolik energie, aby mohla uchovat svoje data. Spotřeba v tomto režimu je okolo 0,15 mA až 10 μ A.

- **Hibernation Mode** – Na rozdíl od sleep módu, v hibernation módu čip přeruší 8MHz oscilátor a ULP-coprocessor. Obnovovací paměť je také vypnuta, což znamená, že zde není způsob, jak zachovat data během hibernation módu. Jediné, co při tomto módu není vypnuté, je RTC časovač a RTC GPIO. Tyto dva prvky jsou zodpovědní za opětovné probuzení čipu z hibernation módu. Odběr elektrické energie je kolem 2,5 μ A. [6]

1.2.2 Důležité parametry

V tabulce níže (Tabulka 1) se nacházejí důležité hodnoty ESP32 pro konstrukci výrobku.

	Min.	Max.
Pracovní napětí:	3 V	3,6 V
Proud skrze externí zdroj:	0,5 A	-
Operační teplota:	-40 °C	125 °C
Proud skrze vstupy/výstupy:	-	12 mA

Tabulka 1 Důležité parametry mikroprocesoru ESP32

1.3 Raspberry PI Zero W

Jedná se o zmenšenou variantu klasického Raspberry PI od charitativní firmy Raspberry Pi Foundation. Od svých předchůdců se liší tím, že má v sobě vestavěnou Wi-Fi a Bluetooth. Jedná se o nejmenší a nejúspornější verzi z mikropočítačů Raspberry Pi. Mikropočítač obsahuje jedno jádrový procesor ARM1176JZF-S, 512 MB RAM a slot pro MicroSD kartu pro interní paměť počítače. Dále obsahuje 2,4 GHz Wi-Fi vysílač a přijímač, stejně tak i Bluetooth 4,1/BLE. Čip disponuje 40 vývody pro vstupní/výstupní periferie, kde některé vývody podporují protokoly jako I2C/SPI a PWM. [7]



Obrázek 4 Ukázka vzhledu Raspberry PI Zero W [8]

1.4 Elektronický inkoustový displej

Elektronický inkoustový displej (e-ink, e-paper apod.) je technologie podobná běžnému psaní inkoustem na papír. Rozdíl od LCD displeje je v tom, že elektronický inkoustový displej reflektuje světlo stejně jako papír, na rozdíl od LCD displeje, který světlo emituje.

Mezi hlavními benefity elektronického inkoustového displeje tedy patří přirozenější čtení z displeje, které lze připodobnit čtení například z knížky a velmi nízká spotřeba elektrické energie. Z displeje lze odčítat i na jasném slunečním světle, takže je vhodný pro použití jak v domácnosti, tak i venku.

Díky těmto vlastnostem lze tento druh displeje napájet skrze baterie či solární energie a dají se použít v přenosných zařízeních s bezkontaktní komunikací jako jsou různé čtečky apod. [9]

1.4.1 Princip funkce

Elektronické inkoustové displeje jsou elektroforetické. Elektroforéza je věda, která se zabývá pohybem částic ovlivněných elektrickým polem. Tyto displeje jsou vyrobeny z malých kapslí, které mají průměr 0,04 mm a obsahují dva i více různých druhů částic, v tomto případě například dvě, a to černou a bílou. Pomocí elektřiny lze vybrat, který druh částic, černé nebo bílé, vystoupají do vrchní části této kapsle a tímto způsobem změni barvu pixelu na displeji. Tyto částice zůstanou na svém místě i po odpojení od elektrické energie, tudíž displej udrží svůj obsah, i když není napájen. Popis funkce lze lépe vidět na obrázku níže (Obrázek 5). [10]



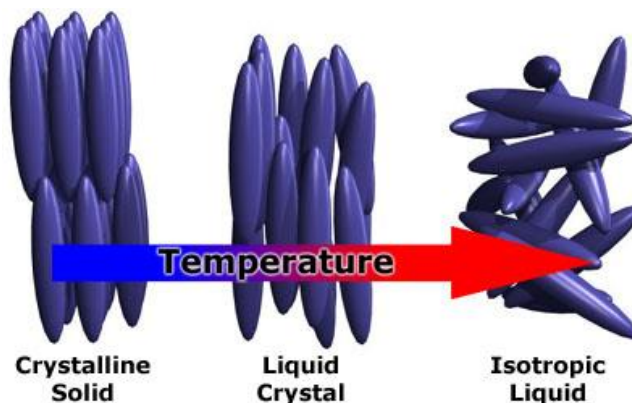
Obrázek 5 Princip funkce elektronické inkoustové kapsle [11]

1.5 LCD displej

LCD displej je tenké a ploché zobrazovací zařízení, které se skládá z barevných nebo monochromatických pixelů, které jsou seřazeny před světelným zdrojem. Jsou poměrně energicky nenáročné, a tudíž jsou vhodné pro použití v přenosných zařízeních, které je možné napájet skrze bateriový článek.[12]

1.5.1 Princip funkce

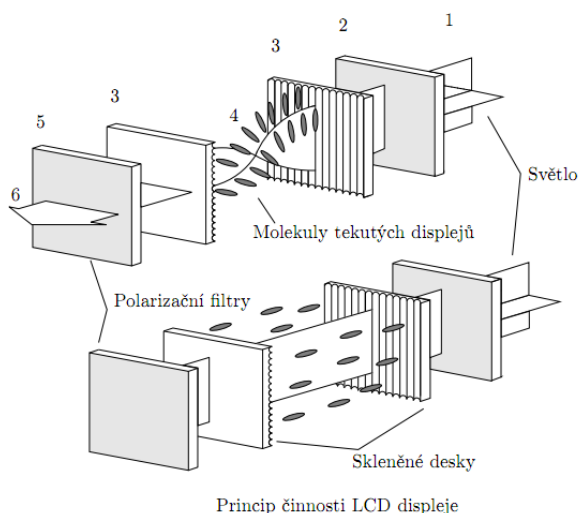
Jedná se o displej, který je tvořen tekutými krystaly. Tyto krystaly vznikají z látky Cholesterylbenzonátu, která má podobu zakalené tekutiny. V závislosti na zvyšující teplotě se z látky uvolňují její molekuly a tím se látka dostává do kapalného skupenství. Když tuto látku ohřejeme v malém měřítku, tak vzniknou právě tyto tekuté krystaly (Obrázek 6)



Obrázek 6 Princip vzniku tekutých krystalů [12]

Pro čitelnost znaků, textu, obrázků, je nutné displej podsvítit zdrojem světla, k tomu slouží luminiscenční výbojka. Světlo se z této výbojky šíří ve formě sinusoid a prochází přes 1. polarizační filtr, ze kterého nakonec vyjdou jen sinusovky horizontální. Mezi dvěma orientačními filtry se nachází skleněné destičky, kde jedna má vertikální

propustnost a druhá horizontální propustnost. Mezi těmito destičkami se nachází tenká vrstva tekutých krystalů. Průchodnost světla je ovlivněna tekutými krystaly, po přivedení elektrického napětí na elektrody tekutého krystalu, se molekuly narovnají, a tudíž zapříčiní neprůchodnost světla druhou skleněnou destičkou. [12]



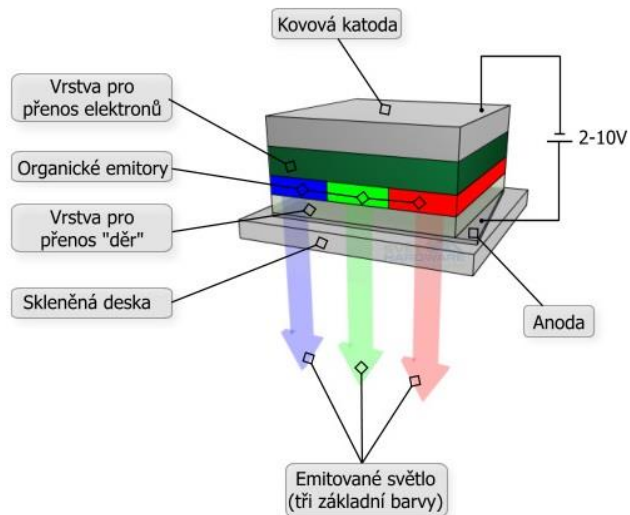
Obrázek 7 Princip činnosti LCD displeje [12]

1.6 OLED displej

Jedná se o technologii displeje, kde se jako elektrolumiscenční látka využívají organické materiály. Tyto organické materiály jsou vloženy mezi dvě elektrody, přičemž alespoň jedna z elektrod musí být průhledná. Na rozdíl od LCD displeje nemusí být OLED displej podsvícený, jelikož jeho samotné pixely emitují světlo. Jelikož pixely emitují světlo, tak při hodně světlých barvách spotřebovává více elektrické energie, naopak při tmavých méně, přičemž u černé žádnou. Využívá se ke konstrukci displejů u televizních obrazovek či počítačových obrazovek, ale i u mobilních telefonů nebo chytrých hodinek.[13]

1.6.1 Princip funkce

OLED displej je tvořen průhlednou anodou a neprůhlednou, kovovou, katodou. Mezi těmito dvěma elektrodami je vloženo několik vrstev organické látky. Tyto vrstvy se dělí na emitující díry, přenášejí díry, vyzařovací vrstvy a na vrstvu přenášejí elektrony. Pokud je tedy přivedeno elektrické napětí, jsou vyvolány kladné a záporné náboje, které se slučují ve emitující vrstvě a produkují světelné záření. [14]



Obrázek 8 Princip OLED displeje [14]

1.7 Baterie CR2032

Jedná se o „knoflíkovou“ lithiovou baterii, která vyniká svými malými rozměry. Kapacita této baterie je 230 mAh a její napětí na vývodech je 3 V. Je tvořena z nereznoucí oceli, tudíž je odolná vůči korozi. Používá se převážně v kalkulačkách, dálkových ovladačích, kamerách a v dalších přenosných zařízeních. [15]



Obrázek 9 Vzhled baterie CR2032 [16]

1.8 Baterie Li-Pol

Jedná se o lithium polymer baterii. Tyto baterie vynikají svou tenkostí, lehkostí a svým výkonem. Výstup této baterie se pohybuje od 3,0 až 4,2 V při úplném nabití. Baterie mají různé rozměry a od těchto rozměrů se rozlišuje i jejich kapacita. Tuto baterii lze dobíjet. [17]



Obrázek 10 Vzhled baterie Li-Pol [17]

1.9 Baterie Li-Ion

Jedná se lithium-iontovou baterii, kterou lze dobíjet a používá se ve spotřební elektronice. Díky své vysoké kapacitě je vhodná pro použití v přenosných zařízeních. Chemický princip je velmi podobný bateriím Li-Pol. Výstupní napětí těchto baterií je 3,6 V, případně 3,7 V. [18]



Obrázek 11 Vzhled baterie Li-Ion [19]

1.10 Porovnání

V této podkapitole si rozebereme vhodnost jednotlivých komponent pro funkci elektronické vizitky. Hlavními parametry, které budou porovnávat, bude velikost součástky, k dosažení co nejmenších rozměrů výsledného výrobku. Dále bude rozhodovat

cena součástek a použitelnost pro celkový systém elektronické vizitky s bezdrátovou komunikací.

