

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA APLIKOVANÉ ELEKTRONIKY A TELEKOMUNIKACÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh a realizace bezdrátového hodnotícího zařízení

Originál (kopie) zadání BP/DP

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na návrh a realizaci bezdrátového hodnotícího zařízení pro subjektivní hodnocení kvality videa a zvuku. Zařízení je navrženo tak, aby s ním bylo možné měřit jednotlivé metody podle norem ITU-R BT.500-11 pro video a ITU-R BS.1534-1 pro zvuk.

Popisuje návrh hodnotícího zařízení a možnosti pro řešení jednotlivých částí zařízení. Následně jsou popsány jednotlivé části hodnotícího zařízení, které byly vybrány pro realizaci hodnotícího zařízení.

Klíčová slova

Hodnotící zařízení, normy ITU-R BT.500-11 a ITU-R BS.1534-1, kvalita zvuku a videa, subjektivní hodnocení

Abstract

This bachelor thesis is focused on design and realization of a wireless evaluating device for subjective evaluating of video and sound quality. The device is designed for measuring particular methods according ITU-R BT.500-11 norms for video and ITU-R BS.1534-1 norms for sound.

It describes design of the evaluating device and possibilities for solution of particular parts of device. There are also described particular parts of the evaluating device which were chosen for its realization.

Key words

The evaluating device, norms ITU-R BT.500-11 and ITU-R BS.1534-1, quality of sound and video, subjective evaluating

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské/diplomové práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 12.6.2017

Petr Miesbauer

Obsah

ÚVOD	8
SEZNAM OBRÁZKŮ	9
SEZNAM TABULEK	9
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	10
1 SUBJEKTIVNÍ HODNOCENÍ KVALITY ZVUKU A VIDEA	11
1.1 PRINCIP HODNOTÍCÍCH TESTŮ	11
1.2 STUPNICE HODNOCENÍ SUBJEKTIVNÍCH TESTŮ.....	12
1.3 SUBJEKTIVNÍ HODNOCENÍ KVALITY VIDEA	12
1.3.1 Podmínky pro subjektivní testování.....	13
1.3.2 Výběr pozorovatelů.....	13
1.3.3 Metoda Double Stimul Impairment Scale (DSIS).....	14
1.3.4 Metoda Double Stimulus Continuous Quality-Scale (DSCQS).....	14
1.3.5 Metoda Single-Stimulus (SS)	15
1.3.6 Metoda stimulus-comparison (SC).....	15
1.3.7 Metoda Single Stimulus Continuous Quality Evaluation (SSCQE).....	16
1.3.8 Simultaneous Double Stimulus For Continuous Evaluation (SDSCE)	16
1.4 SUBJEKTIVNÍ HODNOCENÍ KVALITY ZVUKU	17
1.4.1 Výběr posluchačů	17
1.4.2 Metoda MUSHRA	17
2 NÁVRH HODNOTÍCÍHO ZAŘÍZENÍ	19
2.1 MOŽNOSTI KOMUNIKACE	20
2.2 KABELOVÉ PŘIPOJENÍ	20
2.2.1 RS232.....	20
2.2.2 RS485.....	21
2.2.3 USB.....	22
2.3 BEZDRÁTOVÉ PŘIPOJENÍ	23
2.3.1 Wi-Fi.....	23
2.3.2 Bluetooth (BT)	24
2.3.3 Komunikace více zařízení Bluetooth	24
2.4 MOŽNOSTI ULOŽENÍ DAT	25

2.5	NAPÁJENÍ	25
3	REALIZACE HODNOTÍCÍHO ZAŘÍZENÍ.....	26
3.1	HODNOTÍCÍ KLÁVESNICE	27
3.2	DISPLEJ A PODSVÍCENÍ LED TLAČÍTEK	28
3.3	CHARAKTERISTIKA KOMUNIKACE	29
3.4	ULOŽENÍ DAT	30
3.5	NAPÁJENÍ HODNOTÍCÍHO ZAŘÍZENÍ.....	31
4	SOFTWAREVÉ ŘEŠENÍ.....	33
4.1	OVLÁDÁNÍ HODNOTÍCÍHO PANELU	34
4.2	KOMUNIKACE POMOCÍ BLUETOOTH	35
4.3	ŘEŠENÍ ULOŽENÍ DAT	36
	ZÁVĚR	37
	SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	38
	PŘÍLOHY NA CD.....	1
PŘÍLOHA A	NÁVRH DESIGNU HODNOTÍCÍHO ZAŘÍZENÍ	1
PŘÍLOHA B	PRVOTNÍ ZAPOJENÍ HODNOTÍCÍHO ZAPOJENÍ	2
PŘÍLOHA C	SCHÉMA ZAPOJENÍ HODNOTÍCÍHO ZAŘÍZENÍ.....	3

Úvod

Předkládaná práce je zaměřena na návrh a následnou realizaci bezdrátového hodnotícího zařízení pro subjektivní hodnocení kvality videa a zvuku. Práce je rozdělena na čtyři hlavní části. První část je věnována popisu subjektivních hodnotících metod, které jsou definovány pomocí norem ITU-R BT.500-11 pro video a ITU-R BS.1534-1 pro zvuk.

Ve druhé části je práce zaměřena na návrh hodnotícího zařízení. Je zde schéma, podle kterého se hodnotící zařízení sestavovalo. Dále jsou zde řešeny jednotlivé části a možnosti jejich realizování.

Třetí část je věnována realizaci hodnotícího zařízení, ve které jsou detailněji popsány jednotlivé zvolené části zařízení. Zabývá se hardwarovou problematikou hodnotícího zařízení. Je zde popsán použitý vývojový kit Arduino pro řízení s přidanými periferiemi pro komunikaci a uložení vyhodnocených dat.

Poslední část je zaměřena na softwarové řešení hodnotícího zařízení. Je zde ukázáno programovací prostředí a použití knihoven potřebné při programování kitu Arduino. Obsahuje popis ovládání hodnotícího zařízení a popis funkcí jednotlivých tlačítek.

Seznam Obrázků

OBR. 1.1: PRŮBĚH TESTU PRO SUBJEKTIVNÍ HODNOCENÍ	11
OBR. 1.2: STUPNICE KVALITY PRO SUBJEKTIVNÍ HODNOCENÍ	12
OBR. 1.3: ČASOVÉ USPOŘÁDÁNÍ 1 A 2 VARIANTY METODY HODNOCENÍ DSIS.....	14
OBR. 1.4: UKÁZKA ZOBRAZENÍ METODY SDSCE	17
OBR. 2.1: BLOKOVÉ SCHÉMA NÁVRHU HODNOTÍCÍHO ZAŘÍZENÍ	19
OBR. 2.2: ZAPOJENÍ VODIČŮ PRO SÉRIOVOU KOMUNIKACI NA KONEKTORU D-SUB	21
OBR. 2.3: PROVEDENÍ LINKY RS485.....	22
OBR. 2.4: SPOJENÍ RS485	22
OBR. 2.5 : ZOBRAZENÍ HVĚZDICOVÉ TOPOLOGIE SÍTĚ SCATTERNET	25
OBR. 3.1: VÝVOJOVÝ KIT ARDUINO MEGA 2560	26
OBR. 3.2: SCHEMATICKÉ ZAPOJENÍ TLAČÍTEK PRO MATICI 4X4	27
OBR. 3.3: ZAPOJENÍ 7-SEGMENTOVÉHO DISPLEJE SE SPOLEČNOU ANODOU NA POSUVNÝ REGISTR	28
OBR. 3.4: ZAPOJENÍ LED PODSVÍCENÍ TLAČÍTEK.....	29
OBR. 3.5: SCHÉMA PŘIPOJENÍ ARDUINO BLUETOOTH MODULU HC-05	30
OBR. 3.6: USPOŘÁDÁNÍ SBĚRNICE IIC	30
OBR. 3.7: SCHÉMA ZAPOJENÍ PAMĚTI ARDUINO I2C EEPROM AT24C256.....	31
OBR. 4.1: PROGRAMOVACÍ PROSTŘEDÍ IDE.....	33
OBR. 4.2: HODNOTÍCÍ PANEL	34
OBR. A.1: NÁVRH DESIGNU HODNOTÍCÍHO ZAŘÍZENÍ.....	1
OBR. A.2: USPOŘÁDÁNÍ VNITŘNÍCH OBVODŮ HODNOTÍCÍHO ZAŘÍZENÍ.....	1
OBR. B.1: PRVOTNÍ ZAPOJENÍ HODNOTÍCÍHO ZAŘÍZENÍ.....	2
OBR.C.1: SCHÉMA ZAPOJENÍ HODNOTÍCÍHO ZAŘÍZENÍ	3

Seznam tabulek

Tab. 1.1: Kvality a stupně znehodnocení pro SS testy	16
Tab. 1.2: Kvality a hodnocení pro metodu SC	17
Tab. 2.1: Přehled Wi-fi standardů	24
Tab. 2.2: Přehled přenosové rychlostí a max. vzdálenosti přenosu BT podle verze	25
Tab. 3.1: Další technické parametry pro Arduino Mega 2560	28

Seznam symbolů a zkratk

COM	Communication port, Komunikační port	
CR	Constant radiance. Kontrastní poměr jasu.	
CQS	Continuous quality scale. Společná stupnice kvality	
EDR	Enhanced Data Rate, Zvýšená přenosová rychlost	
IDE	Integrated Development Environment, Integrované vývojové prostředí.	
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers. Institut pro elektrotechnické a elektronické inženýrství.	
ITU	International Telecommunication Union. Mezinárodní telekomunikační unie	
WPAN	Wireless Personal Area Network, Bezdrátová osobní síť	
L_{min}, L_{max}	jas úvodní obrazovky, jas špičkový.	[dB]
I	Proud.	[A]
Q	Kapacita akumulátoru.	[mAh]
t	Čas.	[s]

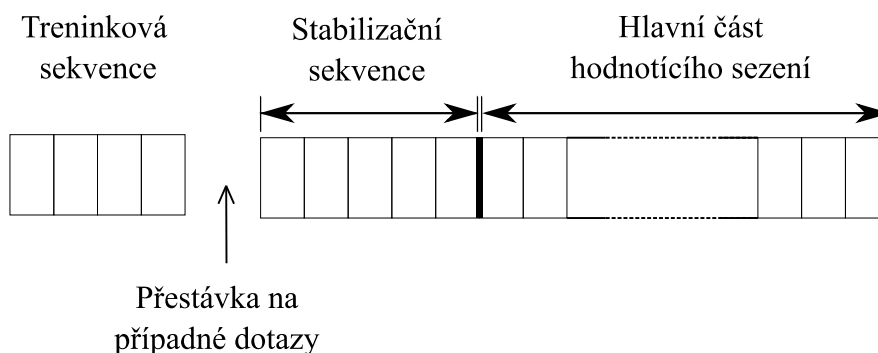
1 Subjektivní hodnocení kvality zvuku a videa

Podle jednotlivých doporučení Mezinárodní telekomunikační unie (ITU) jsou jednotlivé subjektivní metody hodnocení založeny na hodnocení skupinou pozorovatelů, kteří musí splňovat požadavky pro danou normu. Konkrétně se jedná o normy ITU-R BT.500-11 pro video a ITU-R BS.1534-1 pro zvuk, které se liší v několika bodech (např.: prostor pro hodnocení, výběr testovaných subjektů) a naopak v oblastech jako je průběh testu či hodnocení vykazují podobně rysy (podrobněji rozebráno v rámci následujícího textu). Tato celá kapitola vychází ze zdrojů [1] a [2].

