

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

GRAFY FUNKCIÍ PRE ZRAKOVO HENDIKEPOVANÝCH ŽIAKOV

Bakalárska práca

2021

Marek Ďuran

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

GRAFY FUNKCIÍ PRE ZRAKOVO HENDIKEPOVANÝCH ŽIAKOV

Bakalárska práca

Študijný program:	aplikovaná informatika (Jednoodborové štúdium, bakalársky I. st., denná forma)
Študijný odbor:	aplikovaná informatika
Školiace pracovisko:	Katedra aplikovanej informatiky
Školiteľ:	Mgr. Pavel Petrovič, PhD.



Univerzita Komenského v Bratislave
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

Meno a priezvisko študenta: Marek Ďurana
Študijný program: aplikovaná informatika (Jednoodborové štúdium, bakalársky I. st., denná forma)
Študijný odbor: informatika
Typ záverečnej práce: bakalárska
Jazyk záverečnej práce: slovenský
Sekundárny jazyk: anglický

Názov: Grafy funkcií pre zrakovo postihnutých žiakov
Function graphs for visually impaired students

Anotácia: Minulý rok bol vyvinutý prístroj Pipigraf [1], ktorý umožňuje čítanie priebehu grafov funkcií pre zrakovo postihnutých žiakov pomocou zvukového výstupu. Bol k nemu vyvinutý aj softvér, ktorý spolupracoval s meracím zariadením, ktoré žiaci používajú pri fyzikálnych experimentoch [2]. Zďaleka tým ale nebol využitý potenciál tohto zariadenia. Cieľom tejto práce je vytvoriť softvérovú aplikáciu a celý systém na vyučovanie grafov funkcií pomocou Pipigrafu.

Cieľ:
1. Petrovic, P: π graf: A Device to Read Charts for Visually Impaired, Constructionism 2020.
2. Gál M, Keszegová D, Sojka R, Švorc J: Software for visually impaired - a measuring device, online: <https://github.com/TIS2019-FMFI/meranie-velicin>

Kľúčové slová: pipigraf, zrakovo postihnutí žiaci, grafy funkcií

Vedúci: Mgr. Pavel Petrovič, PhD.
Katedra: FMFI.KAI - Katedra aplikovanej informatiky
Vedúci katedry: prof. Ing. Igor Farkaš, Dr.
Dátum zadania: 04.10.2020

Dátum schválenia: 06.10.2020
doc. RNDr. Damas Gruska, PhD.
garant študijného programu

študent

vedúci práce

Čestné prehlásenie

Čestne prehlasujem, že som túto bakalársku prácu na tému Grafy funkcií pre zrakovo postihnutých žiakov vypracoval samostatne pod vedením Mgr. Pavla Petroviča PhD. s použitím literatúry uvedenej v závere tejto bakalárskej práce.

V Bratislave dňa 30. mája 2021

.....

Marek Ďurana

Pod'akovanie

Touto cestou by som sa chcel veľmi pekne poďakovať môjmu školiteľovi Mgr. Pavlovi Petrovičovi PhD. za pomoc a správne smerovanie počas tvorby celej práce, za ochotné posielanie súčiastok poštou počas dištančnej výučby. Taktiež sa chcem poďakovať pani učiteľke Mgr. Zdenke Vitališovej za konzultovanie problematiky zrakovo hendikepovaných žiakov.

Abstrakt

Cieľom tejto práce bolo vytvoriť komplexnú aplikáciu, ktorá pomáha pri edukácii žiakov so zrakovým znevýhodnením na hodinách matematiky a fyziky. Aplikácia je kompatibilná s čítačmi obrazovky a slúži na zvukovú interpretáciu grafov v prostredí MS Excel pomocou hardvérovej periférie $\Pi\pi$ graf. Funkcionalita administrátorskej časti aplikácie (webovské rozhranie) bola otestovaná. Používateľské rozhranie si vyžaduje fyzickú prítomnosť prístroja $\Pi\pi$ graf a, žiaľ, z dôvodu pandemickej situácie (covid-19) a existencie jediného prototypu prístroja $\Pi\pi$ graf nebolo možné otestovať funkčnosť u cieľových užívateľov.

Kľúčové slová: grafy funkcií, MS Excel, čítanie grafov, zrakovo hendikepovaní žiaci, nevidiaci žiaci, $\Pi\pi$ graf.

Abstract

The aim of the bachelor thesis is to create a new comprehensive application which helps educating visually impaired students of math and physics classes. The application is PC-compatible and thanks to hardware peripheral *Ππgraf* it serves as an acoustic interpretation of graphs in program MS Excel. The functionality of the administrative part of the application (web interface) has been tested. The user interface requires *Ππgraf* device. Unfortunately, due to the pandemic situation (Covid-19) and the existence of a single prototype of the *Ππgraf* device, it was not possible to test the functionality of the target users.

Keywords: graphs of functions, MS Excel, reading graphs, visually handicapped students, blind students, *Ππgraf*.

1 Obsah

ZOZNAM OBRÁZKOV	9
ÚVOD	1
2 VÝCHODISKOVÁ KAPITOLA	2
2.1 CHARAKTERISTIKA ŽIAKA SO ZRAKOVÝM POSTIHNUTÍM	2
2.2 ASISTENČNÉ TECHNOLÓGIE A KOMPENZAČNÉ POMÔCKY	3
2.3 EXISTUJÚCE PROSTREDIE NA OZVUČENIE GRAFOV	6
2.4 VÝVOJOVÉ NÁSTROJE	7
2.5 POŽIADAVKY NA SOFTVÉR PRE ZRAKOVO POSTIHNUTÝCH POUŽÍVATEĽOV	10
3 NÁVRH A ŠPECIFIKÁCIA	11
3.1 ELEMENTÁRNY PRINCÍP APLIKÁCIE	11
3.2 VSTUPNO / VÝSTUPNÉ DÁTA APLIKÁCIE	11
3.3 WEBOVÉ ROZHRIANIE	11
3.4 FORMÁT A ŠTRUKTÚRA KONFIGURAČNÉHO SÚBORU	12
3.5 EXCEL ROZHRIANIE	13
3.6 ПИГРАФ	14
3.7 NÁVRH CELKU APLIKÁCIE	15
3.8 NÁVRH WEBOVÉHO ROZHRIANIA	16
3.9 NÁVRH EXCEL ROZHRIANIA	17
4 IMPLEMENTÁCIA	18
4.1 ПИГРАФ IMPLEMENTÁCIA	18
4.2 WEB IMPLEMENTÁCIA	22
5 TESTOVANIE	25
6 ZÁVER	26
7 PRÍLOHA	27
POUŽITÁ LITERATÚRA	28

Zoznam obrázkov

Obrázok 1- optická čítacia lupa – riadková.....	3
Obrázok 2 – optická lupa- šošovka	4
Obrázok 3- elektronická čítacia lupa Looky +	4
Obrázok 4 Braillovský riadok Focus 40 https://accesscentre.tuke.sk/wp-content/uploads/2015/04/Focus_40_blue.jpg	5
Obrázok 5 – Natívny zväčšovač obrazovky (OSX)	6
Obrázok 6 Graphing Calculator - https://www.desmos.com/calculator?lang=cs	7
Obrázok 7 – Ππgraf - https://kruzok.net/index.php/%CE%A0%CF%80graf	10
Obrázok 8 – Ππgraf - https://kruzok.net/index.php/%CE%A0%CF%80graf	10
Obrázok 9 Štruktúra konfiguračného súboru	13
Obrázok 10 Potenciometer_ https://www.gme.sk/potenciometr-viceotackovy-pm-2010-2k	15
Obrázok 11 aplikácia_ usecase	16
Obrázok 12 web_ rozhranie	17
Obrázok 13 PiPiGraf_ scad_ náhľad.....	18
Obrázok 14 PiPiGraf finálny obal.....	19
Obrázok 15 Arduino schéma zapojenia	20
Obrázok 16 arduino ukážka kódu	21
Obrázok 17 výstup PiPigrafu v termináli.....	22
Obrázok 18 My Sql tabuľka grafy	23

Úvod

Cieľom tejto záverečnej práce bolo vytvoriť používateľské prostredie, ktoré by pomohlo pri výučbe žiakov so zrakovým hendikepom, a to konkrétne na hodinách matematiky a fyziky. Hlavnou úlohou je priblížiť vnímanie grafov, keďže zrakovo znevýhodnený žiak má obmedzenú schopnosť zachytiť informácie vizuálnymi kanálmi, čo je pri porozumení grafov kľúčový spôsob.

Táto problematika ma veľmi zaujala aj z toho dôvodu, že sám som ako slabozraký študent pocítil počas rannejšieho štúdia, aké náročné bolo občas porozumieť grafom s obmedzenými zrakovými schopnosťami, čo viedlo k častým ťažkostiam pri učení, improvizáciám zo strán vyučujúcich, či dokonca k neadekvátnemu priblíženiu učiva. Toto všetko ma nabáda k túžbe pokúsiť sa pomôcť mladším kolegom pri učení matematiky, resp. fyziky a taktiež sa naučiť a nazbierať vedomosti s oblasti tabuľkových a grafových technológií.

