

Západočeská univerzita v Plzni

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

# **DISERTAČNÍ PRÁCE**

Ing. Karel Čermák

Plzeň, 2016

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta elektrotechnická

**DISERTAČNÍ PRÁCE**

k získání akademického titulu doktor

v oboru

**ELEKTRONIKA**

Ing. Karel Čermák

Embedded platforma pro vývoj didaktických  
pomůcek

Školitel: doc. Ing. Jiří Skála, Ph.D.

Datum státní doktorské zkoušky: 7. 1. 2013

Datum odevzdání práce: 29. 9. 2016

Plzeň, 2016

## Anotace

Práce se zabývá návrhem embedded platformy pro vývoj didaktických pomůcek. Základní platforma byla vytvořena s přihlédnutím k potřebám speciálních pedagogů v oblasti specifických poruch učení. Na jejím základě lze odvozovat konkrétní didaktické pomůcky, jejichž cílem je potlačovat dílčí deficity funkcí a tím předcházet specifickým poruchám učení (dyslexie, dysgrafie atd.). K základní platformě byla vytvořena metodika, jak postupovat při odvozování konkrétní pomůcky a na dvou příkladech je tato metodika podrobněji vysvětlena. Jedna z pomůcek byla realizována a její přínos byl posouzen pomocí experimentálního šetření. Tento proces je v práci rovněž popsán. Součástí práce je i pedagogické minimum, které se vztahuje k vzniklé pomůcce.

V úvodních kapitolách je popsáno proč práce vznikla, jaký je současný stav a jsou zde definovány cíle práce. Třetí kapitola se zabývá rámcovým tématem práce, a to embedded systémy. Následuje rozbor platformy pro vývoj pomůcek. Ve čtvrté kapitole je uvedeno pedagogické minimum z oblasti rozvoje předmatematických představ u dětí předškolního věku. Pátá kapitola popisuje návrh základní embedded platformy a to jak hardware, tak software. V šesté kapitole je popsána metodika pro odvozování pomůcek a na dvou konkrétních příkladech je tato metodika podrobněji ukázána. Sedmá kapitola popisuje verifikaci pomůcky na základě experimentálního šetření. Poslední kapitola shrnuje celou práci, diskutuje splnění cílů a popisuje budoucí vývoj.

## Klíčová slova

Embedded, pomůcky, specifické poruchy učení, didaktika, předškolní věk, děti, předmatematické představy, dílčí deficity funkcí, psychika, motorika, AVR, XMEGA, RFM12B, MMA7455, Reed Muller, komunikace, SPI, I2C, USB, dálkové ovládání.

## Abstract

This thesis deals with the design of embedded platform for didactical aids development. The design was focused for special pedagogues needs in field of specific learning disabilities. On its base, the concrete didactical aids could be derived and they aim to reduce the specific learning disabilities (dyslexia, dysgraphia, etc.). With the platform, it was also made a methodology how to derive a concrete aid. This methodology was explained on two aids examples and described more in detail. One of the aids was build and its contribution to praxis was verified by the experimental research. This research is also included in this work. The pedagogical minimum that was focused on the created aid is also a part of this work.

First parts describe the topic, the present state and the goals of the thesis. Third chapter deals with the general topic of the work – embedded systems. In this part the analysis of the platforms for developing of aids is described. In the fourth part the pedagogical minimum in field of pre-mathematical imagination for preschool-age children is expanded. Fifth part deals with the design of basic embedded platform; both hardware and software were described. Sixth chapter describes the methodology of aid development. In this chapter there were two concrete aids described more in detail. The seventh chapter describes the experimental research. Last part summaries the thesis, discusses goals of the work and presents the future research.

## Keywords

Embedded, teaching aids, specific learning disabilities, didactics, preschool-age, children , pre-mathematical imagination, partial functions disorders, AVR, XMEGA, RFM12, MMA7455, Reed Muller, communication, SPI, I2C, USB, remote.

## Anmerkung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem Design einer Embedded Plattform für didaktische Hilfsmittel. Die Basisplattform wurde mit Rücksicht auf die Ansprüche der spezialisierten Pädagogen im Feld der spezifischen Lernstörungen designed. Auf dieser Basis kann man die konkrete didaktische Hilfsmittel ableiten, deren das Ziel ist die partiale Defizite der Funktionen zu unterdrücken und damit die spezifische Lernstörungen zu vorbeugen (Dyslexie, Dysgrafie usw.). Zusätzlich wurde zur Basisplattform eine Methodik erzeugt wie soll man beim Ableiten des konkreten didaktischen Hilfsmittel vorgehen und diese Methodik wurde an zwei Beispiele ausführlich erklärt. Ein Hilfsmittel wurde hergestellt und deren Beitrag wurde durch experimentale Untersuchung verifiziert. Dieser Prozess ist in dieser Arbeit auch beschrieben. Ein Bestandteil dieser Arbeit ist auch das pädagogische Minimum das mit hergestelltem Hilfsmittel zusammenhängt.

Die ersten Kapitel beschreiben das Arbeitsthema, die Arbeitsziele und gegenwärtige Situation. Dritte Kapitel beschäftigt sich mit allgemeine Themen der Arbeit nämlich Embedded Systeme. Es folgt dann die Analyse der Plattformen für Hilfsmittel Design. Im vierten Kapitel ist das pädagogische Minimum aus dem Bereich für Ausbildung der vormathematischen Vorstellung bei Vorschulkindern eingeführt. Das fünfte Kapitel beschreibt das Design der Basisembeddedplattform Hardware wie auch Software. Im sechsten Kapitel ist die Methodik für Hilfsmittel Ableitung beschrieben und auf zwei konkrete Beispiele ist die Methodik ausführlicher vorgezeigt. Siebte Kapitel beschreibt die Hilfsmittel Verifizierung auf Basis experimentale Untersuchung. Letzte Kapitel fasst die ganze Arbeit zusammen, diskutiert Ziel Erfüllung und beschreibt zukünftige Entwicklung

## Schlüsselwörter

Embedded, Hilfsmittel, spezifische Lernstörungen, Didaktik, Vorschulalter, Kinder, vormathematische Vorstellungen, partiale Defizite der Funktionen, Psyche, Motorik, AVR, XMEGA, RFM12B, MMA7455, Reed Muller, Kommunikation, SPI, I2C, USB, Fernsteuerung.

## *Prohlášení*

*Předkládám tímto k posouzení a obhajobě disertační práci v rámci doktorského studia zpracovanou na Fakultě elektrotechnické, katedře Aplikované elektroniky a telekomunikací, Západočeské univerzity v Plzni.*

*Prohlašuji, že jsem tuto práci vytvořil samostatně, s použitím literatury a pramenů uvedených v seznamu použité literatury, který je její neoddělitelnou součástí a se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů. Dále prohlašuji, že veškerý software použitý při řešení této práce je legální.*

*V Plzni dne 29. 9. 2016*

*Ing. Karel Čermák*

## Poděkování

*Touto cestou bych rád poděkoval svému školiteli doc. Ing. Jiřímu Skálovi, Ph.D. a školiteli specialistovi Ing. Petru Weisserovi, Ph.D. za odbornou pomoc při tvorbě této práce a podporu během mého studia. Dále bych rád poděkoval vedení firmy EC-elektronik s.r.o., se kterou spolupracuji již od roku 2003 v oblasti vývoje embedded zařízení, firmě FPC s.r.o. za získání cenných zkušeností s programováním jednoúčelových embedded systémů a uživatelských aplikací a firmě ZF Engineering Plzeň s.r.o., která mi umožnila získat další odborné znalosti z oblasti embedded systémů. Velké díky patří také Západočeské univerzitě, která se stala mojí Alma mater.*

*Obrovské díky patří Mgr. Pavlu Litvanovi za odbornou pomoc v částech týkajících se speciální výuky dětí se specifickými poruchami učení, který je nejen dobrým mentorem, ale zároveň dobrým zdrojem nápadů na různé speciální pomůcky.*

*Děkuji pracovníkům 81. mateřské školy v Plzni za ochotu a podporu při experimentálním šetření a všem rodičům dětí, kteří dali souhlas k provedení testu.*

*Rád bych poděkoval své partnerce, rodičům, přátelům a spolupracovníkům za podporu a důvěru. Díky patří také Ing. Matoušovi Bartlovi, Ph.D. za cenné rady a podporu a motivaci při studiu.*

*Realizace dílčích projektů byla podpořena ze Studentského grantového systému Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy: SGS-2010-037, SGS-2012-019 a SGS-2015-002*

*Děkuji!*

## Obsah

Seznam zkratk	11
Seznam obrázků a tabulek	14
1. Úvod	16
2. Současný stav a cíle práce	18
2.1. Cíle práce	19
3. Embedded systémy a netradiční interakce s uživatelem	21
3.1. Embedded systém	21
3.2. Interakce mezi systémem a uživatelem	21
3.3. Průzkum HW platformem pro tvorbu pomůcek	22
3.3.1. Počítač	22
3.3.2. Herní konzole	23
3.3.3. Tablet	23
3.3.4. Embedded počítač	24
3.3.5. Vlastní hardware	24
3.4. Závěr	24
4. Pedagogické minimum	25
4.1. Úvod	25
4.2. Předškolní věk	26
4.2.1. Motorický vývoj	26
4.2.2. Psychický vývoj	26
4.2.3. Školní zralost	26
4.3. Předmatematické představy	27
4.4. Rámcově vzdělávací program pro předškolní vzdělávání (RVP PV)	27
4.4.1. RVP PV a jeho členění	27
4.4.2. Konkretizované očekávané výstupy RVP PV	28
4.5. Deficity dílčích funkcí a specifické vývojové poruchy učení	30
4.5.1. Specifické vývojové poruchy učení – stručná charakteristika	30
4.5.2. Dílčí funkce a vliv jejich deficitů	31
5. Embedded platforma pro vývoj pomůcek	32



5.1. Specifikace platformy.....	32
5.2. Návrh hardware – blokové schéma.....	33
5.2.1. Základní návrh jednotlivých bloků .....	35
5.3. Úplné schéma zapojení.....	42
5.4. Deska plošných spojů.....	44
5.5. Programové vybavení .....	45
5.5.1. Seznam hotových programových modulů.....	45
5.6. Dálkové ovládání.....	55
5.6.1. Dálkového ovládání do ruky .....	56
5.6.2. Dálkové ovládání z počítače.....	58
5.7. Počítačový program.....	59
5.8. Závěr.....	60
5.8.1. Shrnutí vlastností embedded platformy .....	60
6. Metodika pro odvození vlastní pomůcky z embedded platformy .....	62
6.1. Úvod.....	62
6.2. Pomůcka pro nácvik prostorové orientace .....	62
6.2.1. Návrh pomůcky .....	63
6.2.2. Závěr .....	66
6.3. Pomůcka pro rozvoj předmatematických představ .....	67
6.3.1. Návrh pomůcky .....	67
6.4. Závěr.....	71
7. Experimentální ověření pedagogického přínosu pomůcky .....	72
7.1. Úvod.....	72
7.2. Charakteristika experimentu.....	72
7.3. Dílčí hypotézy a cíle výzkumného šetření .....	72
7.4. Charakteristika výzkumného souboru.....	73
7.5. Test předmatematických představ.....	74
7.5.1. Příprava před testem .....	75
7.5.2. Obecné zásady pro hodnocení a komunikaci.....	75
7.5.3. Rozbor testu.....	75
7.5.4. Hodnocení testu .....	78
7.6. Analýza získaných dat.....	80

---

7.6.1.	Pretest.....	80
7.6.2.	Rozdělení do skupin.....	81
7.6.3.	Nácvik s pomůckou.....	86
7.6.4.	Posttest.....	89
7.6.5.	Srovnání skupin.....	90
7.7.	Účinek nácviku s pomůckou.....	94
7.8.	Validita a reliabilita předmatematického testu.....	95
7.9.	Závěr.....	96
8.	Závěr práce.....	98
	Zhodnocení.....	98
	Hlavní přínosy práce.....	99
	Směry dalšího zkoumání.....	100
	Seznam použité literatury.....	101
	Seznam autorových publikovaných prací.....	104
	Seznam příloh.....	106

## Seznam zkratk

<b>AD</b>	Analog to Digital	Analogově digitální
<b>ARM</b>	Advanced RISC Machine	Počítač s redukovanou instrukční sadou vyvinutý firmou ARM Holdings
<b>AVR</b>		Rodina 8bitových a některých 32bitových mikročipů firmy Atmel
<b>CD</b>	Compact disk	Optické médium
<b>CRC</b>	Cyclic Redundancy Check	Typ detekčního kódu využívaného v digitální technice
<b>DMA</b>	Direct Memory Access	Přímý přístup do paměti
<b>DPS</b>		Deska plošných spojů
<b>ECC</b>	Error Correcting Code	samoopravný kód
<b>EEPROM</b>	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory	Elektricky smazatelná a programovatelná paměť
<b>EMI</b>	Electromagnetic interference	Elektromagnetická interference
<b>FPGA</b>	Field Programmable Gate Array	Programovatelný logický obvod na bázi vyhledávacích tabulek
<b>FSK</b>	Frequency Shift Keying	Způsob modulace signálu využívající pro stanovení logické úrovně změnu frekvence nosné
<b>FW</b>	Firmware	Vnitřní program mikropočítače
<b>GNU</b>	GNU's Not Unix	Projekt zaměřený na svobodný software, inspirovaný operačními systémy unixového typu

---

<b>GPL</b>	General Public License	Všeobecná veřejná licence
<b>HW</b>	Hardware	Elektrické/fyzické vybavení
<b>I<sup>2</sup>C</b>	Inter-Integrated Circuit	Multi-master sériová sběrnice vytvořená firmou Philips
<b>I/O</b>	Input Output	Vstupně výstupní
<b>ISM</b>	Industrial, Scientific and Medical	Rádiové pásmo pro průmysl, vědu a medicínu
<b>JTAG</b>	Join Test Action Group	Standardní rozhraní pro testování a programování elektronických komponent definované normou IEEE 1149.1
<b>LED</b>	Light Emitting Diode	Světlo-emitující dioda
<b>MCU</b>	Microcontroller unit	Pracovní jednotka mikropočítače
<b>MEMS</b>	Micro Electro Mechanical Systems	Spojení integrovaných obvodů a mikro-mechanických struktur na jednom čipu
<b>MIT</b>	Massachusetts Institute of Technology	
<b>MŠ</b>		Mateřská škola
<b>OLED</b>	Organic light-emitting diode	Typ displeje, který využívá technologii organických luminiscenčních diod
<b>PC</b>	Personal Computer	Osobní počítač
<b>PDI</b>	Program and Debug Interface	Rozhraní pro externí programování a ladění firmy Atmel
<b>PV</b>		Předškolní vzdělávání

---

<b>QFN</b>	Quad-flat no-leads	Typ zapouzdření integrovaného obvodu
<b>RGB</b>	Red Green Blue	Označení barev červená, zelená, modrá
<b>RVP</b>		Rámcově vzdělávací program
<b>RM</b>	Reed Muller	
<b>SOC</b>	System On Chip	Systém různých elementů na jednom křemíkovém čipu
<b>SPI</b>	Serial Peripheral Interface	Sériová synchronní sběrnice pro přenos dat
<b>SPU</b>		Specifické poruchy učení
<b>SW</b>	Software	Programové vybavení
<b>UART</b>	Universal Asynchronous Receiver and Transmitter	Asynchronní sériové rozhraní mikrokontroléru
<b>USART</b>	Universal Synchronous / Asynchronous Receiver and Transmitter	Univerzální synchronní a/nebo asynchronní sériové rozhraní mikrokontroléru
<b>USB</b>	Universal Serial Bus	Sériová sběrnice pro připojení externích zařízení k počítačům

## Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1: Blokové schéma embedded platformy.....	33
Obrázek 2: Pouzdro mikrokontroléru ATxmega32.....	36
Obrázek 3: Popis vývodů mikrokontroléru.....	37
Obrázek 4: Úplné schéma bloku mikrokontroléru.....	38
Obrázek 5: Blokové schéma DC/DC konvertoru.....	39
Obrázek 6: Modul RFM12B.....	39
Obrázek 7: Úplné schéma bloku bezdrátové komunikace.....	40
Obrázek 8: Pouzdro akcelerometru MMA7455.....	41
Obrázek 9: Úplné schéma bloku snímače polohy.....	41
Obrázek 10: Rozložení součástek na DPS.....	44
Obrázek 11: Osazená DPS a distribuční krabička.....	44
Obrázek 12: Blokové schéma dálkového ovládání.....	56
Obrázek 13: Pouzdro mikrokontroléru ATTiny24.....	57
Obrázek 14: Schéma zapojení projektu V-USB.....	59
Obrázek 15: Základní okno počítačového programu.....	60
Obrázek 16: Náčrt pomůcky pro nácvik prostorové orientace.....	63
Obrázek 17: Blokové schéma pomůcky pro nácvik prostorové orientace.....	64
Obrázek 18: Schéma rozšíření obvodů pro pomůcku pro nácvik prostorové orientace... 65	65
Obrázek 19: Vývojový diagram programu pomůcky pro nácvik orientace.....	66
Obrázek 20: Stavový diagram pomůcky pro rozvoj předmatematických představ.....	67
Obrázek 21: Blokové schéma pomůcky pro rozvoj předmatematických představ.....	69
Obrázek 22: Vizualizace pomůcky.....	69
Obrázek 23: Realizovaná pomůcka.....	70
Obrázek 24: Stavový diagram power-on self-testu.....	71
Obrázek 25: Sada čísel pro test.....	74
Obrázek 26: Graf - výsledky pretestu.....	81
Obrázek 27: Graf Mann-Whitney U testu.....	85
Obrázek 28: Graf - výsledky posttestu.....	90
Obrázek 29: Graf - Srovnání experimentální skupiny.....	91
Obrázek 30: Graf - Srovnání kontrolní skupiny.....	91
Obrázek 31: Záběr z průběhu experimentálního šetření.....	96

Tabulka 1: Popis hodnotících koeficientů .....	79
Tabulka 2: Zpracované výsledky úkolů – pretest.....	80
Tabulka 3: Rozdělení probandů kategorie B (předškoláci).....	82
Tabulka 4: Rozdělení probandů kategorie E (mladší 5 let). ....	83
Tabulka 5: Konečné rozdělení probandů do testovaných skupin. ....	84
Tabulka 6: Charakteristika dětí v experimentální skupině – X.....	86
Tabulka 7: Charakteristika dětí v kontrolní skupině – Y.....	86
Tabulka 8: Zpracované výsledky úkolů – posttest.....	89
Tabulka 9: Wilcoxonův test – Experimentální skupina .....	93
Tabulka 10: Wilcoxonův test – Kontrolní skupina.....	93
Tabulka 11: Rozdíl známek obou skupin.....	97

## 1. Úvod

*„Specifické poruchy učení znesnadňují dětem získávání požadovaných vědomostí a dovedností nejen na základní škole, ale často i na dalších stupních vzdělávání. V dospělosti mohou přetrvávající poruchy učení bránit ve výběru zaměstnání a kvůli svým dopadům na psychiku jedince sekundárně ovlivňují i pracovní a osobní vztahy“ (1)*

*„Specifické vývojové poruchy učení bývají definovány jako neschopnost naučit se číst, psát a počítat pomocí běžných výukových metod za průměrné inteligence a přiměřené sociokulturní příležitosti. V současné době se děti s touto poruchou také označují jako žáci se speciálními vzdělávacími potřebami, což jejich problematiku vystihuje svým způsobem nejlépe, protože kromě reedukace jejich poruch je často nutné i použití jiných výukových metod, speciálních pomůcek a způsobů hodnocení.*

*Specifické vývojové poruchy učení jsou specifické jednak z hlediska etiologie (příčin vzniku), jednak z hlediska svých projevů. Tyto poruchy jsou vrozené nebo získané v raném dětství. Vznikají určitým poškozením v období před narozením, při narození a časně po narození dítěte. Určitou roli zde hraje i dědičnost, případně kombinace dědičnosti a výše uvedených obtíží. Někdy je etiologie neznámá nebo nepříliš jasná. Uvádí se souvislost s lateralizací, s poruchou spolupráce mozkových hemisfér nebo i s neurohumorální činností mozku, případně s poruchami vývoje dítěte.“ (1)*

*„Metody a postupy reedukace specifických poruch učení mohou těmto dětem pomoci rychleji a snadněji překonat jejich obtíže a tím eliminovat nebo zmírnit výše uvedené negativní dopady nejen na jejich školní úspěšnost. Velmi důležité je proto včasné rozpoznání a diagnostika specifických poruch učení, na jejímž podkladě je třeba adekvátně zvolit reedukační postupy. Vzniku specifických poruch učení lze však také předejít vhodnými preventivními opatřeními realizovanými v předškolním věku dítěte.“ (1)*

Rámcovým tématem mého doktorského studia jsou *Embedded systémy a jejich netradiční interakce s uživatelem*. Protože embedded systémy se dnes rozšířily téměř do všech oblastí lidského života, zaměřil jsem se na netradiční způsoby výuky dětí, konkrétně na hledání řešení, která pomohou předcházet specifickým poruchám učení (SPU). V posledních letech se do školství dostává stále více moderních informačních technologií, ať už jsou to interaktivní tabule nebo moderní výpočetní technika. S jejich pomocí lze modernizovat učební postupy nejen v oblasti



specifických poruch učení, ale i v běžné výuce. Některé pomůcky však nelze jednoduše nahradit aplikacemi a výpočetní technikou. Konkrétní pomůcky jsou uchopitelné, hmatatelné, mají určité materiálové vlastnosti, které jsou také důležité ve světě poznání a v průběhu vývoje dítěte. Například nelze nahradit dřevěné kostky plochou obrazovkou tabletu, který dřevěné předměty promítá.

Hlavním tématem této disertační práce je vytvoření embedded platformy jako základ pro tvorbu různých elektronických pomůcek, které naleznou uplatnění v pedagogice. Práce je rozdělena do několika kapitol. Nejprve je zhodnocen současný stav problematiky a stanovení cílů práce. V následujících kapitolách je uveden pedagogický základ vztahující se ke vzniku elektronické platformy a metodika k odvozování pomůcek z této platformy. Dále je provedeno experimentální šetření jedné z odvozených pomůcek a posouzen její přínos v praxi. V závěru je práce zhodnocena.

## 2. Současný stav a cíle práce

Pro práci s dětmi, které jsou postiženy specifickými obtížemi, je možné využít celou řadu terapeutických postupů a metod, například rehabilitace, kompenzace, psychoterapie kognitivně-behaviorální terapie a další. (2) Při těchto postupech jsou často využívány nejrůznější pomůcky. Nejčastěji se jedná o různé obrázky, texty, tabulky, deskové hry, dále mechanické a sportovní pomůcky apod. V poslední době je možné seznamy rozšířit o pomůcky na bázi informačních technologií.

Informační a multimediální technologie nabízí mnohé možnosti jak v diagnostice, tak v reedukaci a dají se využít i ve speciálně vzdělávacích oblastech pedagogiky. Od roku 2005 jsou navíc zařazeny do *Rámcového vzdělávacího programu (RVP)* ve vzdělávací oblasti *Informační a komunikační technologie*. Tato oblast je především zaměřena na dosažení základní úrovně počítačové gramotnosti. Informační technologie však nejsou jen doménou zdravých jedinců, ale dotýkají se žáků se speciálními vzdělávacími potřebami, například žáků s narušenou komunikační schopností, se sluchovým a zrakovým postižením, žáků s lehkým, středním i těžkým mentálním postižením, žákům s poruchou autistického spektra atd. Pro ně je soustavně tvořeno mnoho interaktivních a výukových programů a her. Informační technologie jsou postupně dodávány do škol a jejich využívání se neustále zvyšuje. Po počítačích se začaly do škol dodávat další technologie, jako interaktivní tabule a dataprojektory, dotykové počítače či monitory, tablety, chytré telefony i herní konzole. (3) Ve svém článku (A5) popisují návrh netradiční interaktivní tabule s využitím ovladače od herní konzole Nintendo Wii.

Popsané pomůcky jsou převážně využívány v oblasti reedukace. Tyto pomůcky slouží k rozvoji příslušných kognitivních a intelektových funkcí zejména v oblasti zrakové a sluchové percepce, k rozvoji pozornosti, hrubé a jemné motoriky, pravolevé orientaci, matematických představ apod. Další oblastí, kde je možné nasadit různé pomůcky, je oblast pedagogické diagnostiky. „Cílem speciálněpedagogické diagnostiky je stanovení diagnózy ve smyslu nalezení příčin obtíží dítětem, které se stávají východiskem pro pedagogické vedení a působení.“ (2) K diagnostice slouží různé metody a testy. Existují i *metody přístrojové*, kam patří například vyšetření sluchu *audiometrem*, *tapping*, který se uplatňuje při zkoušce laterality, *mozaikový tachistoskop* apod. I do oblasti diagnostiky proniká počítačová technika, která má uplatnění jak v diagnostice, tak při různých formách následné speciálněpedagogické péče. (2)

Oblast jednoúčelových elektronických pomůcek je však skromná. Přitom mohou vyplnit mezeru mezi mechanickými pomůckami (které jsou hmatatelné a uchopitelné) a pomůckami z řad informačních technologií (které přináší vysoký výkon v oblasti zpracování dat). Drobná elektronika je do školního prostředí nasazována spíše v oblasti hraček, dále různých programovacích nástrojů nebo nově v oblasti robotiky. Jako příklad je možné uvést například projekt *Ozobot* (4), který je v poslední době nejmenším zástupcem v oblasti robotiky pro děti. Uvedená zařízení jsou však určena pro starší žáky a předpokládá se jen minimální dopad na oblast SPU. Ze starších elektronických pomůcek, které jsou v oblasti SPU využívány, je možné jmenovat například *Bzučák*, používaný k nácviku sluchové percepce, zejména k nácviku různé délky hlásek.

Ze zahraničních zdrojů je možné uvést elektronickou kostku *A cube to learn* (5) z Mnichovské univerzity. Jedná se o dřevěnou kostku, která na stěnách obsahuje malé displeje a uvnitř je zabudovaná elektronika. Na displejích je možné zobrazovat černobílé textové, nebo obrázkové informace a spolu s vnitřním programem vytvořit pomůcku – hru pro děti. Tato práce jasně ukazuje na to, že hra se zařízením děti baví a ani si neuvědomují, že rozvíjí nějaké dovednosti. I tříleté dítě dokázalo bez problémů ovládat toto zařízení. Tato elektronická pomůcka má však svá omezení v použitelnosti a dalším rozšíření, proto jsem tento projekt využil jako inspiraci pro vytvoření vlastní elektronické platformy, ze které je možné odvozovat nejrůznější elektronické pomůcky. Práce s takovou pomůckou probíhá v prostoru a tímto způsobem je možné vytvořit mnoho zajímavých úloh. Naproti tomu práce s obrazovkou je pouze dvourozměrná.

## 2.1. Cíle práce

Na základě prozkoumání současného stavu na poli elektronických pomůcek v oblasti speciální pedagogiky a s přihlédnutím ke studovanému oboru jsem se rozhodl vytvořit univerzální výchozí platformu jako základ pro vývoj pomůcek, ze které je možné odvozovat konkrétní didaktické pomůcky. Ty je možné následně uvést do pedagogické diagnostiky i do oblasti reedukace. V podobě vývojového HW je určena především pro vývojáře elektronických zařízení, kterým poskytuje základní platformu včetně předpřipraveného programového vybavení. V podobě „zabudované“ do hotových pomůcek by měla být určena také pedagogům nebo rodičům, kteří by mohli adaptovat vnitřní programy pomocí počítačového softwaru.

Hlavní cíl: Vytvořit embedded platformu pro vývoj pomůcek pro děti předškolního věku jako součást korekce specifických poruch učení.

Dílčí cíle: Navržený HW vyrobí a ověří jeho funkčnost pomocí testovacího FW. Na základě základní platformy vyvinout konkrétní pomůcku, otestovat její funkčnost, definovat metodiku práce s touto pomůckou a ověřit její přínos.

Z navržené platformy je možné odvodit mnoho didaktických pomůcek, avšak jak již bylo zmíněno v úvodu, specifickým poruchám je možné předcházet preventivními opatřeními v předškolním věku dítěte. Této oblasti je proto věnována pedagogická část, jejíž prostudování je nutné ke správnému uchopení problému. Cílem této práce je vytvořit univerzální výchozí platformu jako základ pro vývoj pomůcek, ze které je možné odvozovat konkrétní didaktické pomůcky. Vznik takovéto pomůcky však nespočívá pouze ve vytvoření hardwaru a softwaru, ale je nutné také navrhnout správnou metodiku práce s pomůckou a ověřit její přínos v praxi. Proto je i této oblasti věnovaná jedna z kapitol.

Předkládaná práce popisuje v jednotlivých kapitolách poznatky z oboru embedded systémů, pedagogiky se zaměřením na předmatematické představy u dětí předškolního věku, cíleného vývoje hardware a software a experimentálního šetření přínosu vzniklé pomůcky. Třetí kapitola vysvětluje pojem *Embedded systém* a využití takového systému k tvorbě základní platformy. Ve čtvrté kapitole jsou popsány základní informace z oblasti pedagogiky, které jsou nutné k pochopení problematiky při vývoji a odvozování vlastních pomůcek pro děti předškolního věku s SPU. Tato část je zestručněna na nejdůležitější oblasti a tvoří tzv. pedagogické minimum. Pátá kapitola je kapitolou stěžejní. Zabývá se vývojem základní platformy pro odvozování pomůcek. Protože nedílnou součástí vývoje hardware embedded systému je i software, je v této kapitole prezentováno i programové vybavení a způsob jeho využití při dalším vývoji. Následující kapitola popisuje proces odvození definované didaktické pomůcky včetně návrhu metodiky použití a experimentálního šetření přínosu takovéto pomůcky. V poslední kapitole je tato práce shrnuta, je diskutováno splnění cílů a popsán další budoucí vývoj.

Splnění vytyčených cílů vyžaduje znalosti z oblasti návrhu elektronických zařízení podle zadaných kritérií, kreslení schémat, návrhu desek plošných spojů, mechanické zručnosti a znalosti programování testovacího a finálního softwaru. Po prostudování pedagogických částí a oblasti tvorby metodických postupů je nutné navrhnout experimentální šetření, získat pro něj vzorek respondentů a správně analyzovat získaná data.

### 3. Embedded systémy a netradiční interakce s uživatelem

#### 3.1. Embedded systém

Rámcovým tématem této disertační práce jsou Embedded systémy a netradiční způsoby interakce s uživatelem. Definice takového systému zpravidla začíná slovy „Je to elektronika všude kolem nás...“. V podstatě jde o jednoúčelový systém, kde je řídicí elektronika zabudovaná přímo do zařízení, které ovládá a koná konkrétní činnost (na rozdíl od univerzálních počítačů jako je PC) (6).

