

# Snímání pohybu prstů na ruce s využitím ve virtuální realitě

Bc. Ondřej Kolesík

---

Diplomová práce  
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
Ústav informatiky a umělé inteligence

Akademický rok: 2022/2023

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Ondřej Kolesík**  
Osobní číslo: **A20689**  
Studijní program: **N0613A140022 Informační technologie**  
Specializace: **Softwarové inženýrství**  
Forma studia: **Prezenční**  
Téma práce: **Snímání pohybu prstů na ruce s využitím ve virtuální realitě**  
Téma práce anglicky: **Finger Motion Sensing with Usage in Virtual Reality**

## Zásady pro vypracování

1. Provedte literární rešerši tématu.
2. Seznamte se se softwarovými nástroji, které budou použity v praktické části práce.
3. Navrhněte vhodný design speciální rukavice pro snímání pohybu prstů na ruce.
4. Vytvořený návrh rukavice fyzicky realizujte.
5. Propojte sestavenou rukavici s programem Unreal Engine a otestujte její funkčnost.

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. MCCAFFREY, Mitch. Unreal engine VR cookbook: developing virtual reality with UE4. Boston: Addison-Wesley, 2017. ISBN 978-0134649177.
2. GREENGARD, Samuel. Virtual reality. Massachusetts: The MIT Press. The MIT Press essential knowledge series. 2019. ISBN 978-0-262-53752-0.
3. LINOWES, Jonathan. Unity Virtual Reality Projects. Packt Publishing Limited, 2015. ISBN 9781783988556.
4. BANZI, Massimo. Getting started with Arduino. 2nd ed. Farnham: Reilly, 2011. ISBN 9781449309879.
5. BOXALL, John. Arduino workshop: a hands-on introduction with 65 projects. San Francisco: No Starch Press, 2013. ISBN 978-1-59327-448-1.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Václav Mach, Ph.D.**  
Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **2. prosince 2022**

Termín odevzdání diplomové práce: **26. května 2023**



**doc. Ing. Jiří Vojtěšek, Ph.D. v.r.**  
děkan

**prof. Mgr. Roman Jašek, Ph.D., DBA v.r.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 7. prosince 2022

**Jméno, příjmení: Bc. Ondřej Kolesík**

**Název diplomové práce: Snímání pohybu prstů na ruce s využitím ve virtuální realitě**

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Prohlašuji,**

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne 24.5.2023

Bc. Ondřej Kolesík v.r.  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce se zabývá vývojem speciální rukavice pro snímání pohybu prstů na ruce s využitím v prostředí virtuální reality. V teoretické části práce je provedena rešerše na téma virtuální reality, její přínos a praktické využití. Dále jsou popsány softwarové nástroje, které jsou využity v praktické části práce - Unreal Engine a Arduino. V praktické části je navržena a vyrobena rukavice, která umožňuje snímání pohybu prstů a je propojena s programem Unreal Engine. Výsledná rukavice byla otestována v prostředí virtuální reality s cílem ověřit její funkčnost.

Klíčová slova: virtuální realita, Unreal Engine, Arduino, rukavice, snímání pohybu prstů

## **ABSTRACT**

This master's thesis focuses on the development of a special glove for tracking finger motion on the hand and its usage in virtual reality environments. In the theoretical part, research on virtual reality, its benefits, and practical usage is conducted. Furthermore, software tools used in the practical part of the work, such as Unreal Engine and Arduino, are described. In the practical part, a glove is designed, manufactured, and connected to the Unreal Engine program to enable finger motion tracking. The resulting glove was tested in a virtual reality environment to verify its functionality.

Keywords: virtual reality, Unreal Engine, Arduino, glove, finger motion tracking

Rád bych touto cestou vyjádřil upřímné poděkování Ing. Václavu Machovi, Ph.D., za neocenitelnou příležitost provést svou diplomovou práci pod jeho vedením.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 VIRTUÁLNÍ REALITA</b> .....	<b>11</b>
1.1 DEFINICE VIRTUÁLNÍ REALITY .....	11
1.2 HISTORIE VIRTUÁLNÍ REALITY .....	12
1.3 INTERAKCE S VIRTUÁLNÍ REALITOU .....	18
1.3.1 Tethered VR headset .....	19
1.3.2 Standalone VR headset .....	20
1.3.3 Smartphone VR headset.....	21
1.4 PRAKTICKÉ VYUŽITÍ VIRTUÁLNÍ REALITY .....	22
1.4.1 Vzdělání .....	22
1.4.1.1 ClassVR .....	23
1.4.2 Armáda.....	24
1.4.2.1 TAR .....	24
1.4.2.2 STE .....	25
1.4.2.3 HUD.....	25
1.4.3 Herní průmysl.....	26
1.4.3.1 Oculus (Meta) Quest 2.....	27
1.4.3.2 HTC Vive Pro 2 .....	28
1.4.4 Architektura a design .....	30
1.4.4.1 Wearrecho .....	30
1.4.5 Zdravotnictví .....	31
1.4.5.1 VR Medical.....	32
1.4.6 Cestovní ruch .....	32
1.4.6.1 VRčesko.....	33
1.4.7 Umění a kultura.....	34
1.4.7.1 Thyssen Multimedia .....	35
1.4.8 Průmysl a výroba.....	35
1.4.8.1 Digital Engineering and Magic.....	36
1.4.8.2 Go360.....	37
1.4.8.3 WorldViz .....	38
1.4.9 Film .....	39
<b>2 SOFTWAREVÉ NÁSTROJE</b> .....	<b>40</b>
2.1 ARDUINO.....	40
2.2 UNREAL ENGINE .....	41
2.3 FRITZING .....	43
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>45</b>
<b>3 HARDWARE</b> .....	<b>46</b>
3.1 KOMPONENTY .....	46
3.1.1 Arduino Nano.....	46
3.1.2 MPU-6050.....	47
3.1.3 TCA9548A.....	49
3.2 ZAPOJENÍ RUKAVICE .....	51
<b>4 SOFTWARE</b> .....	<b>56</b>

4.1	ARDUINO.....	56
4.2	UNREAL ENGINE .....	59
4.2.1	VR_Hand blueprint .....	60
4.2.1.1	Příjem dat z datové linky .....	61
4.2.1.2	Pomocné funkce.....	62
4.2.1.3	Serial Read Loop .....	63
4.2.2	RH animation blueprint.....	66
<b>5</b>	<b>RUKAVICE .....</b>	<b>71</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>72</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>73</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>76</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>77</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>79</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>80</b>



## ÚVOD

Virtuální realita (VR) je technologie, která umožňuje uživatelům interagovat se s virtuálním světem a vstoupit do jeho simulace. Tato technologie nabízí mnoho přínosů a využití v mnoha oblastech, jako jsou zábava, vzdělávání, medicína, průmysl a další. S rozvojem VR se objevují nové způsoby, jak využít tuto technologii k dosažení různých cílů a překonání různých výzev.

Tato diplomová práce se zaměřuje na problematiku snímání pohybu prstů na ruce s využitím ve virtuální realitě. Cílem práce je navrhnout a vytvořit speciální rukavici se senzory, která umožní uživatelům interagovat se s virtuálním světem pomocí pohybu prstů na ruce. Využití takové rukavice může být například v oblasti zábavy, výuky, průmyslu, medicíny a dalších.

V úvodní části práce se zaměřím na řešení virtuální reality, její přínosy a praktické využití. Dále se seznámím se softwarovými nástroji, které budou použity v praktické části práce. V následující části práce se zaměřím na návrh speciální rukavice pro snímání pohybu prstů na ruce, včetně výběru senzorů a použitých materiálů. Dále se věnuji realizaci rukavice, zapojení senzorů a testování funkčnosti. Poslední část práce se věnuje propojení rukavice s programem Unreal Engine a testování její funkčnosti v prostředí virtuální reality.

Cílem této práce je ukázat, jak lze využít virtuální realitu a speciální rukavici se senzory k interakci s virtuálním světem.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 VIRTUÁLNÍ REALITA

Většinou když je zmíněn pojem virtuální realita, je tato technologie považována za poměrně mladý obor, který je primárně určený k hraní her. Při práci bylo zjištěno, že tato tvrzení nejsou až tak pravdivá. Virtuální realita je už mezi lidmi mnohem delší dobu a má mnohem větší rozsah než si většina lidí myslí.

V této části práce se pokusím vysvětlit, co je virtuální realita, jak probíhal její vývoj až do dnešní doby a v jakých odvětvích se může uplatnit.

### 1.1 Definice virtuální reality

VR je technologie, která umožňuje uživatelům prožívat interaktivní 3D prostředí, které je vytvářeno pomocí hardwaru a softwaru. Toto prostředí může být simulací reálného světa nebo fantazijním světem, který neexistuje v reálném světě. U VR je snaha dosáhnout co největší iluze reálného světa tím, že stimuluje lidské smysly.