Východisková kapitola obsahuje odbornú klasifikáciu cieľového klienta, teda študenta so zrakovým hendikepom, jeho spôsoby získavania informácií v školskom prostredí, používaných asistenčných technológiách, či už softvérového alebo hardvérového charakteru.

2 Východisková kapitola

2.1 Charakteristika žiaka so zrakovým postihnutím

Zrakovo postihnuté osoby majú v dôsledku zníženej (alebo nulovej) priepustnosti optického kanála príjem zrakových informácií výrazne znížený alebo aj úplne znemožnený. V dôsledku toho majú špecifické potreby v edukácii, v mobilite a priestorovej orientácii, v komunikácii prostredníctvom písanej reči, v sebaobsluže, ale aj pri transformácii optických informácií na poznatky (1).

Podľa intenzity či typu zrakového postihnutia rozlišujeme množstvo ochorení. Pre našu problematiku a zúžený okruh žiakov so zrakovým postihnutím nám postačí klasifikácia študentov na:

- i. Nevidiaci
- ii. Prakticky nevidiaci
- iii. Slabozraký

Slabozrakosť je porucha zrakového vnímania so znížením zrakovej ostrosti na $1/4$ až $1/20$. Ide o orgánovú poruchu zraku, ktorá sa prejavuje čiastočným nevyvinutím, znížením, alebo skresľujúcou činnosťou zrakového analyzátora obidvoch očí, a tým poruchou zrakového vnímania (2)

Praktická slepota je akási najťažšia forma slabozrakosti, pri ktorej postihnutí jedinci majú čiastočné zvyšku zraku, dokážu reagovať na svetlo, resp. jeho zmenu, no prakticky sa nedokážu orientovať v priestore.

Slepota je najťažšia zraková porucha, ktorá sa prejavuje úplným nevyvinutím, úplnou alebo takmer úplnou stratou výkonnosti zrakového analyzátora, a tým nemožnosťou zrakového vnímania. Je to neschopnosť vnímať okolitý svet zrakom (3).

2.2 Asistenčné technológie a kompenzačné pomôcky

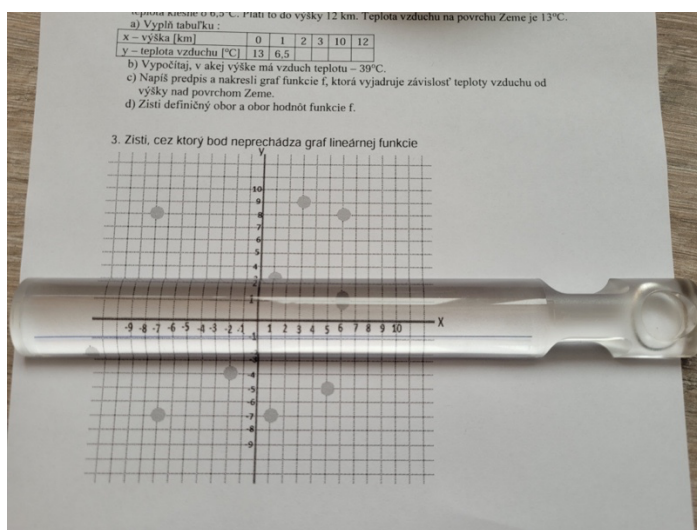
Zrakovo hendikepovaní ľudia pri edukácii využívajú rôzne pomôcky kompenzujúce ich znevýhodnenie. Pomôcky z hľadiska charakteru funkcionality môžeme diferencovať do dvoch základných skupín:

- i. Pomôcky softvérového charakteru
- ii. Pomôcky hardvérového charakteru

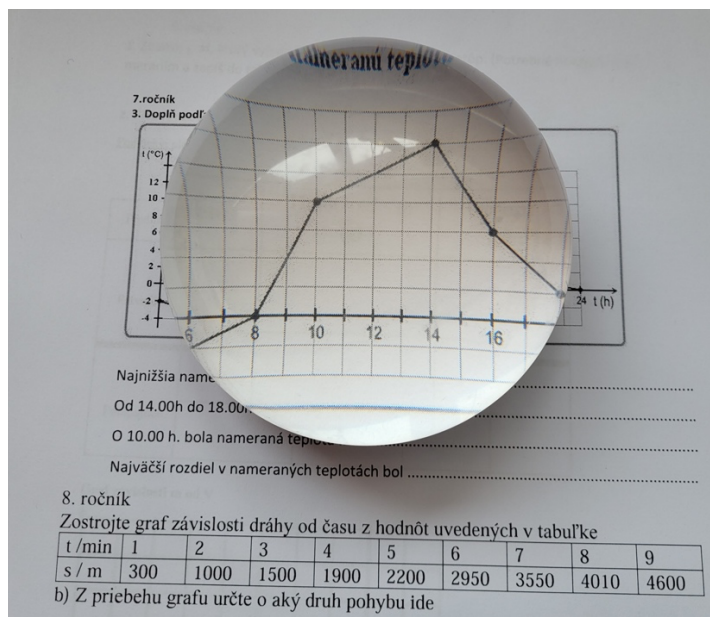
2.2.1 Hardvérové pomôcky

Hardvérové pomôcky vyvinuté primárne pre slabozrakých či nevidiacich používateľov určené za konkrétnym účelom pri vzdelávaní, v našom prípade zväčšovanie tlačenej, resp. písanej informácie. Najčastejšie sa používajú čítacie lupy.

2.2.1.1 Optická čítacia lupa



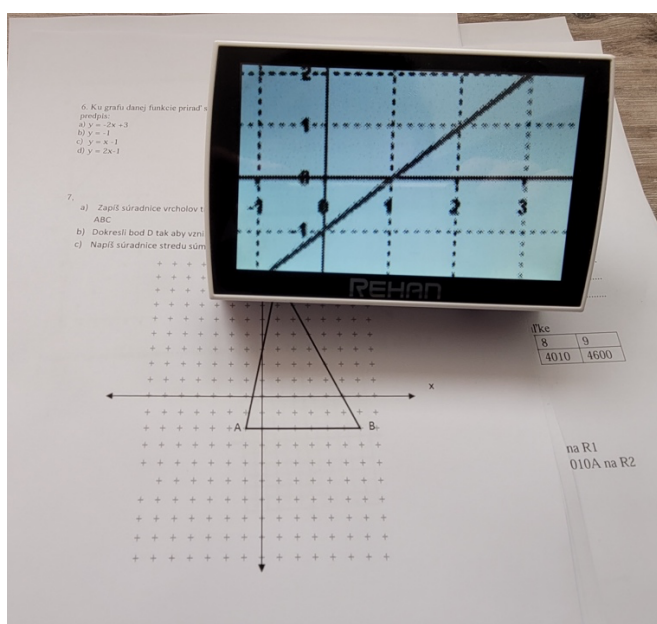
Obrázok 1- optická čítacia lupa – riadková



Obrázok 2 – optická lupa- šošovka

Optické lupy majú veľkú výhodu v tom, že si nevyžadujú žiadnu starostlivosť od používateľa a pri vhodnom zaobchádzaní majú takmer neobmedzenú životnosť. Napriek tomu sú v dnešnej dobe medzi zrakovo hendikepovanými študentami takmer nevyužívané, kvôli ich nedostatočným, fixným a obmedzeným zväčšovacím schopnostiam.

2.2.1.2 Elektronická čítacia lupa



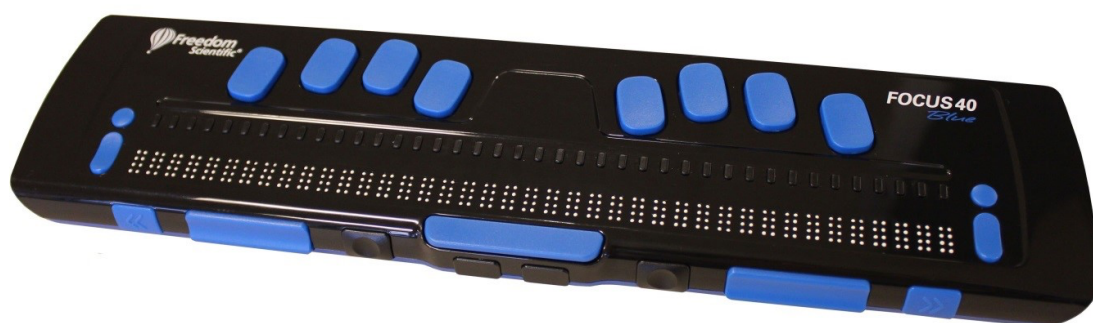
Obrázok 3- elektronická čítacia lupa Looky +

Elektronické čítacie lupy poskytujú používateľovi veľké možnosti prispôbení, či už variabilitou zväčšovania, inverziou farieb či mnoho ďalších funkcií v závislosti na modeli a značke výrobku

Špeciálnym typom pomôcok spadajúcich do tejto kategórie sú vstupno/výstupné zariadenia počítača, medzi ktoré najčastejšie patria braillovske riadky, resp. displeje.

