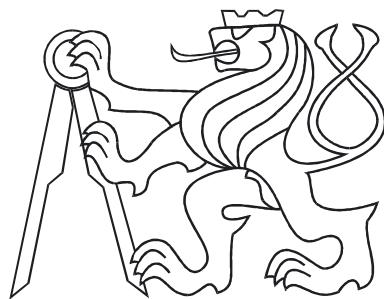


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Vývoj inteligentního ovladače pro systém  
domovní elektroinstalace**

Praha, 2007

Autor: Pavel Elkner

## **Prohlášení**

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

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb. , o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne

---

podpis

## **Poděkování**

Děkuji především vedoucímu bakalářské práce Ing. Pavlu Němečkovi za jeho cenné rady a připomínky. Dále panu Ing. Vítu Záhlavovu CSc za podporu při tvorbě plošného spoje, slečně Mgr. Jitce Pinkové za gramatické korekce, a také svým rodičům za podporu během studia.

# **Abstrakt**

Cílem této bakalářské práce je vytvoření inteligentního ovladače pro systém domovní instalace a seznámení se s problematikou sběrnicových systémů elektroinstalace. Vytvořený inteligentní ovladač bude jednou z komponent systému domovní instalace, vyvýjených katedrou řídicí techniky fakulty elektrotechnické Českého vysokého učení technického v Praze.

## **Abstract**

The main goal of this bachelor work is to create intelligent control unit for system of home installation and make the one's acquaintance with problems of data buses wiring systems. These intelligent control unit can be also used as one part of the system of home installation development at the Department of Control Engineering at Electrotechnical Faculty of Czech Technical University in Prague.

# Obsah

<b>Seznam obrázků</b>	<b>ix</b>
<b>1 Úvod</b>	<b>1</b>
1.1 Úkol vlastní práce . . . . .	1
1.2 Moderní elektroinstalace na dnešním trhu . . . . .	1
1.3 Návrh vlastního řešení Inteligentního ovladače . . . . .	2
<b>2 Analytický rozbor úlohy</b>	<b>3</b>
2.1 Požadavky na Inteligentní ovladač . . . . .	3
2.1.1 Mechanické provedení . . . . .	3
2.2 Výběr hardwaru pro Inteligentní ovladač . . . . .	5
2.2.1 Napájení . . . . .	5
2.2.2 Volba mikrokontroléru . . . . .	6
2.2.3 Volba datového protokolu . . . . .	7
2.2.4 Volba obvodu pro tlačítkovou plochu . . . . .	8
2.2.5 Volba signalizačního hardwaru . . . . .	9
2.2.6 Návrh tlačítkové (Touch) plochy . . . . .	10
<b>3 Datové protokoly</b>	<b>11</b>
3.1 Datové protokoly užívající se v bytových nebo kancelářských řídících aplikacích . . . . .	11
3.2 CAN - Controller Area Network . . . . .	11
3.3 DALI - Digital Addressable Lighting Interface . . . . .	13
3.4 DMX512 - Communication protokol for stage lighting . . . . .	14
3.5 EIB INSTABUS - European Installation Bus . . . . .	14
3.6 LON - Local Operating Network . . . . .	14
3.7 NIKOBUS - Inteligentní Elektroinstalační Systém Budov . . . . .	15

3.8 I <sup>2</sup> C - Inter-Integrated Circuit . . . . .	15
<b>4 Mikrokontroler řady AVR ATMEGA32</b>	<b>19</b>
4.1 Stručný popis mikrokontrolerů AVR . . . . .	19
4.2 Programování mikrokontrolérů AVR . . . . .	21
4.3 Systém přerušení . . . . .	21
4.4 Paměťový prostor . . . . .	22
4.5 USART-AVR . . . . .	23
<b>5 QTouch 10-Key Sensor IC</b>	<b>27</b>
5.1 QT1103 . . . . .	27
5.1.1 Stručný popis QT1103 . . . . .	27
5.1.2 Oscilační frekvence . . . . .	28
5.1.3 Vzorkovací kapacity $C_s$ - citlivostní . . . . .	29
5.1.4 Sériové odpory $R_{sns}$ . . . . .	29
5.2 Autokalibrace . . . . .	30
5.3 AKS mod . . . . .	30
5.4 Sync mod a LP mod . . . . .	31
5.5 Komunikace s QT1103 . . . . .	31
5.5.1 Komunikace 1W . . . . .	31
5.5.2 Host request byte . . . . .	32
5.5.3 Pin /CHANGE . . . . .	33
5.5.4 Komunikace 2W . . . . .	33
<b>6 Ostatní hardware</b>	<b>35</b>
6.1 Stabilizátor napětí LM7805 . . . . .	35
6.2 Převodník MAX485 . . . . .	35
6.3 Signalizační prvky . . . . .	36
<b>7 Softwarové řešení</b>	<b>39</b>
<b>8 Závěr</b>	<b>41</b>
<b>Literatura</b>	<b>44</b>
<b>A CD</b>	<b>I</b>

<b>B Přílohy</b>	<b>III</b>
B.1 Přiložené obrázky: . . . . .	III



# Seznam obrázků

2.1	Blokové schéma systému . . . . .	3
2.2	Mechanická konstrukce Inteligentního ovladače . . . . .	4
2.3	Odhad spotřeby všech periférií . . . . .	6
2.4	Proces vyhodnocení změny el. náboje . . . . .	9
3.1	Principiální schéma sběrnice CAN . . . . .	12
3.2	Toleranční pásmo napěťových úrovní logických stavů . . . . .	13
3.3	Principiální schéma sběrnice I <sup>2</sup> C . . . . .	16
3.4	Přenos dat na sběrnice I <sup>2</sup> C . . . . .	16
3.5	Přenos potvrzení a adres na sběrnice I <sup>2</sup> C . . . . .	16
4.1	Architektura mikrokontrolérů ATMEGA32 . . . . .	20
4.2	Organizace paměťového prostoru ATMEGA32 . . . . .	23
4.3	USART Blokový Diagram . . . . .	24
4.4	USART rámec . . . . .	25
5.1	QT1103 . . . . .	27
5.2	První Kirchoffův zákon - Zákon proudu . . . . .	28
5.3	Zapojení QT1103 - Jednoduchý mód . . . . .	29
5.4	Tabulka rezistorového nastavení AKS . . . . .	30
5.5	Zapojení AKS modulu . . . . .	30
5.6	Tabulka funkcí ve zjednodušeném módu . . . . .	31
5.7	Základní 1W sekvence . . . . .	31
5.8	1W UART hostitelský požadavek . . . . .	31
5.9	UART odezva z QT1103 na pin 1W . . . . .	32
5.10	Rozšířená 2W sekvence . . . . .	33
6.1	Zapojení stabilizátoru napětí LM7805 SMD . . . . .	35
6.2	Zapojení převodníku MAX485 . . . . .	36

6.3	Zapojení podsvětlovacích LED diod . . . . .	37
6.4	Zapojení výstražné piezosirénky . . . . .	37
7.1	Zapojení převodníku MAX485 . . . . .	39
B.1	Touch board . . . . .	IV
B.2	Touch panel . . . . .	V
B.3	DPS Touch Board - přední strana . . . . .	VI
B.4	DPS Touch Board - zadní strana . . . . .	VI
B.5	DPS Touch Panel - přední strana . . . . .	VII
B.6	DPS Touch Panel - zadní strana . . . . .	VII
B.7	Komunikační byty z osciloskopu . . . . .	VIII
B.8	Dotekové změny napětí z osciloskopu . . . . .	VIII

# Kapitola 1

## Úvod

### 1.1 Úkol vlastní práce

Hlavním úkolem této práce je vytvoření inteligentního ovladače pro systém domovní instalace a seznámení se s problematikou sběrnicových systémů elektroinstalace. Vytvořený inteligentní ovladač bude jednou z komponent systému domovní instalace, vyvýjených katedrou řídicí techniky fakulty elektrotechnické Českého vysokého učení technického v Praze.

### 1.2 Moderní elektroinstalace na dnešním trhu

V dnešní době mnoho světových výrobců elektroniky nabízí na trhu širokou paletu možností jak šikovně zútlnit rodinný dům, kancelářské nebo administrativní budovy, nebo jak zmodernizovat staré elektroinstalace a dát jim masku nových, ekonomicky výhodnějších a praktičtějších řešení.

Poté, co byl trh zavalen vlnou moderní elektroniky, jako jsou audio-video přehrávače, počítače a domácí spotřebiče, se firmy začaly orientovat i na pohodlí zákazníka v oblastech světelné techniky, rozvodné elektroinstalace, bezpečnostních zařízení, automatického vytápění objektů, komunikačními prvky na bázi Ethernetu, Internetu a domovních telefonních sítí a dalších jiných systémech, které v těchto odvětví naleznou uplatnění. Proto firmy jako jsou Siemens, Moeller, ABB, jenž vyrábějí výhradně elektro-instalační zařízení, se začaly soustředit i na tuto oblast. Například firma Moeller, v zastoupení v České Republice, přišla na trh s projektem X-Comfort, který zákazníku nabízí nové možnosti

v řízení, regulaci a měření rodinných objektů. Jejich hlavním mottem je nabídnout takový systém, který bude na nejvyšší technické úrovni, přitom bude srozumitelný pro projekta a montážní firmu i pro konečného uživatele. To nabízí v systému NIKOBUS, který konečnému uživateli přináší zcela nový pohled na využitelnost elektroniky v obytné sféře. Centralizované a decentralizované řízení, systém postavený na starých známých zařízení jako je vypínač, světlo, topení a zámek ve dveřích, ale přitom systémy řízené moderními RF, IR nebo GMS zařízeními. Řízené vytápění oběktů pomocí navolených programů. Světelné systémy založené na stmívačové technice s možností nastavení světelných scén. Bezpečnostní prvky propojeny s internetem a vašim mobilem. Řízení celého objektu přes internet aj.

### 1.3 Návrh vlastního řešení Inteligentního ovladače

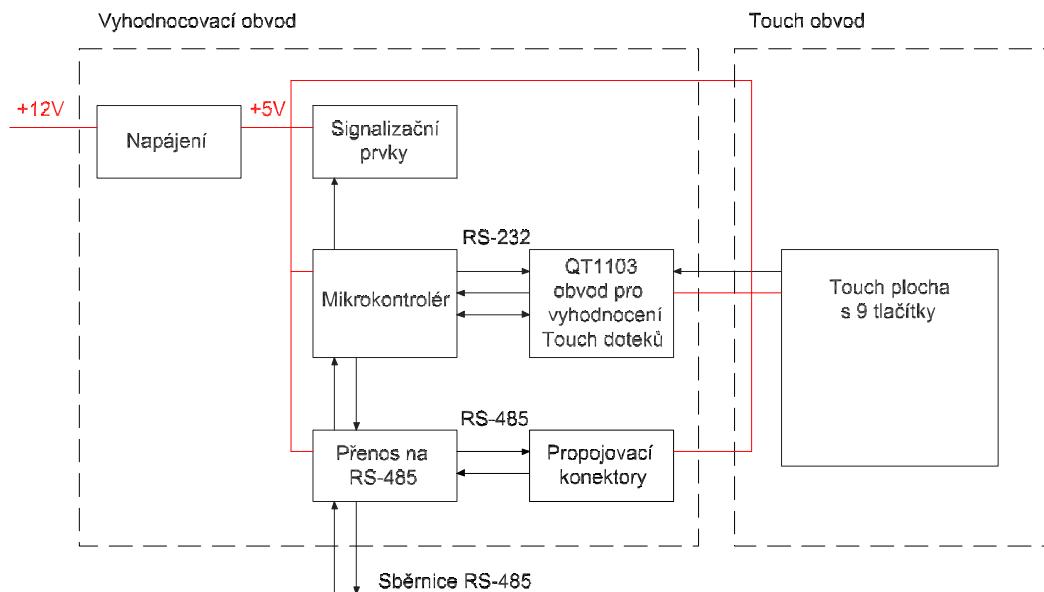
Vlastní inteligentní ovladač pro domovní systémy je vyvinut jako moderní prvek nahrazující mechanický vypínač č.1 - č.7 s možností navolení jakýchkoliv jiných rozšiřujících funkcí, které se mohou ovládat pomocí 9 tlačítek. Inteligentní ovladač je konstrukčně vyvinut tak, aby pasoval do standardních krabic K 68 a do sériově vyráběného mechanického vypínače řady Time od firmy ABB. Dále je možnost propojovat sousední ovladače bez použití dalších krabic K 68, a to jen tenkým pětvodičovým kabelem. Toto použití poté dovoluje přilepení ovladače na stěnu bez dalších zednických prací. Tlačítka na ovladači jsou kapacitní dotkové plošky, které jsou nám tolík známe z moderních elektro-spotřebičů. Doteky (touch) na jednotlivých tlačítkách jsou vyhodnocovány obvodem QT1103 od firmy Quantum. Tento obvod vyhodnocuje kapacitní stav na tlačítkách (elektrodách) připojených na jeho vstupech vůči obvodové zemi a výsledek vysílá na pinech 1W a RX protokolu RS-232. Odezvu od obvodu QT1103 vyhodnocuje mikrokontrolér, který dále informaci zpracuje, a výsledek odešle na externí sběrnici propojující celý systém domovní elektroinstalace. Mikrokontrolér dále ovládá periferní prvky pro podsvětlení a zvukovou odezvu.

# Kapitola 2

## Analytický rozbor úlohy

### 2.1 Požadavky na Inteligentní ovladač

Inteligentní ovladač by měl být jednou z komponent automatické elektroinstalace, která využívá stávající elektroinstalační strukturu domovních instalací.