Odvětví virtuální reality má před sebou ještě dlouhou cestu k naplnění své vize zcela pohlcujícího prostředí, které uživatelům umožňuje zapojit více vjemů způsobem, jenž se blíží realitě. Systémy VR se mohou mezi sebou výrazně lišit v závislosti na účelu a použité technologii, obecně však můžeme VR dělit do tří základních kategorií, pasivní, aktivní a interaktivní [1].

Pasivní, nebo taky neimmerzivní, obvykle rozumíme takové prostředí, které je sice virtuální, ale uživatel má nad prostředím jenom velice omezenou kontrolu a zpravidla nemůže uživatel nic v prostředí upravit nebo změnit. Příkladem takového prostředí jsou 3D-4D filmy, virtuální prohlídka místností nebo vizualizace simulace.

Aktivní nebo Semiimmerzivní prostředí je takové, při kterém se uživatel dokáže v daném prostředí pohybovat a v určité míře i interagovat s prostředím. Obojí je, ale omezené. Příkladem takového prostředí jsou letecké nebo automobilové simulátory, kde uživatel může řídit popřípadě pilotovat vozidlo.

Interaktivní prostředí umožňuje plně vtáhnout uživatele do 3D světa, kde se může pohybovat a interagovat s předměty. U toho to VR je snaha stimulovat co možná nejvíce smysly tak, aby uživatel vnímal prostor co možná za nejvíce reálný. K tomu to dopomáhá speciální vybavení, jako jsou například 3D brýle, rukavice a další dodatečné zařízení, jako je běžecký pás nebo zařízení vytvářející pachy prostředí.

Mezi VR se často počítá i takzvaná rozšířená nebo také argumentovaná realita (AR). Od klasického VR se AR liší tím, že do reálného světa přidává digitální prvky. I když jsou tyto dvě technologie odlišné, v hodně věcech jsou si podobné a mohou se tak doplňovat.

Během let vzniklo několik definic toho, co je VR. První definice vznikla roku 1984, kterou vytvořil Jaron Lanier kterému je přisuzovaný vznik pojmu VR a která zní: „*Počítačem vytvořené interaktivní trojrozměrné prostředí, do něhož se člověk totálně ponoří.*“.

Novější definice z roku 2003, kterou vytvořil Bohumil Listner, tato definice vypadá takto:

*„Termínem virtuální realita označujeme dva dobře známé významy.*

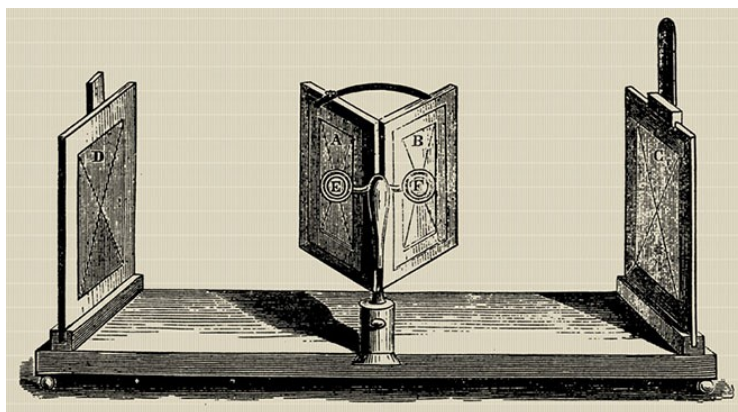
*Za první to jsou imerzivní i neimerzivní interaktivní zážitky, které jsou umožňovány novými formami obrazových, simulačních a počítačových technologií.*

*Imerzí je zde přitom myšlen pocit ponoření se do konstruovaného obrazu - někdy s takovou intenzitou, že jedinec přestává vnímat fyzické prostředí kolem sebe.*

*Za druhé to mohou být metaforická místa a prostory vytvořené telekomunikačními sítěmi. Za virtuální realitu však v jistém směru můžeme považovat i retrospektivní zkušenost, kterou zažíváme například při sledování filmu nebo čtení knihy.“ [2].*

## 1.2 Historie virtuální reality

Počátky VR sahají až do roku 1838, kdy Sir Charles Wheatstone předvedl první metodu prostorového pozorování obrazů pomocí stereoskopie. Ta spočívala ve využití páru zrcadel, které byly natočené k lidským očím v úhlu 45 stupňů. Na obě zrcadla byl zvlášť promítán obraz, který v očích pozorovatele navozoval pocit nerovného, ačkoliv uspořádaného obrazu a hlavně jeho hloubku. To mělo za následek tvorbu iluze třetího rozměru.(2,4)



Obrázek 1. Mirror Stereoscope

Roku 1935 spisovatel Stanley Weinbaum vytváří Sci-fi povídku Pygmalionovy brýle (Pygmalion's Spectacles). Hlavní hrdina příběhu nosí brýle, které ho přenesou do fiktivního světa, jenž vhodně stimuluje jeho smysly a obsahuje holografické záznamy. Někteří jej považují za počátek konceptu VR[4]

V roce 1950 začal kameraman a multimediální specialista Morton Heilig pracovat na svém zařízení, které pojmenoval Sensorama.

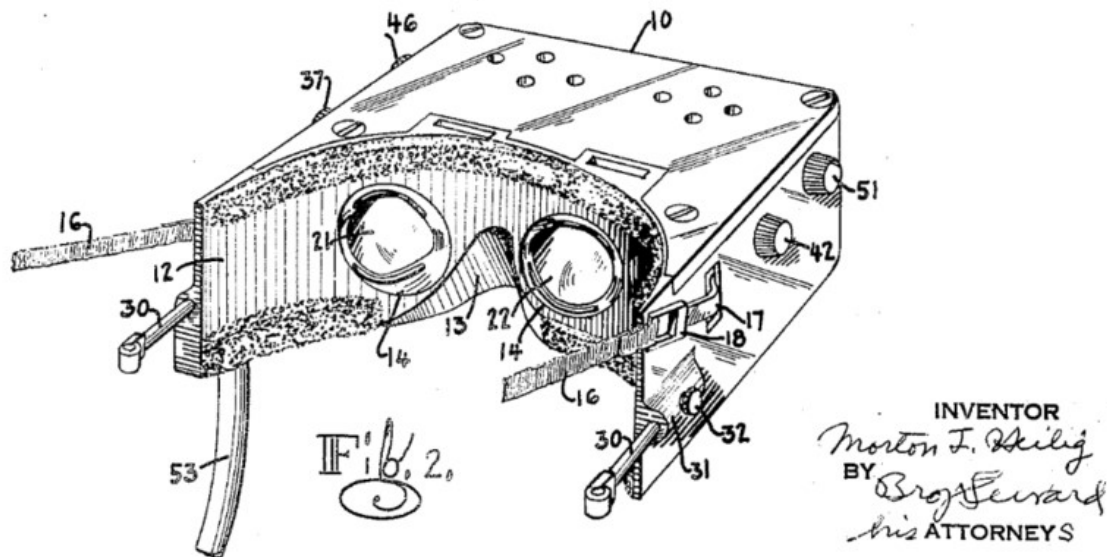
V roce 1962 si Morton Heilig nechal svůj vynález patentovat. Sensorama byla určena ke sledování speciálních filmů. Zařízení dokázalo stimulovat velké množství vjemů. Jejím základem byl stereoskopický 3D displej, dvoukanálové stereo reproduktory, vibrační křeslo, generátor vůně a větru. Sám autor mluvil o tomto přístroji jako o „zážitkovém divadle“. Svou velikostí Sensorama připomínala arkádový automat. Celkem pro Sensoramu vzniklo šest filmů. [3]



Obrázek 2. Sensorama

Morton Heilig v roce 1960 vytvořil svůj druhý vynález pro VR jménem Telesphere Mask. Jednalo se o podobný koncept jako u Sensoramy, s tím rozdílem, že uživatel místo toho, aby seděl v obrovském přístroji, měl tento přístroj nasazený na obličeji.