2.2.1.3 Braillovský riadok

Braillovský riadok je výstupné zariadenie komunikujúce s počítačom. Služi na zobrazenie aktuálne označeného riadku v podporovanom softvéri počítača v braillovom písme¹



Obrázok 4 Braillovský riadok Focus 40 https://accesscentre.tuke.sk/wp-content/uploads/2015/04/Focus_40_blue.jpg

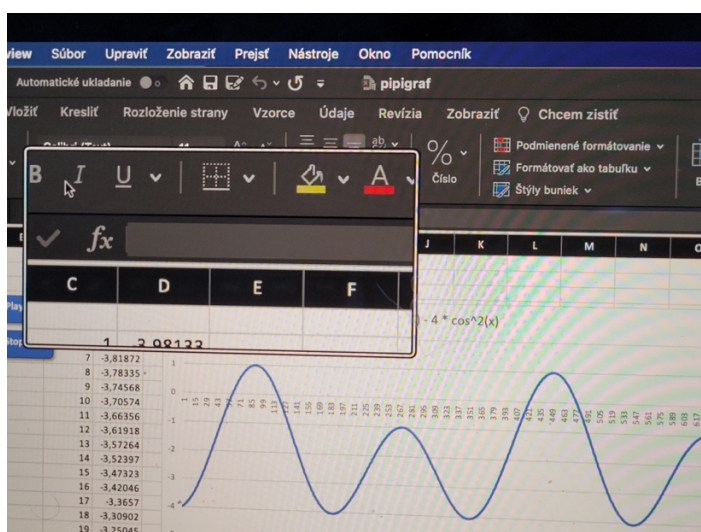
2.2.2 Softvérové pomôcky

Študenti so zrakovým postihnutím nedokážu v plnej miere využívať operačný systém počítača bez adekvátneho softvérového prispôbenia a úprav. Medzi základné pomôcky patria natívne aplikácie prispôbenia daných operačných systémov (VoiceOver², Magnifier).

Pre nevidiacich študentov či študentov so zbytkami zraku nemusia tieto nástroje prispôbenia postačovať, preto využívajú dodatočný softvér na reprodukciu alebo zväčšenie informácií. Medzi najpoužívanejšie aplikácie s hlasovým výstupom patria Jaws a NVDA, resp. Magic na zväčšovanie.

¹ Braillovo písmo – písmo, ktorého každý znak má definovanú kombináciu skladajúcu sa z maximálne šiestich bodiek v akejkoľvek pomyselnej matici 3x3 bodky

² VoiceOver – natívny hlasový výstup v zariadeniach značky Apple



Obrázok 5 – Natívny zväčšovač obrazovky (OSX)

2.2.2.1 NVDA

NVDA (4) je program s hlasovým výstupom pre platformu Windows, ktorý je veľmi rozšírený medzi používateľmi predovšetkým pre jeho otvorenú licenciu a nenáročné hardvérové požiadavky.

V porovnaní s Jaws-om je možné NVDA používať ako portable verziu, je bezplatný a voľne prístupný. NVDA taktiež podporuje slovenský hlasový syntetizér.³

Naša aplikácia je testovaná na prístupnosť pomocou NVDA z dôvodu bezplatnej dostupnosti.

2.3 Existujúce prostredie na ozvučenie grafov

Väčšina matematických aplikácií, ktoré disponujú editáciu grafov, nepodporujú prístupnosť softvérov s hlasovým výstupom. V najhorších prípadoch je graf používateľovi so zrakovým hendikepom viditeľný ako obrázok bez popisu.

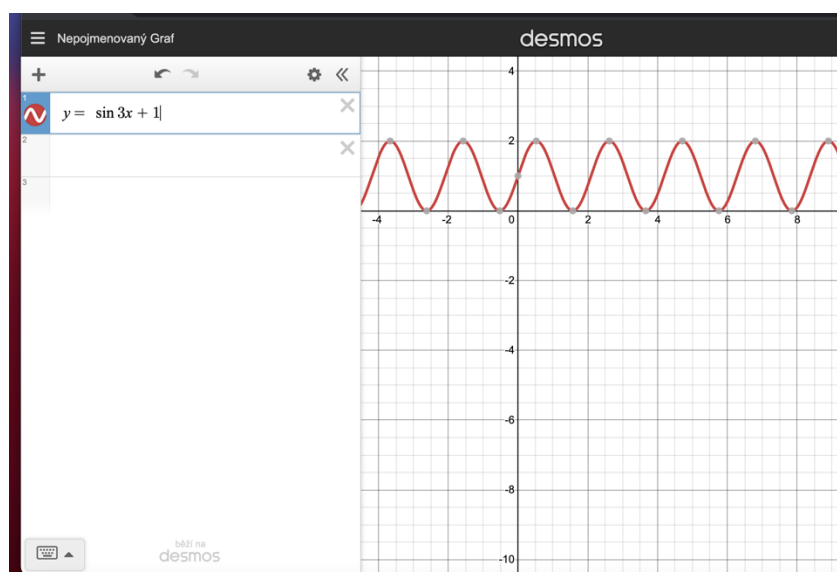
Známe matematické prostredie MS Excel grafy čítačky obrazovky reprezentuje ako množinu bodov, resp. súradníc, čo už dáva používateľovi podstatnú informáciu o type

³ Portable verzia – taká verzia softvéru, ktorá si nevyžaduje fixnú inštaláciu na systémovom disku, ale je spustiteľná s externého zdroja bez nutnosti inštalácie

grafu, no nie študentovi v ranných ročníkoch druhého stupňa základnej školy, ktorý nedisponuje vedomosťami o funkciách.

2.3.1 Desmos Graphing Calculator

Graphing Calculator je jednoduché webové rozhranie, ktoré vykresľuje graf podľa vopred zadaného predpisu funkcie. Jeho podstatnou výhodou je možnosť si graf „vypočítať“, teda aplikácia mení intenzitu zvuku podľa stúpajúceho resp. klesajúceho priebehu grafu počas prehrávania



Obrázok 6 Graphing Calculator - <https://www.desmos.com/calculator?lang=cs>

2.4 Vývojové nástroje

V tejto časti sa spomínajú všetky technológie, ktoré sme zvolili na používanie pri mojej práci

2.4.1 Microsoft Excel

Microsoft Excel je majoritný tabuľkový softvér od spoločnosti Microsoft. Často je k dispozícii ako súčasť kancelárskeho balíka MS Office tej samej spoločnosti.

Štandardne sa pracuje v rozhraní tabuľkového procesora, ktorý obsahuje bunky usporiadané do riadkov a stĺpcov. Riadky sú označované celými číslami od 1 a stĺpce

písmenami abecedy A. Maximálny počet riadkov pre Excel 2016 je 1 048 576 a stĺpcov 16 384.

Prostredníctvom programu Microsoft Excel sa dajú prehľadne usporiadať a vyhodnocovať údaje alebo vytvárať grafy, diagramy, prognózy či tabuľkové hárky pomocou šablón. Na vykonávanie výpočtov slúžia vzorce a takmer 500 funkcií. Zdieľaním zošitov možno rozdeliť úlohy medzi viacerých ľudí, čím sa práca stáva efektívnejšou.

Program umožňuje formátovať, filtrovať a importovať dáta, pracovať s makrami⁴ napísanými v jazyku VBA vytvárať rozličné prehľady a vizualizácie. Program je možné prepojiť s viacerými zdrojmi (MS Word, Access)

2.4.2 Vývojové prostredie Visual Basic Editor

Kódy v programovacom jazyku Visual Basic for Applications (VBA) sa v Exceli píše v špeciálnom editore zvanom Vývojár (slovenský preklad). Kódovanie vo Vývojári je založené na procedúrach a slúži predovšetkým na automatizáciu práce v Exceli, za účelom ušetriť čas s pravidelnými a časovo náročnými úlohami.

Záložka Vývojár, cez ktorú sa dá v Exceli editor otvoriť, nie je v predvolenom nastavení Excelu. Vo VBA sa dajú ovládať všetky štandardné funkcie Excelu, ako aj iné dodatočné funkcie a príkazy, ktoré nie sú dostupné v štandardnom náhľade funkcií.

Visual Basic editor sa skladá z troch hlavných častí: okno projektov, okno vlastností a okno pre kódovanie. K VBA editoru sa dá dostať aj pomocou klávesovej skratky ALT + F11 (windows).