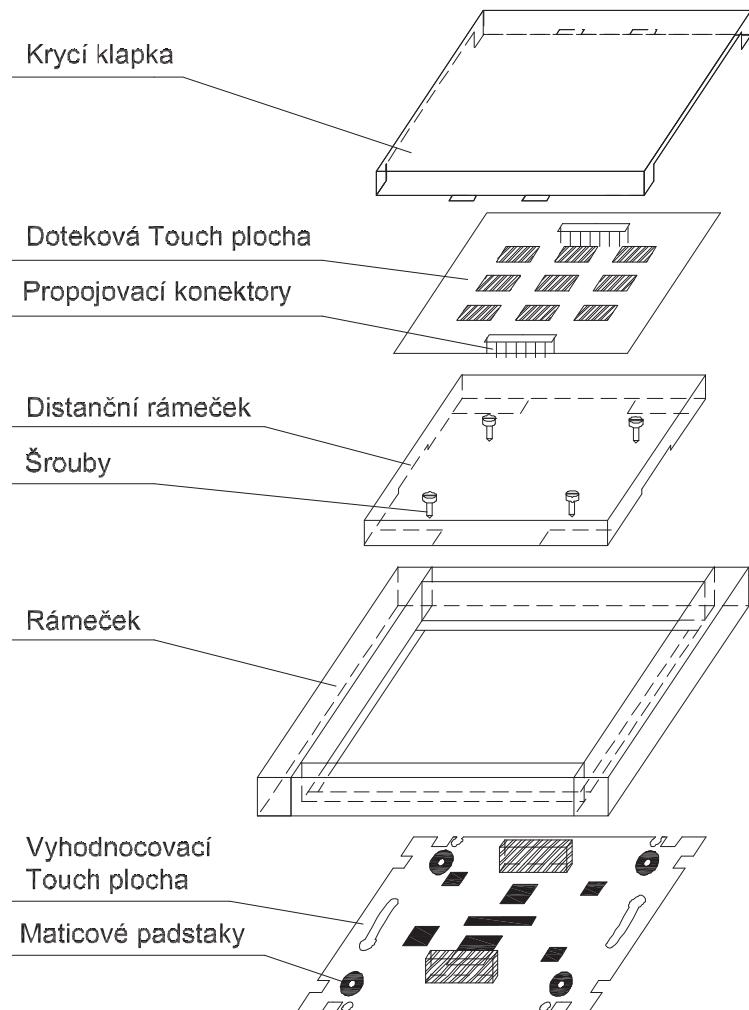


Obrázek 2.1: Blokové schéma systému

#### 2.1.1 Mechanické provedení

Mechanické provedení inteligentního ovladače musí splňovat použitelnost ve stávající elektroinstalaci viz. 1.3. Dále, zadní strana DPS ovladače nesmí obsahovat žádné kompo-

nenty a součástky s vyjímkou napájecí a komunikační svorkovnice.



Obrázek 2.2: Mechanická konstrukce Inteligentního ovladače

Protože vypínač řady Time od firmy ABB obsahuje mechanickou část, kterou nahrazujeme DPS vlastního ovladače, bylo potřeba vyřešit mechanické upevnění rámečku, distančního rámečku, který slouží pro podsvětlení vypínače a krycí klapky vypínače ke zmíněné DPS ovladače. Toto upevnění je vyřešeno dvěma alternativami (obr. 2.2):

1. Použití 4 šroubů spojujících distanční rámeček a krycí klapku s rámečkem a DPS ovladačem. Matky od šroubu jsou naletovány na připravených 4 kruhových padstacích na přední masce DPS ovladače.
2. Použití vhodných dutinkových konektorů, které dokáží velmi elegantně zastávat funkci šroubů, k propojení DPS ovladače a DPS Touch plochy. DPS Touch plochy

je mechanicky provedena tak, aby při správném nasazení na konektory držela celou konstrukci ovladače (vypínače) pohromadě.

Pro zabudování DPS ovladače do rámečku vypínače řady Time slouží specifické vytvarování, které umožňuje DPS ovladače pevně upevnit v rámečku vypínače řady Time. Dále z důvodu možnosti propojení více ovladačů vedle sebe, má DPS ovladač další postupní výběžky viz.

DPS Touch plochy je navržena do jednoduchého obdélníkového tvaru, který přesně zapadá mezi distanční rámeček a krycí krytku viz. (obr. 2.2).

Obě DPS jsou vyrobeny jako dvouvrstvé desky plošných spojů s maskou a frézováním ve firmě Pragoboard s.r.o. Osazení je provedeno výsadně komponentami SMD z důvodů ušetření místa na deskách a dále z důvodů nemožnosti používání komponent vyšších jak 8mm. Proto většina odporů a kondenzátorů je velikosti 0603. Návrh desek je proveden v prostředí OrCAD 10. Při návrhu DPS jsem čerpal z literatury (ZÁHLAVA VÍT, CSC. ING., 2004).

## 2.2 Výběr hardwaru pro Inteligentní ovladač

### 2.2.1 Napájení

Napájení Inteligentního ovladače je v rozmezí 9V až 12V z externího zdroje pro napájení všech komponent domovního systému. Pro napájení mikrokontroléru a dalších periferních obvodů ovladače je potřeba stabilizované napětí 5V. K tomu je vhodné použít stabilizátor LM7805 v SMD provedení viz. (6.1). LM7805 SMD má maximální výstupní proud 1A při výstupním napětí 5V, z toho plyne, že k jednomu ovladači napojenému na externí rozvod napájení 9V-12V, lze připojit dalších maximálně 6 ovladačů, které bude napájet. Upřesnění v popisu mechanického provedení ovladače v (2.1).

Periférie	Spotřeba
ATmega32	1.1mA
MAX485	300uA
LM7805 SMD	8mA
4xLED Diody	80mA
Piezosirénka	30mA
Celkem	120mA

Obrázek 2.3: Odhad spotřeby všech periférií

## 2.2.2 Volba mikrokontroléru

Vzhledem k požadavkům na celý obvod, bude vhodné pro řízení inteligentního ovladače použít mikrokontrolér. Mikrokontrolér však musí umožňovat komunikaci s ostatními nadřazenými prvky systému domovní elektroinstalace přes protokol postavený na fyzickém základu RS-485. Sběrnice tohoto typu se využívají především v průmyslu a většina mikrokontrolérů nedisponuje patřičným rozhraním. Abychom se neomezili požadavkem sběrnice, použijeme výše zmíněný protokol RS-485 připojený na mikrokontrolér přes rozhraní UART.

Trh nám nabízí širokou paletu mikrokontrolérů řad AVR a MOTOROLA, které splňují všechny podmínky výběru. Při výběru dávám přednost mikrokontrolérům používaných v jiných perifériích domovní elektroinstalace a dále v jednoduchosti a osvědčenosti mikrokontroléru v praxi. Proto vybírám mikrokontrolér z řady AVR od firmy Atmel (Atmel Corporation [*online*], n.d.). Dalším důvodem použití daných jednočipů je dostupnost softwaru, velké množství materiálů o programování těchto jednočipů a podpora vedoucího práce s prací na mikrokontrolérech AVR. Posledními kritériemi je velikost programové systémové Flash paměti obsahující samotný program a velikost mikrokontroléru samotného, z důvodu omezeného místa pro osazování na DPS.

Z nabídky jednočipů AVR mají nejvhodnější vlastnosti 8 bitové mikrokontroléry s 16kB nebo 32kB programovatelnou pamětí. Jejich cenový odstup je jen v řádu několika korun, proto zvolíme raději verzi s 32kB programovou pamětí (z důvodu pohodlnější optimalizace programového kódu).

Než jsem začal pracovat na inteligentním ovladači, uvažovalo se o využití protokolu CAN pro celý systém domovní elektroinstalace, proto jsem prostudoval širokou paletu datových protokolů využívaných v této sféře viz. (3.1). Pro použití protokolu CAN bylo nejvhodnější využít mikrokontrolér AVR AT90CAN128. Později bylo od tohoto protokolu

odstoupeno a začalo se přemýšlet o využití jednoduchšího a cenově výhodnějšího protokolu pracujícím na fyzické vrstvě RS-485. Proto konečná volba mikrokontroléru padla na mikrokontrolér řady AVR ATmega32. Stručný popis tohoto jednočipu je na (4.1).

Čerpáno ze zdroje (ROZEHNAL ZDENĚK, 2001), (Atmel Corporation [*online*], n.d.) a (Freescale Semiconductor [*online*], n.d.).

### 2.2.3 Volba datového protokolu

Na dnešním trhu se nachází mnoho komerčních datových protokolů, které se využívají ve sféře domovní elektroinstalace. Tyto protokoly koncepcně vycházejí z průmyslových verzí z nichž nejznámější je EIB INSTABUS od firmy Siemens viz. (3.5).

Při výběru přenosového protokolu jsem dával přednost protokolům, které by ve sféře domovních elektroinstalací mohly mít dostatečné uplatnění. Mezi tyto protokoly patří NIKOBUS, EIB INSTABUS a DALI. Další protokoly jež by se mohly v této sféře využít jsou DMX512, LON, CAN, I2C, ProfiBus nebo PrifiNet.

ProfiBus a ProfiNet jsou protokoly využívané hlavně v průmyslovém odvětví, jsou velmi složité a cenově náročné.

DMX512 (3.4) a DALI (3.3) jsou protokoly vyvinuté pro ovládání světelných scén. U obou dvou je kladen důraz na komunikaci od master ke slave a mají menší ochrany před chybami na sběrnici. Navíc DMX512 pracuje na paketovém zasílání informací.

NIKOBUS (3.7) je protokol vyvinutý firmou Moeller a využití má hlavně pro jejich výrobky. Dostupnost materiálu o tomto protokolu je velmi menší.

Výše zmíněné protokoly mají mnoho záporných vlastností, které mě přinutily k ohlédnutí se ke zbývajícími. Dalšími protokoly, od kterých jsem upustil, byly dále LON (3.6) a EIB INSTABUS (3.5).

CAN (3.2), protokol vyvinut pro automobilový průmysl. Výhody a nevýhody protokolu jsou:

- Sběrnice má omezení délky komunikačních cest.
- Má vyvinut důmyslný systém vyhodnocování chyb na sběrnici.
- Logické stavy na sběrnici se vyhodnocují rozdílovým napětím mezi dvojvodičovým vedením (recessivní a dominantní stavy).
- Je podporována řadou výrobců mikrokontrolérů, proto je obsažena v mnohých řadách jednočipů.

- Větší nákladnost.

Protokol CAN disponuje řadou výhod oproti jiným protokolům, ale z hlediska nákladnosti, bylo v průběhu práce na této bakalářské práce od něj také ustoupeno. Náklady jsou spojené hlavně s drahými jednočipy se zabudovaným rozhraním CAN a s většími náklady za licenční využití tohoto protokolu.

Pro přenos dat na sběrnici se využívá fyzické vrstvy RS-485, proto jako zesilovací prvek na tuto sběrnici je použit obvod MAX485. Zapojení obvodu MAX485 je na (6.2).

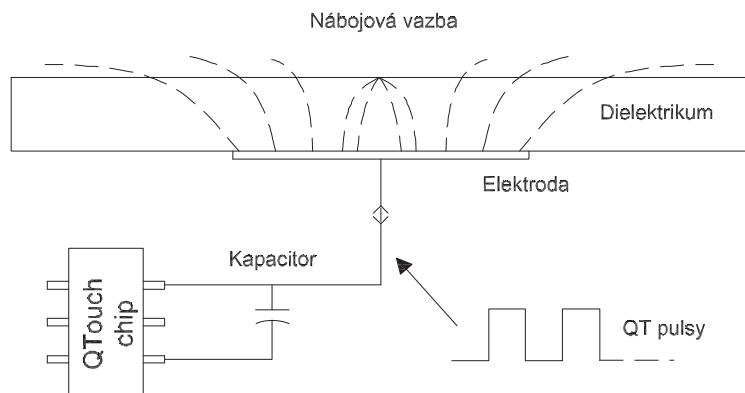
#### 2.2.4 Volba obvodu pro tlačítkovou plochu

V elektroinstalační technice se pro spínání světelných, roletových a jiných domovních systémů nejčastěji využívá mechanických vypínačů nebo tlačítkových ovladačů. Navíc tato oblast trhu je již v této době zaplavena výrobky mnohých firem. Obvykle bývají tyto systémy obohaceny dále o RF a IR komunikaci.

Aby systém domovní elektroinstalace vyvýjený katedrou řídící techniky fakulty elektrotechnické českého vysokého učení technického v Praze mohl obstát na trhu a byl v něčem průkopnický, bylo vybráno řešení spínaní tlačítek pomocí kapacitních senzorů. Toto řešení může být vyhodnocováno dvěma způsoby.

První je vyhodnocení změn kapacit na senzorových ploškách pomocí standardního maticového uspořádání tlačítek. Vyhodnocení by se provedlo na vstupech mikrokontroleru, kde by se musel definovat A/D převodník pro vyhodnocení změny kapacity na senzorových ploškách.

Druhý, elegantnější způsob, je využití vyhodnocovacího mikrokontroléru od firmy Quantum (Quantum - Research Group [*online*], n.d.). Tyto jednočipy na svých vstupech vyhodnocují změnu kapacity z měřících elektrod vůči obvodové zemi a následně na výstupy posílají informaci o aktuálním stavu na elektrodách. Výstupní informace může být jak v bitové podobě, zasílána na jednotlivé vodiče, tak v 8 bitové podobě, zasílána na protokol RS-232 v jednovodičovém nebo dvouvodičovém provedení.



Obrázek 2.4: Proces vyhodnocení změny el. náboje

Firma Quantum v posledních několika letech, vyprodukovala již mnoho verzí těchto obvodů a pro nás účel byl vybrán obvod QT1103. Obvod disponuje komunikačním rozhraním RS-232, robusným vyhodnocovacím systémem změny elektrického náboje pro 10 elektrod a množstvím funkcí ulehčujících práci s obvodem viz. (5). Při zadávání bakalářské práce byl zprvu navržen obvod QT160 a obvod QT1101. Postupem času bylo od těchto obvodů upuštěno a byl použit obvod QT1103. Všechny obvody jsou od zmíněné firmy Quantum.

