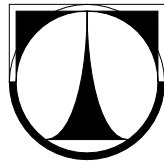


**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Liberec 2012

**Jiří Balcar**

---

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií

Studijní program: B2612 – Elektrotechnika a informatika  
Studijní obor: 1802R022 – Informatika a logistika

**Světelné zařízení do menzy pro oznámení  
hotových minutek**

**University canteen light panel for announcing  
of prepared food**

**Bakalářská práce**

Autor: **Jiří Balcar**  
Vedoucí práce: Ing. Miroslav Holada, Ph.D.

**V Liberci 3. 1. 2012**

---

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií  
Akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jiří Balcar**  
Osobní číslo: **M08000289**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Informatika a logistika**  
Název tématu: **Světelné zařízení do menzy pro oznámení hotových minutek**  
Zadávací katedra: **Ústav informačních technologií a elektroniky**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :


1. Seznamte se s postupem výdeje hotových minutek v menze Husova na TU Liberec.
2. Proveďte analýzu trhu s elektronickými panely pro zobrazování čísel.
3. Navrhněte systém světelných číselných panelů oznamujících hotové minutky.
4. Realizujte navržené zařízení.

Rozsah grafických prací: Dle potřeby dokumentace  
Rozsah pracovní zprávy: cca 30 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:

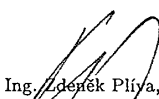
- [1] Matoušek David, Práce s mikrokontroléry: ATMEL AVR - ATmega16, 1. české. Praha, BEN-technická literatura, 2006. 80-7300-174-8

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Miroslav Holada, Ph.D.  
Ústav informačních technologií a elektroniky

Datum zadání bakalářské práce: 1. října 2011  
Termín odevzdání bakalářské práce: 18. května 2012

  
prof. Ing. Václav Kopecký, CSc.  
děkan



  
prof. Ing. Zdeněk Plíva, Ph.D.  
pověřen vedením ústavu

V Liberci dne 1. října 2011

## **Prohlášení**

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum            3. 1. 2012

Podpis

## **Poděkování**

Děkuji panu Ing. Miroslavu Holadovi, Ph.D., vedoucímu bakalářské práce, za jeho ochotu, čas a rady, které mi pomohly k dokončení této práce. Také bych rád poděkoval své rodině za morální podporu.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací systému světelných panelů, oznamujících hotové minutky, zabudovaných v menze Husova na Technické univerzitě v Liberci.

Systém se skládá ze dvou částí. První část tvoří ovládací pult, který je instalován v místě výdeje hotových minetek a pomocí něhož pracovník menzy volí konkrétní číselnou hodnotu přiřazenou vydávanému jídlu. Druhou část tvoří dva světelné číselné panely, které jsou umístěny v jídelně. Pomocí těchto panelů jsou strážníci vyzýváni k odběru jídla, které je již hotové a připravené k výdeji.

V úvodu práce je čtenář seznámen s postupem výdeje hotových minetek v menze Husova na TU v Liberci. Práce se dále zabývá analýzou trhu s již hotovými zobrazovacími systémy a navrhuje nové řešení systému oznamování výdeje minetek. V závěru práce je popisován konkrétní postup řešení funkčního systému.

### **Klíčová slova:**

Displej, AVR, mikroprocesor, vysokofrekvenční modul, menza

## **Abstract**

This bachelor's paper is pursuing a new technical solution for a canteen food dispensing system that is informing guests about food that is prepared and ready to be taken. This system is designed to be used at the Technical University Liberec - Husova university school canteen.

System consists of two parts. First part is a control panel, located at the place where the food is dispensed, which is used by the canteen employee to select a specific number associated to the currently dispensed food. Second part consists of two digital numerical light panels, which are used to inform the guests about a number of the food plate being ready to be taken.

In the beginning of the paper, the reader will be given description of the system of food dispensing at Technical University Liberec - Husova university canteen. Paper continues inquires into a current market with numeral visual display units and with a suggestion for a new resolution of the system of informing guests about plates that are ready to be taken. In the end, work describes particular technical process, resulting in the existence of a new visual system.

## **Keywords:**

Display, AVR, microprocessor, high frequency modules, university canteen



# Obsah

Prohlášení.....	4
Poděkování.....	5
Abstrakt.....	6
Abstract.....	7
Seznam obrázků.....	10
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	11
1 Úvod.....	12
1.1 Úvod do problematiky.....	12
1.2 Cíle práce.....	12
2 Analýza trhu s elektronickými panely pro zobrazování čísel.....	13
2.1 Analýza trhu.....	13
2.2 Finanční stránka projektu.....	14
3 Návrh systému světelných číselných panelů oznamujících hotové minutky.....	15
3.1 Návrh ovládacího pultu.....	15
3.2 Návrh světelného číselného panelu.....	16
3.3 Návrh komunikace.....	17
3.4 Návrh servisních akcí.....	17
4 Hardwarová realizace navrženého zařízení.....	19
4.1 Ovládací pult.....	20
4.1.1 Maticová klávesnice.....	21
4.1.2 Mikroprocesor.....	22
4.1.3 Resetovací obvod.....	22
4.1.4 Rozhraní JTAG.....	23
4.1.5 Displej.....	24
4.1.6 Modul vysílače.....	24
4.1.7 Napájení.....	25

4.2 Světelný panel.....	26
4.2.1 Modul přijímače.....	27
4.2.2 Mikroprocesor.....	27
4.2.3 Resetovací obvod.....	27
4.2.4 Displej.....	28
4.2.5 Generátor zvukového signálu a reproduktor.....	28
4.2.6 Napájení.....	29
5 Softwarová realizace navrženého zařízení.....	30
5.1 Ovládací pult.....	30
5.1.1 Funkce hlavní smyčky.....	30
5.1.2 Obsluha klávesnice.....	31
5.1.3 Zadání řady čísel.....	35
5.1.4 Odeslání znaku.....	35
5.1.5 Zobrazení znaku na segmentovém LED displeji.....	36
5.2 Světelný panel.....	37
5.2.1 Funkce hlavní smyčky.....	37
5.2.2 Přerušení USART.....	38
5.2.3 Zobrazení čísla.....	38
6 Závěr.....	39
Seznam použité literatury.....	40
Seznam příloh na CD.....	41

## Seznam obrázků

Obr. 1: Schéma hardwarového vyvolávacího systému Call 154-S.....	13
Obr. 2: Blokové schéma navrženého systému umístěného v menze Husova na TUL ...	19
Obr. 3: Umístění ovládacího pultu a světelných panelů v jídelním sále.....	19
Obr. 4: Blokové schéma ovládacího pultu.....	20
Obr. 5: Fotografie zhotoveného ovládacího pultu .....	20
Obr. 6: Maticová klávesnice 3x4 .....	21
Obr. 7: Externí resetovací obvod TPS3823-50DBVR.....	23
Obr. 8: Modul vysílače TX868FSK1 od firmy Flajzar, s.r.o.....	24
Obr. 9: Schéma napájení ovládacího pultu .....	25
Obr. 10: Blokové schéma světelného panelu.....	26
Obr. 11: Fotografie zhotoveného světelného panelu .....	26
Obr. 12: Modul přijímače RX868FSK1 od firmy Flajzar, s.r.o.....	27
Obr. 13: Schéma zapojení pro integrovaný obvod SAE0800.....	28
Obr. 14: Realizace napájení pro světelný panel.....	29
Obr. 15: Vývojový diagram pro funkci hlavní smyčky ovládacího pultu .....	30
Obr. 16: Vývojový diagram pro přerušení.....	31
Obr. 17: Stav před stiskem klávesy .....	32
Obr. 18: Stav stisku klávesy – detekce sloupce .....	33
Obr. 19: Stav stisku klávesy – detekce řádku .....	34
Obr. 20: Zobrazení znaku na LED displeji ovládacího pultu .....	36
Obr. 21 Vývojový diagram pro funkci hlavní smyčky světelného panelu .....	37

## Seznam použitých zkratek a symbolů

**μP** – mikroprocesor.

**A/D** – analogově digitální převodník.

**ALU** – aritmeticko-logická jednotka.

**AVR** – je označení pro rodinu 8 bitových RISC mikroprocesorů od firmy Atmel.

**Bluetooth** – technologie bezdrátového přenosu informací daná normou IEEE 802.15.1.

**EEPROM** – elektricky mazatelná semipermanentní paměť typu ROM-RAM

**FSK** – je typ modulace, kde je signál modulační signál digitálním signálem nabývající konečného počtu stav

**I/O** – vstup/výstup.

**I<sup>2</sup>C** – multi-masterová počítačová sériová sběrnice.

**INT0** – vstup vnějšího přerušení mikroprocesor.

**JTAG** – je standard definovaný normou IEEE 1149.1.

**LED** – elektroluminiscenční dioda.

**MIPS** – jednotka výkonnosti procesoru (milión vykonaných instrukcí za sekundu)

**PWM** – pulsně šířková modulace.

**RISC** – architektura procesoru s redukovanou instrukční sadou.

**SMD** – součástka pro povrchovou montáž plošných spojů.

**SPI** – sériové periferní rozhraní

**SRAM** – statická paměť typu RAM

**TUL** – Technická univerzita v Liberci.

**TWI** – obdoba I<sup>2</sup>C využitá u mikroprocesorů.

**USART** – synchronní a asynchronní sériové rozhraní.

**Wi-Fi** – technologie bezdrátového přenosu informací daná normou IEEE 802.11

# 1 Úvod

## 1.1 Úvod do problematiky

Navštívíme-li v době obědů menzu Husova na Technické univerzitě v Liberci, ne vždy si vybereme z aktuální nabídky denního menu obědů. Dostaneme-li chuť dát si něco jiného, budou naše kroky směřovat k místu, kde máme možnost si u zaměstnance menzy objednat jídlo z menu minutek.

Po výběru z menu strážník nahlásí vybrané jídlo obsluhujícímu personálu a zaplatí pomocí čipové karty nebo hotově. Obsluha vydá kartičku s pořadovým číslem minutky a vytisknutou objednávku na jídla, s informací o pořadovém čísle, předá kuchaři.

Kuchař po dokončení minutky vyzve prostřednictvím mikrofону a vyhlášením čísla objednávky strážníka k odběru hotové minutky. Mikrofon společně s aktivačním tlačítkem je umístěn v místě výdeje hotových minutek. Reproductory, pomocí nichž jsou strážníci vyzýváni k odběru jídla, jsou umístěny v jídelním sále. Ne vždy strážníci zareagují na výzvu kuchaře. To může být způsobeno nadměrným hlukem v jídelním sále nebo nesrozumitelností vyvolávaného čísla. Situace je pak ještě více zhoršena pro zahraniční strážníky, kteří nerozumí natolik dobře česky, aby v okolním ruchu včas reagovali.