2.4.3 Programovací jazyk Visual Basic

Visual Basic (VB) je udalosťami riadený programovací jazyk od spoločnosti Microsoft. Je pomerne jednoduchý používateľsky prívetivý jazyk, ale zahŕňa aj pokročilé

⁴ Makro je postupnosť príkazov, ktoré sa dajú opakovane využiť. Makrá sa dajú vytvoriť buď nahraním priamo v hárku zošita alebo vytvorením procedúry vo VBA editore, pričom je nevyhnutná znalosť jazyka VBA.

koncepty ako objektovo orientované programovanie, správu pamäte či možnosť použitia komponentov. Visual Basic bol prvýkrát predstavený vo verzii 1.0 v roku 1991

Microsoft VBA (Visual Basic for Applications) možno charakterizovať ako programovací jazyk pre programy z balíčka Microsoft Office. Slúži na tvorbu a prispôsobenie používateľom definovaných funkcií programov Microsoft Office. VBA je v programoch balíčka MS Office k dispozícii automaticky, bez nutnosti dodatočnej inštalácie.

VBA (5) často prináša do tabuliek Excelu rôznu automatizáciu výpisov. Na nasledujúcom obrázku môžeme vidieť ako pomocou VBA jednoducho písať dáta do bunky.

```
Sub Macro1()  
    Worksheets(1).Range("A1").Value = "Wow!"  
    Worksheets(1).Range("A1").Borders.LineStyle = xlDouble  
End Sub
```

Obrázok 7 VBA kód

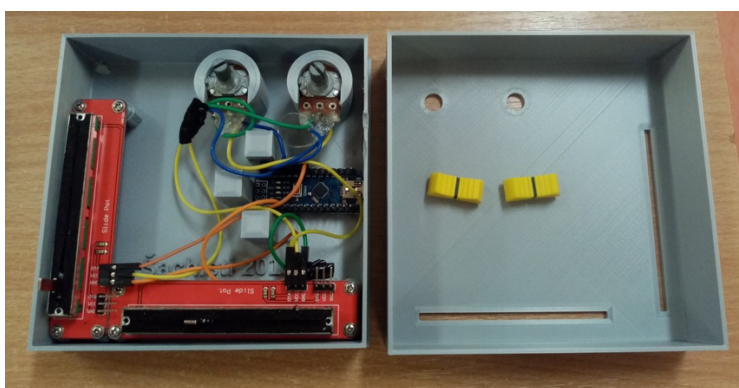
2.4.4 Prístroj Ππgraf

Ππgraf je prístroj, ktorý bol vyvinutý predovšetkým ako pomôcka na čítanie grafov. Prístroj sa skladá so štyroch potenciometrov, z ktorých dva sú kruhové a dva lineárne. Lineárne potenciometre sú v kolmom uložení, teda jeden sa pohybuje vo vodorovnom smere a druhý v zvislom. Prístroj sa pripája k počítaču prostredníctvom sériového portu pomocou mini USB 2.0 konektora.

Myšlienka fungovania Ππgrafu s patrične upraveným počítačovým softvérom s grafom spočíva v tom, že používateľ pohybom potenciometra v x-ovej súradnicovej osi dostane spätnú zvukovú informáciu odpovedajúcej intenzity zvuku podľa aktuálnej funkčnej hodnoty grafu. Kruhový potenciometer sa dá aplikovať podobným spôsobom na koláčové grafy.



Obrázok 8 – Ππgraf - <https://kruzok.net/index.php/%CE%A0%CF%80graf>



Obrázok 9 – Ππgraf - <https://kruzok.net/index.php/%CE%A0%CF%80graf>

2.5 Požiadavky na softvér pre zrakovo postihnutých používateľov

Softvér, ktorý je vyvíjaný pre koncového používateľa so zrakovým hendikepom (5) musí spĺňať nasledovné požiadavky:

- každý užívateľský komponent aplikácie musí byť prístupný a komunikujúci s podporným softvérom užívateľa
- aplikácia by mala eliminovať grafické a netextové prvky
- ak sa napriek tomu v aplikácii nachádza netextový prvok, musí byť adekvátne označený a opísaný (labels, aria elements ⁵)
- ak aplikácia používa grafické rozhranie, musí toto rozhranie spĺňať požiadavky užívateľa, resp. vie si ho užívateľ prispôbiť (kontrast farieb, veľkosť textu...)

⁵ elementy jazyka HTML na sprístupnenie zrakovo postihnutým používateľom web stránok, obsahujú neviditeľné vysvetlivky pri zložitejších štruktúrach (textové polia, formuláre)

3 Návrh a špecifikácia

Táto kapitola zahŕňa návrh a špecifikáciu vytváraného projektu, ktorá dodržiava požiadavky používateľa a technológie popísané vo východiskovej kapitole. Koncovým používateľom tejto aplikácie bude žiak ZŠ so zrakovým postihnutím, ktorý k nej získava plný prístup.

3.1 Elementárny princíp aplikácie

Pomocou aplikácie si vie používateľ jednoducho, bez nutnosti inštalácie žiadneho doplnkového softvéru, „vypočítať“ graf, a to priamo v prostredí MS Excel za potreby pripojeného zariadenia Ππgraf a následnou fyzickou interakciou jedným z vybraných potenciometrov na Ππgrafe.

3.2 Vstupno / výstupné dáta aplikácie

Aplikácia ako vstupný údaj bude potrebovať zdrojové dáta pre vytvorenie grafu. Tieto dáta sa uložia prostredníctvom webového rozhrania na vzdialené úložisko.

Výstupom aplikácie uvažujeme zvukovú interpretáciu grafu v desktop rozhraní MS Excel za pomoci regulácie prístroja Ππgraf.

3.3 Webové rozhranie

Webovú časť tvoria PHP stránky dočasne umiestnené na adrese <http://www.st.fmph.uniba.sk/~durana13/graph/>. Za základnú prezenčnú vrstvu aplikácie uvažujeme webové rozhranie, ktoré neslúži pre užívateľa, ale pre administráciu aplikácie. Pod administráciou rozumieme nahrávanie grafov do aplikácie. V tomto rozhraní je taktiež možnosť zobrazenia už nahraných grafov a ich identifikátorov, ktoré sú potrebné v desktop rozhraní MS Excel na stiahnutie konkrétneho grafu z vzdialeného úložiska. Pre každý graf aplikácia vygeneruje a uloží na server konfiguračný súbor s názvom jedinečného identifikátora a príponou (.txt). V navigácii stránok sú nižšie uvedené záložky.

3.3.1 Hlavná stránka

V tejto časti sú základné informácie o stránkach a ich účele. Ak je prihlásený nejaký užívateľ, nachádzajú sa tu aj jeho Identifikačné údaje, resp výzva na prihlásenie do systému

3.3.2 Prihlásenie

Stránka obsahuje štandardný formulár pre prihlásenie užívateľa pomocou používateľského mena a hesla.

3.3.3 Register grafov

Pod touto záložkou je vylistovaný zoznam už existujúcich grafov. Jednotlivý záznam o grafe obsahuje:

- ID – jedinečné číslo, ktoré je potrebné na načítanie grafu v desktop rozhraní
- názov grafu
- typ grafu, jedna možnosť s množiny {klasický, kruhový, špeciálny, stĺpcový}
- dátum a čas vzniku záznamu

Register je viditeľný aj pre neprihláseného návštevníka

3.3.4 Nahrávanie grafov

Nahrávanie grafov obsahuje výzvu na prihlásenie, resp. formulár obsahujúci:

- názov grafu – povinný údaj obsahujúci alfanumerické znaky
- typ – povinná, výberová ponuka na zvolenie typu grafu
- Dáta pre graf – povinné textové pole, v ktorom musia byť iba numerické znaky

3.4 Formát a štruktúra konfiguračného súboru

Súbor sa vytvorí po korektne vyplnenom a odoslanom formulári vo webovom rozhraní aplikácie. Jeho názov sa určuje podľa identifikátora priradeného databázovým systémom, aby nedošlo k duplicitám. Telo súboru obsahuje len numerické biele znaky.

Prvý riadok obsahuje jednu hodnotu určujúcu typ grafu, druhý až n-tý riadok obsahuje dáta, resp. súradnice grafu.

1	
0	0
1	1
2	4
3	9
4	16
5	25
6	36
7	49
8	64
9	81
10	100
11	121
12	144
13	169
14	196
15	225
16	256
17	289
18	324
19	361
20	400
21	441
22	484

Obrázok 10 Štruktúra konfiguračného súboru

3.5 Excel rozhranie

Excel rozhranie je časť aplikácie určená pre používateľa na čítanie grafu pomocou prístroja $\Pi\pi$ graf . Túto časť tvorí prenositeľný súbor graph.xlsm, ktorý je spustiteľný v prostredí MS Office Excel na operačnom systéme Windows. Pri otvorení súboru je potrebné povoliť používanie makier. Súbor obsahuje jeden hárok ktorého časti zadefinujeme nižšie.

3.5.1 Tlačidlo Pripoj Pi_Pi_Graf

Tlačidlo Pripoj Pi_Pi_Graf slúži na prvotné pripojenie k prístroju, na priradenie sériového portu a zahájenie komunikácie s $\Pi\pi$ grafom. Pred stlačením je potrebné mať fyzicky prístroj už pripojený k počítaču.

