

# **Modul USB FM rádia**

## **USB FM Radio Modul**

**Tuto stránku nahradíte v tištěné verzi práce oficiálním zadáním Vaší diplomové či bakalářské práce.**

Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 *Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských programech VŠB-TU Ostrava*.

V Ostravě 1. dubna 2016

.....

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě 1. dubna 2016

.....

Rád bych na tomto místě poděkoval zejména mému vedoucímu za bezbřehou trpělivost.

## Abstrakt

Tato práce popisuje návrh USB FM přijímače se dvěma tunery. Jeden tuner slouží pro přehrávání zvuku a druhý pro vyhledávání dalších stanic. přijímač je v systému reprezentován jako USB zvuková karta.

Příjem je realizován dvojicí integrovaných obvodů Si4735-DU. Tyto jsou přes I<sup>2</sup>S a I<sup>2</sup>C spojeny s MCU PIC32MX250F128B, který přes USB zajišťuje komunikaci s počítačem. V rámci firmware MCU je, po neúspěchu s Microchip harmony frameworkem, napsán vlastní USB stack.

Knihovna je napsána v jazyku C s využitím knihovny libusb. Poskytuje funkce pro tři úrovně přístupu k tunerům.

Demonstrační aplikace je ve formě grafického uživatelského rozhraní, napsaná v C++ s využitím QT frameworku.

Vše je funkční pod OS Linux i Windows.

**Klíčová slova:** FM rádio, USB, RDS, QT, libusb, PIC

## Abstract

This work describes design of USB FM radio receiver with two tuners. One tuner is for radio playback, second one seeks new stations. In computer, device acts as sound card. Receiving is done by couple of Si4735-DU integrated circuits, which are connected to MCU via I<sup>2</sup>C and I<sup>2</sup>S. MCU forwards data over USB to computer and back. Use of Microchip harmony framework was not successful so in firmware is USB stack written from scratch.

Library is written in C with use of libusb library. There are three levels of functions to access tuners.

Demo application has graphical user interface and is written in C++ in QT framework. All works under Linux and Windows.

**Keywords:** FM radio receiver, USB, RDS, QT, libusb, PIC

## **Seznam použitých zkratek a symbolů**

CD	– Compact disc
I <sup>2</sup> C	– Inter-Integrated Circuit
I <sup>2</sup> S	– Integrated Interchip Sound
MCU	– Microcontroller unit
PCM	– Pulse-code modulation
RDS	– Radio Data System
USB	– Universal Serial Bus

## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Výběr součástek</b>	<b>6</b>
2.1	Volba rozhraní pro spojení modulu a počítače . . . . .	6
2.2	Způsob příjmu rozhlasového vyslání . . . . .	6
2.3	Napojení tuneru na USB . . . . .	7
<b>3</b>	<b>USB</b>	<b>8</b>
3.1	USB audio . . . . .	8
<b>4</b>	<b>Tuner</b>	<b>9</b>
4.1	I2S . . . . .	9
4.2	Ovládání tuneru . . . . .	9
<b>5</b>	<b>Knihovna</b>	<b>10</b>
5.1	Nízko úroňové funkce . . . . .	10
5.2	Středně úroňové funkce . . . . .	10
5.3	Vysoko úroňové funkce . . . . .	10
<b>6</b>	<b>Závěr</b>	<b>11</b>
<b>7</b>	<b>Reference</b>	<b>12</b>
	<b>Přílohy</b>	<b>13</b>
<b>A</b>	<b>Grafy a měření</b>	<b>14</b>

## Seznam tabulek



## Seznam obrázků

## **Seznam výpisů zdrojového kódu**

## 1 Úvod

Tento text je ukázkou sazby diplomové práce v  $\text{\LaTeX}$ u pomocí třídy dokumentů `diploma`. Pochopitelně text není skutečnou diplomovou prací, ale jen ukázkou použití implementovaných maker v praxi. V kapitole ?? jsou ukázky použití různých maker a prostředí. V kapitole 6 bude „jako závěr“. Zároveň tato kapitola slouží jako ukázka generování křížových odkazů v  $\text{\LaTeX}$ u.