Svou podobou se toto zařízení velice podobá dnešním VR brýlím. Stejně tak jako u Sensory, ani u Telesphere Mask, uživatel mohl pouze pozorovat vytvořený film bez toho, aby se mohl otáčet nebo nějak jinak zasahovat. Autor v ní využil technologie televizních trubic. Je třeba dodat, že ani jeden z těchto vynálezů neměl finanční úspěch. [3]



Obrázek 3. Telesphere Mask

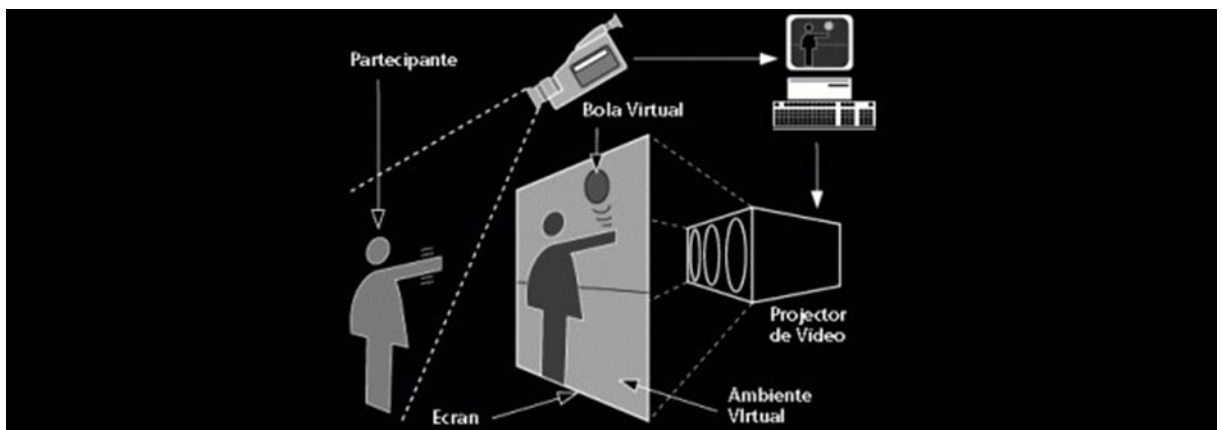
Roku 1961 se povedl v tomto odvětví velký průlom, dvojice inženýrů C. Comeau a J. Bryan vytvořili zařízení jménem Headsight, který mělo na rozdíl od předchozích přístrojů, magnetický systém pro detekci pohybu. Přístroj byl navíc vybaven dvojicí obrazovek, pro každé oko. Headsight se sériově neprodával, šlo o zařízení určené pro armádní účely, jenž uživateli po nasazení náhlavní soupravy umožňovalo pohyb vzdálené kamery pomocí rádiových vln.

V roce 1968 Ivan Sutherland, počítačový vědec a průkopník v počítačové grafice spolu se svými žáky Bobem Sproullem, Quintinem Fosterem, a Danny Cohenem. Vytvořili první plnohodnotný headset pro virtuální realitu. Tento headset se nazýval "The Sword of Damocles" (Damoklův meč), byl spojen s počítačem, který ho poháněl. Uživatel mohl vidět 3D grafiku prostřednictvím headsetu, bohužel nikdy nebyl masově vyráběn a šlo pouze o laboratorní experiment. Důvod byl ten, že headset byl velice těžký a pro jeho používání bylo nutné, aby byl připevněn na pohyblivých ramenech přichycených na stropě.

Ivan Sutherland o tři roky dříve nastínil myšlenku „The Ultimate Display“, v níž načrtl své představy o virtuální realitě. Podle něj je důležité, aby uživatel takového zařízení nebyl schopný rozpoznat, zda je v reálném nebo virtuálním světě. Obraz by dle něj měl být přenášán do helmy, kterou bude mít uživatel nasazenou, z výkonného počítače. Počítal také s tím, že kromě generovaného obrazu bude systém schopný pomocí speciálních rukavic zajistit také hmatovou odezvu.

Originální citát o The Ultimate Display zní: „*The ultimate display would, of course, be a room within which the computer can control the existence of matter. A chair displayed in such a room would be good enough to sit in. Handcuffs displayed in such a room would be confining, and a bullet displayed in such a room would be fatal. With appropriate programming such a display could literally be the Wonderland into which Alice walked.*”[4]

Někdy kolem roku 1970 Myron W. Krueger vytvoří zařízení jménem Videoplace u tohoto zařízení nepotřeboval uživatel žádné speciální zařízení na sobě. Šlo o zařízení, které snímalo pohyb člověka pomocí kamer a následně na motivy pohybů uživatele, zařízení rozpo-  
hybovalo počítačovou siluetu. Díky tomuto zařízení, mohly dva lidé v různých místnostech spolu komunikovat skrz svoje počítačem vytvořené siluety. To v lidech podpořilo myšlenku toho, že VR může sloužit jako prostředek ke komunikaci s různými lidmi napříč světem.



Obrázek 4. Videoplace

K velkému průlomu došlo roku 1978, kdy začala spolupráce mezi výzkumným vědcem Andrew B. Lippmanem (Massachusetts Institute of Technology) a vojenskou agenturou DARPA (Agentura moderních výzkumných projektů), známou také pro tvorbu systému

ARPANET, který byl předchůdcem dnešního internetu. Vznikl tak první příklad hypermediálního systému, jenž nesl název Aspen Movie Map. Tento systém umožňoval uživateli virtuální prohlídku horského města Aspen v americkém Coloradu.

Po tomto úspěchu začala Americká vláda přispívat do vývoje VR pro vojenské účely. Hned rok poté Společnost McDonnell-Douglas Corporation integrovala VR do své helmy VITAL která byla určena k trénování vojenských pilotů.



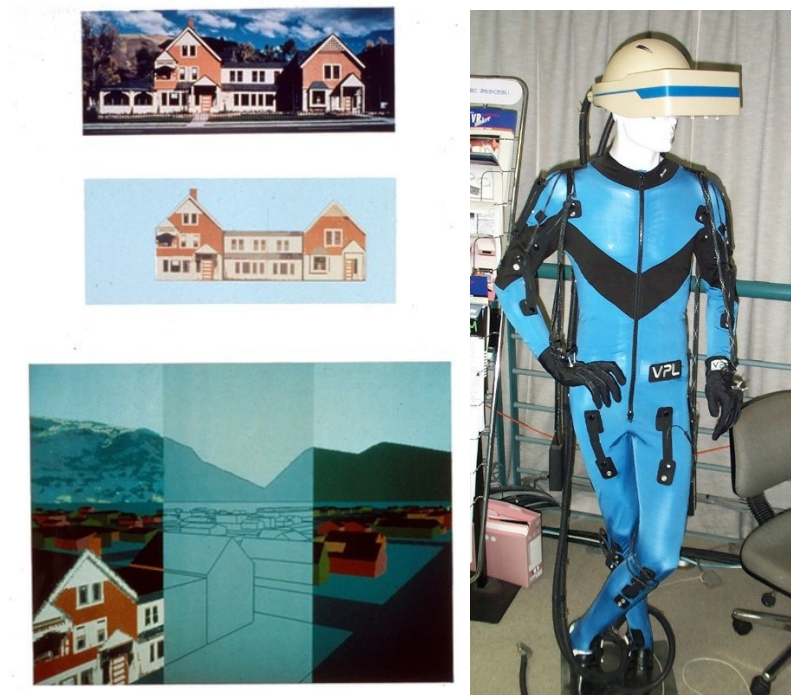
Obrázek 5. Pilot s helmou VITAL

Roku 1987 došlo k velkému zpopularizování pojmu VR i pro normální uživatele. Toho využila firma Atari a založila VPL Research (Visual Programming Lab Research), která se měla jako první firma specializovat konkrétně na vývoj VR. Jedním z prvních výrobků firmy VPL byla „The Data Glove“ – datová rukavice. V úvodních fázích vývoje se mělo jednat o variantu klávesnice, která měla nahrazovat interakci mezi počítačem a člověkem (HCI – Human-computer Interaction).

Druhým výrobkem firmy byly virtuální brýle zvané EyePhone, jenž navazovaly na několik let starý Headsight (C. Comeau a J. Bryan). Fungovaly prakticky na totožném principu, na rozdíl od tohoto zařízení však využívaly Fresnelovy čočky (na rozdíl od klasických čoček jsou z nich odstraněny části, které samy nezapříčiňují lom světelných paprsků).

Pokud se zkombinovaly tyto brýle s datovou rukavicí, dostavil se zážitek z virtuální reality, který se již velmi přibližoval dnešním náhlavním soupravám, jako je např. HTC Vive či Oculus Rift.





Obrázek 6. Aspen Movie Map (vlevo)

Obrázek 7. Data Suit (vpravo)

Roku 1991 začala japonská herní společnost SEGA pracovat na svém vlastním VR headsetu známého jako SEGA VR, ten ovšem nikdy nebyl uveden do prodeje, protože delší používání způsobovalo uživatelům nevolnost. Vývoj byl oficiálně zrušen roku 1994, kde odůvodnění znělo: „*Příliš realistický zážitek, při kterém se mohli uživatelé zranit, neboť měli silné nutkání pohybovat se po místnosti.*“

Rok nato se společnost Nintendo vydala svou verzi VR. Šlo o přenosnou konzoli jménem Nintendo Virtual Boy. Hlavní myšlenka zařízení byla v tom, aby konzole nepotřebovala žádné externí zařízení či počítače na zpracování VR. Virtual Boy používal dva displeje s rozlišením 384x224 pixelů, umožňující zobrazit 4 barvy a jejich 32 odstínů. Vývoj a distribuce byla ukončena po jednom roce, stejně jako u SEGA VR, tak i u této konzole delší používání způsobovalo bolest hlavy. Konzole navíc vážila 760g tudíž musela být umístěná na dvou nohách.

V Roce 2012 Palmer Luckey založí společnost Oculus VR a začal vybírat peníze přes crowdfundingové stránky na svoji VR jménem Oculus Rift. Na něm přes rok pracoval ve svém volném čase. Úspěchu pomohl herní vývojář John Carmack, kterému se Oculus Rift velice líbil. Na konferenci E3 prohlásil, že jde o správný krok ve vývoji VR.