Současný systém pro výzvu k odebrání hotové minutky není tedy vyhovující a tato bakalářská práce si klade za cíl tento systém změnit a vytvořit informační systém zobrazující čísla objednávek graficky na panelu umístěném v jídelním sále.

## 1.2 Cíle práce

- Seznámení se s postupem výdeje hotových minutek v menze Husova na TUL.
- Analýza trhu s elektronickými panely pro zobrazování čísel.
- Návrh systému světelných číselných panelů oznamujících hotové minutky.
- Realizace navrženého zařízení.

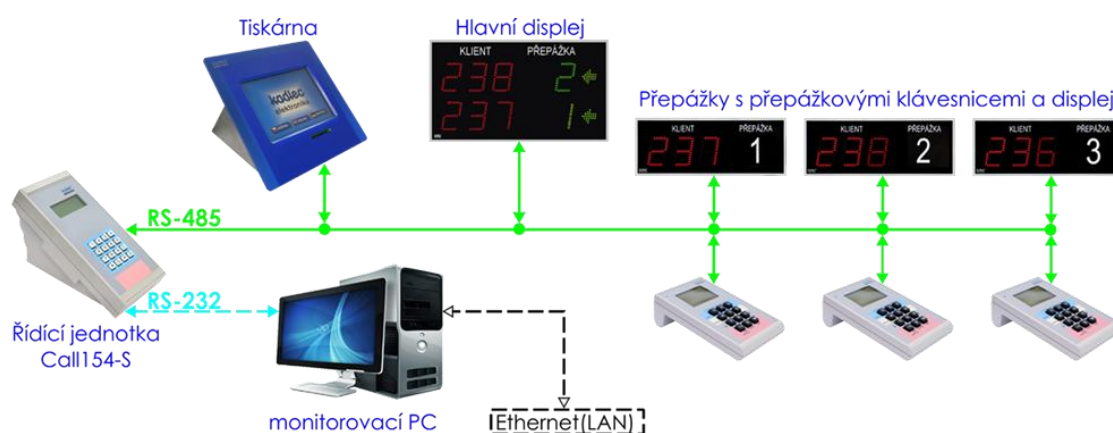
## 2 Analýza trhu s elektronickými panely pro zobrazování čísel

Světelné zařízení do menzy pro oznámení již hotových minutek by mělo splňovat, to co se od něho očekává. Mělo by být technicky spolehlivé a plně funkční, ale nesmí být opomenuta i finanční stránka. Tato kapitola se zaměří na český trh s elektronickými zobrazovacími panely a zhodnotí se, zda by se mohl některý nabízený systém či jeho část využít ke splnění zadání této práce.

### 2.1 Analýza trhu

V České republice existuje několik firem, které se zabývají návrhem a výrobou elektronických panelů pro zobrazení čísel. Většinou se jedná o zakázkovou výrobu pro jedno konkrétní využití nebo o zakázkovou výrobu malosériové produkce objednanou větší institucí, která stejné řešení využívá na několika pobočkách. Typickým příkladem využití jsou pobočky České pošty nebo peněžní ústavy. Nabízené elektronické zobrazovací panely jsou oproti tomuto hledanému řešení sofistikovanějšími systémy.

Jako příklad uvedu vyvolávací systém Call 154-S od firmy Kadlec elektronika, s.r.o., jehož schéma je znázorněno na Obr. 1.



Obr. 1: Schéma hardwarového vyvolávacího systému Call 154-S

Systém se skládá z řídicí jednotky komunikující pomocí průmyslové sériové linky standardu RS-485 s jednotlivými obslužnými terminály, k nimž je připojen přepážkový displej. Tiskárna zajišťuje funkci vydávacího zařízení a pomocí ní si

příchozí klient do čekací haly vytiskne pořadový lístek s informací o svém pořadovém čísle, času příchodu a čísla přepážky, u které bude odbaven. Hlavní displej v prostoru čekací haly informuje klienta o výzvě k jeho přesunu k přepážce, na které bude obslužen. Funkcionalita systému Call 154-S je snadno konfigurovatelná podle agend vyřizovaných na jednotlivých přepážkách a operativní změny zařazení klientů do front k jednotlivým přepážkám je možno dělat i za provozu systému. Typickými oblastmi využití tohoto systému jsou peněžní ústavy, instituce státní správy, pracovní úřady, pošty, zdravotnická zařízení, obchody s kombinovaným pultovým a samoobslužným prodejem a jiné instituce. [1]

Část hardwaru toho zařízení by se dala pro zpracování této práce určitě využít, ale není vyžadován natolik sofistikovaný systém, který stojí řádově desítky tisíc korun.

Dalším možným řešením by bylo použití již hotových modulů displejů a ovládacího terminálu od firmy Elcaso. Velikou nevýhodou je, že komunikace mezi terminálem a displejem probíhá pomocí sériového rozhraní RS-232 nebo RS-422/485. To by znamenalo instalaci pevných vodičů do prostor menzy. Nevýhodou v terminálu od této firmy také spatřuji v tom, že se nehodí pro prostředí kuchyně. Je určen pouze pro průmyslové použití. [2]

## **2.2 Finanční stránka projektu**

Vezme-li se v úvahu pořizovací cena sofistikovanějšího systému jako je např. Call 154-S, u kterého se plně nevyužijí všechny jeho funkce, nebo cena nákupu již hotových modulů displejů, bude se cena zařízení pohybovat v řádu několika deseti tisíců korun. Budeme-li chtít nechat zhotovit systém světelných číselných panelů oznamujících hotové minutky od specializované firmy na míru, bude se pořizovací cena spojená s vývojovými náklady pohybovat v řádu několika desítek tisíc korun také.

Jedním z cílů této práce je, aby cena zhotoveného zařízení nepřekročila nabídku specializované firmy. Toho bylo snadno docíleno, protože se počítá pouze cena za materiál a nezapočítávají se vývojové náklady. Ty jsou součástí studia potřebného ke zdárnému dokončení této práce.

Finanční rozpočet zařízení byl společně s technickou dokumentací předán správě Kolejí a Menz TU.

### **3 Návrh systému světelných číselných panelů oznamujících hotové minutky**

System se bude skládat ze dvou hlavních částí. První část bude tvořit ovládací pult, který bude umístěn v místě výdeje hotových minetek a bude k dispozici pro kuchaře na zadání číselné hodnoty přiřazené k dané hotové minutce. Druhou částí bude světelný číselný panel, který bude sloužit strážníkům jako výzva pro odebrání již hotové minutky. Do návrhu tohoto systému budou zahrnuty i požadavky kladené ze strany správy Kolejí a Menz TUL.

#### **3.1 Návrh ovládacího pultu**

Vzhledem k tomu, že ovládací zařízení bude umístěné v prostoru přípravy jídel a může dojít k jeho kontaktu s tekutinami, je potřeba zabránit případnému vniknutí vody. Pro tyto účely byla zvolena samolepicí membránová klávesnice s dvanácti tlačítky (0 - 9, \*, #), která je navíc omyvatelná. Aby měl kuchař možnost zadávané číslo vidět ještě dříve, než jej odešle na světelný číselný panel, bude nad klávesnicí umístěn malý sedmisegmentový dvojciferný displej. Dvojciferný displej pokryje čísla v rozmezí od 1 do 50, která se používají pro označení objednávek minetek v menze. Celé toto zařízení pak bude umístěno v krabičce tak, aby byly rozměry minimální a byl splněn požadavek na vodotěsnost. Napájení bude realizováno síťovým spínaným zdrojem stejnosměrného napětí 5 V.

Požadavky zadávané prostřednictvím klávesnice budou zpracovávány běžícím programem v mikroprocesoru, který vyhodnocené informace bude také dále distribuovat do světelného panelu.

Ovládání by mělo být pro kuchaře co možná nejvíce intuitivní a jednoduché. Funkcionalitu odesílání popřípadě smazání zobrazeného čísla zajistí klávesy hvězdička „\*“ a mřížka „#“. Kuchař zadá číslo a pomocí klávesy „#“ jej odešle na světelný číselný panel umístěný v jídelně. Pokud by se kuchař při zadávání čísla spletl, bude mít možnost pomocí dvou stisků klávesy „\*“ za sebou číslo zobrazené na ovládacím pultu smazat ještě dříve, než jej odešle na displej do jídelny. Někdy se může stát, že kuchař bude vydávat několik jídel najednou a čísla označující minutky budou tvořit řadu. V tomto případě je vhodné zavést možnost zadání řady čísel, aby kuchař nemusel



jednotlivá čísla zadávat zvlášť. Řadu čísel zadá kuchař následujícím postupem. Nejprve se zvolí první číslo z řady, poté se místo klávesy na odesílání stiskne klávesa „\*“. Takto je aktivováno zadávání řady, což je signalizováno zobrazením „- -“, na displeji klávesnice. Následně je zadáno poslední číslo z požadované řady čísel. Poté už je řada odeslána standardním postupem a to stisknutím klávesy „#“.

### **3.2 Návrh světelného číselného panelu**

Číslo na světelném panelu by mělo být jasně viditelné i z větší vzdálenosti. Pro tento účel se nabízí použít sedmissegmentový displej s LED technologií, který má výšku 100 mm. Jedná se o standardní výšku vyskytující se u displejů na pobočkách pošt a bank. Pro dobrou viditelnost a čitelnost číslic by měl být displej složen z červených LED diod s co možná nejvyšší svítivostí. Vzhledem k dispozičnímu řešení a tvaru místnosti jídelny je nutné uvažovat o více zobrazovacích panelech a jejich rozmístění, tak abychom je umístili do zorného pole co možná nejvíce pozorovatelů. V tomto případě budou v jídelně umístěny dva světelné panely. Každý světelný panel bude obsahovat dva sedmissegmentové displeje pro zobrazení dvojčíferné číslice.

Pro upoutání pozornosti dějící se akce na světelném panelu bude vhodné využít i zvukovou signalizaci v podobě „gongu“. Pro tento účel bude umístěn do panelu vhodný reproduktor.

Zařízení bude umístěno v průmyslové krabici s transparentním víkem používající se pro elektrotechniku.

Napájení zařízení bude zajišťovat síťový spínaný adaptér 12 V stejnosměrného napětí.

Světelný panel bude zajišťovat funkci akusticko-optické signalizace dvojčíferného čísla v rozmezí od 1 do 50 sloužící pro návštěvníky menzy jako výzva k vyzvednutí již hotové minutky. Číslo na displeji zabliká a zůstane zobrazené po určitý interval. Také je možné, aby ho doprovodil i zvuk gongu. Počet bliknutí, doba zobrazení čísla a možnost zvukové signalizace bude nastavitelná. Odešle-li kuchař několik čísel za sebou nebo řadu čísel, na displeji se zobrazí první odeslané číslo, pak druhé, třetí atd.