## 2 Výběr součástek

Vzhledem k tomu, že není možné se cenou zařízení přiblížit zavedeným výrobcům elektroniky, rozhodl jsme se výběr součástek a konstrukci modulu přizpůsobit tak, aby bylo možné modul vyrobit v domácích podmínkách.

### 2.1 Volba rozhraní pro spojení modulu a počítače

Po tomto rozhraní se budou přenášet dva druhy informací a to samotný zvuk a ovládání tunerů.

V současné době je prakticky jediným schůdným řešením použití rozhraní USB díky celé řadě výhod, které nabízí. Zejména jeho širokým rozšířením na téměř všech počítačích, od osobních přes servery až po jednodeskové či průmyslové počítače. Stejně tak je k dispozici velké množství součástek se zabudovanou podporou tohoto rozhraní. USB dále poskytuje možnost napájení připojených zařízení až do příkonu 2,5W. Má zabudovanou podporu pro různé druhy přenosů včetně isochronních (garantovaný periodický přenos předem dohodnutého množství dat). Specifikace USB zavádí standardní třídy funkcí v zařízení. V době psaní tohoto textu sice neexistuje třída pro ovládání tuneru, ale existuje třída popisující zvuková zařízení. Díky tomuto není potřeba vyvíjet vlastní ovladač zvukové karty na straně počítače.

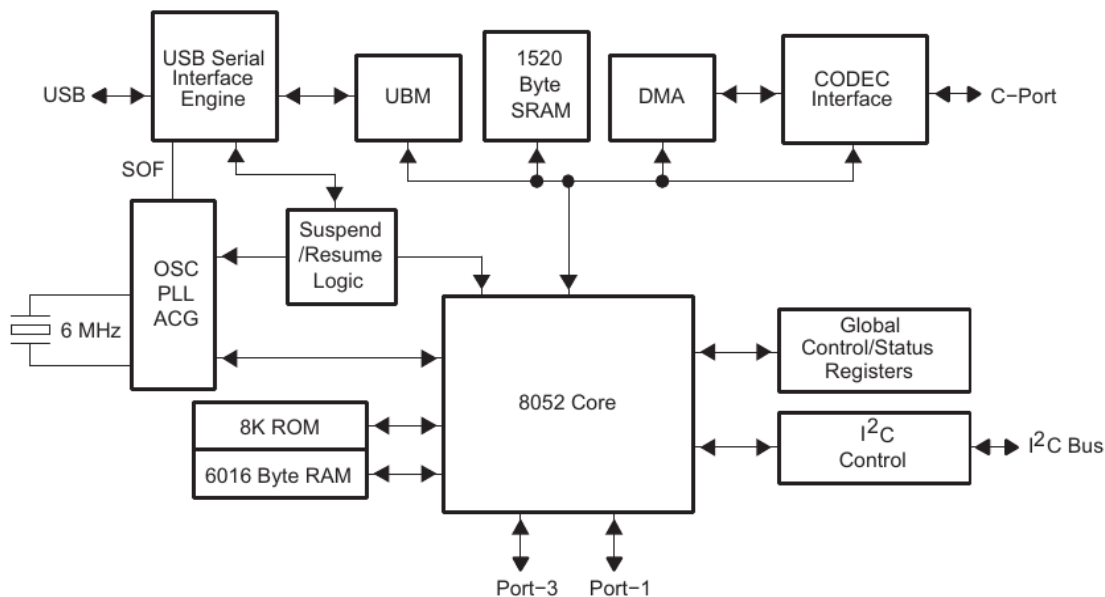
### 2.2 Způsob příjmu rozhlasového vysílání

Jednou možností je řešení příjmu z diskretních součástek a nebo s pomocí analogových IO. Ovšem toto je příliš komplikované.