1.1 Princip hodnotících testů

U zmiňovaných norem (průběh testu, hodnocení) probíhá hodnotící test na základě podobných sekvencí (viz. Obr. 1.1). Jedná se zejména o tréninkovou sekvenci, stabilizační sekvenci a hlavní část, ve které probíhá hodnocení předem zvolené normy.

Obr. 1.1: Průběh testu pro subjektivní hodnocení



Prostřednictvím tréninkové fáze se uživatel naučí ovládat použité zařízení, pomocí něhož provádí jednotlivá hodnocení. Současně se seznamuje se vzorky vybraných zvukových testů, které poukazují na celou řadu vlastností, ale i na možnosti poškození testovaných video snímků.

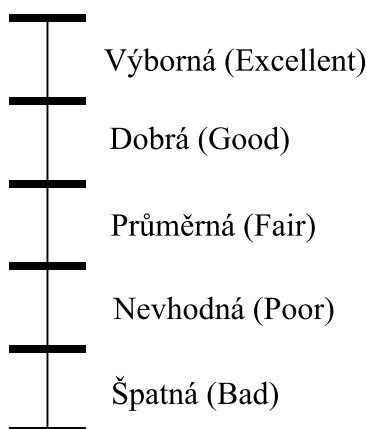
V následující stabilizační sekvenci je zavedeno přibližně pět prezentací (tzv. „Dummy presentations“), které mají za úkol stabilizovat stanovisko pozorovatelů tak, aby nedošlo k ovlivnění pozorovatelů, kteří sekvencím nevěnují potřebnou pozornost nebo výsledek náhodně tipují. Údaje získané z těchto prezentací nesmí být ve výsledcích testu zohledněny.

Hlavní část hodnocení by neměla překročit časový interval třiceti minut a délka jednotlivých sekvencí, jež se lišících v závislosti na zvolené metodě, by neměla být delší než dvacet vteřin. Dodržování délky hodnocení je důležité pro celkovou bdělost vybraných respondentů a současně je tak snižována celková délka průběhu testu.

1.2 Stupnice hodnocení subjektivních testů

K hodnocení při subjektivním testování se používají společné stupnice kvality CQS (continuous quality scale) pro obě normy. Stupňování je kontinuálně rozděleno do pěti stejně velkých intervalů, které se stupňují v rámci kvality od výborné až po špatnou. Některé metody požadují pouze těchto pět stupňů (1 – špatná, 5 – výborná) a některé jsou dále rozděleny na škále 0 až 100, kdy stupeň 0 odpovídá spodní části kategorie "špatná", zatímco stupeň 100 odpovídá horní části kategorie "výborná" (viz. Obr. 1.2).

Obr. 1.2: Stupnice kvality pro subjektivní hodnocení



Zaznamenávání hodnocení kvality se provádí pomocí vhodného hodnotícího zařízení. Jako příklad můžeme uvést použití posuvníku na elektronickém displeji, ve kterém je subjekt schopen přímo provést srovnání mezi jednotlivými testy. K uvedeným účelům lze použít i jiného dostupného a přehledného hodnotícího zařízení splňující potřebné vlastnosti pro hodnocení zvolené metody. Například pomocí zařízení, kdy se zvolená hodnota zadá několika tlačítky a výsledek se zobrazí na přídavném displeji

1.3 Subjektivní hodnocení kvality videa

Chování systému není vždy možné plně charakterizovat pouze objektivním způsobem, a proto je nutné doplnit objektivní hodnocení o subjektivní. Metody subjektivního

hodnocení kvality videa jsou používány k určení chování televizních systémů pomocí měření, předvídajících reakce potenciálních pozorovatelů testu. Aby bylo možné provést vhodná subjektivní hodnocení, musí nejprve být vybrány z dostupných možností ty, jež vyhovují konkrétním problémům.

Celkem existují dvě třídy subjektivního hodnocení: 1) Hodnocení kvality („quality assessments“) jež určují výkonnost systémů za optimálních podmínek a 2) Hodnocení kvality za zhoršených podmínek („impairment assessments“), které je schopné v případě neideálních podmínek udržet původní kvalitu systému.

1.3.1 Podmínky pro subjektivní testování

Pro podmínky subjektivního testování jsou popsána prostředí s různými zobrazovacími okolnostmi. Jedná se o laboratorní pozorovací prostředí uvádějící kritické antecedence pro kontrolu systémů a o domácí prostředí poskytující prostředky k hodnocení kvality ze strany spotřebitelů. Pro domácí prostředí byly vybrány podmínky tak, aby definovaly prostředí mírně kritičtější než je běžné při typickém domácím sledování. Obecná kritéria pro sledování za těchto podmínek:

- 1) Poměr jasu neaktivní obrazovky k vrcholu jasu podle konstantního poměru $CR = L_{min} / L_{max} \leq 0,2$.
- 2) Jas a kontrast obrazovky by měly splňovat doporučení ITU-R BT.818 a ITU-R BT.815
- 3) Maximální pozorovací úhel 30 °.
- 4) Pro formát obrazu 4/3 a 16/9 by měla velikost obrazovky vyhovovat pravidlům preferované vzdálenosti.
- 5) Špičkový jas 200 cd/m².
- 6) Osvětlení okolního prostředí (kolmo k obrazovce): 200 lux.
- 7) Monitor bez digitálního zpracování.

1.3.2 Výběr pozorovatelů

K testům je potřeba minimálně 15 pozorovatelů různého věku a profesí. Jednotliví pozorovatelé by neměli být experty v oblasti hodnocení kvality televizního obrazu. Před zasedáním by participující měli být vyšetřeni na normální zrakovou ostrost podle Shnellova nebo Lnadoltova optotestu (měli by přečíst poslední řádek znaků z pěti metrové

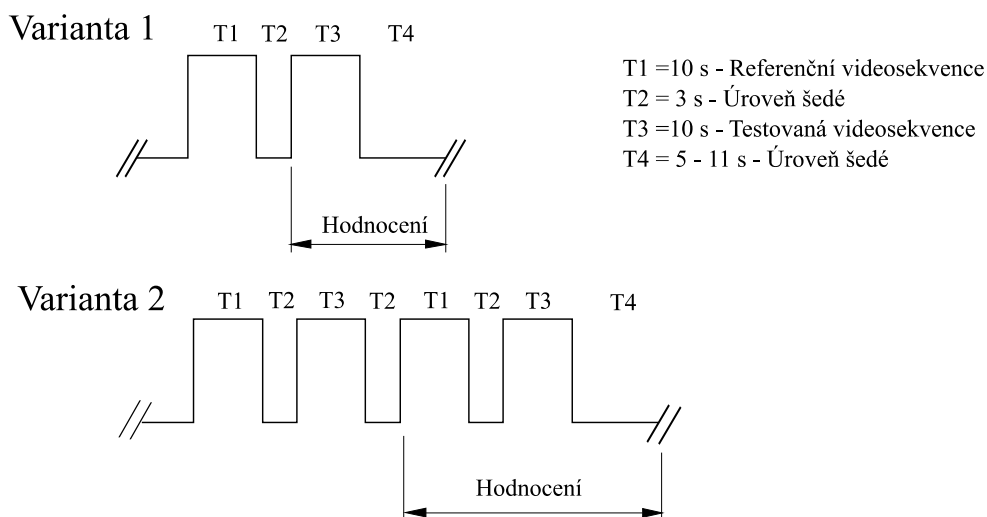
vzdálenosti) a současně na test barvosleposti (např.: pomocí Ishiharova testu). Počet potřebných hodnotitelů závisí na citlivosti a spolehlivosti přijatého zkušební postupu a na velikosti požadovaného účinku.

1.3.3 Metoda Double Stimul Impairment Scale (DSIS)

Metoda popisuje hodnocení míry zkreslení snímku vůči referenčnímu snímku. Posuzovateli je nejprve prezentován nezměněný snímek (referenční) a až poté, po přesně stanoveném časovém úseku, se zobrazuje zkreslený testovaný snímek. Obě sekvence snímků jsou od sebe odděleny zobrazenou střední úrovní šedé barvy na obrazovce. Následně je pozorovatel požádán, aby hlasoval o druhém snímku s ohledem na první. Posuzovateli jsou prezentovány sekvence snímků v náhodném pořadí s náhodnými poruchami zahrnujícími všechny požadované kombinace.

K uspořádání struktury prezentace v metodě DSIS jsou k dispozici dvě metody. V první variantě je zobrazena sekvence snímků pouze jednou a ve druhé variantě jsou sekvence zobrazeny dvakrát po sobě. Druhá varianta je časově náročnější a používá se v případě, jsou-li uvažována velmi malá poškození nebo pohyblivé sekvence. (viz obr. 1.3)

Obr. 1.3: Časové uspořádání 1 a 2 varianty metody hodnocení DSIS



1.3.4 Metoda Double Stimulus Continuous Quality-Scale (DSCQS)

Princip této metody je podobný předchozí metodě DSIS. Pozorovatel je vybídnut k porovnání a následnému zhodnocení dvojice snímků, kdy jeden ze snímků je bez

zkreslení (referenční), zatímco druhý může, ale nemusí obsahovat všechny požadované kombinace zkreslení. Pozorovateli není řečeno, který snímek je referenční a v každém testu se pozice tohoto snímku mění pseudonáhodně. Na výstupu metody DSCQS jsou dva výstupy (referenční a testovaný snímek) a pozorovatel smí mezi těmito výstupy přepínat, dokud si nebude jist výsledkem (obvykle třikrát až čtyřikrát).

Ve druhé variantě je využito více pozorovatelů najednou. Videosekvence může být přehrávána několikrát po sobě a to v přesně rozdělených časových sekvencích, jako tomu je v metodě DSIS (Obr. 1.3 Varianta 2). Pozorovatelé jsou poté požádáni, aby hodnotili oba dva výstupy.

1.3.5 Metoda Single-Stimulus (SS)

Tato metoda se liší od předchozích (DSIS, DSCQS) tím, že není založena na porovnávání zkreslených snímků s referenčními, ale využívá pouze jednoho snímku. Pozorovatelům jsou ve stabilizační sekvenci (viz kap. 1.1) promítány jednotlivé snímky, což se provádí kvůli stabilizaci stanovisek již zmiňovaných pozorovatelů. Cyklus může být podobný, ale u metody SS je při testování ze začátku a na konci vložený šedý snímek a mezi těmito snímky jsou testovací videosekvence (šedý snímek – testovaný snímek – šedý snímek). Testované snímky nesmějí být dvakrát po sobě stejně. Hodnocení se provádí při zobrazení druhého šedého snímku podle stupnice rozdělené do pěti stupňů (viz. Tab. 1.1).