1.10.1 Porovnání mikroprocesorů/minipočítačů

Mikroprocesor ESP2866 splňuje základní požadavky pro použití v elektronické vizitce. Při normálním provozu, při vypnuté Wi-Fi, odebírá proud 60 mA, při zapnuté Wi-Fi a stahování/odesílání dat, procesor odebírá až 120 mA. Při režimu deep sleep, výrobce udává spotřebu kolem 20 μ A. Mikroprocesor tedy odpovídá požadavkům na spotřebu. Na přípravku se nachází 17 GPIO pinů, které jsou pro konstrukci zcela dostačující. Velikostně se vývojové desky s mikroprocesory ESP2866 pohybují o malých rozměrech a cenově se tyto desky pohybují od 126 Kč a výš na českém trhu.

Mikroprocesor ESP32 je novější nástupce procesorů ESP2866. Funkčností jsou si velice podobní, avšak ESP32 je hardwarově vybavenější než ESP2866, má více jádrový procesor, více úložné paměti a 36 GPIO pinů. Výrobce udává při režimu deep sleep až 10 μ A. Při klidovém chodu a při používání Wi-Fi jsou tyto hodnoty podobné s ESP2886. Z tohoto hlediska se dá říct, že je mikroprocesor ESP32 energeticky méně náročnější a jde u něj programově lépe rozplánovat správu napájení. Velikostně se vývojové desky pohybují podobně jako ESP2866 a cenově se pohybují od 230 Kč na českém trhu.

Minipočítač Raspberry PI Zero W je komplexnější než předchozí dva mikroprocesory, má grafický výstup v podobě miniHDMI a lze do nich nahrát jeden z několika připravených operačních systémů. Ovšem tento minipočítač neobsahuje uživatelskou paměť, která musí být doplněna pomocí microSD karty. Je zde integrována WiFi a Bluetooth. Velikostně odpovídá Raspberry PI Zero W předchozím vývojovým deskám s mikroprocesory a na českém trhu se pohybuje s cenou od 300 Kč.

Vzhledem k předchozím odstavcům bych na základě získaných informací z výběru vyloučil mikroprocesor ESP2866, jelikož jeho novější nástupce ESP32 ho ve mnoha ohledech překonává a velikostně se tyto vývojové desky s mikroprocesory neliší. Vybraný minipočítač je sice nejvýkonnější z výběru, avšak jeho komplexnost a některé funkce nejsou pro elektronickou vizitku podstatné a při dokoupení SD karty se stane nejdražším ze všech zmíněných. Pro výrobu elektronické vizitky tedy použijí vývojovou desku s mikroprocesorem ESP32.

1.10.2 Porovnání zobrazovacích displejů

LCD displej by pro tuto práci mohl být vhodným kandidátem pro použití. LCD displeje se vyrábí i v barevných verzích a ve všech rozměrech. Doporučené napětí malých LCD displejů je 3,3-5 V. Tyto displeje podporují komunikaci přes SPI i skrze I2C. Nevýhodou tohoto displeje je, že má stálý odběr elektrické energie při zobrazování informací na displeji, jelikož musí být stále podsvěcován, aby informace udržel. Výhodou LCD je cena, u malých displejů se pohybuje okolo 96 Kč a výš.

OLED displej také splňuje požadavky pro použití. Velikostně se pohybuje podobně jako LCD displej, avšak je méně robustnější. Napětí podporované na vstupu displeje se pohybuje od 3,3 až 5 V. Podporuje, jak SPI, tak i I2C. Nevýhoda OLED displeje je totožná s nevýhodou LCD displeje, tedy že pro zobrazení informací na displeji je potřeba stále napájení. Výhodou oproti LCD je, že jsou napájeny jen pixely, na kterých je dané informace potřeba zobrazit, ty pixely, které jsou černé se nenapájí. Jelikož se jedná o displej, který je vyroben z organických látek, tak má kratší životnost než například zmiňovaný LCD. Displej vyniká vysokým jasnem a tím pádem i dobrými pozorovacími úhly. Cena OLED displeje malých rozměrů se pohybuje okolo 90 Kč a výš.

Elektronický inkoustový displej taktéž vyhovuje pro použití jako zobrazovacího panelu pro elektronickou vizitku. Vyrábí se v několika velikostech, a především ve dvoubarevných verzích. V dnešní době je možné zakoupení těchto displejů i ve více barevných kombinacích. Displej je napájen 3,3 V. Podporuje komunikaci skrze SPI i I2C. Výhodou tohoto displeje je nízká spotřeba, která je ze dvou výše zmiňovaných bezkonkurenčně nejmenší. Na displeji zůstanou informace i po odpojení napájení. Nevýhodou tohoto displeje je jeho cena, cenově se malé displeje pohybují okolo 288 Kč a výše.

Podle ceny by byl pro práci nejvhodnější OLED displej či LCD displej. I přes znatelný cenový rozdíl, elektronický inkoustový displej tyto dva druhy displejů převyšuje s téměř nulovým odběrem energie a tím, že zobrazená data zůstanou na displeji i bez napájení. Z tohoto hlediska tedy volím k výrobě vizitky elektronický inkoustový displej.

1.10.3 Porovnání baterií

Baterie CR2032 z dalších dvou vybraných odpovídá velikostně nejlépe. I přes tuto nedílnou výhodu baterie nelze použít z důvodu nízkého napětí na vývodech.

Bateriové články Li-Ion je možné použít do konečného výrobku. Napětí této baterie se pohybuje od 3,6 V až 3,7 V. Kapacitně se tyto baterie vyrábějí až v řádech tisíců miliampérhodin. Nevýhodou této baterie pro použití v této práci je ta, že se většina těchto bateriových článků vyrábí ve tvaru válce, tudíž nesplňují požadavky na velikost, případně tvar.

Bateriový článek Li-Pol se neliší pouze technologií, ale i tvarem, kdy se tyto baterie vyrábějí v kvádrovém tvaru a velmi placaté. Na vývodech této baterie se napětí pohybuje okolo 3 až 4,2 V. Kapacitně jsou na tom podobně jak Li-Ion baterie.

Pro dlouho dobovou výdrž lze použít jen baterie typu Li-Pol či Li-ion. Velikostně jsem zvolil baterie s kapacitou nad 1000mAh, pro dlouhou výdrž výrobku. Li-Pol baterie se pohybuje od 140 Kč a baterie Li-Ion od 170 Kč. Cenově i velikostně jsem zvolil pro výrobu elektronické vizitky Li-Pol bateriový článek.

1.11 Průzkum trhu – firma Czechphone

Jedná se o českou firmu zabývající se vývojem a výrobou komunikačních a přístupových systémů sídlící v Bolaticích u Opavy.

Jako první výrobce domácí komunikační techniky na světě vytvořil výrobek zvaný tablo s elektronickým papírem, které zobrazuje jmenný seznam uživatelů. Tato elektronická jmenovka slouží k editaci jmenného seznamu zobrazovaného na displeji výrobku. Díky použité technologii může oprávněný uživatel editovat jmenný seznam jmenovky, bez nutnosti tyto jména tisknout na papír, otvírat tablo a měnit tyto jmenovky fyzicky. Za pomoci zabudovaného Wi-Fi serveru v table, je možné, po připojení k Wi-Fi síti, tento jmenný seznam upravovat. K tablu se lze připojit bez nutnosti instalace jakéhokoli programu, stačí mít k dispozici webový prohlížeč v počítači, notebooku či na chytrém telefonu. V klidovém režimu E-ink jmenovka neodebírání žádnou elektrickou energii. [20]



Obrázek 12 Komunikace s tablem od firmy Czechphone [20]

2. NÁVRH ELEKTRONICKÉ VIZITKY

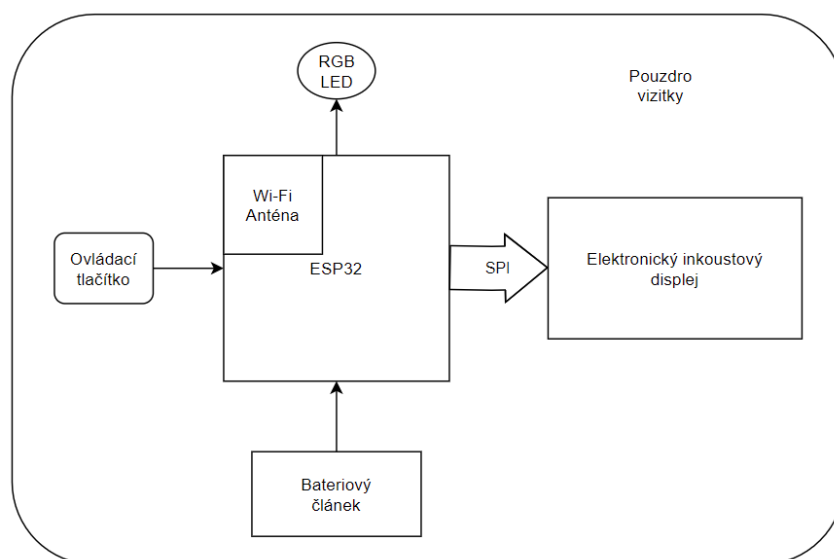
V této kapitole se nachází vlastní návrh praktického řešení konceptu elektronické vizitky. Elektronická vizitka je ovládána skrze tlačítko, díky kterému přechází mezi dvěma svými režimy, a to pracovním režimem a konfiguračním režimem.

Do pracovního režimu se vizitka dostane po krátkém sepnutí ovládacího tlačítka. V tomto režimu se resetuje displej vizitky a dojde k aktualizaci dat na displeji vizitky v závislosti na tom, jestli došlo ke změně dat stažených z databáze. Pokud dojde k aktualizaci, či nikoli, vizitka se uspí a bude se probouzet za určitou dobu a dotazovat se databáze, jestli došlo ke změně údajů pro tuto konkrétní vizitku.

V konfiguračním režimu se vizitka ocitne po sepnutí tlačítka, které je delší než 5 sekund. V tomto režimu se z vizitky stane AP (Přístupový bod) a uživatel se do něho může připojit přes zařízení, které má přístup ke komunikaci skrze Wi-Fi síť. Skrze webový formulář se nastaví informace o konkrétní vizitce, přístupová adresa k databázi, ze které má vizitka stahovat data a v neposlední řadě údaje k Wi-Fi síti, aby vizitka mohla tyto data stahovat. Po opětovném stisknutí ovládacího tlačítka, či stisknutí webového tlačítka, se vizitka přesune do pracovního režimu, ve kterém dále setrvává.

2.1 Blokové schéma elektronické vizitky

Na blokovém schéma níže (Obrázek 13) se nachází návrh elektronické vizitky. Je zde naznačeno připojení napájecího, ovládacího, signalizačního a zobrazovacího komponentu vizitky. S blokového schéma dále vyplývá, že komunikace mezi mikroprocesorem ESP32 a elektronickým inkoustovým displejem probíhá za pomoci SPI. Všechny zobrazené komponenty jsou zapracovány do pouzdra.