Na trhu je ovšem řada integrovaných obvodů, které zajišťují samotný příjem vysílání včetně vyhledávání static, měření kvality signálu a příjmu RDS a to s minimem potřebných externích součástek. Tyto IO se typicky ovládají pomocí I<sup>2</sup>C nebo SPI a zvuk poskytují digitálně přes rozhraní I<sup>2</sup>S a nebo analogově.

Bohužel drtivá většina je dostupná pouze v pouzdru QFN, které se velmi obtížně pájí a v minimální množství 1000 kusů. Výjimkou je SI4735-D60 od výrobce SILICON LABS, který je dostupný v pouzdru SSOP24 a je možné jej u nás zakoupit i po jednotlivých kusech. IO neumožňuje přijímat DAB, ale umí následující:

- Pásmo: FM, SW, MW, LW
- Vzorkovací frekvence až do 48kHz
- Rozlišení vzorku kanálu až do 24bitů
- Stereofonní příjem.
- Příjem RDS



Obrázek 1: Blokové schéma TAS1020b. (Převzato z [13])

## 2.3 Napojení tuneru na USB

### Požadavky:

- Schopnost přenášet dvoukanálový zvuk beze znatelného zkreslení. Zvolil jsem PCM formát o vzorkovací frekvenci 48kHz a rozlišení 16bitů na jeden kanál. Pro srovnání audio CD používá 44,1kHz/16bitů.
- Alespoň jedno rozhraní I<sup>2</sup>S schopné přijímat zvuk a fungující v režimu master.
- Podporu pro USB audio. To implikuje nutnost podpory full speed USB a nebo rychlejší. Low speed nepodporuje isochronní přenosy, které jsou nezbytné pro přenos zvuku.
- Rozhraní I<sup>2</sup>C master pro ovládání tunerů.
- Kompatibilita s 3,3V logikou tunerů.

### 2.3.1 TAS1020b

Jak je patrné z obrázku ??, jedná se o USB I<sup>2</sup>S zvukovou kartu a MCU v jednom. Narozdíl od většiny MCU nemá interní paměť programu. Program se načítá při spuštění buď z eeprom paměti připojené přes I<sup>2</sup>C a nebo z přes USB ze zařízení ke kterému je obvod připojen.

Obvod podle specifikace [13] podporuje všechno potřebné. Full speed USB1.1 včetně USB audio 1.0, 14 endpointů z toho až dva mohou být isochronní. Dále až dvě vstupní

I<sup>2</sup>S rozhraní a jednu I<sup>2</sup>C sběrnici. Nevýhodou je absence programové paměti, kusová dostupnost obvodu pouze ve formě vzorků a v mém případě také fakt, že s tímto druhem obvodů nemá žádné zkušenosti.

### **2.3.2 PIC16F1454**

Je osmi bitový MCU od firmy Microchip s podporou full speed USB 2.0. Obvod obsahuje továrně kalibrovaný oscilátor a umí pracovat při napájecím napětí 2,3-5,5V. Díky tomu obvod nepotřebuje prakticky žádné externí součástky. Prakticky k němu stačí připojit USB kabel.

Výrobce poskytuje k tomuto MCU knihovnu Microchip Library for applications, které mimo jiné obsahuje implementaci USB audio 1.0. Navíc jedním ze vzorových projektů u této knihovny je i USB mikrofón, který řeší přenos zvuku do počítače.

Bohužel tento MCU nemá podporu I<sup>2</sup>S a na jeho softwarovou implementaci je příliš pomalý.