Vo väčšine počítačov bežiacich pod operačným systémom Windows 10 sa sériový port, cez ktorý náš prístroj komunikuje, sťahuje a inštaluje automaticky. V ojedinelých prípadoch a pri starších verziách operačného systému môže byť potrebné ovládať sériového portu nainštalovať manuálne (7). Overenie správneho ovládača sériového portu sa dá overiť v systémovom nástroji Správca zariadení.

3.5.2 Tlačidlá Štart / Stop

Tlačidlo Štart slúži na spustenie zvukovej interpretácie konkrétneho grafu, ktorý je v pracovnej časti aplikácie. Ak je prístroj korektne pripojený, používateľ môže následne interagovať s priradeným potenciometrom a regulovať si tak štýl zvukovej interpretácie grafu.

Tlačidlo Stop celú interpretáciu zastaví a dočasne preruší spojenie s prístrojom.

3.5.3 Textové pole Stiahni graf

Textové pole Stiahni graf vyžaduje od užívateľa vloženie numerickej hodnoty – identifikátora už existujúceho grafu, ktorý mu bol pridelený pri jeho nahratí na webovom rozhraní. Pre funkčnosť je potrebné pripojenie k verejnej sieti.

3.5.4 Tlačidlo Zoznam grafov

Tlačidlo Zoznam grafov poskytuje užívateľovi prepojenie na podstránku Register grafov webového rozhrania, kde si môže pozrieť zoznam existujúcich grafov a ich identifikátorov, ktoré potrebuje k preklopeniu do Excel rozhrania.

3.5.5 Prázdne textové pole

Prázdne textové pole slúži na zobrazovanie numerickej hodnoty. Táto hodnota je aktuálne prislúchajúca hodnota pozície počas behu zvukovej inetrpretácie. Užívateľ si vie hodnotu vypísať do prázdneho textového poľa pomocou stlačenia dotykového senzora na prístroji.

3.6 Ππgraf

Pôvodný prototyp prístroja mal za sebou takmer dva roky existencie a počas tejto doby sa na jeho niektorých hardvérových špecifikách ukázali niektoré vady. Mojou úlohou bolo tieto vady eliminovať, a taktiež som dostal za úlohu rozšíriť funkcionality zariadenia o ďalšie dve vstupno / výstupné zariadenia a zmenu otočných potenciometrov.

3.6.1 Modifikácie na prístroji

Hlavným nedostatkom prístroja je nevhodne použitý typ otočných potenciometrov. Na pôvodnom prototypy sa nachádzali potenciometre o činnom rádiuse zhruba 270 stupňov, čo neposkytuje používateľovi plnohodnotné pokrytie potencionálneho koláčového grafu. Na vyriešenie problému sme zvolili 10-otáčkové potenciometre PM-2010-2K. Táto zmena si vyžiada úpravu uchytenia v konštrukčnej krabičke prístroja, ktorú popíšeme nižšie.



Obrázok 11 Potenciometer <https://www.gme.sk/potenciometr-viceotackovy-pm-2010-2k>

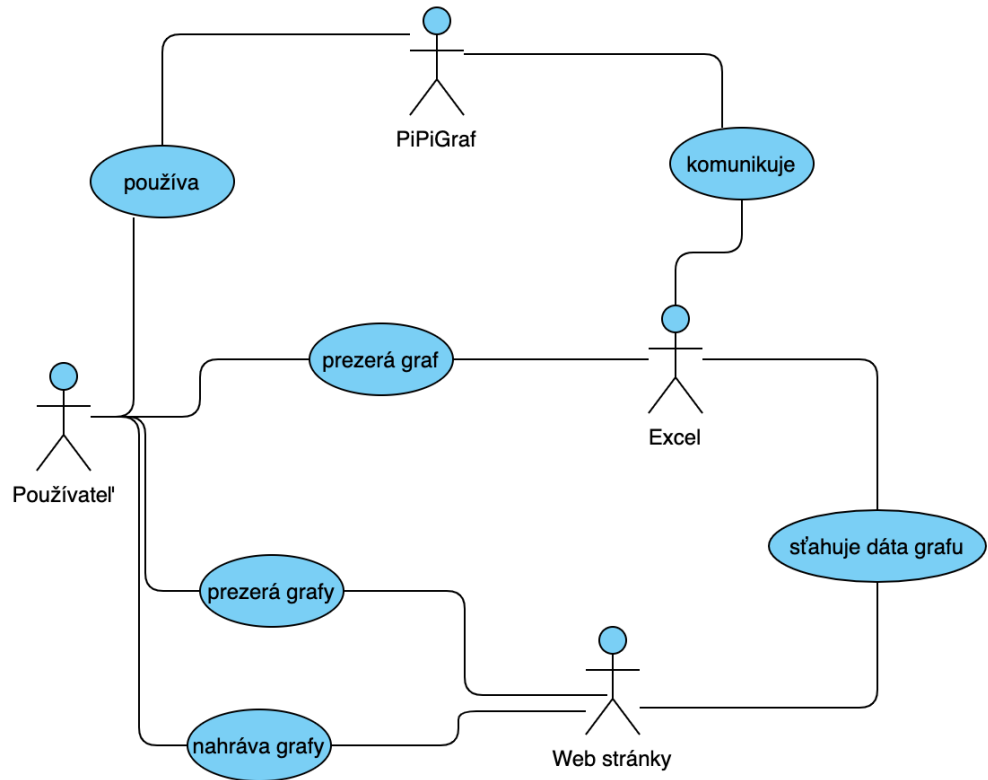
Druhou fyzickou úpravou prístroja bolo jeho rozšírenie o dve vstupno / výstupné zariadenia.

1. Touch senzor – dotykový senzor, ktorý bude slúžiť na zachytávanie funkčnej hodnoty funkcie počas behu prehrávania grafu z Excelu. Jeho prítomnosť sa na prístroji označí reliéfnym označením (O) na vrchnej strane prístroja.
2. Sirénka – výstupné zvukové zariadenie, ktoré bude slúžiť na audio odozvu užívateľovi pri pohybe potenciometrom, alebo pri zapnutí prístroja.

Tretou fyzickou zmenou na prístroji bola požiadavka na vyladenie dizajnu vonkajšieho obalu prístroja z dôvodu nedostatočnej pevnosti a príliš ostrým hranám

3.7 Návrh celku aplikácie

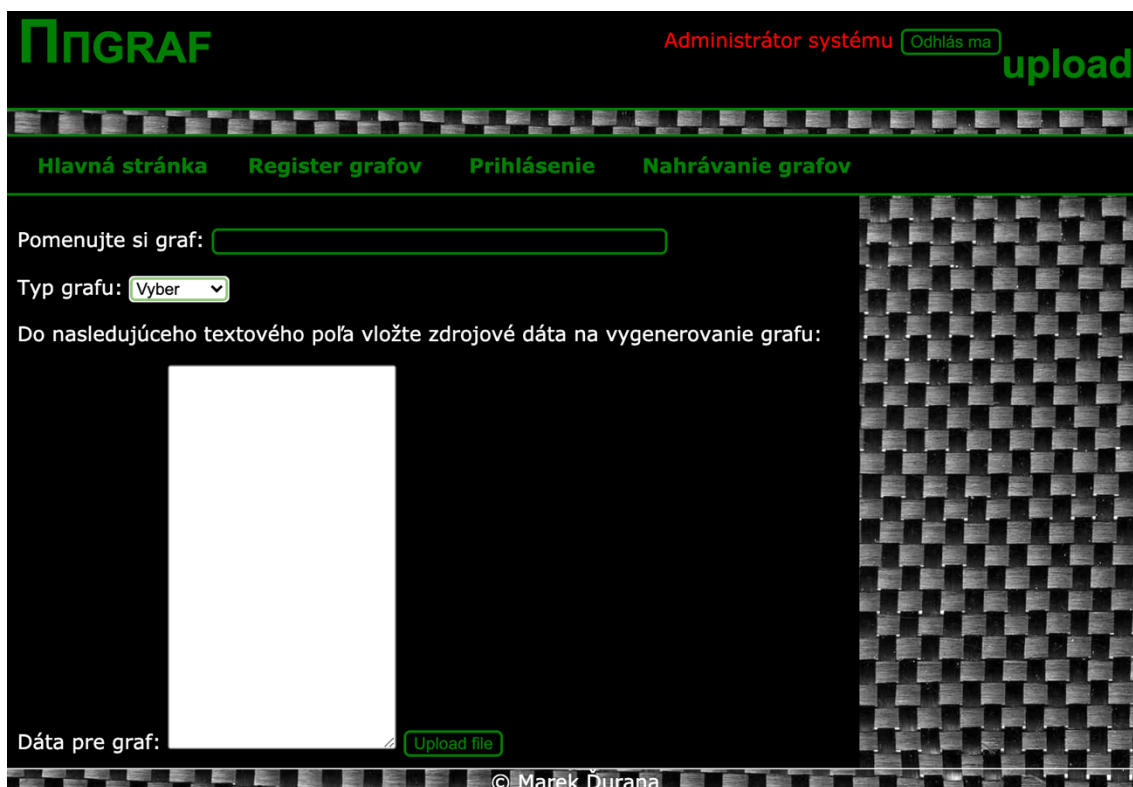
Aplikácia je rozdelená do troch samostatných komponentov, ktoré medzi sebou komunikujú, či už prostredníctvom HTTPS protokolu (Excel – web), alebo pomocou sériového portu (prístroj - Excel). Nasledujúci diagram znázorňuje jednotlivé „činnosti“, ktoré vykonávajú jednotlivé komponenty alebo užívatelia aplikácie.