Tab. 1.1: Kvality a stupně znehodnocení pro SS testy

Kvalita	Poškození
5 - výborná (excellent)	nepostřehnutelné
4 - dobrá (good)	postřehnutelné, ale neobtěžující
3 - průměrná (fair)	mírně obtěžující
2 - nevhodná (poor)	obtěžující
1 - špatná (bad)	velmi obtěžující

1.3.6 Metoda stimulus-comparison (SC)

Metoda SC mezi sebou porovnává dvě videosekvence, které se od sebe liší mírou zkreslení. Při tom ani jedná z těchto videosekvencí nemusí být originální. Videosekvence jsou promítány na jedné nebo dvou typově stejných obrazovkách. Průběh testu je následně obdobný jako u metody SS. Jediný rozdíl je v tom, že videosekvence jsou zobrazovány po

dvojcích.

U metody SC jsou k dispozici tři různé metody hodnocení. V první variantě se hodnocení provádí až na závěr videosekvence podle stupnice zobrazené v tabulce 1.2. Stupnice hodnocení u druhé varianty, kdy se hodnocení provádí během průběhu testu, je zobrazena v tabulce 1.1. Třetí varianta se hodnotí kontinuálně, kdy je snímána hodnota průběžně během probíhajícího testu na stupnici 0-100 (viz kap. 1.2).

Tab. 1.2: Kvality a hodnocení pro metodu SC

Hodnocení	Kvalita
-3	Mnohem horší
-2	Horší
-1	Mírně horší
0	Stejná
1	Mírně lepší
2	Lepší
3	Mnohem lepší

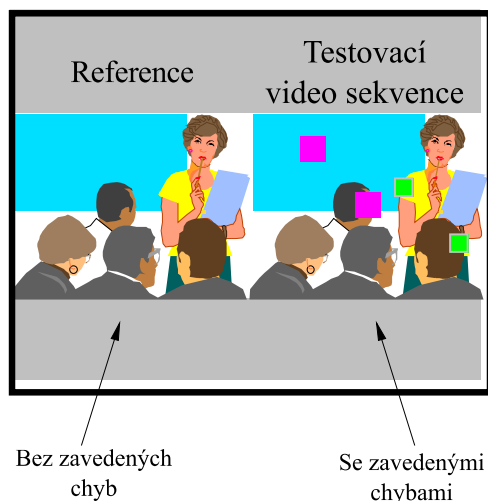
1.3.7 Metoda Single Stimulus Continuous Quality Evaluation (SSCQE)

Metoda kontinuálního hodnocení videozáznamu jednoho podnětu patří mezi nečastěji používané metody pro hodnocení kvality digitálních televizí. Stejně jako v předchozí metodě (SS) není k hodnocení použito porovnávání zkreslených snímků s referenční hodnotou. Pozorovatel sleduje videozáznam, na kterém se kontinuálně mění jeho kvalita podle určitých parametrů. Hodnocení probíhá během promítaného záznamu, kdy se nejčastěji používá hodnotící zařízení, které je pevně připevněno ke stolu. Hodnotí se pomocí pohyblivé, 10 cm dlouhé stupnice, na níž je sledována zadaná hodnota 2x za 1s.

1.3.8 Simultaneous Double Stimulus For Continuous Evaluation (SDSCE)

Metoda SDSCE vychází z předchozí metody (SSCQE), ke které je přidán referenční videozáznam promítaný na shodném nebo jiném monitoru nastaveném na totožné hodnoty (jas, kontrast, apod.). Promítání obou snímků probíhá zároveň a pozorovatel je obeznámen, který záznam je referenční a který je testovací (viz Obr. 1.4). Stejně jako u předchozí metody probíhá hodnocení během promítaného záznamu a hodnotí se míra degradace testovaného záznamu oproti referenčnímu záznamu.

Obr. 1.4: Ukázka zobrazení metody SDSCE



1.4 Subjektivní hodnocení kvality zvuku

Subjektivní testy poslechu jsou považovány za nejspolehlivější způsob měření kvality zvukových systémů. Norma ITU-R BS.1534 je zaměřena na subjektivní hodnocení poruch střední kvality zvuku a odráží mnoho aspektů doporučení ITU-R BS.1116. K hodnocení kvality zvuku se používá stejná stupnice jako pro hodnocení kvality obrazu ITU-R BT.500 (viz Kap. 1.2). Během testu mohou být pro poslech použita sluchátka nebo reproduktory. Současné použití obou uvedených zařízení není povoleno a všichni posluchači musí používat stejný typ vybraného poslechového zařízení.

1.4.1 Výběr posluchačů

Přestože norma ITU-R BS.1534 se nezabývá zvukovými záznamy s malými, těžko rozeznatelnými poruchami, bývá doporučováno, aby byli pro její použití vybráni zkušení posluchači. Vybraní posluchači by měli mít zkušenosti s poslechem a hodnocením zvuku a zároveň by měli být schopni rozeznat jak kritické, tak malé poškození použitých testovaných signálů. Tito posluchači poskytují v porovnání s nezkušenými posluchači spolehlivější a rychlejší výsledek. Pokud jsou dodrženy požadované podmínky poslechového testu, tak postačí údaje od 20 posluchačů k vyvození vhodných závěrů.

1.4.2 Metoda MUSHRA

Metoda nazvaná "MUlti Stimulus test with Hidden Reference and Anchor" používá jako referenční signál originální nezpracovaný zvukový materiál s plnou šířkou pásma, kterou také používá jako skrytou referenci. Soubor zpracovaných signálů se skládá ze všech testovaných signálů a nejméně jednoho přidavného signálu (kotvy), který je

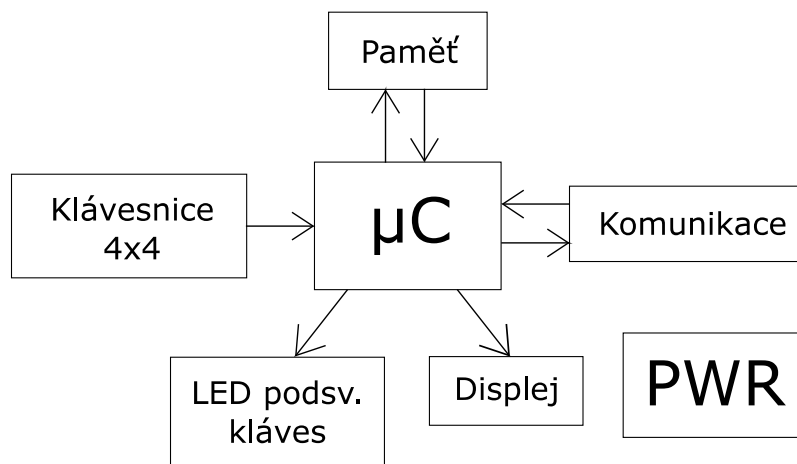
filtrovaným signálem s nízkou propustností nezpracovaného signálu. Šířka pásma tohoto přídatného signálu by měla být 3,5 kHz. V závislosti na kontextu zkoušky můžeme využít i dodatečné kotvy nebo jiné typy kotev vykazující podobný typy poškození jako testované systémy.

2 Návrh hodnotícího zařízení

Hlavním cílem bakalářské práce bylo navrhnout a následně realizovat hodnotící zařízení pro subjektivní hodnocení kvality videa a zvuku. Zařízení by mělo být navrženo tak, aby odpovídalo normám ITU, které byly popsány výše. Jedná se především o normu pro subjektivní hodnocení videa ITU-R BT.500, jelikož s normou pro subjektivní hodnocení zvuku ITU-R BS.1534 sdílejí společnou stupnici kvality CQS (viz. kap 1.2.). Součástí návrhu je důležitý i software, který bude přijímat a vyhodnocovat výsledky podle daného výstupního formátu dat nebo případně řídit samotné hodnotící zařízení. Jedna z možností pro zpracování vyhodnocených dat je využití programu Matlab.

Pro řízení hodnotícího zařízení by měl být zvolen vhodný řídicí mikrokontrolér, který bude mít dostatečnou paměť pro ukládání výsledků, operační paměť a dostatek volných vstupních a výstupních pinů. Na základě normy ITU-R BT.500 dochází ke stupňování od výborné až po špatnou na škále 0 až 100 (viz kap. 1.2). K zadávání hodnoty měly být využita tlačítka naprogramovaná podle zvolené hodnotící metody. Pro prohlížení nebo zobrazování výsledků hodnocení bude potřeba zvolit vhodný displej. K ukládání vyhodnocených dat pak bude nutné využít nejlépe non-volatilní paměť. Další část návrhu je možnost připojení hodnotícího zařízení pro přenos vyhodnocených dat nebo naopak příjem řídicích dat vhodných pro nastavení zařízení. Blokové schéma návrhu hodnotícího zařízení je zobrazeno na Obr. 2.1 a návrh designu hodnotícího zařízení je zobrazen v příloze A.

Obr. 2.1: Blokové schéma návrhu hodnotícího zařízení
(μ C- mikrokontrolér, PWR – napájení).



2.1 Možnosti komunikace

Vyhodnocená data je potřeba předávat s pomocí vhodně zvolené komunikace (např.: mezi hodnotícím zařízením a PC). Jedny z hlavních znaků, podle kterých se komunikace pro hodnotící zařízení vybírá je 1) co nejspolehlivější přenos, tak aby nedocházelo ke ztrátě dat při přenosu výsledků a tím i k znehodnocení celého testu. 2) počet možných připojených hodnotících zařízení na jeden spojovací bod.

Důležitá při volbě zvolené komunikace je i doba kdy dochází k přenosu. Jsou-li data přenášena v průběhu nebo až po testu (z paměti procesoru nebo externě přidané). Možnosti propojení a následnou komunikaci lze dělit na kabelovou (Wire) a bezdrátovou (Wireless). Obě možnosti komunikace mají své výhody a nevýhody zabývající se jinými patričními standardy.

Pro nejstabilnější přenos by se mělo uvažovat o zařízení, které má možnost obou způsobu připojení, kdy při případném výpadku bezdrátového připojení mohou být data přenesena s využitím kabelového připojení.

2.2 Kabelové připojení

Kabelové připojení je výrazně odolnější vůči okolnímu rušení. Musíme brát neustále v potaz možnost, že dojde k přerušení komunikace - vypnutím PC, vypojením kabelu apod. Na rozdíl od bezdrátového připojení lze tedy snadno poznat, je-li spojení navázáno nebo ne. Vzdálenost kabelového vedení a počet možných připojených uživatelů se mění podle použitého standartu.