Za historicky první embedded počítač se považuje naváděcí počítač pro kosmickou loď Apollo, který byl vyvinut Charlesem Stark Draperem v přístrojové laboratoři na MIT. K dnešním embedded počítačům patří například bankomaty, řídicí jednotky automobilů, elektronika v bílé technice, herní konzole, síťové komunikační prvky atd. (7).

#### 3.2. Interakce mezi systémem a uživatelem

Interakci (vzájemné působení) mezi embedded systémem a uživatelem můžeme rozdělit podle směru, kterým působí – na interakci uživatele se systémem a na interakci systému s uživatelem. Tato definice může být později použita pro stanovení vstupů (snímačů) a výstupů (akčních členů) embedded systému.

Zdravý člověk má 5 základních smyslů, kterými dokáže vnímat své okolí – zrak, sluch, čich, hmat a chuť. Máme tedy několik způsobů, jak člověku předat od embedded systému nějakou informaci. Mezi tradiční způsoby patří vizuální odezva systému na nějakou akci uživatele: rozsvícení kontrolky, vypsání textu na display zařízení, změna grafiky či textu na obrazovce apod. Dalším velmi častým způsobem je akustická odezva, například varovný zvukový signál, zahrání nějaké melodie apod.

Za netradiční způsoby lze považovat využití čichu a chuti. Existuje několik projektů, které se tímto způsobem zabývají, nebo zabývaly. Příkladem mohou být Piessovy čichové varhany z r. 1922. Problém s čichem je ale v tom, že pachy nelze dost dobře kontrolovat, především rychle je eliminovat. Zatímco světlo nebo zvukový signál je možné okamžitě vypnout, čichový vjem z nějakého pachu nelze okamžitě změnit nebo zastavit. S chutí je to podobné jako s čichem.

V dnešní době se čím dál více využívá hmatová odezva (haptic feedback) v různých systémech, přičemž v běžném životě je hmat pro člověka důležitý a neustále využívaný. Do embedded systémů se hmatová odezva začala implementovat hlavně s příchodem různě velkých dotykových obrazovek, kde stisk nějakého tlačítka nebo ovladače je realizován dotekem na skleněnou plochu panelu a uživatel náhle přichází o hmatový vjem „stisku“ tlačítka. Cítí pouze dotek prstu na obrazovku, nicméně bez dalšího smyslu není schopen poznat, zda systém informaci o doteku získal a dále ji zpracovává, či nikoliv. V případě dotykových obrazovek bez hmatové odezvy nastupuje zrak, který sleduje, zda se v systému něco odehrává. Příkladem může být grafická reprezentace stisknutého tlačítka nebo změna nějakého symbolu apod. Pokud je ale systém zaneprázdněn a včas nezareaguje na uživatelský požadavek, může uživatel nabýt dojem, že ke stisku nedošlo a často svůj pokus o stisk zopakuje. Systém však v tu chvíli může zareagovat na dvojitý stisk a uživatel rychle ztrácí důvěru k dalšímu ovládání.

Hmatová odezva je tedy v interaktivních embedded systémech velmi důležitá a ve svých projektech se jí snažím důsledně uplatňovat

### 3.3. Průzkum HW platform pro tvorbu pomůcek

V této kapitole bude popsáno, jaké jsou obecné možnosti při tvorbě pomůcek pro děti s poruchami učení.

#### 3.3.1. Počítač

V dnešní době má převážná většina rodin počítač doma, a proto se děti s počítačem setkávají již v útlém věku. Nejčastějšími programy, se kterými se děti setkávají, jsou počítačové hry. Herní průmysl nabízí široké spektrum her i pro ty nejmenší děti. Některé hry jsou výukové, většina je (bohužel) orientovaná spíše na akci. Za největší nevýhodu počítače lze považovat jeho jednotvárnost a omezený prostor kolem něj. Části, se kterými přijde dítě do styku, jsou především klávesnice, myš a monitor. K tomu není problém dokoupit či vytvořit nějaký interaktivní herní ovladač připojitelný k počítači nebo notebooku. Používání například bezdrátového ovladače před počítačem ale velice omezuje možnosti pohybu dítěte. Například předpažení rukou je velice namáhavé, hlavně pro nejmenší děti, a je tedy nevhodné pro delší výuku.

### 3.3.2. Herní konzole

Problém prostoru do jisté míry řeší herní konzole, které umožňují připojení k televizoru. Díky tomu je prostoru pro „hru“ mnohem více. Nejvýznamnější producenti herních konzolí rychle přišli na to, že zapojením celého těla do hry se nejen hry ztraktivní, ale člověk místo klasického sezení před obrazovkou protáhne své tělo.

Důležitým kritériem pro tvorbu komplexního interaktivního výukového zařízení je možnost připojení k televizoru (v domácnosti) nebo k projektoru s plátnem větších rozměrů (ve škole). Moderní televizory a také projektory dnes mají implementované VGA rozhraní. Převod na signál PAL a/nebo SECAM lze jednoduše vytvořit z VGA signálu pomocí modulátoru. Výsledné zařízení by se tedy mohlo podobat herní konzoli – malá černá skříňka obsahující veškerá nutná rozhraní a obsluhující nějakou výukovou herní aplikaci.

Je logické, že vytvářet zařízení, která již byla vytvořena, je neefektivní. Prozkoumal jsem tedy možnosti použití dostupných herních konzolí a jen náklady vynaložené pouze na tvorbu SW (her, aplikací) bohužel převyšují cenu vlastního HW. Nejen, že ceny vývojových nástrojů jsou vysoké, někteří výrobci konzolí také požadují zázemí stabilního producenta počítačových nebo konzolových her. Proto jsem tento způsob opustil a nebudu se jím dále zabývat.

### 3.3.3. Tablet

V poslední době se staly tablety dostupné pro širokou veřejnost. Protože jde o počítač kompaktních rozměrů s dotykovou obrazovkou, je možné jej použít k naprogramování zajímavých výukových programů a her. Oproti počítači je lehký a snadno přenositelný. Dnes se rozšiřuje i do oblasti reedukace a rehabilitace vrozených poruch komunikace a k osobám s tělesným, zrakovým, sluchovým a motorickým postižením.

Na trhu se již objevily tablety specializované pro výuku. Dobrým příkladem může být projekt einstein™ Tablet+<sup>1</sup>. Od obyčejného tabletu se výrazně liší především svou odolností proti zničení a implementací nejrůznějších senzorů, které pokrývají širokou oblast výuky především přírodovědných disciplín. Nalezneme zde například sensor teploty, srdečního tepu, intenzity světla apod. Tento tablet také získal řadu světově uznávaných ocenění.

---

<sup>1</sup> <http://einsteinworld.com/>

### 3.3.4. Embedded počítač

Pro tvorbu komplexního výukového zařízení vyhoví celé spektrum embedded počítačů různých platforem a architektur. Výběr se zúží, pokud definujeme některá přísná kritéria, především cenu vynaloženou jak na zařízení, tak na vývoj, dlouhodobou dostupnost a technickou podporu.

Jednou z možností je použití nějakého levného embedded počítače. Při tom je nutné se kromě ceny zajímat i o předpokládanou dobu výroby. Současný HW se velice rychle zdokonaluje a často se stává, že je jeho výroba brzy ukončena nebo vyprší doba, po kterou bude zaručena technická podpora a dostupnost tovaru. Dále by výkonný embedded počítač musel být zpravidla rozšířen o další vlastní HW (převodníky, výkonové budiče apod.).

### 3.3.5. Vlastní hardware

Další možností je kompletní vytvoření vlastního HW. Vytvoření zařízení typu „herní konzole“ není pro jednoho člověka jednoduše dosažitelné – musel by se sestavit vývojový tým z řad návrhářů HW, které by se parciálně zabývaly některou z částí systému. Pro tento případ jsem prostudoval několik zajímavých obvodů, z kterých by bylo možné toto zařízení vytvořit. Nejvíce mne zaujaly obvody firmy Actel. Její rodina produktů SmartFusion kombinuje FPGA, ARM CortexM3 procesor a programovatelnou analogovou část na jednom čipu (SOC). Tato architektura obsahuje mnoho periférií a je vhodná jak pro zpracování digitálních, tak i analogových signálů. Díky přítomnosti FPGA je možné programově vytvářet vlastní logiku, což se hodí například pro zpracování obrazu. Výrobce poskytuje velmi levný vývojový kit (HW). Vývojové prostředí pro tvorbu programů včetně překladače je zdarma. Kompletní specifikaci produktů řady SmartFusion lze nalézt na webových stránkách výrobce (8).

## 3.4. Závěr

S přihlédnutím k dosavadnímu průzkumu platforem bych k tvorbě složitější výukové pomůcky volil cestu vývoje na hotovém embedded počítači. Pro jednodušší pomůcky nebo nějaké jednoúčelové přístroje bych volil použití jednočipového mikropočítače a soustředil se na co nejjednodušší a nejlevnější řešení. Vzniká tím značná variabilita dílčích řešení šitá na míru aktuální potřebě pomůcky. Toto řešení navíc nabízí naprostou kontrolu nad HW a SW.



## 4. Pedagogické minimum

### 4.1. Úvod

Pedagogická část obsahuje pouze informace, které přímo souvisejí s problematikou navrhované platformy pro didaktické pomůcky. Protože pomůcky, které z této platformy vniknou, mohou pokrývat široké spektrum z *Konkretizovaných očekávaných výstupů uvedených v Rámcovém vzdělávacím programu pro předškolní vzdělávání (RVP PV), Vzdělávací oblast 5.2.2 Poznávací schopnosti (9)*, byla po konzultaci se speciálním pedagogem vybrána Pomůcka pro rozvoj předmatematických představ, která by měla být kompletně realizována, a se kterou bude později provedeno experimentální šetření. Proto je pedagogické minimum zaměřeno primárně na tuto oblast.

Pojem matematické představy skrývá mnoho schopností, dovedností a vědomostí, které si dítě v předškolním věku potřebuje osvojit, aby mělo dobrý základ pro vstup na základní školu. Úroveň rozvoje motoriky ovlivňuje to, jak je dítě schopno manipulovat s předměty pro vnímání velikosti, tvaru a jeho polohy v prostoru. Správné vnímání zmiňovaných vlastností předmětu je předpokladem úspěšného osvojení pojmů a souvislostí v oborech geometrie a aritmetiky. Uspořádání prostoru těsně souvisí s vnímáním času a časové posloupnosti, což pomáhá v orientaci jak rozlišit příčinu a následek. Úroveň zrakového vnímání má vliv na schopnosti rozlišit část od celku. Stejně tak sluchové vnímání a vnímání rytmu ve své pravidelnosti a opakovatelnosti s odlišnou délkou. To vše pomáhá dítěti určovat množství, porovnávat, třídít a následně zařadit. Také předčíselné představy jsou velmi potřebné k chápání číselné řady. K osvojení zmíněných schopností je potřebná nejen koncentrace, ale také nezbytná krátkodobá paměť, která se významně podílí na zapamatování sluchových podnětů.

V pedagogické části je nutné věnovat se charakteristice probandů, tedy předškolnímu věku a pojmu školní zralosti. Pomůcka se bude zabývat problematikou předmatematických, předčíselných a geometrických představ, které jsou zakotveny v *Rámcově vzdělávacím programu předškolního vzdělávání*. Proces osvojení a aplikace uvedených představ nezřídka naráží na problém spojený s deficitem dílčích funkcí, které mají podíl na problematice specifických vývojových poruch učení. Jejich etiologie byla již popsána v úvodu této práce. Na teoretickou část navazuje část praktická. V ní je použita forma testu v pedagogickém výzkumu. Výzkum je rozložen do tří částí: pretest – nácvik – posttest. Na výzkum navazuje ověření přínosu a závěr.

## 4.2. Předškolní věk

Předškolní věk začíná od tří let věku a končí v šesti až sedmi letech, tedy nástupem do základní nebo speciální školy. Zde se zaměříme na oblasti vývoje, které souvisí s předmatematickými představami.

### 4.2.1. Motorický vývoj

V předškolním období se zlepšuje koordinace jednotlivých pohybů, které jsou již přesnější, cílenější a rytmičtější. Při pohybových aktivitách si dítě uvědomuje nejen své okolí, ale také svoji polohu vzhledem k prostředí (10). Rozvoj jemné motoriky, především grafomotoriky, je důležitý s ohledem na přípravu vstupu dítěte do školy. Grafomotorika se rozvíjí v závislosti na mnoha psychomotorických funkcích, na mentální vyspělosti dítěte, zrakovém a prostorovém vnímání, lateralitě, paměti, pozornosti a významný vliv má především u jemné a hrubé motoriky (11). Velice důležitou aktivitou pro vytváření matematických představ zůstává manipulace s předměty spojená s verbálními podněty. (12)

### 4.2.2. Psychický vývoj

Nejdůležitějším poznávacím procesem v tomto období je vnímání. Tento psychický proces je vázán na smyslové poznávání. Vnímání je globální a začíná si všímat detailů. Rozvíjí se zraková a sluchová diferenciací (13). Dítě se učí postihovat prostorové a časové, matematické a kauzální vztahy a souvislosti. Myšlenkové operace jako analýza a syntéza, komparace, generalizace a třídění, abstrakce a konkretizace se zlepšují (14). Paměť je v předškolním věku názorná, dítě si zapamatuje především události z konkrétní činnosti (15). Pozornost je přelétavá, začínají se objevovat první náznaky záměrné pozornosti, vyžaduje to však usměrnění a vynaložení značného úsilí (16). Hra jako hlavní činnost dítěte je účinným pomocníkem výchovy a vzdělávání, stává se náročnější na motorickou obratnost, vnímání a jejich vzájemnou koordinaci. Myšlení je nápaditější, složitější, postupem času více zahrnuje sociální vztahy a kooperaci (12).

### 4.2.3. Školní zralost

Školní zralost je jedním z předpokladů přijatelného zvládnutí role školáka. Jde především o určitou úroveň zralosti centrální nervové soustavy, která se projevuje změnou celé reaktivity dítěte, zvýšenou odolností k zátěži a schopností koncentrace pozornosti (17).

### 4.3. Předmatematické představy

*"Předmatematické představy jsou jednou z oblastí, které žák potřebuje dobře ovládat před nástupem do 1. třídy, aby se mohl úspěšně naučit počítat. Nejedná se o mechanické počítání na prstech, ale o rozvíjení představy o množství, porovnávání, práce s pojmy a vztahy, třídění dle určitých kritérií a tvoření skupin, uspořádání a řazení prvků.*

*Oblast předmatematických představ můžeme rozdělit na jednotlivé kategorie, které žák potřebuje mít dobře osvojené:*

- *představa o množství (počítání předmětů v dané skupině),*
- *porovnání, práce s pojmy a vztahy (malý – velký, hodně – málo, menší – větší apod.),*
- *třídění dle určitých kritérií a tvoření skupin (podle druhu, barvy, velikosti, tvaru),*
- *uspořádání, řazení prvků (seřadí tři prvky podle velikosti, pojmenuje nejmenší – největší apod.)." (18)*

### 4.4. Rámcově vzdělávací program pro předškolní vzdělávání (RVP PV)

#### 4.4.1. RVP PV a jeho členění

RVP PV<sup>2</sup> je od roku 2004 závazně platný dokument pro mateřské školy, podle kterého si vytvářejí a realizují vlastní vzdělávací program. RVP PV je uspořádán do pěti vzdělávacích oblastí:

1. **Dítě a jeho tělo** (oblast biologická)
2. **Dítě a jeho psychika** (oblast psychologická)
3. **Dítě a ten druhý** (oblast sociální)
4. **Dítě a společnost** (oblast interpersonální)
5. **Dítě a svět** (oblast environmentální)

Na základě opatření ministra školství s platností od 1. 9. 2012 jsou součástí RVP PV tzv. *Konkretizované výstupy*, které rozpracovávají a zpřesňují jednotlivé očekávané výstupy v rámci vzdělávacích oblastí v RVP PV. Matematické představy nejsou vymezeny v samostatném oddíle. Jejich rozvoj je soustředěn v kapitole 5.2 RVP *Dítě a jeho psychika*, podoblast 5.2.2 RVP

---

<sup>2</sup> RVP PV je dostupný z pramenu (9)

*Poznávací schopnosti a funkce, představivost a fantazie, myšlenkové operace.* Tato podoblast se dále dělí na:

1. **Vnímání**
2. **Pozornost, soustředění, paměť**
3. **Tvořivost, vynalézavost, fantazie**
4. **Rozlišování obrazných a grafických symbolů, grafické vyjadřování**
5. **Časoprostorová orientace**
6. **Základní předmatematické představy, početní a číselné pojmy a operace**
7. **Řešení problémů, učení**

#### 4.4.2. Konkretizované očekávané výstupy RVP PV

Pro příklad je zde vhodné uvést ty z *Konkretizovaných očekávaných výstupů uvedených v RVP PV Vzdělávací oblast 5.2.2 Poznávací schopnosti*, které didaktická pomůcka vzniklá na platformě v kapitole 5 bude ovlivňovat přímo v testování a ty, které má potenciál ovlivňovat.

##### **Vnímání**

- rozlišit zvuky a známé melodie, rozlišit a napodobit rytmus
- rozlišit tvary předmětů, základní geometrické tvary, základní barvy (červená, modrá, žlutá)
- odhalit podstatné a nepodstatné znaky, charakteristické znaky předmětů, osob, zvířat
- správně reagovat na světelné a akustické signály
- rozlišit hmatem vlastnosti předmětu, určit tvar, materiál, počet, velikost

##### **Pozornost, soustředění, paměť**

- nenechat se vyrušit – neodbíhat od činnosti, pracovat v klidu
- dokončit hru i rozdělanou činnost
- udržet pozornost i při méně atraktivních činnostech
- uposlechnout pokynu dospělého a řídit se jím
- záměrně si zapamatovat a vybavit viděné a slyšené
- pamatovat si postup řešení

**Tvořivost, vynalézavost, fantazie**

- obohacovat hru podle své představivosti a fantazie
- dokreslit (doplnit) chybějící části, provést obměnu

**Rozlišování obrazných a grafických symbolů, grafické vyjadřování**

- rozlišit některé jednoduché obrazné symboly, piktogramy a značky, umět je používat (například číst piktogramy, pochopit obrázkové čtení)
- rozpoznat některé grafické znaky s abstraktní podobou (například znát nějaké číslice, písmena)
- sledovat očima zleva doprava a dle potřeby i zprava doleva, případně i v dalších směrech, jmenovat objekty zleva doprava, vyhledat první a poslední objekt ve skupině, vést čáru zleva doprava, shora dolů
- napodobit základní geometrické znaky a tvary (čára svislá, čára vodorovná, křížek vlnovka, kruh, čtverec, obdélník, trojúhelník atd.)
- poznat některé hudební znaky (například houslový klíč, znak noty atd.)

**Časoprostorová orientace**

- rozlišovat vpravo – vlevo na vlastním těle, s oporou o nějaký předmět
- rozlišovat a používat základní prostorové pojmy (například dole, nahoře, uprostřed, před, za, pod, nad, uvnitř, vně, u, vedle, mezi, nízko, vysoko, na konci, na kraji, vpředu, vzadu, blízko, daleko, dopředu, dozadu, nahoru, dolů) a těchto pojmů běžně užívat
- rozlišovat vzájemnou polohu dvou objektů
- orientovat se v řadě (například první, poslední, uprostřed)
- orientovat se v prostoru podle slovních pokynů
- rozlišovat základní časové údaje, uvědomit si plynutí v čase

**Základní předmatematické představy, početní a číselné pojmy a operace**

- rozpoznat geometrické tvary – čtverec, kruh, trojúhelník, obdélník
- rozumět a používat základní pojmy označující velikost (malý – velký, větší – menší, nejmenší – největší, dlouhý – krátký, vysoký – nízký, stejný)

- porovnat a uspořádat předměty dle stanoveného pravidla (například od nejmenšího k největšímu, poznat, co do skupiny nepatří), třídit předměty minimálně dle jednoho kritéria (například roztřídit knoflíky na hromádky dle barvy, tvaru, velikosti)
- orientovat se v číselné řadě 1 – 10, vyjmenovat ji, porovnat, že 5 je více než 4, chápat číslo jako počet prvků
- posoudit početnost dvou souborů a určit počet do 6 (například o kolik je více a o kolik je méně, kde je stejně)
- chápat, že číslovka označuje počet (například 5 je prstů na ruce, 5 je kuliček)
- chápat jednoduché souvislosti, nacházet znaky společné a rozdílné, porovnat dle společných či rozdílných znaků (například vybrat všechny předměty vyrobené ze dřeva, zobecňovat, vybrat ovoce, zeleninu, hračky, nábytek, dopravní prostředky atd.), řešit jednoduché labyrinty, rébusy a hádanky

### **Řešení problémů, učení**

- jednoduchý problém vyřešit samostatně i ve spolupráci s kamarády, při složitějších se poradit, postupovat podle pokynů a instrukcí
- verbalizovat myšlenkové pochody, přemýšlet nahlas, popsat, jak problém či situaci řešit

Zbylé *Konkretizované výstupy související se Vzdělávací oblastí 5.2.2 Poznávací schopnosti* jsou uvedeny v příloze J této práce.

## **4.5. Deficity dílčích funkcí a specifické vývojové poruchy učení**

### **4.5.1. Specifické vývojové poruchy učení – stručná charakteristika**

*„Specifické poruchy učení nepříznivě ovlivňují vzdělávací i osobnostní rozvoj dětí ve školním věku a mají vliv i na jejich celoživotní orientaci a adaptaci ve společnosti. Mají rozličnou etiologii mimointelektového charakteru, která však negativně ovlivňuje i rozvoj kognitivních a intelektových funkcí. Proto je důležité, abychom u dětí vědomě tyto funkce rozvíjeli.“ (19)*

#### 4.5.2. Dílčí funkce a vliv jejich deficitů

Předmětem pedagogického zájmu je rozvíjet **kognitivní** (vestibulární, taktilní, kinestetické, zrakové a sluchové percepce) a **racionálně-kognitivní** procesy (vnímání, pozornost, paměť, zpracování a osvojování podnětů, včetně pronikavosti porozumění situaci). Podle toho se pak odvíjí pomůcky, které se v rámci své disertační práce snažím vytvořit.

A. Kucharská na základě V. Pokorné, která vychází z B. Sindelarové, dělí deficity dílčích funkcí takto<sup>3</sup>:

##### **Dílčí funkce v oblasti sluchu:**

- rozlišování figury a pozadí (sluchová pozornost)
- diferenciací hlásek
- sluchová paměť (pamatovat si obsah i formu toho, co slyšíme).

##### **Dílčí funkce v oblasti zraku:**

- rozlišování pozadí a figury (zraková pozornost)
- diferenciací tvaru
- zraková paměť (zapamatovat si více zrakových vjemů).

**Dílčí funkce v oblasti orientace v prostoru** – nahoře, dole, vpředu, vzadu, atd.

**Dílčí funkce v oblasti schématu těla** – například jaká bota patří na pravou / levou nohu.

**Dílčí funkce seriality** – neschopnost dodržet postup různých úkonů, neschopnost popisovat události.

**Dílčí funkce intermodality** – unikání souvislosti, neschopnost vnímat důsledky chování, život v přítomnosti.

Deficity dílčí funkce v oblasti zraku, sluchu, orientace v prostoru, vnímání schématu těla a seriality se odrážejí v procesu učení.

Na specifických poruchách učení mají deficity dílčích funkcí také podíl. Pokorná říká, že koncepce deficitů dílčích funkcí, jako celostní funkční systém Brigitte Sindelarové, řeší i otázku heterogenního obrazu specifických poruch učení. (21)

---

<sup>3</sup> Vybrané části ze sborníku (20)

## 5. Embedded platforma pro vývoj pomůcek

Jádrem této práce je vytvoření univerzální elektronické platformy, ze které mohou být následně odvozeny jednoúčelové didaktické pomůcky nejen pro děti předškolního věku. Tyto pomůcky mohou být použity k nácvičku dle určité metodiky, která by měla s každou takto odvozenou pomůckou vzniknout. Vytvořená platforma poskytuje pouze základní sadu nástrojů a vlastností, které jsou v této kapitole popsány. Aby mohla vzniknout cílená pomůcka, je nutné základní platformu rozšířit o další prvky, jako jsou například budiče LED matic, displeje, senzory apod. Naopak základní platforma obsahuje nejčastěji využitelné komponenty, které je možné při odvozování vlastní pomůcky buď využít, nebo zcela vyloučit. Vznikne tím jednoúčelové zařízení s cíleným použitím a definovanými vlastnostmi. Kromě reedukačních pomůcek je možné zkonstruovat také pomůcky diagnostické.

### 5.1. Specifikace platformy

Na základě zkušeností s embedded systémy, prozkoumání především RVP PV a konzultacemi se speciálními pedagogy, byla definována následující specifikace platformy:

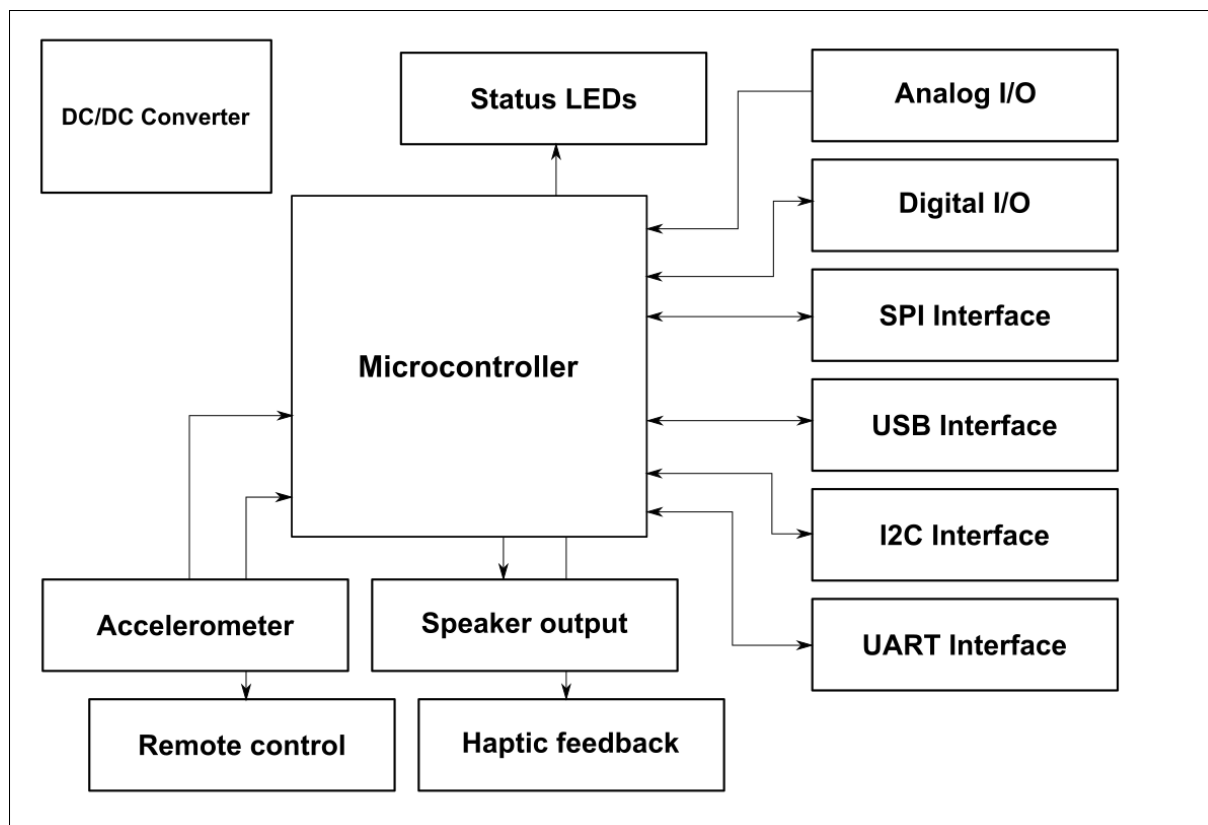
#### ***Vlastnosti***

- malé rozměry, zabudovatelné do různých mechanických modelů
- odolnost, robustnost
- napájení z baterií, úsporné režimy, battery management
- hmatová odezva – možnost vibrace celého předmětu
- ruční dálkové ovládání a/nebo bezdrátová komunikace s počítačem
- zvukový výstup – přehrávání zvuků, melodií, podpora zvukových vjemů
- optická signalizace stavu
- informace o poloze / natočení pomůcky
- rozšiřitelnost o další senzory a akční členy
- dlouhodobá dostupnost komponent na trhu



## 5.2. Návrh hardware – blokové schéma

Na základě specifikace z kapitoly 5.1 bylo vytvořeno schéma elektroniky, která bude tvořit univerzální rozšiřitelnou platformu spolu se základními funkčními prvky. Blokové schéma je zobrazené na obrázku 1. Každý blok na obrázku vyjadřuje jeden funkční prvek, který lze při odvozování pomůcky použít, modifikovat nebo vyřadit.



Obrázek 1: Blokové schéma embedded platformy

### ***DC/DC Converter***

Spínaný zdroj, který bude efektivně převádět široké vstupní napětí na konkrétní napětí pro elektroniku. Díky tomu lze připojit baterie nebo akumulátory o různém jmenovitém napětí.

### ***Status LEDs***

LED diody, které bude možné využít pro indikaci stavu zařízení nebo pro potřeby ladění programu.

### ***Microcontroller***

Řídící obvod, který po naprogramování bude ovládat celé zařízení.

***UART Interface***

Asynchronní sériové rozhraní, které bude možné využít samostatně, nebo jej lze přidáním vhodného budiče rozšířit na standardní rozhraní RS232.

***Digital I/O***

Digitální vstupy a výstupy mikrokontroléru.

***Analog I/O***

Analogové vstupy, které jsou připojeny k AD převodníku mikrokontroléru a analogové výstupy, které jsou vyvedeny z DA převodníku.

***USB Interface***

USB rozhraní bude možné využít pro komunikaci s PC a pro programování a ladění firmwaru.

***I2C Interface***

Dvoudrátové synchronní sériové rozhraní I2C bude možné využít pro komunikaci se senzory, paměťmi a dalšími obvody vybavenými tímto rozhraním.

***SPI***

Třídrátové synchronní sériové rozhraní SPI pro komunikaci s různými obvody, které toto rozhraní implementují.