### 3.3 Návrh komunikace

Komunikace mezi ovládacím zařízením a světelným panelem může probíhat pomocí sériové linky komunikující po vodičích nebo bezdrátově. Výhoda pevné sériové linky spočívá v obousměrné komunikaci a nevýhodou může být ztráta přenášené informace na větší vzdálenost. Za největší nevýhodu při realizaci pomocí drátového propojení pak považují instalaci datových vodičů do prostor kuchyně a jídelny v menze. Bezdrátovou komunikaci lze zajistit pomocí standardů Bluetooth, Wi-Fi nebo pomocí modulů pracujících ve frekvenčním pásmu ultra krátkých vln. Pro tento navrhovaný systém bude naprosto dostačující zvolit moduly pracujících na frekvenci 868 MHz, které nám s jistotou zajistí jednosměrný přenos informace uvnitř menzy.

### 3.4 Návrh servisních akcí

Někdy se může vyskytnout případ, že kuchař na panel v jídelně odešle číslo minutky, která však není ještě hotová. Pro tento případ bychom mohli zavést tzv. servisní příkaz „smaž všechny čísla na panelech v jídelně“. To však má jednu nevýhodu, která by měla fatální následek. Představme si situaci, že kuchař odešle číselnou řadu od jedné do pěti a poté zjistí, že jídlo označené číslicí čtyři nemá ještě hotové. Kdyby smazal některá mezi tím již zobrazená čísla v jídelně, vyvolá to mezi strávníky zmatek. Když naopak servisní příkaz nepoužije, vyzve tím jednoho zákazníka menzy ke zbytečné cestě do místa výdeje hotových minutek. Tuto servisní akci bude moci kuchař vhodně použít jen za předpokladu, že se odešle pouze jedno číslo a následně po odeslání zjistí, že se spletl. Tady už ale bude hrát svoji roli čas. Čas reakce zákazníka menzy, který zpozoruje akci na panelu v jídelně, čas kuchaře poté, co si uvědomí chybu a čas mezi dobou potřebnou na správnou reakci (zadání příkazu pro zrušení dané výzvy).

V kapitole 3.2 je uvedeno, že číslo na displeji v jídelně několikrát zabliká a poté zůstane zobrazené po určitý interval. Pro změnu tohoto intervalu zavedu servisní příkaz „změna intervalu zobrazení čísla“. Uživatel ovládacího pultu pak bude moci zvolit interval zobrazení čísla od 1 do 9 sekund a počet bliknutí čísla. Tato funkce bude pak moci být využita při prvotním zavádění systému do menzy a poslouží k optimalizaci vyvolávání vydávaných hotových minutek.

Další možný servisní příkaz je možné zavést pro možnost aktivace či deaktivace gongu na panelu zobrazovací jednotky.

V menze je zavedený systém zobrazení čísel od 1 do 50, proto budou pro servisní příkazy využita vyšší čísla. V tomto případě se využijí poslední tři dekády. Jednotlivé servisní příkazy a jejich funkcionalita budou součástí manuálu v závěrečné zprávě této práce.

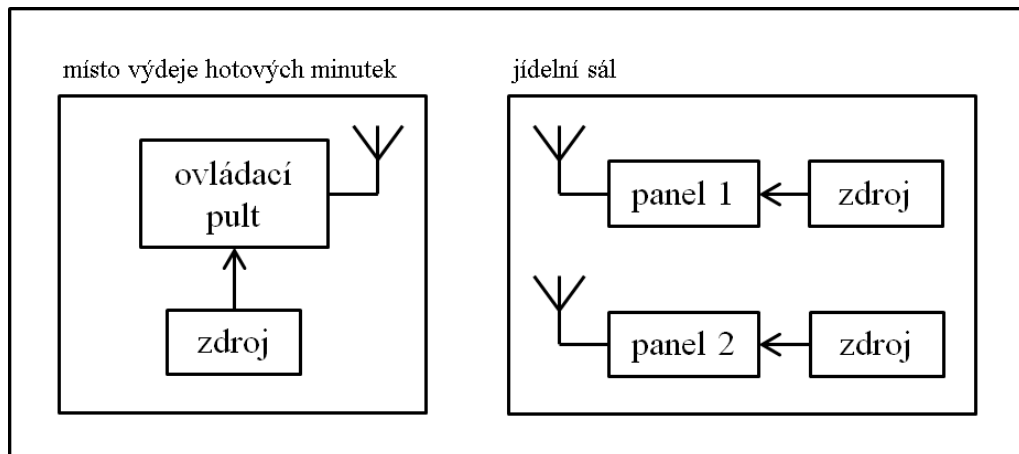
Servisní příkazy:

- a) nastavení počtu bliknutí čísla: 61 – 69
- b) nastavení doby zobrazení čísla: 71 – 79
- c) zapnutí / vypnutí gongu: 80 / 81
- d) vymazání všech odeslaných čísel: 99

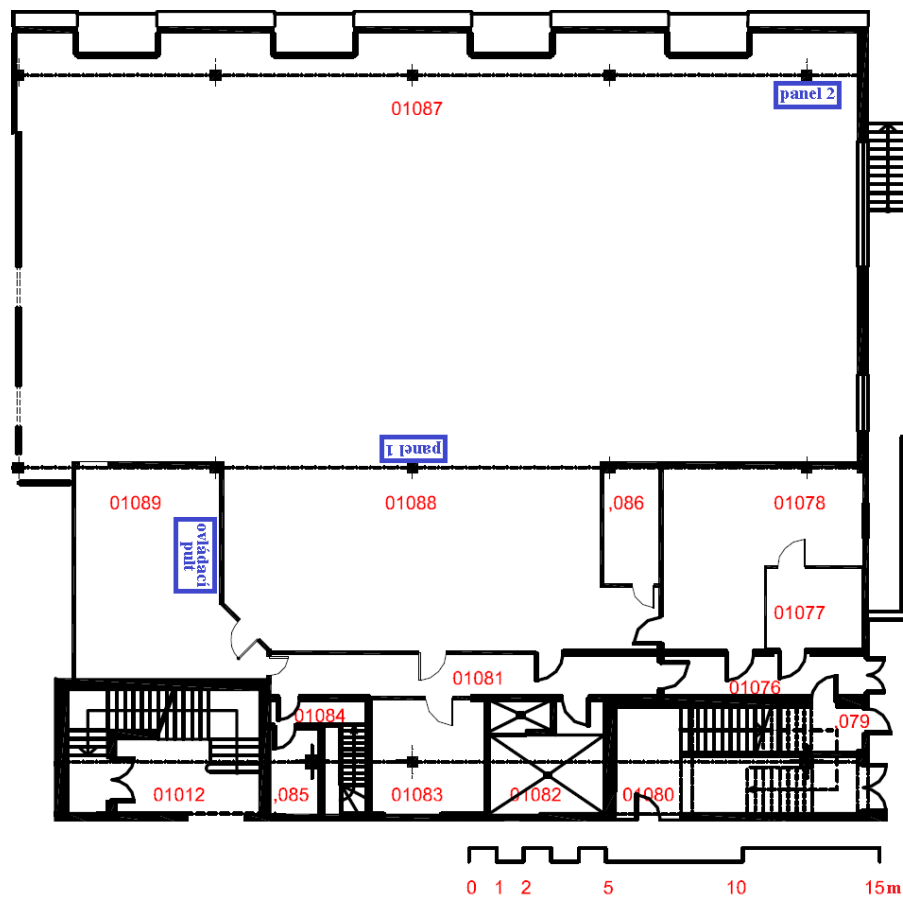
Servisní příkazy se odesílají stejně jako čísla jídel a to zadáním požadovaného jídla a stisknutím klávesy „#“.

## 4 Hardwarová realizace navrženého zařízení

Realizované zařízení se bude skládat z ovládacího panelu umístěného v místě výdeje hotových minutek a ze dvou světelných panelů umístěných v jídelním sále.



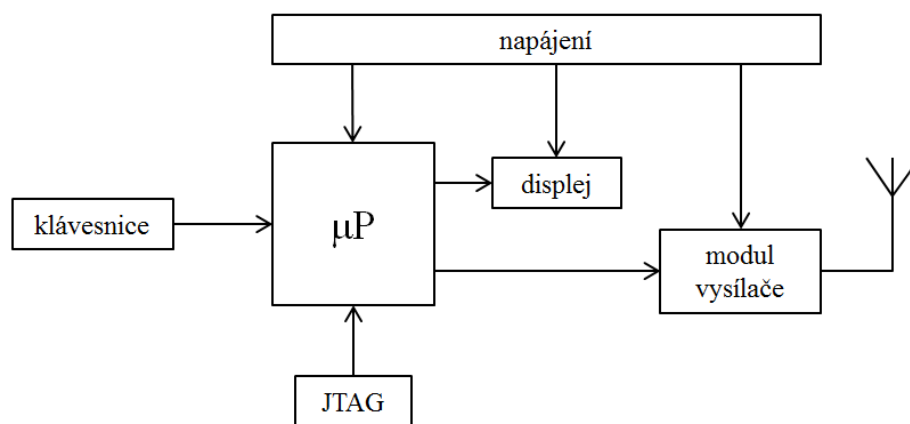
Obr. 2: Blokové schéma navrženého systému umístěného v menze Husova na TUL



Obr. 3: Umístění ovládacího pultu a světelných panelů v jídelním sále, [3]

## 4.1 Ovládací pult

Základ ovládacího pultu tvoří mikroprocesor ATMEL řady ATMEGA16, který se stará o řízení periférií. Vstupní zařízení mikroprocesoru tvoří maticová klávesnice, pomocí níž obsluha zadává číslo hotové minutky nebo zadává servisní příkazy. Jelikož na světelné panely v jídelně není z místa vydávání minetek přímá viditelnost, je nutné eliminovat špatné zadání čísla. Z tohoto důvodu byl na ovládací pult umístěn kontrolní LED displej, na kterém je možno zkontrolovat čísla před odesláním. Bezdrátový přenos mikroprocesorem zpracovaných dat bude do světelných panelů zajišťovat společně s anténou modul vysílače.