### 2.2.5 Volba signalizačního hardwaru

Pro orientaci v prostoru ve tmě je vhodné použít podsvětlení ovladače. Vypínač řady Time má z tohoto důvodu zabudovaný distanční rámeček, který je z matného PVC. To umožňuje použít podsvětlovací diody. Protože vypínač je čtvercového podkladu, zvolil jsem variantu 4 podsvětlovacích diod rozmištěných v rozích ovladače. A jelikož využívám víceméně SMD součástky, volba padla na LED diody 0805 White 110/130 °, které mají vysokou svítivost. Zapojení LED diod je na (6.3).

Při stisku jakéhokoliv tlačítka je vhodné operátora nějakou signalizací upozornit na aktivaci tlačítka. Z důvodu použití LED diod pro podsvětlení vypínače, využívám zvukovou odezvu na stisk tlačítka. Volba vhodného signalizačního prvku je omezena cenou a velikostí, proto je zvolena piezosirénka KSQG706BP s rozsahem 80db. Zapojení piezosirénky je na (6.3).

### 2.2.6 Návrh tlačítkové (Touch) plochy

Na tlačítkové ploše pro obvod QT1103 může být až 10 tlačítkových plošek, které jsou samostatně vyhodnocovány obvodem QT1103. Pro umístění těchto kapacitních senzorů jsem vybral dvouvrstvou DPS (Touch plocha), která má z jedné strany senzorové plošky a z druhé strany jen kontaktní pole pro propojení Touch plochy s obvodem QT1103, který je druhé DPS (Touch board). Spodní i vrchní plocha by měla být odstíněná rozlévanou mědí, která bude připojena na obvodovou zem. Tato DPS bude umístěna na spodní straně vypínačové krytky řady Time a bude upevněna pomocí dutinkových konektorů k hlavní vyhodnocovací DPS. Detailnější pohled na složení celého vypínače je na (obr. 2.2).

# Kapitola 3

## Datové protokoly

### 3.1 Datové protokoly užívající se v bytových nebo kancelářských řídících aplikacích

- CAN - Controller Area Network (3.2)
- DALI - Digital Addressable Lighting Interface (3.3)
- DMX512 - Asynchronous Serial Digital Data Transmission Standard for Controlling Lighting Equipment and Accessories (3.4)
- EIB INSTABUS - European Installation Bus (3.5)
- LON - Local Operating Network (3.6)
- NIKObus - Inteligentní Elektroinstalační Systém Budov (3.7)
- I2C - Inter-Integrated Circuit (3.8)

### 3.2 CAN - Controller Area Network

CAN je datová komunikační síť od firmy Robert Bosch GmbH. Sběrnice byla vyvinuta se záměrem úspory kabeláže a zabezpečením přenosu informace mezi snímacími, řídícími a výkonovými prvky v automobilovém průmyslu. Základními vlastnostmi CAN jsou:

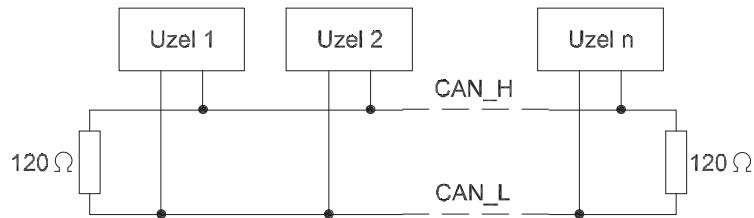
- relativně vysoká rychlosť přenosu

- vysoká spolehlivost a odolnost při extrémních podmírkách
- nízká cena komunikačních protokolů
- uplatnění CAN v dalších řídících aplikacích

Původní návrh CAN používal rozhraní RS-485, později byla definován normou ISO 11898-1 verze standard a ISO 11989-3 verze 125kbit/s.

Přenos této sběrnice je prováděn dvouvodičovým vedením s vodiči CAN\_H a CAN\_L a je zakončena rezistory  $120\ \Omega$ . K této sběrnici se připojují jednotlivé komunikační uzly viz. (obr. 3.1). Počet těchto uzelů může být až 110 (dle typu budičů CAN).

Sběrnice přenáší dva logické stavů: aktivní (dominant) a pasivní (recessive), přičemž dominantní stav představuje logickou 0 a recessivní stav logickou 1. V recessivním stavu je rozdíl napětí mezi vodiči CAN\_H a CAN\_L nulový a v dominantní stavu je rozdíl napětí mezi vodiči CAN\_H a CAN\_L nenulový, tzn. že v dominantním stavu je na vodiči CAN\_H napětí 3.5-5V a na vodiči CAN\_L napětí 0-1.5V. V recessivním stavu je na obou vodičích přibližně stejně napětí 2.5V.



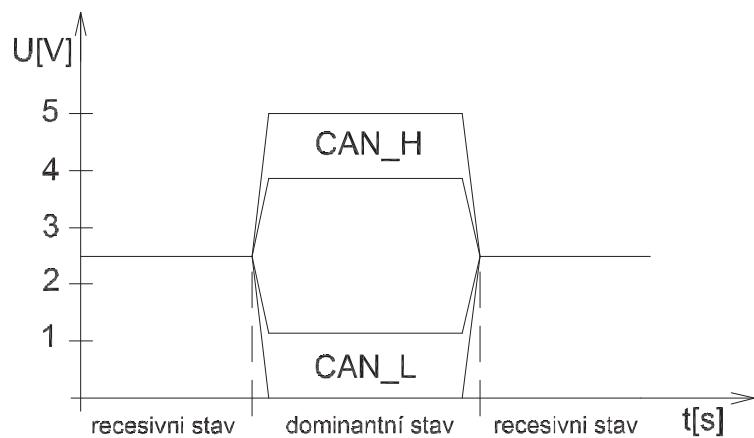
Obrázek 3.1: Principiální schéma sběrnice CAN

Maximální přenosová rychlosť sběrnice je 1Mbit/s při délce vedení 40m. S délkou vedení se snižuje přenosová rychlosť.

Komunikace na sběrnici probíhá buď v režimu multi-master nebo v režimu multi-slave. Každá zpráva vyslána na sběrnici má své identifikační číslo, proto může každá jednotka připojená na sběrnici tuto zprávu příjmout. Identifikační číslo zprávy definuje obsah této zprávy a udává zprávě prioritu.

Pro udržení synchronizace mezi uzly sběrnice během přenosu zpráv se používají změny úrovně signálu na sběrnici. Chyby na sběrnici se detekují pomocí výpočtu CRC. Dále CAN používá schopnost u vysílače detektovat chyby jen na základě monitorování sběrnicového signálu. Každá stanice, která přenáší, také pozoruje sběrnicovou úroveň a tak detekuje rozdíly mezi bity poslanými a bity přijatými. To povoluje spolehlivou detekci globálních chyb a lokálních chyb k vysílači. Posledním prostředkem pro zabezpečení

je Bit Stuffing. Kód z individuálních bitů je testován bitovou úrovní. To reprezentuje použití bitového CAN kódu (Non Return to Zero NRZ). Tato synchronizace je generována míněným stuff bitem. To znamená, že po 5 za sebou jdoucích stejných bitech vysílač vloží stuff bit do bitového proudu. Tento stuff bit má doplňkovou hodnotu, která je vložena pro přijímač. Čerpáno ze zdroje (Wikipedia - Otevřena Encyklopédie [online], n.d.) a (HANZÁLEK ZDENĚK, Doc. Dr. Ing., n.d.).



Obrázek 3.2: Toleranční pásmo napěťových úrovní logických stavů

### 3.3 DALI - Digital Addressable Lighting Interface

DALI je protokol nastavený na technický standard IEC 60929. Slouží hlavně pro řízení multisvětelných scén se zpětnou vazbou zaznamenávající chyby vzniklé za provozu, např. zničení světelných zdrojů apod.

DALI používá pro přenos dvouvodičové vedení, na kterém řídí více světelných skupin. Každá připojena jednotka na sběrnici má vlastní individuální adresu a spadá pod jednu až více světelných skupin. Maximální počet připojených jednotek s individuální adresou je 64 a neklade se požadavek na ukončení vedení rezistorem. Datová rychlosť přenosu sběrnice je až 1200Kbit/s. DALI využívá Manchester Code, který dovoluje detekci chyb vzniklých na sběrnici.

DALI může obsahovat až 16 různých světelných scén a dovoluje připojit k Building Management Systems (BMS systém s nelimitovaným rozšířením). Dále DALI disponuje velmi lehkou konfigurovatelností a snadného zavádění nových prvků do již stávajícího systému. Čerpáno ze zdroje (DALI by Design [online], n.d.).

### 3.4 DMX512 - Communication protokol for stage lighting

Protokol DMX512 byl navržen pro řízení světelné techniky pomocí přehrávané hudby bez nutnosti účasti světelného technika. Systém je navržen tak, aby mohl fungovat na běžném PC. Skládá se z programu, který provádí analýzu hudby a ve kterém lze nastavit světelné scény. Dále obsahuje speciální hardware DMX PIPE připojený k USB portu, kterým se světelná technika ovládá.

DMX512 používá pro přenos dvouvodičové vedení, na které může být připojeno až 32 přijímačů v jednom segmentu (existují budiče i s větším počtem připojených přijímačů). Počet segmentů není limitován. Maximální délka vodiče pro přenos signálu je 1200m s maximální přenosovou rychlosťí 250kBit/s. Data jsou po sběrnici posílána sériově paketem, který obsahuje maximálně 512 datových bytů. Přenos je realizován asynchronně. Po sběrnici se posílají pouze data bez udání adresy. Každá jednotka má nastavenou svou vlastní počáteční adresu a od této adresy přečte požadovaný počet bytů. Počáteční adresa může tedy nabývat hodnotu 0 až 511. Čerpáno ze zdroje (DMX512 - S.O.H. *[online]*, n.d.).

### 3.5 EIB INSTABUS - European Installation Bus

EIB INSTABUS vznikla z elektroinstalační sběrnice INSTABUS firmy Siemens a stala se evropskou normou (EN 50090). EIB je inteligentní systém určený především pro spínání, regulaci, měření, sledování stavů a předávání hlášení v budovách. Výměna informací se uskutečňuje po dvouvodičové datové sběrnici. Dále umožňuje připojení k RF, IR a GSM modulům. Čerpáno ze zdroje (EIB INSTABUS - AHS-EIB *[online]*, <http://www.ahs-eib.cz/>).

### 3.6 LON - Local Operating Network

LON je decentralizovaný sběrnicový systém řízený událostmi a napodobující nervový systém. Síť může být rozdělena na domény, ty mohou být dále rozděleny na podsítě, navíc uzly v doméně mohou tvořit také skupiny. Jednotlivé uzly obsahují tzv. neuron-čipy.

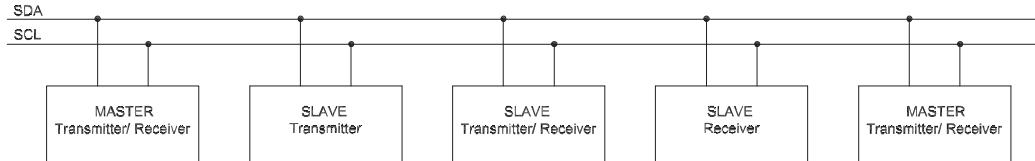
Digitální signál sběrnice LON je přenášen sériově ve tvaru zpráv (telegramů) na různých přenosových médiích: dvouvodičové vedení, elektrorozvodná síť, vysokofrekvenční rádiové vlny, infračervené spojení, koaxiální kabel a skleněná vlákna. Topologie sítě může být libovolná. Přenosová rychlosť se pohybuje mezi 600b/s a 1,25Mb/s podle použitého média a délky spojení. Čerpáno ze zdroje (Wikipedia - Otevřena Encyklopédie [online], n.d.).

## 3.7 NIKOBUS - Inteligentní Elektroinstalační Systém Budov

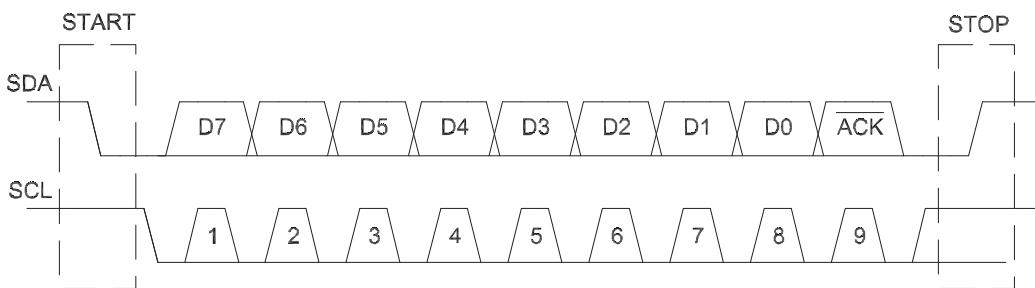
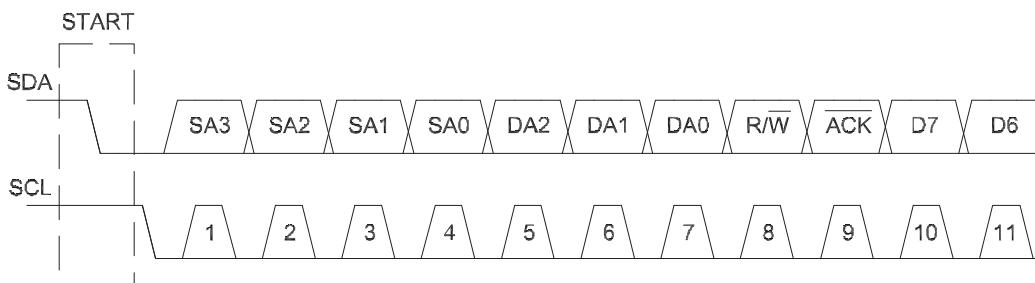
Sběrnicový systém pro automatizaci budov od firmy Moeller. Umožňuje individuální nebo skupinové spínání či stmívání osvětlení, ovládání rolet, žaluzií, příjezdových bran, regulaci vytápění apod. NIKOBUS používá pro přenos nejčastěji dvouvodičové vedení, ale pro komunikaci s dálkovým ovládáním na sběrnici lze používat i RF nebo IR. Pro audio techniku lze využít distribučního systému Allegretto. Počet připojených periférií je omezen na 256. Čerpáno ze zdroje (Moeller Elektrotechnika s.r.o. [online], n.d.) a (X Comfort - Moeller Elektrotechnika s.r.o. [online], n.d.).