***Remote control***

Obvod dálkového ovládání. Tento obvod bude zajišťovat komunikaci s dálkovým ovladačem a/nebo s počítačem.

***Accelerometer***

Jedná se o snímač zrychlení. Díky tíhovému zrychlení Země je možné tento obvod využít také ke snímání polohy (natočení) zařízení. Toho bude možné využít například při řešení speciálních úkolů, které vyžadují umístit pomůcku do určité polohy nebo pro počítačovou vizualizaci pohybu pomůcky v prostoru.

***Speaker output***

Zvukový výstup bude možné využít například pro nácviky rytmů, hledání nebo poznávání melodií, generování zvuků zvířat apod.

***Haptic feedback***

Hmatová odezva bude generována v podobě vibrací celého zařízení a může předat zpětnou vazbu například o správnosti natočení pomůcky, správné nebo špatné odpovědi apod.

### 5.2.1. Základní návrh jednotlivých bloků

Základním stavebním kamenem je mikrokontrolér firmy Atmel z rodiny AVR. Konkrétně byl zvolen ATXMEGA32A4U-MH. Ten je vybaven mnoha periferiemi a konfigurovatelným počtem I/O linek. Osahuje několik vnitřních rozhraní, z nichž některé budou využity přímo pro blok UART, SPI, I2C a USB Interface. Blok Analog I/O je vybaven jedním výstupem z DA převodníku s rozlišením 12bitů a dvěma vstupy AD převodníku také s 12bitovým rozlišením. Blok Digital I/O obsluhuje 8 digitálních linek, konfigurovatelných jako vstupy nebo výstupy. Dále je nutné podotknout, že tento mikrokontrolér umožňuje použít svá komunikační rozhraní také jako digitální vstupy/výstupy. To znamená, že při nedostatku volných digitálních vývodů je možné využít další vývody na nevyužitých komponentách.

Následující čtyři bloky vznikly s předpokladem, že se budou často do výukových pomůcek implementovat. Proto bylo vhodné je připravit jako hotová řešení. Jejich návrh vychází především z požadavku zadání a lze je buď použít, nebo úplně vyřadit (nevyužít). Nicméně jak již bylo řečeno, jejich ovládací signály je možné využít jako další digitální vstupy/výstupy. Pro komunikaci s počítačem nebo s dálkovým ovladačem byl vytvořen blok *Remote control* sestávající z bezdrátového modulu RFM12B firmy HOPE MICROELECTRONIC. *Hmatová odezva* je realizovaná pomocí budiče a vibračního motoru, který je původně určen do mobilních telefonů. *Zvukový výstup* je vytvořený pomocí budiče a piezo měniče. *Polohu (natočení) pomůcky* lze vyhodnotit tříosým akcelerometrem MMA7455LT firmy Freescale.

Zařízení bude napájeno nejčastěji z baterie. Dovolенý rozsah napětí je omezen použitím měniče na 4,5V – 40V. Maximální výstupní proud zdroje činí 0,5A. Protože jsou mikrokontrolér a ostatní integrované obvody napájeny napětím 3,3V, byl do zařízení navržen regulátor napětí, zde kvůli vyšší účinnosti spínaný měnič typu Step-down.

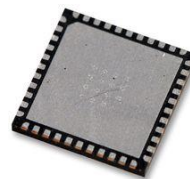
Katalogové listy ke všem součástkám je možné opatřit ze stránek jednotlivých výrobců. Ty důležité jsou také na příloženém CD. Úplné schéma embedded platformy předkládám v příloze A. Čtyři základní obvody jsou podrobněji popsány v následujících odstavcích.

## **Mikrokontrolér**

S mikrokontroléry řady AVR od firmy Atmel mám dlouholeté zkušenosti. Rodina mikrokontrolérů XMEGA nabízí výkonné jádro AVR a mnoho periférií, které zvětšují univerzálnost použití pro vývoj. Konkrétní typ ATXMEGA32A4U-MH byl zvolen jednak z hlediska dostatečného počtu IO linek a velikosti programové (FLASH) a pracovní (RAM) paměti, jednak pro přítomnost USB rozhraní přímo na čipu. Z hlediska úspory místa na desce plošných spojů byl zvolen mikrokontrolér v 44 vývodovém pouzdře QFN. Výhodou této rodiny mikrokontrolérů je, že ve stejném pouzdře jsou k dispozici různé velikosti programové, pracovní a EEPROM paměti. Při nedostatku místa pro program (nebo naopak přebytku), je možné zvolit jinou variantu mikrokontroléru a všechny ostatní vlastnosti obvodu zůstanou zachovány. Vývojové prostředí dává výrobce k dispozici zdarma.

### **Vybrané části specifikace mikrokontroléru ATXMEGA32A4U<sup>4</sup> :**

- Organizace paměti Flash: 32k x 8bit
- Kapacita paměti EEPROM: 1024B
- Kapacita paměti SRAM: 4096B
- Max. frekvence taktování: 32MHz
- Rozsah pracovního napětí: 1.6 ÷ 3.6V
- Počet IO linek: 34
- Počet kanálů PWM: 16
- Počet 16-bitových čítačů: 5
- Periférie a rozhraní: ADC, CRC, DMA, SPI, USB



Obrázek 2: Pouzdro mikrokontroléru ATXmega32.

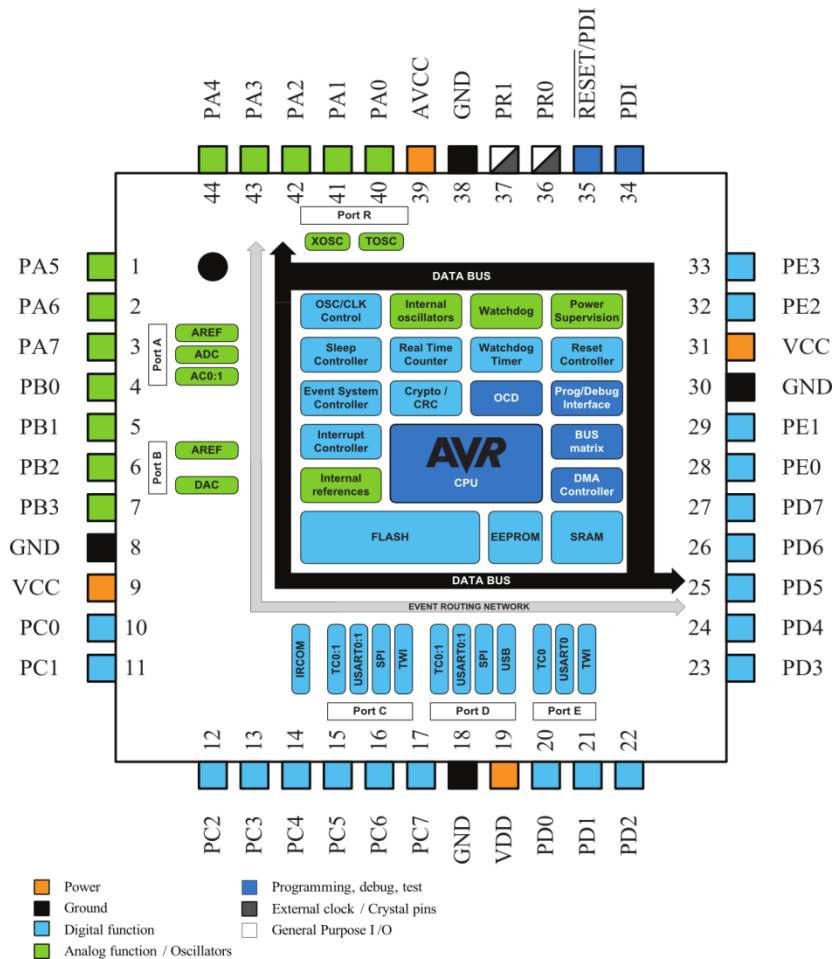
Tento konkrétní typ byl volen také z hlediska předpokládané velikosti programu. Programování firmwaru je možné pomocí USB s využitím interního bootloaderu nebo pomocí PDI nebo JTAG rozhraní. Zdrojem taktovacích hodin pro mikrokontrolér bude vnitřní oscilátor.

Na obrázku 3 je grafické znázornění využití jednotlivých vývodů mikrokontroléru<sup>5</sup>. Můžeme si povšimnout členění na část speciálně určenou pro analogové obvody, digitální obvody,

<sup>4</sup> Obrázek 2 a specifikace převzaty z (22)

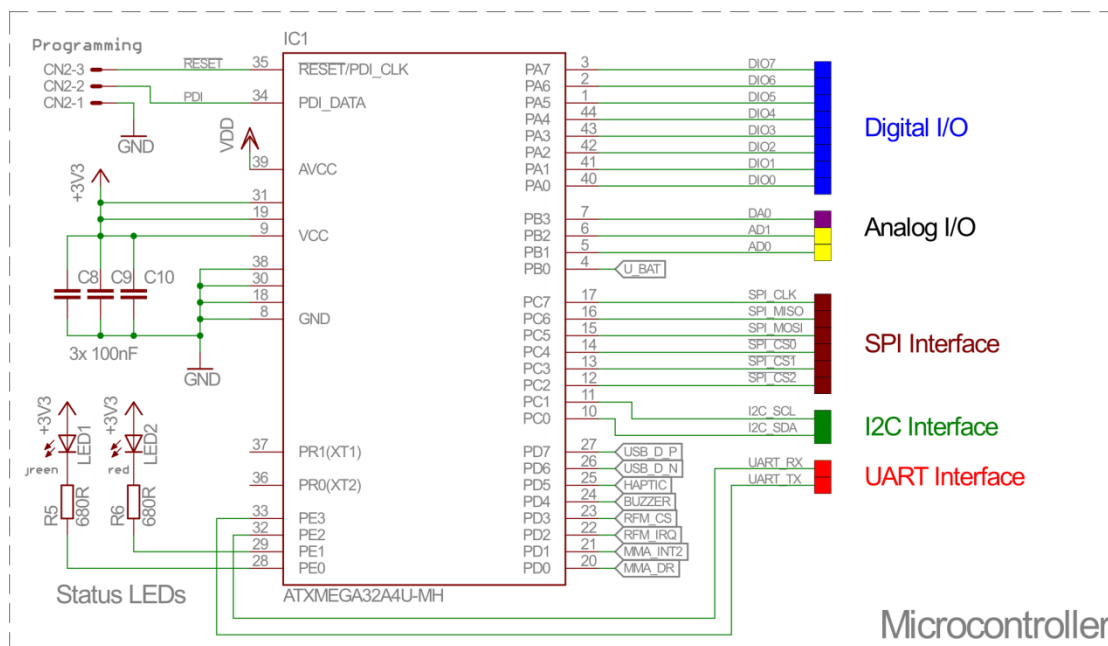
<sup>5</sup> Obrázek 3 byl převzat z (23)

napájení, vývody pro zdroj hodin, programování apod. Kromě tohoto členění je možné brány označené PA až PE a PR využít jako digitální vstupy/výstupy.



Obrázek 3: Popis vývodů mikrokontroléru.

Obrázek 4 ukazuje úplné schéma části mikrokontroléru. Bylo navrženo vhodné rozdělení a přiřazení signálů k jeho jednotlivým vývodům. Při odvozování vlastní pomůcky je vhodné k tomuto rozložení přihlídnout, nicméně je možné jednotlivé vývody překonfigurovat a využít dle vlastních požadavků. Bližší informace je možné nalézt v katalogovém listu (23).

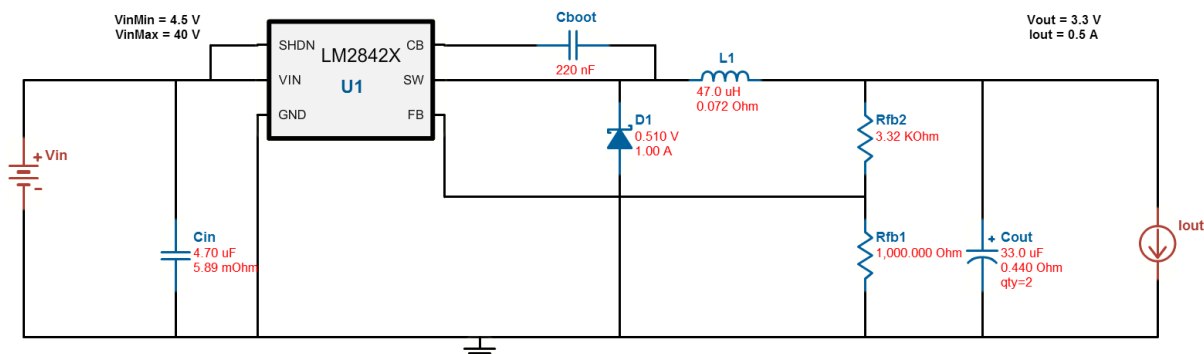


Obrázek 4: Úplné schéma bloku mikrokontroléru.

### Regulátor napětí

Protože mikrokontrolér a ostatní elektronika budou napájeny napětím 3,3V a k zařízení může být připojené široké spektrum zdrojů, byl do platformy navržen spínaný zdroj typu snižující měnič (Step-down). Po prostudování trhu padla volba na nastavitelný spínaný regulátor se spínačem ve společném pouzdře, konkrétně LM2842X-ADJ od výrobce Texas Instruments. Tento obvod vyžaduje pro svou funkci jen několik málo okolních součástek, a proto nezabírá mnoho místa na desce plošných spojů. Základní zapojení je popsáno v katalogovém listě (24). Podrobnější návrh včetně simulace byl vytvořen pomocí webové aplikace WEBENCH Design Center<sup>6</sup>. Následovalo postavení prototypu na vývojové desce a zdroj byl samostatně otestován. Rozsah vstupního napětí je dán od 4,5V do 42V. Zdroj umožňuje generovat výstupní proud až 0,6A. Pro specifikaci pomůcky uvádím s rezervou rozsah 4,5V až 40V a maximální výstupní proud 0,5A. Na obrázku 5 je doporučené schéma výrobce vygenerované ve webové aplikaci. Schéma bylo dále optimalizováno a byly vybrány součástky snadno dostupné na trhu. Účinnost tohoto zdroje je větší než 85% při vstupním napětí 5V.

<sup>6</sup> Dostupné na <http://www.ti.com/lscds/ti/analog/webench/overview.page>



Obrázek 5: Blokové schéma DC/DC konvertoru.

### Obvod dálkového ovládní

Dálkové ovládní pomůcky je důležitou součástí celého systému. Protože je elektronika často implementována do těla pomůcky, je nemožné pro její ovládní zvolit jinou než bezdrátovou rádiovou komunikaci. Pro komunikaci s počítačem, případně s dálkovým ovladačem, byla prostudována nabídka komunikačních modulů dostupná na trhu a nakonec zvolen hotový komunikační modul řady RFM12 od výrobce HOPE MICROELECTRONIC, konkrétně typ RFM12B-868S2P (25). Tento komunikační modul pracuje ve volném ISM pásmu na frekvenci 868MHz, komunikuje pomocí FSK modulace, obsahuje celý analogový front-end včetně digitálního ovládní a je cenově dostupný. Nabízí mnoho možností nastavení, které ovlivňují vysílání i příjem dat. Komunikace s mikrokontrolérem je možná pomocí rozhraní SPI. Toto rozhraní se využívá jak ke konfiguraci modulu, tak k vlastnímu vysílání a příjmu dat.

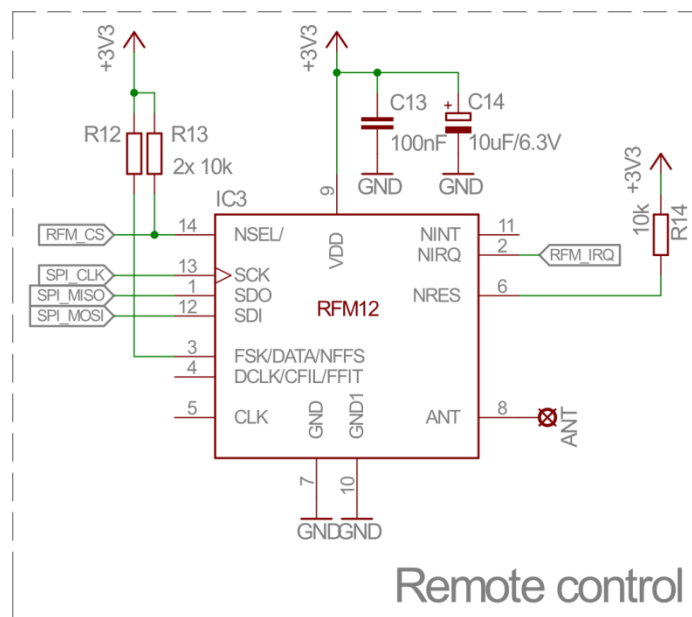
### Vybrané části specifikace obvodu RFM12B<sup>7</sup>:

- Integrované PLL s vysokým rozlišením 2,5kHz/krok
- Přenosová rychlost: až 115,2 kbps
- Napájení: 2,2V – 3,8V
- Provozní proud při vysílání: 23mA
- Proud při sleep módu: 0,3μA
- Výstupní výkon: 4dBm
- Citlivost: -105dBm
- Dosah ve volném prostředí: >200m
- Rozměry (š x h x v): 16 x 16 x 2,2mm



Obrázek 6: Modul RFM12B.

<sup>7</sup> Specifikace čerpána z (25), Obrázek 6 převzat z (26)



Obrázek 7: Úplné schéma bloku bezdrátové komunikace.

Na obrázku 7 je úplné schéma zapojení komunikačního modulu. Pro komunikaci využijeme celé hardwarové SPI rozhraní mikrokontroléru, avšak kromě signálu RFM\_CS (chip select), protože komunikační modul pracuje s 16 bitovým slovem, kdežto SPI rozhraní procesoru je pouze 8 bitové. Hardwarový signál SS (slave select) z mikrokontroléru tedy nelze v tomto případě přímo použít, a proto je signál RFM\_CS přiveden na jiný digitální vývod a ten musí být softwarově ovládán před zahájením a po skončení komunikace. Dalším signálem, který je do mikrokontroléru přiveden, je RFM\_IRQ (interrupt request). Ten indikuje stav, kdy jsou v přijímacím zásobníku připravena nějaká data. Tento signál však nemusíme použít, neboť stejnou informaci je možné vyčíst z registrů obvodu po SPI sběrnici. Zdvihací rezistory R12 až R14 určují způsob ovládání obvodu a způsob odesílání a přijímání dat. Kondenzátory C13 a C14 slouží k filtraci napájení a musí být připojeny co nejbližší k obvodu.

K obvodu je dále nutné připojit drátovou anténu délky  $\lambda/4$ , kde  $\lambda$  je délka vlny nosného signálu. Protože obvod pracuje na frekvenci 868MHz, anténa bude dlouhá přibližně:

$$l_{ant} = \frac{\lambda}{4} = \frac{c}{4f} = 8,64cm$$

kde  $c$  je rychlost světla,  $f$  je nosná frekvence.



### Měření polohy (náklonu) pomůcky

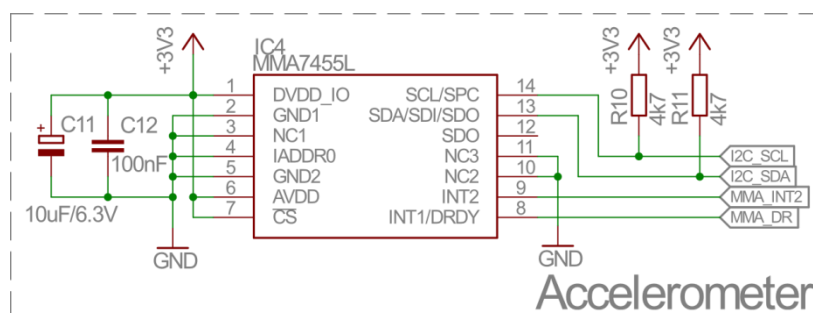
Pro měření polohy, náklonu nebo natočení pomůcky byl zvolen tříosý akcelerometr (čidlo zrychlení) firmy FREESCALE, konkrétně typ MMA7455LT (27). Tento obvod umožňuje měření zrychlení v osách X, Y a Z. Díky tíhovému zrychlení Země je možné zjistit polohu pomůcky, i když nekoná žádný pohyb. Obvod obsahuje strukturu MEMS, pomocí které je vytvořený jeden proměnlivý kondenzátor pro každou osu. Akcelerace v daném směru mění poměr kapacit měřících kondenzátorů a po filtraci je možné z těchto hodnot odvodit směr a velikost zrychlení. Obvod obsahuje tvarovače signálů, AD převodník, filtr a řídicí a komunikační logiku. To vše je integrováno v pouzdře velmi malých rozměrů. Komunikace s mikrokontrolérem je možná pomocí dvou rozhraní, konkrétně I<sup>2</sup>C nebo SPI. Protože SPI rozhraní mikrokontroléru bude využité ke komunikaci s bezdrátovým komunikačním modulem, byla zvolena komunikace po sběrnici I<sup>2</sup>C.

### Vybrané části specifikace obvodu MMA7455<sup>8</sup>

- Komunikace s mikrokontrolérem: SPI a I<sup>2</sup>C
- Napájecí napětí: 2,4V – 3,6V
- Volitelná citlivost: 2g, 4g, 8g
- Odběr ve sleep módu: 2,5μA
- Rozměry (š x h x v): 3mm x 5mm x 1 mm



Obrázek 8: Pouzdro akcelerometru MMA7455.



Obrázek 9: Úplné schéma bloku snímače polohy.

Na obrázku 9 je schéma zapojení snímače zrychlení. K vnitřní I<sup>2</sup>C komponentě mikrokontroléru jsou připojeny signály I2C\_SDA a I2C\_SCL spolu se zdvihacími rezistory R10 a R11. Signály MMA\_DR a MMA\_INT2 lze využít například k detekci pohybu a jsou přivedeny na digitální vstupy mikrokontroléru. Vývod CS (chip select) je napevno připojen

<sup>8</sup> Obrázek 8 a specifikace převzaty z (28)

k napájecímu napětí a tím je určeno, že komunikace bude probíhat po sběrnici I<sup>2</sup>C. Signálem IADDR0 je možné nastavit jednu ze dvou možných adres, v tomto případě bude hexadecimální adresa I<sup>2</sup>C zařízení pro zápis 0x1C. Filtrační kondenzátory C11 s C12 musí být připojeny co nejbližší k vývodům obvodu.

### 5.3. Úplné schéma zapojení

Úplné schéma zapojení elektronické platformy je v příloze A. V části E1 je zakreslen vstupní konektor CN1, který slouží pro připojení baterie. Dioda D1 brání prepólování baterie a zároveň odděluje baterii od zařízení v případě, kdy je připojena USB komunikace. Odpory R1 a R2 tvoří dělič napětí pro měření úrovně napětí baterie pomocí AD převodníku mikrokontroléru. Kondenzátory C1 a C2 spolu s tlumivkou L1 tvoří napájecí filtr pro regulátor IC2 LM2842X, který je zapojený jako Step-down měnič s vysokou účinností. Zpětná vazba za pracovní cívkou L2 je tvořena rezistory R3 a R4. Jejich poměr je nastaven tak, aby bylo výstupní napětí 3,3V. Za regulátorem je zapojený výstupní filtr C4 a C5 a napětí z tohoto bodu je použito pro napájení ostatních obvodů. Filtr L3, C6 a C7 je vytvořen pro filtraci napájení AD převodníku mikrokontroléru. Toto zapojení je doporučeno výrobcem mikrokontroléru v aplikační poznámce AVR1018 (29).

Jádrem elektroniky je mikrokontrolér IC1, který je zakreslen v části B2 schématu. Nezbytné filtrační kondenzátory C8, C9 a C10 musí být zapojeny co nejbližší vývodům mikrokontroléru. Programování firmwaru a bootloADERu je možné pomocí rozhraní PDI, které je vyvedeno na konektor CN2. Obvod, který ovládá vibrační motorek připojený na konektoru CN3, je tvořen tranzistorem T1. Tento obvod je napájen z nestabilizovaného napětí baterie. Protože se vibrační motor chová jako induktivní zátěž, je zařazena do obvodu rekuperační dioda D4, která chrání obvod před špičkami vznikajícími při vypínání induktivní zátěže. K mikrokontroléru je dále připojen jednotranzistorový budič T2 pro ovládání piezo reproduktoru BUZ1 a dvě LED diody LED1 a LED2, které jsou spolu s předřadnými odpory R5 a R6 použity jako indikace stavu zařízení. Tranzistory T1 a T2 již obsahují sériové rezistory v pouzdře, proto je možné je připojit přímo na I/O vývody procesoru.

V bloku A7 je zakreslený USB konektor, který je připojen přímo k mikrokontroléru. Schéma vychází z aplikační poznámky výrobce AVR1017 (30). Komunikační linky je však vhodné opatřit ochranným obvodem ESD1, který brání zničení zařízení statickou elektřinou. Filtr R9 a C15 zlepšuje odolnost proti rušení (EMI), které by se mohlo objevit na stínící žíle USB kabelu. USB

komunikace obsahuje také zdroj napětí 5V, a proto je toto napětí přivedeno přes diodu D2 k regulátoru IC2. Díky tomu je možné ladit program pomocí USB bez nutnosti připojeného externího napájení (baterie apod.). Dioda D2 brání tomu, aby se na odpojeném USB konektoru nebo odpojeném USB kabelu objevilo napájecí napětí z baterie.

K mikrokontroléru je připojen digitální akcelerometr IC4. Filtrační kondenzátory C11 a C12 jsou připojeny co nejbližší jeho vývodům. Úroveň napětí na vývodu CS se určuje typ komunikace. Je-li na něj připojeno napájecí napětí (logická 1), pak se jedná o komunikaci I<sup>2</sup>C. V opačném případě (logická 0) by se jednalo o komunikaci SPI. Vývodem IADR0 se určuje nejnižší adresní bit obvodu pro I<sup>2</sup>C komunikaci. Vývody SDA a SCL jsou připojeny k I<sup>2</sup>C periférii mikrokontroléru. Jelikož se jedná o komunikaci, která dle normy vyžaduje použití na těchto linkách budiče s tzv. otevřenými kolektory, je nutné vysokou úroveň vytvořit zvedacími (Pull up) rezistory R10 a R11.

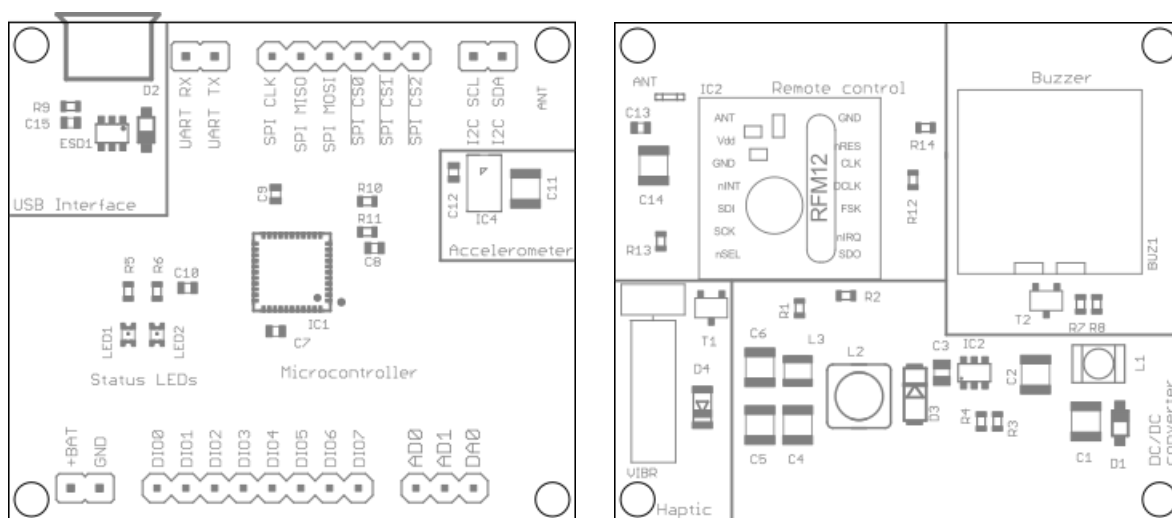
Komunikační obvod IC3 je vyobrazen ve schématu v části D7. Filtrační kondenzátory C13 a C14 je nutné připojit co nejbližší vývodům obvodu. S mikrokontrolérem obvod komunikuje prostřednictvím sběrnice SPI.

Ze zadaného schématu je možné vytvořit desku plošných spojů o rozměrech přibližně 5 x 5cm. Tato velikost je daná z velké části hlavně velikostí komunikačního obvodu. Jde o modul, který je tvořený samostatnou deskou plošných spojů spolu s potřebnými obvody a který bude osazen na základní desku shora, čímž vznikne paralelní spojení dvou plošných spojů.

Vývody mikrokontroléru jsou uspořádány do 5 segmentů, které odpovídají blokům z blokového schématu (viz obrázek 1). Jsou to bloky Digital I/O, Analog I/O, SPI Interface, I<sup>2</sup>C Interface a UART Interface. Jednotlivé signály jsou ve schématu popsány a je možné k nim připojit odpovídající komponenty a tím vznikající pomůcku rozšířit o další funkční bloky.

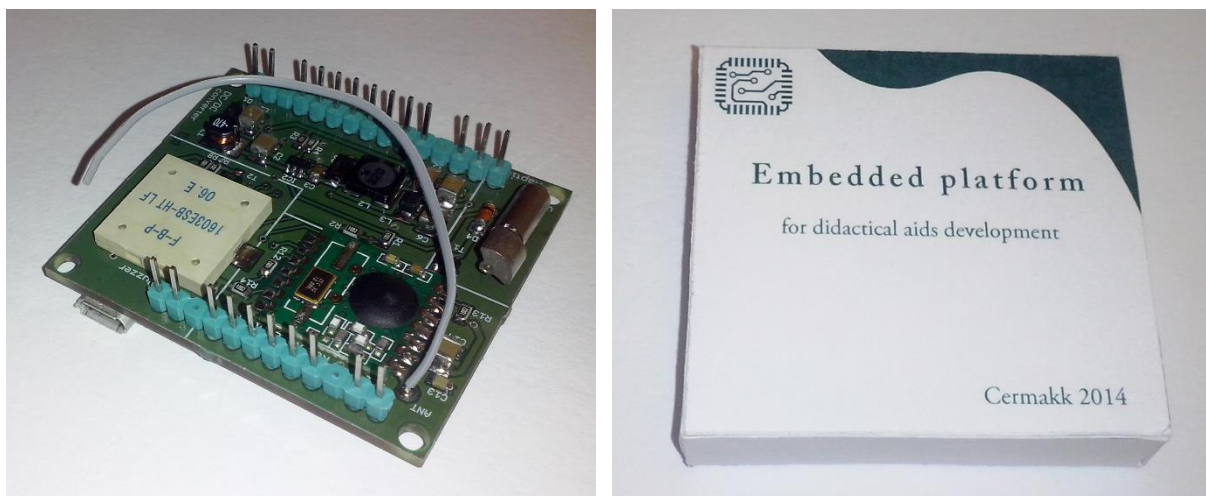
### 5.4. Deska plošných spojů

Ze schématu zapojení elektronické platformy, které je v příloze A, byla navržena dvoustranná deska plošných spojů. Rozměry modulu jsou 50 x 44 mm. Rozložení součástek z horní a spodní strany je zobrazeno na obrázku 10. Kompletní výrobní podklady jsou uvedeny rovněž v příloze A. Vzhledem k použitým pouzdrům, které nejsou vhodné pro ruční pájení, je osazení obtížnější. Při sériové výrobě to však nečiní potíže a s výhodou se využije malých rozměrů pouzder a tím i menší velikost modulu.