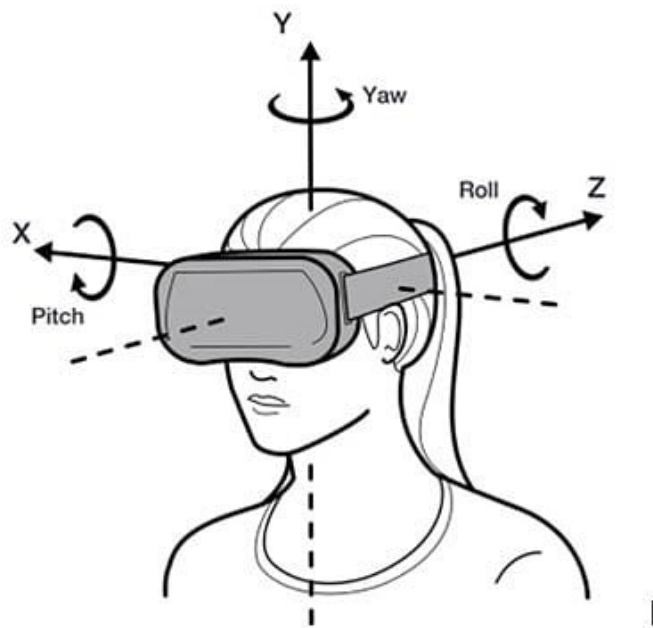
Toto prohlášení znovu spustilo zájem o VR. Ještě téhož roku se společnost Valve spojila se společností HTC a v roce 2014 představily na trh svou verzi VR pod jménem HTC Vive.

### 1.3 Interakce s virtuální realitou

Zařízení pro virtuální realitu se dělí na výstupní a vstupní. Výstupní nástroje jsou ty, které nám zprostředkovávají podněty nabízené virtuální realitou (generovaný obraz, zvuk, hmatové signály). Naopak vstupní nástroje nám umožňují virtuální realitu přetvářet.[7,8]

Nejznámějším zařízením pro virtuální realitu je VR headset což je zařízení, které se nosí na hlavě a umožňuje uživatelům vizuální a zvukový vstup do virtuálního prostředí. Klíčovou složkou VR headsetu jsou obrazovky, které jsou umístěny před očima uživatele. Obvykle se jedná o dva displeje, jeden pro každé oko, které zobrazují stereoskopický obraz a vytvářejí iluzi prostorového vidění.

Aby VR headset věrně simuloval virtuální realitu, musí sledovat jeho polohu a tomu přizpůsobovat svoje zobrazení podle uživatelovy polohy v prostoru. Ke správnému určení uživatele v prostoru je VR headset vybaven množstvím senzorů, jako jsou gyroskopy, akcelerometry a magnetometry, které sledují pohyb a rotaci hlavy. Tím se zajišťuje, že uživatel vidí virtuální scénu z různých úhlů a může se v ní pohybovat. [10]



Obrázek 8. VR headset

Obecně jdou VR headsety rozděleny do tří základních kategorií: Tethered VR headsets, Standalone VR a Smartphone VR headsets.

### 1.3.1 Tethered VR headset

Tethered VR headset nebo taky high-end nebo PC VR je nejrozšířenější typ virtuální reality. Tento typ nemá vlastní výpočetní kapacitu, ale musí být připojený k nějakému externímu zařízení, jako je například počítač nebo herní konzole.

Díky tomu může dosahovat lepších výkonů jak ostatní dva typy headsetů a tím dosáhnout lepšího pocitu z VR. Nevýhodou je, že uživatel musí mít výkonný počítač, popřípadě herní konzoli, na které by mohl zajišťovat výpočetní kapacitu.

Mezi některé zástupce této kategorie patří: Oculus Rift, HTC VIVE Pro, Sony PlayStation VR (PSVR), Lenovo Explorer, Samsung Odyssey.



Obrázek 9. Tethered VR headsets (Oculus Rift, HTC VIVE Pro, Lenovo Explorer, Samsung Odyssey)

### 1.3.2 Standalone VR headset

Tato kategorie VR headsetů potřebuje s ostatních tří zmíněných nejmenší externí interakci. Veškerá výpočetní kapacita, kterou VR headset potřebuje je uvnitř spolu se všemi potřebnými snímači. To umožňuje uživateli používat VR bez nutnosti výkonného zařízení a zároveň volnost pohybu.

Díky těmto vlastnostem se tomuto typu VR headsetu přezdívá all-in-one (vše v jednom) nebo zjednodušeně bezdrátové. Jediná nutnost připojení kabelu je tedy napájení nebo spárování s PC kvůli registraci. Navíc jsou oproti Tethered VR headsetům mnohem levnější.

Nevýhoda u tohoto typu je menší výkon oproti Tethered VR headsetům. Do budoucna se předpokládá, že Standalone VR headset přemůže drátový model. Hlavním důvodem je čím dál tím větší preference používat bezdrátové zařízení. Prozatím je tedy tento typ určen k méně výpočetně náročným pracím nebo zábavě.

Mezi zástupce této kapitoly patří: Lenovo Mirage Solo, HTC VIVE Focus, Pico Neo, Oculus Go.



Obrázek 10. Standalone VR headsets (Lenovo Mirage Solo, HTC VIVE Focus, Pico Neo, Oculus Go.)

### 1.3.3 Smartphone VR headset

Jak už název napovídá, VR headsets v této kategorii využívají chytrý telefon místo jakéhokoli jiného výpočetního zařízení.

Princip spočívá v tom, že uživatel vloží svůj telefon do VR headsetu, které slouží jako výkonné a zároveň zobrazovací zařízení. O vytvoření dojmu VR se postará dvojice čoček uvnitř VR headsetu, umístěné před displejem telefonu.

Pokud nebudeme započítávat cenu telefonu, je tento typ bezkonkurenčně nejlevnější. Zároveň však jde taky o nejslabší VR headset.

Mezi zástupce patří například: Samsung Gear VR, Google Daydream View 2, Xiaomi Mi VR Play 2, Google Cardboard [11]



Obrázek 11. Smartphone VR headsets (Samsung Gear VR, Google Daydream View 2, Xiaomi Mi VR Play 2, Google Cardboard.)

## 1.4 Praktické využití virtuální reality

V posledních letech je virtuální realita stále populárnější a nachází uplatnění v mnoha oblastech, od zábavy a her až po vzdělávání a lékařství. Zde je několik případů toho, jak lze virtuální realitu využít.

### 1.4.1 Vzdělání

Virtuální realita má velký potenciál změnit způsob učení a zlepšit vzdělávací proces. Využití VR vzdělávání může přinést mnoho výhod, jako je vylepšení interaktivity, zvýšení motivace a zlepšení zapamatování informací.

Jak už bylo naznačeno v předchozích kapitole o historii VR, vzdělání je jedno z odvětví které posouvalo vývoj VR kupředu.

Jedním z hlavních přínosů VR vzdělávání je možnost vytvořit virtuální prostředí, které umožňuje studentům a učitelům prozkoumat a experimentovat v situacích, které by byly jinak příliš nebezpečné, nemožné nebo drahé. Například studenti mohou vstoupit do virtuálního prostoru, aby prozkoumali historické památky, studovali anatomii, trénovali zdravotnické postupy, nebo se učili jak správně manipulovat s nástroji.

Dalším přínosem využití VR vzdělávání je schopnost vytvořit více zapamatovatelné zážitky pro studenty. Virtuální prostředí umožňuje studentům zapojit se do interaktivních aktivit a simulací, které zlepšují jejich schopnost zapamatovat si a aplikovat informace.



Obrázek 12. VR ve výuce

Virtuální realita může také být použita pro vzdělávání na dálku. Virtuální prostředí umožňuje studentům a učitelům přístup k učebním materiálům a zdrojům z jakéhokoliv místa na světě, což umožňuje vzdělávání přesahovat geografické a časové hranice.

Příkladem využití VR vzdělávání je například výuka biologie a medicíny pomocí virtuální reality. Studenti mohou vstoupit do virtuálního prostředí, kde mohou prozkoumat lidské tělo a experimentovat s různými postupy.

#### 1.4.1.1 ClassVR

Praktický příklad využití VR ve vzdělání může být společnost ARVR Education, která se zabývá tvorbou hardwaru a učebního materiálu přímo pro školy. Jejich VR headset, se jmenuje ClassVR, přičemž je vyráběný ve dvou variantách Standart a Premium.

Protože je ClassVR primárně určené pro školy, prodává se v baleních od 4 do 30 kusů, přičemž se cena 30 kusů ve verzi standart pohybuje kolem 17 000 \$. V přepočtu na české koruny by cena jednoho ClassVR byla přibližně 12 454 Kč.

Co se týče školního obsahu, firma vytváří balíčky pro podporu výuky od 4 let předškolního věku až po vysokoškolské studenty. Účelem ClassVR ovšem není nahradit klasickou výuku, ale jako užitečnou pomůcku při výuce a ukázat potenciál VR. [17,18]



Obrázek 13. ClassVR

### 1.4.2 Armáda

Armáda je dalším odvětvím, kde má VR potenciál změnit způsob tréninku a výcviku vojáků, simulovat bojové situace a zlepšit rozhodování na bojišti. Díky VR mohou vojáci vstoupit do virtuálního prostředí, které simuluje bojové situace a umožňuje jim procvičovat různé scénáře bez reálných rizik.