## 3.8 I<sup>2</sup>C - Inter-Integrated Circuit

Je multi-masterová sériová sběrnice vyvinutá firmou Philips, která se využívá k připojení nízkorychlostních periférií k základní desce, vestavěnému systému nebo mobilnímu telefonu. Všechny periferie, které se připojují na sběrnici, mají jedinečnou adresu v celém systému. Počet periferií je omezen na 128 a k propojení jednotlivých periférií se používá obousměrné dvouvodičové vedení. První vodič tvoří hodinový signál SCL a druhý vodič tvoří datový kanál SDA. Oba dva vodiče jsou zapojeny jako otevřený kolektor a jsou připojeny pull-up rezistorem. Délka vodičů se odvíjí od maximální přípustné kapacity 400pF. Přenos dat přes vodič SDA se provádí jen tehdy, je-li vodič SCL v úrovni L a jen v případě přenosu START a STOP bitu je toto pravidlo porušeno.

Obrázek 3.3: Principiální schéma sběrnice I<sup>2</sup>C

Maximální komunikační rychlosť je 400kHz. Při komunikaci dochází k synchronizaci generátoru hodin jednotlivých připojených periférií tak, že trvání úrovně H na SCL je odměřováno vnitřním časovačem každé periferie až do okamžiku, kdy SCL skutečně úrovně H dosáhne. Podobně pro sestupnou hranu úrovně L signálu SCL. Toto umožňuje kterékoliv připojené periferii snížit přenosovou rychlosť na rychlosť potřebnou pro tuto periferii a tím zabránit vysílací periferii ve vyslání dalšího bitu. Sběrnice neumožňuje duplexní přenos a všechny periferie připojené na sběrnici mohou mít adresu buď délky 7 nebo 10 bitů.

Obrázek 3.4: Přenos dat na sběrnice I<sup>2</sup>CObrázek 3.5: Přenos potvrzení a adres na sběrnice I<sup>2</sup>C

Přenos potvrzení přijetí zprávy a přenos adresy probíhá následovně. Každému přenosu předchází vyslání podmínky START. Potom je vyslána 7 bitová adresa příjemce a jeden bit R/W. Další bit ACK je vyslán s úrovní H a je určen k potvrzení přijímací periferie o připravenosti přijímat. Dále jsou přenášena data ve směru určené předchozím

bitem R/W. Každý byte je následován jedním bitem ACK. Po ukončení přenosu je vyslána podmínka STOP. Přenosy dat, adres a potvrzení o přijetí jsou na (obr. 3.4) a (obr. 3.5). Pro řízení komunikace se používá metoda s detekcí kolize. Čerpáno ze zdroje (I<sup>2</sup>C - DHServis [*online*], n.d.) a (Wikipedia - Otevřena Encyklopédie [*online*], n.d.).



# Kapitola 4

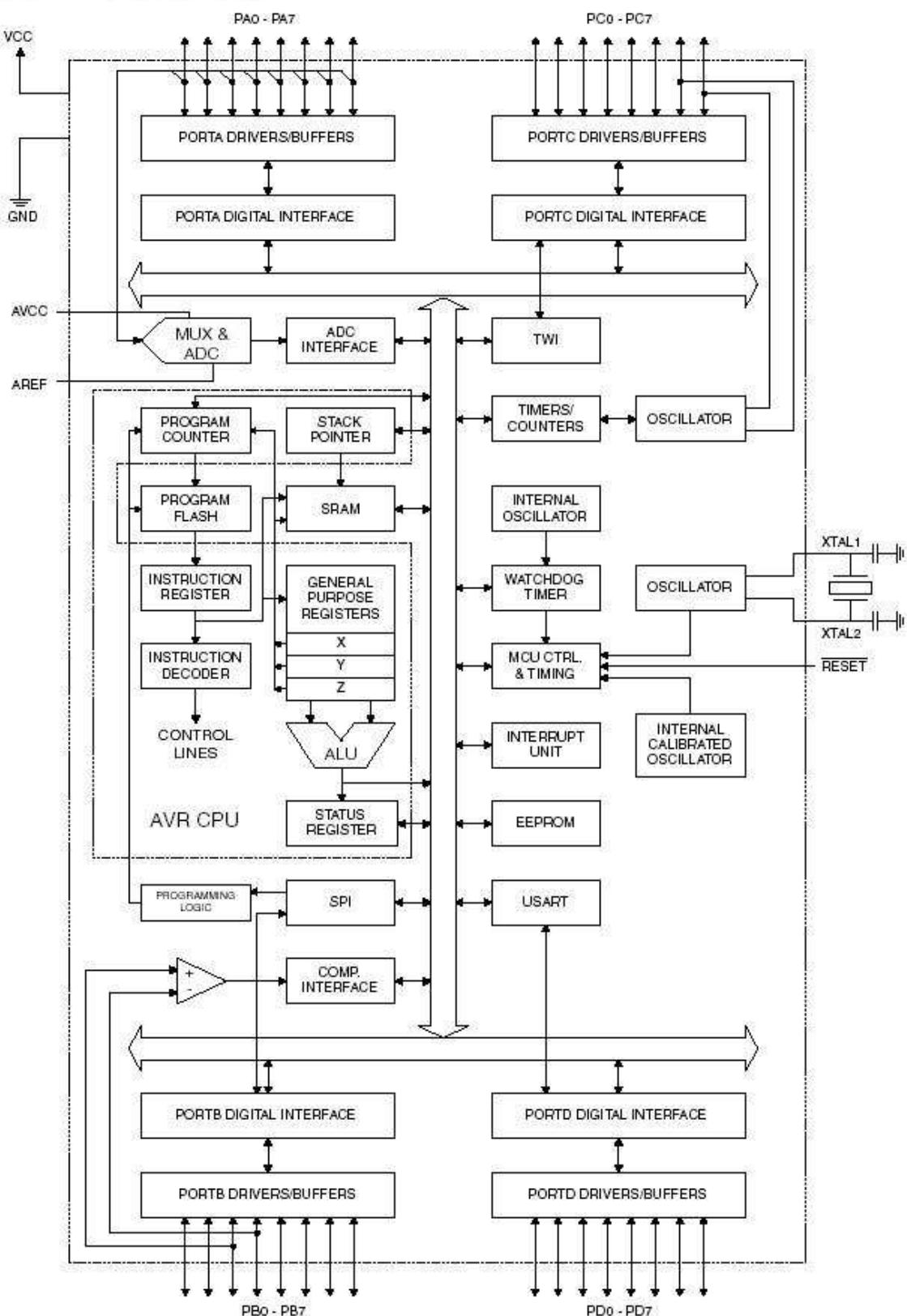
## Mikrokontroler řady AVR

### ATMEGA32

#### 4.1 Stručný popis mikrokontrolerů AVR

Mikrokontrolery AVR využívají koncepci Harwardské architektury s jádrem RISC procesorů. Jádro AVR se skládá z 32 stejných 8 bitových univerzálních registrů, ve kterých mohou být obsaženy jak data tak adresy. K přístup k těmto registrům stačí pouze jeden hodinový cyklus. Propojení univerzálních registrů s ALU (Aritmetic Logic Unit) zaručuje provedení právě jedné ALU operace během jednoho hodinového cyklu. Při této operaci jsou vstupní dva operandy uloženy v souboru registrů a výstup z této operace je následně uložen zpět do registru. Posledních 6 registrů můžeme ve dvojicích použít jako ukazatele na adresy pro nepřímé adresování v paměťovém prostoru dat. Tyto 16 bitové registry označované písmeny X, Y a Z dovolují libovolné operace uložení (load/store). Programátor má tak na výběr, zda-li se ukazatel adresy bude po zpracování dané instrukce inkrementovat, nebo se před zpracováním dané instrukce bude dekrementovat.

Pro adresování v 16 bitových registrech Y a Z, je velmi užitečné použít 6 bitového posunu ukazatele adresy. ALU jednotka dále umožňuje aritmetické a logické operace mezi registry, nebo mezi registry a konstantou a dále také jedno-registrové operace. Ke standardním registrovým operacím se mohou přidat i operace využívající paměťové adresní módy na soubory registrů. To je umožněno tím, že soubor registrů zabírá dolních 32 adres datového prostoru (\$00 až \$1F), a to dovoluje přístup k registrům jako k běžným paměťovým buňkám.



Obrázek 4.1: Architektura mikrokontrolérů ATMEGA32

Paměťový prostor dále obsahuje 64 adres I/O registrů sloužící k periferním funkcím jako jsou řídící registry, čítače/časovače, A/D převodníky, USART a další I/O funkce. K této části adresového prostoru je možné přistupovat v rozsahu adres \$20 až \$5F.

## 4.2 Programování mikrokontrolérů AVR

Mikrokontroléry AVR využívají koncepci Harwardské architektury (oddělený paměťový prostor programu a paměťový prostor dat). Program uložený v programové paměti je vyhodnocován jednoduchým překrýváním instrukcí (pipeline), tzn. zatímco jedna instrukce se provádí, druhá instrukce se přesunuje z programové paměti.

Programová paměť je "In System Programmable Flash Memory" s velikostí 32kByte. To znamená, že kromě klasického paralelního programování, které se používá u většiny jednočipových mikrokontrolérů, se dále využívá programování, u kterého dochází k přepnutí I/O portů z periferních obvodů k adresním a datovým vývodům vnitřní programové paměti. Přepnutí I/O potrů na programovací dochází při přivedení napětí na pin . Po odebírání napětí z tohoto pinu, dojde k resetování celého programu a následné inicializaci programu.

Druhou metodou je programování mikrokontroléru přes sériové rozhraní ISP. Mikrokontrolér zůstává v aplikaci a pomocí několika signálů (u většiny AVR MCU jsou to signály *MOSI*, *MISO*, *SCK*, *RESET* a *GND*) připojených k mikrokontroléru, se do mikrokontroléru nahraje nový program.

Další paměťové místa na mikrokontroléru ATMEGA32 jsou: interní paměť dat s velikostí 2kB a interní paměť EEPROM s velikostí 1kB.

## 4.3 Systém přerušení

Při vykonávání relativních skoků nebo instrukcí volání přerušení je adresový prostor přímo přístupný. Většina AVR instrukcí má formát 16 bitového slova a každá adresa programové paměti obsahuje 16-ti nebo 32 bitovou instrukci.

Při provádění obsluhy přerušení a volání jejího podprogramu se do programového čítače (PC tj. Program Counter) ukládá návratová adresa. PC je umístěn v datové paměti SRAM, a tudíž je omezen jen velikostí SRAM paměti a aktuálně volným místem na ni.

Všechny uživatelské programy se musí inicializovat v inicializační (reset) části programu před vykonáním podprogramů nebo obsluh přerušení. 16 bitový ukazatel zásobníku je přístupný pro čtení i zápis v I/O prostoru.

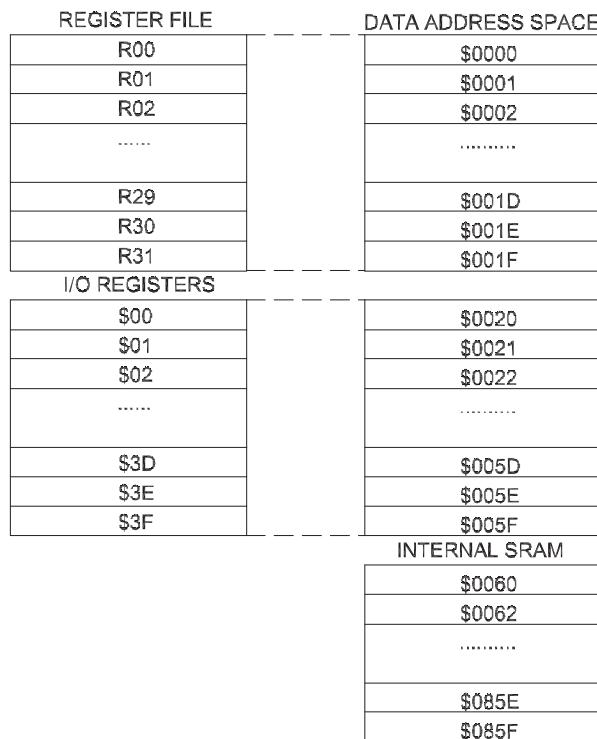
#### **Architektura AVR obsahuje 5 adresovatelných módů pro paměť dat**

- přímé adresování
- nepřímé adresování s posunutím (6 bitový posun)
- nepřímé adresování
- nepřímé adresování s dekrementací ukazatele adresy před zpracováním instrukce
- nepřímé adresování s inkrementací ukazatele instrukce po zpracováním instrukce

Systém obsluhy přerušení má vlastní řídící registry umístěné v I/O prostoru a navíc má bit *I* ve stavovém registru pro zákaz/povolení všech přerušení. Všechny obsluhy volání přerušení mají definovaný vektor přerušení, který je umístěn na začátku programové paměti v tabulce vektorů přerušení. Priorita vektorů přerušení je dána adresou, na které je uložen. Čím nižší má vektor přerušení adresu, tím větší má prioritu.

## **4.4 Paměťový prostor**

Příklad paměťového prostoru ATMEGA32 je zobrazen na (obr. 4.2). Zde vidíme, že prvních 32 adres v datové paměti patří souboru registrů. Třebaže tyto registry nejsou implementovány jako součást SRAM, umožňuje tato organizace paměťového prostoru značnou flexibilitu v systému přístupu k jednotlivým registrům.