Obrázek 13 Návrh Blokového schéma elektronické vizitky

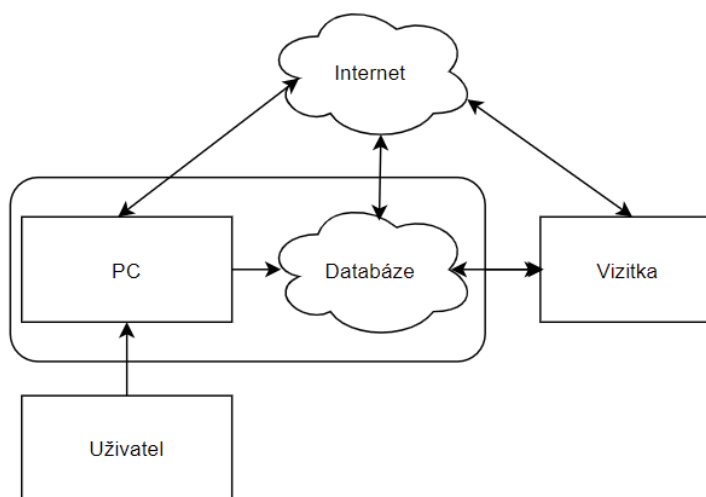
2.1.1 SPI

SPI je sériové periferní rozhraní, které se používá pro komunikaci mezi mikrokontrolery a jinými integrovanými obvody (např. displeje, A/D převodníky atd.). Komunikace se realizuje za pomoci společné sběrnice. Spojené zařízení se dělí na řídicí a jím podřízené zařízení. Řídicí zařízení řídí komunikaci za pomoci hodinového signálu a určuje s jakým zařízením bude komunikovat. Podřízené zařízení reaguje na hodinový signál a podle aktivace příslušných pinů se aktivuje. [21]

2.2 Komunikace elektronické vizitky

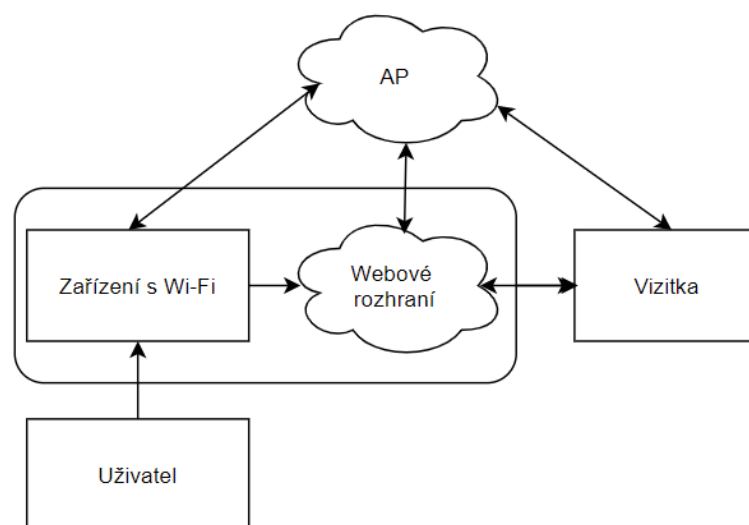
Jak je psáno v kapitole 2 vizitka komunikuje dvěma způsoby:

- **Skrze internetové připojení s databází za pomoci Wi-Fi:** Vizitka stahuje data z databáze, která jsou umístěna na webovém serveru, který se nachází na stejné internetové síti, na kterou je připojena vizitka pomocí Wi-Fi. Tato komunikace bude fungovat na bázi HTTP požadavků, konkrétně požadavku GET.



Obrázek 14 Návrh komunikace databáze s vizitkou

- **Skrze Access Point za pomoci Wi-Fi:** Vizitka se stane zmíněným Access Pointem a uživatel se za pomoci chytrého zařízení s přístupem k Wi-Fi a přístupových údajů ke konkrétní vizitce připojí. Po odeslání dat si vizitka vyhledá konkrétní odeslaná data uživatelem a uloží si tyto data do své interní paměti. Komunikace funguje formou AP Wi-Fi webového serveru, kdy uživatelské rozhraní AP běží na vizitce a mikroprocesor má přímý přístup k uživatelem odeslaným datům.



Obrázek 15 Návrh komunikace vizitky a Access Pointu

2.2.1 Wi-Fi

Jedná se o bezdrátové připojení do internetové sítě. Wi-Fi zařízení se používá prakticky u každého přenosného zařízení (Přenosné počítače, telefony, hodinky atd.). Zajišťuje komunikaci na spojové vrstvě, zbytek práce pak zajišťují vyšší protokoly. [22]

2.2.2 AP

Jedná se o takové zařízení, podobné bezdrátovému routeru, ke kterému se ostatní zařízení připojují. K připojení k AP je potřeba zařízení, které má přístup k Wi-Fi. AP nepotřebuje připojení k internetové síti, jelikož se stává routerem. [23]

2.2.3 Webový server

Jedná se o webový server, na kterém běží webové stránky. Je to počítačový program, který distribuuje webové stránky tak, jak je na ně dotazováno. Základním kamenem webového serveru je možnost ukládat, zpracovávat a odesílat webové stránky k uživatelům. Ta to vnitřní komunikace je umožněna za používání http, tedy hypertextového protokolu. Tyto webové stránky většinou obsahují statický obsah ve formě HTML dokumentů, obrázků, upravených tabulek a dalších. Kromě http, podporuje webový server také SMTP a FTP, což jsou protokoly pro e-mail a pro přenos a ukládání souborů.

Hlavní funkce webového serveru spočívá v zobrazování webového prostředí. Když není webový server veřejný pro veřejnost a používá se pouze interně, jedná se o intranet. Pokud se zadá požadavek pro webovou stránku za pomoci internetového prohlížeče a vložení příslušné webové adresy či URL do adresního řádku, prohlížeč odešle na internet požadavek na zobrazení příslušné webové stránky. Server DNS pak převede tuto adresu URL na IP adresu, která ukazuje na webový server. [24]

2.2.4 HTTP

Jedná se o internetový komunikační protokol používaný k připojení k webovým serverům na internetu nebo na lokální síti (intranetu). Primární funkcí tohoto protokolu je navázání komunikace s webovým serverem a odeslání HTML stránek zpátky do internetového prohlížeče uživatele. Tento protokol se dále používá i pro stahování dat z webového serveru, také skrze prohlížeč nebo skrze aplikaci či program, který používá právě tento protokol. Nástavbou tohoto protokolu je jeho chráněná verze HTTPS. [25]

2.3 Webového rozhraní

Na obrázku níže (Obrázek 16) je možné vidět návrh konceptu hlavní stránky vizitky, na které se uživatel ocitne, jakmile se připojí k vizitce skrze AP. Jedná se o konfigurační režim, na hlavní stránce se nachází formulář pro manuální přepsání údajů uživatele na vizitce. Mezi tyto údaje patří jméno, příjmení, telefonní číslo a e-mail. Uživatel může přepsat libovolný údaj a po stisknutí tlačítka „Odeslat na vizitku“ se tento údaj v reálném čase přepíše na displeji vizitky. Dále se zde nachází tlačítka s názvem „Uspat vizitku“, které jak už z názvu vypovídá, ponoří vizitku do režimu deep sleep. Pod manuálním přepsáním se nachází důležité tlačítka „Nastavení vizitky“, po jehož stisknutí se vizitka přesměruje na další stránku, na které se nachází další formulář, který je důležitý pro správnou funkci pracovního režimu.

The image shows a web interface titled "Uživatelské rozhraní elektronické vizitky" (User interface of the electronic business card) in "Konfigurační režim" (Configuration mode). It features a "Manuální přepsání" (Manual overwrite) section with four input fields for "Jméno:" (Name), "Příjmení:" (Surname), "Tel. číslo:" (Phone number), and "E-mail:". Below these fields are three buttons: "Odeslat na vizitku" (Send to business card), "Uspat vizitku" (Put business card to sleep), and "Nastavení vizitky" (Configure business card).

Obrázek 16 Hlavní stránka po připojení do AP

Na této stránce (Obrázek 17) se nachází již zmiňovaný formulář pro nastavení pracovního módu vizitky. Pro orientaci v databázi, musíme zadat název vizitky, který se

musí shodovat s tím, který je zadaný ve vytvořené databázi. Do kolonky „Adresa databáze“ je nutno zadat odkaz k připojení do vytvořené databáze, aby vizitka mohla pracovat s daty, tedy tyto data stahovat do sebe či odesílat ručně zadané zpátky do databáze. Dvě další kolonky jsou důležité pro připojení k internetu. Uživatel do nich zadá přístupové údaje k Wi-Fi síti. Pod formulářem se opět nachází tlačítko na odeslání uživatelem zadaných dat do vizitky, ve které se tyto data uloží a vizitka s nimi může dále pracovat. Jako poslední se zde nachází tlačítko „Zpět“, které nás přesměruje zpátky na úvodní hlavní stránku, kde můžeme vizitku uspat a tím ji přepnout do pracovního módu.

Uživatelé rozhraní elektronické vizitky
Konfigurační režim

Název vizitky:

Adresa databáze:

Údaje pro připojení k internetu

Název Wi-Fi:

Heslo k Wi-Fi:

Odeslat na vizitku

Zpět

Obrázek 17 Vedlejší stránka pro nastavení důležitých proměnných pro správnou funkci

Webové rozhraní elektronické vizitky bude psáno v značkovacím jazyce HTML a doplněkem CSS s prvky JavaScriptu.

2.3.1 HTML

Jedná se o značkovací jazyk, který je používán pro vytvoření webových stránek, které jsou propojeny hypertextovými odkazy. Jedná se o přední jazyk pro vytváření stránek v systému WWW, který zajišťuje publikaci stránek na internetu. Jazyk HTML je nástavbou značkovacího jazyka SGML a jeho vývoj je ovlivněn vývojem webových prohlížečů. [26]

2.3.2 CSS

Kaskádové styly se používají k formátování webu. Určují, jak mají být jednotlivé prvky značkovacího jazyka HTML zobrazovány na obrazovce. Dále šetří spoustu práce, mohou být použity pro více stránek najednou. Používají se buď interně, myšleno přímo v kódu HTML anebo externě uloženy v souboru s příponou „.css“. [27]

2.3.3 JavaScript

Jedná se o objektově orientovaný skriptovací jazyk, který je řízen událostmi. Syntaxí patří do uskupení C, C++ a Javy, avšak je od těchto zmiňovaných jazyků principiálně odlišný. Je používán jako doplněk pro jazyky HTML a Java.

U webových stránek je často přímo vkládaný do kódu stránky psané v HTML. Uživatel interpretaci provádí za použití webového prohlížeče. V rozhraní slouží k ovládání různých grafických prvků (tlačítka, textové pole atd.) nebo k tvorbě animací či efektů. [28]

2.4 Databáze pro vizitky

Databáze pro systém více vizitek se nachází na webovém serveru, který běží na lokální síti. Tato databáze je vytvořena za pomoci MySQL, která je editována za pomoci phpMyAdmin, který slouží k bezpečnému připojení a provozu databáze. Za pomoci programu Apache je webový server spuštěn na lokální síti a je možné se na něj připojit skrze zařízení, které je připojeno do stejné sítě.

Výčet z databáze je vyveden na webové stránky, které jsou psány v HTML s prvky PHP. Tento výčet databáze je možné upravovat skrze tyto webové stránky, tedy lze přidávat a odebírat vizitky.

2.4.1 Databáze

Databáze je organizovaný soubor strukturovaných dat, které se v elektronické podobě ukládají do počítačového systému. Obvykle je databáze řízena za pomoci systému pro správu databáze. Data a systém pro správu databáze s přidruženými aplikacemi se nazývá databázový systém, zkráceně databáze.

Data jsou formována v databázi nejčastěji jako řada tabulek, která je dále složena z řádků a sloupců, což zefektivňuje zpracování a vytváření dotazů. Tímto je dále usnadněn přístup k datům, úpravám, aktualizacím, řízení a organizacím dat. Většina databází používá k zadávání dat a vytváření dotazů dotazovací jazyk SQL.

SQL je programovací jazyk, který používají z větší části relační databáze, k vytváření dotazů, manipulaci s daty, definování dat a k řízení přístupu. V 70. letech tento jazyk vyvinula firma IBM ve spolupráci s firmou Oracle.