Obr. 4: Blokové schéma ovládacího pultu

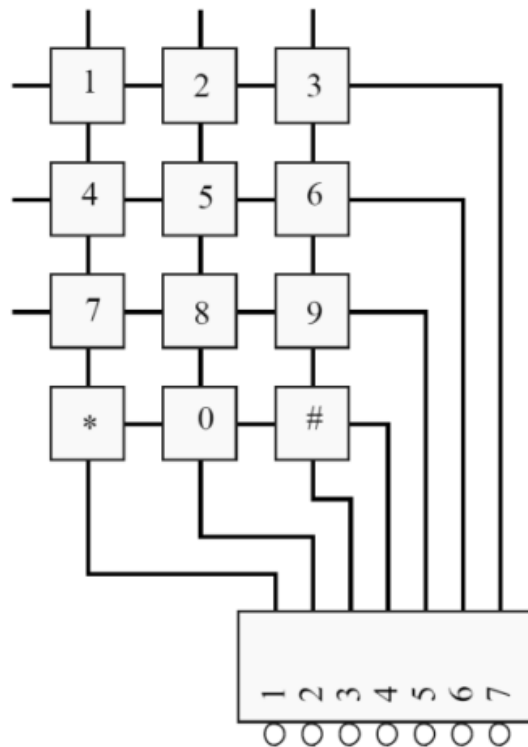


Obr. 5: Fotografie zhotoveného ovládacího pultu

#### 4.1.1 Maticová klávesnice

Na trhu existuje řada již vyrobených maticových klávesnic, které se dají pořídit jako jeden celek. Pro ovládací pult, který je umístěný v místě přípravy jídel, byla zvolena membránová numerická klávesnice s dvanácti tlačítky s čísly v rozmezí 0 až 9 a dvěma klávesami „\*“ a „#“. Klávesnice je rozložena do třech sloupců a čtyř řad, které můžeme vidět na Obr. 6. Velkou výhodou této klávesnice je také její vodotěsnost, což bylo v zadání vyžadováno.

Klávesnice tvoří vstupní zařízení pro mikroprocesor. Jak bylo již zmíněno v úvodu, klávesnice se stává z dvanácti tlačítek. Jelikož je ale počet vstupů procesoru omezen, je výhodnější vyžít maticové zapojení klávesnice. V tomto případě tak sníží počet použitých vstupních pinů o pět. To už je poměrně značná úspora.



Obr. 6: Maticová klávesnice 3x4

Snímání stisknuté klávesy probíhá pomocí přerušení, a proto je třeba přivést signál i na vstup INT0. Aby nedošlo k ovlivnění ostatních tlačítek, je k tomuto propojení použito usměřňovacích diod. Nutno podotknout, že při použití separátních vývodů by musela dioda být použita u každého tlačítka. Toto řešení tedy uspoří také devět usměřňovacích diod.

### 4.1.2 Mikroprocesor

Pro ovládací pult byl vybrán osmibitový mikroprocesor ATMEGA16 z rodiny AVR od firmy Atmel jako SMD součástka v pouzdře TQFP44. Při výběru mikroprocesoru byl brán zřetel na požadavky, jako je počet vstupních/výstupních linek pro řízení periférií, nízký odběr proudu a nízká pořizovací cena.

Mikroprocesor je založen na harvardské architektuře a využívá redukované instrukční sady RISC, která obsahuje celkem 131 instrukcí. Obsahuje standardní bloky typické pro tuto architekturu. Pro ovládací pult byl vybrán krystal s frekvencí 6 MHz, který společně s mikroprocesorem zajistí dostatečný výpočetní výkon.

Obslužný software je uložen ve Flash paměti. Mikroprocesor také obsahuje datovou paměť SRAM. V paměti EEPROM jsou uloženy dekodovací tabulky pro potřeby LED displeje a proměnné pro nastavení zařízení.

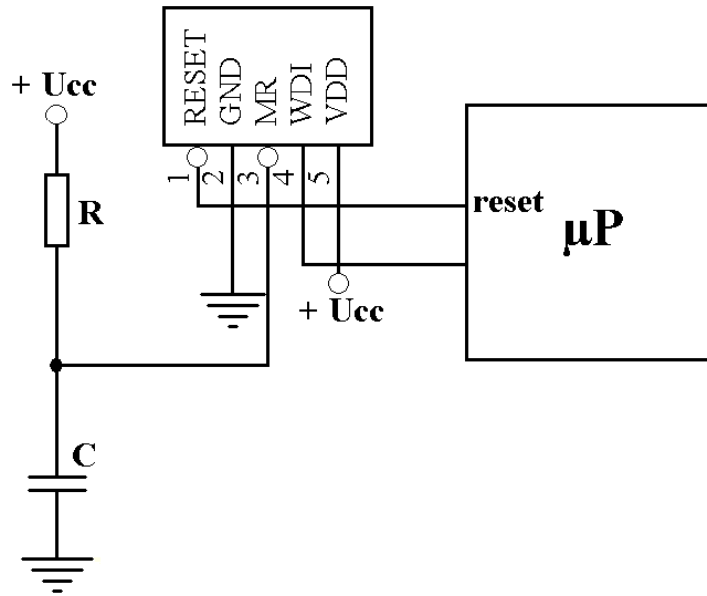
Mikroprocesor disponuje univerzálním programovacím a ladícím rozhraním JTAG a SPI, pomocí níž jsou paměti Flash a EEPROM programovatelné přímo v systému. Možnost programovat přes rozhraní JTAG bylo i jedno z kritérií pro výběr tohoto mikroprocesoru.

Využití těchto mikroprocesorů má v elektronice velice široké využití v řízení a je i vhodné pro měření elektrických i neelektrických veličin díky zabudovanému desetibitovému A/D převodníku. [4, 5, 6]

### 4.1.3 Resetovací obvod

Jak je již nastíněno, mikroprocesor disponuje interním watchdog časovačem, který v případě, že program „zabloudí“ a přestane reagovat, dokáže mikroprocesor resetovat. Ukazuje se, že tato komponenta je sice výhodná, ale předpokládá se, že je mikroprocesor správně inicializován. Tedy při zapnutí je vše správně nastaveno. Toto ale může být kámen úrazů. V praxi je možné pozorovat některá zařízení, která mají při zapínání právě s tímto největší problém. Jelikož je vyžadováno, aby tato aplikace byla spolehlivá, byl zvolen externí watchdog. Ten hlídá úroveň napětí a zapíná mikroprocesor až v případě, že je napájecí napětí již nad bezpečnou úroveň. Dále pak na jeden vstup externího watchdogu je nutné posílat pravidelně impulzy. Když se impulzy opozdí, je mikroprocesor resetován. Tak je hlídán i samotný běh mikroprocesoru. Externí součástky R a C jsou pouze pro manuální reset. Ten napomáhá podržet

mikroprocesor ve vypnutém stavu, dokud není napájecí napětí na požadované úrovni. Nutno také podotknout, že se jedná o velmi malou součástku a není proto nutné se obávat zvýšených nároků na zástavbové místo. [7]



Obr. 7: Externí resetovací obvod TPS3823-50DBVR

#### 4.1.4 Rozhraní JTAG

Mezi periférie mikroprocesoru patří také JTAG. Pomocí tohoto rozhraní můžeme nejen nahrát program do mikroprocesoru, ale také odladit program přímo v aplikaci. Pomocí tohoto rozhraní byla naprogramována také paměť EEPROM, která obsahuje znaky zobrazované na displeji.

Toto rozhraní je nedocenitelné obzvláště při vývoji nového programu. Umožňuje totiž krokování programu přímo v aplikaci a programátor má tak možnost zpětné vazby. Další výhodou je možnost zapínání a vypínání jednotlivých pinů a nastavování hodnot, aniž by bylo nutné psát samotný program. Předejde se tím mnoha komplikacím.

V tomto případě se takto vyzkoušel celý LED displej a funkce gongu ihned po osazení DPS. Postupně bylo testováno rozsvícení jednotlivých segmentů a spouštění gongu.

Nevýhodou rozhraní je obsazení čtyř pinů na mikroprocesoru, které se nedají souběžně využít pro ostatní účely.



#### 4.1.5 Displej

Pro zobrazení zadávaného čísla na ovládacím pultu byl zvolen sedmissegmentový displej DA56-11SRWA od firmy Kingbright. Displej je řízen výstupní funkcí naprogramovanou v mikroprocesoru. Je tvořen dvěma červenými číslicemi o velikosti 14 mm. Napájení 5 V je přivedeno na společnou větev připojenou ke všem anodám LED diod tvořících jednotlivé segmenty. Katody jednotlivých segmentů jsou připojeny přes omezovací rezistory na výstupy z mikroprocesoru. Pro rozsvícení segmentu se musí programově nastavit výstup z mikroprocesoru na stav log „0“. [8]

#### 4.1.6 Modul vysílače

Jak bylo již napsáno v kapitole 3.3, pro bezdrátovou komunikaci byly zvoleny moduly s FSK modulací pracující v kmitočtovém pásmu 868,3 MHz. Moduly je možno v České republice volně (bez licence) provozovat. Jedním z důvodů jeho výběru byl i fakt, že pro zařízení v menze potřebujeme pouze jednosměrnou komunikaci. Další výhodou oproti technologii Bluetooth a Wi-Fi je, že moduly na tomto kmitočtu umožňují použít nižší vysílací výkon a tím můžeme snížit nároky na spotřebu energie. Navíc při použití technologie Bluetooth a Wi-Fi by mohlo díky jejich širokému využívání docházet k rušení přenosu.

Na českém trhu jsou nejvíce zastoupené RF moduly od italské firmy Aurel. Levnější variantu a mnohdy i preciznější provedení takovýchto modulů nabízí i česká firma FLAJZAR, s.r.o., od které byl vybrán vysílací modul TX868FSK1.



Obr. 8: Modul vysílače TX868FSK1 od firmy Flajzar, s.r.o., [9]

Pro zapnutí/vypnutí modulu je zapotřebí na pin ENB přivést stav log „1“ resp. log „0“. Vstup DATA je vstupem logickým a má možnost přímého propojení s mikroprocesorem nebo kódérem sad atd. V případě ovládacího pultu je tento vstup propojen s TX výstupem mikroprocesoru. Jako anténu je možné použít lankový drát o délce 85 mm nebo ji integrovat na DPS, jako tomu je v tomto případě. Další možností je zakoupení laděných antén přímo od výrobce.

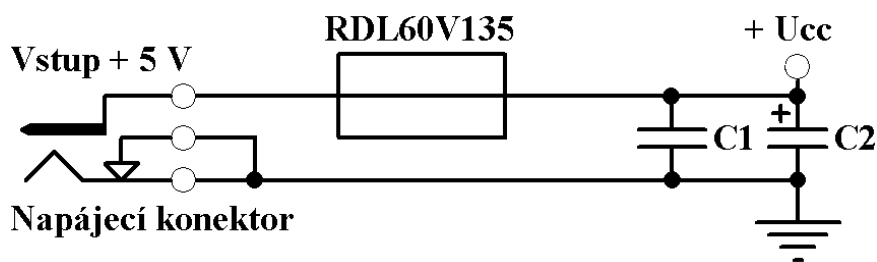
Díky velmi malým rozměrům 17 x 12,5 mm a malému napájecímu napětí je vysílací modul velmi oblíbený v kapesních ovladačích pro ovládání vrat, alarmů apod. Reálný dosah uvedený výrobcem je 500 metrů ve volném prostoru a cca. 50 metrů v budově. [9]

#### 4.1.7 Napájení

Je zajištěno síťovým spínaným napájecím adaptérem s výstupním stejnosměrným napětím o velikosti 5 V. Maximální proudové zatížení je 1000 mA.