Obrázok 12 aplikácia_usecase

3.8 Návrh webového rozhrania

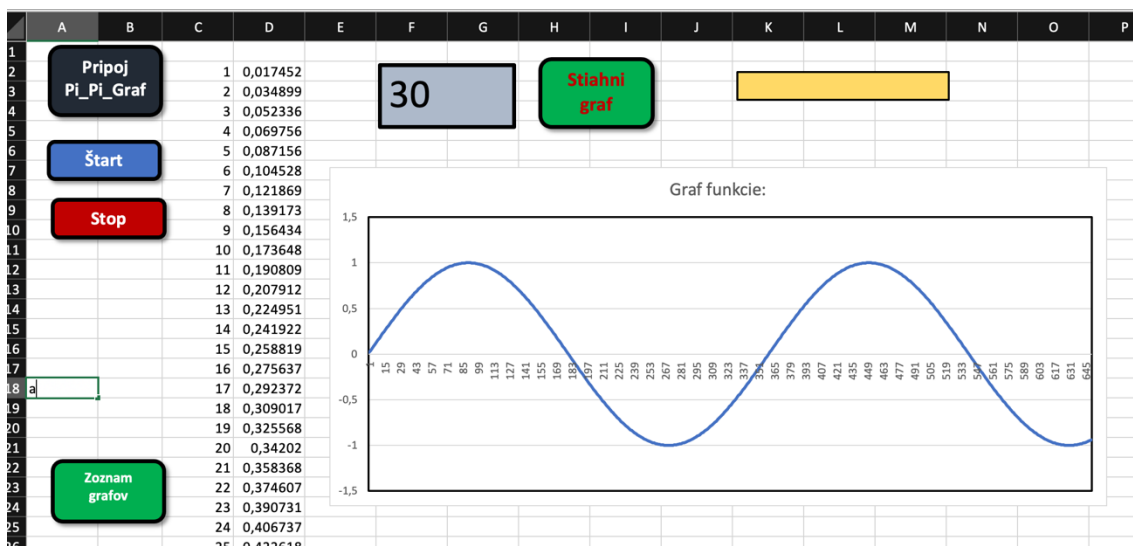
Webové rozhranie pozostáva z vyššie špecifikovaných podstránok a ich funkcionalít. Vzhľad jednej (upload) z podstránok je znázornený na nasledujúcom obrázku..



Obrázok 13 web_rozhranie

3.9 Návrh Excel rozhrania

Excel rozhranie tvorí „hub“ všetkých komponentov aplikácie. Vzhľad vyššie popísaných funkčných tlačidiel ako celku Excel rozhrania je viditeľný na nasledovnom obrázku.



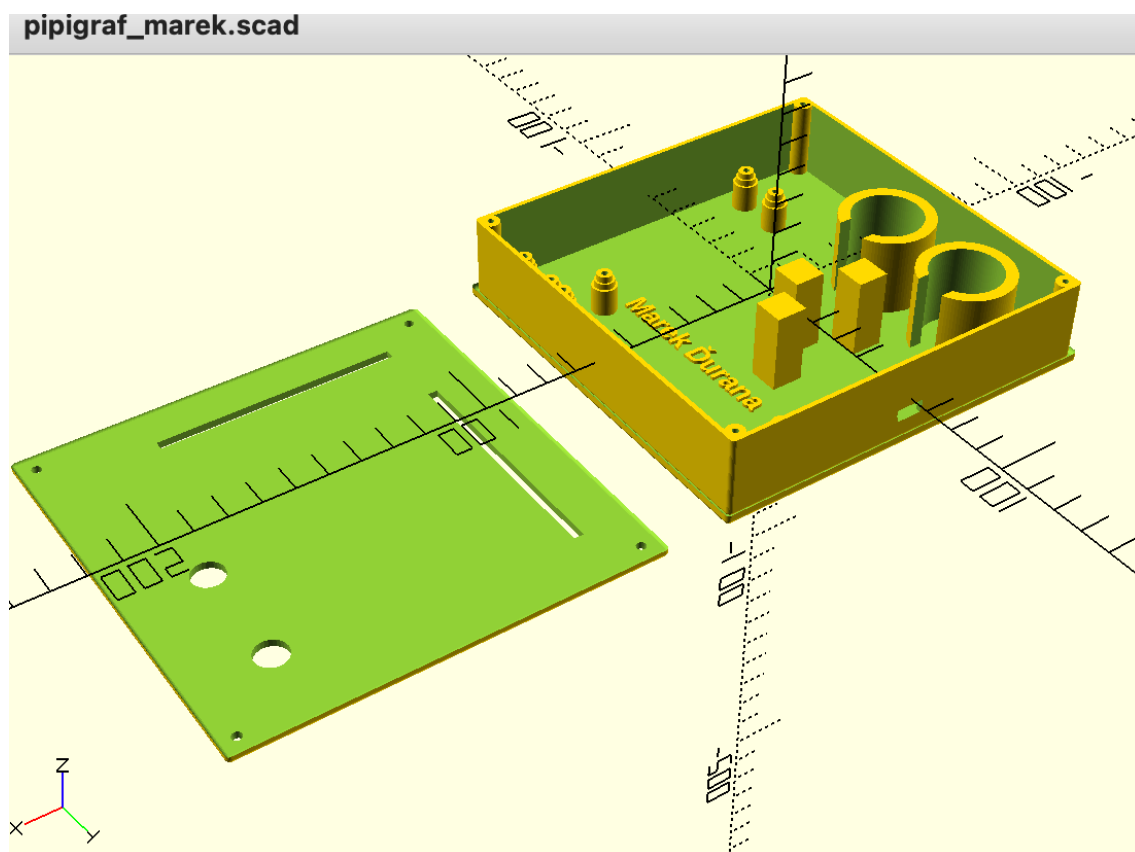
4 Implementácia

Táto kapitola približuje implementáciu častí aplikácie, podrobnejšie popisuje jednotlivé postupy a kroky vývoja.

4.1 Π graf implementácia

Zdrojový kód pôvodného prototypu prístroja na renderovanie obalu pre 3D tlačiareň bol napísaný pre Open Scad. Moja implementácia pozostáva z refraktoriácie pôvodného kódu a následne k jeho rozšíreniu o nové funkcie.

Všetky vonkajšie rohy obalu sú podľa požiadaviek zaoblené pre pohodlnejší úchop. Na túto zmenu som rozšíril kód na začiatku o modul roundedcube(), ktorá pridáva nový geometrický útvar „roundedCube“. Ide o klasický kváder s možnosťou špecifikácie oblasti hrán (premenná radius v module).

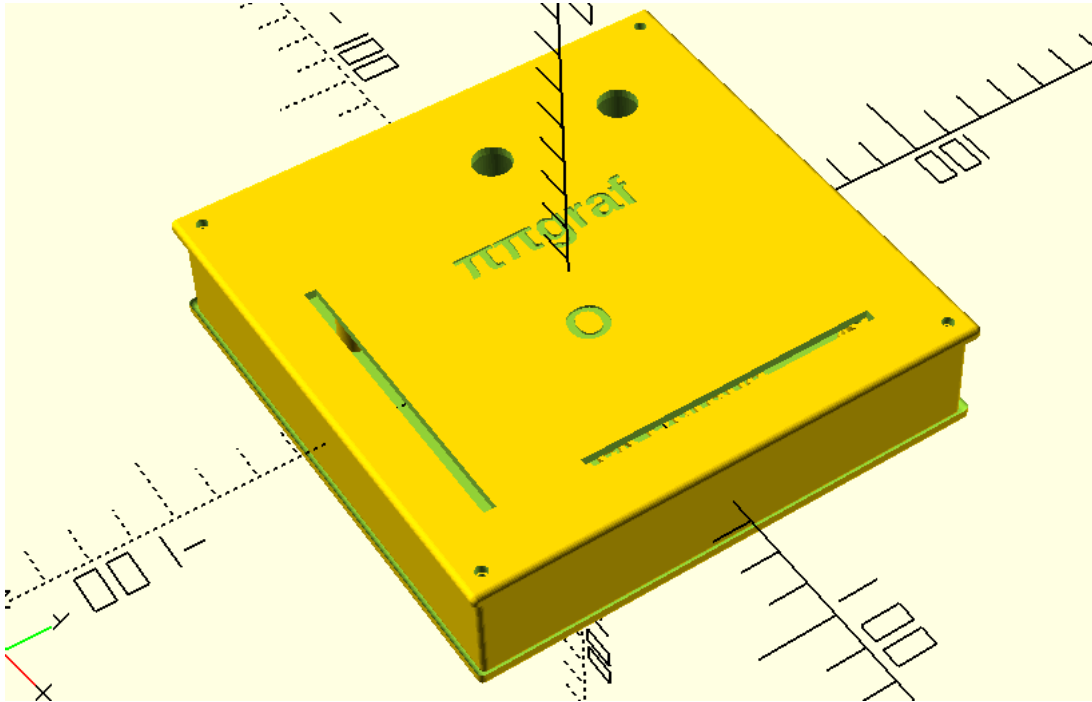


Obrázok 14 PiPiGraf_scad_náhlad

Na obrázku vyššie je možné vidieť aj novo navrhnuté otvory pre uchytenie potenciometrov. Kvôli veľkosti nových potenciometrov a pridaniu ďalších dvoch