VR může být také použito pro lepší plánování a koordinaci vojenských operací. Virtuální modely terénu mohou být vytvořeny a použity pro přípravu taktických plánů a simulace bojových akcí.

Použití VR v armádě není bez rizik. Existuje obava, že pokud jsou vojáci příliš zvyklí na virtuální svět, mohou mít potíže s reálným bojem. Dalším rizikem je, že soukromé společnosti mohou být zapojeny do vývoje VR technologií pro vojenské účely a mohou mít přístup k citlivým informacím.

Jak už bylo zmíněno, americká armáda hojně používá VR pro výcvik a simulaci bojových scénářů.

Příkladem použití VR a AR jsou například systémy TAR, STE nebo HUD

#### 1.4.2.1 TAR

TAR je zkratka pro "*Tactical Augmented Reality*" nebo po česku "*Taktická Augmentovaná Realita*" a jedná se o armádní AR. Jde o zařízení podobné brýlím nočního vidění, které je připevněné na helmě. Systém je navržen tak, aby vojákovi zobrazoval důležité informace, jako jsou například jeho poloha a umístění zbytku jeho týmu na jeho zorném poli.

Zařízení navíc umožňuje režim rozdělení zorného pole, kdy do jednoho oka jde vojákovi obraz z kamery na jeho zbrani.

Podobný systém se používá u pilotů stíhaček F-35, kde se pilotovi ukazují informace o letadle, jako je například rychlost a náklon[19,20]





Obrázek 14. TAR

#### **1.4.2.2 STE**

STE „*Synthetic Training Environment*“ česky „*umělé výcvikové prostředí*“ je systém určený pro výcvik amerických vojáků. Tento systém umožňuje vojákům ve výcvikovém zařízení trénovat s vojáky, kteří se nachází na jiném místě a virtuálními vojáky. Takový výcvik je oproti výcviku s reálnou technikou mimo jiné výrazně levnější a časově dostupnější. [21]

#### **1.4.2.3 HUD**

Podobně jako u TAR, je i HUD augmentová realita. Jedná se o helmu, umožňující promítat taktická data a informace o poloze nepřítele apod. také zobrazuje zaměřovač zbraně a voják tak může vidět místo dopadu střely. HUD umožňuje kromě zobrazování dat také pokročilý výcvik, který může zahrnovat čistě digitální terén a virtuálního protivníka.[20]



Obrázek 15. HUD

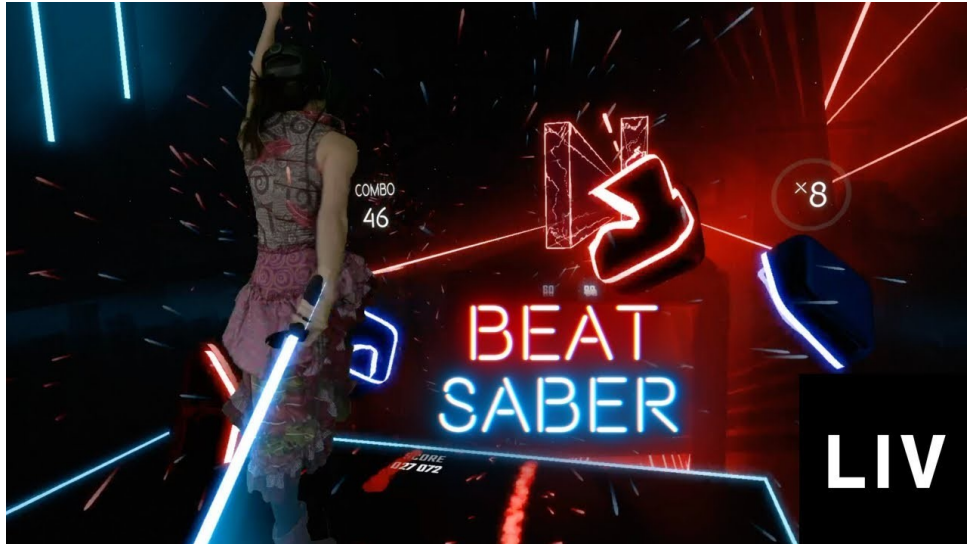
### 1.4.3 Herní průmysl

Využití VR v herním průmyslu nabízí hráčům úplně nový způsob prožívání her. Díky VR mohou hráči vstoupit do interaktivního virtuálního světa a prožít zcela nové herní zážitky, které jsou mnohem intenzivnější a poutavější než tradiční hry na obrazovce.

Jedním z největších benefitů VR her je pocit úplného ponoření hráče do hry. Díky tomu jsou hráči schopni reagovat na herní situace rychleji a přesněji, což zvyšuje celkovou zábavnost a výzvu hry. Navíc VR umožňuje hráčům plnou kontrolu nad hrou a vlastním tělem v herním světě.

Dalším významným přínosem VR her je zlepšení sociálního aspektu hraní her. VR umožňuje hráčům hrát společně v jednom virtuálním prostoru a interagovat s ostatními hráči. To vede k vytvoření silného pocitu komunity a spolupráce mezi hráči.

Mezi nejpopulárnější VR hry patří například Beat Saber, Half-Life: Alyx, Superhot VR nebo Job Simulator. Tyto hry ukazují, jaké možnosti VR nabízí v herním průmyslu a jaké nové herní koncepty mohou být vytvořeny.



Obrázek 16. Beat Saber

#### 1.4.3.1 Oculus (Meta) Quest 2

Oculus (Meta) Quest 2 je jedním z nejnovějších VR headsetů od firmy Oculus. Tento VR headset se původně jmenoval Oculus Quest 2, po odkoupení firmy Oculus Facebookem, byl VR headset přejmenován na Meta Quest 2.

Na rozdíl od původního Oculus Rift, který byl Tethered VR headset a musel být zapojený v počítači. Meta Quest 2 je standalone, je u něj ovšem možnost zapojení do PC a tím hrát náročnější hry. Facebook vydal tento VR headset v roce 2020 jakožto nástupce Meta Quest. Díky svojí nižší ceně a faktu, že jde o bezdrátové zařízení, je tento VR headset vhodný nejen pro náročné hráče, ale i pro běžného uživatele.[21]

Tabulka 1. Specifikace Oculus (Meta) Quest 2

Obnovovací frekvence	90 Hz
Rozlišení na jedno oko	QHD 1832 × 1920 px
Celkové rozlišení	4K 3664 × 1920 px
Připojení	Bluetooth, Wi-Fi, USB-C
Řada procesoru	Qualcomm Snapdragon XR2
Paměť RAM	6 GB
Cena	12 000 Kč



Obrázek 17. Oculus (Meta) Quest 2

#### **1.4.3.2 HTC Vive Pro 2**

HTC Vive Pro 2 je VR headset pro velice náročné hráče. Jedná se o High-end VR headset takže na rozdíl od předchozího Meta Quest 2, musí být připojený k počítači. Byl vydán v roce 2021 společností HTC Corporation. HTC je Taiwanská technologická společnost, která se specializuje na vývoj a výrobu mobilních zařízení, virtuální reality a další spotřebitelské elektroniky.

Pro zobrazení obrazu slouží dvojice LCD displejů s plnými RGB subpixely se 120° zorným polem. [22]

Tabulka 2. Specifikace HTC Vive Pro 2

Obnovovací frekvence	120 Hz
Rozlišení na jedno oko	4K 2448 × 2448 px
Celkové rozlišení	4K 4896 × 2448 px
Připojení	Bluetooth, USB-C, DisplayPort
CPU Požadavky	AMD Ryzen 1500, Intel i5-4590
GPU Požadavky	AMD Radeon RX 480, NVIDIA GeForce GTX 1060
RAM požadavky	8 GB
Cena	34 000 Kč



Obrázek 18. HTC Vive Pro 2

#### 1.4.4 Architektura a design

Využití VR v odvětví architektury a designu nabízí úplně nový způsob vizualizace návrhů budov a interiérů. Díky VR mohou architekti a designéři vytvořit virtuální modely budov a interiérů, které umožní klientům a investorům procházet se a prohlížet si je jako by byly v reálném prostředí. To umožňuje klientům lepší pochopení návrhu a lépe si představit konečný vzhled budovy nebo interiéru.

VR také umožňuje architektům a designérům pracovat v týmu na návrhu, umožňuje jim to vizualizovat a testovat různé návrhové varianty v reálném čase. Toto umožňuje rychlejší a efektivnější proces návrhu a taktéž zkrácení času potřebného k dokončení projektu.

Další výhodou VR v architektuře a designu je možnost simulovat různé osvětlení a atmosféry v návrhu budovy nebo interiéru. To umožňuje architektům a designérům lépe porozumět vlivu osvětlení a atmosféry na vzhled a atmosféru prostoru.

.