Jelikož byl použit spínaný zdroj, je přidán na vstup keramický kondenzátor C1 a elektrolytický C2 pro vyhlazení napájecího napětí. Pro posílení proudové ochrany ovládacího pultu byla přidána vratná pojistka PolySwitch PPTC. [10]

Je nezbytné dodržet maximální napájecí napětí 5 V. V případě překročení tohoto napětí dojde ke zničení součástek na DPS.

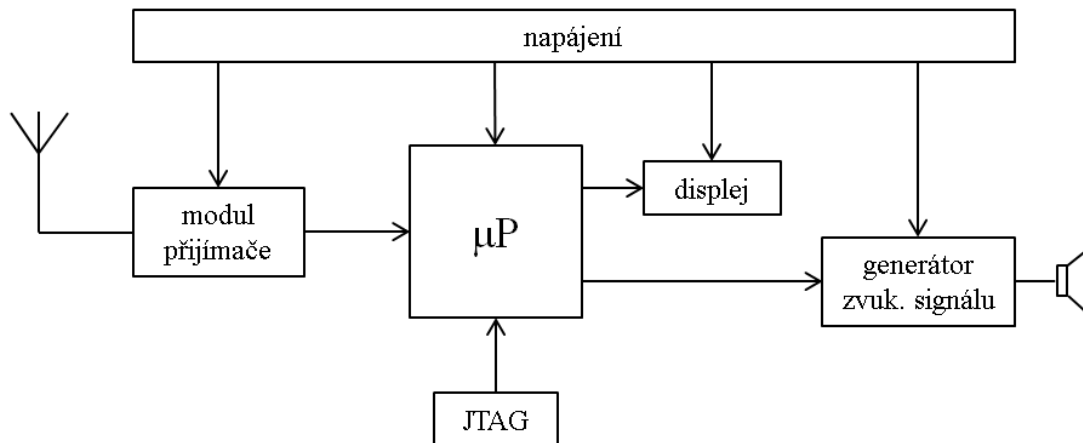


Obr. 9: Schéma napájení ovládacího pultu

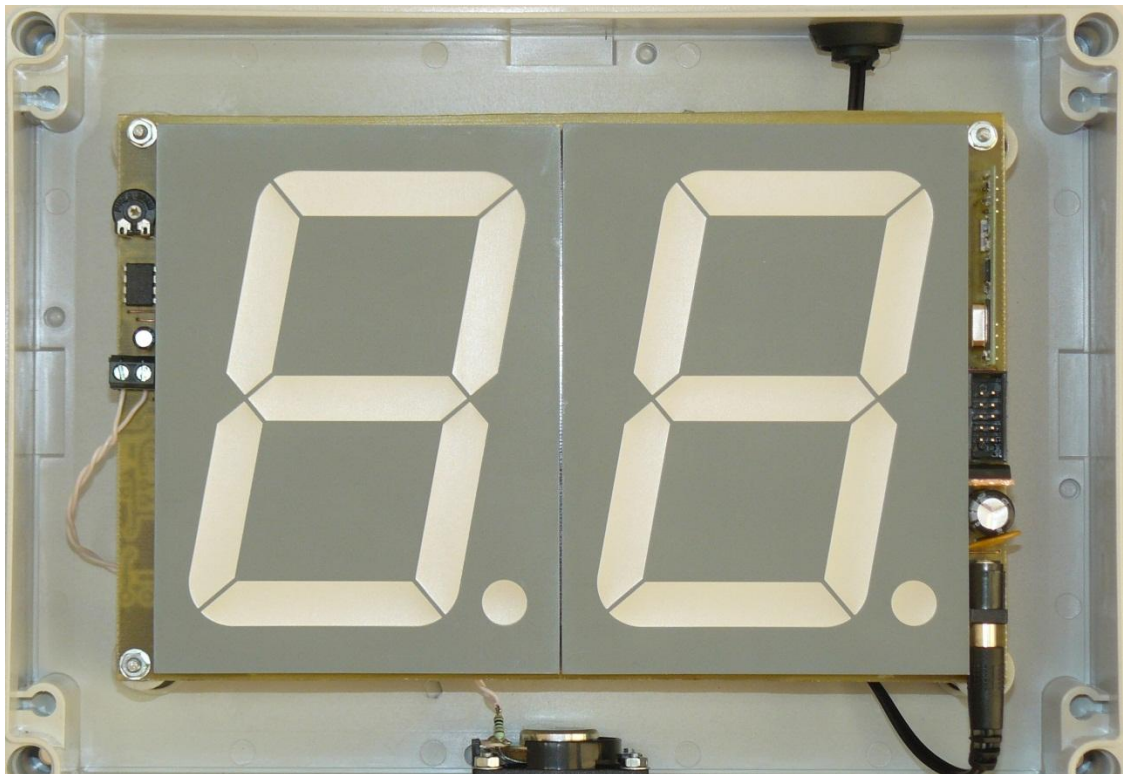
Jelikož jsou konektory shodné pro široké spektrum napájecích napětí, je konektor schován uvnitř pouzdra klávesnice. Tak se předejde k jeho možné záměně a navíc to přináší i další výhody. Těmi jsou ochrana proti vlhkosti a zabránění nechtěnému vytažení konektoru. Dále pak nedochází k zásahu do konstrukce zdroje (při odstranění konektoru atd.) a tak je zachována jeho garance.

## 4.2 Světelný panel

Základem světelného panelu je mikroprocesor ATMEL řady ATMEGA16, který se stará o řízení periférií. Modul přijímače pomocí antény přijímá data vyslané z ovládacího pultu, které distribuuje do mikroprocesoru. Mikroprocesor podle vyhodnocených informací pak řídí displej a generátor zvukového signálu, ke kterému je připojený reproduktor sloužící pro akustickou signalizaci.



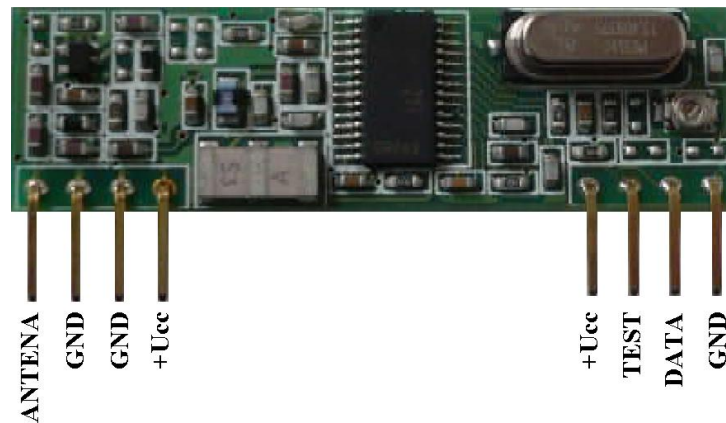
Obr. 10: Blokové schéma světelného panelu



Obr. 11: Fotografie zhotoveného světelného panelu

### 4.2.1 Modul přijímače

Pro příjem dat byl zvolen vysokofrekvenční přijímač RX868FSK1, který je kompatibilní s vysílačem TX868FSK1. Přijímá na stejné pracovní frekvenci 868,3 MHz a používá stejnou FSK modulaci.



Obr. 12: Modul přijímače RX868FSK1 od firmy Flajzar, s.r.o., [9]

### 4.2.2 Mikroprocesor

U světelného panelu bylo použito stejného mikroprocesoru jako tomu bylo u ovládacího pultu (podrobnosti viz. 4.1.2). Jedinou odlišností je zapojení periférií na jiné porty. To mělo za důsledek v některých ohledech i zjednodušení programu. Na rozdíl od ovládacího pultu, kde bylo nutné využít na ovládání LED displejů piny ze tří portů, je u světelného panelu zapotřebí pouze dvou portů. Navíc tyto porty jsou využity výhradně k ovládání displejů, a tudíž nedochází k vzájemnému ovlivňování jiných periférií.

### 4.2.3 Resetovací obvod

Tento obvod je zapojen stejně jako tomu je u ovládacího pultu viz. 4.1.3. Jedinou odlišností je využití jiného pinu u mikroprocesoru.

Změna pinu byla dána dispozicemi na DPS. Na rozdíl od jiných integrovaných obvodů je možné u mikroprocesoru volit vstup/výstup z několika pinů podle aktuální situace na DPS. Tím bylo dosaženo optimálního rozmístění součástek a jejich vodivých spojení. Tak bylo možné realizovat kompletní montáž na jednostranné DPS. Nejen, že takto navržená deska je finančně výhodnější, ale také snadno realizovatelná v domácích podmínkách.

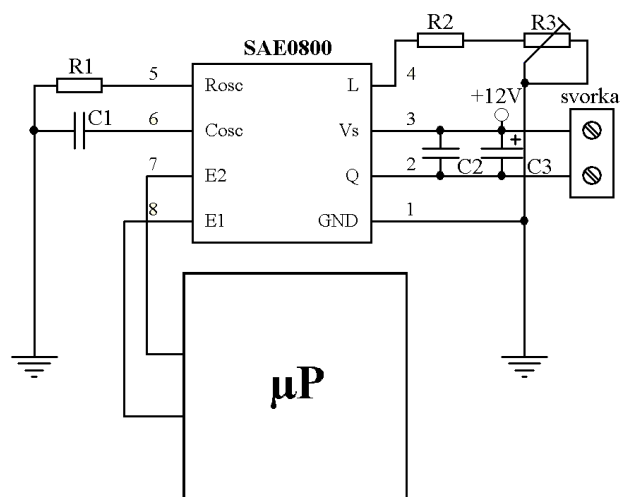
#### 4.2.4 Displej

Pro zobrazení dvojciferného čísla na světelném panelu byly vybrány dva sedmsegmentové displeje SA40-19SRWA od firmy Kingbright. Displej je tvořen vysoce svítivými červenými diodami, které jsou zapojeny v sérioparalelní kombinaci, a z tohoto důvodu vyžaduje vyšší napájecí napětí. Navíc je požadováno i větší proudové zatížení a proto musí být segmenty spínány pomocí tranzistorů NPN, které mohou spínat max. proud 1 A. Proud segmentů je maximálně na jedné třetině tohoto proudu. Tak je zaručeno, že životnost spínacích prvků bude dostatečná. [11]

Právě kvůli napájení LED displeje je použitý napájecí zdroj 12 V. Proud (potažmo napětí) na segmentech je omezen pomocí omezovacích rezistorů. Jelikož se liší počet zapojených diod na segmentech a oddělovací teče, je nutné zvolit i rozdílnou velikost rezistorů.