zariadení do vnútra obalu muselo dôjsť aj k celkovému zväčšeniu, konkrétne o 1 centimeter do oboch strán (čistá výška prístroja ostala nezmenená).

Pre lepšiu odolnosť prístroja a zamedzeniu užívateľovi zasahovať do vnútra zariadenia došlo k zmene zatvárania a zmene vrchnej časti, ktorá sa v upravenom modeli upína k základni pomocou štyroch skrutiek a tak nie je možné nový prototyp bez demontáže používateľom otvoriť.

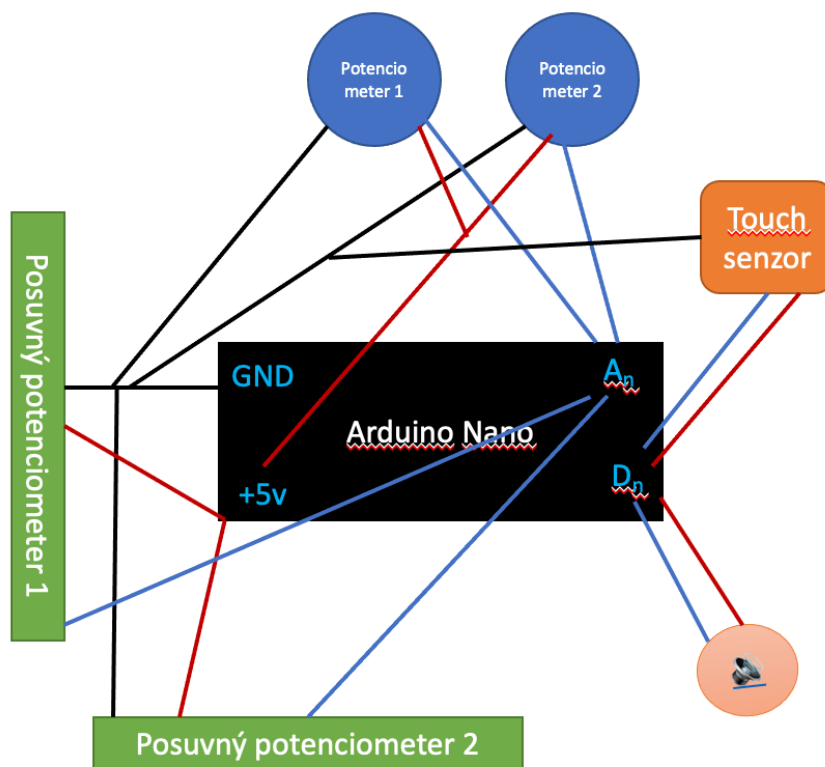


Obrázok 15 PiPigraf finálny obal

Na obrázku vyššie sa nachádza finálny model obalu prototypu, kvôli novému dotykovému senzoru je z vrchnej strany hmatom prístupné tlačidlo pre jeho ovládanie

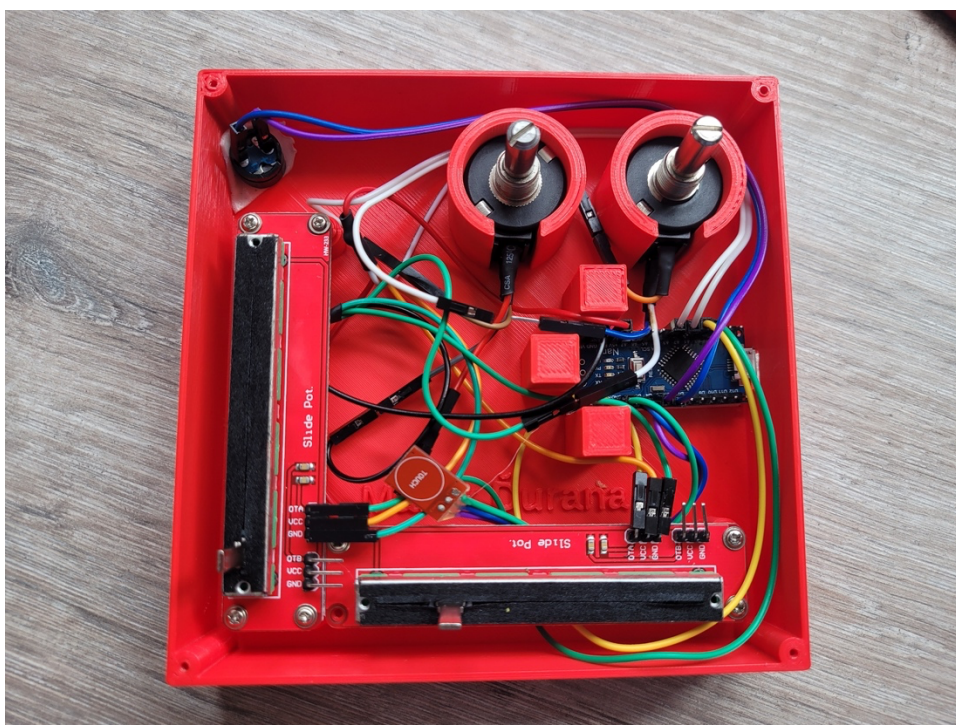
PiPigraf zapojenie

Základnou jednotkou prístroja je čip Arduino Nano, do ktorého sú pripojené všetky periférie. Štyri potenciometre, dotykový senzor a sirénku som zapojil k jednotke spôsobom, ktorý je znázornený v nasledovnej schéme.



Obrázok 16 Arduino schéma zapojenia

Funkčne zapojený prototyp pripojiteľný cez konektor micro usb 2.0 je na nasledovnom obrázku.



Arduino som naprogramoval v nástroji Arduino 1.8.14. V kóde sa prirad'ovali analógové porty potenciometrom a senzoru vstupný digitálny port. Sirénke bol priradený naopak výstupný digitálny port a doprogramované ich vypínanie. V jednotke som implementoval taktiež úvodnú znelku po pripojení prístroja k počítaču. Sirénka je naprogramovaná na odozvu o frekvencii 1000Hz a čase 400ms touch senzora. Krátky tón o frekvencii prislúchajúcej polohe potenciometra signalizuje jeho zmenu polohy.

arduino_marek

```
void loop() {
  // hodnoty potenciometrov
  int sensorValue1 = analogRead(A0); //A 4 5 6 7
  int sensorValue2 = analogRead(A1);
  int sensorValue3 = analogRead(A2);
  int sensorValue4 = analogRead(A3);
  // touch senzor
  int touchSensor = digitalRead(2);
  digitalWrite(3, HIGH);

  //ozvučenie touch senzora
  if (touchSensor > 0) {
    tone(4,1000);
    delay(400);
    noTone(4);
  }
}
```

Obrázok 17 arduino ukážka kódu

```
698 323 980 1023
698 323 980 1023
698 323 980 1023
698 324 980 1023
698 324 980 1023
698 323 980 1023
698 323 980 1023
698 323 980 1022
699 324 980 1023
698 324 980 1023
699 324 980 1023
698 324 980 1023
698 324 980 1023
698 324 980 1023
698 324 980 1023
698 324 980 1023
698 324 980 1023
699 324 980 1023
698 324 980 1023
698 324 980 1023
699 324 980 1023
(rok, typ, nazov)
```

Obrázok 18 výstup PiPigrafu v termináli

4.2 Web implementácia

Webová časť aplikácie je programovaná v jazyku HTML a PHP. Vizuálna časť je obstaraná prostredníctvom kaskádových štýlov.