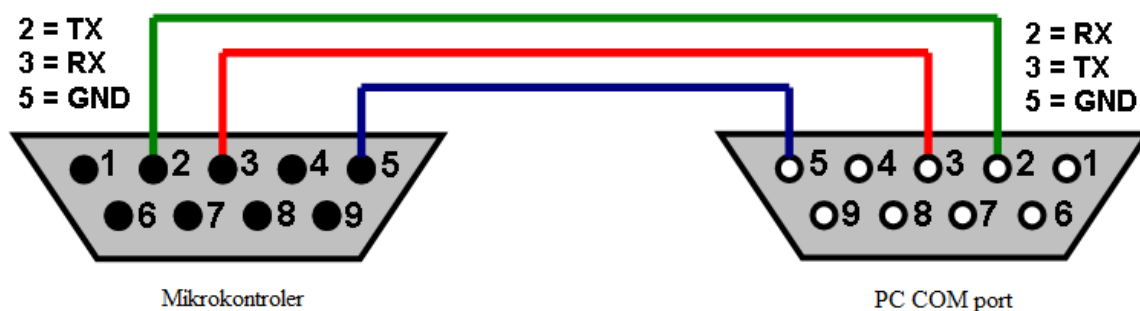
Mezi nevýhody tohoto typu připojení můžeme považovat horší mobilitu a zabírané prostory. Budeme-li brát v úvahu probíhající test jedné z výše uvedených metod subjektivního hodnocení, do něhož bude zařazeno 15 pozorovatelů resp. posluchačů. V případě hvězdicové topologie, kdy by měl od každého z hodnotících přípravků vést kabel dlouhý několik metrů k jednomu spojovacímu bodu, tak může snadno docházet k záměně či snížení podmínek mobility po místnosti.

2.2.1 RS232

RS232 patří mezi základní komunikační rozhraní pro vzájemné sériové spojení dvou zařízení, které definuje způsob přenosu požadované sekvence bitů. Nezabývá se už vyššími vrstvami komunikace a v referenčním modelu ISO/OSI tak představuje pouze fyzickou vrstvu. Jednotlivé bity jsou přenášeny v sérii za sebou v každém směru po jednom páru vodičů Rx a Tx, kdy je potřeba dbát na správné zapojení.(viz Obr. 2.2). Kromě vodičů pro

přenos dat obsahuje ještě další vodiče, které se dají použít například pro řízení toku dat, vedení napájení, apod. [3][5]

Obr. 2.2: Zapojení vodičů pro sériovou komunikaci na konektoru D-Sub typu DE-9 M (převzato s úpravami [16])

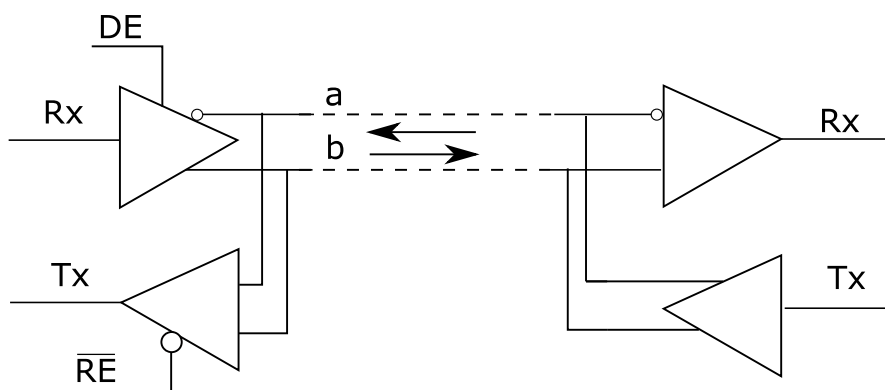


Vzdálenost pro spolehlivou komunikaci je považována délka vodiče až 15 metrů nebo délka vodiče o kapacitě 2 500 pF. Vzhledem k dané kapacitě vodiče můžeme uvažovat o situaci, kdy při použití kvalitních vodičů a zachování přenosové rychlosti (19 200 Bd), lze prodloužit vzdálenost až na 50 metrů. Snížením zmiňované přenosové rychlosti na 4 800 Bd je možné délku prodloužit až na ± 100 m. Problém může nastat při napěťových úrovních signálu, které jsou bipolární a podle kterých se RS-232 řídí. Logické hodnotě 1 odpovídá napětí -12 V a logické hodnotě 0 pak $+12$ V. Takové úrovně není možné připojit přímo na hodnotící zařízení, které používá nižší napěťové úrovně TTL (5 V nebo 3,3 V). Při použití se tedy musí zvolit vhodný převodník na kompatibilitu s TTL. [3][5]

2.2.2 RS485

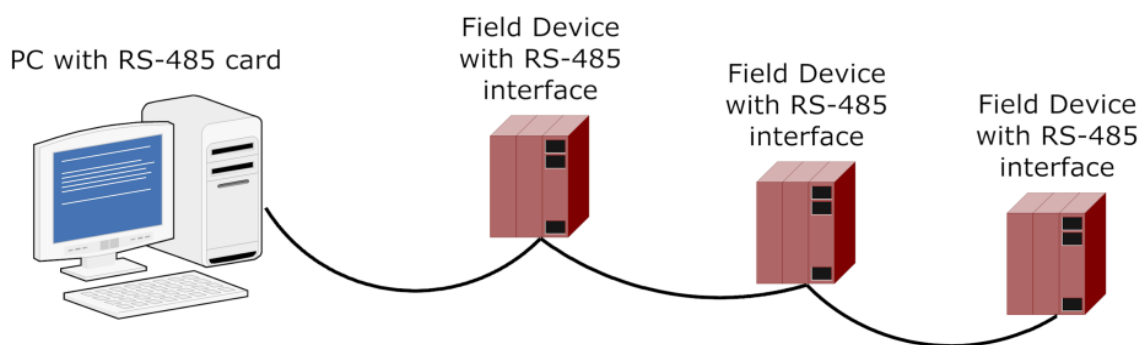
RS485 má podobný základ jako RS232, ale liší se v několika ohledech. Neobsahuje další vodiče pro řízení toku dat nebo případné napájení připojeného zařízení, které tak musí být nahrazeno komunikačním protokolem. Vodiče označované a a b (na Obr. 2.3) jsou vysílačem buzeny v protifázi a přijímač vyhodnocuje jejich napěťový rozdíl. Zatímco linka RS232 pracuje s napěťovými úrovněmi typicky ± 12 V, tak rozdíl mezi stavy 1 a 0 je u RS485 ≈ 2 V. Jednou z výhod RS485 je možnost vytváření sběrnice sestávající se až z 32 zařízení a možností komunikace na vzdálenost až 1 600 m (vodiče s kapacitou do 65 pF/m). [5][6]

Obr. 2.3: Provedení linky RS485



Lze použít jako dvou vodičovou a čtyřvodičovou síť. RS-485 obsahuje třístavové obvody, které umožňují připojení více zařízení (vysílačů/přijímačů) ke sběrnici. Větvení je provedeno jako linie s krátkými odbočkami. Alternativně může být použit čtyřvodičový systém, ve kterém je jedno zařízení určeno jako hlavní (master), ke kterému jsou připojena ostatní zařízení (slave). Pro sériové řešení je nutné zařídit výběrový signál pro zařízení, který má práve vysílat data (ostatní přijímají). Je potřeba rozvést externí napětí pro každé zařízení zvlášť. Vedení musí být zakončeno příslušným terminátorem (zpravidla 110 Ω). [5][6]

Obr. 2.4: Spojení RS485 (tzv. Daisy Chain, řetězové zapojení) [5]



2.2.3 USB

USB má především vysokou přenosovou rychlost (12Mbit/s), automatickou instalaci softwaru při připojení (tzv. Plug & Play) a při případném odpojení není nutné vypínat počítač. Vzdálenost, na kterou mohou být tyto linky vedeny, dosahuje přibližně 5 m. Pro větvení linky lze použít USB rozbočovač (tzv. HUB), na který může být připojeno více zařízení. Počet připojených zařízení se poté rozlišuje podle způsobu napájení

na: 1) Zařízení s vlastním napájecím zdrojem 2) Zařízení, která jsou napájena přes USB sběrnici. Odběr proudu na jeden port se pohybuje v rozmezí 100 mA až 500 mA. Při použití USB sběrnici jsme tedy omezeni maximálním proudem, který mohou připojená zařízení odebírat (např.: 4 zařízení po 100 mA). [22]

2.3 Bezdrátové připojení

V případě bezdrátového připojení musíme reflektovat standardy Bluetooth a Wi-Fi sítě, které jsou založené na principech rádiového přenosu. Na základě skutečnosti, že nosičem informace je rádiová vlna, dochází ke zvýšení mobility. Data jsou poté dostupná ze serveru bez ohledu na to, v jaké místnosti se pozorovatel nachází. Současně přijímač výsledků může být umístěn libovolně: na druhé straně místnosti či dokonce v místnosti jiné. Spojení navíc nemusí probíhat pouze mezi dvěma účastníky. Rádiový přenos probíhá v pásmu, které je nelicencované (2,4 GHz a 5 GHz). To znamená, že k používání daného zařízení v tomto pásmu není třeba zařízení registrovat.

Používání bezdrátového připojení může být i mnohem hospodárnější. Prvotní náklady na zavedení bezdrátové sítě mohou být vyšší než kabelové, ale začneme-li zohledňovat další náklady (údržba, rozšiřování prostorů, přidání dalších hodnotících zařízení), tak se kabelové připojení stává nákladnějším.

2.3.1 Wi-Fi

Wi-Fi značí podporu standardů IEEE 802.11 je schopno pracovat jak v pásmu 2,4 GHz, tak i v pásmu 5 GHz. Nejčastěji se používá infrastrukturní uspořádání sítě, kdy zařízení spolu nekomunikují přímo, ale prostřednictvím přístupového bodu (tzv. Access Point), na který jsou ostatní zařízení připojena.[14]

Tab. 2.1: Přehled Wi-fi standardů[14]

Standard	Pásmo [Ghz]	Max. Rychlost [Mbit/s]	Dosah (uvnitř)	Dosah (venku)
IEEE 802.11	2,4	2	~20	~30
IEEE 802.11a	5	54	~35 m	~120 m
IEEE 802.11b	2,4	11	~38 m	~140 m
IEEE 802.11g	2,4	54	~38 m	~140 m
IEEE 802.11n	2,4 nebo 5	600	~70 m	~250 m

2.3.2 Bluetooth (BT)

Již zmiňované BT představuje bezdrátovou technologii definovanou standardem IEEE 802.15.1, jež pracuje hlavně v pásmu 2,4 GHz. Vyskytuje se v několika výkonnostních třídách, dle kterých je určen dosah. Maximální teoretické přenosové rychlosti jsou potom rozděleny podle jednotlivých verzí. Bluetooth podporuje jak přímá spojení dvou elektronických zařízení, tak i větvení a komunikaci více zařízeními připojenými na jeden hlavní bod (typu master – slave). [12][13]

Tab. 2.2: Přehled přenosové rychlosti a max. vzdálenosti přenosu BT podle verze

Verze	Max. přenosová rychlost	Max. vzdálenost přenosu
Verze 1.2	1 Mbit/s	~3m
Verze 2.0 + EDR	3 Mbit/s	5-10m
Verze 3.0	24 Mbit/s	~10m
Verze 4.0	24 Mbit/s	~60m
Verze 5.0	50 Mbit/s	~240m

2.3.3 Komunikace více zařízení Bluetooth

Standard Bluetooth je určen pro spojení na krátkou vzdálenost přibližně 10m. Tento rozsah se nazývá WPAN (Wireless Personal Area Network) a jak bylo zmíněno v kapitole 2.3.2, tak Bluetooth podporuje, jak přímá spojení dvou zařízení, tak i větvení s více zařízeními připojenými na jeden hlavní bod. V technologii bluetooth jsou definovány dvě topologie sítí: piconet a scatternet. Obě topologie si lze představit jako hvězdicové.