#### 4.2.5 Generátor zvukového signálu a reproduktor

Generátor zvukového signálu je realizován pomocí integrovaného obvodu SAE0800. Pomocí něho je generován zvuk „gong“. Ten je spouštěn pomocí vstupu E1. Dá se použít i E2 a nebo kombinace obou. Jsou tedy možné tři kombinace zvukového signálu.

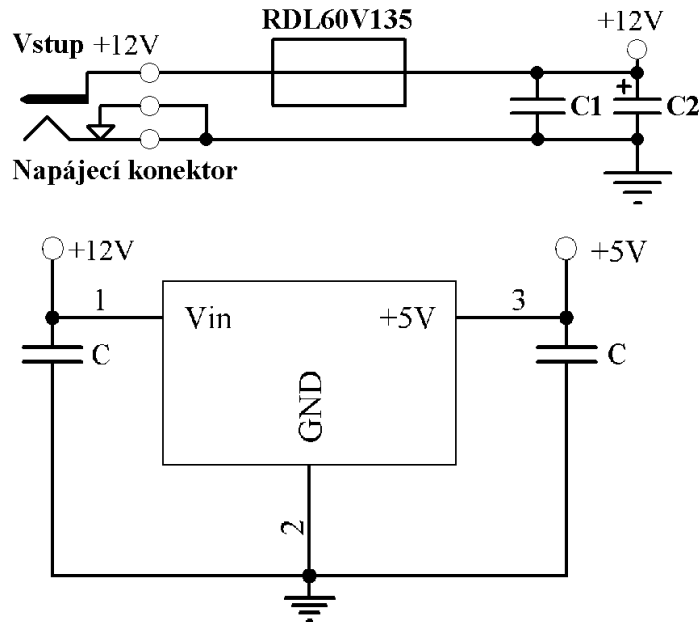


Obr. 13: Schéma zapojení pro integrovaný obvod SAE0800, [12]

Integrovaný obvod SAE0800 obsahuje také výstupní zesilovač a tepelnou ochranu proti přetížení. Jako akustický měnič byl zvolen reproduktor LP-40KC08 s parametry výkonu 1 W a jmenovité impedance 8  $\Omega$ . [13]

## 4.2.6 Napájení

Napájení bylo již částečně zmíněno v kapitole 4.2.4. Podrobný popis zapojení je na Obr. 14.



Obr. 14: Realizace napájení pro světelný panel

Napětí pro ostatní komponenty je stabilizováno pomocí obvodu LM7805 na 5 V. Obvod je zapojen dle katalogového listu. [14]

## 5 Softwarová realizace navrženého zařízení

Ovládací software pro zařízení byl napsán v jazyce Assembler. Tento programovací jazyk umožňuje využít nejlépe periférie procesoru, hlídat běh procesoru a nevytváří složité a nepřehledné struktury. Výhodou je také snadné krokování a to i přímo na procesoru. Zkušený programátor v Asembleru dokáže napsat stejnou funkci jako ve vývojovém prostředí C, ale s menším nárokem na paměť procesoru. Obzvláště, když se jedná o časově velmi náročné děje, jako je zpracování videosignálu (přidávání titulků), je použití Assembleru téměř nezbytné.

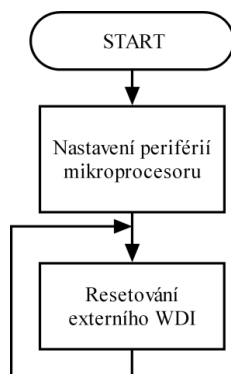
Důležitým prvkem při psaní programu je vytváření vývojových diagramů, podle kterých se pak výsledný program tvoří. V tomto případě se jedná o dva základní typy. První je schematický a znázorňuje rámcově, co je od funkce požadováno. Druhý pak již podrobně popisuje funkci a pomocí něho již probíhá zápis funkce v Assembleru.

### 5.1 Ovládací pult

Hardware ovládacího pultu byl již popsán v kapitole 4.1. Nyní se zaměříme na obslužný software, který obsluhuje periférie mikroprocesoru.

#### 5.1.1 Funkce hlavní smyčky

Mikroprocesor disponuje externím přerušením, čehož bylo výhodně využito. Program běží ve smyčce, ve které se provádí pouze resetování externího Watchdogu. Což je patrné i z následujícího obrázku.



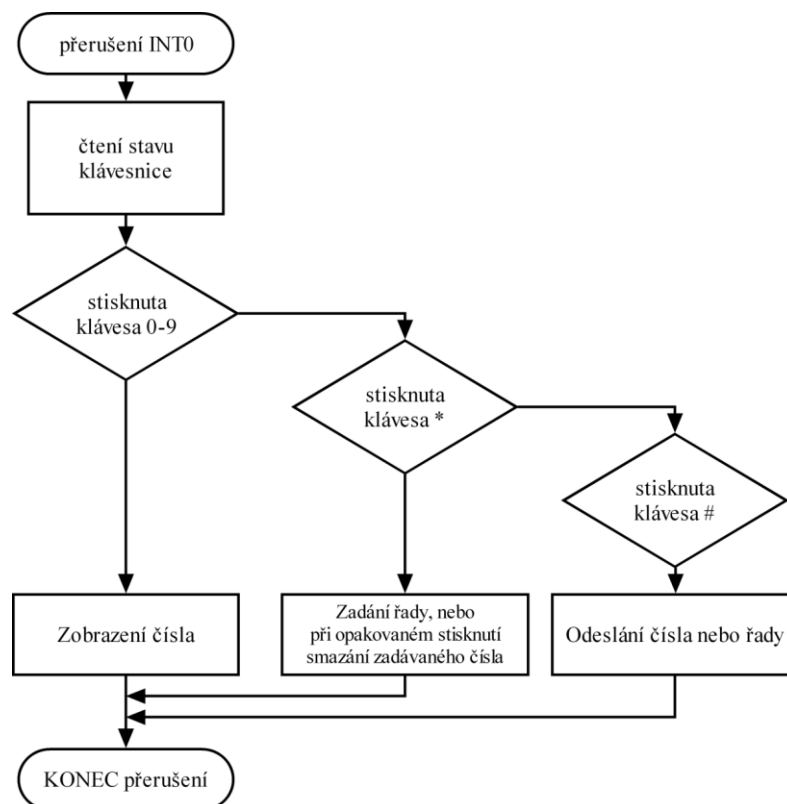
Obr. 15: Vývojový diagram pro funkci hlavní smyčky ovládacího pultu

### 5.1.2 Obsluha klávesnice

Nejdůležitější část programu se odehrává po stisku tlačítka. Tím je vyvoláno přerušení INT0. O mechanismu vyvolání tohoto přerušení je pojednáno v kap. 4.1.1. Na základě stisknuté klávesy se provede buď zadání požadovaného čísla nebo zadání řady či odeslání. Záměrně neuvažujeme zadávání servisních funkcí, protože vyhodnocení servisního příkazu je programově zajištěno až ve světelném panelu.

Náhled funkce INT0 je na Obr. 16. Zde je jen zjednodušený diagram. Ve skutečnosti je nutné ošetřit mnoho stavů. Heslovitě ty nejpodstatnější:

- při zadávání řady musí být nejprve zadáno nižší číslo a poté teprve vyšší
- řada nesmí překročit hodnotu 50, pak by zasahovala do servisních příkazů
- při přerušení zadávání řady by nemělo být odesláno číslo
- při odesílání řady je nutno zablokovat klávesnici proti nechtěnému stisknutí
- zakmitání kontaktů tlačítek
- a mnoho dalších.



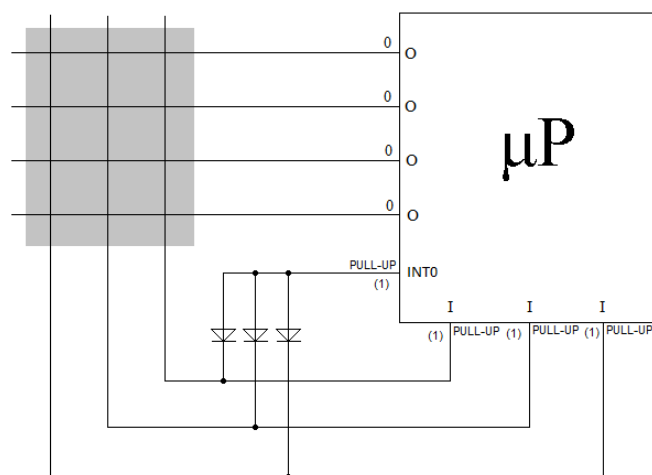
Obr. 16: Vývojový diagram pro přerušení



Výhodou tohoto uspořádání je, že ke čtení stavu klávesnice dochází jen tehdy, je-li klávesa stisknutá. V případě zpracovávání prvního stisku je automaticky odstaveno přerušení. Zdálo by se, že tímto způsobem je již zamezeno zakmitávání tlačítek neboli opětovnému vyvolání přerušení. Není tomu tak, protože příznaky přerušení jsou zapamatovávány i v případě, že samotné přerušení je zakázáno. Proto je nutné tyto příznaky před povolením přerušení vymazat. Kdybychom tak neučinili, došlo by k opětovnému vyvolání přerušení.

Jedinou komponentou, která zde nebyla uvedena, je časovač. Ten povoluje přerušení po určitém časovém úseku. Jelikož je jeho funkce takto primitivní, nebude zde uveden jeho vývojový diagram a postačíme si se slovním popisem.

Časovač je obdobně jako zdroj externího přerušení volán pomocí příznaku přerušení. Výhodou použití časovače je v tom, že hlavní program je nadále vykonáván a nezávisle na něm probíhá časování. Jelikož je v tomto případě hlavní program, krom resetování externího Watchdogu zcela nevyužitý, dalo by se namítnout, že využití časovače není opodstatněné. Dalo by se také využít několikanásobného zacyklení (tzv. zpožďovací smyčky) v hlavním programu, ale to by vyžadovalo více volných registrů. Hlavní důvod, proč byla zvolena tato metoda, je ten, že na počátku vývoje se nevědělo jistě, jestli nepřibudou další funkce a takto jsou ponechána zadní vrátka otevřená.