##### 1.4.4.1 *Wearrecho*

Wearrecho je název nového nástroje pro navrhování architektury ve virtuální realitě, který je vyvíjen ve spolupráci mezi Katedrou architektury Fakulty stavební ČVUT v Praze a Ateliérem MS architekti spolu s programátory Studio 301. Tento nástroj umožňuje studentům programu Architektura a stavitelství Fakulty stavební ČVUT experimentovat s navrhováním architektonických projektů ve virtuálním prostoru.

Wearrecho poskytuje studentům možnost vytvářet architektonické návrhy a procházet se jimi ve virtuální realitě. Tímto způsobem mají studenti možnost autenticky zažít a lépe porozumět architektuře, vnímat prostor, formu a hmotu svých návrhů. Díky tomuto novému přístupu mohou studenti lépe prezentovat své návrhy a klientům lépe sdělit své myšlenky a záměry.

Wearrecho se momentálně nachází ve fázi beta-verze. Využití Wearrecha ve výuce architektury na Fakultě stavební ČVUT je v Evropě unikátní a přináší novou dimenzi a kreativitu do procesu navrhování architektury. [23]



Obrázek 19. studenti ČVUT pracující v Wearrecho

#### 1.4.5 Zdravotnictví

VR v odvětví zdravotnictví nabízí možnosti při léčbě a diagnostice různých onemocnění. Může být využita pro simulaci různých scénářů, které umožňují pacientům prožít určité situace, které jsou pro ně problematické nebo stresující.

Využití VR tak může přinést výhody při léčbě fobií, úzkostných poruch a posttraumatické stresové poruchy. Také používá pro trénink zdravotnických pracovníků, jako jsou například chirurgové nebo záchranáři. Díky simulaci reálných situací v reálném čase mohou zdravotničtí pracovníci zlepšit své dovednosti a připravit se na neočekávané situace.

Další oblastí, kde se VR používá, je diagnostika a léčba různých neurologických onemocnění, jako jsou například mozkové mrtvice, Parkinsonova choroba nebo roztroušená skleróza. VR může být využita pro rehabilitaci pacientů, kterým byla diagnostikována tato onemocnění, a pomáhá jim zlepšit svou motoriku a koordinaci.

#### 1.4.5.1 VR Medical

VR Medikal je Český projekt pro pomoc ve zdravotnictví ve virtuální realitě. Momentálně se jedná o jediný certifikovaný lékařský prostředek využívající VR v rehabilitaci v České republice.

Firma vznikla teprve v roce 2020 a dnes už její produkty využívají lázeňské domy a nejméně deset nemocnic v Česku. Projekt získal i první cenu v akceleračním programu 4DigitalHealth.

Produkt je vhodný pro pacienty, kteří potřebují zlepšit hrubou motoriku, rovnováhu, jemnou motoriku, kondici anebo potřebují kognitivní trénink.[24,25]



Obrázek 20. VR Medikal při používání

#### 1.4.6 Cestovní ruch

Využití virtuální reality v cestovním ruchu se stává stále více populárním. Virtuální realita může poskytnout návštěvníkům zážitek z cestování do různých destinací po celém světě, aniž by museli opustit svůj domov.

Jedním z hlavních způsobů, jak se využívá VR v cestovním ruchu, je virtuální prohlídka. Turisté mohou využít VR brýle a procházet se virtuálně po různých turistických atrakcích a památkách. To jim umožňuje prozkoumat a objevovat nová místa, aniž by museli cestovat do zahraničí. Virtuální prohlídky jsou také užitečné pro turisty, kteří se připravují na svou cestu, nebo pro ty, kteří nemohou fyzicky navštívit dané místo.



Dalším způsobem, jak se využívá VR v cestovním ruchu, je interaktivní marketing. Cestovní kanceláře a hotelové řetězce mohou vytvářet virtuální zážitky, které přitahují turisty a motivují je k návštěvě dané destinace. VR může být také použita k prezentaci ubytování, atrakcí a aktivit v dané destinaci.

VR může být také využita k tréninku cestovních průvodců. Průvodci mohou být vystaveni různým situacím v simulovaném prostředí a naučit se, jak s nimi správně pracovat. To může vést k lepšímu zážitku pro turisty a k větší profesionalitě průvodců.

#### 1.4.6.1 VRčesko

Jedná se o službu firmy Turistika.cz, s.r.o. která se zabývá tvorbou virtuálních prohlídek, aplikací pro virtuální realitu, produkcí 360°videí a pronajímáním zařízení virtuální reality.

Zajišťují virtuální prohlídky památek, muzeí, galerií, hotelů, lázní a restaurací. Dále vytvářejí různé edukační nástroje pro studenty a turisty, jako jsou například kvízy se znalostí místa dané virtuální prohlídky.

V neposlední řadě také zařizují živé VR přenosy různých sportovních či kulturních akcí. Těmito službami zajišťují svým klientům originální formu propagace. [26]



Obrázek 21. VRčesko

### 1.4.7 Umění a kultura

Jedním z nejčastějších způsobů použití VR v umění a kultuře je vytváření virtuálních výstav. Tyto virtuální výstavy umožňují umělcům a institucím, aby představily svá díla ve virtuálním prostředí, kde mohou být návštěvníci umístěni přímo do uměleckého díla nebo do prostředí, které umělec vytvořil. Tímto způsobem se návštěvníci mohou interaktivně zapojit do uměleckých děl a prozkoumat je zblízka.

Dalším využitím VR v umění a kultuře je tvorba virtuálních prohlídek muzeí a galerií. Tyto virtuální prohlídky poskytují návštěvníkům možnost procházet se po muzeu nebo galerii a prohlížet si umělecká díla z různých úhlů, aniž by museli fyzicky navštívit instituci. Virtuální prohlídky muzeí a galerií jsou také užitečné pro ty, kteří nemohou fyzicky navštívit dané místo nebo pro ty, kteří chtějí získat předchozí představu o instituci, než se rozhodnou ji navštívit.

Virtuální realita se také používá k vytváření simulací historických míst a událostí. Tyto simulace umožňují návštěvníkům cestovat v čase a prozkoumávat dávné civilizace a kultury. Tento způsob využití VR umožňuje návštěvníkům naučit se více o historii a kultuře různých míst bez fyzického cestování.

V neposlední řadě se VR používá k vytváření interaktivních uměleckých instalací. Tyto instalace využívají virtuální realitu k vytváření uměleckých zážitků, které jsou interaktivní a reagují na pohyby návštěvníků. Tyto instalace mohou být vytvořeny jako součást výstavy nebo mohou být samostatné umělecké dílo.

Celkově lze říci, že virtuální realita má v uměleckém průmyslu velký potenciál a umožňuje umělcům a kulturním organizacím přinášet nové zážitky návštěvníkům a posunout umění a kulturu do nových dimenzí.

#### 1.4.7.1 Thyssen Multimedia

Thyssen Multimedia je interaktivní multimediální systém používaný v rámci Muzea Thyssen-Bornemisza v Madridu. Tento systém je navržen tak, aby poskytoval bohatší a interaktivnější zážitek návštěvníkům během jejich pobytu v muzeu.

V rámci projektu Virtual tours, je možné vstoupit pomocí VR do uměleckých muzeí a prohlížet si zdejší expozici buď to sám a zadarmo, nebo z profesionálně namluveným průvodcem v ceně 5€. [31]



Obrázek 22. Virtual tours

#### 1.4.8 Průmysl a výroba

Stále více uplatnění VR je i v průmyslu a výrobě. Využití VR zde umožňuje například lepší návrh a optimalizaci výrobních procesů, vylepšení vzdělávání zaměstnanců, bezpečnosti práce a mnoho dalšího.

Jedním z hlavních přínosů virtuální reality v průmyslu a výrobě je možnost simulovat výrobní procesy a optimalizovat je bez nutnosti výroby fyzického prototypu. VR umožňuje vytvoření digitálních modelů a simulací, které mohou být testovány a upravovány před skutečnou výrobou, což šetří čas a náklady. VR také umožňuje pracovníkům výroby a konstrukce vidět a prozkoumat nové produkty a procesy, což může vést k lepšímu návrhu a inovaci výrobků.

Dalším využitím VR v průmyslu a výrobě je vzdělávání zaměstnanců. Virtuální realita umožňuje simulovat různé situace, kdy zaměstnanci musí provádět složité úkoly nebo se učit nové postupy a to v bezpečném a kontrolovaném prostředí. VR také umožňuje zaměstnancům prozkoumat a naučit se o nových strojích a technologiích, což zvyšuje jejich schopnosti a efektivitu práce.

Virtuální realita může také pomoci zlepšit bezpečnost práce. Díky virtuálním simulacím a tréninkům mohou zaměstnanci lépe rozumět rizikům spojeným s prací a naučit se, jak na tyto situace reagovat. VR také umožňuje vytvářet bezpečné prostředí pro testování nových technologií a procesů, což může minimalizovat riziko úrazů.

Mezi příklady společností, které využívají VR v průmyslu a výrobě, patří například automobilová firma Audi, která používá VR pro návrh a testování nových vozidel, nebo výrobce letadel Airbus, který využívá VR pro návrh a testování kabin a dalších interiérů letadel.