Aplikácia obsahuje nasledovné súbory:

- index.php
- submit.php
- db.php
- funkcie.php
- grafy.php
- navigacia.html
- päta.html
- login.php
- uploads (dir)

Aplikácia využíva databázový systém MySQL, kde uchováva prihlasovacie údaje od používateľov a meta dáta pre nahraté grafy. Pod meta údajmi grafov rozumieme nasledovné údaje:

- identifikátor
- názov grafu
- dátum pridania
- typ grafu

Administráciu zabezpečuje prihlasovanie pomocou užívateľského mena a hesla, ktoré MySQL zašifruje pomocou funkcie MD5 (pre zabezpečenie takýchto dát dostatočne postačuje). Prihlasovanie je ošetrené proti sql injection útokom.

V priečinku uploads sa nachádzajú konfiguračné súbory s grafmi pre Excel rozhranie.

Stránky a databáza sú uložené na univerzitnom serveri Davinci.

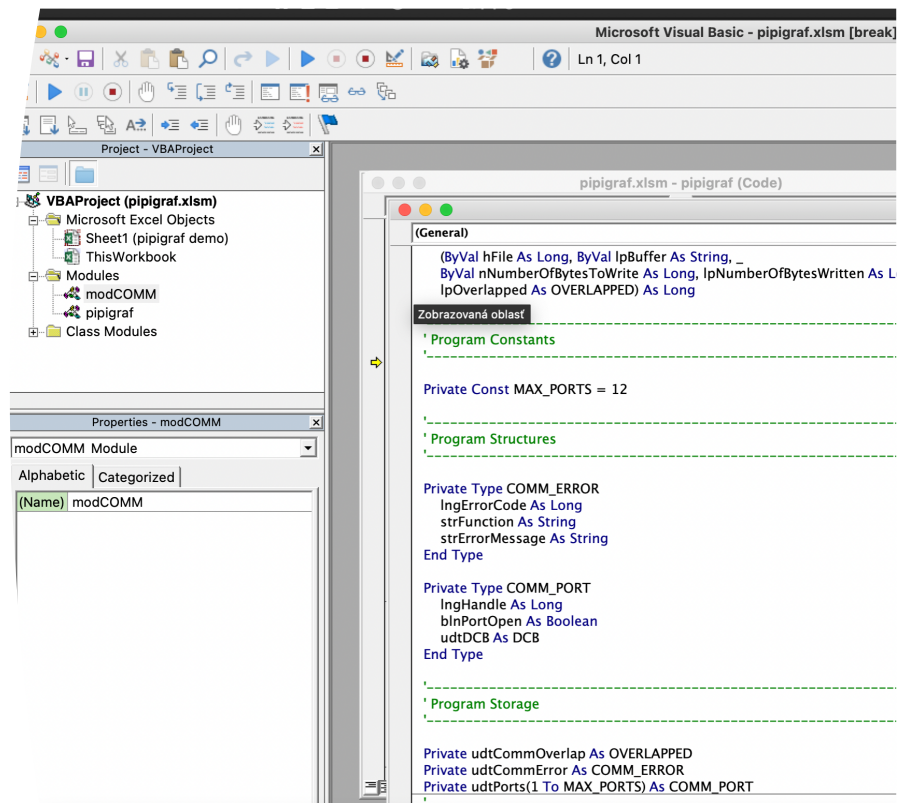
	#	Stĺpec	Typ	Zotriedenie
<input type="checkbox"/>	1	<u>id_graf</u>	tinyint(4)	
<input type="checkbox"/>	2	nazov	varchar(250)	utf8_slovak_ci
<input type="checkbox"/>	3	typ	tinyint(4)	
<input type="checkbox"/>	4	datum	timestamp	

Obrázok 19 MySQL tabuľka grafy

4.3 Excel Implementácia

Excel rozhranie je prenositeľný a voľne množiteľný súbor formátu (.xlsm), ktorý obsahuje niekoľko tlačidiel popísaných vyššie v špecifikácii, na ktoré sú naviazané jednotlivé makrá programované priamo v prostredí MS Excel v jazyku VBA. Makrá sú naprogramované na inicializáciu COM portu, kenekciiu na web server <http://www.st.fmph.uniba.sk/~durana13/graph/uploads/>, následné sťahovanie údajov, reprezentáciu údajov do Excel tabuľky, zvukový výstup a komunikáciu s potenciometrami.

V nasledujúcej ukážke je vidieť časť kódu makra na inicializáciu sériového portu.



5 Testovanie

Testovanie aplikácie som mal naplánované na dve fázy. Pod prvou fázou rozumieme testovanie u mňa a kolegov spolužiakov z katedry. Druhá fáza je testovanie aplikácie u používateľa. Táto fáza, bohužiaľ, do doby písania tohto textu nebola zrealizovaná z dôvodu dištančnej výučby žiakov a nemožnosti ich fyzickej návštevy. Keďže je nutné mať fyzicky pripojený prístroj k počítaču a až následne je možné testovať aplikáciu používateľom, je táto fáza dočasne odložená. Dovtedy plánujeme so školiteľom Mgr. Pavlom Petrovičom PhD. rozšíriť prototyp prístroja o viacero produktov aby sme pri testovaní mohli zapojiť viac žiakov.

Výsledky prvej fázy testovania:

- prístroj má nedostatočne zaoblené hrany
- vrchný nápis spoločne s označením dotykového tlačidla sú nevhodne navrhnuté pre tlač
- webové rozhranie neponúka možnosť registrácie užívateľov
- Excel rozhranie nefunguje pre koláčový typ grafov
- Excel rozhranie neponúka čítanie pre špeciálny typ grafov

Z vyššie spomínaných chýba a nedostatkov som do času písania tohto textu vyriešil chyby na modeli krabičky prístroja. Zaoblenie bolo zväčšené pomocou zmeny hodnoty radius v module roundedcube. Taktiež som zmenil vrchné písmo s tlačidlom zo záporného na kladné gravírovanie. Výhrady ohľadom nemožnosti registrácie používateľov vo webovom rozhraní beriem na vedomie. Zatiaľ nevidím dôvod rozširovať túto funkcionality, keďže sa táto aplikácia bude testovať medzi žiakmi, tak by rád ponechal možnosť administrácie grafov len vybraným učiteľom. Ostatné problémy sa mi, žiaľ, aj kvôli ich komplexnosti zatiaľ nepodarilo odstrániť.

6 Záver

Cieľom môjho zadania bolo zdokonaľiť a nadviazať na skvelý nápad môjho školiteľa Mgr. Pavla Petroviča PhD., ktorý vyvinul prístroj Ππgraf na pomoc s edukáciou grafov zrakovo postihnutým žiakom. Reprezentácia grafov takýmto študentom je ešte aj dnes vo svete moderných technológií veľké tabu. Aj keď si pomocou podporného softvéru dokážu svojpomocne akýkoľvek graf vytvoriť, žiaden známy softvér nedokáže daný graf reprezentovať späť do prístupnej, ideálne audio formy. A tak sú stále žiaci odkázaní na „staroveké“ metódy učenia hmatom s euro obalmi a kružidlami.

Podarilo sa nám uchopiť dobrý nápad a pretvoriť ho do funkčnej aplikácie, ktorá pri správnom smerovaní môže napredovať a rozvíjať sa aj ďalej. Aplikácia je síce funkčná, no ani zďaleka nie je hotová. Napadá mi už teraz veľmi veľa nových funkcionalít, o ktoré by ju bolo dobré obohatiť a tak trochu je mi ľútu, že som to nestihol počas tohto projektu.

Ππgraf 2.0 je verziu dospelejší a v ďalšej verzii by mohol byť obohatený o mp3 prehrávač, ktorý by suploval hlasový výstup počítača a obsahoval by špecifické frázy. Mohol by dostať plnohodnotné 1 otáčkové potenciometre, keďže nám sa také nepodarilo nájsť a použili sme zbytočne drahé 10 otáčkové.

Najviac inovácií by však mohlo smerovať do používateľského rozhrania, MS excel je veľmi dobrý nástroj, pretože je rozšírený takmer všade a čoho je veľa, to je ideálne vylepšovať o nové funkcie. Ako prvé by bolo dobré zdokonaľiť reprezentáciu špeciálnych grafov a zakomponovať aj mnou nevyužitý zvislý potenciometer.

7 Príloha

Príloha tejto práce je v elektronickej forme a obsahuje:

- Ππgraf webové rozhranie (PHP aplikácia)
- súbor Ππgraf.scad (dáta obalu prístroje pre 3D tlač)
- súbor Ππgraf.xlsm (excel rozhranie)
- súbor Ππgraf.ino (konfigurácia Arduino)

Súčasťou prílohy je aj fyzicky prototyp prístroja Ππgraf s dátovým USB káblom.

Použitá literatura

1. **Vášek, kap 10.2.** 1996. 1.
2. **Čajka.** 1986.
3. **Lopúchová.** 2008.
4. **NVaccess.** <https://www.nvaccess.org/>. [Online] [Dátum: 15. 2 2021.]
5. **revue, ÚNSS - Blind.** [Online] [Dátum: 3. 4 2021.] <https://blindrevue.sk/>.