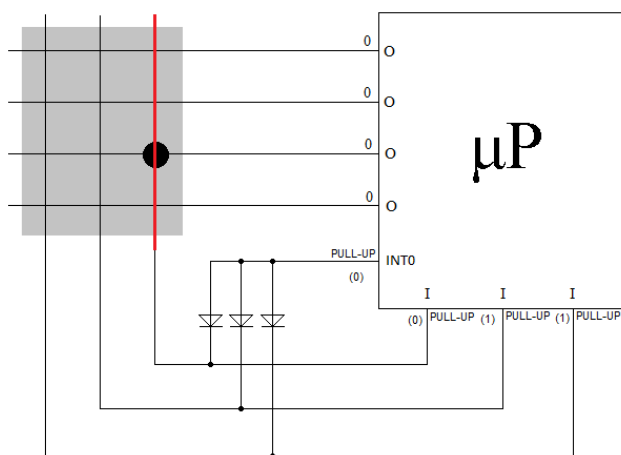


**Obr. 17: Stav před stiskem klávesy**

Stav před stisknutím klávesnice je zobrazen na Obr. 17. Informace o tom, zda se jedná o vstupní či výstupní pin je uvedena u vývodu uvnitř ohraničeného obdélníku. Jedná se o stavy I/O. Přehled o tom, jakých hodnot vstupní či výstupní pin nabývá je

uvedena u vývodu vně ohraničeného obdélníku. V případě, že je daný pin nakonfigurován jako výstupní, můžeme hovořit o stavech log „0“ nebo log „1“. Jedná-li se o pin vstupní, pak hovoříme o připojení či odpojení PULL-UP rezistoru. Ten je integrován přímo v mikroprocesoru a dá se programově zapínat a vypínat. Detekované logické stavy na vstupních pinech jsou uvedeny v závorkách u příslušného pinu.

Maticová klávesnice je velmi výhodná z hlediska hardwarového řešení. Na straně obslužného softwarového řešení je situace odlišná. Pro jednoznačné určení stisknuté klávesy je potřeba provést několik kroků. První z nich je samotná detekce stisku. Řádkové vodiče jsou nastaveny jako výstupní s log „0“ a při stisku klávesy se uzemní i sloupcový vodič. Přes diodu dojde k uzemnění vstupu INTO. Tento vstup vyvolá při běhu programu přerušení. Oproti cyklickému čtení stavů klávesnice je toto řešení méně náročné na délku programu. Tím je myšleno, že při každém průběhu dojde ke čtení stavu klávesnice, ale když by byl program příliš dlouhý a průchod touto smyčkou by trval v extrémním případě i několik vteřin, bylo by zapotřebí držet tlačítko po tuto dobu stisknuté, aby došlo k jeho vyhodnocení. Oproti tomu toto řešení reaguje ihned po stisknutí a nezáleží na tom, v jaké fázi se program nachází. Vyjma případu, že dochází ke zpracovávání předchozího stisku a tím pádem je další přerušení zakázáno.

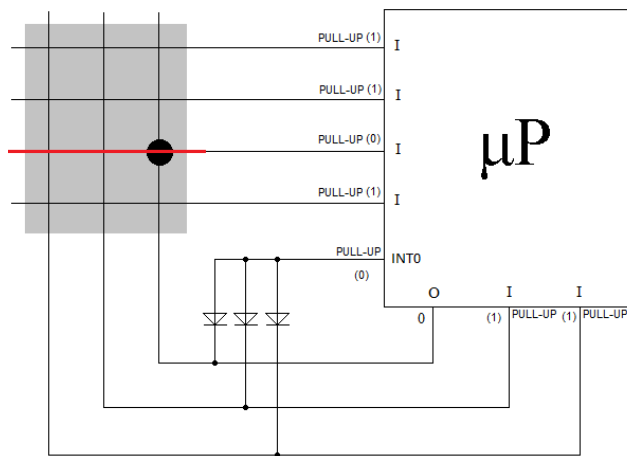


**Obr. 18: Stav stisku klávesy – detekce sloupce**

V přerušení je již realizováno detekování stisknutého tlačítka. Na Obr. 18 je jasně patrné, že na prvním vstupu do mikroprocesoru je na místo log „1“ stav log „0“. Takto zjistíme, o jaký se jedná sloupec.

V druhé fázi se přestaví piny dle Obr. 19. Vstup nastavený do log „0“ se nyní nastaví jako výstup se stavem log „0“ a výstupní piny na levé straně se nastaví jako

vstupní s PULL-UP rezistorem. Tak je možné detekovat aktivní řádek. Vše se odehrává ve velmi krátkém časovém úseku. Tlačítko je tedy stále stisknuté.



**Obr. 19: Stav stisku klávesy – detekce řádku**

Nyní již máme informaci o aktivním řádku i sloupci a lze již s jistotou určit, jaké tlačítko je stisknuto. Toto vyhodnocování lze ošetřit i proti případným současným stiskům více kláves. V programu tato funkce není implementována, neboť se ukazuje, že tyto stavy ošetřuje již samotná konstrukce klávesnice. V praxi to znamená, že tlačítka jsou od sebe dostatečně vzdálená. Při úmyslném stisku dvou tlačítek je vyhodnoceno první stisknuté tlačítko a druhé je ignorováno.

Aby nedocházelo k nechtěnému vícenásobnému stisknutí stejného tlačítka (tzv. zakmitání), je zakázáno snímání stavu klávesnice, dokud není předchozí klávesa uvolněna. Po uvolnění klávesnice je spuštěn časovač, který po určitém čase opětovně povolí snímání stavu klávesnice.

Tento způsob ošetření zákmitu umožňuje rychlé a bezchybné zadávání znaků do klávesnice.

### 5.1.3 Zadání řady čísel

Při zadávání řady bylo nutné zavést proměnnou, do které je při stisku „\*” uloženo první číslo z řady a zároveň proměnnou, která informuje o tom, že bylo zadání řady provedeno. Při zadávání řady je tedy pouze zadáno počáteční, konečné číslo a informace o zadání řady. Samotné odeslání řady je realizováno již pomocí tlačítka pro odeslání znaku „#”.

### 5.1.4 Odeslání znaku

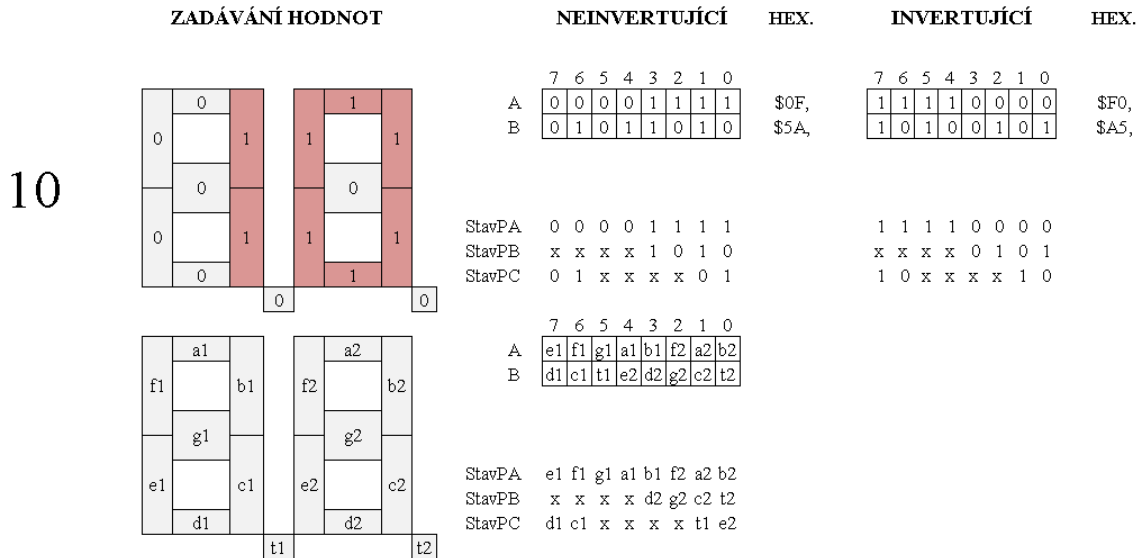
Jedná se o nejméně sofistikovanější funkci ovládacího panelu. Zatímco pod ostatními tlačítky se skrývá pouze zadávání parametru. Pod tlačítkem „#” se skrývá složitě vyhodnocování.

Na počátku je zjištěno, jestli se zadalo odeslání řady či nikoliv. Při odesílání jednotlivého čísla je situace následující. Nejprve se přivede stav log. „1“ na pin ENB modulu vysílače a tím se provede jeho inicializace. Poté je odeslán synchronizační znak v podobě číslice „0“ a následuje opakované posílání zadaného čísla. Opakování je provedeno desetkrát a to z několika důvodů. První a ten nejvýraznější je ten, že se tak zamezí nechtěnému přijmutí znaku na straně světelného panelu. Přijímač totiž i v klidovém stavu, kdy není vysílač aktivní, neustále přijímá nahodilé stavy log „0“ a log „1“. Bez tohoto ošetření by se náhodně zobrazovaly číslice na světelném panelu. Proto je příjem považován za korektní jen v případě, že znak dorazí do modulu přijímače opakovaně. Tolerance lze programově nastavit, zatím je požadováno sedm stejných znaků za sebou (více bude tato problematika rozebrána při popisu světelného panelu). Druhým důvodem, proč je vysílání takto ošetřeno, je požadavek na alespoň minimální zabezpečení komunikace. Nebude možné, aby byl signál změněn jiným zařízením, naladěným na stejnou frekvenci.

Při odesílání řady je situace obdobná. Jediným rozdílem je, že po odeslání deseti stejných čísel je odesílané číslo povýšeno a vše se opakuje, dokud není dosaženo nejvyššího čísla.

### 5.1.5 Zobrazení znaku na segmentovém LED displeji

Aby bylo možné zobrazit znak na LED displeji bylo nutné vytvořit dekodovací tabulku. Pro číslo „10“ je znázorněna na Obr. 20.



Obr. 20: Zobrazení znaku na LED displeji ovládacího pultu

Pro každé číslo byla vytvořena příslušná kombinace, tak aby hodnota na displeji byla zobrazená správně. Informace má délku šestnácti bitů a tedy odpovídá dvěma paměťovým buňkám. Jedinou komplikací je, že buňky musí být překopírovány do proměnných „StavPA“, „StavPB“, „StavPC“. Toto kopírování není provedeno 1:1, neboť jsou využity tři výstupní porty mikroprocesoru, ale data jsou uložena pouze v buňkách odpovídajících dvěma portům. Jak je vidět na Obr. 20, jsou některé bity registrů vyznačeny namísto symbolu „0“ a „1“ také symbolem „X“. To značí, že na portu je na tomto místě připojeno jiné rozhraní. V tomto případě těmito rozhraními jsou maticová klávesnice a programovací rozhraní JTAG.