Obrázek 10: Rozložení součástek na DPS

Pro distribuci byl vytvořen návrh papírového obalu s potiskem. Reálná fotografie plošného spoje je na obrázku 11.



Obrázek 11: Osazená DPS a distribuční krabička

## 5.5. Programové vybavení

Vývojová platforma obsahuje řídicí mikrokontrolér ATXMEGA32A4U, proto vyhoví odpovídající vývojové prostředí, které tento procesor podporuje. Nejjednodušší volbou bylo prostředí určené pro rodinu mikrokontrolérů AVR přímo od výrobce – Atmel Studio<sup>9</sup>. Toto prostředí obsahuje také překladače k jazykům C, C++ a Assembler. Pro otestování jednotlivých komponentů platformy a později i k naprogramování finálního programu byl použit jazyk ANSI C.

Při vývoji platformy bylo napsáno mnoho testovacích funkcí. Ty byly následně přepracovány do podoby softwarových modulů, které je možné využít při odvozování vlastní pomůcky. Každý modul používá vlastní hlavičkový soubor, proto pro správnou funkci je nutné jej deklarovat pomocí direktivy `#include <>`. Hlavičkové soubory obsahují popis funkcí, struktur, proměnných a další informace včetně příkladu použití. Jednotlivé moduly, které jsou popsány v této kapitole, obsahují krátký výpis některých funkcí včetně jejich krátkého popisu. Některé SW moduly ovládají přímo konkrétní HW bloky platformy.

### 5.5.1. Seznam hotových programových modulů

- MCU Initialization
- Status Indication
- Battery Management
- I2C Interface
- SPI Interface
- UART Interface
- ECC
- Remote control

Jednotlivé SW moduly budou nyní podrobněji popsány.

#### ***MCU Initialization***

Jde o základní modul pro nastavení procesoru. Zajišťuje správné nastavení základních komponent procesoru. Protože aplikace, které mohou vzniknout, jsou rozmanité, obsahuje tento

---

<sup>9</sup> Dostupné na <http://www.atmel.com/tools/atmelstudio.aspx?tab=overview>

modul pouze základní definice a základní nastavení portů, čítačů a některých registrů dle schématu na obrázku 4. Zpravidla je nutné tento modul editovat pro cílovou aplikaci.

### **Použití**

```
#include <mcu.h>

void mcu_init(void);
/*
   mcu initialization
*/
```

### **Status**

Tento modul nastavuje a ovládá připojené stavové LED diody. Modul předpokládá červenou LED na portu PE1 a zelenou na portu PE0.

### **Použití**

```
#include <status.h>

void status_init(void);
/*
   initialization of status leds
*/

void status_set_red(uint8_t value);
void status_set_green(uint8_t value);
/*
   set leds to defined value
   parameter value: 0 [off], >0 [on]
*/
```

### **Battery Management**

Tento modul v současné podobě obsahuje pouze měření napětí připojené baterie. Modul inicializuje AD převodník a vrací hodnotu po převodu. Rozlišení převodníku je 12 bitů, modul vrací hodnotu v 16 bitové proměnné, zarovnané doprava a doplněné úvodními nulami. Zdrojem referenčního napětí je vyfiltrované napájecí napětí (3,3V) a napětí baterie je do vstupu AD převodníku přivedeno přes napěťový dělič, proto 1 bit odpovídá napětí přibližně 8,86mV.

### **Použití**

```
#include <bms.h>

void bms_init(void);
/*
   initialization of battery management system
*/
```

```
*/  
  
uint16_t bms_get_battery_voltage(void);  
/*  
    returns ADC value  
    1bit ~ 8,86mV      */
```

### ***SPI Interface***

Tento modul ovládá SPI komunikaci v mikrokontroléru. Procesor je vždy nadřazený (Master). Další nastavení, která se týkají rychlosti přenosu, zarovnání dat, polarity hodinových signálů apod., jsou podrobněji popsána v modulu `<spi.h>`. Ovládání signálů pro aktivaci jednotlivých řízených zařízení (CS) je možné provádět pomocí předdefinovaných názvů pro tyto signály `SPI_CS_0` až `SPI_CS_2`. K tomu je určena funkce `spi_set_CS`.

#### ***Použití***

```
#include <spi.h>  
  
void spi_init(void);  
/*  
    initialize spi registers  
*/  
  
void spi_send_byte(uint8_t data);  
/*  
    send data byte through SPI  
*/  
  
uint8_t spi_read_byte(void);  
/*  
    read data byte through SPI  
*/  
  
void spi_set_CS(uint8_t _CS, uint8_t value);  
/*  
    set defined value to defined CS signal  
    value 0 [on], value >0 [off]  
*/
```

### ***I<sup>2</sup>C Interface***

Použití tohoto modulu vyžaduje znát princip I<sup>2</sup>C komunikace. Inicializace se provede příslušnou funkcí. Přesuny dat se řídí komunikačním protokolem, který je popsán například v tomto online zdroji (31). Manuál je také uložen na příloženém CD.

**Použití**

```
void i2c_init(void);
/*
  initialization of TWI component
*/

uint8_t i2c_start(uint8_t address);
/*
  issues a start condition and sends address
  return 0 = device accessible, >0 failed to access device
*/

void i2c_stop(void);
/*
  stop data transfer and releases the bus
*/

uint8_t i2c_write(uint8_t data);
/*
  send 1 byte
  return 0 [send ok], >0 [send failed]
*/

uint8_t i2c_readAck(void);
/*
  read 1 byte, request more data
  return read byte
*/

uint8_t i2c_readNak(void);
/*
  read 1 byte, send stop condition
  return read byte
*/
```

**UART Interface**

Tento modul využívá komponentu USART mikrokontroléru v asynchronní podobě. Podrobnější popis včetně příkladů je opět uveden v příslušném modulu `<uart.h>`. Modul umožňuje široké nastavení komunikačních rychlostí pomocí předdefinovaných konstant nebo použití makra pro výpočet hodnot registrů z definované komunikační rychlosti. Modul využívá pro komunikaci zásobníky pro příjem a vysílání (RX buffer a TX buffer).

**Použití**

```
void uart_init(uint8_t baudrate);
/*
  initialize UART module and set the baudrate
*/

uint8_t uart_getc(void);
/*
  return 1 received byte from RX buffer */
```



```
void uart_putc(uint8_t data);  
/*  
    put 1 byte to TX buffer  
*/  
  
void uart_puts(const uint8_t *s);  
/*  
    put string to TX buffer  
*/
```

## **ECC**

Pro potřeby zabezpečení přenosu dat při rádiové komunikaci byl vytvořen modul, který implementuje samoopravný kód (error correcting code). Po předchozích zkušenostech byl zvolen Reed Mullerův kód, konkrétně RM(1,5). Příprava tohoto modulu byla nejsložitější, proto je v této kapitole rozebrána podrobněji.

### **Použití**

```
#include <ecc.h>  
  
uint32_t encode(uint8_t message);  
/*  
    encode message byte with RM(1,5), returns encoded vector  
*/  
  
uint8_t decode(uint32_t message, uint8_t* return_vector);  
/*  
    decode and correct message with RM(1,5)  
    returns 0=OK; >0 = NOK  
    decoded vector is returned through pointer  
*/
```

### **Reed Mullerovo kódování**

Reed Mullerovy kódy patří mezi lineární samoopravné kódy, které najdou uplatnění při přenosu informací na dlouhou vzdálenost nebo při přenosu zarušeným kanálem. Reed Mullerovo (dále jen RM) kódování vynalezli D. E. Muller a I. S. Reed v roce 1954. Muller definoval samotný kód a Reed jako první popsal dekodovací algoritmus, který využívá systém většinového hlasování.

RM kódy jsou relativně jednoduché na kódování i dekodování a kód prvního řádu je navíc velmi efektivní. V roce 1972 byl RM kód použit pro přenos černobílých fotografií Marsu z vesmírné sondy Mariner 9. Datové slovo jednoho obrazového bodu bylo dlouhé 6 bitů dvojkové soustavy, což reprezentuje 64 úrovní barvy (od černé po bílou). Protože byl vysílač limitován na přenos přibližně 30 bitů v jeden vysílací čas, bylo možné použít buď 5x opakování datového slova

nebo mnohem sofistikovanější RM kódování. Délka přenášené zprávy je téměř stejná jak pro RM(1,5) kódování (32 bitů), tak pro 5x opakovanou zprávu (30 bitů), nicméně RM kódování dokáže opravit až 7 chyb vzniklých v přenášené zprávě.

### **Základní pojmy a operace**

Pro pochopení funkce a následnou implementaci je nutné připomenout některé základní pojmy a operace.

**Vektorový prostor**, ve kterém pracujeme, se skládá ze slov délky  $2^m$ , kde  $m$  je kladné celé číslo. Pracujeme ve dvojkové soustavě, proto jednotlivé znaky mohou nabývat hodnot 0 nebo 1. Pro potřeby kódování využijeme tyto tři základní operace: součet, vektorový součin a skalární součin.

Mějme vektory  $x = (x_1; x_2; \dots; x_n)$  a  $y = (y_1; y_2; \dots; y_n)$ . **Vektorový součet** těchto vektorů je definován takto:

$$x + y = (x_1 + y_1; x_2 + y_2; \dots; x_n + y_n)$$

kde každé  $x_i$  a  $y_i$  může nabývat hodnot 0 nebo 1 a platí, že:

$$1 + 1 = 0; 0 + 1 = 1; 1 + 0 = 1; 0 + 0 = 0$$

Při implementaci v mikrokontroléru odpovídá vektorový součet logické funkci **XOR**.

**Vektorový součin** vektorů  $x$  a  $y$  je definován takto:

$$x * y = (x_1 * y_1; x_2 * y_2; \dots; x_n * y_n)$$

kde každé  $x_i$  a  $y_i$  může nabývat hodnot 0 nebo 1 a platí, že:

$$1 * 1 = 1; 0 * 1 = 0; 1 * 0 = 0; 0 * 0 = 0$$

Při implementaci v mikrokontroléru odpovídá vektorový součin logické funkci **AND**.

**Skalární součin** vektorů  $x$  a  $y$  je definován takto:

$$x \cdot y = (x_1 * y_1 + x_2 * y_2 + \dots + x_n * y_n)$$



Příklad: Zakódujte zprávu 011001 pomocí  $R(1,5)$ .

Řešení: Jednotlivé bity vynásobíme s řádky generující matice a výsledné řádky vektorově sečteme:

$$1*0xFFFFFFFF + 0*0x0000FFFF + 0*0x00FF00FF + 1*0x0F0F0F0F + 1*0x33333333 + 0*0x55555555 = 0xC3C3C3C3.$$

### ***Dekódování zprávy***

Dekódování zprávy je mnohem náročnější než její kódování. Existuje několik algoritmů, které dokážou zakódované slovo dekodovat. Já jsem použil jednoduchý algoritmus, který využívá charakteristické vektory pro jednotlivé řádky matice a s jejich pomocí a s použitím Reedova většinového hlasovacího algoritmu je možné přijatou zprávu snadno dekodovat.

**Charakteristické vektory** získáme z kódovací matice a to tak, že pro zvolený řádek vytvoříme z ostatních řádků (mimo prvního) jejich kombinace v normální i negované podobě. Charakteristických vektorů je celkem  $2^{m-r}$  pro každý řádek matice a pro každý charakteristický vektor platí, že skalární součin tohoto vektoru s řádkem matice, pro který jsme char. vektor generovali, je roven 0.

Příklad pro řádek matice  $x_1$ : pro tento řádek budeme tvořit charakteristické vektory z ostatních řádků takto:

$$CH_1 = x_2x_3x_4x_5, x_2x_3x_4\bar{x}_5, x_2x_3\bar{x}_4x_5, x_2x_3\bar{x}_4\bar{x}_5, \dots, \bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4\bar{x}_5$$

Celkem dostaneme 16 charakteristických vektorů. Pro kontrolu provedeme skalární součin jednoho charakteristického vektoru (např.  $x_2x_3\bar{x}_4\bar{x}_5$ ) s řádkem matice  $x_1$ :

$$x_2x_3\bar{x}_4\bar{x}_5 = 0x03000000 = A, x_1 = 0x0000FFFF$$

$$A \cdot x_1 = 0$$

Charakteristické vektory pro jednotlivé řádky matice jsou:

X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>
0x00000003	0x00000005	0x00000011	0x00000101	0x00010001
0x00030000	0x00050000	0x00110000	0x01010000	0x01000100
0x00000300	0x00000500	0x00001100	0x00001010	0x00100010
0x03000000	0x05000000	0x11000000	0x10100000	0x10001000
0x00000030	0x00000050	0x00000044	0x00000404	0x00040004
0x00300000	0x00500000	0x00440000	0x04040000	0x04000400
0x00003000	0x00005000	0x00004400	0x00004040	0x00400040
0x30000000	0x50000000	0x44000000	0x40400000	0x40004000
0x0000000C	0x0000000A	0x00000022	0x00000202	0x00020002
0x000C0000	0x000A0000	0x00220000	0x02020000	0x02000200
0x00000C00	0x00000A00	0x00002200	0x00002020	0x00200020
0x0C000000	0x0A000000	0x22000000	0x20200000	0x20002000
0x000000C0	0x000000A0	0x00000088	0x00000808	0x00080008
0x00C00000	0x00A00000	0x00880000	0x08080000	0x08000800
0x0000C000	0x0000A000	0x00008800	0x00008080	0x00800080
0xC0000000	0xA0000000	0x88000000	0x80800000	0x80008000

Pro jednotlivé bity se dekodování provede tak, že se přijatá zakódovaná zpráva skalárně vynásobí s každým charakteristickým vektorem pro daný bit a parciální výsledky se vyhodnotí hlasovací funkcí. Získaný bit je pak bitem kódující zprávy.

$$\text{Hlasovací funkce } f(x) = \begin{cases} 1 & \text{pokud počet jedniček v } x \text{ převažuje nad počtem nul} \\ 0 & \text{pokud počet nul v } x \text{ převažuje nad počtem jedniček} \\ \infty & \text{pokud počet nul je roven počtu jedniček (chyba)} \end{cases}$$

Příklad: Mějme zakódovanou zprávu  $M_e = 0xC3C3C3C2$  (z předchozího příkladu, ale na nejnižším bitu vytvoříme chybu). Pro získání 6. bitu (pozice  $x_1$ ) provedeme se zakódovanou zprávou skalární součin s jednotlivými charakteristickými vektory  $CH_1$  a dílčí výsledky si zaznamenáme:

$$M_e \cdot CH_{1-1} = 0xC3C3C3C2 \cdot 0x00000003 = 1,$$

$$M_e \cdot CH_{1-2} = 0xC3C3C3C2 \cdot 0x00030000 = 0,$$

$$M_e \cdot CH_{1-3} = 0xC3C3C3C2 \cdot 0x00000300 = 0,$$

...

$$M_e \cdot CH_{1-16} = 0xC3C3C3C2 \cdot 0xC0000000 = 0.$$

Dle dílčích výsledků rozhodneme, zda je výsledný bit roven 1 nebo 0. V tomto případě je  $CH_1=1000000000000000$  a z toho plyne na základě většiny, že  $x_1=0$ . Další bity řešíme stejným způsobem, jen používáme příslušné charakteristické vektory.

$$CH_2 = 0111111111111111 \Rightarrow x_2 = 1, CH_3 = 0111111111111111 \Rightarrow x_3 = 1,$$

$$CH_4 = 1000000000000000 \Rightarrow x_4 = 0, CH_5 = 1000000000000000 \Rightarrow x_5 = 0.$$

Máme tedy dekodovanou téměř celou část původní zprávy. Zbývá dekodovat první bit zprávy. Z jednotlivých bitů  $x_1$  až  $x_5$  se pomocí generující matice vytvoří pomocná zakódovaná zpráva  $M_y$  (pro první řádek matice se použije bit roven 0). Následně se provede skalární součin  $M_e$  a  $M_y$ . Na výsledný vektor  $M_z$  aplikujeme Reedovu hodnotící funkci a tím získáme první bit původní zprávy.

Př.: Z předchozího příkladu jsme získali část původní zprávy, konkrétně 01100 ( $x_1$  až  $x_5$ ). Pomocí generující matice vytvoříme vektor  $M_y$ :

$$M_y = 0*0x0000FFFF + 0*0x00FF00FF + 1*0x0F0F0F0F + 1*0x33333333 + 0*0x55555555 = 0x3C3C3C3C.$$

Nyní sečteme vektor  $M_y$  s přijatou zprávou  $M_e$ :

$M_z = M_y + M_e = 0x3C3C3C3C + 0xC3C3C3C2 = 0xFFFFF7FE$ . Ve vektoru  $M_z$  převažuje počet jedniček, proto první bit původní zprávy je roven 1. Dekodovaná zpráva je tedy 01101, což odpovídá původní zprávě.

Pokud chceme zjistit, na kterých bitech nastala chyba, můžeme pomocí dekodované zprávy vytvořit zakódovanou zprávu  $M_c$  (pomocí generující matice) a vektorově ji sečíst s přijatou zprávou. Chyba bitu je indikovaná jedničkou na konkrétní pozici.

Př.: Z dekodované zprávy vytvoříme pomocí generující matice vektor  $M_c$ . Tento vektor sečteme s přijatou zprávou:

$M_{err} = M_c + M_e = 0xC3C3C3C3 + 0xC3C3C3C2 = 0x00000001$ . V binární podobě je

$M_{err} = 00000000000000000000000000000001$ . Z výsledku je patrné, že chyba nastala pouze na nejnižším bitu (chybu indikuje jednička).

### **Závěr**

Funkčnost modulu byla ověřena pro všechny zprávy v celém vstupním rozsahu. Byly náhodně aplikovány chyby do zakódované zprávy na různých bitech a ověřena schopnost jejich dekodování. Velikost potřebné paměti FLASH pro modul je 1,5kB. Doba zakódování činí 102us@1Mhz, dekodování trvá 43ms@1MHz.

## Remote control

Tento softwarový modul implementuje komunikaci pomocí rádiového modulu RFM12B. Protože bezdrátový modul je poměrně univerzální, obsahuje značné množství nastavovacích registrů, kterými lze ovlivnit chování při příjmu i vysílání dat. Pro jednoduchost je komunikace postavená na tomto SW modulu jednosměrná a elektronická platforma zde vystupuje jako přijímač. Výrobce dodává základní technickou dokumentaci (32) a návod na programování (33). Čtení dat lze provádět dvěma způsoby. Jednak využít čekací funkci, která zastaví chod programu až do doby, dokud nedorazí nějaká data, nebo funkci, která pouze vrací informaci o tom, zda je zásobník příchozích dat prázdný nebo obsahuje nějaká data ke čtení. Ty je pak možné vyčíst v době, kdy mikrokontrolér nevykonává jinou práci.

### Použití

```
#include <remote.h>

void remote_init(void);
/*
  initialization of RFM12B
*/

uint8_t remote_recieve_wait(void);
/*
  wait until data byte is received
*/

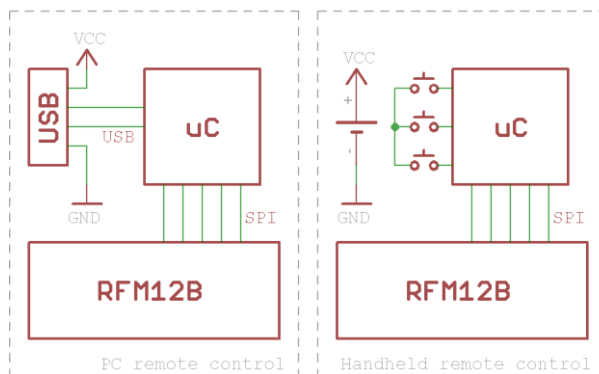
uint8_t remote_recieve_nowait(void);
/*
  return 0 [no data], >0 [some data are stored in buffer]
  for reading from buffer, use remote_read_buffer function
*/

void remote_read_buffer(uint8_t *destination);
/*
  copy data from buffer to destination
*/
```

## 5.6. Dálkové ovládání

Jak již bylo dříve zmíněno, dálkové ovládání pomůcky je důležitou součástí celého systému. Dle základní specifikace by měly vzniknout dva typy dálkových ovladačů a to pro počítač (PC remote control) a do ruky (Handheld remote control). V těle pomůcky je implementována bezdrátová rádiová komunikace s modulem RFM12B-868S2P, proto byl tento modul zvolen rovněž pro předkládaná dálková ovládání, neboť je tím zaručena vzájemná kompatibilita vysílače

a přijímače. Předpokládá se jednoduché ovládání zapnuto/vypnuto, dále střídání jednoduchých režimů nebo interakce vyučujícího/rodiče s dítětem, například po špatně provedeném úkolu dálkové spuštění vibrace apod.



Obrázek 12: Blokové schéma dálkového ovládání.

Blokové schéma je na obrázku 12. Jelikož komunikační modul nelze ovládat přímo pomocí tlačítek, ale pouze po sběrnici SPI, musí být do obvodu vřazen mikrokontrolér (uC). Verze ovladače do ruky bude napájena z baterie a ovládání bude možné pomocí tlačítek. K řešení PC verze vede několik možností, které jsou popsány v odstavci 5.6.2.

### 5.6.1. Dálkového ovládání do ruky

Smyslem tohoto dálkového ovládání je přepínat různé režimy pomůcky vyučujícím, pracovníkem pedagogicko-psychologické poradny nebo i rodičem. Pomocí jednoho nebo několika tlačítek lze přepínat režimy nebo celou pomůcku zapnout či vypnout. Počet tlačítek nebyl stanoven. Pro jednoduchou aplikaci, kde se střídá jen několik režimů, vystačíme s jedním tlačítkem. Vypnutí zařízení bude jedním mezi jednotlivými definovanými režimy, proto opakovaným stiskem tlačítek se vystřídají postupně všechny režimy a dalším (resp. posledním) stiskem se zařízení vypne. Následným dalším stiskem tlačítka se zařízení zapne do prvního režimu atd. Jinou možností je mít jedno tlačítko vyhrazené pro zapínání a vypínání, další tlačítka pro změnu režimů. Pro realizaci jsem definoval tlačítka tři.

Navržená elektronika se musí vejít do vybrané krabičky určené pro dálková ovládání. Rozměry bezdrátového modulu, který byl v úvodu vybrán, nelze ovlivnit. To neplatí pro baterii, tlačítka a mikrokontrolér, a proto je dobré se na ně před realizací zaměřit. Jako zdroj byla zvolena baterie typu CR2032. Tento typ se standardně používá v dálkových ovladačích. Velikost napětí 3V je ve shodě s napájecím napětím komunikačního modulu. Jako mikrokontrolér byl zvolen



konkrétní typ opět z rodiny AVR firmy Atmel, tentokrát kvůli velikosti pouzdra typ ATtiny24A-20SSU (34).

#### Vybrané části specifikace mikrokontroléru ATtiny24A-20SSU<sup>10</sup> :

- Organizace paměti Flash: 2k x 8bit
- Max. frekvence taktování: 20MHz
- Rozsah pracovního napětí: 2.7 ÷ 5.5V
- Počet IO linek: 12
- Počet 8-bitových čítačů: 1
- Počet 16-bitových čítačů: 1
- Periférie a rozhraní: ADC, USI, SPI



Obrázek 13: Pouzdro mikrokontroléru ATtiny24.

Úplné schéma dálkového ovladače do ruky je v příloze B. V části C1 je vyznačena baterie BAT, resp. její držák. Kladný pól je přiveden na tlačítka S1 až S3. Pokud není žádné tlačítko stisknuté, je zařízení de-facto odpojené od napájení. Stiskem některého z tlačítek přivedeme k procesoru IC1 a komunikačnímu obvodu IC2 napájecí napětí a po inicializaci procesoru tak může být odeslána vysílaná zpráva. Aby mikrokontrolér poznal, které tlačítko bylo stisknuto, je nutné přivést signál z tlačítka na některý z jeho vstupů. Signály z jednotlivých tlačítek musí být odděleny pomocí Schottky diod D1 až D3. Jelikož jsou tato signální napětí vyšší než je napájecí napětí procesoru (díky úbytkům na diodách), je zde vytvořena síť napěťových děličů R1 až R6, které toto napětí sníží. Například stiskem tlačítka S1 bude na signálu SW1 vysoká úroveň, na ostatních nízká. Indikace provozu je zajištěna pomocí svítivé diody LED1. V části A2 je zobrazen mikrokontrolér. Filtrační kondenzátor C1 musí být zapojen co nejbližší k jeho napájecím vývodům. Zdrojem taktovacích hodin pro mikrokontrolér je jeho vnitřní oscilátor. Komunikační obvod IC2 je vyobrazen ve schématu v části B6. Filtrační kondenzátory C2 a C3 je nutné připojit co nejbližší vývodům obvodu. S mikrokontrolérem obvod komunikuje prostřednictvím sběrnice SPI. Zdvihací rezistory R7 až R9 určují způsob ovládání obvodu a způsob odesílání a přijímání dat. K obvodu je dále připojena drátová anténa délky přibližně 8,64cm. Programovací konektor je zobrazen v části D6 schématu.

Program pro mikrokontrolér byl napsán v jazyce ANCI C ve vývojovém prostředí Atmel Studio 6. Po přivedení napájení se provede rychlá inicializace mikrokontroléru, odeslání

<sup>10</sup> Obrázek 13 a specifikace převzaty z (35)

komunikačního paketu a poté přejde procesor do úsporného režimu. Pokud stisk tlačítka nadále trvá, je po krátké době procesor probuzen, odeslán další paket a znovu uspán. Celý děj se neustále opakuje, dokud je tlačítko stisknuto (funkce auto repeat). Program dále obsahuje blok pro generování Reed Mullerova kódování (viz kapitola 5.5.1).

Elektronika byla zabudována do krabičky, následně naprogramována a otestována její funkčnost. Dosah ovladače s čerstvou baterií byl větší než 30m, což pro ovládání pomůcky v rámci jedné místnosti je více než dostatečné.

### 5.6.2. Dálkové ovládání z počítače

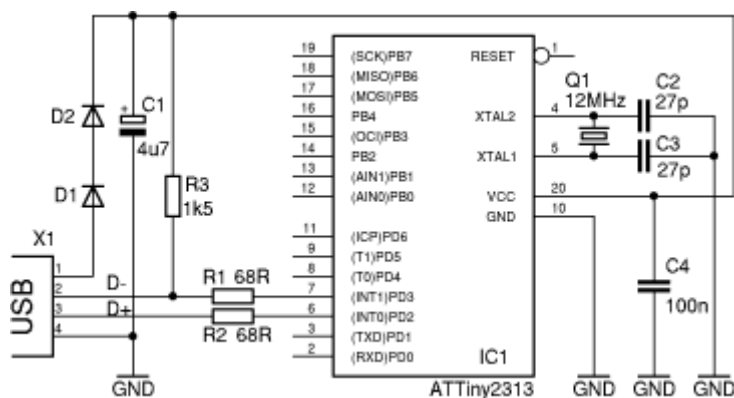
Toto dálkové ovládání rovněž využívá bezdrátový komunikační modul RFM12B-868S2P. Stejný problém s komunikační sběrnici nastává i v tomto případě, tzn. mezi USB a SPI bude muset být zařazen vhodný převodník. Jednoduchým řešením zůstává opět použití mikrokontroléru.

Mezičlánek lze vytvořit několika způsoby. Jedna z možností je využít mikrokontrolér, který implementuje přímo USB rozhraní (podobně jako je tomu v kapitole 5.2.1). Druhou možností je použít převodník na takovou sběrnici, kterou dokáže zpracovat obyčejný a levný mikrokontrolér, například převodník USB na sběrnici UART nebo I<sup>2</sup>C. Takové obvody nabízí například firma FTDI Chip<sup>11</sup>. Poslední a zároveň nejlevnější variantou je použití obyčejného mikrokontroléru a softwarová implementace USB. K tomuto účelu byla, shodou okolností pro procesory firmy Atmel rodiny AVR, navržena knihovna *V-USB* v jazyce C firmou Objective Development, která tuto knihovnu dává k dispozici pro nekomerční účely pod licencí GNU GPL verze 2<sup>12</sup>. Blokové schéma, které pochází ze stránek projektu (36), je na obrázku 14.