MySQL je relační databázový systém s otevřeným zdrojovým kódem, který je založený na SQL. Je navrhnut a optimalizován pro webové aplikace a je funkční na libovolné platformě. MySQL je navržena tak, aby zpracovávala velmi velké množství dotazů a transakcí. Databáze MySQL je oblíbená u elektronických obchodů, které potřebují zajistit hromadné peněžní transakce. [29]

2.4.2 phpMyAdmin

Jedná se o nejpopulárnější nástroj pro správu databáze. Tento nástroj je orientován na

editaci databáze MySQL pomocí webového prostředí napsaného v PHP. Díky phpMyAdmin lze spravovat databáze, tabulky, sloupce, spojení, indexy, uživatele či uživatelská oprávnění a další. Tyto operace dokáže uživatel provádět z uživatelského prostředí. [30]

2.4.3 Apache

Jedná se o open source software pro tvorbu webového serveru. Je stavěný pro hostování jednoho či více webových stránek na základě HTTP. Výhodou tohoto programu je podpora více programovacích jazyků či podpora databází. Web server vytvořený Apachem může být vylepšen manipulací s kódem či přidáním několika dostupných rozšíření. [31]

2.4.4 PHP

Jedná se o široce používaný open source univerzální skriptovací jazyk, který má uplatnění při tvorbě a vývoji webových aplikací a může být implementován v jazyce HTML. PHP stránky obsahují HTML s vloženým PHP kódem. Kód PHP je vložen ve speciálních instrukcích pro zahájení a ukončení zpracování `<?php ... ?>`. Tato syntaxe umožňuje přejít do a z „PHP módu“. Na rozdíl od JavaScriptu, který je spuštěný na straně uživatele, je PHP kód spuštěn na serveru, generuje HTML, které je pak dále distribuováno uživateli. Uživatel pouze obdrží výsledky spuštění skriptu, bez možnosti vidět, jaký kód tyto výsledky vygeneroval. Z tohoto vyplývá, že lze na nakonfigurovat webový server tak, že bude zpracovávat všechny HTML soubory pomocí PHP a koncový uživatel nebude moc zjistit, na jaké bázi kódu webový server funguje.

Výhodou PHP je jednoduchost pro začínající programátory, avšak nabízí i spoustu pokročilých funkcí pro profesionálního programátora. [32]

2.5 Elektronická vizitka

Z literární rešerše a internetového průzkumu jsou zvoleny pro návrh elektronické vizitky komponenty ESP32 a elektronický inkoustový displej. Z tohoto důvodu jsem zvolil pro konstrukci přípravek LILYGO® TTGO V2.3, který velikostně odpovídá klasické vizitce.

2.5.1 LILYGO® TTGO V2.3

Pro tuto práci jsem vybral přípravek vyvinutý firmou LILYGO®, která sídlí v Číně. Jedná se o spojení mikroprocesoru ESP32 a elektronického inkoustového displeje. Přípravek má rozměry 66,29x36,75 mm, přičemž displej má velikost 2,13 palců (=5,41 mm). Od těchto dvou součástí si přebírá to nejdůležitější, a to je nízká spotřeba jak ESP32, tak i e-ink displeje, z toho vyplývá, že přípravek je možné napájet skrze bateriový článek. Díky použití tohoto specifického mikroprocesoru má možnost připojení k internetu za pomoci Wi-Fi či možnost komunikovat skrze Bluetooth. Za pomoci elektronického inkoustového displeje dále uchová data na displeji i po odpojení elektrické energie. Díky své velikosti

může být využit jako cenovka v obchodních řetězcích, jmenovka, vizitka či identifikátor v průmyslových oblastech. [33]



Obrázek 18 Ukázka vzhledu přípravku LILYGO® TTGO V2.30 2.13 Inch [34]

2.5.2 Důležité parametry přípravku

V tabulce níže (Tabulka 1) se nacházejí důležité parametry tohoto přípravku, které výrobce udává na svých webových stránkách.

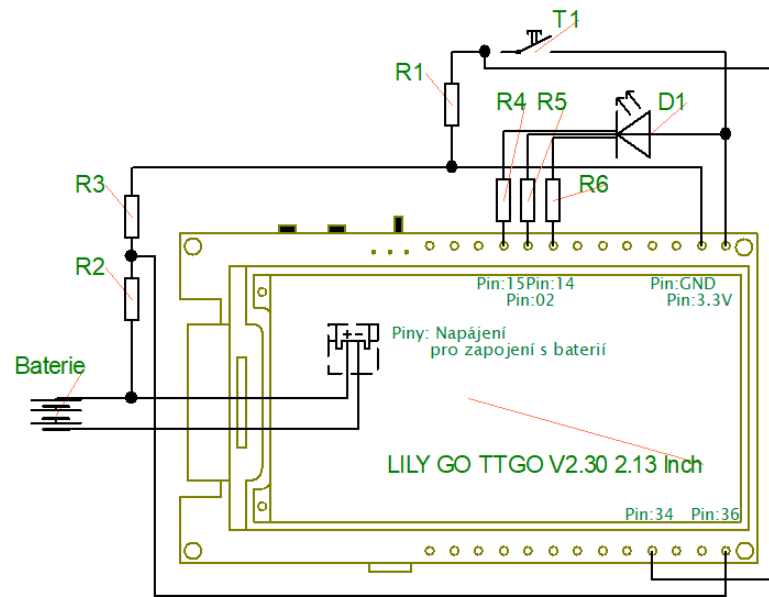
Pracovní napětí:	3,3 V
Barva displeje:	Black, white
Celkové obnovení displeje:	2 s
Částečné obnovení displeje:	0,3 s
Spotřeba při obnovení:	26,4 mW
Čip ovladače:	GDEH0213B72
Rozlišení displeje:	250x122

Tabulka 2 Specifikace přípravku LILYGO® TTGO V2.30 2.13 dané výrobcem

2.6 Elektronické schéma vizitky

V elektronickém schéma níže (Obrázek 19) je možné vidět návrh zapojení elektronické vizitky. Baterie je přímo připojena na piny určené k napájení z externího zdroje. Je zde vyobrazen vývod z kladného pólu baterie, který vede skrze napěťový dělič na pin 36 za účelem zjišťování stavu baterie skrze programový kód. Dále zde je připojeno tlačítko T₁ na pin 34, které slouží k probuzení vizitky ze spánku. K tomuto pinu je připojen paralelně rezistor R₁ s hodnotou 100 kΩ, kvůli nestálosti pinů v době, kdy není na pin přiváděno žádné napětí. Na schéma se ještě nachází zapojení RGB diody D₁, která je anodou, připojena na pin 3,3 V a výstupy z katody jsou připojeny, skrze rezistory R₄, R₅ a R₆ na

piny: 14 pro červenou LED, 15 pro zelenou LED a 02 pro modrou LED.



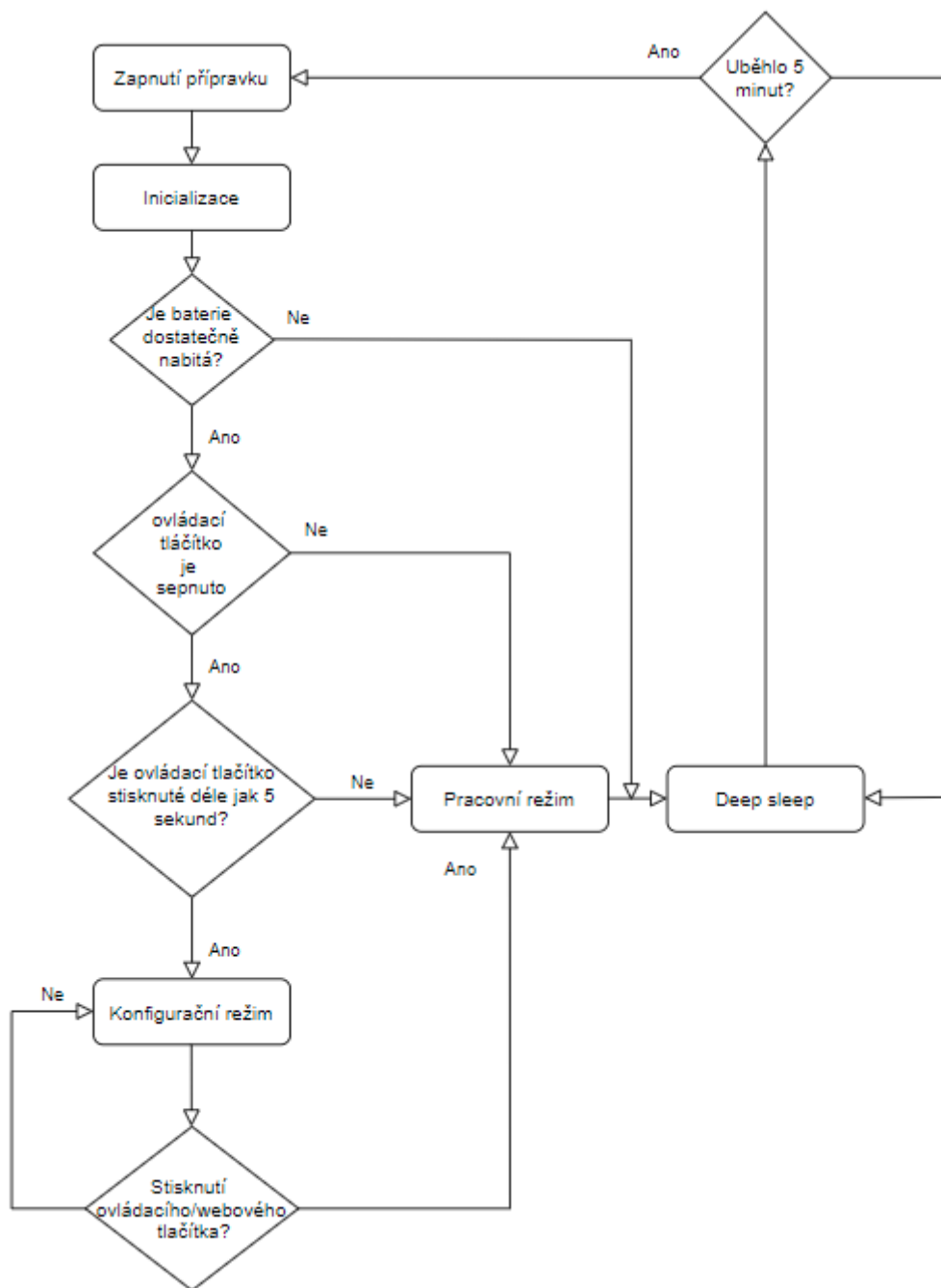
Obrázek 19 Elektronické schéma vizitky

2.7 Programové vybavení elektronické vizitky

V této podkapitole se nachází vlastní řešení programového vybavení vizitky. Funkce programu je naznačena na vývojovém diagramu a nachází se zde stručný popis bloků inicializace, deep sleep, pracovního režimu a konfiguračního režimu. Dále se zde nachází i stručný popis použitých funkcí pro správnou funkčnost programu vizitky.

2.7.1 Struktura programu

Na vývojovém diagramu níže (Obrázek 20) je možné vidět strukturu programu, který je nahraný v elektronické vizitce. V dalších podkapitolách se nachází stručný popis důležitých bloků.



Obrázek 20 Vývojový diagram programu

2.7.2 Inicializace

Ve stavu inicializace se přiřadí jednotlivé vstupy/výstupy k jednotlivým používaným pinům, spustí se sériová komunikace, komunikace s displejem, komunikace se SPIFFS a vizitka se připojí k Wi-Fi, pokud jsou údaje pro připojení ve vizitce nahrány. Dále jsou zde definovány jednotlivé webové stránky AP, na které se uživatel může dostat pouze v případě, že se nachází v konfiguračním módu vizitky.