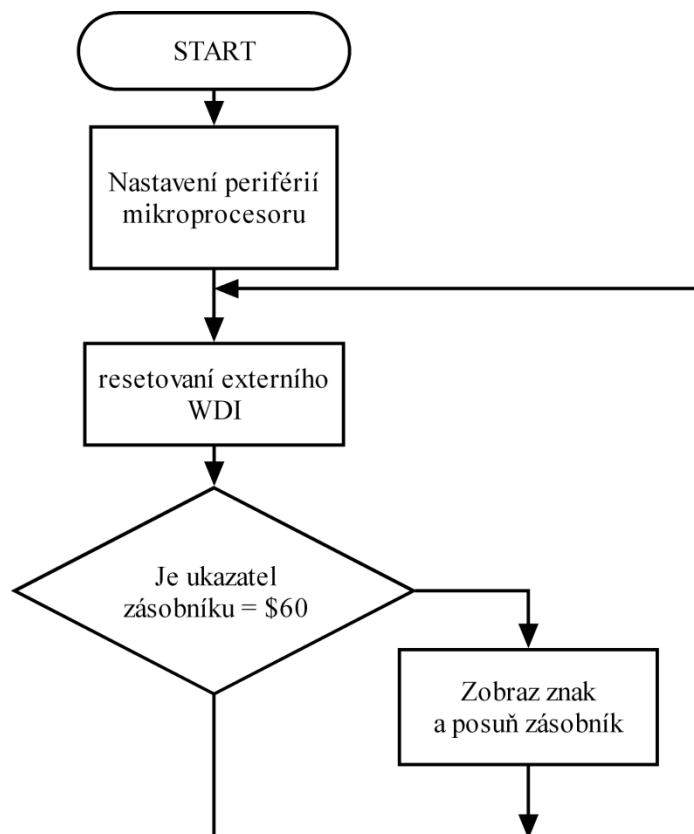
Celá tato převodní tabulka je uložena v paměti EEPROM. Hodnoty jsou tedy zapamatovány i po vypnutí napájení mikroprocesoru. Při požadavku na zobrazení čísla na LED panelu, je převod uskutečněn následujícím způsobem. Požadované číslo je vynásobeno dvěma, je to z důvodu, že jeden znak zabírá v paměti dvě po sobě jdoucí paměťové buňky. Vypočtené číslo reprezentuje adresu buňky, ze které se přečte uložená informace. Adresa se povýší a pokračuje se ve čtení druhé buňky. Po následném překopírování na příslušné bity je již údaj odeslán na výstupní porty procesoru. Takto je zobrazeno číslo na LED displeji.

## 5.2 Světelný panel

Software světelného panelu obdobně jako tomu je u ovládacího pultu využívá zdroje přerušení. Tentokrát se jedná o zdroj přerušení od jednotky USART.

### 5.2.1 Funkce hlavní smyčky

Obslužný program světelného panelu na rozdíl od programu ovládacího pultu provádí také zobrazování čísel uložených v zásobníku.



Obr. 21 Vývojový diagram pro funkci hlavní smyčky světelného panelu

Přijátá data z ovládacího pultu jsou uložena do zásobníku typu FIFO. To znamená, že znak, který přišel do zásobníku jako první, půjde také první ven. Zásobník je realizován v datové paměti a může obsáhnout až 150 čísel ve frontě. To je pro tyto účely dostatečné.

Při zobrazování vyzvednutého znaku jsou nejprve načteny z paměti EEPROM hodnoty nastavení gongu, počtu bliknutí a délky zobrazení. Ty mají v paměti vyhrazené

buňky. Na základě těchto hodnot se poté provede již požadovaná akce. Výhodou této koncepce je, že je nastavení zapamatováno i při výpadku napájení.

### **5.2.2 Přerušování USART**

USART je jedno z mnoha rozhraní implementovaných do procesoru AVR Atmega16. Využití tohoto rozhraní značně zjednodušilo samotný program. Pro odeslání znaku stačí data poslat do registru UDR. Obdobným způsobem pak probíhá i příjem znaku. Výhodou je možnost nastavení mikroprocesoru tak, že při příjmu znaku dojde k vyvolání přerušování.

V přerušování je vyzvednut znak z registru UDR a uložen do posuvného registru vytvořeného z několika po sobě jdoucích registrů mikroprocesoru. Tento registr slouží pouze k uchování po sobě jdoucích znaků. Shoduje-li se sedm po sobě jdoucích znaků, je vyhodnocen přijatý znak jako korektní a je dále zpracováván. Připomeňme, že vysílač posílá sadu deseti stejných znaků a tedy je počítáno i se ztrátou některého z nich.

Program na základě korektně přijatého znaku provede jednu ze dvou operací. První je uložení čísla do zásobníku. Jedná se o zásobník v datové paměti, který byl zmíněn v předchozí kapitole. Ukládání čísla do zásobníku probíhá jen v případě, že číslo je v rozmezí od 0-50. Druhou možností je, že přijaté číslo je v rozmezí od 51 do 99. V takovém případě se jedná o servisní příkaz. Ten nastavuje hodnoty v paměťových buňkách EEPROM. Tyto hodnoty jsou pak využity v hlavní smyčce programu.

### **5.2.3 Zobrazení čísla**

Zobrazení čísla probíhá obdobně, jako je tomu u programu ovládacího pultu uvedeného v kapitole 5.1.5. Rozdíl je pouze v použití jiné dekodovací tabulky uložené v paměti EEPROM a také využití pouze dvou portů. Z tohoto důvodu není nutné provádět složité dekódování bitů. Stav načtený z paměti odpovídá požadovaným stavům na portech PA a PB.

## 6 Závěr

Po seznámení s postupem výdeje hotových minutek v menze Husova na Technické univerzitě v Liberci a po analýze trhu s elektronickými zobrazovacími panely bylo navrženo optimální řešení světelného zařízení pro oznámení hotových minutek. Oznámení se děje pomocí dvou světelných panelů umístěných v prostoru jídelního sálu, na kterých se zobrazuje číslo přiřazené k objednané minutce. Číslo je zadáno obsluhou menzy pomocí ovládacího pultu.

Při návrhu zařízení byl brán ohled na co nejnižší energetickou náročnost, spolehlivost a dostupnost použitých součástek na českém trhu. Pro vývoj schémat zapojení, DPS a tudíž i rozmístění součástek bylo použito jednoduchých metod a postupů. To vše vedlo k optimalizaci finanční stránky celého projektu.

Pro realizaci zařízení bylo nutné navrhnout schémata zapojení, navrhnout a zhotovit desky plošných spojů, které bylo třeba osadit součástkami. K tomu všemu bylo využito praktických a manuálních dovedností i z předešlého studia.

V rámci této práce byla ověřena i možnost bezdrátového přenosu dat pomocí vysokofrekvenčních modulů. Jak se ukázalo, komunikace mezi ovládacím pultem a světelným zařízením probíhá korektně a to díky navrženému softwaru, který zabrání přijímání nežádoucích znaků, či možnému rušení ze strany jiných zařízení laděných na stejné frekvenci.

Výstupem tohoto projektu je plně funkční zařízení oznamující zákazníkům menzy číslo jejich objednané minutky připravené k vyzvednutí. Zařízení je v menze nainstalováno a v praxi již ověřeno.

Správě Kolejí a Menz TU byla společně s funkčním zařízením předána i veškerá technická dokumentace obsahující schémata zapojení, návrhy DPS, zdrojový kód pro mikroprocesor psaný v Assembleru a krátký manuál určený k obsluze. Podle této dokumentace bude možné zhotovit zařízení i pro ostatní menzy na TU v Liberci.



## Seznam použité literatury

- [1] *Kadlec elektronika, s.r.o.* [online]. 2011 [cit. 2011-12-10]. Call 250-V.  
URL: <<http://www.kadlecelektro.cz/produkty/vyvolavaci-systemy/call-250-v/>>.uka
- [2] *Elcaso* [online]. 2011 [cit. 2011-12-10]. *Modulární LED zobrazovače*  
URL: <[http://www.elsaco.cz/index.php?file=./produkty/displeje/80\\_xdm59.php](http://www.elsaco.cz/index.php?file=./produkty/displeje/80_xdm59.php)>.
- [3] *Technická dokumentace budovy F, blok F2, 1.NP.* Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2010. 6 s.
- [4] MATOUŠEK, David. *Práce s mikrokontroléry ATMEL AVR: [měření, řízení a regulace pomocí několika jednoduchých přípravků]*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006, 319 s. ISBN 80-7300-174-8.
- [5] VÁŇA, Vladimír. *Mikrokontroléry ATMEL AVR: popis procesorů a instrukční soubor.* 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2003, 335 s. ISBN 80-7300-083-0.
- [6] Atmel Corporation. *ATmega16 Datasheet* [online]. [cit. 2011-12-20].  
URL: <[http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc2466.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2466.pdf)>.
- [7] Texas Instruments *TPS3823-50DBVR Datasheet* [online]. [cit. 2011-12-25].  
URL: <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps3823-50.pdf>>.
- [8] Kingbright Corporation *DA56-11SRWA Datasheet* [online]. [cit. 2011-12-25].  
URL: <<http://www.us.kingbright.com/images/catalog/SPEC/DA56-11SRWA.pdf>>.
- [9] Flajzar, s.r.o. *VF moduly 868MHz* [online]. [cit. 2011-12-25].  
URL: <<http://www.flajzar.cz/vf-moduly-868mhz/>>.
- [10] GM electronic, s.r.o. *Pojistka RDL60V135 Datasheet* [online]. [cit. 2011-12-27].  
URL: <[http://www.gme.cz/\\_dokumentace/dokumenty/633/633-346/dsh.633-346.1.pdf](http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/633/633-346/dsh.633-346.1.pdf)>.
- [11] Kingbright Corporation *SA40-19SRWA Datasheet* [online]. [cit. 2011-12-28].  
URL: <<http://www.us.kingbright.com/images/catalog/SPEC/SA40-19SRWA.pdf>>.
- [12] Siemens *SAE800 Datasheet* [online]. [cit. 2011-12-28].  
URL: <[http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/1150/274762\\_DS.pdf](http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/1150/274762_DS.pdf)>.
- [13] GM electronic, s.r.o. *LP-40KC08 Datasheet* [online]. [cit. 2011-12-27].  
URL: <<http://www.gme.cz/reproduktory-miniaturni/lp-40kc08-p642-062/>>.
- [14] GM electronic, s.r.o. *LM7805CT Datasheet* [online]. [cit. 2011-12-27].  
URL: <[http://www.gme.cz/\\_dokumentace/dokumenty/330/330-149/dsh.330-149.1.pdf](http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/330/330-149/dsh.330-149.1.pdf)>.

## **Seznam příloh na CD**

Bakalářská práce v digitální podobě.