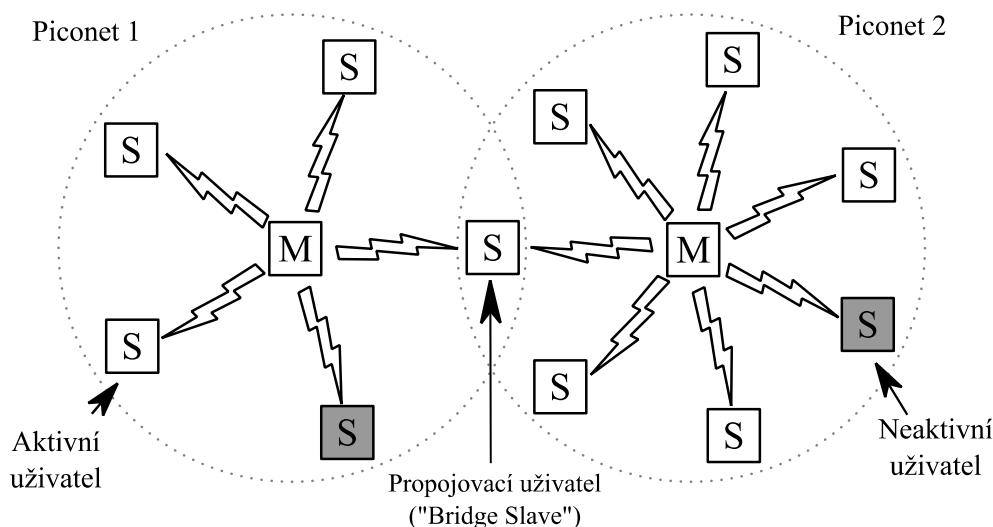
Piconet je WPAN tvořená hlavním zařízením podporující standart Bluetooth (master), na který je připojeno jedno nebo více zařízení (slave). Hlavní zařízení určuje synchronizaci hodin pro všechna připojená zařízení. Připojená zařízení komunikují pouze s hlavním zařízením, které umožňuje vysílat data, jak pro jedno, tak pro více zařízení. Počet připojených zařízení na jedno hlavní zařízení je omezen na sedm aktivních z důvodu tříbitové MAC adresy (Media Access Control). Celkový počet může být až 255, kdy aktivních je právě sedm zařízení a zbytek je v stavu neaktivním (tzv. „parked“) a čekají, až master povolí jejich připojení. [15][21]

Scatternet (viz obr 2.5) se skládá z dvou a více piconetů a tím umožňuje propojení více než 8 zařízení. Tato topologie může být vytvořena, jestliže jednoho ze zařízení z prvního piconetu je nastaveno tak, aby vystupovalo i jako slave ve druhém piconetu (tzv. Bridge slave). Zařízení tedy umožňuje přenos dat mezi podsítěmi piconet. Základní protokol

Bluetooth nepodporuje tento způsob propojení, jelikož hlavní zařízení piconetů by se pokoušela řídit zařízení současně. Každé zařízení musí být tedy softwarově upravené, aby je řídilo pouze jedno hlavní zařízení. Použitím tohoto přístupu je možné, aby se spojily piconety do velkého scatternetu a rozšířit fyzickou velikost sítě mimo omezenému dosahu Bluetooth.[15][21]

Obr. 2.5 : Zobrazení hvězdicové topologie sítě scatternet (převzato s úpravami [21])

(M – master, S – slave)



2.4 Možnosti uložení dat

Důsledkem nestability a výpadků bezdrátové komunikace je nutné systém zaopatřit proti ztrátě přenášených dat. V návrhu bezdrátového hodnotícího zařízení by se tedy mělo uvažovat o paměti, do které by se ukládaly případné zálohy výsledků. Případná paměť by měla být schopna udržet uložená data také při výpadku napájení. Z tohoto důvodu je nutné uvažovat buď o externím napájecím zdroji nebo zvolit paměť EERPROM.

2.5 Napájení

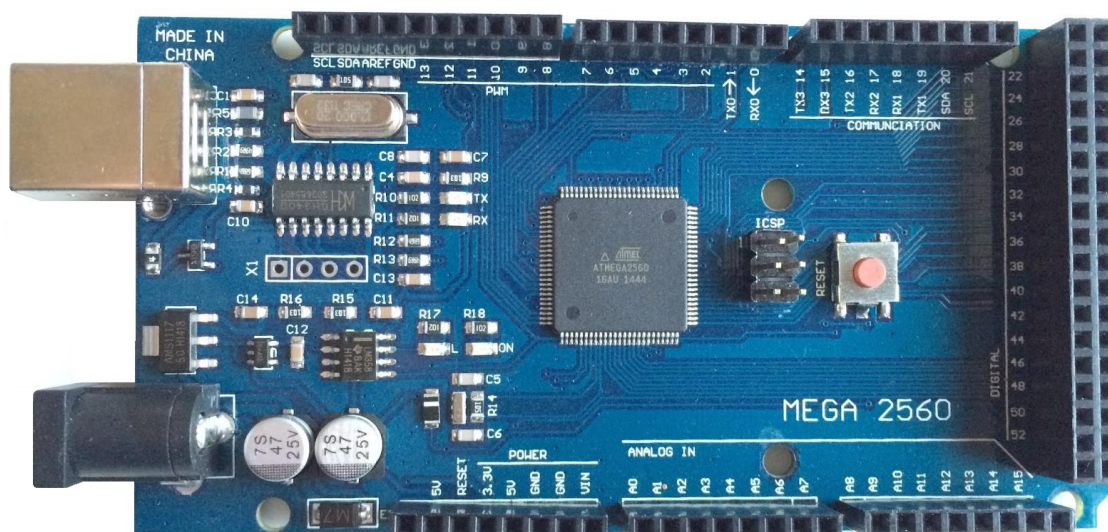
Ve většině případů kabelového připojení je možnost vést napájení nepoužitou žilou kabelu. Pro bezdrátové řešení připojení je potřeba vybrat externí baterii, která bude mít dostatečnou kapacitu (např.: aby vydržela alespoň 20 testovacích sezení). Při výběru nelze přihlížet pouze na kapacitu, ale i na její velikost a váhu. Jedná se o hodnotící zařízení, které by mohl hodnotitel držet v ruce, a dané testy trvají přibližně půl hodiny. Z toho vyplývá, že budeme muset řešit více parametrů při návrhu externího napájení, aby baterie vydržela požadovaný počet testů a při tom byla přijatelná pro delší držení.

3 Realizace hodnotícího zařízení

K realizaci hodnotícího zařízení je zvolena možnost využití vývojového kitu Arduino s rozšiřitelnými kompatibilními částmi (tzv. „shieldy“). Konkrétně se jedná o typ desky Mega 2560 (Obr. 3.1), která je vylepšenou verzí desky Arduino UNO. Obrázek prvotní zapojení hodnotícího zařízení je zobrazen v příloze B. Celkové schéma zapojení hodnotícího zařízení je zobrazen v příloze C.

Hlavními důvody, které vedly k volbě desky Mega 2560 jsou: 1) přítomnost konektorů pro sběrnici I2C (SCL a SDA) a 2) rozsah pinů, díky kterým je možné připojit další potřebné periferie. Jedná se o 54 digitálních vstupních/výstupních pinů (z toho 15 pinů může být využito jako výstupy PWM), 16 analogových vstupů a 8 vstupů pro komunikaci (sériové porty). [7][8]

Obr. 3.1: Vývojový kit Aruduno Mega 2560



Digitální piny lze řídit pomocí funkcí, které jsou součástí připojené knihovny Wiring (více v Kap. 4.). Piny lze nastavit jako vstup (INPUT) nebo výstup (OUTPUT) pomocí funkce `pinMode(cislo_pinu, OUTPUT/INPUT)`. Pracují na rozsahu hladin 0-5V, kdy každý pin může poskytovat nebo přijímat 20mA a má vnitřní pull-up rezistor 20-50kΩ (standardně odpojený). K ovládání výstupů pinů se provádí pomocí funkce `digitalWrite(cislo_pinu, stav_proudu)`, kdy stavem se myslí HIGH = protéká a LOW = neprotéká. Maximální hodnota proudu, která nesmí být na pinu překročena, aby nedošlo k trvalému poškození mikrokontroléru, je 40mA. Při četní vstupu se používá funkce `digitalRead(cislo_pinu)`, která vrací hodnotu HIGH, nebo LOW. [7][8]

Analogové vstupy poskytují rozlišení 10 bitů (1054 úrovní) v rozsahu 0-5V. Maximální hodnotu lze však změnit pomocí pinu AREF a funkcí v programu analogReference(). Analogové vstupy lze také použít k digitálním operacím, kdy se jedná o piny označené jako ANALOG IN. Nastavují se stejně jako digitální piny, jen se před číslo pinu napíše „A“ (př. A5 – ANALOG IN pin 5).[7][8]

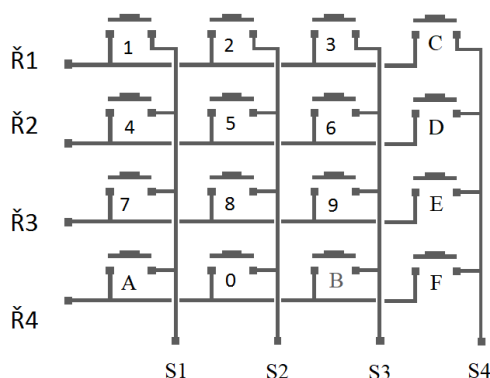
Tab. 3.1: Další technické parametry pro Arduino Mega 2560[7]

Mikrokontrolér	ATmega2560
Provozní napětí	5V
Vstupní napětí (doporučeno)	7-12V
Vstupní napětí (limit)	6-20V
Digitální I/O pinů	54
Analogové vstupních pinů	16
DC proud na jeden I/O Pin	20 mA
DC proudu pro 3,3 Pin	50 mA
FLASH	256 KB
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
vestavěných LED	13
Délka	101.52 mm
Šířka	53.3 mm
Hmotnost	37 g

3.1 Hodnotící klávesnice

Pro hodnocení je k dispozici 32 tlačítek, které jsou sestaveny do dvou matic 4x4. Jedna z matic tlačítek je podsvícena LED diodami, které jsou blíže uvedeny v kap. 3.2. V případě obou matic tlačítek 4x4 je použito 12 pinů (8 sloupců a 4 řádky) na mikrokontroléru.