Komunikace mikroprocesoru s AP webovými stránkami je vyjádřena tak, že za pomoci funkce `request->getParam(„jméno_požadovaného_údaje“)->value()` program naplní proměnou požadovanou hodnotou údaje a tuto proměnou dále uloží za pomoci funkce `writeFile()` do textového souboru, který má své specifické místo ve FLASH paměti mikroprocesoru. S tímto souborem pak program dokáže pracovat po zavolání funkce `readFile()` a dokáže vložit hodnotu z textového souboru zpátky do proměnné. Níže se nachází popis použitých funkcí pro zápis a čtení z FLASH paměti:

- **writeFile()** – Tato funkce má 3 vstupní parametry. První parametr je použitý souborový systém, v tomto případě SPIFFS, druhý vstupní parametr je cesta k uložení souboru a třetí parametr je samotná zpráva, která má být vepsána do souboru. Funkce `writeFile` slouží k obsluze souborového systému SPIFFS a vytvoří námi zvolený soubor a vepíše do něj námi požadované informace.
- **readFile()** – Tato funkce má 2 vstupní parametry, a to použitý souborový systém, SPIFFS, a cestu k uloženému souboru. Funkce `readFile` slouží ke čtení souboru ze souborového systému SPIFFS a vrátí hodnotu, která je uložena v souboru, který byl zapsán funkcí `writeFile`

2.7.3 Deep sleep

Jedná se o výchozí stav programu, při kterém jsou zobrazeny informace na displeji a vizitka je v tomto stavu nečinná. Dle struktury programu (Obrázek 20) lze vyčíst, že se vizitka dostane do režimu deep sleep dvěma způsoby.

První cesta do režimu deep sleep vede skrze podmínku na nabití baterie, když analogová hodnota napětí na baterii klesne pod požadovanou hodnotu, tak se při startu programu rozsvítí červená barva na RGB LED a po 2 sekundách se vizitka uspí.

Druhý způsob je takový, že po vykonání pracovního režimu se vizitka automaticky uspí a programově se každých 5 minut opět probudí a začne vykonávat pracovní režim a znovu se uspí, pokud není ovládací tlačítko stisknuto déle jak 5 sekund a vizitka se nepřepne do konfiguračního módu.

Dále je zde implementováno tlačítko na uživatelském rozhraní v AP, po kterém se vizitka uspí manuálně. Toto tlačítko slouží k tomu, když chce uživatel zobrazovat údaje na vizitce a nechce využívat databáze vizitek. Pokud uživatel nestlačí ovládací tlačítko, vizitka se vzbudí za hodinu, poté se opětovně zkusí připojit k databázi.

Přípravek je v tomto stavu uspán a spotřebovává minimální elektrickou energii z bateriového článku, která je závislá na přípravku a dodatečným připojeným hardwarem. RGB dioda v režimu deep sleep nesvítí.

2.7.4 Pracovní režim

Pokud je ovládací tlačítko sepnuto méně než 5 sekund, program se dostane do pracovního

režimu. V tomto režimu si vizitka přečte údaje od Wi-Fi, které musejí být vloženy do FLASH paměti skrze webové rozhraní v konfiguračním režimu. Po přečtení těchto údajů (názvu Wi-Fi a hesla od Wi-Fi) se vizitka pokusí připojit k internetu. Pokud se Wi-Fi nepřipojí, rozsvítí se červená barva na RGB LED. Pokud se ovšem Wi-Fi připojí RGB LED se rozsvítí zeleně a naváže komunikaci s webovým serverem, jehož cesta musí být zadána taktéž v konfiguračním režimu. Po připojení k webovému serveru, se za pomoci funkce `http.GET()` a funkce `http.getString()` stáhnou informace z databáze do proměnné `payload`. Tyto informace se postupně upraví, aby šli programově přečíst a dalo se s nimi pracovat za pomoci knihovny `ArduinoJSON`. Následně se vytvoří `JsonObject`, díky kterému získáme snadný přístup k specifickým datům, které se nacházejí v proměnné `payload`. Tyto data z proměnné `payload` program získá a promítne je na displeji za pomoci funkce `update_to_display()`. Níže se nachází popis této funkce:

- **`update_to_display()`** – jedná se o funkci pro vykreslení údajů na displeji. Při vnoření se do této funkce se rozsvítí signálem z určeného výstupu modrá LED. Na displej se vykreslují 4 údaje a to: Jméno, Příjmení, telefonní číslo a e-mail). Tyto údaje lze vykreslovat na displej samostatně, tudíž u každého údaje je vložena podmínka pro vykreslení. Tato podmínka kontroluje, jestli daný údaj se změnil od předchozího vykresleného. Pokud se tak stane, tak se načte obsah uloženého souboru změněného údaje pomocí funkce `readFile` a uloží se do proměnné. Pak se část displeje pro změněný údaj překreslí a vypíše se zde obsah dané proměnné. Jestliže změna u určitého údaje nenastane, daná část displeje zůstane nepozměněna.

Na konci tohoto režimu se vizitka uspí na 5 minut

2.7.5 Konfigurační režim

V tomto režimu se vizitka očitne, jakmile je tlačítko sepnuto déle jak 5 sekund. Z vizitky se stane AP a uživatel se do vizitky může připojit skrze zařízení s Wi-Fi. Do uživatelského rozhraní se uživatel dostane skrze ip adresu vizitky, kterou uživatel zadá do webového prohlížeče. V konfiguračním módu uživatel může manuálně přepsat údaje na displeji za pomoci vložení, odeslání údajů za pomoci tlačítka „Odeslat na vizitku“, uložení údajů a následné čtení údajů z FLASH paměti. Pro vykreslení údajů na displej je opět využita funkce `update_to_display()`.

Na vedlejší stránce se nachází nastavení vizitky, kde je možné konkrétní vizitce nastavit název vizitky, adresu databáze, ze které má vizitka stahovat data a v poslední řadě údaje k připojení k Wi-Fi. Tyto údaje se po stisku tlačítka „Odeslat na vizitku“ odešlou, uloží a načtou do přiřazených proměnných stejným způsobem, jak je popsáno v podkapitole inicializace.

Z konfiguračního režimu lze přejít za pomoci stisku interního ovládacího tlačítka do pracovního režimu nebo za pomoci stisku webového tlačítka „Uspat vizitku“ přejít přímo do režimu deep sleep.

2.7.6 Další funkce programu

Zde jsou přiblíženy další funkce, které jsou použity, ale nejsou zmíněny v předchozích kapitolách:

- **RGB_color()** – Tato funkce má 3 vstupní parametry, a to pro červenou, zelenou a modrou složku barev. Funkce RGB_color analogově vypíše hodnotu na výstup a tím otevře průchod žádané barvě, či barevné kombinaci.
- **Update_State()** – Tato funkce uloží hodnotu času kdy bylo tlačítko sepnuto a při rozeznutí uloží také hodnotu času. Rozdíl těchto hodnot dává hodnotu času, kdy je tlačítko sepnuto (proměnná `hold_stisku`) anebo kdy je tlačítko rozeznuto (proměnná `idle_stisku`).

2.7.7 Použité programy

V dalších podkapitolách se nacházejí programy použité k realizaci elektronické vizitky. Programy pro tvorbu softwaru vizitky, pro tvorbu webového serveru a databáze, pro modelování pouzdra apod.

2.7.8 Vývojové prostředí Arduino IDE

Arduino IDE je open-source (otevřený, veřejně dostupný) software, který obsahuje textový editor pro psaní kódu, zprávy o dění v kódu, textovou konzoli a panel nástrojů s tlačítky pro běžné funkce. Slouží převážně pro programování hardwaru od společnosti Arduino a ke komunikaci s nimi. [35]

Při vhodném nastavení tohoto vývojového prostředí je schopné používat k programování i jiných hardwarů, a to například přípravky s procesorem ESP32.

Zde se nachází souhrn použitých knihoven pro správnou funkčnost programu:

- **Knihovna GxEPD.h:** Jedná se o knihovnu, která je jednou z nejdůležitějších pro tuto práci. Zajišťuje nám jednoduchou práci při zapisování a přepisování dat na elektronickém inkoustovém displeji. Podporuje většinu elektronických inkoustových displejů na trhu.
- **Knihovna Adafruit_GFX.h:** Je to základní grafická knihovna pro všechny podporované displeje, která zajišťuje vykreslování od teček, čar, kruhů až po celé obrázky. Mimo jiné obsahuje i funkci na převádění BMP souboru na kód uložený v poli. Tato funkce dále slouží k funkci `drawBitmap`, která na základě tohoto pole dokáže vygenerovat obrázek. Dále knihovna obsahuje různé formy a je základem pro knihovnu GxEPD.
- **Knihovna ESPmDNS.h:** Knihovna, která povoluje místo psaní lokální IP adresy do prohlížeče, psaní vlastní doménové adresy s příponou „.local“.

- **Knihovna AnalogWrite.h:** Podpůrná knihovna, která zpřístupní funkci `analogWrite()`; přípravku s ESP32.
- **Knihovna SPIFFS.h:** Jedná se o knihovnu, která zajišťuje komunikaci mezi programem a interním uložištěm SPIFFS. SPIFFS je souborový systém, který se nachází u mikrokontrolerů ESP32/ESP2866. Tento souborový systém ukládá své údaje do interní FLASH paměti. Tato FLASH paměť je rozdělena do několika bloků a do každého bloku lze uložit údaje, bez možnosti ovlivnění bloků ostatních.
- **Knihovna WiFi.h:** Knihovna, která zajišťuje připojení WiFi modulu k internetové síti. Podporuje ochrany typu WEP a WPA2 osobní šifrování.
- **Knihovna ESPAsyncWebServer.h:** Knihovna, která zaštituje provoz Webservera na mikrokontroleru ESP32. Používá asynchronní síť což znamená, že zvládá vícero připojení ve stejný čas.
- **Knihovna HTTPClient.h:** Jedná se o knihovnu, která zajišťuje jednoduchou tvorbu požadavků HTTP GET, POST a PUT na webový server. Je univerzální, co se týče klientů – přepínání mezi Ethernetovým či WiFi klientem vyžaduje minimální změny kódu.
- **Knihovna ArduinoJson.h:** Knihovna, která slouží k dekodování JSON dokumentů. Dokáže získat uživatelem dotazované informace z těchto dokumentů.

2.7.9 WAMP

Jedná se o variantu programu LAMP (Linux, Apache, MySQL a PHP) určenou pro systémy Windows od firmy Microsoft. Ze zkratky vyplývá, že se jedná o softwarový balíček, který složí často pro vývoj webového serveru a pro jeho interní testování. Nejdůležitější částí balíčku WAMP je Apache, který slouží k spuštění webového serveru na systému Windows. Dále balíček obsahuje program pro tvorbu databází a PHP, které slouží pro tvorbu dynamický webových stránek. [36]

2.7.10 ProfiCAD

ProfiCad je program pro vytvoření technické dokumentace pro elektro (silnoproud i slaboproud), ale dá se použít i pro hydraulické, pneumatické i další druhy. Jedná se o jednoduchý CAD, ve kterém je dána maximální péče pro ergonomii a snadnost ovládání.