#### ***1.4.8.1 Digital Engineering and Magic***

Digital Engineering and Magic je společnost, jejímž produktem jsou instruktážní VR simulace. Účelem těchto simulací, je naučit zaměstnance pracovat v daném prostředí bezpečně a zodpovědně. Tímto způsobem lze zaměstnance mnohem lépe vyškolit, než kdyby se postup učil z příručky nebo instruktážního videa.

V průběhu pandemie COVID-19 se společnost rozhodla pomoci školám a nabízela své produkty zdarma. Digital Engineering and Magic se snaží tímto krokem zvýšit povědomí o bezpečnosti práce a pomoci technickým školám ve výuce.

Mezi produkty společnosti můžeme například najít obsluhu vysokonapěťové elektrické rozvodny nebo odebírání vzorků oleje. [32]



Obrázek 23. VR Medikal při používání

#### 1.4.8.2 Go360

Firma Go360 s.r.o. se zaměřuje na produkci a vývoj virtuální reality, rozšířené reality a točení 360° videí. Sami o sobě prohlašují, že dokážou pro svého klienta zařídit všechno, co se týká virtuální reality, ať už jde o vytvoření virtuálních prohlídek, školení pro zaměstnance nebo architektonickou vizualizaci. Svě projekty tvoří v Unity a Unreal engineu.

Mezi jejich projekty například prohlídka CETIN a.s. nebo 8K živý VR přenos pro Deutsche Telekom AG. [27]

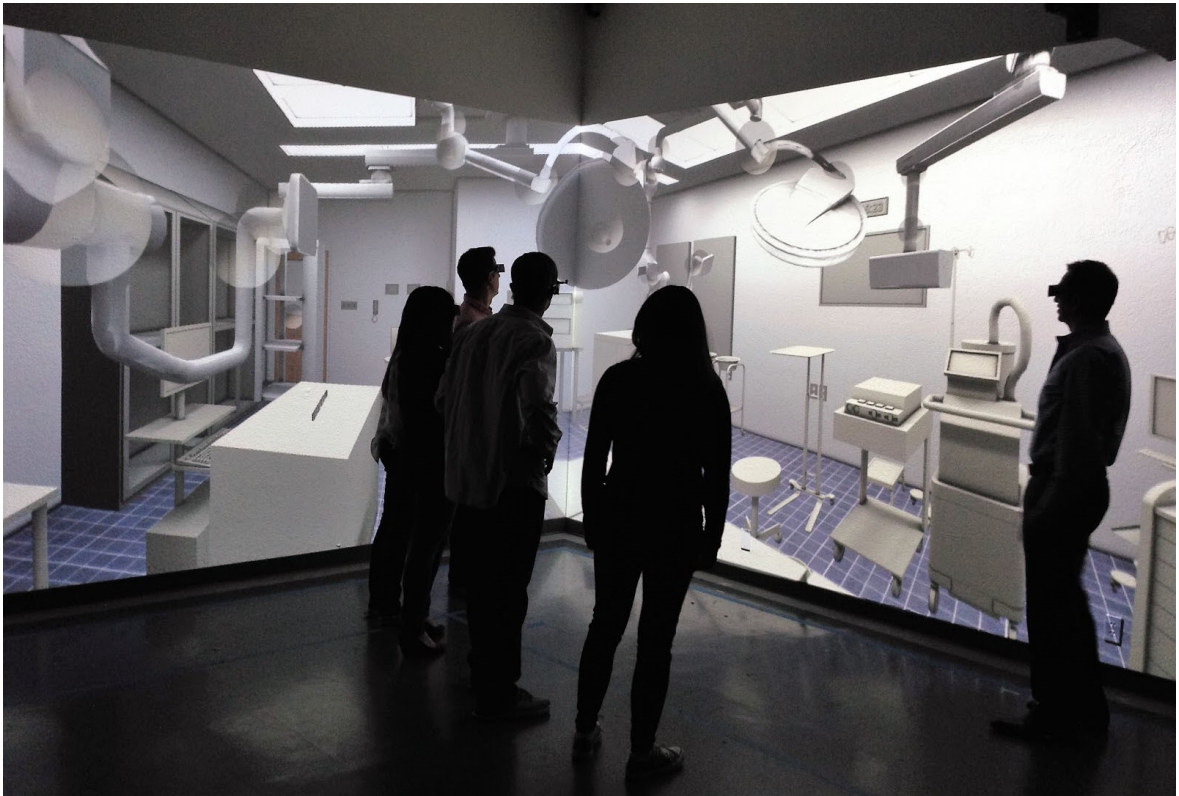


Obrázek 24. 360 Video prohlídka - CETIN a.s.

### 1.4.8.3 WorldViz

WorldViz je společnost zajišťující řešení virtuální reality pro průmyslové využití a tréninkové účely.

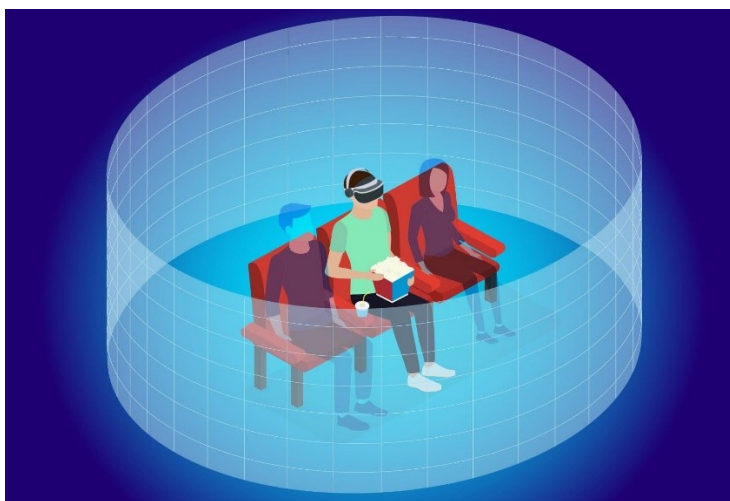
Jejich produkty zahrnují kompletní soubor vývojových nástrojů, VR hardware a software pro interakci ve virtuálním prostoru. Specializují se na vizualizaci a simulaci komplexních prostředí, scén, strojů a budov, umožňující uživatelům prozkoumávat a interagovat s virtuálním modelem. Poskytují také speciální školení pro zaměstnance ve VR prostředí. Je aktivní v širokém spektru odvětví, jako je automobilový průmysl, stavebnictví, zdravotnictví a vojenství.[28]



Obrázek 25. WorldViz

### 1.4.9 Film

Jedním z hlavních způsobů, jak lze VR využít ve filmu, je vytváření imerzivních filmových zážitků. VR umožňuje divákům stát se součástí filmového světa a prozkoumávat ho. Tímto způsobem jsou diváci zcela ponořeni do filmového děje, mají možnost pohybu, což vytváří intenzivní a emocionálnější zážitek.



Obrázek 26. Virtual Reality in Movies

Dalším praktickým využitím VR ve filmu je vytváření virtuálních filmových setů. Tvůrci mohou pomocí VR technologií vytvářet celé digitální prostředí, ve kterém se herci mohou pohybovat a interagovat. Tímto se eliminují omezení fyzických filmových setů a umožňuje se snadnější manipulace s prostředím a vizuálními efekty. Výsledkem je větší kreativní svoboda a možnost vytvoření vizuálně ohromujících scén, které by byly jinak obtížné nebo nemožné.

Interaktivní filmy ve VR jsou také zajímavým využitím této technologie. Diváci se mohou stát aktivními účastníky děje a ovlivňovat průběh příběhu. Tím se filmový zážitek stává osobnější a diváci mají větší zapojení a kontrolu nad příběhem. [29]

## 2 SOFTWAREVÉ NÁSTROJE

Při vývoji aplikací virtuální reality je k dispozici řada softwarových nástrojů, které umožňují tvorbu a implementaci virtuálního prostředí a jeho interakce s uživatelem.

### 2.1 Arduino

Arduino je open-source hardwarová a softwarová platforma pro vývoj elektronických projektů. Je navržena tak, aby umožnila snadnou manipulaci s elektronickými komponenty, jako jsou senzory, displeje, motorové řízení a mnoho dalších. Arduino se používá k řízení fyzických zařízení a v poslední době se stává populárním také v oblasti vývoje virtuální reality. V této části budou popsány základní informace o platformě Arduino a její použití v této práci.