Obr. 3.2: Schematické zapojení tlačítek pro matici 4x4



Řádkové čtyři piny jsou nastaveny jako vstup (INPUT), zatímco sloupcových osm pinů je nastaveno jako výstup (OUTPUT). Do sloupcových pinů je postupně přiváděno napětí a na vstupech řádků je snímána hodnota na pinech (`digitalRead()`). Jakmile se změní hodnota na daném vstupu řádku, zaznamenají se jeho souřadnice spolu se sloupcem, který je právě napájen. V programu je k tomu připravena dodaná knihovna `Keypad.h` (viz. Kap. 3.6). [9]

3.2 Displej a podsvícení LED tlačítek

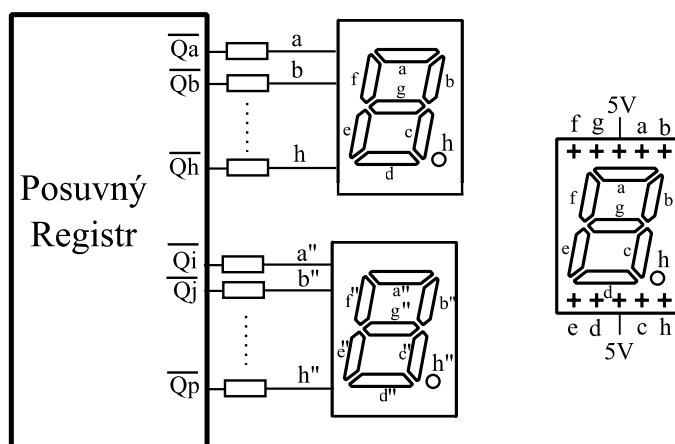
Pro prohlížení nebo zobrazování výsledků jsou k dispozici tři 7-segmentové displeje, které jsou spolu s podsvícením tlačítek řízeny pomocí tří posuvných registrů. [11] Jedná se o tři 16-bitové registry se sériovým vstupem a paralelně negovaným výstupem (viz Příloha C). Jsou spojeny kaskádně, tudíž výstup z prvního registru je zapojen na vstup druhého registru a výstup z druhého registru je zapojen na vstup třetího. [11]

Řízení posuvných registrů je realizováno pomocí tří pinů:

- Serial data input (pin 53) – pro zapsání dat v podobě binárního kódu v 8-bitovém čísle (pro naplnění jednoho registru jsou tedy potřeba dvě 8-bitová čísla).
- Latch clock input (pin 49) – hladinové řízení výstupních klopných obvodů typu D, kde si tento pin lze představit jako „závoru“.
- Shift clock input (pin 51) – posouvá požadované data do registru.

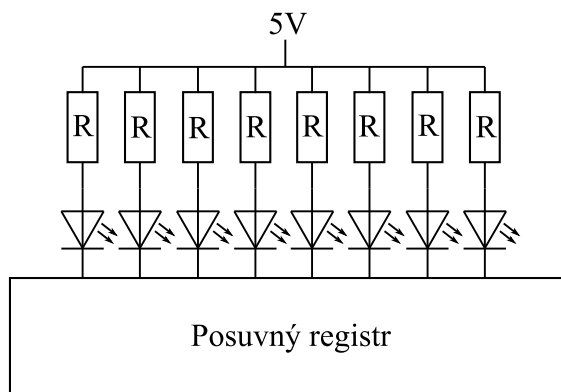
Sedmisegmentový displej je zapojený se společnou anodou, kdy je na pin COM (common) přivedeno napětí 5 V. Jednotlivé segmenty displeje se rozsvítí uzemněním katody daných pinů pomocí zmiňovaných posuvných registrů (viz Obr. 3.3). [10]

Obr. 3.3: Zapojení 7-segmentového displeje se společnou anodou na posuvný registr



Jeden ze tří 16-bitových posuvných registrů je rezervován pro řízení LED podsvícení tlačítek, které je realizováno programově. Jeden bit zastupuje jedno tlačítko a řízení je obdobné jako u 7-segmentového displeje.

Obr. 3.4: Zapojení LED podsvícení tlačítek



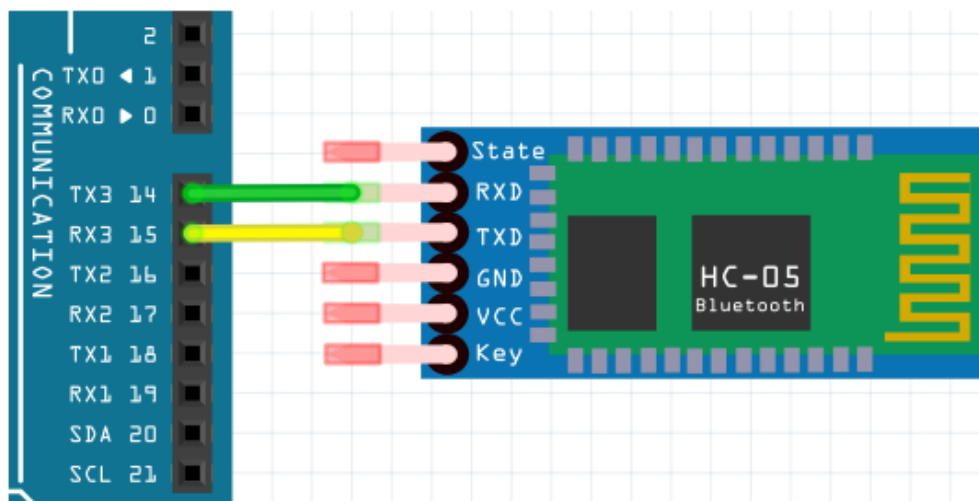
3.3 Charakteristika komunikace

Pro komunikaci byl zvolen Bluetooth Modul HC-06 (Obr. 8). Jedná se o modul podporující Bluetooth protokol V2.0 + EDR (Enhanced Data Rate), který má rychlost přenosu až 3Mbit/s. Komunikuje pomocí sériové linky rychlostí 9 600 Bd. Na modulu je k dispozici celkem 6 pinů:

- VCC – pro přivedení napájet v rozsahu 3,3-6 V.
- GND – uzemnění .
- STAT – výstup tohoto pinu udává stav BT (Low = odpojen, HIGH = připojen).
- EN (někdy Key) – ve stavu HIGH může přijímat AT příkazy.
- Tx, Rx – slouží pro samotnou komunikaci, které mají na desce rezervovanou sekci COMMUNICATION a je potřeba dávat pozor na jejich připojení křížem, kdy pin Tx na bluetooth modulu přijde na pin Rx3 desky (15) a Rx pin na bluetooth je zapojen na pin Tx3 na desce (14).

Důvodem proč byl vybrán tento modul, je jeho velmi dobrá kompatibilita s vývojovými platformami Arduina a tedy i s kitem Mega 2560 vybraným pro účely práce. Výhodou této verze jsou zejména jeho malé rozměry (3,2 x 1,6 cm), spotřeba při napájení 5 V dosahuje maximální hodnoty 40 mA, a jednoduchost zapojení. [8][12][20]

Obr. 3.5: Schéma připojení Arduino bluetooth modulu HC-05



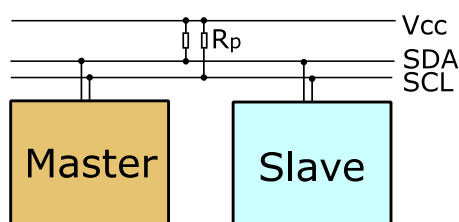
3.4 Uložení dat

Mikrokontrolér ATmega2560 má k dispozici 4 kB paměti EEPROM (viz Tab. 3.1), která není dostačující pro zálohování celkových dat, avšak může být použita například pro poslední probíhající test. K záloze dat při výpadku napájení či bezdrátové komunikace byla zvolena externí paměť EEPROM AT24C256. Paměť má kapacitu 256kb (32kB = 32 768 byte = znaků z ASCII tabulky) a je možné ji elektricky mazat. K dispozici jsou čtyři piny. Dva pro připojení a zápis dat (SDA, SCL), GND a napájecí VCC, na které může být přivedeno napětí v rozsahu 2,7 – 5,5 V. [23]

Paměť využívá sběrnici IIC, která je realizována pomocí dvou obousměrných vodičů SDA (Synchronous Data) a SCL (Synchronous Clock). Vodič SDA slouží k přenosu dat po sběrnici a jsou doprovázeny hodinovými impulzy na vodiči SCL. Na IIC sběrnici je možné připojit integrované obvody, které podporují protokol komunikace přes zmiňovanou sběrnici (paměť, A/D a D/A převodníky, senzory, aj). K připojení na desku Mega 2560 jsou v sekci COMUNICATION stejnojmenné piny, na které se přímo připojují (SCL na SCL, SDA na SDA). [18]

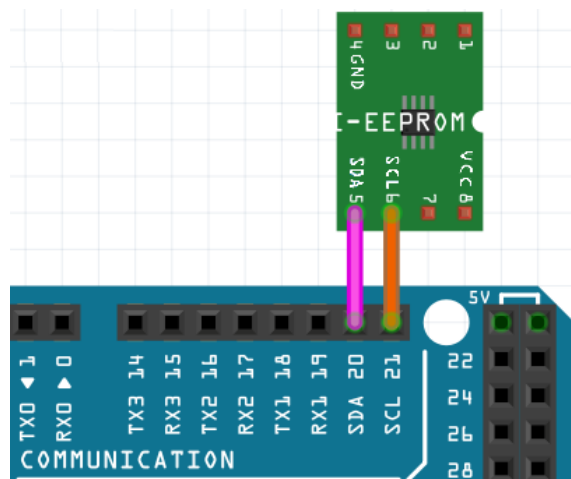
Obr. 3.6: Uspořádání sběrnice IIC (převzato s úpravami [18])

(Master – hlavní řídicí zařízení, Slave – EEPROM paměť)



Pro programování lze připojit již definovanou knihovnu Wire.h, která umožňuje komunikaci se zařízeními využívající sběrnici I2C přes piny SDA a SCL. Pomocí adresných prokovek na straně modulu (A0, A1, A2) odpovídajícím posledním třem bitům, lze manuálně řídit možnost vypnutí zápisu nebo čtení ze zadané adresy.

Obr. 3.7: Schéma zapojení paměti Arduino I2C EEPROM AT24C256



3.5 Napájení hodnotícího zařízení

Zvolený kit Mega 2560 lze napájet přes rozhraní USB (Typu B) nebo externí napájecí konektor (2,1mm), na který lze připojit napájení z AC/DC adaptéru (wall-wart). Zdroj napětí je vybrán automaticky při připojení jednoho ze zmiňovaných způsobů. Možnost je i využití napájecích pinů Vin sekci POWER na desce. Vybraný kit (podle Tab. 2) může pracovat na externím zdroji 6 až 20V, avšak doporučené vstupní napájení je 7-12V. Pokud je napětí menší než 7V, může výstupní pin 5V (označení na desce) dodávat méně než pět voltů a deska se může dostat do nestabilního stavu. Naopak, je-li použito napětí více než 12 V, může se regulátor napětí přehřívat a to může vést až k trvalému poškození desky.

Druhy napájecích pinů v oddělení POWER na desce:

- Vin: Vstupní napětí (7-12V) lze přivést přes tento pin přímo na desku.
- 3,3V: Výstupní generované napětí z regulátoru 3,3V. Maximální odebrání proudu je 50mA.
- 5V: Napájení vedené přes 5V nebo 3,3V pin není doporučeno, protože prochází přes regulátor a může trvale poškodit desku.

Při volbě externího akumulátoru bylo potřeba zjistit odběr proudu hodnotícího zařízení za maximálního zatížení k určení potřebné velikosti kapacity. To znamenalo rozsvícení všech podsvicovacích LED diod spolu se 7-segmentovými displeji, odesílání dat pomocí Bluetooth na příslušný PC a zapisování dat na externí paměť EEPROM. Největší odebíraný proud hodnotícího zařízení byl naměřen 395 mA.