---

<sup>11</sup> <http://www.ftdichip.com/FTPProducts.htm>

<sup>12</sup> <http://www.gnu.org/licenses/gpl-2.0.html>



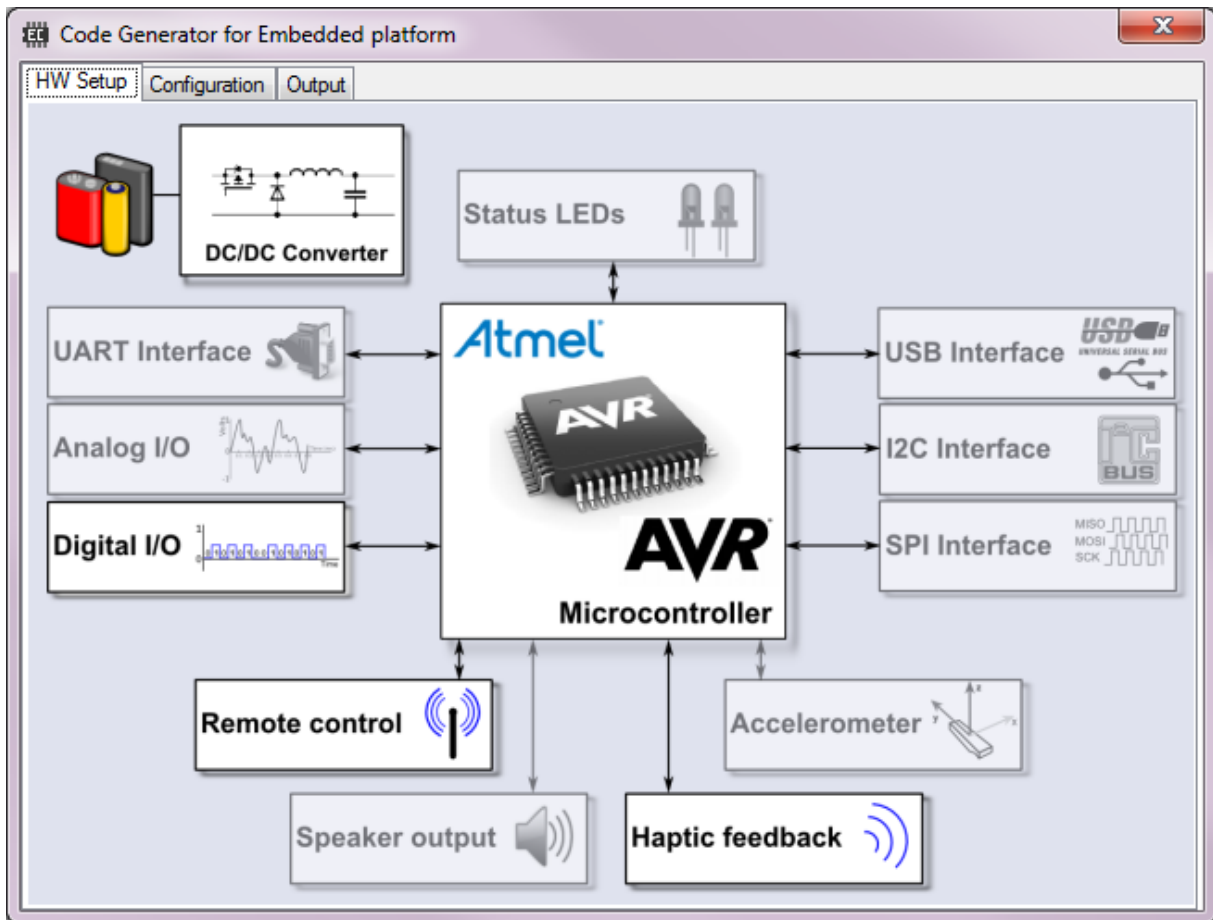
Obrázek 14: Schéma zapojení projektu V-USB.

Knihovna je napsána pro mnoho typů z řady AVR procesorů (zde typ ATTiny2313). Jelikož datové linky D+ a D- mají USB specifikací omezené napětí na max. 3,6V, je nutné, aby mikrokontrolér toto napětí na svých datových vodičích nepřekročil. Zde je celé zařízení napájeno z 5V USB portu a toto napětí je dále sníženo dvěma křemíkovými diodami v sérii. Následují filtrační kondenzátory C1 a C4. Pro dodržení charakteristické impedance datových linek jsou do série zapojeny rezistory R1 a R2. Rezistor R3 určuje přenosovou rychlost USB sběrnice, zde USB verze 1.1 (Low speed). Mikrokontrolér je nutné přesně taktovat pomocí 12MHz krystalu.

V příloze C je přiloženo schéma zapojení PC varianty dálkového ovládní. Jako mikrokontrolér byl zvolen ATmega8-AU, pro který je knihovna V-USB rovněž připravena. V části D1 schématu je USB konektor spolu s EMI ochranou. Vstupní napětí 5V je regulováno obvodem IC3 na 3,3V, které vyhovuje jak specifikaci datových linek USB sběrnice, tak napájecímu napětí komunikačního obvodu IC2. Zapojení je dále podobné schématu ručního dálkového ovladače (viz kapitola 5.6.1). Programovací konektor je zobrazen v části D6.

## 5.7. Počítačový program

Pro ulehčení vývoje na embedded platformě byl vytvořen návrhový software, který umožňuje pomocí tlačítek aktivovat nebo deaktivovat jednotlivé bloky platformy, nastavit vstupy, výstupy, jednotlivé softwarové bloky atd. Z výsledného nastavení lze generovat zdrojový kód kompatibilní s Atmel Studiem 6 a začít tak pracovat na vlastním FW. Plánem pro rozšíření této aplikace je i rozhraní pro obsluhu, která si bude moci jednoduše nastavovat hotové pomůcky, například měnit obrazce pro displeje, zvuky, hmatovou odezvu apod. Obrázek 15 ukazuje základní okno aplikace, ve kterém se právě volí jednotlivé bloky platformy.



Obrázek 15: Základní okno počítačového programu.

## 5.8. Závěr

Při vytváření platformy bylo přihlédnuto nejen k počtu součástí a jejich ceně, rovněž i k možné budoucí sériové výrobě. Byla snaha unifikovat hodnoty některých součástí, což přináší úsporu například ve skladovém hospodářství, osazovacích strojích atd. Jejich výběr doprovázelo zjišťování dostupnosti součástí v budoucnu a ceny při nákupu většího množství.

### 5.8.1. Shrnutí vlastností embedded platformy

#### **Hardware**

Napájecí napětí: 4,5V ÷ 40V

Mikrokontrolér: ATxmega32A4U

Rozhraní USB, SPI, UART, I2C, GPIO

Akcelerometr, hmatová odezva (vibrace)

Bezdrátový modul 868MHz

Rozměry: 42 x 50 mm

### ***Firmware***

MCU Initialization: inicializace mikrokontroléru

Status: ovládání stavových LED

Battery Management: měření napájení, hlídání nízké úrovně napětí baterie

SPI Interface: nastavení a ovládání SPI komunikace

I2C Interface: nastavení a ovládání I2C komunikace

UART Interface: nastavení a ovládání sériové komunikace

Error Correcting Code: kódování a dekódování dat pomocí Reed Mullerova kódu

Remote Control: modul pro ovládání platformy pomocí dálkového ovládání

### ***Počítačový program***

Nastavení platformy

Generování zdrojových kódů

## 6. Metodika pro odvození vlastní pomůcky z embedded platformy

### 6.1. Úvod

V kapitole 5 byl proveden návrh výchozí platformy pro vývoj vlastních didaktických pomůcek. V této kapitole je prezentován postup takového vývoje a na dvou příkladech je tato metodika podrobněji popsána.

#### ***Obecný postup***

Nejprve je nutné specifikovat vlastnosti vznikající pomůcky. Z technologických vlastností to může být například tvar, barva, materiál atd. Dále je nutné promyslet způsob práce s pomůckou a díky tomu je možné definovat její chování – například režimy programu atd. Na základě těchto specifik je možné blokově popsat potřebný hardware. K tomu se hodí například blokové schéma na obrázku 1 z kapitoly 5. Z blokového schématu můžeme přejít ke schématu konkrétnímu, které bude v základu vycházet z vývojové platformy, ale toto schéma je zpravidla nutné ještě doplnit o další elektroniku. Následuje vývoj programu. Pro ten je možné využít již připravené softwarové moduly z kapitoly 5.5.1 a vhodně je doplnit o další bloky a podprogramy. Po oživení a otestování je možné přejít k následné verifikaci přínosu pomůcky v praxi.

Tento obecný postup je záměrně stručný, protože teoretický popis by byl rozsáhlý a možná i těžko pochopitelný. Pro názornost bude ukázán vývoj konkrétní pomůcky. K tomu byly připraveny celkem dvě pomůcky, z nichž druhá byla nakonec realizována a bylo provedeno experimentální ověření jejího přínosu do praxe.

### 6.2. Pomůcka pro nácvik prostorové orientace

Speciálním pedagogem v oboru psychopedie byla vytvořena specifikace pomůcky pro nácvik prostorové orientace, na jejímž základě bude pomůcka odvozena.

#### ***Specifikace pomůcky***

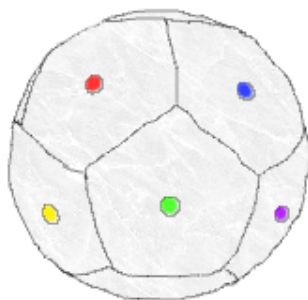
- je ve tvaru koule o průměru cca 10cm z měkkého materiálu
- v pozici pólů má světelné body (celkem 6), které mohou svítit barevně a bíle v libovolném pořadí

- pomůcka má hmatovou odezvu – vibrace
- pomůcku bude možné ovládat pedagogem nebo rodičem pomocí dálkového ovladače
- napájení z baterie 6 až 9V

Nákres pomůcky je na obrázku 16. Specifikace byla doplněna o následující popis režimů.

### **Režimy**

Všechny body jsou zhasnuty. Stiskem tlačítka SET na dálkovém ovladači následuje rozsvícení libovolného jednoho bodu libovolnou barvou, k tomu pomůcka krátce zavibruje. Vyučující/rodič zadá úkol z nácviku a sleduje práci dítěte. Pokud dítě úkol nesplní, stisknutím tlačítka UP dojde k dlouhé vibraci. Splnění úkolu se potvrdí tlačítkem SET, dojde ke krátké vibraci a následuje další rozsvícení bodu, jiného s jinou barvou. Postupně se vystřídá všech šest barevných bodů. Následuje rozsvícení všech bodů modře, poté zeleně, pak červeně. Změny režimu jsou vždy doprovázené krátkým zavibrovaním. K dispozici je stále tlačítko UP – dlouhá vibrace a nově tlačítko DOWN pro krátkou vibraci. Posledním stavem je úplné zhasnutí pomůcky – vypnutí.



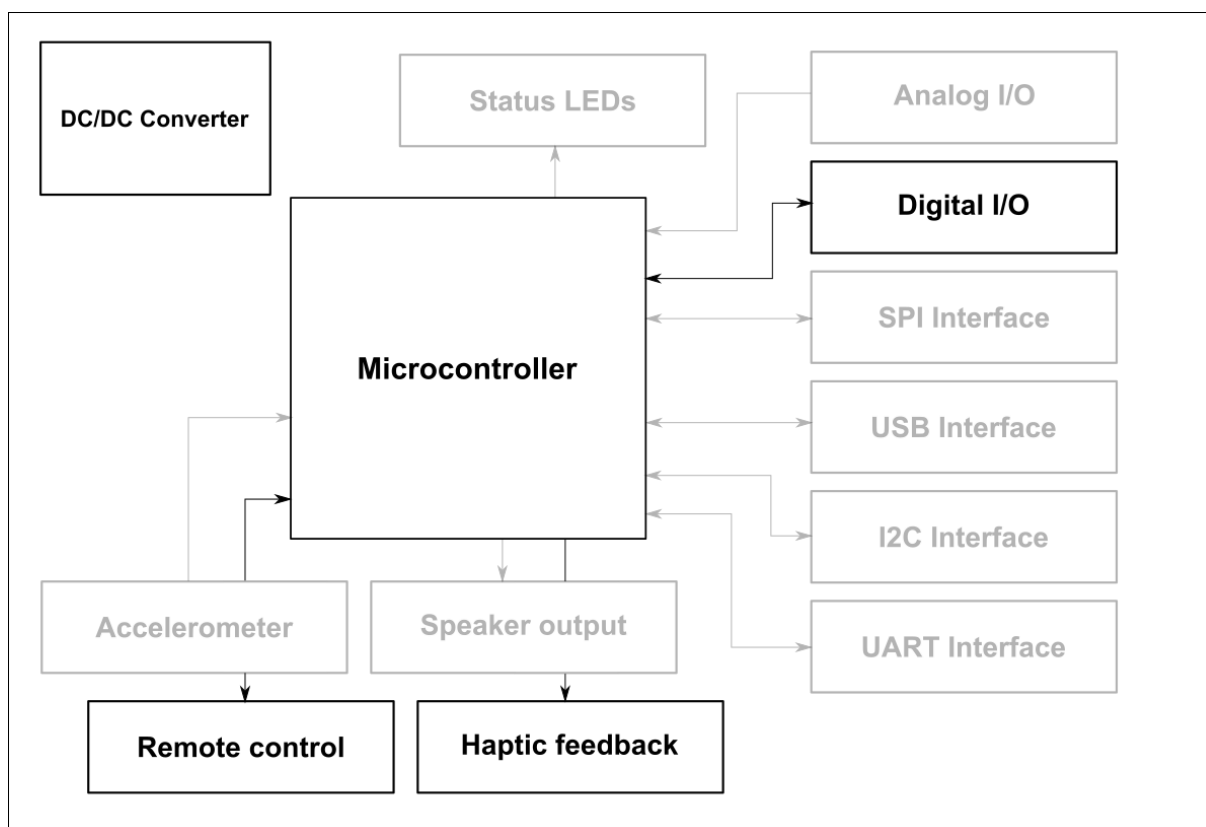
Obrázek 16: Nákres pomůcky pro nácvik prostorové orientace

#### 6.2.1. Návrh pomůcky

Na základě specifikace pomůcky vybíráme z blokového schématu (viz obrázek 1) pouze takové HW bloky, které jsou pro pomůcku důležité. Základem bude napájecí zdroj (DC/DC Converter) a blok mikrokontroléru (Microcontroller). Pro ovládání barevných bodů, tedy RGB LED diod, bude potřebný blok digitálních výstupů (Digital I/O). Pro hmatovou odezvu využijeme blok Haptic feedback a pro bezdrátovou komunikaci blok Remote control.

## Hardware

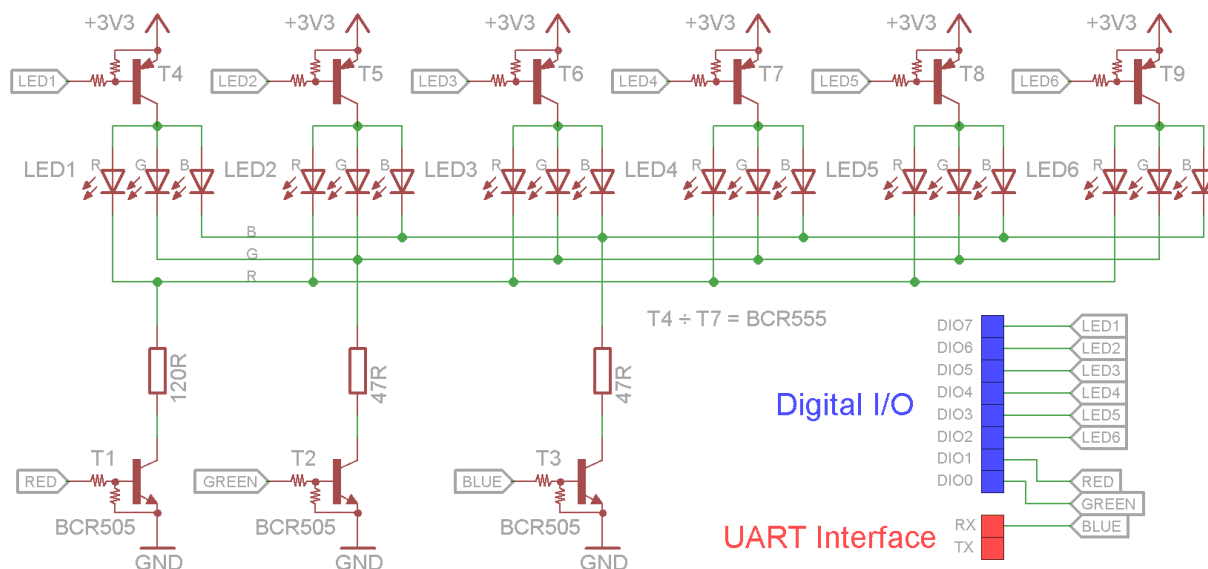
Blokové schéma je zobrazeno na obrázku 17. Výsledná pomůcka se bude skládat z řídicí elektroniky odvozené z vývojové platformy a bude doplněna o 6 RGB LED diod a jejich budiče. Diody budou upevněny v pólech koule, k tomuto účelu poslouží diody s drátovými vývody s půlkulatým pouzdem průměru 5mm.



Obrázek 17: Blokové schéma pomůcky pro nácvik prostorové orientace.

Schéma zapojení částí, které jsou odvozeny z vývojové platformy, je možné nalézt přímo ve schématu embedded platformy v příloze A. Zde použijeme pouze bloky, které jsme definovali na začátku této kapitoly. Ostatní součástky nepoužijeme. Přidáme budiče LED diod a samotné diody. Návrh rozšíření je na obrázku 18. Buzení každé ze šesti tříbarevných diod zvlášť by vyžadovalo 18 vývodů z mikrokontroléru. Abychom tyto vývody ušetřili, je možné budit LED diody v tzv. multiplexním režimu – v tomto případě matice šesti sloupců a tří řádků. Celkem budeme potřebovat pouze 9 vývodů. K tomu využijeme celou bránu digitálních výstupů (8 výstupů) a devátý výstup vyvedeme z některé z nevyužitých komponent, například z bloku UART rozhraní.



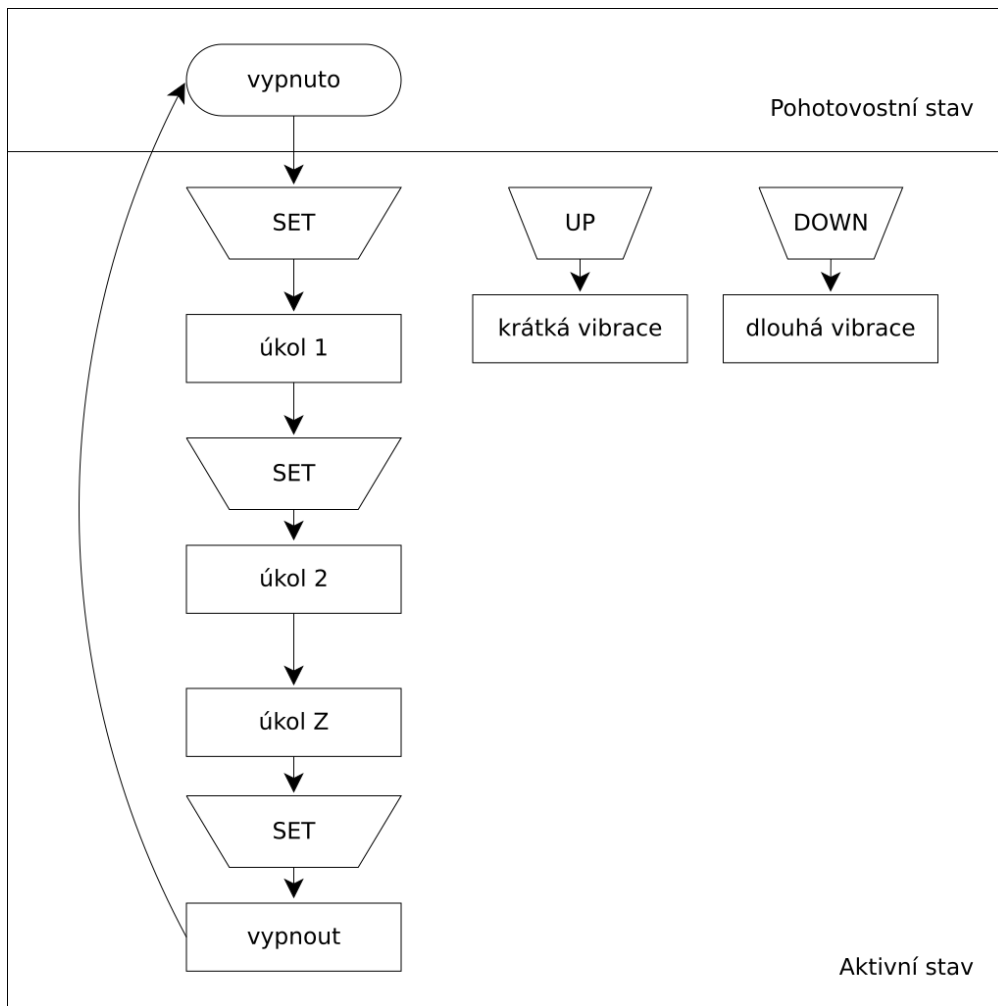


Obrázek 18: Schéma rozšíření obvodů pro pomůcku pro nácvik prostorové orientace.

Tranzistory T1 až T3 budí řádky matice, v tomto případě jednotlivé barvy. Tranzistory T4 až T9 budí sloupce, tedy jednotlivé LED diody. Oba typy tranzistorů mají v pouzdře již implementované rezistory, proto je možné je připojit přímo k mikrokontroléru. Rezistory zapojené do série s LED diodami omezují jejich proud v propustném směru. Je-li to nutné, mohou v tomto zapojení svítit všechny barvy jedné LED diody naráz. V multiplexním řízení pak vychází 1/6 času svitu na jednu celou RGB LED diodu.

### Program

Z připravených SW bloků využijeme blok inicializace procesoru (MCU Initialization), nastavíme digitální I/O jako výstupy a doplníme inicializaci o nastavení vývodu UART\_RX jako další digitální výstup. V tomto modulu také nastavíme blok hmatové odezvy. Dalším modulem bude modul bezdrátové komunikace (Remote control) a pokud používáme dálkové ovládání se samoopravným kódem, pak i modul ECC. Hlavní program bude sestávat z jednoduchého konečného stavového automatu, který bude stiskem tlačítka SET na ovladači měnit jednotlivé stavy. Nezávisle na stavu bude aktivována krátká nebo dlouhá vibrace po stisku tlačítka UP, resp. DOWN. Zjednodušený vývojový diagram programu je uveden na obrázku 19.



Obrázek 19: Vývojový diagram programu pomůcky pro nácvik orientace

### 6.2.2. Závěr

Pomůcka pro nácvik prostorové orientace zde byla popsána pro pochopení metodiky odvozování pomůcek ze embedded platformy z kapitoly 5 a nebyla uvedena do praxe. Nácvik s touto pomůckou by měl dítěti rozvíjet dílčí funkce v oblasti zraku, sluchu, orientace v prostoru a seriality.

### 6.3. Pomůcka pro rozvoj předmatematických představ

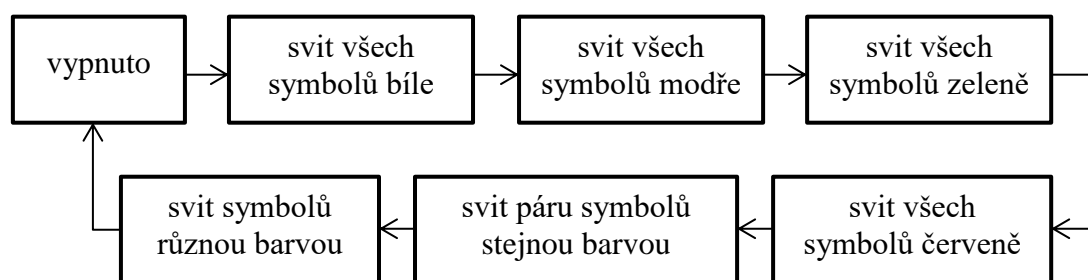
Na základě doporučení speciálním pedagogem byla zadána Pomůcka pro rozvoj předmatematických představ dětí předškolního věku.

#### **Specifikace pomůcky pro rozvoj předmatematických představ:**

- implementace do krychle o délce hrany 12cm
- odolnost pomůcky (pády)
- zaoblení hran, vyloučení ostrých prvků, hladké stěny
- zobrazení základních symbolů: velký a malý kruh, velký a malý čtverec, velký a malý trojúhelník
- možnost výměny symbolů za jiné symboly a obrázky
- volitelné barvy symbolů
- přepínání režimů pomocí dálkového ovládání (viz Režimy)

#### **Režimy**

Postupným stiskem tlačítka SET na ovladači bude vnitřní elektronika přepínat mezi jednotlivými stavy podle následujícího vývojového diagramu (obrázek 20).



Obrázek 20: Stavový diagram pomůcky pro rozvoj předmatematických představ

#### 6.3.1. Návrh pomůcky

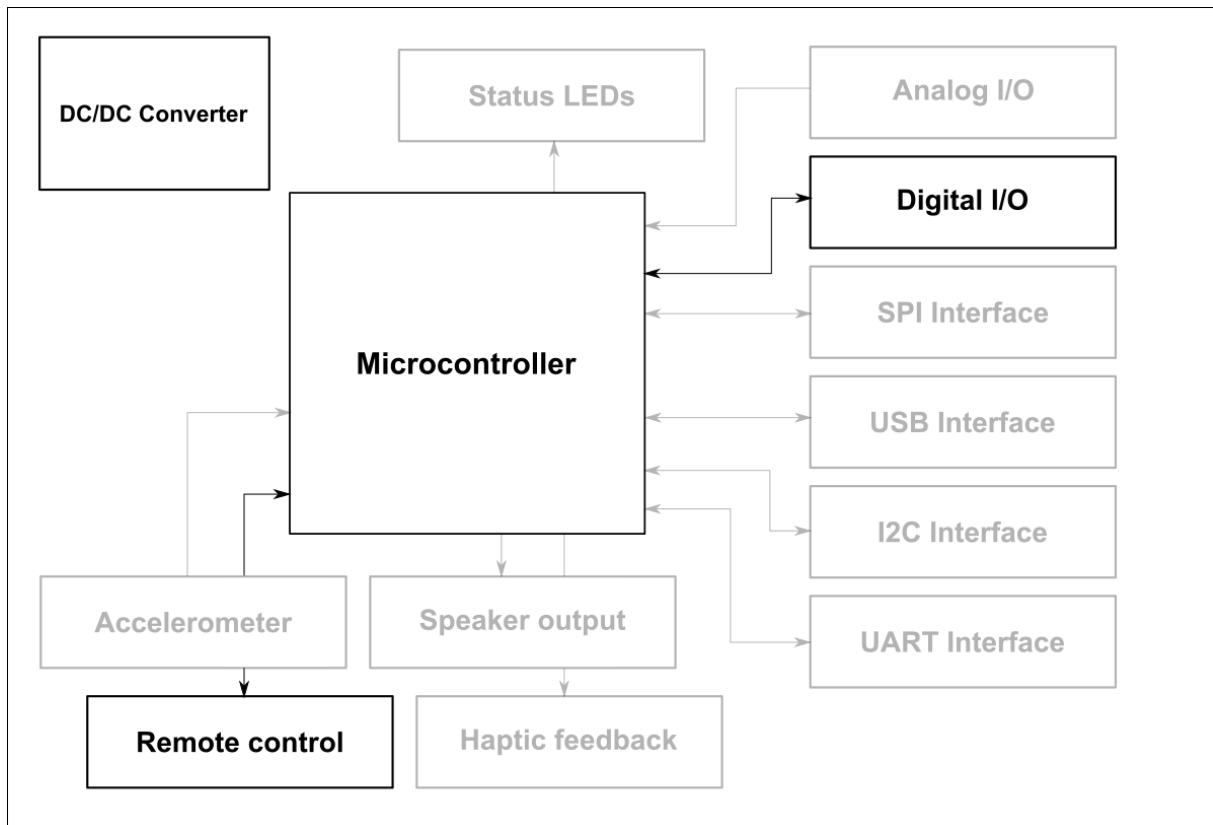
Na základě charakteristiky pomůcky volíme z blokového schématu (viz obrázek 1) pouze potřebné HW bloky. Jelikož musí být symboly zaměnitelné, byla zvolena metoda prosvěcování fóliové matrice polem tvořeným LED diodami. Protože forma implementace je zadána, musí být

rozměry elektroniky takové, aby se do útroby pomůcky vešly. Proto omezíme výběr HW bloků na ty nejnútnejší: mikrokontrolér, zdroj, komunikační modul a digitální výstupy, ke kterým budou připojeny matice LED diod. Celé zařízení pak bude zabudované do krychle vyrobené z poloprůsvitného plexiskla o hraně 12cm.

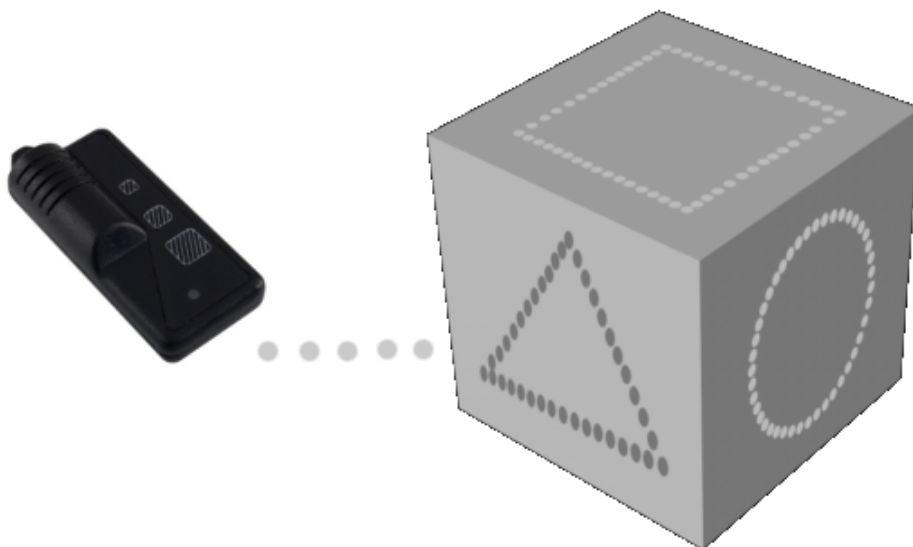
### **Hardware**

Celkově se vnitřek pomůcky skládá z řídicí elektroniky (odvozené ze základní platformy) a šesti stěn, které obsahují pole 16 rovnoměrně rozprostřených RGB LED diod. Jelikož celkový odběr všech 96 LED je značný a převyšuje možnosti napájecího zdroje, byla elektronika navržena tak, aby max. odběr v každém okamžiku nepřekročil 100mA. Toho lze dosáhnout ovládním diod v multiplexním režimu. LED diody na každé z desek (stěny krychle) jsou proto rozděleny do čtyř bloků po čtyřech diodách. Jelikož ovládáme každou barvu zvlášť, bude deska stěny potřebovat 12 ovládacích signálů (tři barvy krát 4 bloky diod). Z důvodu nedostatečného výkonu ovládacích vývodů mikrokontroléru musí být každý barvový signál výkonově posílen tranzistorem (T1 až T12). Úplné schéma desky LED diod, které tvoří stěny krychle, je v příloze E. Blokované schéma řídicí části je prezentováno na obrázku 21. Samotná řídicí deska obsahuje napájecí zdroj, blok mikrokontroléru a blok dálkového ovládní. Tyto části jsou odvozeny ze základní platformy. Deska je dále rozšířena o konektory pro připojení desek s LED diodami. Pro potřeby multiplexního řízení má každá připojená deska oddělenou zem a ty je možné připojovat pomocí šesti výkonových tranzistorů T1 až T6. Pro řízení LED matic je z mikrokontroléru vyvedeno 12 ovládacích signálů pro jednotlivé bloky a barvy a 6 ovládacích signálů pro spínání napájení jednotlivých desek. 8 signálů je přivedeno na bránu Digital I/O, zbylé signály jsou připojeny k nevyužitým vývodům procesoru. Úplné schéma řídicí části (deska elektroniky) je v příloze D.