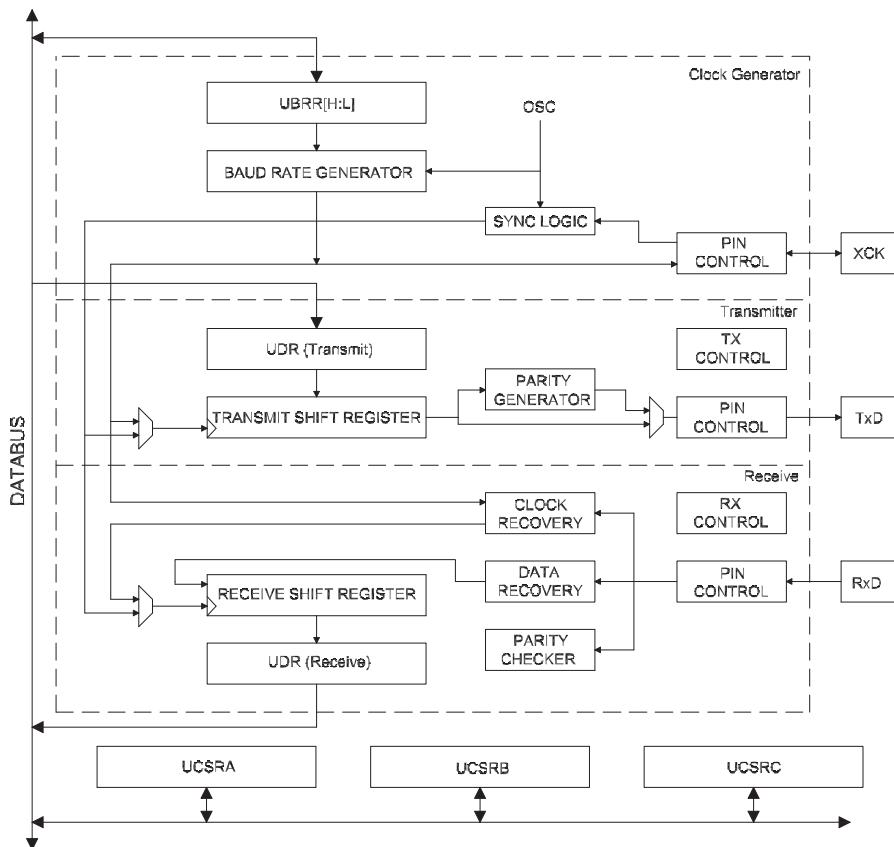


Obrázek 4.2: Organizace paměťového prostoru ATMEGA32

Paměť programu typu FLASH má velikost 32kB a výrobce zaručuje, že paměť je možné 1000krát přereprogramovat. Při zápisu programu do paměti FLASH lze nastavením řídících bitů *LB1* a *LB2* zakázat čtení, a tím zabránit případnému zcizení programu.

## 4.5 USART-AVR

Mikrokontrolér ATMEGA32 obsahuje USART "Universal Synchronous and Asynchronous serial Receiver and Transmitter". Jde o obvod schopný obousměrné komunikace (Full Duplex Operation), a to jak synchronní, tak i asynchronní, s možnou vysokou přenosovou rychlostí, podporující 5-9 datových bitů, 1-2 stopbity, výběrem mezi paritami a s hardwarem pro jejich obsluhu, možností přerušení na odchozí byte a možnosti multiprocesorové komunikace.



Obrázek 4.3: USART Blokový Diagram

**USART jednotka je složena ze tří základních částí:**

- Generátor hodinových pulsů
- Vysílač (Transmitter)
- Přijímač (Receiver)

**Generátor hodinových pulsů** - slouží k synchronizaci vysílací i přijímací části. Používá se pro synchronní sériový režim.

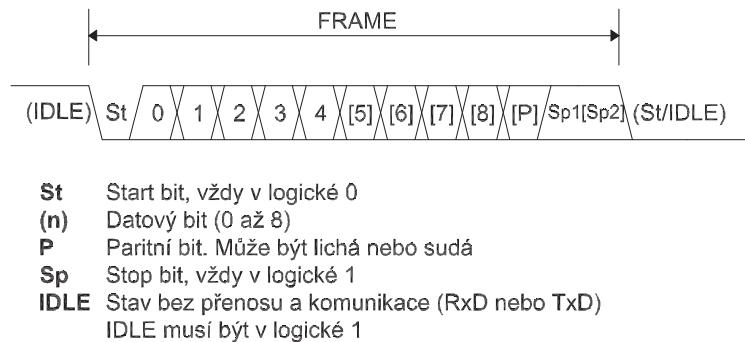
Nastavení přenosové rychlosti (baud rate) pro asynchronní mód se nastavuje v registru **UBRR**. Hodnota přenosové rychlosti Baud Rate se spočítá pro asynchronní standardní mód dle: (4.1)

$$BaudRate = \frac{f_{osc}}{16(UBRR + 1)}. \quad (4.1)$$

**Vysílač** - je-li jednotka USART korektně nastavena, provede se odeslání bytu pouhým zapsáním do registru **UDR**. Je ale nutné kontrolovat příznak **UDRE**, abychom nepřepsalí neodeslavý obsah registru. Proto je dále nutné mít správně nastavenou přenosovou

rychlosť a povolené vysílaní bitem *TXEN*. Po úspešném odeslání je nastaven příznak *TXC* v registru *UCSRA*.

**Přijímač** - je-li jednotka USART korektně nastavena, je po příjmu znaku nastaven příznak *RXC* v registru *UCSRA*. Poté je možno přečíst přijatý znak opět z registru *UDR*. Důležité je, že znak může být čten pouze jednou.



Obrázek 4.4: USART rámec

Čerpáno ze zdroje (Atmel Corporation [*online*], n.d.), (BURKHARD MANN, 2004), (HW Server s.r.o. [*online*], n.d.) a (VACH RADOMÍR, Bc., 2006).



# Kapitola 5

## QTouch 10-Key Sensor IC

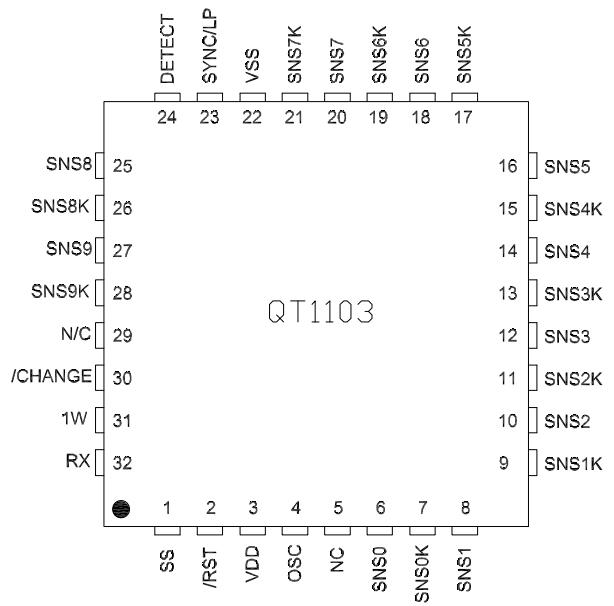
### 5.1 QT1103

#### 5.1.1 Stručný popis QT1103

QT1103 je samostatný digitální mikrokontrolér, postavený na RISC jádru, se schopností vyhodnocování změny kapacity až na deseti elektrodách.

Obvod je založen na patentu přenosu elektrického náboje technologie vyvinuté firmou Quantum. Tento patent umožňuje na jednotlivé elektrody obvodu, připojit nezávislé senzorové plošky, vyhodnocující změnu kapacitního odporu skrz různá dielektrika, jako jsou plasty, keramika, dřevo nebo sklo. Tyto schopnosti spojené s nastavitelnou samokalibrací přináší zcela nový koncept návrhu a vysokou hodnotu využitelnosti výrobků. Obvod je navrhnut výsadně jako lidské rozhraní pro styk člověka s řídícím panelem, spotřebičem, herním zařízením, světelným ovládáním nebo jiným tlačítkovým mechanismem. Obvod má využití i v oblasti senzorů a čidel.

Každá z vyhodnocovacích elektrod pracuje nezávisle na ostatních elektrodách. Takto může být každá elektroda navolena na jedinečnou citlivost pomocí odpovídajícího ex-

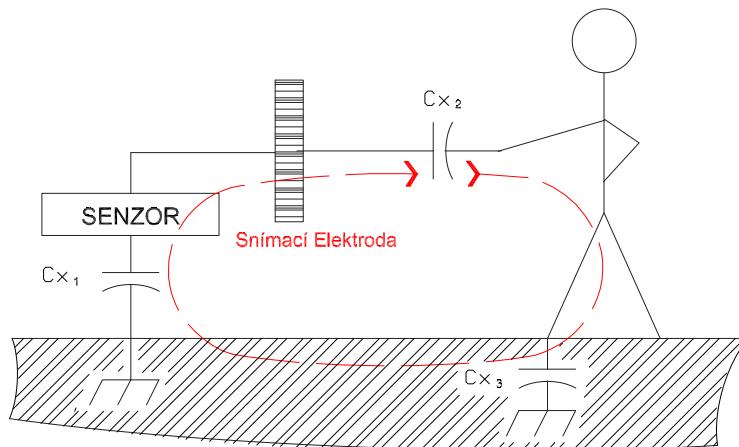


Obrázek 5.1: QT1103

terního  $C_s$  kapacitoru. Nastavení  $C_s$  kapacitoru se odvíjí od Prvního Kirchoffova zákona (5.1), kde algebraický součet proudů v libovolném uzlu elektrického obvodu se rovná nule.

$$\sum_i^n I_i = 0. \quad (5.1)$$

Proto pro správnou funkci obvodu je potřebné uzavřít elektrickou smyčku přes společnou zem, kde kapacitu  $C_x$  tvoří lidský nebo jiný interface viz. (obr. 5.2). Obvod, je tak navržen, aby i bateriové nebo transformátorové napájení, umožňovalo plnou funkci obvodu. Třebaže tyto napájení nám dávají spojení se zemí jen o velikosti několika picofaradů, tak obvod QT1103 i v těchto podmírkách dokáže bez velkých problémů generovat změnu kapacity na jednotlivých elektrodách. Proto i detekce lidského těla, které není fyzicky spojeno se zemí, vyvolá kapacitní odpor o velikosti několika stovek pikofaradů a tím dojde k uzavření elektrické cesty obvodu. Pro citlivější a přesnější detekci na jednotlivých elektrodách, se doporučuje jednotlivé dotykové plošky obklopit stíněním, které je spojeno s obvodovou zemí. Předejdě se tak nechtěným kapacitním vazbám mezi jednotlivými elektrodami a metalickými materiály obklopujícími dotekové elektrody. Citlivost může být dále zvýšena změnou hodnoty  $C_s$  kapacitoru, zvětšením ploch elektrod, zmenšením tloušťky ovládacího panelu nebo změnou rozložení elektrod na ovládacím panelu.



Obrázek 5.2: První Kirchoffův zákon - Zákon proudu

### 5.1.2 Oscilační frekvence

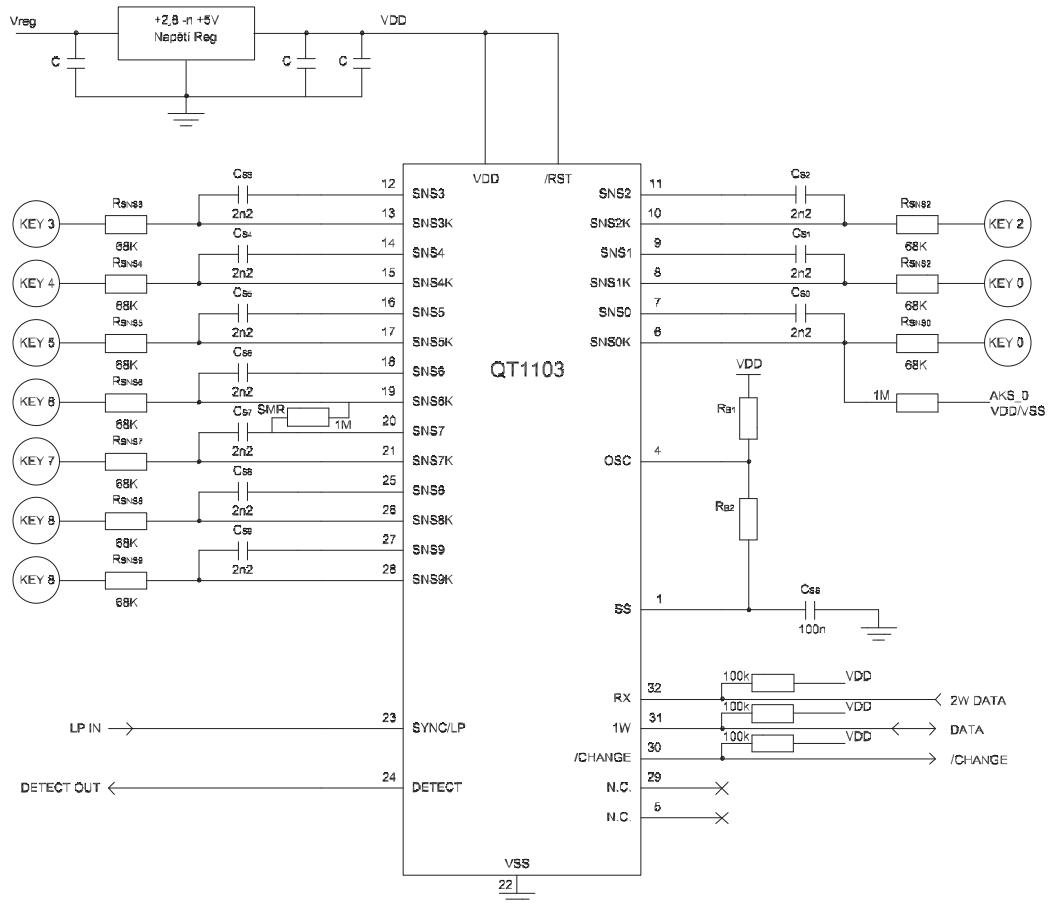
Oscilační frekvence běží z externího oscilátoru připojeném k pinům *OSC* a *SS* obvodu QT1103 a její perioda se pohybuje v rozšířeném spektru  $2.87 \mu\text{s}$  a v nerozšířeném spektru  $2.67 \mu\text{s}$ . Oscilační frekvence nemá vliv na přenosovou rychlosť sériové komunikace.