### **2.3.3 PIC32MX250F128**

TAS x Osmi bit x PIC32mx

## 3 USB

minimální zařízení  
suspend a test mod

### 3.1 USB audio

Nepoužitelnost Harmony frameworku

i2c -> usb

zmínit chyby v křemíku (nefunkčnost pinu, a problém dvojího zápisu po přerušení)

## **4 Tuner**

### **4.1 I2S**

Popis

Problém synchronizace hodin

### **4.2 Ovládání tuneru**

#### **4.2.1 RDS**

čtení z tuneru

dekódování základních informací



## **5 Knihovna**

### **5.1 Nízko úrovněvé funkce**

### **5.2 Středně úrovněvé funkce**

### **5.3 Vysoko úrovněvé funkce**

#### **5.3.1 RDS dekodér**

## 6 Závěr

Tak doufám, že Vám tato ukázka k něčemu byla. Další informace najdete v publikacích

Bc. Pavel Kovář

## 7 Reference

- [1] AXELSON, Jan. *USB complete: the developer's guide*. 4th ed. Madison, WI: Lakeview Research, 2009, xxiii, 504 p. ISBN 1-931448-08-6.
- [2] Compaq, Hewlett-Packard, Intel, Lucent, Microsoft, NEC, Philips. *Universal Serial Bus Specification: Revision 2.0* [online] 2000-04-27 [2015-12-26] [http://www.usb.org/developers/docs/usb20\\_docs/usb\\_20\\_0702115.zip](http://www.usb.org/developers/docs/usb20_docs/usb_20_0702115.zip)
- [3] Gal Ashour, Billy Brackenridge, Oren Tirosh, Altec Lansing, Craig Todd, Remy Zimmermann, Geert Knapen. *Universal Serial Bus Device Class Definition for Audio Devices: Release 1.0* [online] 1998-03-18 [2015-12-26] [http://www.usb.org/developers/docs/devclass\\_docs/audio10.pdf](http://www.usb.org/developers/docs/devclass_docs/audio10.pdf)
- [4] Silicon Laboratories, *Si4730/Si4731/Si4734/Si4735-D60 Broadcast AM/FM/SW/LW Radio Receiver: Rev. 1.2 8/13* [online] 2013-08-08 [2015-12-26] <https://www.silabs.com/Support%20Documents/TechnicalDocs/Si4730-31-34-35-D60.pdf>
- [5] Silicon Laboratories, *AN332: Si47xx Programming Guide: Rev. 1.0 9/14* [online] 2014-09-10 [2015-12-26] <http://www.silabs.com/Support%20Documents/TechnicalDocs/AN332.pdf>
- [6] Microchip Technology Inc. *PIC32MX1XX/2XX Family Data Sheet: Revision H* [online] 2015-07-29 [2015-12-26] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/60001168H.pdf>
- [7] Microchip Technology Inc. *PIC32 Family Reference Manual, Sect. 23 Serial Peripheral Interface* [online] 2011-10-11 [2015-12-26] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/61106G.pdf>
- [8] Microchip Technology Inc. *PIC32 Family Reference Manual, Sect 24. Inter-Integrated Circuit* [online] 2013-03 [2015-12-26] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/61116F.pdf>
- [9] Microchip Technology Inc. *PIC32 Family Reference Manual, Sect. 31 DMA Controller* [online] 2013-11-15 [2015-12-26] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/60001117H.pdf>
- [10] Microchip Technology Inc. *PIC32 Family Reference Manual, Sect. 27 USB On-The-Go* [online] 2011-04-13 [2015-12-26] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/61126F.pdf>
- [11] Microchip Technology Inc. *PIC32MX1XX/2XX 28/36/44-pin Family Silicon Errata and Data Sheet Clarification* [online] 2015-07-29 [2015-12-26] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/80000531G.pdf>

- [12] Microchip Technology Inc. *MPLAB Harmony USB Libraries Help* [online] 2012-11-15 [2015-12-26] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MPLAB%20Harmony%20USB%20Libraries%20%28v1.06.02%29.pdf>
- [13] *TAS1020B USB Streaming Controller* [online] 2011-05 [2015-12-29] <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tas1020b.pdf>

## **A Grafy a měření**

Tohle je příloha k práci. Většinou se sem dávají grafy, tabulky, které by vzhledem ke svému počtu překážely v textu diplomky. (Upravit)