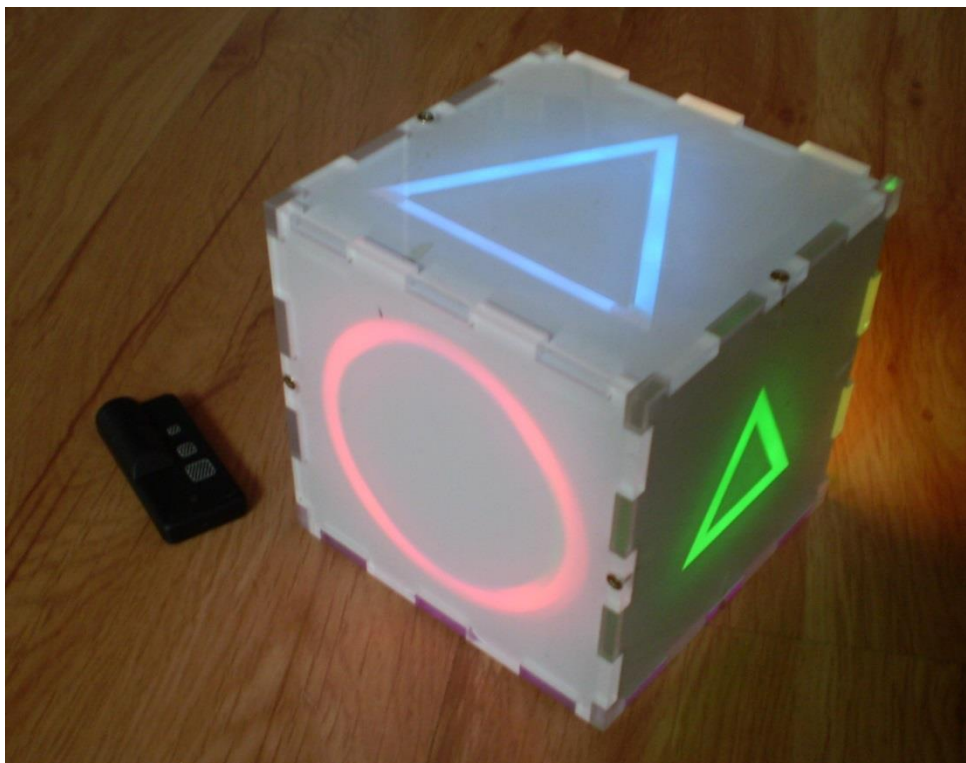
Vizualizace a fotografie následné realizace jsou zobrazeny na obrázcích 22 a 23.



Obrázek 21: Blokové schéma pomůcky pro rozvoj předmatematických představ



Obrázek 22: Vizualizace pomůcky

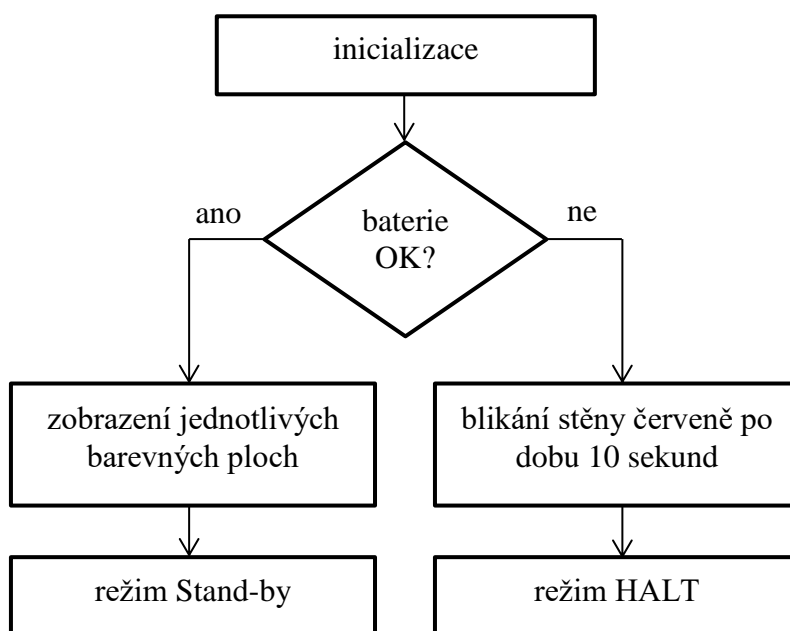


Obrázek 23: Realizovaná pomůcka

### ***Program***

Program, který celou pomůcku ovládá, využívá následující SW moduly: Inicializaci procesoru, Battery management, Remote control a modul ECC. Tyto moduly jsou doplněny funkcemi pro multiplexní řízení stěn pomůcky a jednoduchým stavovým automatem, který zpracovává definované režimy dle stavového diagramu na obrázku 20.

Stavový diagram byl doplněn o režim, který nastane po vložení baterie do pomůcky. Po připojení baterie se provede test po spuštění (power-on self-test). Jeho smyslem je kontrola stavu baterie a funkčnost připojených LED matic. Nízké napětí baterie je indikováno blikáním jedné stěny červeně po dobu cca 10 vteřin a následuje přechod do režimu hlubokého spánku (halt mode). Pokud je baterie v pořádku, rozsvítí se postupně jednotlivé stěny pomůcky, přičemž se postupně vystřídají základní barvy (červená, modrá, zelená). Nakonec se rozsvítí celá krychle bíle a po chvíli celé zařízení přejde do pohotovostního (stand-by) režimu. Celý test musí trvat nejdéle 10 vteřin. Stavový diagram tohoto postupu je znázorněn na obrázku 24.



Obrázek 24: Stavový diagram power-on self-testu

#### 6.4. Závěr

Pomůcka pro rozvoj předmatematických představ dětí předškolního věku byla vyrobena a její funkčnost otestována jednak autorem, jednak také speciálním pedagogem, který ověřil správnost zadání a předběžně vyzkoušel nácvik s pomůckou, který bude dítě absolvovat v experimentálním šetření.

## 7. Experimentální ověření pedagogického přínosu pomůcky

### 7.1. Úvod

Abychom měli představu o tom, zda didaktické pomůcky, které vzniknou na základě elektronické platformy z kapitoly 5, budou pomáhat korigovat různé specifické poruchy učení, je vhodné provést verifikaci pomůcky v experimentálním šetření v podobě pedagogického výzkumu. V následující kapitole je tento proces popsán na *Pomůcce pro rozvoj předmatematických představ dětí předškolního věku*, jejíž návrh je uveden v kapitole 6.3.

### 7.2. Charakteristika experimentu

Pro experiment byly vytvořeny dvě skupiny dětí. Skupina experimentální X, ve které se uskutečnilo experimentální působení a skupina kontrolní Y, ve které se experimentální působení neuskutečnilo. Obě skupiny byly podrobeny testování a to nejprve pomocí pretestu, který byl zadán před vlastním experimentálním působením a je tedy vstupním testem a pomocí posttestu, který byl zadán až po vlastním experimentálním působení a je tedy výstupním testem. Cílem pretestu je zjištění výsledků v celé, ještě nerozdělené skupině probandů a jejich následné rozdělení na dvě skupiny pomocí určitého faktoru. Cílem posttestu je ověření, zda pod vlivem experimentální intervenující proměnné  $P = \text{„Nácvik s pomůckou“}$  došlo ke změnám v závislých proměnných, tedy ke změně úrovně předmatematických představ.

Skupina	pretest	působení P	posttest
X - experimentální	ano	ano	ano
Y - kontrolní	ano	ne	ano

Pokud ve skupině, ve které působí nezávisle proměnná  $P$ , je rozdíl mezi pretestem a posttestem větší, než ve skupině, ve které nepůsobí  $P$ , můžeme konstatovat, že působení nezávislé proměnné bylo účinné. Zkoumání prověříme některým ze statistických testů a na základě výsledných hypotéz vyvodíme závěr.

### 7.3. Dílčí hypotézy a cíle výzkumného šetření

Hlavním cílem výzkumného šetření je ověření vlivu elektronické didaktické pomůcky s programem na rozvoj předmatematických představ u předškolních dětí. Výsledkem by mělo být



ověření pomůcky s tímto programem, rozhodnutí o budoucím nasazení do praxe a další možné varianty využití.

Dílní cíle výzkumného šetření:

- Sestavení testu předmatematických představ
- Vytvoření metodiky nácviku s pomůckou
- Analýza získaných dat a vyvození závěru

**Teoretická hypotéza:** Kladná motivace, nácviky a manipulace s pomůckou přispívají ke korekci SPU u dětí předškolního věku.

**Praktická hypotéza nulová ( $H_0$ ):** Děti, které nacvičovaly s pomůckou, nedosahují lepších výsledků v testech než děti, které s pomůckou nenacvičovaly.

**Praktická hypotéza alternativní ( $H_A$ ):** Děti, které nacvičovaly s pomůckou, dosahují lepších výsledků v testech než děti, které s pomůckou nenacvičovaly.

#### 7.4. Charakteristika výzkumného souboru

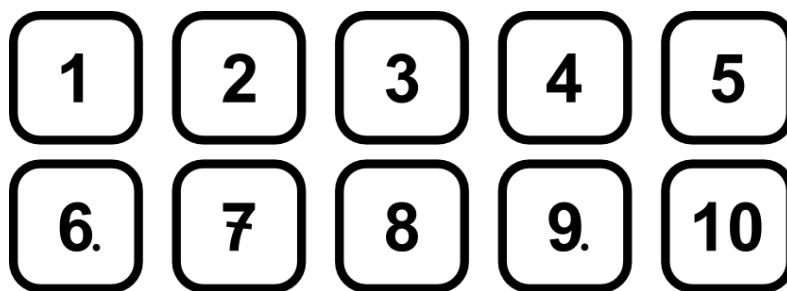
Experiment byl proveden na vzorku dětí vybrané mateřské školy. Vybraná třída navíc kombinuje děti různého věku, a proto bylo možné vybrat k testování děti ve věku od 3 roků až 7 let. Se souhlasem vybrané mateřské školy bylo připraveno místo pro testování i nácvik s pomůckou. Jednalo se o ředitelnu se společenskou místností, vybavenou oválným stolem. Pro děti nebylo místo stresující, dobře jej znaly. Tím, že je místnost oddělena od herny, ve které tráví děti většinu dopoledne, nedocházelo k rušení testovaného žáka od ostatních dětí a dítě se tak mohlo plně soustředit na úkol.

Nezbytnou součástí takového testování je informovaný souhlas rodičů. Celkem se k testování i nácviku podařilo získat 22 dětí, které byly rozděleny do skupin podle výsledků v pretestu. Mezi vzorkem dětí byly děti jak předškolního věku (ve skupině označené písmenem B), tak děti mladší než 5 roků (ve skupině označené jako E). Jejich jména, věk a pracovní označení byly zapsány do formuláře A (viz příloha F). Experiment byl organizován tak, aby si byly skupiny co nejvíce rovnocenné. Jedině tak lze sledovat trend změny výsledků po nácviku s pomůckou a tím ověřit její přínos.

Pretest a posttest byl vytvořen autorem na základě pedagogického minima se zaměřením na testování předmatematických představ. Tento test byl schválen speciálním pedagogem a

představen vybrané školce. Jeho úplný opis je možné nalézt v příloze G tohoto dokumentu. Podrobnější popis otázek je v kapitole 7.5.3.

Otázky z testu kladla praktikantka, kterou děti dobře znají. Dalším přítomným byl pouze autor práce, který pracoval jako zapisovatel výsledků a do komunikace s dítětem nijak nezasahoval. Základním vybavením pro test byla sada kartiček s černými čísly od 1 do 10 na bílém podkladu (viz obrázek 25) o velikosti 4 x 4 cm. Jejich velikost byla stanovena s ohledem na motoriku dětí, celkovou šířku vzniklé řady a byla schválena vedením školky i speciálním pedagogem. Testování každého dítěte nezabralo více než 10 minut. Při čtení testových otázek kladla praktikantka důraz na předložku, kterou daná otázka testovala. V metodickém postupu v kapitole 7.5.3 jsou tato slova tučně zvýrazněna. Děti se postupně střídaly a při doprovodu z a do herny si povídaly s praktikantkou, aby z nich spadlo napětí z případné neznámé osoby.



Obrázek 25: Sada čísel pro test

Testy i nácvik měly předepsaný harmonogram. První den proběhl pretest a na druhý den bylo připraveno rozdělení do skupin. Nácvik byl prováděn pouze s experimentální skupinou a byl zařazen do programu školky na následující dva týdny. Experimentální skupina nacvičovala s pomůckou v obou týdnech rovnoměrně celkem čtyřikrát (2x za týden). Posttest byl naplánován zhruba dva týdny po pretestu. Práci s dětmi v této třídě navíc zajišťují dvě vychovatelky, a proto mohl být po domluvě prováděn nácvik s pomůckou experimentální skupiny odděleně od kontrolní skupiny.

## 7.5. Test předmatematických představ

Test pro ověření předmatematických představ před a po nácviku byl vytvořen autorem na základě pedagogického minima a konzultován spolu se speciálním pedagogem. Jeho obsah prověřil znalosti podle RVP PV, konkrétně vytvoření řady čísel od 1 do 10, pochopení předložek před, za a mezi, číslovek první a poslední a slovních spojení ihned před a ihned za. Celkově vznikly dvě

varianty testu, základní a obtížnější, přičemž pro testování v reálných podmínkách byla zvolena pouze varianta základní.

### 7.5.1. Příprava před testem

Máme k dispozici zalaminované kartičky s černými číslicemi o velikosti přibližně 4cm x 4cm. Kartičky rozložíme na stůl před dítě v náhodném pořadí, ale tak, aby se z nich dalo číst (kartičky se nesmí překrývat, musí být obráceny číslem nahoru, pro dítě musí být snadno čitelné).

### 7.5.2. Obecné zásady pro hodnocení a komunikaci

**Pretest** – nesmí dojít k informaci o správnosti úkolu (kromě první otázky, tedy sestavení číselné řady). Toto pravidlo je velmi důležité, protože tím vyloučíme možnost memorování odpovědí úkolů. Mezi jednotlivými otázkami můžeme mlčet, nebo prohodit jen „ano“, „aha“, „hm“ apod. Hodnotí se první řešení resp. první odpověď dítěte.

**Posttest** – po odpovědi dítěte jej o správném řešení informujeme zazněním slova „Správně“, „Výborně“ apod., popřípadě hlubším vysvětlením. Opět se hodnotí první řešení resp. první odpověď dítěte.

V příkladech práce s dítětem je **tučně** uveden důraz na probíranou předložku.

### 7.5.3. Rozbor testu

#### ***Základní varianta***

#### **1. Z čísel vytvoř řadu od jedné do deseti.**

**Hodnocení:** Hodnotí se pouze správnost řady, ne rychlost, s jakou dítě pracuje. Do hodnocení se zapisuje počet pokusů, které dítě potřebovalo k vytvoření úplné řady. I drobné chyby zkoušející zaznamená příslušnou kolonkou. Po několika neúspěšných pokusech pomůže zkoušející se sestavením řady a uvede tyto skutečnosti do hodnocení.

**Příklad práce s dítětem:** „Před sebou máš rozloženy kartičky s čísly. Nejprve je spolu zamícháme.“ Zábavnou formou zamícháme kartičky, neotáčíme, pouze přemícháváme. „Zkus seřadit čísla za sebou do řádku od jedné do deseti, jako by to byly korálky navlečené na

šňůrce. Nespěchej, pracuj pomalu.“ Sledujeme průběh, ale dítěti neradíme. Mělo by to zvládnout samo.

## 2. Ukaž a řekni, které číslo je první v řadě.

**Hodnocení:** Otázka eliminuje více možností. Hodnotí se, zda dítě ukáže „jedničku“. Uvede se výsledek, zda dítě splnilo napoprvé. V pretestu neinformujeme o správnosti výsledku.

**Příklad práce s dítětem:** „Podívej se na kartičky a řekni mi, které číslo je v řadě **první**.“ Ukáže na první kartu prstem. „Aha“ nebo nic (pretest) nebo „Správně“ (posttest). A teď mi řekni, jaké číslo je na té kartičce?“. Jedna.

## 3. Ukaž a řekni, které číslo je poslední v řadě.

**Hodnocení:** Otázka eliminuje více možností. Hodnotí se, zda dítě ukáže „desítku“. Uvede se výsledek, zda dítě splnilo napoprvé. V pretestu neinformujeme o správnosti výsledku.

**Příklad práce s dítětem:** „Podívej se na kartičky a řekni mi, které číslo je **poslední** v řadě.“

## 4. Které číslo je před číslem dva?

**Hodnocení:** Otázka eliminuje více možností. Hodnotí se, zda dítě ukáže „jedničku“. Uvede se výsledek, zda dítě splnilo napoprvé. V pretestu neinformujeme o správnosti výsledku.

**Příklad práce s dítětem:** „Podívej se na kartičky a řekni mi, které číslo leží **před** číslem dva.“

## 5. Která čísla jsou před číslem čtyři?

**Hodnocení:** Otázka umožňuje více správných odpovědí, hodnotí se počet správných odpovědí na první pokus, případně kolik pokusů bylo potřeba ke splnění otázky. Pokud nezodpoví napoprvé všechna čísla (celkem tři), ale například jen jedno, zpravidla „trojku“, poradte dítěti například otázkou „Jen trojka?“ a dítě pokračuje druhým, resp. dalšími pokusy. Tato skutečnost se uvede do hodnocení.

**Příklad práce s dítětem:** „Podívej se na kartičky a řekni mi, která čísla leží **před** číslem čtyři.“ Ukáže-li jen na například číslo 3: „Jen jedno číslo je **před** čtyřkou?“ nebo ukáže i na další správné atd.

## 6. Které číslo je za číslem devět?

**Hodnocení:** Otázka eliminuje více možností. Hodnotí se, zda dítě ukáže „desítku“. Uvede se výsledek, zda dítě splnilo napoprvé. V pretestu neinformujeme o správnosti výsledku.

**Příklad práce s dítětem:** „Podívej se na kartičky a řekni mi, které číslo leží **za** číslem devět.“

## 7. Která čísla jsou za číslem šest?

**Hodnocení:** Otázka umožňuje více správných odpovědí, hodnotí se počet správných odpovědí na první pokus, případně kolik pokusů bylo potřeba ke splnění otázky. Pokud nezodpoví napoprvé všechna čísla (celkem čtyři), ale například jen jedno, zpravidla „sedm“, poradte dítěti například otázkou „Jen sedmička?“ a dítě pokračuje druhým, resp. dalšími pokusy. Tato skutečnost se uvede do hodnocení.

**Příklad práce s dítětem:** „Podívej se na kartičky a řekni mi, která čísla leží **za** číslem šest.“ Ukáže-li na například jen sedmičku: „Jen jedna kartička je **za** číslem sedm?“ nebo ukáže i na další správné atd.

## 8. Které číslo je mezi číslem čtyři a šest?

**Hodnocení:** Otázka eliminuje více možností. Hodnotí se, zda dítě ukáže „pětku“. Uvede se výsledek, zda dítě splnilo napoprvé. V pretestu neinformujeme o správnosti výsledku.

**Příklad práce s dítětem:** „Podívej se na kartičky a řekni mi, které číslo leží **mezi** čísly čtyři a šest?“ Ukáže prstem na číslo pět. „Ano“ (pretest) nebo „Správně“ (posttest). A které číslo je na té kartičce?. Pět.

## 9. Která čísla jsou mezi číslem šest a dva?

**Hodnocení:** Otázka umožňuje více správných odpovědí, hodnotí se počet správných odpovědí na první pokus, případně kolik pokusů bylo potřeba ke splnění otázky. Pokud nezodpoví napoprvé všechna čísla (celkem tři), ale například jen jedno, poradte dítěti například otázkou „Jen pětka?“ a dítě pokračuje druhým, resp. dalšími pokusy. Tato skutečnost se uvede do hodnocení.

**Příklad práce s dítětem:** „Podívej se na kartičky a řekni mi, která čísla jsou **mezi** čísly šest a dva?“ Ukáže-li na například jen trojku: „Jen jedno číslo je **mezi** čísly dva a šest?“ nebo ukáže i na další správné atd.

## 10. Které číslo se nachází ihned před a ihned za číslem sedm

**Hodnocení:** Otázka eliminuje více možností. Hodnotí se, zda dítě ukáže „šestku“ a „osmičku“. Uvede se výsledek, zda dítě splnilo napoprvé. V pretestu neinformujeme o správnosti výsledku.

**Příklad práce s dítětem:** „Podívej se na kartičky a řekni mi, které číslo se nachází **ihned před** číslem sedm a **ihned za** číslem sedm?“

### *Obtížnější varianta*

**Příprava:** Necháme dítě zamíchat kartičky, poté si vytáhne libovolné čtyři z nich.

#### **TEST**

1. Čísla poskládej do řady tak, jak by měla jít za sebou.
2. Ukaž a řekni, které číslo z této řady kartiček je první.
3. Ukaž a řekni, které číslo z této řady je poslední.
4. Které(á) číslo(a) je(jsou) před .... např. čtyřkou?
5. Které(á) číslo(a) je(jsou) za/po .... např. pětkou?
6. Které(á) číslo(a) je(jsou) mezi... např. šestkou a dvojkou?

Hodnotí se stejně jako v Základní variantě testu s přihlédnutím k menšímu počtu kartiček. Uvedení obtížnější varianty je jen nabídkou pro zvýšení náročnosti testu. Pro experimentální šetření byla zvolena pouze základní varianta.

### 7.5.4. Hodnocení testu

Pro potřeby hodnocení byl připraven formulář Hodnocení výsledků zkoušejícím, kde se co možná nejpřesněji bez emocí zapisují výsledky jednotlivých úkolů. Jeho úplné znění je přiložené v příloze H. Součástí formuláře je i hodnotící tabulka pro kvantifikaci výsledku. Z uvedených hodnocení jednotlivých úkolů je stanovena známka se stejným významem jako při známkování ve škole, tj. „1“ splnil až „5“ nesplnil.

Úkol 1: Známkování 1 (na první pokus) až 5 (nesplnil), malá pomoc se počítá jako mínus (ke známce se přičte 0,5).

Úkoly 2, 3, 4, 6 a 8: Známkování 1 (splnil) nebo 5 (nesplnil). Malou pomoc lze dodatečně počítat jako mínus (ke známce se přičte 0,5). Větší pomoc lze známkovat známkou 3.

Úkoly 5, 7 a 9: Znamkování 1 (všechna napoprvé), 2 (jedno napoprvé), 3 a 4 dle počtu správných z celkového počtu určených (určil některé), 5 (nesplnil), mínus, tedy přičtení 0,5 (s malou pomocí).

Úkol 10: Znamkování 1 (obě napoprvé), 3 (jedno napoprvé), 5 (nesplnil). Malou pomoc lze dodatečně počítat jako mínus (ke známce se přičte 0,5).

### **Hodnotící koeficienty**

Jelikož jsou úkoly různě náročné, pro lepší kvantifikaci byly známky doplněny váhovými koeficienty, které náročnost přímo vyjadřují. Po konzultaci se speciálním pedagogem byla provedena rešerše důležitosti a náročnosti jednotlivých úkolů. Za nejdůležitější a také nejnáročnější považujeme sestavení číselné řady od 1 do 10, které by mělo předškolní dítě znát. Z toho plyne význam úkolu a náročnost 40%. Další důležitý úkol je pochopení významu slov „první“ a „poslední“ a jejich aplikace na řadě čísel – důležitost 10% každé z otázek. Význam úkolů s pochopením významu slov „před“ a „za“ byl stanoven ekvivalentně na 5%. Poslední otázce, která se týká pochopení významu slova „ihned“, byla stanovena náročnost na 10%. Popis hodnotících koeficientů je popsán v tabulce 1.

**Tabulka 1: Popis hodnotících koeficientů.**

Úkol	Popis, obtížnost	Váhový koeficient
1	Nejdůležitější úkol testu, jehož splnění je důležité pro další úkoly. Význam úkolu 40%	40
2, 3	Pochopení významu „první“ a „druhý“. Důležitost 10%	10
4, 5	Pochopení významu „před“. Důležitost 5%	5
6, 7	Pochopení významu „za“. Důležitost 5%	5
8, 9	Pochopení významu „mezi“. Důležitost 5%	5
10	Kombinace předložek „před“ a „za“ + pochopení slova „ihned“. Důležitost 10%	10
	Celkem 100%	100

Jednotlivé známky, které se určí z hodnocení jednotlivých úkolů, se vynásobí příslušnými váhovými koeficienty a mezivýsledky se sečtou. Vážený průměr se poté vypočte vydělením konstanty 100 od součtu mezivýsledků.

## 7.6. Analýza získaných dat

### 7.6.1. Pretest

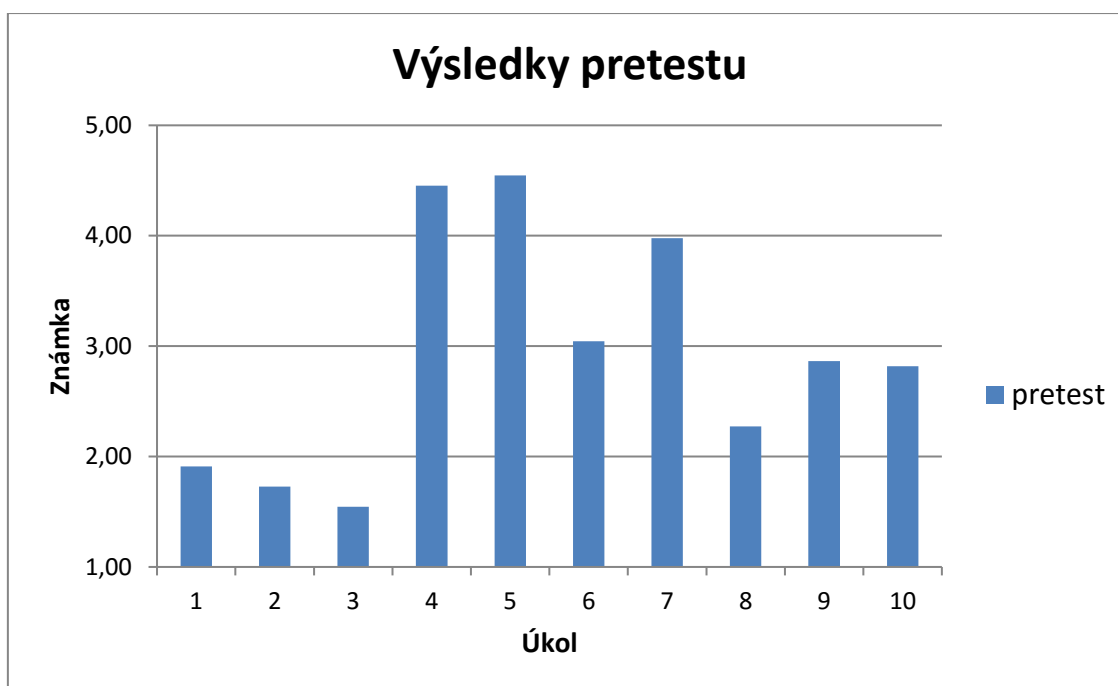
Nejprve proběhl u všech dětí pretest bez příslušnosti k experimentální nebo kontrolní skupině. Test byl proveden u všech předškolních dětí (kategorie B) ze třídy a několika dětí ve věku od 4 do 5 let. Ostatní děti byly z testu vyloučeny. Hodnocení jednotlivých úkolů se zapisují do hodnotícího dvoustránkového formuláře (viz příloha H). Na základě výsledků z pretestu lze odvodit, které otázky dělají dětem největší potíže a tím i které předložky nebo úkoly jsou pro děti problematické a musí být na ně při nácviku kladen důraz. Výsledek pretestu je zobrazen v tabulce 2. Graficky je pak znázorněn průměr ze všech úkolů v grafu (obrázek 26).

Tabulka 2: Zpracované výsledky úkolů – pretest.

Proband	Výsledky úkolů - pretest										Celková známka z testu*
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
B1	1	1	1	5	5	1	1,5	1	1	5	1,83
B2	1	5	5	5	5	5	3	1	4	1	2,65
B3	1,5	1	1	5	5	1	4	5	5	5	2,55
B4	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1,10
B5	1	1	1	1	1	5	5	1	1	3	1,60
B6	1	1	1	5	5	1	4	5	4	3	2,10
B7	1	1	1	5	5	5	5	1	1	1	1,80
B8	1	1	1	5	4	5	4	5	4	3	2,25
B9	1	1	1	5	5	5	5	1	1	1	1,80
B10	1	1	1	5	5	1	4	1	1	3	1,75
B11	1	1	1	5	5	5	5	1	1	3	2,00
B12	1	1	1	5	5	1	1	1	1	1	1,40
B13	1	1	1	5	4	1	4	1	1	1	1,50
B14	1	1	1	5	5	1	4	1	3	2	1,75
B15	3,5	1	1	5	5	1	4	5	4	3	3,10
B16	1,5	1	1	1	5	2	3	1	3	3	1,85
B17	1	1	1	5	5	1	4	1	3	2	1,75
E1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5,00
E2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5,00
E3	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	4,60
E4	5	1	1	5	5	5	5	1	4	3	3,75
E5	1,5	1	1	5	5	5	4	1	5	3	2,35
Průměr známek	1,91	1,73	1,55	4,45	4,55	3,05	3,98	2,27	2,86	2,82	2,43

\* po aplikaci váhových koeficientů, viz kapitola 7.5.4.





Obrázek 26: Graf - výsledky pretestu.

### ***Závěry z výsledků testu***

Předškolní děti (kategorie B) dokáží řadu čísel od 1 do 10 téměř bezproblémově sestavit, pouze tři probandi k tomu potřebovali drobnou pomoc. U mladších dětí (kat. E) to byl, až na jednu výjimku, úkol nesplnitelný. U probandů jsme se někdy setkávali s tím, že číselnou řadu tvoří skládáním čísel zprava doleva a to pak vede k problémům v dalších otázkách. Další častou chybou bylo přehození číslic 6 a 9. Obě číselky však byly opatřeny tečkou za číslem. Některé děti si při stanovování odpovědí počítaly nahlas. Pochopení významu slov „první“ a „poslední“ nedělal větší problémy, dokonce některé děti z kategorie E dokázaly určit první nebo poslední položku řady, aniž by vlastní řadu byly schopny sestavit. Úkoly na předložky „před“ a „za“ dělaly značné problémy. Poslední otázka, která testuje význam slova „ihned“, působí potíže přibližně polovině probandů díky neznalosti významu této předložky.