### 5.1.3 Vzorkovací kapacitory $C_s$ - citlivostní

$C_s$  kapacitory v sobě akumulují náboj z elektrod a proto definují citlivost elektrod. Hodnota  $C_s$  kapacitorů je proměnná dle dielektrik a prostředí ve kterých se elektrody nachází, ale čím je větší kapacita  $C_s$  kondenzátoru, tím je větší citlivost na samotné elektrodě. Průměrné hodnoty  $C_s$  kapacitorů by se mely pohybovat od 680pF do 100nF. Použité  $C_s$  kapacitory by mely být z plastických filmů, PPS filmů nebo polypropylenových filmů, dále jsou povoleny keramické kapacitory řad NP0, X5R a X7R.

### 5.1.4 Sériové odpory $R_{sns}$

Sériové odpory  $R_{sns}$  jsou připojeny v sérii s elektrodami a slouží ke snížení ESD a RFI. Průměrné hodnoty  $R_{sns}$  odporů by se mely pohybovat od 4K7  $\Omega$  do 100K  $\Omega$ .



Obrázek 5.3: Zapojení QT1103 - Jednoduchý mód

## 5.2 Autokalibrace

Zařízení umožňuje nastavit rekalibrační proces zvlášť pro každou elektrodu v pevných intervalech 10s, 60s a nekonečný interval. Rekalibrační proces pomáhá předcházet rušivým vlivům cizích objektů a vlivům pomalu se měnícího kapacitního odporu v čase. Po připojení obvodu na napájení, se provádí vlastní kalibrace elektrod a nastavení kalibračních konstant pro danou aplikaci. Při chodu odvodu také dochází ke kompenzaci chyb vzniklých odchylkami teplot, vlhkosti, nečistot a jiných vnějších vlivů.

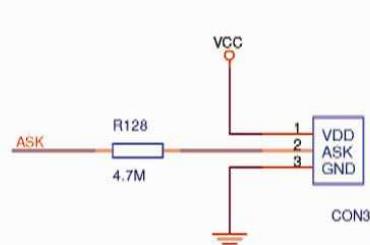
## 5.3 AKS mod

QT1103 obsahuje patentovaný AKS modul potlačující slabší změny kapacity způsobené rušivými nebo parazitními kapacitami vyhodnocených na senzorových ploškách (elektrodách). Např. problém velkých prstů na senzorových ploškách umístěných v blízkosti vedle sebe nebo vodní film pokrývající senzorové plošky

AKS se vyhodnocuje na základě porovnání silnějších a slabších intenzity elektrických nábojů na jednotlivých elektrodách. Vyhodnocení se provádí buď pro jednotlivé elektrody nebo pro skupiny elektrod. To lze nastavit připojením  $V_{ss}$  nebo  $V_{dd}$  na vstup  $SNS0$  přes odpor  $R = 1M\Omega$ . Na obrázku (obr. 5.8) je zapojení přepínání AKS modulu.

AKS_0	AKS MODE	FAST-DETECT
Vss	Off	Enabled
Vdd	On, global	Off

Obrázek 5.4: Tabulka rezistorového nastavení AKS



Obrázek 5.5: Zapojení AKS modulu

## 5.4 Sync mod a LP mod

Rozprostřená šířka pásma obvodu dovoluje lepší potlačení šumu. Zařízení dále disponuje SYNC/LP vstupem, který dovoluje synchronizaci s dalšími externími napájecími prvky ve funkci and/or nebo LP (low power) mod sníženého napájení.

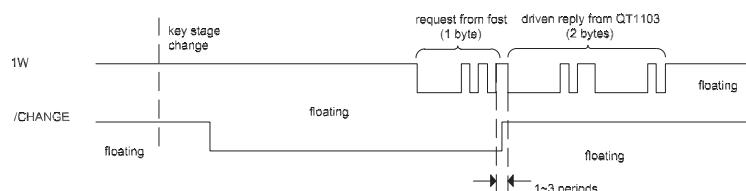
SYNC/LP pin	110ms LP function; sync not available
Max on-duration delay	60 seconds
Detect pin	Push-pull, active high

Obrázek 5.6: Tabulka funkcí ve zjednodušeném módu

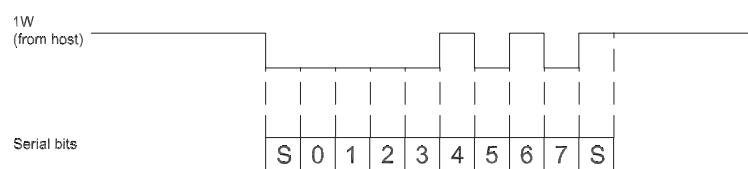
## 5.5 Komunikace s QT1103

### 5.5.1 Komunikace 1W

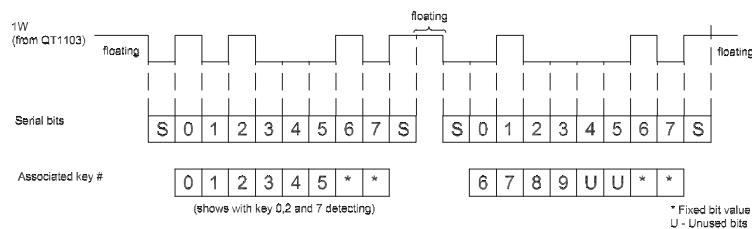
První z možností je připojení obvodu QT1103 přes interface RS-232 založeným na automatickém sériovém asynchronním rozhraní, které požaduje jen jedno-drátové připojení mezi MCU a QT1103 (dale 1W). Automatické nastavení přenosové rychlosti je definováno připojeným pull-up odporem a přenosová rychlosť může být nastavena v rozmezí 8 000 až 38 400 bitů za sekundu a má toleranci 20%. Základní sekvence 1W sériového připojení je zobrazena na (obr. 5.7)



Obrázek 5.7: Základní 1W sekvence



Obrázek 5.8: 1W UART hostitelský požadavek



Obrázek 5.9: UART odezva z QT1103 na pin 1W

### 5.5.2 Host request byte

Hostující MCU musí zaslat na pin **1W** požadavek k odeslání aktuálního stavu QT1103. Požadavek se odesílá ve tvaru ASCII "P" nebo v hexadecimální formě ve tvaru 0x50 a musí korespondovat s charakteristickým formátem pro RS-232.

- 8 datových bitů
- bez parity
- 1 stop bit
- přenosová rychlosť 8 000 až 38 400 bitů za sekundu

Obrázek (obr. 5.8) zobrazuje vzorec pro hostitelský požadavek byte ('P'). První bit, označený písmenem 'S', je start bit a poslední bit, označený také písmenem 'S', je stop bit. Tento vzorový byte by neměl být porušen pro správnou funkci komunikace.

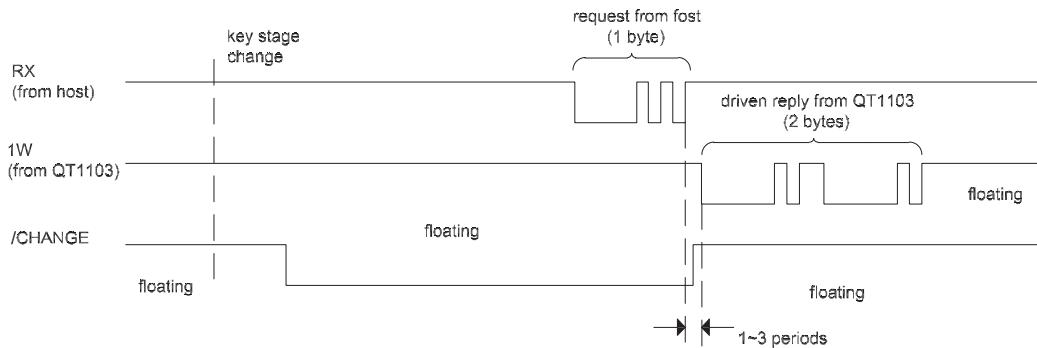
Po zaslání hostitelského požadavku ve tvaru 'P' musí hostitel ukončit zápis na pin **1W**. Následně uplyne zpoždění v délce 1-3 komunikačních cyklů, po kterém QT1103 odešle signál na pin **/CHANGE** v logické 1 o přijetí požadavku. Hned s tímto signálem zašle obvod QT1103 na pin **1W** dva osmibitové byty za sebou, s informacemi, o aktuálním stavu na elektrodách v danou chvíli (obr. 5.9). Pokud první i druhý přijatý byte je ve tvaru '@', nebo v hexadecimální formě ve tvaru 0x40, nebyla detekována žádná elektroda. Informace o doteku na jednotlivých elektrodách jsou zasílány v bitové podobě, kde byty 0-5 prvního bytu odpovídají elektrodám 1-6 a byty 0-3 druhého bytu odpovídají elektrodám 7-10. Po zaslání těchto dat je pin **/CHANGE** vrácen do logické 0, která poskytuje hostiteli informaci o čekání QT1103 na zaslání dalšího požadavku.

### 5.5.3 Pin /CHANGE

Při požití LP módu se pin */CHANGE* nachází v logické 0 do té doby, dokud nebude zaznamenána změna kapacity na některé z elektrod. Po zaznamenní změna kapacity na některé z elektrod, změní QT1103 stav pinu */CHANGE* do logické 1 a hostitelskému MCU je tak dán pokyn k zaslání hostitelského požadavku ve tvaru 'P'.

### 5.5.4 Komunikace 2W

Druhou z možností je připojení obvodu QT1103 přes interface RS-232 založeným na automatickém sériovém asynchronním rozhraní, které požaduje dvou-drátové připojení mezi MCU a QT1103 (obr. 5.10) (dále 2W).



Obrázek 5.10: Rozšířená 2W sekvence

Tato metoda pracuje zcela stejně jako 1W, ale hostitelský požadavek 'P' je odesílán na pin *RX* a odpověď od QT1103 je následně zaslána na pin *1W*. Výhodou 2W je oddělený zápis a čtení z QT1103. Pokud se nepoužívá pin *RX*, měl by být připojen na  $V_{dd}$ .

Čerpáno ze zdroje (Quantum - Research Group [*online*], n.d.).



# Kapitola 6

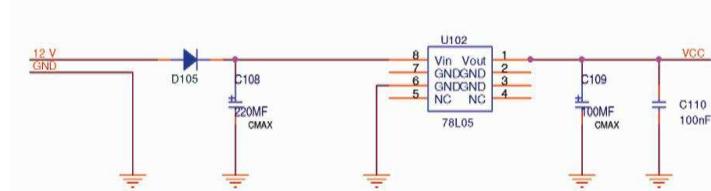
## Ostatní hardware

### 6.1 Stabilizátor napětí LM7805

Stabilizátor napětí LM7805 převádí vstupní napětí +12V na napětí +5V ( $V_{CC}$ ) s maximálním zatížením 100mA. Tento typ stabilizátoru potřebuje pro správnou funkci rozdíl vstupního a výstupního napětí alespoň 3V.

Kondenzátor  $C_{110}$  slouží pro odfiltrování vysokých frekvencí a kondenzátory  $C_{108}$  a  $C_{109}$  slouží k odfiltrování nízkých frekvencí, zpravidla frekvencí síťového napájení 230V/50Hz. Detailní popis na (DatasheetCatalog.com [*online*], n.d.).

V mém návrhu využívám stabilizátoru napětí LM7805 SMD technologie, z důvodu ušetření místa na DPS (obr. 6.1).



Obrázek 6.1: Zapojení stabilizátoru napětí LM7805 SMD

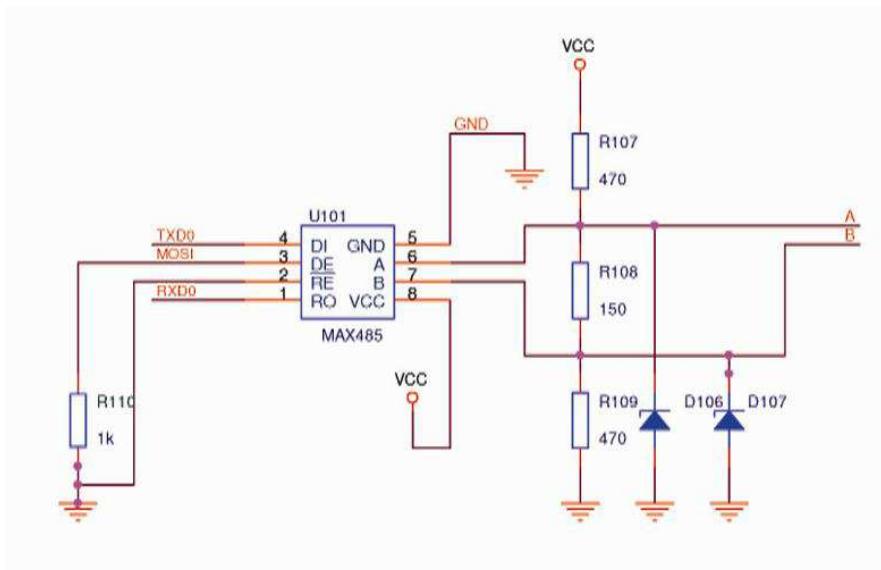
### 6.2 Převodník MAX485

IO MAX485/488 od firmy Maxim představuje převodník sériového datového signálu TTL/RS-485 (halfduplex přenos). Přenosový protokol RS-485 se hojně využívá v prů-

myslovém prostředí pro řízení a přenos dat v multipoint komunikaci do rychlosti přenosu 2.5MB/s a do vzdáleností (cca 1200 metrů).

Systém RS-485 využívá Master/Slave architekturu. Zde každá slave jednotka má svoji unikátní adresu a odpovídá pouze na jí určení packety. Tyto packety generuje Master a periodicky obesílá všechny připojené slave jednotky. Pro přenos používá jedno twisted-pair (TP) kroucené vedení tzv. Balanced data transmission.