Na příklad: chceme-li, aby hodnotící zařízení vydrželo alespoň 20 testovacích sezení (jedno sezení max. 30 min) použijeme k výpočtu zjednodušený vzorec (3.1), kdy I - odebíraný proud a Δt - celková doba po kterou je tento proud odebíráán.

$$Q = \int_0^t I dt = I * \Delta t \quad (3.1)$$

Po dosazení hodnot do vzorce (3.1) se dostaneme:

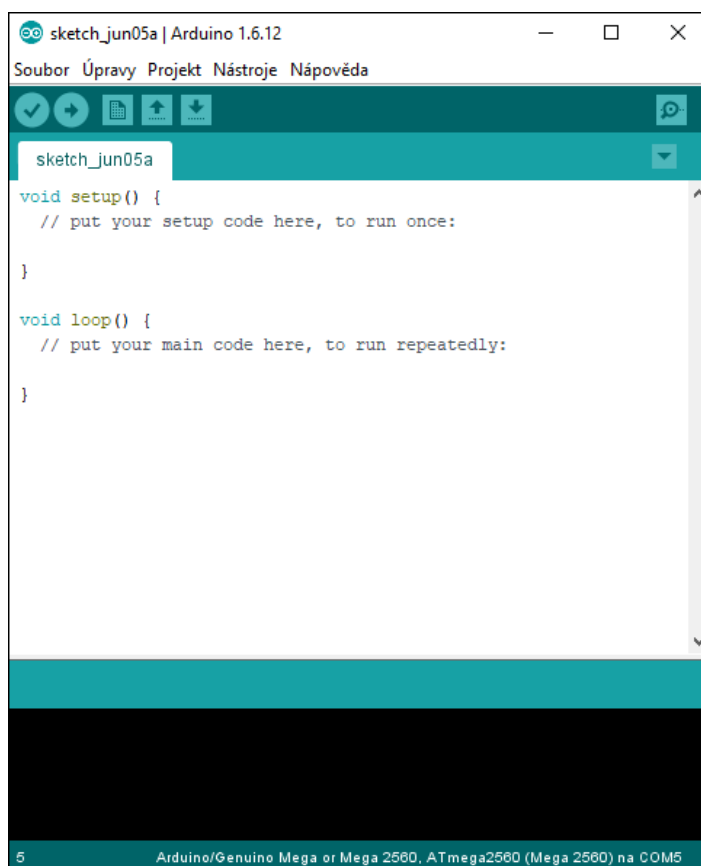
$$Q = 395 * 10 = 3950 \text{ mAh} \quad (3.2)$$

Jelikož tento výsledek je vztažen pouze pro dodržení času testovacích sezení, bude potřeba počítat s rezervou (~5 min na test) při případném prodloužení testu. Výsledná kapacita akumulátoru pro tento případ by měla být alespoň 4 500 mAh.

4 Softwarové řešení

K programování se používá programovací prostředí Arduino IDE (integrated development environment - integrované vývojové prostředí), které je volně dostupné z oficiálních webových stránek Arudina. Podporuje knihovnu Wiring, kterou si lze představit jako „vlastní programovací jazyk“, jež je podobný programovacímu jazyku C a C++. [8]

Obr. 4.1: Programovací prostředí IDE



Hlavní program je rozdělen do tří částí:

- Deklarace proměnných a přidání knihoven.
- `setup()` – hlavní nastavení programu, které probíhá pouze jednou a to při zapnutí programu nebo při použití restart (tlačítkem nebo přivedením signálu na pin RESET).
- `loop()` – opakující se nekonečná smyčka, ve které je hlavní kód programu.

V první části programu při deklaraci proměnných je potřeba nadefinovat adresu paměti EEPROM, která má tvar adresu ve 1010-A2-A1-A0. Digitální výstupy tří pinů pro řízení posuvných registrů. Dvanáct digitálních pinů (8 sloupců, 4 řádky) ke snímání stisknutého tlačítka maticové klávesnice, které je definováno 2D polem obsahující souřadnice tlačítek.

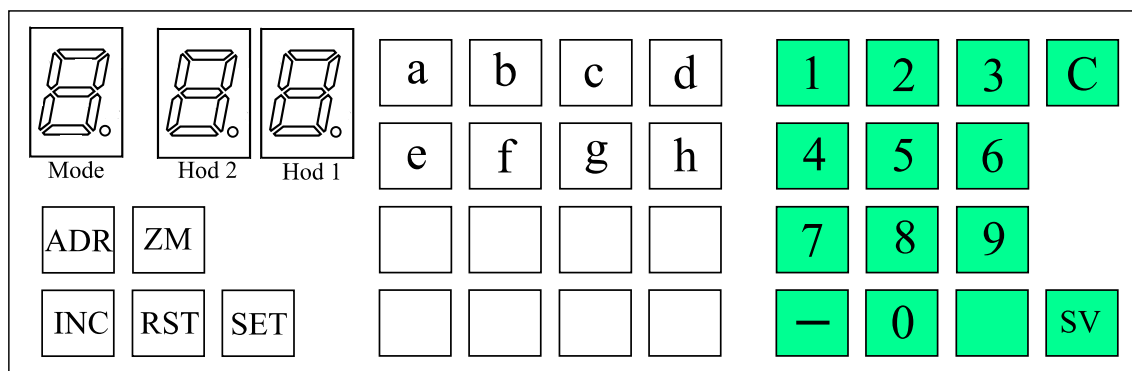
V části setup() se nastavují důležité parametry. Jsou zde nastaveny piny pro řízení posuvného registru jako výstup pomocí funkce pinMode(cislo_pinu, OUTPUT/INPUT). Dále jsou zde pomocí příkazu begin() zahájeny komunikace Bluetooth na rychlost 9600Bd a wire pro sběrnici IIC.

Poslední část programu, která je tvořena nekonečnou smyčkou loop(). Tato smyčka obsahuje hlavní části kódu: 1) Řízení posuvných registrů, které řídí displej a podsvícení tlačítek 2) Vyhodnocení stisknutých tlačítek, podle kterých se potom dále řídí celé hodnotící zařízení 3) Řízení přenosu dat pomocí Bluetooth modulu a ukládání do externí EEPROM paměti.

4.1 Ovládání hodnotícího panelu

K ovládání hodnotícího panelu slouží naprogramovaná tlačítka. (viz Obr. 4.2). Při prvním spuštění zařízení je nejprve potřeba vybrat metodu, dle které se bude hodnotit. K tomu je použit „while-do“ cyklus. V něm program čeká na stisknutí tlačítka (a - h), na nichž jsou nadefinované jednotlivé hodnotící metody. Zvolenou metodu lze měnit během testu pomocí 3x stisknutí tlačítka ZM (změna metody), při které dojde k restartování testu. Změna v průběhu tedy způsobí ztrátu doposud vyhodnocených dat.

Obr. 4.2: Hodnotící panel



Následně po zvolení hodnotící metody se rozsvítí podsvícená tlačítka určena k hodnocení, které lze vypnout pomocí tlačítka SV. Dále se na prvním displeji zleva (Mode) zobrazí znak „P.“ (pořadí) a na displeji Hod 1 se zobrazí „1“ značící aktuální pořadí hodnoceného testu. Poté se potvrdí pořadí tlačítkem SET a na Mode displeji zobrazí „H.“ (hodnocení). V tomto režimu lze na hodnotícím panelu zadávat hodnoty pomocí numerické klávesnice, jejichž výsledky se zároveň zobrazují na hodnotících displejích. V případě špatně zadané hodnoty slouží tlačítko C pro smazání. Ke zpracování zvolených hodnot slouží opět tlačítko pro potvrzení SET, po kterém bude panel opět v režimu zobrazení aktuálního pořadí (už inkrementované o jedu).

Tlačítko ADR (adresa) slouží k zobrazení pořadí právě hodnocené otázky v režimu hodnocení. Pro rozsvícení a kontrolu funkčnosti LED podsvícení a zobrazovacích displejů slouží tlačítko INC.

Nadefinované hodnotící metody:

- a - Řídí se podle stupnice (0-100) popsané v kapitole 1.2. Slouží k hodnocení metod DSIS, DSCQS a SC první varianty. Po zvolení se rozsvítí 10 hodnotících tlačítek (0 - 9) pro zadávání zvolených hodnot.
- b - Také se řídí podle stupnice popsané v kapitole 1.2 s rozdílem od předchozí ve stupnici, která je v tomto případě složena z 5 stupňů (viz tab. 1.1). Použití je k hodnocení metod SS a SC třetí varianta. Po zvolení se rozsvítí 5 tlačítek pro zadávání hodnot (1 – 5).
- c - Tato možnost hodnocení se řídí podle stupnice zobrazené v tabulce 1.2. Stupnice je rozdělena do 7 stupňů (-3 až +3) a slouží k hodnocení metody SC první varianta. Po zvolení této možnosti se rozsvítí 5 tlačítek, kdy 4 slouží k zadávání hodnoty (0 – 3) a 1 slouží k zadávání záporných hodnot. K zadávání záporných hodnot slouží tlačítko „-“.

4.2 Komunikace pomocí Bluetooth

Pro komunikaci přes zmiňovaný Bluetooth modul lze připojit již nadefinovanou knihovnu SoftwareSerial.h a deklarovat, na kterých pinech Tx a Rx je modul připojen. Zde jsou to piny Tx3 – 14 a Rx3 - 15. Při přenosu dat je důležité, aby nedošlo ke ztrátě spojení a v tom případě i ke ztrátě vyslaných dat. Tento problém byl řešen pomocí funkce v hlavním programu „BTpripojen()“, která čte hodnotu použitím funkce digitalRead() na pinu modulu STAT. Výstup toho pinu vrací hodnotu LOW nebo HIGH a udává stav

Bluetooth (Low = odpojen, HIGH = připojen). Při výpadku spojení je tedy přerušeno vysílání, nikoliv ukládání dat do paměti. Vyhodnocená data se přenesou po skončení celého testu. Pro tento případ je vytvořena funkce, která pošle výsledky všech testů najednou.

V softwaru na PC, který bude data přijímat, by se při přerušení spojení a následném připojení poslal znak, podle kterého program pozná, že došlo ke ztrátě spojení. Použitý Bluetooth modul při přenosu neobsahuje paritní bity, tudíž není zaručena spolehlivost přenesených dat.

4.3 Řešení uložení dat

Při zápisu dat na externí paměť EEPROM je použita knihovna Wire.h, která umožňuje komunikaci přes sběrnici IIC pomocí pinů SDA a SCL. Pro identifikaci zařízení je potřeba mít předem nadefinovanou adresu. Knihovna umožňuje data odesílat i přijímat. Je vytvořena funkce (nastavPam()), která při stisku tlačítka RST a potvrzení stisknutí čísla 5 na numerické klávesnici nastaví paměť od adresy 100 – 32 766 samé 1. Na poslední adrese 32 767 zůstává zapsaný znak „!“ pro detekci konce paměti. Při zápisu nových dat do paměti se tedy testuje, jestli je adresa opravdu „prázdná“ (obsahuje samé 1) nebo jestli nebyl rozsah paměti naplněn. Naopak, při čtení dat se nejprve testuje, jestli jsou na požadované adrese zapsána data.