### **7.6.2. Rozdělení do skupin**

Po vyhodnocení pretestu byly děti rozděleny do skupin. Rozdělení do skupin je v pedagogických výzkumech zpravidla provedeno na základě parametru, který se k dané

problematice vztahuje. V tomto případě by mělo jít o parametr vztahující se k SPU. Ve věku testovaných probandů však není možné jednoznačně určit, které dítě má či nemá problémy s SPU. Proto byly skupiny rozděleny tak, aby byly ve skupinách zastoupeny děti s přibližně stejnými výsledky a také rovnoměrně dle pohlaví. Rozdílnost, resp. shodnost skupin potvrdí některý z testů statistických hypotéz. V tomto případě se jako vhodný test jeví Mann-Whitneyův U test pro posouzení rozdílu dvou nezávislých výběrů. Znalost tohoto testu lze však využít i pro rozdělení dvou skupin tak, aby byly jednotlivé výsledky ve skupinách přibližně rovnoměrně zastoupeny.

Do tabulky zapíšeme výsledky jednotlivých probandů a přiřadíme jim celkové pořadí. Aby si byly skupiny rovnocenné, měl by být *součet pořadí* v jedné skupině roven součtu pořadí ve skupině druhé. Pořadí výsledků, které jsou si rovny, je vypočteno jako aritmetický průměr dvou nebo více prvků, jako kdyby šly za sebou. Pokud tedy vychází první a druhé pořadí na jeden stejný výsledek, dostanou oba prvky pořadí 1,5 a další (třetí) výsledek hodnotu 3, atd. S přihlédnutím k věku a pohlaví probandů bylo po několika iteracích provedeno rozdělení, které je uvedeno v tabulce 3 a 4.

**Tabulka 3: Rozdělení probandů kategorie B (předškoláci).**

Proband	Výsledek pretestu	Celkové pořadí	Skupina
B1	1,83	10	Kontrolní
B2	2,65	16	Kontrolní
B3	2,55	15	Experimentální
B4	1,10	1	Kontrolní
B5	1,60	4	Experimentální
B6	2,10	13	Experimentální
B7	1,80	8,5	Kontrolní
B8	2,25	14	Kontrolní
B9	1,80	8,5	Kontrolní
B10	1,75	6	Kontrolní
B11	2,00	12	Experimentální
B12	1,40	2	Experimentální
B13	1,50	3	Experimentální
B14	1,75	6	Experimentální
B15	3,10	17	Experimentální
B16	1,85	11	Kontrolní
B17	1,75	6	Experimentální

Experimentální skupina: součet pořadí  $S_X = 78$ , rozsah výběru  $n_X = 9$ .

Kontrolní skupina: součet pořadí  $S_Y = 75$ , rozsah výběru  $n_Y = 8$ .

Tabulka 4: Rozdělení probandů kategorie E (mladší 5 let).

Proband	Výsledek pretestu	Celkové pořadí	Skupina
E1	5,00	4,5	Kontrolní
E2	5,00	4,5	Experimentální
E3	4,60	3	Experimentální
E4	3,75	2	Kontrolní
E5	2,35	1	Kontrolní

Experimentální skupina: součet pořadí  $S_X = 7,5$ , rozsah výběru  $n_X = 2$ .

Kontrolní skupina: součet pořadí  $S_Y = 7,5$ , rozsah výběru  $n_Y = 3$ .

Součty pořadí v kategorii E jsou stejné, u kategorie B jsou jen velmi málo rozdílné. Abychom nemuseli analyzovat výsledky zvlášť pro kategorii B a zvlášť pro kategorii E, došlo ke sloučení již takto rozdělených skupin. Protože se ve skupině E vyskytuje známka 2,35, jejíž okolí je zastoupeno také uprostřed kategorie B, dojde sloučením k mírnému rozvážení součtů pořadí, které však výrazně nezvýší rozdíl obou skupin. Nově sestavené skupiny jsou uvedeny v tabulce 5.

### ***Mann-Whitneyův U test***

Jak již bylo uvedeno, k porovnání rozdílnosti skupin využijeme Mann-Whitneyův test statistických hypotéz. Tento test porovnává mediány ve dvou nezávislých souborech. Není podmínkou, aby byly oba soubory početně vyrovnané, avšak v našem případě tomu tak je.

Testované hypotézy jsou následující:

$H_0$ : Mediány obou souborů se rovnají.

$H_1$ : Mediány obou souborů jsou odlišné.

Sečteme pořadí zvlášť pro experimentální a zvlášť pro kontrolní skupinu. Skupina X (experimentální) má součet pořadí  $S_X = 121,5$  a rozsah výběru  $n_X = 11$ . Skupina Y (kontrolní) má součet pořadí  $S_Y = 131,5$  a rozsah výběru  $n_Y = 11$ .

Tabulka 5: Konečné rozdělení probandů do testovaných skupin.

	Proband	Pretest	Pořadí
Experimentální (X)	B3	2,55	16
	B5	1,60	4
	B6	2,10	13
	B11	2,00	12
	B12	1,40	2
	B13	1,50	3
	B14	1,75	6
	B15	3,10	18
	B17	1,75	6
	E2	5,00	21,5
	E3	4,60	20
Kontrolní (Y)	B1	1,83	10
	B2	2,65	17
	B4	1,10	1
	B7	1,80	8,5
	B8	2,25	14
	B9	1,80	8,5
	B10	1,75	6
	B16	1,85	11
	E1	5,00	21,5
	E4	3,75	19
	E5	2,35	15

Vypočítáme testové statistiky  $U_X$  a  $U_Y$ , kde

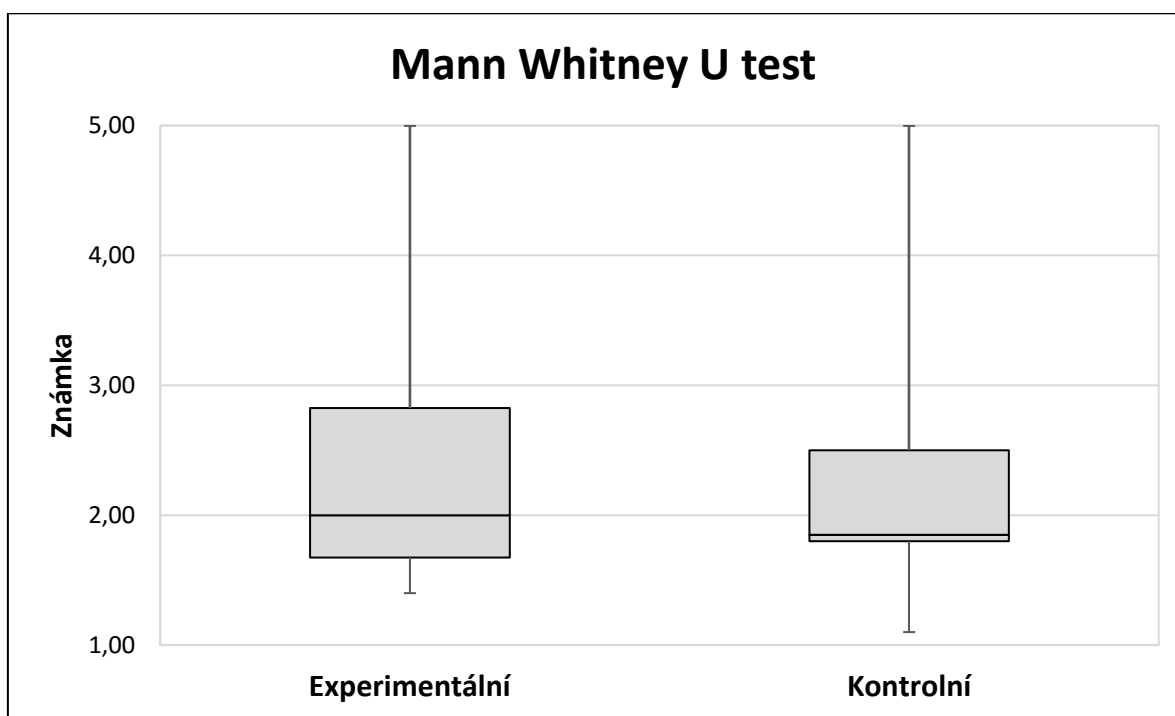
$$U_X = S_X - \frac{n_X(n_X + 1)}{2} = 121,5 - \frac{11 * 12}{2} = 55,5$$

$$U_Y = S_Y - \frac{n_Y(n_Y + 1)}{2} = 131,5 - \frac{11 * 12}{2} = 65,5$$

Zvolíme hladinu významnosti  $\alpha_{0,05}$  a z tabulky kritických hodnot pro Mann Whitney test na hladině  $\alpha=0,05$  (37) nalezneme kritickou hodnotu pro rozsahy výběrů  $n_X$  a  $n_Y$ . Nulovou hypotézu zamítneme, pokud menší z čísel  $U_X$  a  $U_Y$  je menší než kritická hodnota.

$$U = \min(U_X, U_Y) = 55,5$$

V našem případě je nalezená kritická hodnota 30,3 ( $n_X = 11$  a  $n_Y = 11$ ,  $\alpha_{0,05}$ ) a menší z čísel  $U = 55,5$ . Protože je kritická hodnota nižší než  $U$  ( $30,3 < 55,5$ ), **nemůžeme zamítnout nulovou hypotézu**. Závěr je, že jsme u těchto dvou skupin nenalezli statisticky významný rozdíl. Grafické znázornění výsledku testu je na obrázku 27.



Obrázek 27: Graf Mann-Whitney U testu.

Charakteristiky obou skupin jsou popsány v následujících dvou tabulkách:

**Tabulka 6: Charakteristika dětí v experimentální skupině – X.**

Pracovní označení	dovršený věk	pohlaví
B3	5 let	chlapec
B5	6 let	chlapec
B6	6 let	chlapec
B11	6 let	chlapec
B12	6 let	dívka
B13	6 let	chlapec
B14	6 let	dívka
B15	5 let	dívka
B17	6 let	chlapec
E2	4 roky	dívka
E3	3 roky	dívka

**Tabulka 7: Charakteristika dětí v kontrolní skupině – Y**

Pracovní označení	dovršený věk	pohlaví
B1	6 let	chlapec
B2	5 let	chlapec
B4	6 let	chlapec
B7	5 let	chlapec
B8	6 let	dívka
B9	6 let	dívka
B10	6 let	chlapec
B16	5 let	dívka
E1	4 roky	chlapec
E4	3 roky	dívka
E5	3 roky	dívka

### 7.6.3. Návčik s pomůckou

Návčik s pomůckou se provádí pouze v experimentální skupině a řídí se metodikou, která vznikla spoluprací se speciálním pedagogem. Inspirací v této oblasti byla diplomová práce na téma „Rozvoj předmatematických představ dětí v předškolním věku“ (38) a soubor cvičení pro děti v předškolním roce a v první třídě „Předcházíme poruchám učení“ (39).

Z výsledků, které se zapisují do formuláře B – *Hodnocení a rozdělení činnosti respondentů* (viz příloha I) vyplývá seznam nácviků, které by mělo dané dítě absolvovat. Postupuje se dle stanovené metodiky nácviku. Nácvik byl proveden v následujících dnech po pretestu a prováděla jej samostatně s jednotlivci i ve skupině praktikantka nebo vychovatelka.

Při nácviku záměrně nepoužíváme čísla. Tím se vyvarujeme cíleného memorování číselných řad a hodnocení čísel podle velikosti. Chceme, aby dítě pochopilo podstatu předložek „před“, „za“, „mezi“, číslovek „první“ a „poslední“ a tvorbu obecných řad (řada barev, obrázků apod.). Proto pracujeme se základními symboly (kruh, trojúhelník, čtverec), které by děti v předškolním věku měly být, dle RVP PV, schopné bez problémů určit. Další možností je použít místo základních symbolů jednoduché obrázky (auto, dům, kytka apod.). Pro tuto příležitost bylo vyrobeno přibližně 40 obrázků. Pokud by děti měly s rozpoznáváním symbolů nebo obrázků problém, mohou jim pomoci barvy. Cílem je procvičit předložkové vazby a slovní spojení podvědomě.

### **Metodika nácviku**

**Příprava:** Máme k dispozici elektronickou didaktickou pomůcku s programem pro rozvoj předmatematických představ, na které jsou tři páry obrázků, přičemž v páru je vždy jeden menší a druhý větší obrázek (kruh, trojúhelník, čtverec). Číslo u velkého písmene N vyjadřuje číslo úkolu (z testu), který chceme nacvičovat.

### **Konkrétní nácvik**

#### A. Seznámení se s kostkou

- „Vezmi si kostku do rukou a prohlédni si ji.“
- „Jaké obrázky vidíš? Vyjmenuj.“
- „Některé obrázky jsou malé a jiné velké, poznáš který je větší a který menší?“

#### B. Úkol 1: Vytvoření číselné řady

**N1** : „Ukaž postupně ve stejném pořadí nejdříve malé a potom velké obrázky.“

„Ukaž postupně červené, modré a zelené obrázky. Při ukazování je jmenuj.“

(zde je nutné projít ostatními nácviky, podle toho kde dítě chybuje v jiných otázkách)

C. Úkoly 2 a 3: Určení „prvního“ a „posledního“ čísla

**N2:** „Nejdříve najdi čtvereček, potom kruh a potom trojúhelník.“

„Který obrázek byl jako první?“

(nutné opakovat minimálně 3x, jen v jiných obměnách, totéž s barvami a jinými symboly).

**N3:** stejně jako u N2 jen s akcentem na slovo poslední.

D. Úkoly 4 až 7 : Určení čísel „před“ a „za“ čísla

**N4:** 3 řady párů obrázků s dotazem, který obrázek byl před tím dalším a následujícím. 3 řady trojic obrázků.

„Který obrázek byl před obrázkem s kruhem?“

„Který obrázek byl za obrázkem s trojúhelníkem?“

... (barvy, jiné obrázky).

**N5:** řady tří obrázků a vyjmenovat je postupně.

„Ukazuju čtverec, kruh, trojúhelník.“

V odpovědi vyžadovat pořadí: před obrázkem čtverce je kruh a potom trojúhelník. Při opravách dítěte používat slova: Před obrázkem čtverce je nejdříve kruh a až za ním je trojúhelník.

**N6:** stejně jako u N4 jen s akcentem na předložku za.

**N7:** stejně jako N5 s akcentem na předložku za.

E. Úkoly 8 až 10: Určení čísel „mezi“ čísla

**N8:** 3 řady tří obrázků s dotazem, který je mezi.

**N9:** 3 řady čtyř obrázků.

**N10:** řada 4 obrázků a který je ihned před i za dle výběru.

F. Různá cvičení

- Najdi dva domky, dvě hvězdičky a dva kruhy. Pomůže ti, že mají stejnou barvu. (Každý pár má stejnou barvou).
- Najdi dva domky, dvě hvězdičky a dvě kruhy. (Barvy symbolů jsou různé). Urči který symbol je větší a který menší.
- Mezi modrými obrázky najdi jeden bílý. Jde o menší, nebo větší <domeček>? (Svítil pouze jeden symbol bíle, ostatní modře). \*

\* tento nácvik neodpovídá původnímu zadání režimů pomůcky dle vývojového diagramu na obrázku 20 v kapitole 6.3. Byl dodatečně implementován před zahájením nácviků s dětmi.



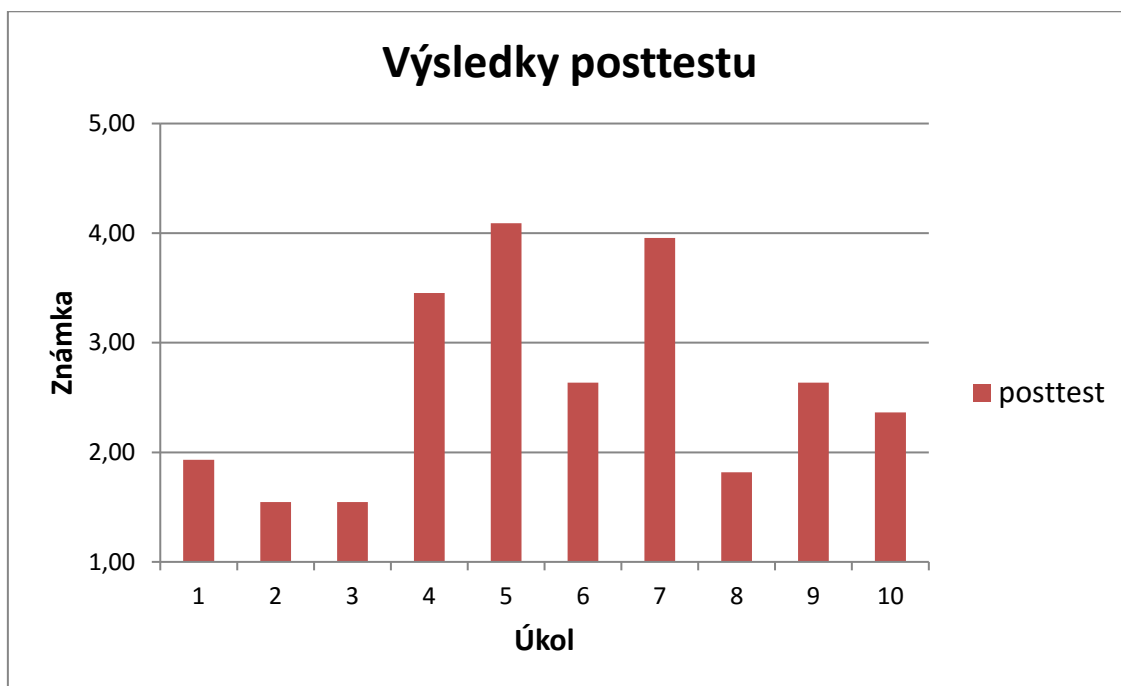
#### 7.6.4. Posttest

Posttest byl proveden jak u experimentální, tak u kontrolní skupiny. Výsledky se opět zapisují do dvoustránkového hodnotícího formuláře (viz příloha H). Před probíhajícími posttesty bylo dohodnuto, že se některé otázky upraví tak, aby jejich smysl zůstal zachován, jen se náhodně měnila některá čísla. Tyto změny jsou vždy uvedeny u jednotlivých otázek v hodnotícím formuláři a opět eliminují případnou možnost memorování některých otázek z již proběhlého pretestu. Výsledky testu jsou zobrazeny v tabulce 8 a graficky znázorněny v grafu (obrázek 28).

Tabulka 8: Zpracované výsledky úkolů – posttest.

Proband	Výsledky úkolů - posttest										Celková známka z testu*
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
B1	1	1	1	5	5	1	1	1	1	5	1,80
B2	2	5	5	5	4	1	4	1	4	1	2,85
B3	1,5	1	1	5	5	1	3	1	3	3	2,00
B4	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1,10
B5	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1,10
B6	1	1	1	5	5	1	4	1	3	1	1,65
B7	1	1	1	5	5	5	5	1	1	3	2,00
B8	1	1	1	5	4	5	4	5	4	3	2,25
B9	1	1	1	1	3	5	5	1	5	1	1,70
B10	1	1	1	1	4	5	5	1	1	1	1,55
B11	1	1	1	5	5	1	5	1	1	1	1,60
B12	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1,10
B13	1	1	1	1	4	5	4	1	1	1	1,50
B14	1	1	1	1	3	1	5	1	2	1	1,35
B15	3,5	1	1	3	5	1	3	1	3	3	2,70
B16	1	1	1	5	5	1	4	1	2	3	1,80
B17	1	1	1	1	3	1	4	1	1	1	1,25
E1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5,00
E2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5,00
E3	5	1	1	5	5	5	5	5	5	5	4,20
E4	5	1	1	5	5	5	5	3	4	3	3,85
E5	1,5	1	1	5	5	1	4	1	4	3	2,10
Průměr známek	1,93	1,55	1,55	3,45	4,09	2,64	3,95	1,82	2,64	2,36	2,25

\* po aplikaci váhových koeficientů, viz kapitola 7.5.4.

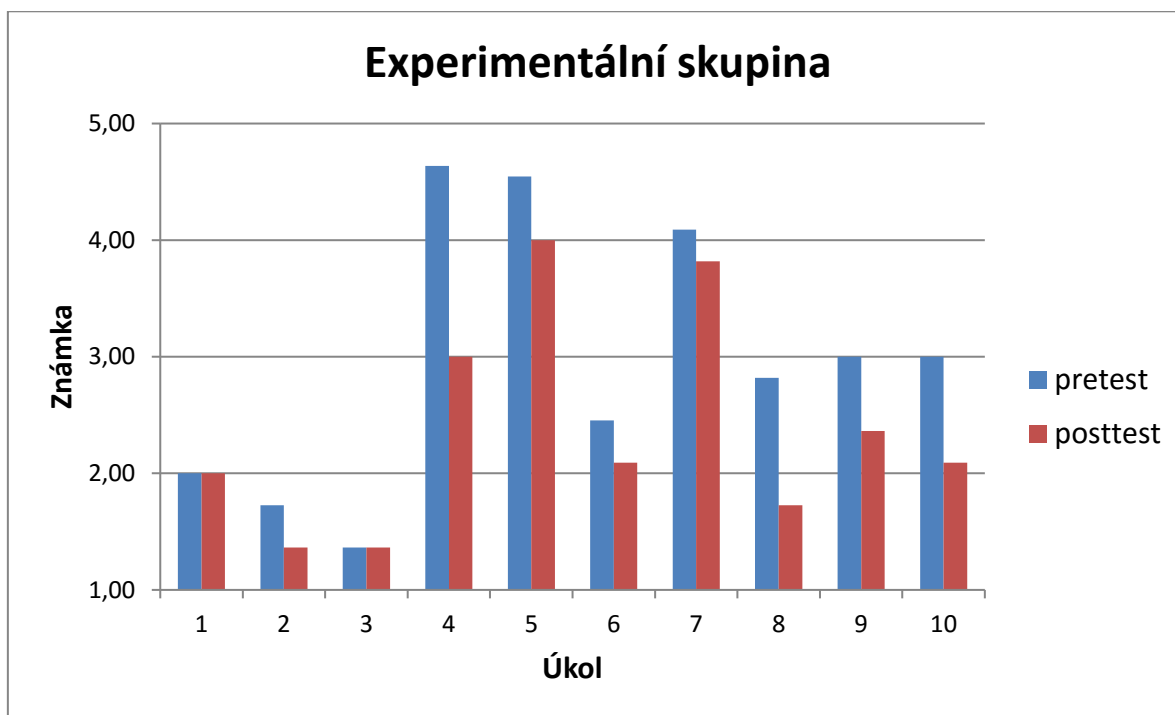


Obrázek 28: Graf - výsledky posttestu.

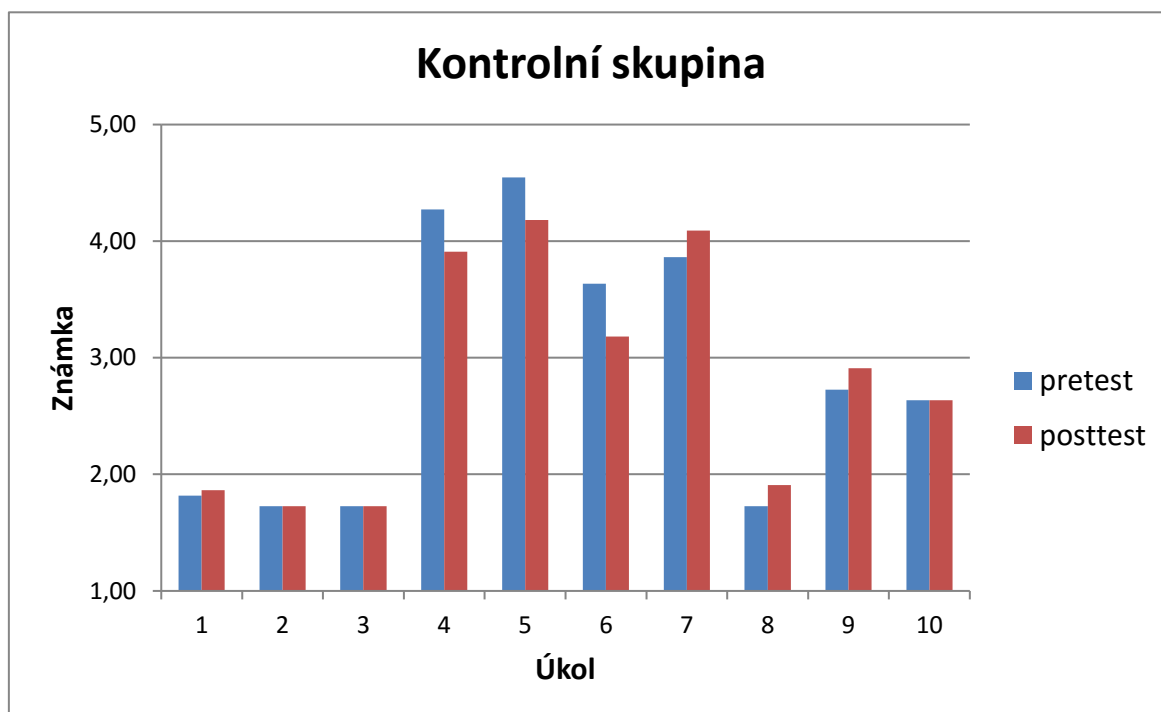
Grafické znázornění v porovnání s pretestem již nyní ukazuje pokles hodnot u některých úkolů, tedy zlepšení. Následuje podrobné srovnání výsledků a vyvození závěrů.

#### 7.6.5. Srovnání skupin

V tabulce 2 a 8 jsou zapsány výsledky pretestů a posttestů obou skupin. Srovnáme-li průměrné hodnoty z pretestu a posttestu jednotlivých skupin pro jednotlivé úkoly a graficky je znázorníme, dostaneme grafy na obrázcích 29 a 30.



Obrázek 29: Graf - Srovnání experimentální skupiny.



Obrázek 30: Graf - Srovnání kontrolní skupiny.

Graf experimentální skupiny ukazuje následující závěry:

- Nedošlo ke změně v úkolech 1 a 3
- Došlo ke zlepšení v ostatních úkolech

Z grafu kontrolní skupiny vyplývá:

- Nedošlo ke změně v úkolech 2, 3 a 10
- Došlo ke zlepšení nebo zhoršení v ostatních úkolech

Již z grafů je možné usoudit, že u experimentální skupiny došlo k významnému zlepšení výsledků v posttestu. Naopak kontrolní skupina ukazuje na nesoulad odpovědí v pretestu a posttestu, tedy v některých otázkách zlepšení, v jiných zhoršení. Provedeme srovnání výsledků pretestu a posttestu obou skupin pomocí testu statistických hypotéz. Nyní se jedná o závislé soubory jednotlivých skupin, proto použijeme Wilcoxonův test pro srovnání dvou závislých souborů.

### ***Wilcoxonův test***

Tento test porovnává dvě měření provedená u jednoho výběrového souboru. Testuje hypotézu rovnosti distribučních funkcí na základě ověření symetrického rozložení sledované náhodné veličiny. Výpočet testu vychází z párových hodnot dvou měření na jednom výběrovém souboru, v našem případě pretestu a posttestu.

U Wilcoxonova párového testu se hypotézy vztahují k mediánu rozdílů:

$H_0$ : Medián rozdílů je nulový.

$H_1$ : Medián rozdílů je různý od nuly.

Nulová hypotéza je pravdivá za předpokladu, že se mediány shodují. V tomto případě by teoreticky měl být součet záporných pořadí roven součtu kladných pořadí. V případě, že toto neplatí, nulová hypotéza se zamítá a pravdivá je alternativní hypotéza.

Určíme rozdíly výsledků mezi pretestem a posttestem, některé budou kladné (zlepšení), některé záporné (zhoršení). Nulové rozdíly z dalšího hodnocení vyřadíme. Nenulové rozdíly uspořádáme vzestupně bez ohledu na znaménko a každému rozdílu přiřadíme pořadí (stejným

hodnotám průměrné pořadí, podobně jako u Mann Whitney U testu). Výsledek je uveden v tabulce 9 a 10.

Tabulka 9: Wilcoxonův test – Experimentální skupina.

	Proband	Známka		Rozdíl	Pořadí
		pretest	posttest		
Experimentální (X)	B3	2,55	2,00	0,55	9
	B5	1,60	1,10	0,50	7,5
	B6	2,10	1,65	0,45	6
	B11	2,00	1,60	0,40	3,5
	B12	1,40	1,10	0,30	1
	B13	1,50	1,50	0,00	∅
	B14	1,75	1,35	0,40	3,5
	B15	3,10	2,70	0,40	3,5
	B17	1,75	1,25	0,50	7,5
	E2	5,00	5,00	0,00	∅
	E3	4,60	4,20	0,40	3,5

U experimentální skupiny je součet kladných pořadí ve výběru = 45, součet záporných pořadí ve výběru = 0, počet nenulových hodnot a tedy rozsah výběru  $n_x = 9$ .

Tabulka 10: Wilcoxonův test – Kontrolní skupina.

	Proband	Známka		Rozdíl	Pořadí
		pretest	posttest		
Kontrolní (Y)	B1	1,83	1,80	0,02	1
	B2	2,65	2,85	-0,20	-6
	B4	1,10	1,10	0,00	∅
	B7	1,80	2,00	-0,20	-6
	B8	2,25	2,25	0,00	∅
	B9	1,80	1,70	0,10	3,5
	B10	1,75	1,55	0,20	6
	B16	1,85	1,80	0,05	2
	E1	5,00	5,00	0,00	∅
	E4	3,75	3,85	-0,10	-3,5
	E5	2,35	2,10	0,25	8

U kontrolní skupiny je součet kladných pořadí ve výběru = 20,5, součet záporných pořadí ve výběru = 15,5, rozsah výběru  $n_Y = 8$ .

Menší z obou součtů použijeme jako testovací kritérium. Pokud je testovací kritérium menší než kritická hodnota, zamítáme nulovou hypotézu.

$$W_X = \min(W_{X+}, W_{X-}) = 0$$

$$W_Y = \min(W_{Y+}, W_{Y-}) = 15,5$$

Zvolíme hladinu významnosti  $\alpha_{0,05}$  a z tabulky kritických hodnot pro Wilcoxonův test na hladině  $\alpha=0,05$  (37) nalezneme kritickou hodnotu pro rozsahy výběrů  $n_X = 9$  a  $n_Y = 8$ :

$$W(\alpha, n) = W(0,05,9) = 5,5$$

$$W(\alpha, n) = W(0,05,8) = 3,7$$

Jelikož je v experimentální skupině  $W_e < W_{(0,05,9)}$ , tedy  $0 < 5,5$ , zamítáme nulovou hypotézu a **přijímáme hypotézu alternativní**, tzn., že pokusný zásah je účinný – hodnoty pretestu a posttestu se liší ve svém rozdělení.