2.7.11 SOLIDworks

Je to strojírenský 3D CAD software, tedy parametrický 3D modelář nabízející výkonné objemové i plošné modelování, práci s neomezeně rozsáhlými sestavami, automatické generování výrobních výkresů apod. Jejich předností je snadné a přehledné ovládání. [37]

2.8 Napájení vizitky

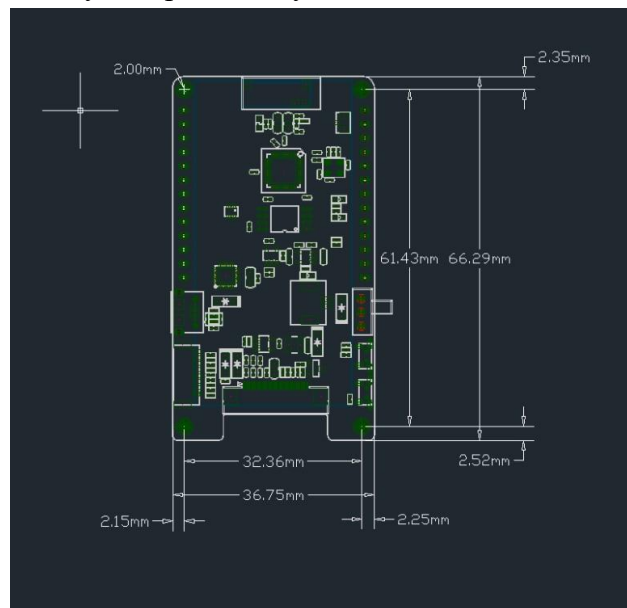
Díky tomu, že v této práci je používán elektronický inkoustový displej s procesorem ESP32, jsou nároky na napájení velmi nízké. Z tabulky (Tabulka 1) lze vyčíst, že spotřeba na obnovení displeje přípravku je 26,4 mW a pracovní napětí přípravku je 3,3 V. Z tohoto hlediska je tedy možné použít baterii malých rozměrů, díky této malé energetické náročnosti. Z průzkumu v literární rešerši, byla vybrána baterie typu Li-Pol.

2.9 Pouzdro vizitky

Jelikož se jedná o vizitku, tak by mělo být pouzdro co nejvíce kompaktní, jednoduché a působivé na pohled. Pouzdro je navrženo ze dvou částí, které do sebe budou pasovat. Ve spodní části pouzdra se budou nacházet distanční sloupky pro uchycení přípravku s elektronickým inkoustovým displejem. Vrchní částí bude kryt spodní části pouzdra a bude zakrývat vše až na elektronický inkoustový displej. Dále se ve vrchní části pouzdra bude nacházet otvor pro umístění RGB LED, ovládacího tlačítka a otvor pro microUSB.

2.9.1 Rozměry přípravku

Z technického výkresu výrobce (Obrázek 21) lze vyzorovat, důležité okótované rozměry, které poslouží k výrobě pouzdra výrobku.



Obrázek 21 Okótované rozměry přípravku LILYGO® TTGO V2.30 2.13 Inch[38]

3. REALIZACE ELEKTRONICKÉ VIZITKY

Tato část bakalářské práce se zabývá konkrétní realizací elektronické vizitky. Je zde uvedeno, které součástky byly použity pro konstrukci a nachází se zde realizace zapouzdření elektronické vizitky a celkové zhotovení výrobku. Dále se zde nachází nastínění programového vybavení, vysvětlení funkce programu a ukázka webového rozhraní.

3.1 Vzhled elektronické vizitky

Na obrázku níže (Obrázek 22) se nachází zkompletovaná elektronická vizitka s elektronickým inkoustovým displejem, napájenou skrze baterii a s bezdrátovou komunikací napájená skrze bateriový článek v pouzdře, které bylo vytištěno na 3D tiskárně.



Obrázek 22 Čelní pohled na vizitku v pouzdře

V dalších podkapitolách jsou postupně rozebrány detaily tohoto výrobku.

3.2 Komponenty

V této podkapitole realizace přípravku se nachází rozpis jednotlivých komponent, které byly použity ke konstrukci výrobku. V následujících podkapitolách je odkazováno na návrh elektronického schéma (Obrázek 23), podle kterého se postupovalo při výběru komponent a jejich hodnot.



Obrázek 23 Elektronická vizitky bez čelního krytu

3.2.1 Rezistory

Rezistor R_1 byl zvolen $100 \text{ k}\Omega$ z důvodu, který je zmíněn již v dřívější kapitole (2.6). Napěťový dělič (rezistory R_2 a R_3) byl zvolen tak, aby spotřebovával co nejméně elektrické energie a dělil napětí v rozumném poměru tak, aby čtená analogová hodnota na vstupu GPIO 36 byla v dostatečném rozsahu k zjištění stavu baterie. Hodnoty rezistorů jsou $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$ a $R_3 = 100 \text{ k}\Omega$, tolerance těchto odporů je 1 %. Napětí vycházející z napěťového děliče je rovno hodnotě poloviny napájecího napětí z baterie:

$$U_{\text{výstup}} = U_{\text{BAT}} \cdot \frac{R_3}{R_2 + R_3} = 3,7 \cdot \frac{100 \cdot 10^3}{100 \cdot 10^3 + 100 \cdot 10^3} = 1,85 \text{ V}$$

, kde $U_{\text{výstup}}$ je výstup napěťového děliče,

U_{BAT} je vstupní napětí napěťového děliče,

R_2 a R_3 jsou rezistory napěťového děliče

Analogová hodnota na vstupu GPIO 36 nesmí tedy překročit hodnotu 1594, která se rovná v poměru 3,3 V na výstupu děliče.

Rezistory R_4 , R_5 a R_6 slouží k regulaci jasu jednotlivých RGB složek. Pro červenou barvu výrobce doporučuje napětí o velikosti od 1,8-2,4V, pro zelenou/modrou barvu 2,9-3,6V. Maximální proud LED v propustném směru je pro červenou barvu 50 mA a pro zelenou/modrou 30 mA. Při předpokládaném proudu 12 mA z ESP32:

$$R_6 = R_{\text{Red}} = \frac{U_{3,3V} - 2,1}{I_{3,3V}} = \frac{3,3 - 2,1}{0,012} = 100 \Omega$$

$$R_{4,5} = R_{Green,Blue} = \frac{U_{3,3V} - 3,1}{I_{3,3V}} = \frac{3,3 - 3,1}{0,012} = 16,67 \Omega$$

, kde $U_{3,3V}$ je napětí vycházející z GPIO 3,3V přípravku

$I_{3,3V}$ je proud vycházející z GPIO 3,3V přípravku

$R_{6,4,5}$ je odpor připojený k červené, zelené a modré LED

3.2.2 RGB LED

Ve výrobku je použita RGB LED od výrobce Optosupply. Tato LED je v zapojení se společnou anodou a slouží k signalizaci stavů, ve kterých zrovna výrobek setrvává.

3.2.3 Ovládací tlačítko

Jako ovládací tlačítko byl zvolen mikrospínač o velikostech 6x6x8 mm. Výška tohoto mikrospínače byla zvolená vyšší, jelikož vede skrz pouzdro a menší spínač by bylo obtížné sepnout.

3.2.4 Baterie

Li-Pol baterie byla zvolena díky svým rozměrům a tvaru, které jsou dostačující pro požadavky této práce. Pro dlouho dobovou výdrž byla zvolena kapacita baterie 1500 mAh a její rozměry jsou 50x40x5 mm.

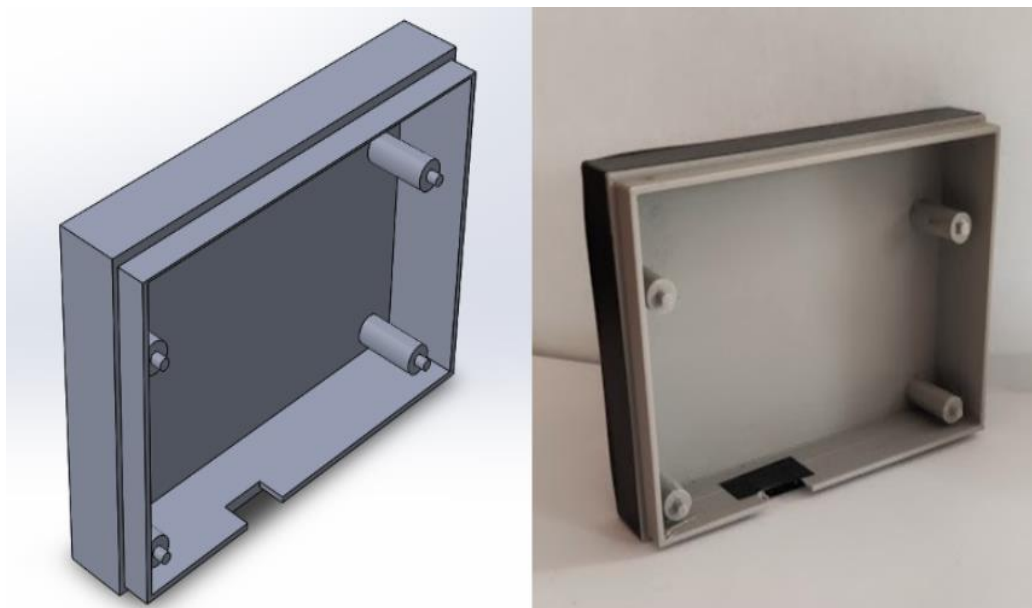
Přípravek je uspořádaný tak, že je možné skrze microUSB vstup baterii dobíjet.

3.3 Pouzdro

Na základě použitých komponent a jejich rozměrů je možné zkonstruovat návrh pouzdra a následnou realizaci jednotlivých částí krytů. Pouzdro je vytištěno skrze 3D tiskárnu, která má tisknoucí trysku 0,4 mm a tudíž jsou k ní zohledněny i rozměry jednotlivých částí pouzdra v programu Solidworks, kde jsou jednotlivé části modelovány a následně vyexportovány ve formátu s koncovkou „.stl“, přes který je možné části pouzdra vytisknout. Pro tisk pouzdra byl zvolen filament PETG od prodejce Filament-PM.

3.3.1 Spodní část pouzdra

Na obrázku níže (Obrázek 24) se nachází pohled na návrh spodní části pouzdra modelovaný v programu Solidworks (vlevo) a výsledný vzhled spodní části pouzdra po vytisknutí na 3D tiskárně.



Obrázek 24 Spodní část pouzdra v Solidworks a po vytisknutí na 3D tiskárně

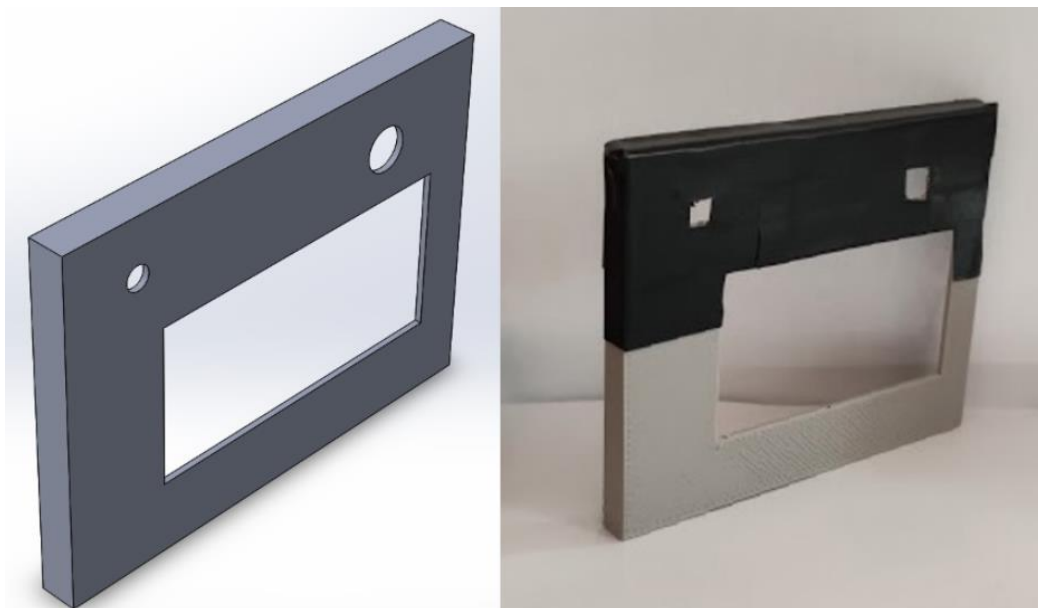
Zmiňované distanční sloupky (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**) jsou od sebe vzdáleny, dle rozměrů technického výkresu od výrobce (Obrázek 21), tak aby přesně pasovali do úchytných otvorů přípravku. Tyto sloupky jsou postupně zužované pro potřebu směrem od dna pouzdra. První část sloupku má průměr 5 mm a je vysoká 12 mm, a to z důvodu, aby se udělal prostor pro bateriový článek, který má výšku 5 mm, a pro dodatečnou elektroniku k výrobku. Druhé zúžení má průměr 1,8 mm a výšku 2 mm a slouží k ukotvení přípravku.