Při zápisu může dojít k přerušení (např.: výpadku napájení) přenosu dat v době, kdy by se měla uložit data na požadovanou adresu (8 bitů), ale do paměti se zapíší pouze první 4 bity a zbylé zůstanou beze změny. Adresa tak obsahuje pouze polovinu skutečné informace. Bohužel, v tomto případě nelze nijak informaci opravit a informace se stává nepoužitelnou.

Závěr

Tématem této bakalářské práce bylo navrhnout a následně realizovat hodnotící zařízení, které bude pomocí několika tlačítek umožňovat subjektivní hodnocení kvality videa, zvuku. Součástí zadání bylo také vybrat bezdrátový standard, který by předával vyhodnocená data do příslušného PC.

Po nastudování doporučení týkající se subjektivního hodnocení, byl předložen stručný přehled jednotlivých metod, z nichž byly zjištěny nutné parametry pro hodnotící zařízení. Na základě těchto parametrů byl navržen a realizován systém, který slouží k hodnocení těchto metod. Některé metody však nelze hodnotit pomocí realizovaného hodnotícího zařízení, jelikož k jejich hodnocení je potřeba snímat zadané hodnoty 2x za 1s. K tomu lze použít 10 cm dlouhou stupnici s posuvníkem. Tento způsob hodnocení lze přidat k tomuto hodnotícímu zařízení, jelikož na desce Mega 2560 jsou k dispozici analogové vstupy.

Při realizaci byly jednotlivé periferie pouze pospojovány (viz příloha B), ale z časových důvodů se nepodařilo sestavit jednotné zařízení, jak bylo původně navrženo. Zápis a následné čtení vyhodnocených dat z externí paměti EEPROM bylo provedeno bez problémů. Pro přenos pomocí Bluetooth mezi hodnotícím zařízením a PC byl úspěšně testován pomocí programu Hercules SETUP. U některých testů se provádějí hodnocení skupinově, ale jelikož byl k dispozici pouze jeden modul Bluetooth, nebylo možné vyzkoušet připojení více Bluetooth k jednomu řídicímu zařízení.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] ITU-R BT.500-11. *Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures* [online]. International Telecommunication Union, Ženeva, Switzerland, 2002. Dostupné z: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.500-11-200206-S!!PDF-E.pdf
- [2] ITU-R BS.1534-1. *Method for the subjective assessment of intermediate quality level of coding systems* [online]. International Telecommunication Union, Ženeva, Switzerland, 2003. Dostupné z: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.500-11-200206-S!!PDF-E.pdf
- [3] REYNDERS, Deon, Steve MACKAY a Edwin WRIGHT. *Practical Industrial Data Communications Best Practice Techniques*. Burlington: Elsevier, 2004. ISBN 0080480136.
- [4] Steven McDowell, Martin D. Seyer. *USB Explained*, Pearson Education, ISBN 0132441705
- [5] B+B SmartWorx. *RS-422 AND RS-485 APPLICATIONS EBOOK*, Galway, Ireland, 2010. Dostupné z: <http://www.bb-elec.com/Learning-Center/All-White-Papers/Serial/RS-422-and-RS-485-Applications-eBook/RS422-RS485-Application-Guide-Ebook.pdf>
- [6] RS-485 [online]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/RS-485>
- [7] ARDUINO MEGA 2560 REV3 [online]. Dostupné z: <https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3>
- [8] VODA, Zbyšek. *Průvodce světem Arduina*. Bučovice: Martin Stříž, 2015. ISBN 978-80-87106-90-7.
- [9] DUDÁČEK, Karel. *Klávesnice, Přídavná zařízení*, Plzeň: Západočeská univerzita, 2002. [online] Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~dudacek/PZ/klavesnice.pdf>
- [10] LN516GA: Datasheet. Panasonic Electronic Components, 2001 [online] Dostupné z: <https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/Panasonic%20Semiconductors%20ICs%20PDFs/LN516GA,GK,RA,RK.pdf>
- [11] M66311FP Datasheet, Mitsubishi Electric Semiconductor, 2008. [online] Dostupné z: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/247518/RENESAS/M66311FP.html>
- [12] Bluetooth [online] Dostupné z: <https://www.bluetooth.com/what-is-bluetooth-technology/how-it-works>

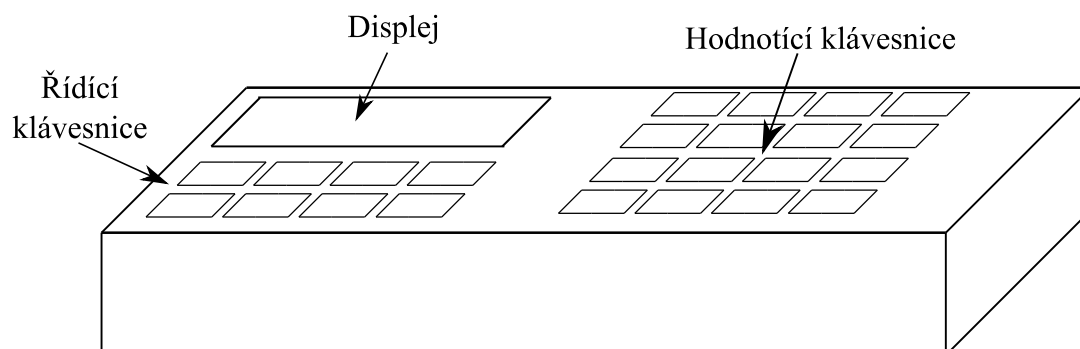
- [13] Bluetooth [online] Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>
- [14] Wi-fi [online] Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>
- [15] Jin-Shyan Lee, Yu-Wei Su, Chung-Chou Shen. Comparative Study of Wireless Protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee, and Wi-Fi , 2007, Taipei, Taiwan.
- [16] RS232 Communication with PIC Microcontroller [online] Dostupné z: http://www.picprojects.net/rs232_communication/
- [17] Bluetooth piconet diagram [online] Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Bluetooth_piconet_diagram.svg
- [18] I²C [online] Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C>
- [19] Arduino Bluetooth modul HC-05: Arduino návody [online]. Havlíčkův Brod, 2017, Dostupné z: <http://navody.arduino-shop.cz/navody-k-produktum/arduino-bluetooth-modul-hc-05.html>
- [20] HC-05 Bluetooth module: Datasheet, ITEad Studio, 2010 [online] Dostupné z: <http://www.electronicastudio.com/docs/istd016A.pdf>
- [21] Scatternet [online] Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Scatternet>
- [22] Universal Serial Bus [online] Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/USB>
- [23] Two-wire Serial EEPROMs: Datasheet, Atmel Microchip, [online] Dostupné z: <http://www.atmel.com/Images/doc0670.pdf>

Přílohy na CD

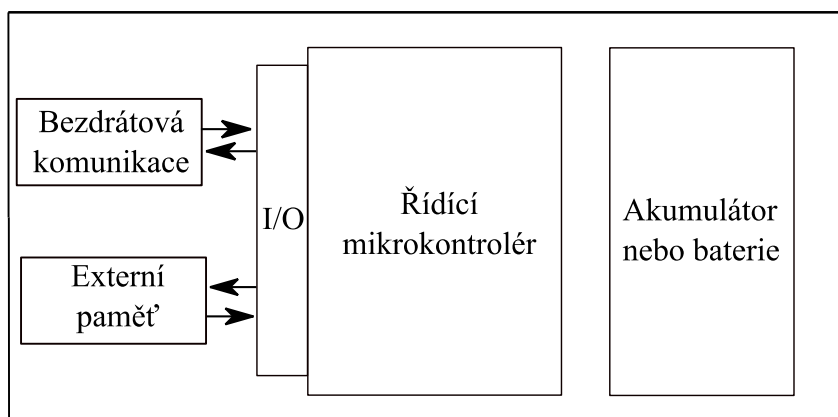
Program pro řízení hodnotícího zařízení v Arduino IDE

Příloha A Návrh designu hodnotícího zařízení

Obr. A.1: Návrh designu hodnotícího zařízení



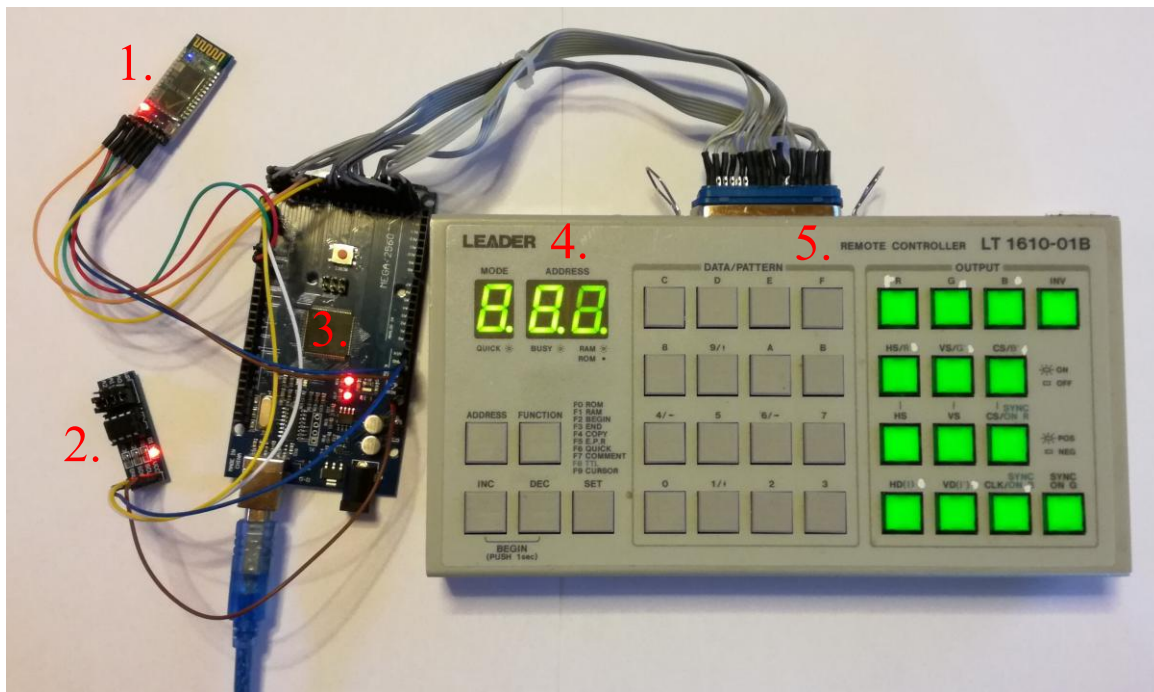
Obr. A.2: Uspořádání vnitřních obvodů hodnotícího zařízení



Příloha B Prvotní zapojení hodnotícího zařízení

Obr. B.1: Prvotní zapojení hodnotícího zařízení.

(1. BT modul HC-05, 2. Paměť EEPROM, 3. Arduino MEGA 2560, 4. sedmisedmsegmentový displej, 5. Tlačítka pro zvolení metody a zadávání hodnot.)



Příloha C Schéma zapojení hodnotícího zařízení

Obr.C.1: Schéma zapojení hodnotícího zařízení