Jelikož je v kontrolní skupině  $W_k > W_{(0,05,8)}$ , tedy  $15,5 > 3,7$ , **nemůžeme zamítnout nulovou hypotézu**, tzn., že hodnoty pretestu a posttestu se neliší ve svém rozdělení.

## 7.7. Účinek nácviku s pomůckou

Srovnání výsledků experimentální skupiny dále ukazuje vliv nácviku s pomůckou na jednotlivé úkoly. Především v prvním úkolu nepřináší žádné zlepšení, neboť pomůcka nepracuje s čísly, a proto není možné zlepšit znalosti v sestavování číselných řad. U úkolů 2 a 3, kde se testuje význam slov „první“ a „poslední“, došlo k mírnému zlepšení pouze u slova „první“. Oba výsledky se však blížily ke klasifikační známce 1,00 a předpokládá se větší vliv pomůcky u dětí, které by měly výrazně větší problémy s touto číslovkou a přídavným jménem. Testovací otázka 4, tedy pochopení slova „před“, kdy je k dispozici pouze jedna možná odpověď, dosáhla marginálního zlepšení. Méně pak otázka 5, která testuje stejnou předložku, ale k dispozici je více možných odpovědí. Protože se od probandů vyžadovaly všechny odpovědi naráz a případná pomocná otázka následně odpověď penalizovala, nedošlo ke stejnému zlepšení jako u otázky č. 4. Podobného efektu, avšak v menší míře, dosáhly otázky 6 a 7. Otázky 8 a 9 testovaly předložku

„mezi“. Zde je opět možné vidět marginální zlepšení u otázky s jednou možnou odpovědí (otázka 8) a v menší míře u otázky s více správnými odpověďmi (otázka 9). Poslední otázka testovala slovní spojení „ihned před“ a „ihned za“. Již v pretestu bylo zjištěno, že děti nerozumí slovu „ihned“. Zde tedy ke zlepšení nepomohl samotný nácvik s pomůckou, nýbrž vysvětlení významu slova „ihned“ při nácviku vychovatelkou.

## 7.8. Validita a reliabilita předmatematického testu

Validita testu spočívá v tom, že test zjišťuje skutečně to, co má (40), to jest platnost získaných výsledků vzhledem ke skutečnosti (41). Posouzení stupně validity je vždy subjektivní, proto je nutné navrhovaný test nechat posoudit dalšími odborníky (40). Test předmatematických představ z kapitoly 7.5 obsahuje otázky týkající se oblasti matematiky a přímo testuje některé z konkretizovaných výstupů RVP PV. Test byl posouzen speciálním pedagogem a ten jej označil za obsahově validní. Případnou celkovou validitu by však před verifikací pomůcky a jejím nasazením do praxe mělo shledat více odborníků.

Reliabilita testu (neboli spolehlivost testu) je schopnost zachycovat spolehlivě a přesně zkoumané jevy. Dostatečně vysoká reliabilita je nezbytným předpokladem validity dotazníku (40). Metod určování reliability je několik. V případě testu předmatematických představ z kapitoly 7.5 je využito metody opakování, kdy test se provede se stejnými respondenty po uplynutí určité doby. V tomto případě jde o porovnání výsledků testu u kontrolní skupiny a době mezi opakováním testů 2 týdny. Z analyzovaných dat kontrolní skupiny lze předpokládat, že uvedený test je stabilní. V případném procesu verifikace pomůcky by však bylo vhodné stanovit reliabilitu ještě pomocí dalších metod, například metody štěpení nebo pomocí Cohena koeficientu kappa.

## 7.9. Závěr

Výzkumného šetření se účastnilo celkem 22 dětí, které byly rozděleny do dvou skupin. Děti v experimentální skupině absolvovaly po pretestu nácvik s elektronickou didaktickou pomůckou, zatímco děti v kontrolní skupině nikoliv. Výsledky testů jsou vyhodnoceny v tabulkách 2 a 8 a graficky znázorněny v grafech 29 a 30. Z analyzovaných dat vyplývá, že v experimentální skupině dětí, tedy skupině, která s pomůckou nacvičovala, došlo ke zlepšení předmatematických představ, zatímco v kontrolní skupině ke zlepšení nedošlo.

*H<sub>A</sub>: Děti, které nacvičovaly s pomůckou, dosahují lepších výsledků v testech než děti, které s pomůckou nenacvičovaly.*

Praktická alternativní hypotéza H<sub>A</sub> byla přijata.

Souhrn známek u všech probandů a vyjádření průměru známek obou skupin zobrazuje tabulka 11. Pokud bychom chtěli vyjádřit určitou procentuální míru zlepšení nebo zhoršení známek (což není pro ordinální měřítko, jakým jsou známky, běžné), zvolme mezi jednotlivými klasifikačními stupni 20% rozestup (1/5 ze 100%, jelikož máme 5 klasifikačních známek). Pak zlepšení u experimentální skupiny ze známky 2,49 na známku 2,13 lze vyjádřit jako zlepšení o přibližně 7%. Rozdíly známek i s procentuálním vyjádřením jsou také uvedeny v tabulce 11.



Obrázek 31: Záběr z průběhu experimentálního šetření.



Výsledky z provedeného šetření ukazují určitý posun ve znalostech u dětí, které nacvičovaly s pomůckou. Cílem práce není pomůcku verifikovat, ale spíše ověřit kladný účinek pomůcky na předmatematické představy předškolních dětí. Verifikace do praxe by znamenala komplexní experimentální šetření s větším vzorkem probandů a zapojením více odborníků.

Tabulka 11: Rozdíl známek obou skupin.

	Proband	Známka		Rozdíl	Zlepšení
		pretest	posttest		
Experimentální (X)	B3	2,55	2,00	0,55	11%
	B5	1,60	1,10	0,50	10%
	B6	2,10	1,65	0,45	9%
	B11	2,00	1,60	0,40	8%
	B12	1,40	1,10	0,30	6%
	B13	1,50	1,50	0,00	0%
	B14	1,75	1,35	0,40	8%
	B15	3,10	2,70	0,40	8%
	B17	1,75	1,25	0,50	10%
	E2	5,00	5,00	0,00	0%
	E3	4,60	4,20	0,40	8%
	Průměr známek	2,49	2,13	0,35	7,09%
Kontrolní (Y)	B1	1,83	1,80	0,02	0,5%
	B2	2,65	2,85	-0,20	-4,0%
	B4	1,10	1,10	0,00	0,0%
	B7	1,80	2,00	-0,20	-4,0%
	B8	2,25	2,25	0,00	0,0%
	B9	1,80	1,70	0,10	2,0%
	B10	1,75	1,55	0,20	4,0%
	B16	1,85	1,80	0,05	1,0%
	E1	5,00	5,00	0,00	0,0%
	E4	3,75	3,85	-0,10	-2,0%
	E5	2,35	2,10	0,25	5,0%
	Průměr známek	2,38	2,36	0,01	0,23%

## 8. Závěr práce

Předkládaná práce se zabývá návrhem embedded platformy pro vývoj didaktických pomůcek. V jednotlivých kapitolách byly popsány poznatky z oboru embedded systémů, pedagogiky se zaměřením na předmatematické představy u dětí předškolního věku, cíleného vývoje hardware a software a experimentálního šetření přínosu vzniklé pomůcky.

V rámci doktorského studijního programu *Elektrotechnika a informatika* a oboru *Elektronika* na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni, jsem prostudoval kapitoly z oblasti speciální pedagogiky, realizoval několik elektronických a pedagogických projektů, navrhl hardware a software pro základní platformu, ze které mimo jiné vznikla *Pomůcka pro rozvoj předmatematických představ*, jejíž přínos v praxi byl ověřován.

### Zhodnocení

V úvodu práce byl stanoven jeden hlavní cíl práce, ze kterého bylo později odvozeno několik dílčích cílů. Hlavním cílem bylo vytvořit výchozí embedded platformu, na jejímž základě je možné odvozovat různé didaktické pomůcky. Tato platforma byla navržena v páté kapitole této práce. Následuje popis metodiky, jak takovou platformu využít k vytvoření konkrétních pomůcek. Tento vývoj je ukázán na dvou konkrétně specifikovaných pomůckách, z nichž *Pomůcka pro rozvoj předmatematických představ* byla kompletně navržena a realizována. Vlastnímu vývoji pomůcky předcházelo prostudování informací z oblasti speciální pedagogiky, uvedené jako tzv. pedagogické minimum, definice metodiky práce s pomůckou, vývoj hardwaru a softwaru a testování a ladění funkčnosti. Abychom ověřili případný přínos této pomůcky, bylo provedeno základní experimentální šetření se dvěma divergentními skupinami. Zde bylo potřeba charakterizovat výzkumný soubor, vytvořit test, který zhodnotí znalosti předmatematických představ u dětí předškolního věku, připravit metodiku nácviku s pomůckou, který by měl cílit na případné nedostatky v této oblasti a z analýzy získaných dat ověřit přínos pomůcky.

Všechny cíle uvedené v úvodu práce byly splněny.

- Byla vytvořena embedded platforma pro vývoj pomůcek pro děti předškolního věku jako součást korekce specifických poruch učení.
- Byl navržen a vyroben HW platformy a dále ověřena jeho funkčnost pomocí testovacího SW.

- Na základě výchozí platformy byla vyvinuta konkrétní pomůcka, otestována její funkčnost, definována metodika práce s touto pomůckou a její přínos byl ověřen v experimentálním šetření.

Kompletní proces vývoje a příprav experimentu trval několik měsíců, vlastní testování probíhalo ve vybrané MŠ dva týdny. Na základě výsledků analýzy lze považovat vytvořenou *Pomůcku pro rozvoj předmatematických představ* za přínosnou a po případném hlubším šetření připravenou na uvedení do praxe.

Didaktickými pomůckami, odvozenými z embedded platformy, je možné cílit na procvičování dílčích deficitů funkcí v oblasti zraku, sluchu, orientace v prostoru, schématu těla, seriality i intermodality. S přihlédnutím na etiologii vzniku SPU se tyto pomůcky stávají nástroji korekčními (oblast reedukace). Pro zdravé děti je však možné využít tyto pomůcky jako nástroj k procvičování či zlepšování znalostí a tím předcházet případným problémům ve školní výuce. V tomto případě bychom mohli hovořit i o oblasti prevence. Další možností, jak využít předkládanou platformu, je oblast pedagogické diagnostiky.

### Hlavní přínosy práce

- Byl proveden průzkum základních platform pro tvorbu pomůcek a diskutováno jejich možné nasazení.
- Byl proveden návrh výchozí embedded platformy, na jejímž základě lze odvozovat didaktické pomůcky.
- Pro platformu bylo připraveno základní programové vybavení formou softwarových modulů.
- V práci bylo shrnuto pedagogické minimum zaměřené na předmatematické představy u dětí předškolního věku.
- Byla navržena metoda pro odvozování pomůcek ze základní platformy. Tento proces byl aplikován na dvou pomůckách.
- Pomůcka pro rozvoj předmatematických představ byla realizována, otestována a připravena pro experimentální šetření.

- Pro ověření přínosu pomůcky byla vytvořena charakteristika výzkumného vzorku, vytvořena metodika práce s pomůckou a test předmatematických představ. Získaná data byla analyzována pomocí statistických testů.

Předkládaná platforma je určena především pro vývojáře elektronických zařízení, kterým poskytuje základní hardware včetně předpřipraveného programového vybavení. V podobě „zabudované“ do hotových pomůcek je určena také pedagogům nebo rodičům, kteří mohou adaptovat vnitřní programy pomocí počítačového softwaru.

### Směry dalšího zkoumání

Předpokladem úspěšného nasazení embedded platformy do praxe je vytvoření komplexní dokumentace včetně příkladů použití a zpřístupnit platformu veřejnosti. Jelikož jde o výchovu a vzdělání, je nanejvýše vhodné zpřístupnit takovou platformu zdarma (například formou *Open Source Hardware*). Pro oblast reedukace i pedagogické diagnostiky by bylo vhodné vytvořit další pomůcky na základě analýzy požadavků speciálních pedagogů, pracovníků pedagogicko-psychologických poraden a psychologů a po verifikaci je nasadit do praxe. Speciálně pro diagnostiku se nabízí využití počítače k analýze dat získaných z pomůcky, například informace o tom, jak dítě s pomůckou zachází. Bylo by potenciálně možné automatizovat a unifikovat diagnostiku dílčích deficitů funkcí nebo projevů specifických poruch učení. Předkládaná platforma již nyní umožňuje například vyhodnocovat polohu pomůcky v prostoru a přenášet získaná data do PC pomocí rádiového přenosu.

Podoba předkládané platformy nemusí být konečná a je možné pokračovat rozšířením platformy o další předpřipravené bloky, které jsou různým pomůckám společné, například čtečka paměťových karet pro ukládání různých nácvikových programů, budiče LED matic, obvod pro nabíjení baterie z externího zdroje nebo z USB rozhraní či bezdrátové nabíjení apod. Pomůcku pro rozvoj předmatematických představ by bylo vhodné vylepšit například osazením displejů pro snadnou editaci obrázků v počítači.

## Seznam použité literatury

- (1) JUCOVIČOVÁ, Drahomíra. *Reedukace specifických poruch učení u dětí*. Vyd. 2. Praha: Portál, 2014. Speciální pedagogika (Portál). ISBN 978-80-262-0645-3.
- (2) ŠVAMBERK ŠAUEROVÁ, Markéta, Klára ŠPAČKOVÁ a Eva NECHLEBOVÁ. *Speciální pedagogika v praxi: [komplexní péče o děti se SPUCH]*. Praha: Grada, 2012. Pedagogika (Grada). ISBN 978-80-247-4369-1.
- (3) GAJZLEROVÁ, Lenka. *Multimediální technologie a jejich využití u žáků se speciálními vzdělávacími potřebami v inkluzivním prostředí školy*. Brno: Masarykova univerzita, 2014. ISBN 978-80-210-7608-2.
- (4) *Ozobot | Smart Toy Robot* [online]. Ozobot & Evollve, Inc., 2015 [cit. 2016-08-18]. Dostupné z: <http://www.ozobot.com/>
- (5) TERRENGHI, Lucia, Matthias KRANZ, Paul HOLLEIS a Albrecht SCHMIDT. A cube to learn: a tangible user interface for the design of a learning appliance. DOI: 10.1007/s00779-005-0025-8. ISBN 10.1007/s00779-005-0025-8. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s00779-005-0025-8>
- (6) Vestavěný systém. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-06-16]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Vestav%C4%9Bn%C3%BD\\_syst%C3%A9m](http://cs.wikipedia.org/wiki/Vestav%C4%9Bn%C3%BD_syst%C3%A9m)
- (7) Embedded system. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-06-16]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Embedded\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Embedded_system)
- (8) *SmartFusion Intelligent Mixed Signal FPGA: System-on-chip (SoC) Solutions* [online]. Actel, 2012 [cit. 2012-04-19]. Dostupné z: <http://www.actel.com/products/smartfusion/default.aspx>
- (9) SMOLÍKOVÁ, Kateřina. *Rámcový vzdělávací program pro předškolní vzdělávání*. Praha: Výzkumný ústav pedagogický, 2004. Dostupné také z: [http://www.vuppraha.cz/wp-content/uploads/2009/12/RVP\\_PV-2004.pdf](http://www.vuppraha.cz/wp-content/uploads/2009/12/RVP_PV-2004.pdf).
- (10) KUCHARSKÁ, Anna a Daniela ŠVANCAROVÁ. *Bezstarostné roky?: kroky a krůčky předškolním věkem: poradenství pro rodiče*. Praha: Scientia, 2004. ISBN 80-7183-291-X.
- (11) ŠVANCAROVÁ, Daniela. *Test rizika poruch čtení a psaní pro rané školáky*. Praha: Scientia, 2001. ISBN 80-7183-221-9.
- (12) BEDNÁŘOVÁ, Jiřina a Vlasta ŠMARDOVÁ. *Diagnostika dítěte předškolního věku: co by dítě mělo umět ve věku od 3 do 6 let*. Brno: Computer Press, 2007. Dětská naučná edice. ISBN 978-80-251-1829-0.
- (13) OPATŘILOVÁ, Dagmar (ed.). *Pedagogicko-psychologické poradenství a intervence v raném a předškolním věku u dětí se speciálními vzdělávacími potřebami*. Brno: Masarykova univerzita, 2006. ISBN 80-210-3977-9.
- (14) MONATOVÁ, Lili. *Speciálně pedagogická diagnostika z hlediska vývoje dětí*. Brno: Paido, 2000. ISBN 80-85931-86-9.

- (15) Ďurič, L. *Psychológia pre učiteľov*. 2. nezměň. vyd. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo, 1977. str. 592.
- (16) KURIC, Jozef. *Ontogenetická psychologie*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. ISBN 80-214-1844-3.
- (17) VÁGNEROVÁ, Marie. *Vývojová psychologie: dětství, dospělost, stáří*. Praha: Portál, 2000. ISBN 80-7178-308-0.
- (18) *Jak rozvíjet předmatické představy v přípravné třídě? - 1. díl*. [online]. 2014 [cit. 2014-08-18]. Dostupné z: <http://clanky.rvp.cz/clanek/k/z/15909/JAK-ROZVIJET-PREDMATEMATICKE-PREDSTAVY-V-PRIPRAVNE-TRIDE---1-DIL.html>
- (19) LITVAN, Pavel. *Specifické poruchy učení a deficity dílčích cílů*. Praha, 2011. Závěrečná práce. Univerzita Karlova.
- (20) KUCHARSKÁ, Anna. *Specifické poruchy učení a chování*. Praha: Portál, 1998. Speciální pedagogika (Portál). ISBN 80-7178-244-0.
- (21) POKORNÁ, Věra. *Teorie, diagnostika a náprava specifických poruch učení*. Praha: Portál, 1997. ISBN 80-7178-135-5.
- (22) ATXMEGA32A4U-MH - ATMEL - MCU, 8BIT, AVR, 44QFN. *Farnell* [online]. 2012 [cit. 2012-12-01]. Dostupné z: <http://cz.farnell.com/atmel/atxmega32a4u-mh/mcu-8bit-avr-44qfn/dp/2066310>
- (23) *8/16-bit Atmel XMEGA Microcontroller* [online]. Atmel Corporation, 2012 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: [http://www.atmel.com/Images/Atmel-8387-8-and16-bit-AVR-Microcontroller-XMEGA-A4U\\_Datasheet.pdf](http://www.atmel.com/Images/Atmel-8387-8-and16-bit-AVR-Microcontroller-XMEGA-A4U_Datasheet.pdf)
- (24) *LM2840/LM2841/LM2842/ LM2840-Q1/LM2841-Q1/LM2842-Q1 100/300/600 mA 42V Input Step-Down DC/DC Regulator in Thin SOT* [online]. Texas Instruments, 2014 [cit. 2014-08-18]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/gpn/lm2842>
- (25) *RFM12B Universal ISM Band FSK Transceiver* [online]. Hope Microelectronics co., Ltd., 2010 [cit. 2014-06-16]. Dostupné z:
- (26) EATON, Stephen. *RFM12 Tutorial - Part2* [online]. 2008 [cit. 2012-06-17]. Dostupné z: <http://blog.strobotics.com.au/2008/06/17/rfm12-tutorial-part2/>
- (27) *±2g/±4g/±8g Three Axis Low-g Digital Output Accelerometer* [online]. Freescale Semiconductor, 2014 [cit. 2014-06-19]. Dostupné z: [http://cache.freescale.com/files/sensors/doc/data\\_sheet/MMA7455L.pdf](http://cache.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MMA7455L.pdf)
- (28) *3 Axis digital Accelerometer MMA7455LR2\_\_SKU#302 - Pak Rs 345 : DigiPak. Pakistani Electronic Store* [online]. 2014 [cit. 2014-08-19]. Dostupné z: [http://digipak.org/zencart/index.php?main\\_page=product\\_info&products\\_id=3](http://digipak.org/zencart/index.php?main_page=product_info&products_id=3)
- (29) *Atmel AVR1018: XMEGA B Schematic Checklist* [online]. Atmel Corporation, 2011 [cit. 2014-06-01]. Dostupné z: <http://www.atmel.com/Images/doc8414.pdf>
- (30) *Atmel AVR1017: XMEGA - USB Hardware Design Recommendations* [online]. Atmel Corporation, 2011 [cit. 2012-02-13]. Dostupné z: <http://www.atmel.com/Images/doc8388.pdf>

- 
- (31) *UM10204: I2C-bus specification and user manual* [online]. NXP Semiconductors, 2014 [cit. 2014-08-18]. Dostupné z: [http://www.nxp.com/documents/user\\_manual/UM10204.pdf](http://www.nxp.com/documents/user_manual/UM10204.pdf)
- (32) *RFM12B Universal ISM Band FSK Transceiver* [online]. Hope Microelectronics co., Ltd., 2010 [cit. 2014-06-16]. Dostupné z: <http://www.hoperf.com/upload/rf/RFM12B.pdf>
- (33) *RF12B programming guide* [online]. Hope Microelectronics co., Ltd., 2010 [cit. 2014-06-16]. Dostupné z: [http://www.hoperf.com/upload/rf/RF12B\\_code.pdf](http://www.hoperf.com/upload/rf/RF12B_code.pdf)
- (34) *8-bit Microcontroller with 2K/4K/8K Bytes In-System Programmable Flash* [online]. Atmel Corporation, 2013 [cit. 2014-06-10]. Dostupné z: <http://www.atmel.com/Images/doc8183.pdf>
- (35) ATTINY24-20SSU - ATMEL - MCU, 8BIT, ATTINY, 20MHZ, SOIC. *Farnell* [online]. 2014 [cit. 2014-08-10]. Dostupné z: <http://cz.farnell.com/atmel/attiny24-20ssu/mcu-8bit-attiny-20mhz-soic-14/dp/1455137>
- (36) *V-USB: A Firmware-Only USB Driver for Atmel AVR Microcontrollers* [online]. Objective Development Software GmbH, 2012 [cit. 2014-06-05]. Dostupné z: <http://www.obdev.at/products/vusb/index.html>
- (37) *Statistické tabulky* [online]. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno [cit. 2016-07-15]. Dostupné z: <http://cit.vfu.cz/statpotr/POTR/Teorie/tabulky.htm>
- (38) KUSÁKOVÁ, Radomíra. *Rozvoj předmatematických představ dětí v předškolním věku*. Brno, 2013. Diplomová práce. Masarykova univerzita.
- (39) SINDELAR, Brigitte. *Předcházíme poruchám učení: soubor cvičení pro děti v předškolním roce a v první třídě*. Vyd. 4. Praha: Portál, 2007. ISBN 978-80-7367-262-1.
- (40) HAVEL, Zdeněk a David CIHLÁŘ. *Vybrané neparametrické statistické postupy v antropomotorice* [online]. Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, 2011 [cit. 2016-08-10]. Dostupné z: [https://pf.ujep.cz/~hnizdil/Antropo/A\\_skripta\\_kvalitativni.pdf](https://pf.ujep.cz/~hnizdil/Antropo/A_skripta_kvalitativni.pdf)
- (41) Validita (výzkum). In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-08-10]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Validita\\_\(v%C3%BDzkum\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Validita_(v%C3%BDzkum))

## Seznam autorových publikovaných prací

- (A1) ČERMÁK, Karel. *Netradiční způsoby ovládání elektroniky*. In: Elektrotechnika a informatika 2008. Část 2., Elektronika: 9. ročník konference doktorských prací, zámek Nečtiny, 6. - 7. listopadu 2008. V Plzni: Západočeská univerzita, 2008. s. 27-30. ISBN 978-80-7043-701-8.
- (A2) ČERMÁK, Karel. *Súťažný príspevok č.1 – Vánoční blikáč se samoblikající LED*. MCU-mikroelektronika, portál zaměřený na práci s mikrokontroléry. [Online] 2009. www.mcu.cz. ISSN-1213-8045.
- (A3) ČERMÁK, Karel. *Súťažný príspevok č.4 – vánoční blikáč s relaxačním generátorem*. MCU-mikroelektronika, portál zaměřený na práci s mikrokontroléry. [Online] 2009. www.mcu.cz. ISSN-1213-8045.
- (A4) ČERMÁK, Karel. *Súťažný príspevok č.6 – Vánoční blikáč s relaxačním generátorem 2*. MCU-mikroelektronika, portál zaměřený na práci s mikrokontroléry. [Online] 2009. www.mcu.cz. ISSN-1213-8045.
- (A5) ČERMÁK, Karel. *Netradiční interaktivní tabule*. In: Elektrotechnika a informatika 2009. Část 2., Elektronika: 10. ročník konference doktorských prací, zámek Nečtiny, 4. - 5. listopadu 2009. V Plzni: Západočeská univerzita, 2009. s. 41-42. ISBN 978-80-7043-809-1.
- (A6) ČERMÁK, Karel. *Interaktivní výukové zařízení pro děti s poruchami učení*. In: Elektrotechnika a informatika 2010. Část 2., Elektronika: 11. ročník konference doktorských prací, zámek Nečtiny, 3. - 4. listopadu 2010. Plzeň: Západočeská univerzita, 2010. s. 25-26. ISBN 978-80-7043-914-2.
- (A7) ČERMÁK, Karel. *Výuková pomůcka pro děti s poruchami učení s využitím dotykové plochy*. In: Elektrotechnika a informatika 2011. Část 2., Elektronika: 12. ročník konference doktorských prací, zámek Nečtiny, 2. - 3. listopadu 2011. Plzeň: Západočeská univerzita, 2011. s. 17-20. ISBN 978-80-261-0015-7.
- (A8) ČERMÁK, Karel. *Využití dotykové plochy pro výuku dětí se specifickými poruchami učení*. In: Sborník příspěvků Interdisciplinární studentská vědecká konference doktorandů FPE: ISVK FPE, 27. září 2011 Plzeň, Česká republika. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2011. s. 60-63. ISBN 978-80-261-0032-4.
- (A9) ČERMÁK, Karel. *Využití dotykové plochy pro výuku dětí se specifickými poruchami učení*. In: Electroscopie online časopis pro elektrotechniku. [Online] 3/2012. ISSN 1802-4564.



(A10) ČERMÁK, Karel. *Víceúčelová pomůcka pro děti se specifickými poruchami učení*. In *Elektrotechnika a informatika 2012. Část 2., Elektronika*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2012. s. 21-24. ISBN: 978-80-261-0119-2.

(A11) ČERMÁK, Karel. *Třífázový 2W AC/DC napájecí zdroj 400V/12V*. In Proceedings of the 14th International Scientific Conference Electric Power Engineering 2013. Ostrava: VSB - Technical University, 2013. s. 407-409. ISBN: 978-80-248-2988-3.

(A12) ČERMÁK, K. a BARTL, M.. *Decentralized Battery Management System with the communication over power line*. In Proceedings of the 2014 15th International Scientific Conference on ELECTRIC POWER ENGINEERING (EPE). Brno: University of Technology, 2014. s. 599-603. ISBN: 978-1-4799-3806-3.

(A13) ČERMÁK, K. a BARTL, M.. *Robust digital regulator for railway battery charging station*. In Proceedings of the 2014 15th International Scientific Conference on ELECTRIC POWER ENGINEERING (EPE). Brno: University of Technology, 2014. s. 605-608. ISBN: 978-1-4799-3806-3.

(A14) ČERMÁK, Karel. *Radio Frequency Remote Control for multipurpose aid for children with specific learning disabilities*. In Sborník příspěvků studentské konference Zvůle 2014. Brno: University of Technology, 2014. s. 8-9. ISBN: 978-80-214-5005-9.

(A15) ČERMÁK, K. a WEISSAR, P. *Základní testovací a vývojová platforma*. Funkční vzorek. Plzeň: Západočeská univerzita, 2010. 22110-FV005-2010.

(A16) ČERMÁK, Karel. *Didaktická pomůcka pro děti jako prevence specifických poruch učení*. Funkční vzorek. Plzeň: Západočeská univerzita, 2014. 22110-FV035-2014.

(A17) ČERMÁK, Karel. *Rádiové dálkové ovládání k didaktické pomůcce pro děti se specifickými poruchami učení*. Funkční vzorek. Plzeň: Západočeská univerzita, 2014. 22110-FV036-2014.

(A18) ČERMÁK, K. a BARTL, M.. *Implementation of Artificial Neural Network with adaptable topology on fixed-point embedded systems*. In: 2014 22nd TELECOMMUNICATIONS FORUM - (TELFOR) Proceedings of Papers. Belgrade: IEEE, 2014, s. 453-456. ISBN 978-1-4799-6190-0.

(A19) ČERMÁK, K. a BARTL, M.. *Aid for pre-mathematical imaginations improvement*. In: 2014 22nd TELECOMMUNICATIONS FORUM - (TELFOR) Proceedings of Papers. Belgrade: IEEE, 2014, s. 683-686. ISBN 978-1-4799-6190-0.

(A20) ČERMÁK, Karel. *Embedded platforma pro vývoj didaktických pomůcek*. Funkční vzorek. Plzeň: Západočeská univerzita, 2014. 22110-FV001-2016.

## Seznam příloh

- (A) Úplné schéma embedded platformy pro vývoj didaktických pomůcek (Embedded platform) a návrh desky plošných spojů platformy (PCB Layout)
- (B) Úplné schéma zapojení dálkového ovladače do ruky (Handheld remote)
- (C) Úplné schéma zapojení dálkového ovladače pro PC (PC remote)
- (D) Úplné schéma pomůcky pro rozvoj předmatematických představ (Aid for Pre-mathematical projections)
- (E) Úplné schéma matice LED diod (LED Matrix)
- (F) Formulář A - Jmenný seznam respondentů
- (G) Test předmatematických představ (Pretest a posttest)
- (H) Formulář Hodnocení výsledků zkoušejícím
- (I) Formulář B - Hodnocení a rozdělení činnosti respondentů
- (J) Konkretizované očekávané výstupy RVP PV *Vzdělávací oblast 5.2.2 Poznávací schopnosti*
- CD CD s textem práce, obrazovými přílohami, a použitými katalogovými listy, vyplněné formuláře A a B, hodnocení výsledků pretestu a posttestu dětí z experimentální a kontrolní skupiny, informovaný souhlas rodičů.