Tloušťka stěn a dna je 2 mm. Stěna je od vrchu ze všech stran zúžena o 1 mm do hloubky 5 mm. Toto zúžení slouží pro vrchní část pouzdra, do kterého se spodní část vsune. Ve spodní stěně této části se dále nachází otvor pro vývod microUSB, který slouží k případnému softwarovému ladění výrobku.

Rozměry celé spodní části pouzdra je 74,8x54,8x15,8 mm.

3.3.2 Vrchní část pouzdra

Na obrázku níže (Obrázek 25) se nachází dva pohledy na návrh vrchní části v Solidworks a výsledný vzhled vrchní části pouzdra po vytištění na 3D tiskárně.



Obrázek 25 Vrchní část pouzdra v SolidWorks a po vytisknutí na 3D tiskárně

Vrchní část pouzdra má rozměry 74,8x54,8x4,8 mm a tloušťka je 1 mm. Nachází se tu otvor na displej, který má rozměry 50x25 mm a po vložení přípravku do pouzdra, je vidět pouze pracovní plocha displeje. Dále zde jsou dva otvory na RGB LED diodu o průměru 6,8 mm a otvor na tlačítko o průměru 3,8 mm. Ve spodní stěně se nachází otvor pro microUSB.

3.4 Uživatelské rozhraní

Pro uživatele jsou vytvořena dvě uživatelská rozhraní. Obě rozhraní jsou formou webových stránek, avšak jedno běží na mikroprocesoru ESP32 formou AP a druhé běží na lokální síti. V podkapitolách níže jsou tyto jednotlivé webové stránky zobrazeny ve své finální podobě.

3.4.1 Stránky databáze

Na obrázku níže (Obrázek 26) se nachází výsledná realizace webových stránek s výpisem z databáze. Tyto stránky jsou psány v PHP s prvky html pro celkově lepší vzhled. Po načtení stránek se stránky připojí k databázi a za pomoci while smyčky se vypíše obsah databáze. Webové stránky byly napsány tak, aby uživatel mohl přímo vložit vizitku s údaji do databáze nebo jakoukoli vizitku z databáze smazat.

Údaje zadávejte bez háček a čárek, pro správné zobrazení na displeji.

Název vizitky	Jméno	Příjmení	Telefonní číslo	Email	Odebrat
vizitka0	Vaclav	Sírucek	+420 754 684 512	xsiruc04@vutbr.cz	Delete
vizitka1	Honza	Novak	+420 331 448 771	novakHo@seznam.cz	Delete
vizitka2	Katerina	Kralova	+420 123 487 453	KralKa@centrum.cz	Delete
vizitka3	Jiri	Mrkev	+420 123 481 654	JiriMrkev@gmail.com	Delete
vizitka4	Milan	Vzteky	+420 111 231 448	vzteky.Mi@seznam.cz	Delete
<input type="text" value="př. Vizitka1"/>	<input type="text" value="př. Adam"/>	<input type="text" value="př. Novak"/>	<input type="text" value="př. +420 111 222 333"/>	<input type="text" value="př. email@email.cz"/>	

Obrázek 26 Stránky databáze

Pro získání přehlednější dat z databáze jsou na webovém serveru vytvořeny ještě jedny stránky a to `get.php` (Obrázek 27), které jsou tyto data převedeny do Json struktury pro přehlednější výměnu dat mezi webovým serverem a vizitkou.

```
[ { "vizitka0": { "jmeno": "Vaclav", "prijmeni": "Sirucek", "tel_cislo": "+420 754 684 512", "email": "xsiruc04@vutbr.cz" } }, { "vizitka1": { "jmeno": "Honza", "prijmeni": "Novak", "tel_cislo": "+420 331 448 771", "email": "novakHo@seznam.cz" } }, { "vizitka2": { "jmeno": "Katerina", "prijmeni": "Kralova", "tel_cislo": "+420 123 487 453", "email": "KralKa@centrum.cz" } }, { "vizitka3": { "jmeno": "Jiri", "prijmeni": "Mrkev", "tel_cislo": "+420 123 481 654", "email": "JiriMrkev@gmail.com" } }, { "vizitka4": { "jmeno": "Milan", "prijmeni": "Vzteky", "tel_cislo": "+420 111 231 448", "email": "vzteky.Mi@seznam.cz" } } ]
```

Obrázek 27 Vzhled struktury stránek `get.php`

3.4.2 Uživatelské rozhraní vizitky

Jedná se o stránky, na které se uživatel vizitky dostane skrze ip adresu zadanou do internetového prohlížeče po připojení na AP vizitky. Hlavní stránka obsahuje formulář pro vyplnění údajů o uživateli vizitky a tři funkční tlačítka, kde tlačítko „Odeslat na vizitku“ odešle údaje vyplněné uživatelem do vizitky, kde se dále zpracovávají. Druhé tlačítko „Nastavení vizitky“ přesměruje uživatele na vedlejší stránku, kde je rozšířené nastavení pro chod správný chod vizitky s databází. Třetí tlačítko „Uspat vizitku“ manuálně uspí vizitku.

Žádné připojení k internetu

192.168.4.1

Uživatelské rozhraní elektronické vizitky

Konfigurační režim

Údaje zadávejte bez háčků a čárek, pro správné zobrazení na displeji.

Jméno:

Příjmení:

Tel. číslo:

E-mail:

Odeslat na vizitku Nastavení vizitky Uspat vizitku

Obrázek 28 Hlavní stránka uživatelského rozhraní elektronické vizitky

Po stisku tlačítka „Nastavení vizitky“ se uživatel přesměruje na vedlejší stránku vizitky (Obrázek 29). Zde se nachází další formulář, ale tentokrát s údaji, který uživatel potřebuje vyplnit pro správný chod vizitky, při spojení s databází. Název vizitky je použit pro orientaci vizitky v databázi. Adresa databáze slouží pro komunikaci vizitky a lokálního webového serveru. Údaje pro připojení k internetu složí k připojení k internetu za pomoci Wi-Fi, kterou mikroprocesor ESP32 disponuje. Po stisknutí tlačítka „Odeslat na vizitku“ se tyto údaje odešlou do vizitky. Tlačítkem zpět se dostane uživatel zpátky na hlavní stránku webového uživatelského rozhraní elektronické vizitky.

Žádné připojení k internetu

192.168.4.1/konfigurace?

Uživatelské rozhraní elektronické vizitky

Konfigurační režim

Údaje zadávejte bez háčků a čárek, pro správné zobrazení na displeji.

Název vizitky:

Adresa databáze:

Údaje pro připojení k internetu

Název Wi-Fi:

Heslo k Wi-Fi:

Obrázek 29 Vedlejší stránka uživatelského rozhraní elektronické vizitky

3.5 Cena vizitky

V tabulce níže se nachází přibližná cena komponent a následně i celého výrobku, bez započítání vlastní práce, přístrojů a náradí použitého k výrobě:

Číslo	Počet	Název	Hodnota	Cena s DPH
1	3	El. odpor- R_1 , R_2 , R_3	100 k Ω	2,4 Kč
2	3	El. odpor- R_4 , R_5 , R_6	1k2 Ω	8,7 Kč
3	1	RGB LED-D1	-	15 Kč
4	1	Baterie LiPol 1500 mA 3,7 V	-	198 Kč
5	1	LILYGO® TTGO V2.30 2.13 Inch	-	978 Kč
6	1	Pouzdro (materiál)	25 g	14,9 Kč
7	1	Mikrospínač 6x6x8 mm	-	2 Kč
Celková cena za výrobek:				1219 Kč

Tabulka 3 Tabulka cen jednotlivých komponent

3.6 Demonstrace elektronické vizitky

V této podkapitole se nacházejí zdokumentované stavy elektronické vizitky.

3.6.1 Deep sleep

V režimu deep sleep vizitka nekomunikuje, RGB LED je vypnutá. Vizitka čeká na externí probuzení za pomoci ovládacího tlačítka nebo dovršení času, do kdy má být vizitka vypnutá.



Obrázek 30 Elektronická vizitka nacházející se v režimu deep sleep

3.6.2 Stav vybité baterie

Na obrázku níže je možné vidět vzhled vizitky, když se analogová hodnota baterie nachází pod hodnotou, kdy se baterie blíží ke stavu vybití a následné neschopnosti dále napájet vizitku.



Obrázek 31 Elektronická vizitka nacházející se ve stavu vybití

Po připojení vizitky na microUSB se baterie začne dobíjet a vizitku lze po určité době opět používat skrze bateriové napájení.

3.6.3 Pracovní stav

Po přechodu do pracovního stavu, se rozsvítí vizitka rozsvítí červeně, jelikož čeká na připojení k internetu. Po úspěšném připojení k internetu se vizitka rozsvítí zeleně a začne stahovat údaje z databáze. Když je stažení dat z databáze úspěšné a na displeji se nenacházejí totožné údaje z posledního přepsání, vizitka se rozsvítí modře a začne přepisovat změněné údaje na displeji.



Obrázek 32 Pracovní stav elektronické vizitky po připojení k internetu

3.6.4 Konfigurační režim

V tomto režimu elektronická vizitka signalizuje modrou barvu po celou dobu, co v něm setrvává. Vizitka přejde do režimu AP a uživatel může zadat potřebné údaje pro správný chod pracovního režimu, nebo zobrazit vlastní údaje off-line mimo připojení k databázi.



Obrázek 33 Konfigurační režim elektronické vizitky při manuálním přepisu

3.6.5 Vizitka po prvním zapnutí

Vizitka po prvním zapnutí čeká na interakci uživatele a signalizuje tento stav bílou barvou, stejně tak čeká i po manuálním vypnutí uživatele skrze webové rozhraní. Po ukončení pracovního režimu vizitka automaticky přejde do režimu deep sleep, kde setrvá až do uplynutí doby 5 minut a znovu se zapne. Při opětovném zapnutí vizitka přejde již do pracovního režimu. Tento přechod lze zrušit stisknutím ovládacího tlačítka a probuzení vizitky z režimu deep sleep.

4. ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí elektronické vizitky s elektronickým inkoustovým displejem s bezdrátovou komunikací. Formu bezdrátové komunikace jsem zvolil skrze Wi-Fi síť a je kladen důraz na nízkou spotřebu elektrické energie a kompaktní rozměry celého výrobku. Je zde zpracován návrh a vlastní realizace výrobku. Pro realizaci výrobku byl zvolen přípravek od firmy LILYGO®, který se mi velikostně zdál pro realizaci elektronické vizitky vhodný. Byla implementována databáze, která se nachází na lokální síti a vizitka, či více vizitek, s ní dokáže nepřímo komunikovat skrze webové stránky, pokud je vizitka, či více vizitek, připojena na stejné Wi-Fi síti. Pokud uživatel nechce používat služby databáze, může skrze konfigurační režim nastavit údaje na displeji elektronické vizitky manuálně, za pomoci formuláře, který se nachází na hlavní stránce uživatelského rozhraní. Dále bylo vytvořeno kompaktní pouzdro, které dokáže pojmout všechny použité komponenty.

Použitý přípravek od firmy LILYGO® navzdory předpokladům, v režimu deep sleep nedosahuje takového proudového odběru, jako samotný mikroprocesor ESP32. I přes snahu snížit odebíraný proud přípravku se však nepodařilo přiblížit k hodnotě 0,15 mA či 40 μ A. Změřený odebíraný proud při režimu deep sleep je okolo 3 mA. Možnou příčinou je špatné naprogramování či vada přípravku. Na tento odběr se reagovalo použitím bateriového článku s vyšší kapacitou, který dokáže výrobek udržet správně fungovat přibližně 12 dní, pokud je výrobek v režimu deep sleep. Jelikož je tento přípravek uzpůsoben pro dobíjení a jedná se o vizitku, tento časový úsek fungování je dostačující.

Možné vylepšení do budoucna je zaimplementovat do programu nahrávání uživatelem vložených dat skrze AP do databáze a případné zobrazení aktivních vizitek, které jsou na databázi připojeny.

LITERATURA

- [1] Vizitka. Tisknisi [online]. tiskni [cit. 2021-8-3]. Dostupné z: <https://www.tisknisi.cz/cs/tip/historie-vizitek>
- [2] Starožitná vizitka. Tiskni [online]. tisknisi [cit. 2021-8-3]. Dostupné z: <https://www.tisknisi.cz/uploads/image/5a8bd74e7ac68.jpg>
- [3] Vizitka s QR kódem. Tisknisi [online]. tiskni [cit. 2021-8-3]. Dostupné z: <https://www.tisknisi.cz/cs/tip/tisk-vizitek-s-qr-kodem>
- [4] Vizitka s QR kódem. *Tiskni* [online]. tisknisi [cit. 2021-8-3]. Dostupné z: <https://www.tisknisi.cz/uploads/image/5a8bd74e7ac68.jpg> How E-Paper Works. Smartcity-displays [online]. Italy: GDS Holding, c2019 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.smartcity-displays.com/how-does-e-paper-work/>
- [5] ESP32 Technical reference manual [online]. Shanghai: Espressif Systems, 2021 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_technical_reference_manual_en.pdf
- [6] Správa napájení ESP32. Lastminuteengineers [online]. LastMinuteEngineers, 2021 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://lastminuteengineers.com/esp32-sleep-modes-power-consumption/>
- [7] Raspberry PI Zero W. *Rpishop* [online]. RPishop [cit. 2021-8-3]. Dostupné z: <https://rpishop.cz/raspberry-pi/647-raspberry-pi-zero-w-4053199547425.html>
- [8] Raspberry PI Zero W. Rpishop [online]. rpishop [cit. 2021-8-3]. Dostupné z: https://rpishop.cz/2459-large_default/raspberry-pi-zero-w.jpg
- [9] How E-Paper Works. Smartcity-displays [online]. Italy: GDS Holding, c2019 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.smartcity-displays.com/how-does-e-paper-work/>
- [10] Princip funkce elektronického inkoustového displeje. E-ink-info [online]. Metalgrass, 2021 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://www.e-ink-info.com/introduction>
- [11] Princip funkce elektronického inkoustového displeje. E-ink-info [online]. Metalgrass, 2021 [cit. 2021-8-3]. Dostupné z: <https://www.e-ink-info.com/files/e-ink/images/how-e-ink-works.jpg>
- [12] Jak funguje LCD displej. Banan [online]. Ostrava: e-BAAN Net [cit. 2021-8-3]. Dostupné z: <https://www.banan.cz/serialy/Jak-funguje/Jak-funguje-LCD-displej>
- [13] OLED displej. Smartmania [online]. SMARTmania [cit. 2021-8-3]. Dostupné z: <https://smartmania.cz/je-lepsi-lcd-nebo-oled-vse-co-potrebuje-vedet-displejich/>
- [14] Princip OLED displeje. Noel.feld.cvut [online]. Matejm19 [cit. 2021-8-3]. Dostupné z: <http://noel.feld.cvut.cz/vyu/a2b31hpm/index.php/U%C5%BEivatel:Matejm19#Princip>
- [15] Varta CR2032 [online]. In: Německo: Varta, s. 2 [cit. 2021-01-04]. Dostupné z: <https://www.varta->

- microbattery.com/fileadmin/varta_microbattery//mb_data/documents/data_sheets/DS6032.pdf
- [16] Baterie CR2032. Habilis-shop [online]. Habilis Steel spol. [cit. 2021-8-3]. Dostupné z: <https://habilis-shop.eu/images/28500/62835/HS-Z-43839.jpg>
- [17] Baterie LiPol. <https://www.laskarduino.cz/> [online]. laskarduino.cz, 2021 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://www.laskarduino.cz/baterie-li-po-3-7v-1500mah-lipo/>
- [18] Baterie Li-Ion. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Lithium-iontov%C3%BD_akumul%C3%A1tor
- [19] Baterie Li-Ion. Braunys [online]. Braunys.cz [cit. 2021-8-3]. Dostupné z: https://cdn.myshoptet.com/usr/www.braunys.cz/user/shop/big/80628_dobijeci-baterie-18650-3-7-v-6800-mah-lithium-li-ion-1ks.gif?5a43b434
- [20] Firma Czechphone. Czechphone [online]. ELEKTRO-FA. PAVELEK, s.r.o [cit. 2021-8-3]. Dostupné z: <http://www.czechphone.cz/admin/documents/elektronicka-jmenovka-e-ink.pdf>
- [21] Serial Peripheral Interface. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface
- [22] Wi-Fi. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>
- [23] Wireless access point. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-8-3]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_access_point
- [24] Webový server. Economictimes.indiatimes [online]. Bennett, Coleman & Co. [cit. 2021-8-3]. Dostupné z: <https://economictimes.indiatimes.com/definition/web-server>
- [25] HTTP/S. Pcmag [online]. ZIFF DAVIS, LLC. PCMAG DIGITAL GROUP [cit. 2021-8-3]. Dostupné z: <https://www.pcmag.com/encyclopedia/term/http>
- [26] HTML. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Hypertext_Markup_Language
- [27] CSS. W3schools [online]. Refsnes Data, 2021 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: https://www.w3schools.com/css/css_intro.asp
- [28] JavaScript. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/JavaScript>
- [29] Co je to databáze? Oracle [online]. Oracle [cit. 2021-8-3]. Dostupné z: <https://www.oracle.com/cz/database/what-is-database/>
- [30] PhpMyAdmin. Phpmyadmin [online]. phpMyAdmin contributors [cit. 2021-8-3]. Dostupné z: <https://www.phpmyadmin.net/>

- [31] Apache Web Server. Techopedia [online]. Janalta Interactive [cit. 2021-8-3]. Dostupné z: <https://www.techopedia.com/definition/4851/apache-web-server>
- [32] What is PHP? Php [online]. The PHP Group [cit. 2021-8-3]. Dostupné z: <https://www.php.net/manual/en/intro-what-is.php>
- [33] LILYGO® TTGO T5 V2.3 2.13 Inch E-Paper Screen New Driver. Lilygo [online]. China: Shenzhen Xin Yuan Electronic Technology, c2020 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: http://www.lilygo.cn/prod_view.aspx?TypeId=50031&Id=1149
- [34] Vzhled LILYGO® TTGO T5 V2.3 2.13 Inch E-Paper Screen New Driver Chip. In: Lilygo [online]. China: Shenzhen Xin Yuan Electronic Technology, c2020 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://ae01.alicdn.com/kf/H6771ddce182346d59e541523f548de0e7.jpg>
- [35] Arduino IDE. Arduino [online]. Italy: Arduino, c2021 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Environment>
- [36] WAMP. Techterms [online]. Sharpened Productions [cit. 2021-8-3]. Dostupné z: <https://techterms.com/definition/wamp>
- [37] Solidworks. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-01-04]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/SolidWorks>
- [38] Rozměry přípravku LILYGO® TTGO T5 V2.3 2.13 Inch. In: Lilygo [online]. China: Shenzhen Xin Yuan Electronic Technology, c2020, s. 2 [cit. 2021-01-04]. Dostupné z: <https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1kRkTB8mWBUkSndVq6AsApXaS.jpg>

Seznam symbolů a zkratek

Zkratky:

FEKT	Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
VUT	Vysoké učení technické v Brně
Wi-Fi	Wireless fidelity
IDE	Integrated Development Environment
CAD	Computer-aided desing
QR	Quick response
HTML	Hypertext Markup Language
SGML	Standart Generalized Markup Language
WWW	World Wide Web
TCP	Transmission Control Protocol
SPI	Serial Peripheral Interface
RAM	Random Access Memory
CPU	Central processing unit
RTC	Real Time Clock
GPIO	General-purpose input/output
ULP	Ultra Low Power
CSS	Cascading Style Sheets
SPIFFS	SPI Flash File Storage
LED	Light Emiting Diode
LCD	Liquid Crystal Display
TCP	Transmission Control Protocol
USB	Universal Seríal Bus
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
HTTPS	Hypertext Transfer Protocol Secure
AP	Acces Point
SRAM	Static Random Access Memory
ROM	Reading Only Memory
PWM	Pulse Width Modulation
I2C(TWI)	Two Wire Interface
SD	Storage device
OLED	Organic Light Emitting Diode
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
FTP	File Transfer Protocol
URL	Uniform Resource Locator
DNS	Domain Name System
IP	Internet Protocol
MySQL	My Structured Query Language
PHP	Hypertext Preprocessor

SQL	Structured Query Language
LED	Light Emitting Diode
RGB	Red, Green, Blue
WAMP	Windows, Apache, MySQL, PHP

Symboly:

U	elektrické napětí	[V]
I	elektrický proud	[A]
R	elektrický odpor	[Ω]
P	elektrický výkon	[W]
l	délka	[m]
t	čas	[s]

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA A - OBSAH PŘILOŽENÉHO CD	57
--	----

Příloha A - Obsah přiloženého CD

- ↳ Bakalarska_prace_vizitka.pdf
- ↳ e_ink_vizitka
 - ↳ e_ink_vizitka.ino ... *program využívaný vizitkou*
- ↳ Pouzdro ... *podklady pro výrobu pouzdra*
 - ↳ Dil1_spodni_cast.sldprt
 - ↳ Dil1_spodni_cast_3Dprint.stl
 - ↳ Dil2_vrchni_cast.sldprt
 - ↳ Dil2_vrchni_cast_3Dprint.stl
- ↳ Navod_pro_pridani_ESP32_do_Arduino_IDE.txt ... *návod pro přístup k přípravku*
- ↳ Schema_zapojeni_vizitky.sxe ... *elektronické schéma vizitky*
- ↳ www
 - ↳ vizitky
 - ↳ index.php
 - ↳ get.php
 - ↳ delete.php
- ↳ databáze
 - ↳ db_vizitek.sql