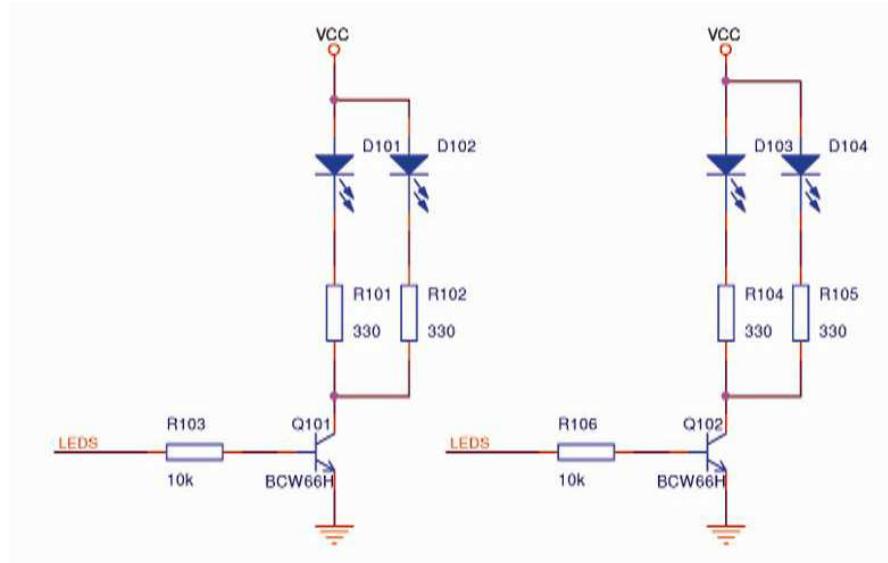
Obvod používá pro komunikaci na protokolu RS-485 jen piny *A* a *B*. Piny *RXD0* a *TXD0* slouží k připojení UART pinů *RxD* a *TxD* z MCU. Diody *D106* a *D107* slouží jen jako ochranné prvky a odpory *R107*, *R108* a *R109* jsou pull (obr. 6.2) Detailní popis na (DatasheetCatalog.com [*online*], n.d.).



Obrázek 6.2: Zapojení převodníku MAX485

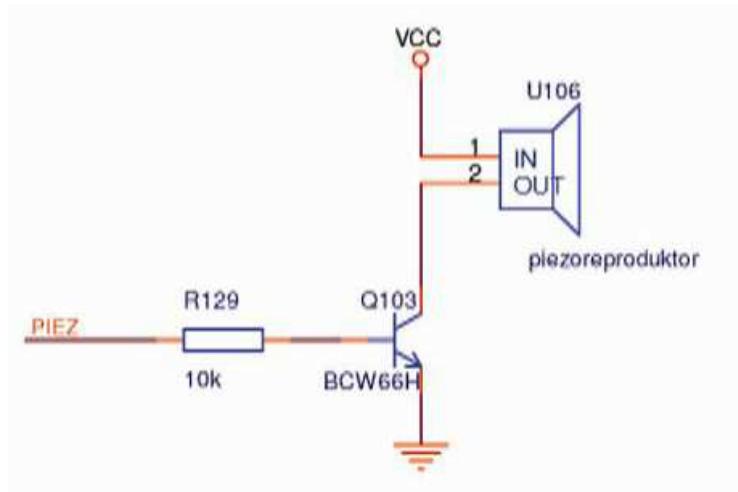
### 6.3 Signalizační prvky

Pro podsvětlení vypínače se využívá 4 LED diod (*D101*, *D102*, *D103* a *D104*) připojených přes NPN tranzistory (obr. 6.3). LED diody jsou spínány společným výstupem z MCU pinem PB3.



Obrázek 6.3: Zapojení podsvětlovacích LED diod

Piezoreprodukтор  $U106$  slouží jako zvuková odezva při stisku některé z kláves a je připojená přes NPN tranzistor (obr. 6.4). Spínán je výstupem z MCU pinem PB2.

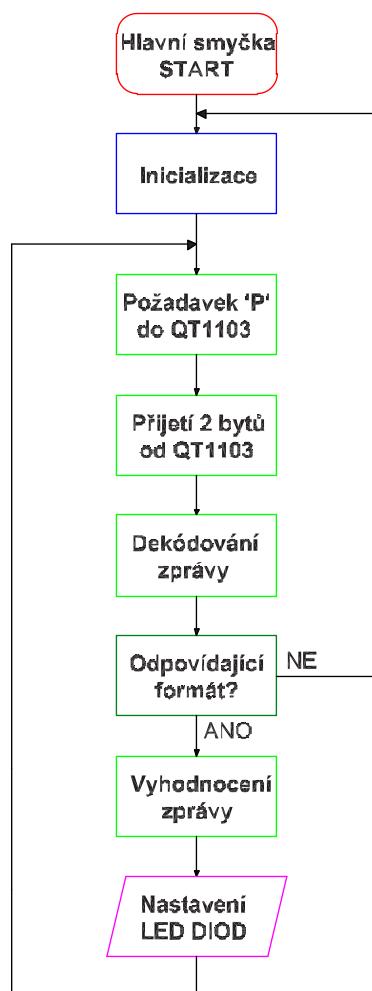


Obrázek 6.4: Zapojení výstražné piezosirénky



# Kapitola 7

## Softwarové řešení



Obrázek 7.1: Zapojení převodníku MAX485

Software pro ovládání inteligentního ovladače slouží jen pro simulační ukázku funkčnosti systému. Proto reakce na doteky na jednotlivých klávesách je reprezentována různými módy blikání LED diod, které jsou závislé na právě stisknutém tlačítku. Sekvenční programu se cyklicky vykonává dle (5.5) a dále provede vyhodnocení přijatých bytů a zobrazení výsledku na LED diodách.

# Kapitola 8

## Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo prostudovat problematiku domovních elektroinstalací postavených na architektuře sběrnicových systémů a dále vývoj inteligenčního ovladače jako jednu z komponent domovní elektroinstalace.

Problematice dostupnosti a využitelnosti datových protokolů věnuji kapitolu (3). Zde jsem se snažil hlavně rozepsat základní informace o sběrnicových systémech, které by mohly být nasazeny pro účely domovních elektroinstalací.

V dalších kapitolách se věnují samotnému návrhu a řešení inteligenčního ovladače. Inteligenční ovladač je konstrukčně vyvinut tak, aby pasoval do standardních krabic K 68 a do sériově vyráběného mechanického vypínače řady Time od firmy ABB. Mechanická klapka vypínače řady Time je nahrazena dotekovými Touch ploškami, pracující na základě vyhodnocení změny elektrického náboje na jednotlivých Touch ploškách. Pro vyhodnocení těchto doteků byl použit jednočip QT1103 od firmy Quantum, který na svých vstupech vyhodnocuje změny elektrického náboje a výsledek zasílá po RS-232 lince hlavnímu mikrokontroléru (použit ATmega32 od firmy Atmel), který ovládá celý inteligenční ovladač a dále komunikuje s dalšími jednotkami připojenými na sběrnici.

Návrh DPS jsem provedl v prostředí ORCAD a výsledné soubory jsou přiložené na CD. Při návrhu byl kladen důraz na SMD provedení z důvodů ušetření místa na DPS.

Při realizaci hardwaru vznikly potíže s funkcemi jednočipu QT1103, proto bude velmi těžké výslednou práci zhodnotit. Obvod QT1103 byl pravděpodobně poškozen, a to buď již od výroby, nebo nevhodnou manipulací při jeho pájení na DPS. Funkce komunikace a nastavování operačních módů pracují dle datasheetových údajů, ale funkce nastavení citlivosti a nastavení oscilační frekvence pro komunikaci s nadřazeným mikrokontrolérem nereagují na hardwarové změny periferních obvodů, které nastavují jejich vlastnosti. Vyhodnocení jednotlivých doteků na Touch ploškách se provádí správně, příklad výstupní

odezvy od obvodu QT1103 je na (obr. B.7) v příloze B. Dála sensitivity dotekových plošek jsou velmi malé a možnost je pozorovat, se naskytuje jen v podmínkách s minimálním vnějším rušením a dotecích přímo na elektrodách propojených s obvodovou zemí. Příklad odezvy na Touch doteck od obvodu QT1103 je na (obr. B.8) v příloze B.

V rámci bakalářské práce jsem zhotovil dva návrhy DPS a nechal z nich vyrobit desky plošných spojů. První návrh je plně osazen, ale některé periferní obvody byly dodatečně odpojeny z důvodů testování. Druhý návrh, obsahuje více periférií než první návrh a byly v něm odstraněny chyby způsobené neotestovaním obvodu QT1103 před výrobou DPS. Jelikož mi byl poskytnut k dispozici pouze jeden obvod QT1103, který je již zabudován v návrhu prvním, není tato DPS plně osazena. A jelikož se obvod QT1103 z prvního návrhu projevuje jako chybový, uznal jsem, že by nebylo vhodné obvod dále jej tepelně a mechanicky namáhat.

# Literatura

Atmel Corporation *[online]* (n.d.).

<http://www.atmel.com/>.

DALI by Design *[online]* (n.d.).

<http://www.dalibydesign.us/>.

DatasheetCatalog.com *[online]* (n.d.).

<http://www.datasheetcatalog.com/>.

DMX512 - S.O.H. *[online]* (n.d.).

<http://dmx512.svetla.org/>.

EIB INSTABUS - AHS-EIB *[online]* (

<http://www.ahs-eib.cz/>).

Freescale Semiconductor *[online]* (n.d.).

<http://www.freescale.com/>.

HW Server s.r.o. *[online]* (n.d.).

<http://hw.cz/>.

I<sup>2</sup>C - DHServis *[online]* (n.d.).

<http://www.dhservis.cz/>.

Moeller Elektrotechnika s.r.o. *[online]* (n.d.).

<http://www.moeller.cz/>.

Quantum - Research Group *[online]* (n.d.).

<http://www.qprox.com/>.

BURKHARD MANN (2004), *C pro mikrokontrolery*, BEN Praha.

HANZÁLEK ZDENĚK, DOC. DR. ING. (n.d.), *Distributed Control Systems - CAN protocol*, ČVUT Praha.

ROZEHNAL ZDENĚK (2001), *Mikrokontroléry Motorola HC11*, BEN Praha.

VACH RADOMÍR, Bc. (2006), *Bakalářská práce - Systém inteligentní elektroinstalace - modul detekce vypinačů a vysílací jednotka*, ČVUT Praha.

ZÁHLAVA VÍT, CSc. ING. (2004), *OrCAD 10*, Grada Publishing Praha.

Wikipedia - Otevřena Encyklopedie [*online*] (n.d.).

X Comfort - Moeller Elektrotechnika s.r.o. [*online*] (n.d.).

<http://www.xcomfort.cz/>.

# **Příloha A**

## **CD**

**/Bakalarka**

**/Catalogs** - Katalogové listy k použitým součástkám

**/Document** - Text práce ve formátu PDF

**/Software** - Simulační software

**/Hardware** - Návrhy vlastního hardwaru



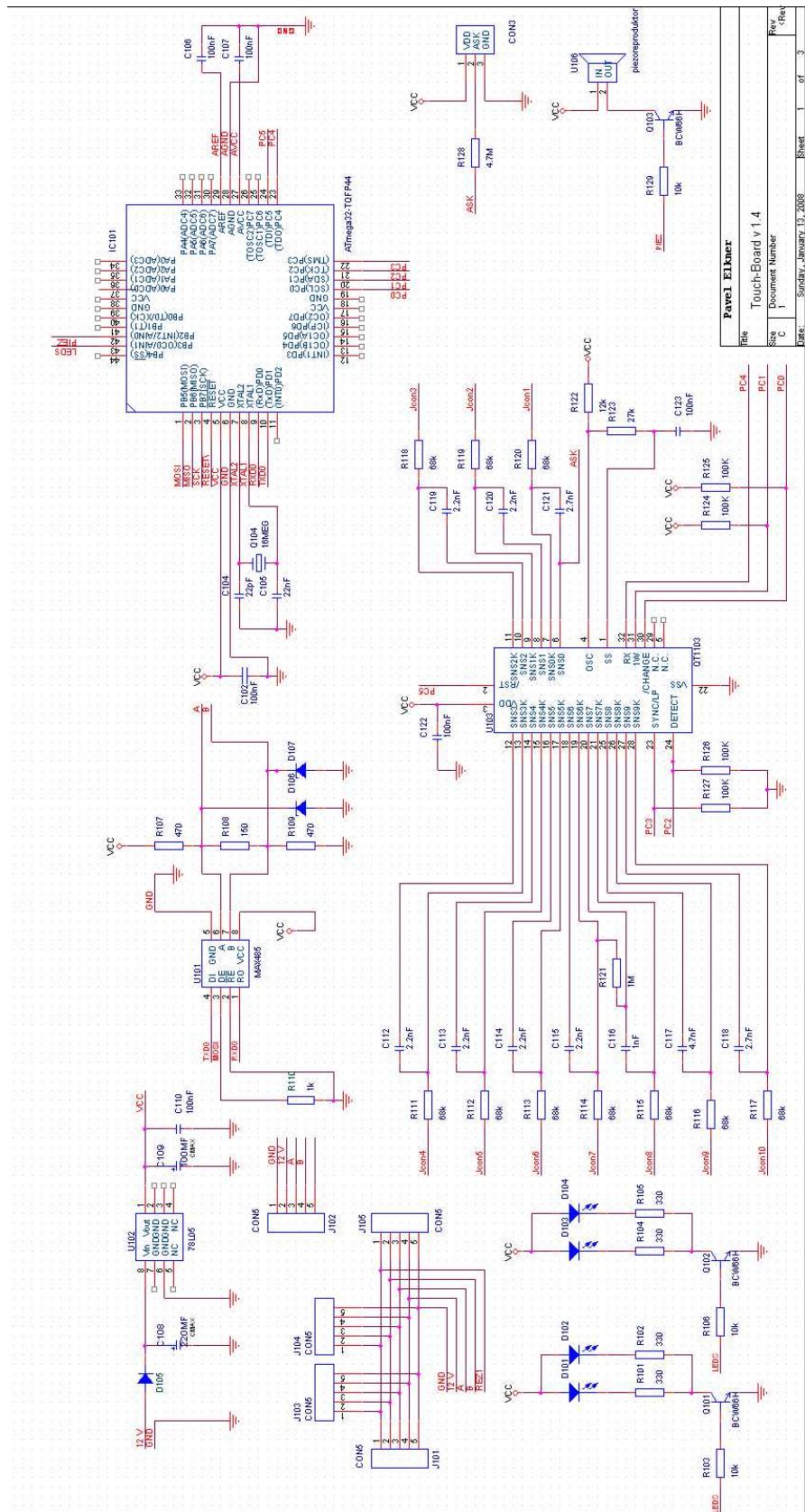
# Příloha B

## Přílohy

Přílohy obsahují schémata celého zapojení inteligentního ovladače a pohledy na přední, zadní strany vyrobených DPS Touch Board a Touch Panel a komunikační průběhy z osciloskopu.

### B.1 Přiložené obrázky:

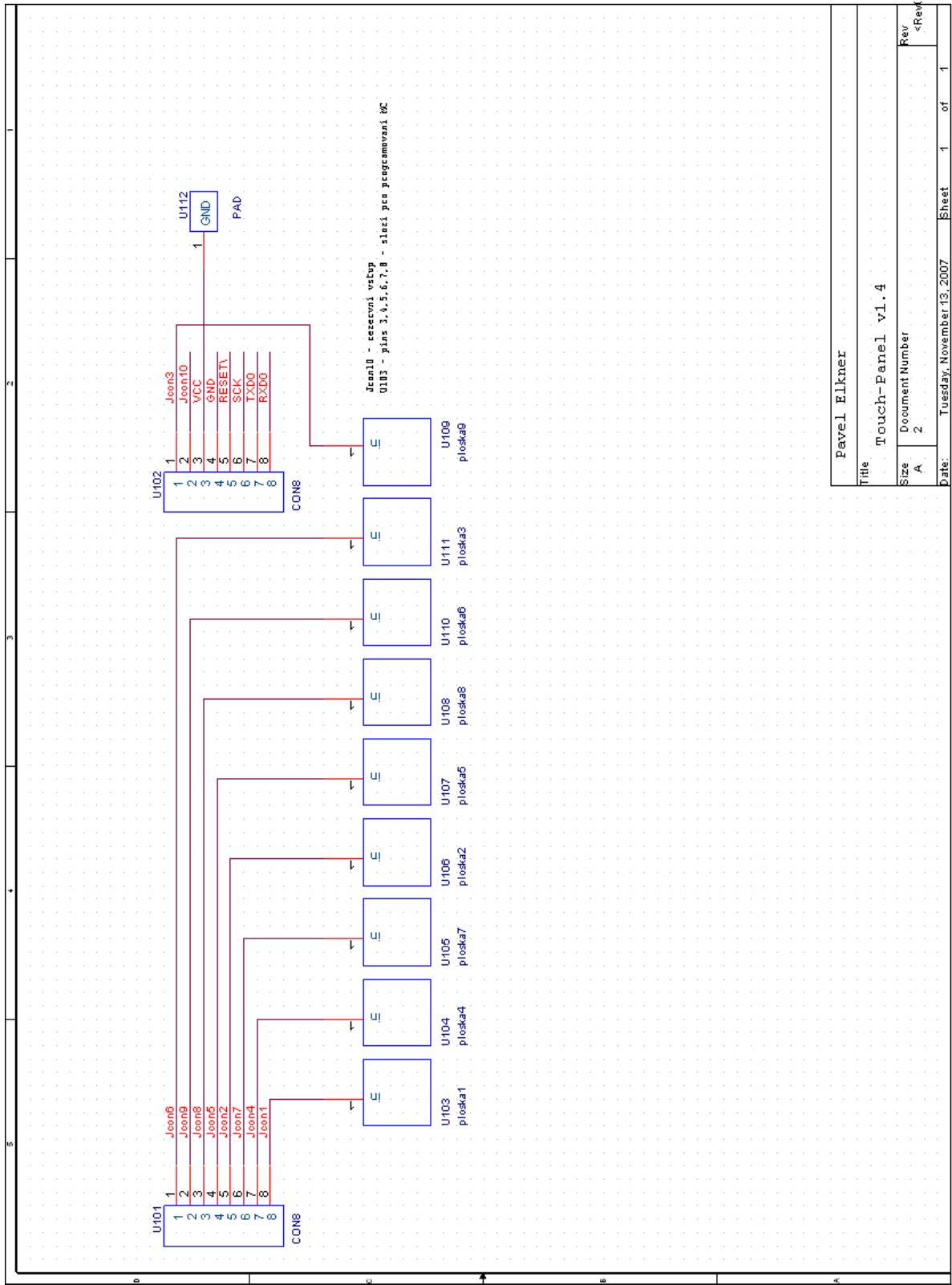
- Zapojení Touch Board (obr. B.1)
- Zapojení Touch Panel (obr. B.2)
- DPS Touch Board - přední strana (obr. B.3)
- DPS Touch Board - zadní strana (obr. B.4)
- DPS Touch Panel - přední strana (obr. B.5)
- DPS Touch Panel - zadní strana (obr. B.6)
- Komunikační byty z osciloskopu (obr. B.7)
- Dotekové změny napětí z osciloskopu (obr. B.8)



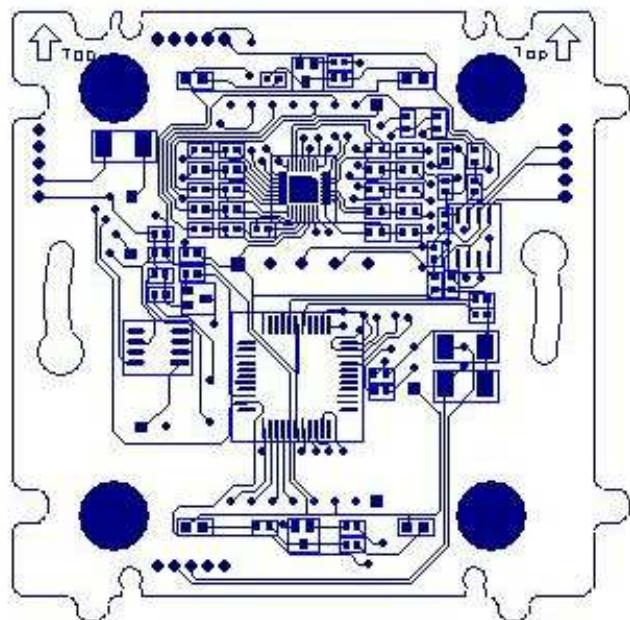
Obrázek B.1: Touch board

## B.1. PŘILOŽENÉ OBRAZKY:

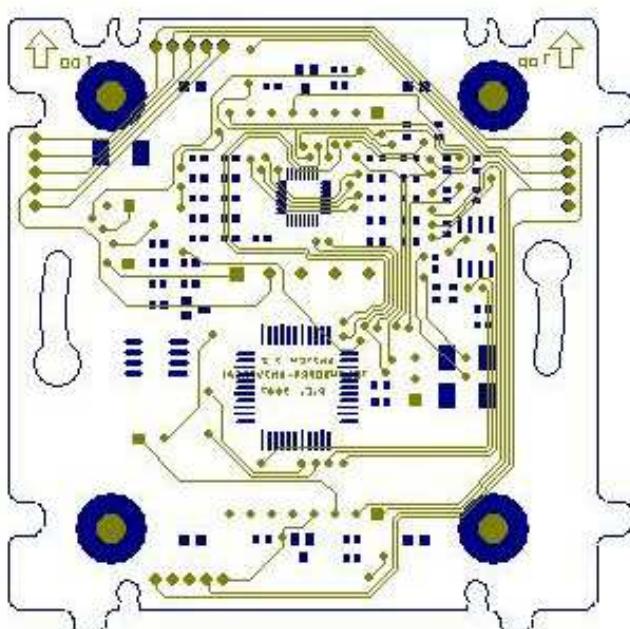
V



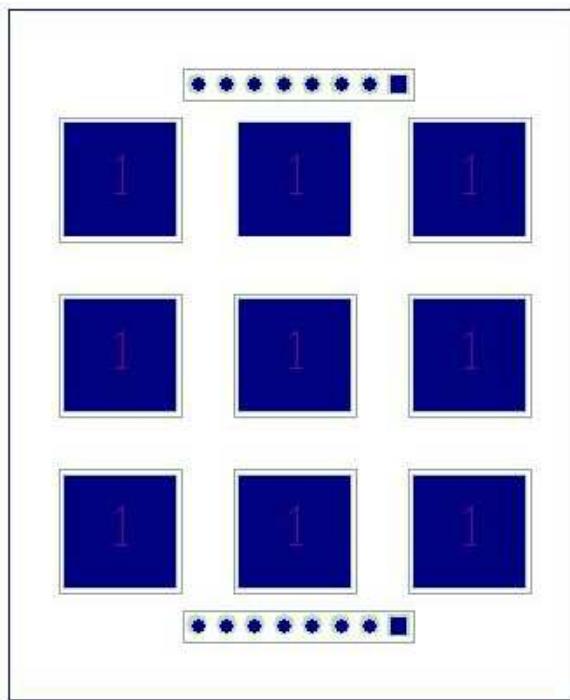
Obrázek B.2: Touch panel



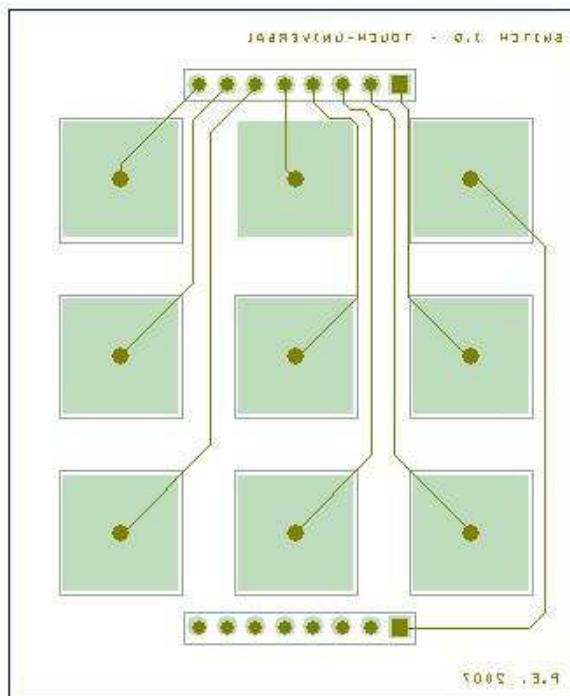
Obrázek B.3: DPS Touch Board - přední strana



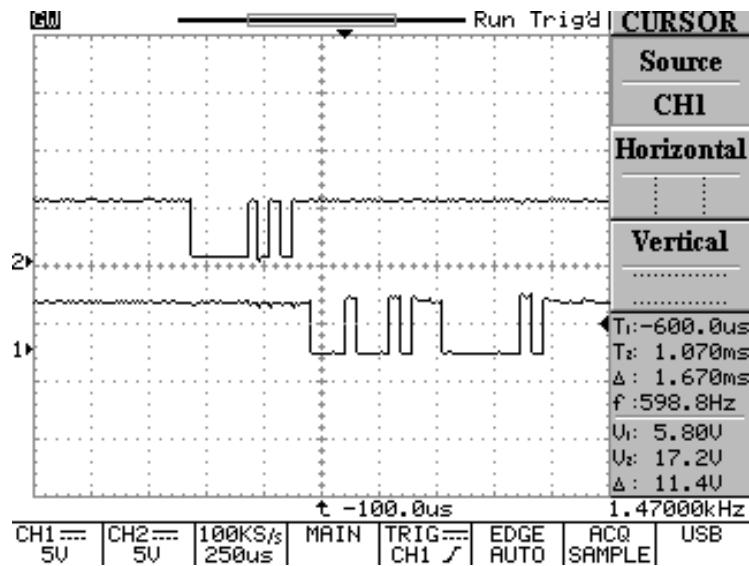
Obrázek B.4: DPS Touch Board - zadní strana



Obrázek B.5: DPS Touch Panel - přední strana

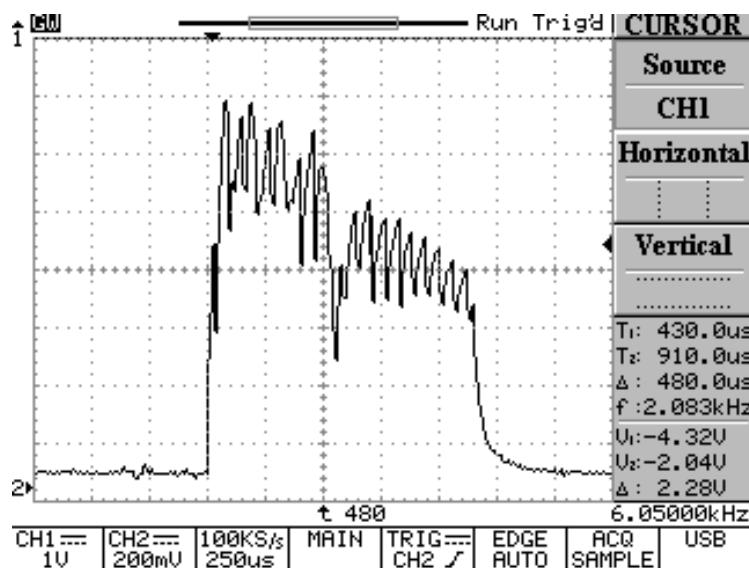


Obrázek B.6: DPS Touch Panel - zadní strana



Obrázek B.7: Komunikační byty z osciloskopu

Channel 2 zobrazuje vzorec pro hostitelský požadavek byte ('0x50') a channel 1 zobrazuje informaci o doteku na jednotlivých elektrodách v bitové podobě tvaru ('0x42') v prvním bytu a ('0x40') v druhém bytu, t.j. (odezva na stisk tlačítka s označením 3).



Obrázek B.8: Dotekové změny napětí z osciloskopu

Channel 2 zobrazuje změnu napětí na jedné elektrodě při doteku na Touch plošku. Změna napětí je způsobena testováním obvodu QT1103 dané Touch plošky.