Arduino je založeno na mikrokontroléru, který se skládá z procesoru, paměti a dalších periferních obvodů. Procesor na Arduinu má omezené výpočetní kapacity, ale pro většinu aplikací to stačí. Platforma Arduino je navržena tak, aby umožnila snadné připojení periferních zařízení a snadnou komunikaci s nimi pomocí vstupně-výstupních pinů. Arduino má také své vlastní integrované vývojové prostředí (IDE), které umožňuje snadnou tvorbu kódu v jazyce C/C++ a jeho nahrání do desky Arduino.





```
/*
 * Blink
 * Turns on an LED on for one second, then off for one second, repeatedly.
 *
 * This example code is in the public domain.
 */

// Pin 13 has an LED connected on most Arduino boards.
// give it a name:
int led = 13;

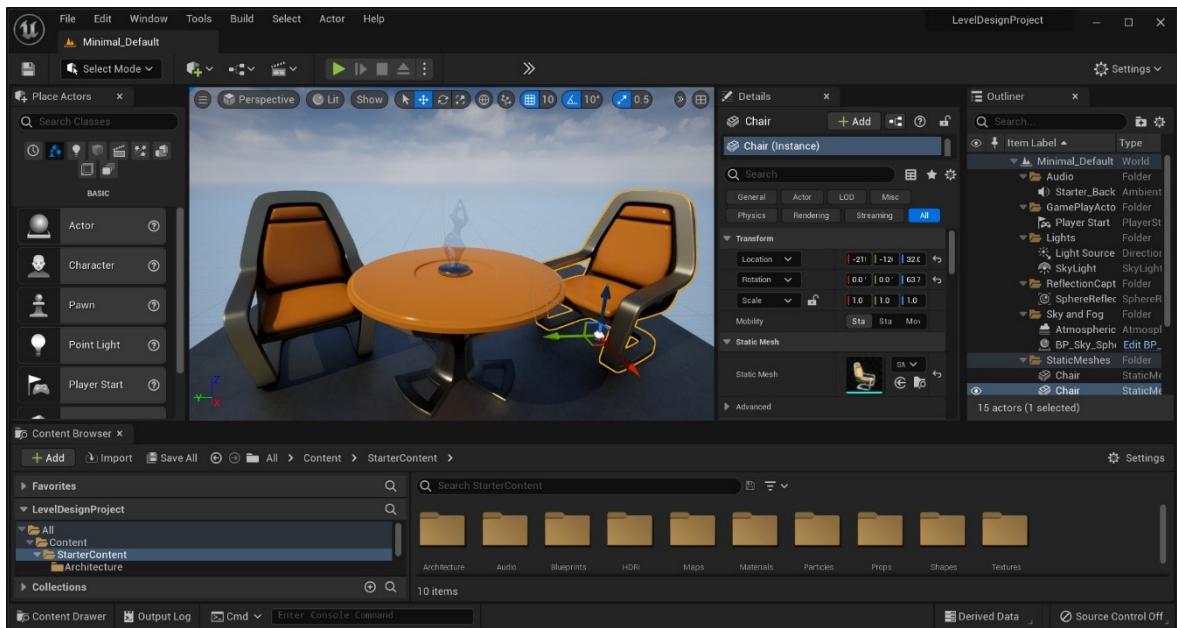
// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {
  // initialize the digital pin as an output.
  pinMode(led, OUTPUT);
}

// the loop routine runs over and over again forever:
void loop(){
  digitalWrite(led, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000);             // wait for a second
  digitalWrite(led, LOW);  // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000);             // wait for a second
}
```

Obrázek 27. Arduino IDE

## 2.2 Unreal Engine

Unreal Engine je výkonný a oblíbený herní engin a vývojové prostředí, které umožňuje tvorbu jak tradičních her, tak i virtuální reality. Unreal Engine je vyvinut společností Epic Games a licence je k dispozici zdarma, za předpokladu, že projekt nedokáže vydělat za čtvrtletí 3000\$, v tom případě je potřeba zaplatit za licenci 5% výtěžku projektu.



Obrázek 28. Unreal Engine

Unreal Engine byl vydán poprvé v roce 1998 pro využití ve hře Unreal, která se stala velmi populární a umožnila společnosti Epic Games rychlý růst. Unreal Engine byl zpočátku vyvinut pro hry na počítače s operačním systémem Microsoft Windows, ale později se rozšířil na další platformy, jako jsou herní konzole a mobilní zařízení.

Další verze Unreal Engine byly vydávány v průběhu let a přinášely nové funkce a vylepšení pro tvůrce her. Unreal Engine 2 byl vydán v roce 2002 a umožňoval tvorbu her na nové platformy, jako jsou PlayStation 2 a Xbox. Unreal Engine 3 byl vydán v roce 2006 a stal se populárním mezi vývojáři her na konzolích. Unreal Engine 4 byl vydán v roce 2014 a přinesl novou úroveň grafického zpracování a fyziky, díky čemuž se stal oblíbeným enginem mezi vývojáři her pro virtuální realitu.

Unreal Engine 5 byl představen v roce 2020 a vychází z technologie Nanite, která umožňuje vysoké rozlišení a detaily v prostředí, a také Lumen, který zajišťuje realistické osvětlení v reálném čase. Unreal Engine 5 byl vydán v roce 2022 a slíbil další vylepšení pro tvůrce her.

Unreal Engine má mnoho funkcí a nástrojů, která umožňují tvorbu realistické a interaktivní virtuální reality. Tyto nástroje zahrnují například vysokou kvalitu renderování, fyzikální engine pro realistické chování objektů a postav, interakci s prostředím a vytváření umělé inteligence pro virtuální postavy.

Unreal Engine je platformně nezávislý a podporuje řadu různých platform, jako jsou Microsoft Windows, Linux, macOS, iOS, Android, PlayStation, Xbox, Nintendo Switch a další.

Unreal Engine umožňuje vývojářům vytvářet hry s různou úrovní grafiky, od 2D her po realistické 3D hry.

Další důležitou funkcí Unreal Engine pro vývoj virtuální reality je podpora různých VR headsetů a kontrolérů, včetně Oculus Rift, HTC Vive, Windows Mixed Reality a dalších. Engine také poskytuje nástroje pro optimalizaci výkonu a snižování latency, což jsou klíčové faktory pro plynulý a přirozený pocit při používání VR zařízení.

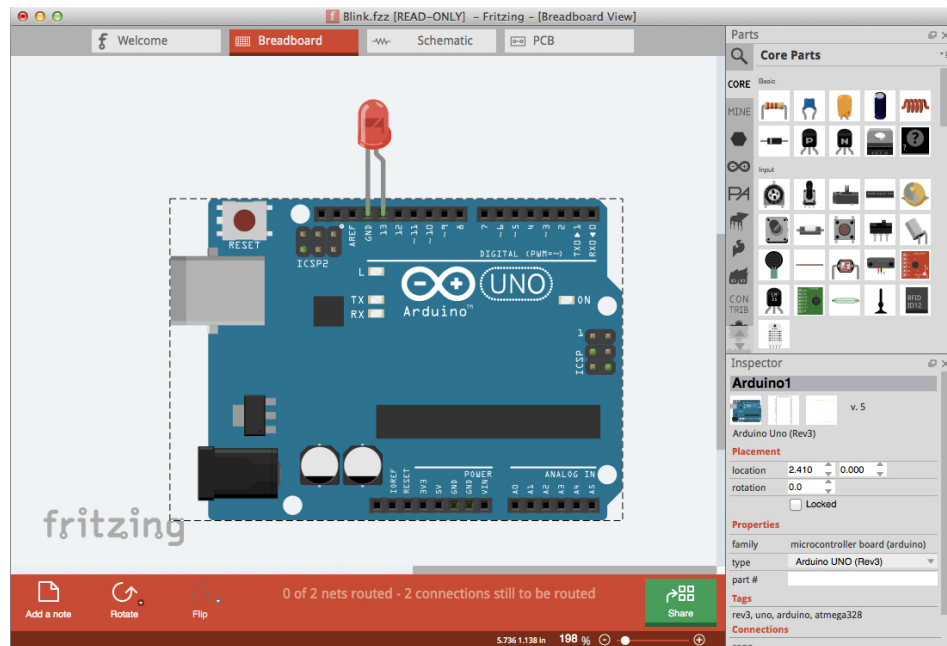
### 2.3 Fritzing

Fritzing je program pro návrh a dokumentaci elektronických obvodů. Umožňuje uživatelům vytvářet schémata, připravovat plošné spoje a vytvářet vizuální přehledy svých projektů. Program také nabízí rozsáhlou knihovnu komponentů, který obsahuje široký výběr elektronických součástek.

Fritzing vznikl jako open-source program pro podporu výuky studentů na Univerzitě aplikovaných věd v Postupimi.[5]

Práce s programem Fritzing zahrnuje několik důležitých kroků. Prvním je vytvoření schématu, kde uživatelé mohou vybrat a umístit potřebné součástky a propojit je pomocí vodičů. Poté je možné převést schéma na plošný spoj, což zahrnuje rozmístění součástek na desce a propojení pomocí vodičů a stop.

Fritzing umožňuje vytváření vlastních součástek, což je užitečné pro projekty, které vyžadují specifické komponenty, jež nejsou v knihovně dostupné. Uživatelé mohou vytvořit vlastní grafické symboly, fotorealistické obrázky součástek a definovat jejich chování a parametry. Dalším důležitým aspektem práce s Fritzingem je dokumentace projektů. Program umožňuje vytvářet vizuálně atraktivní prezentace obvodů a desek, které mohou být použity pro sdílení a prezentování projektů ostatním.[5,6]



Obrázek 29. Fritzing

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

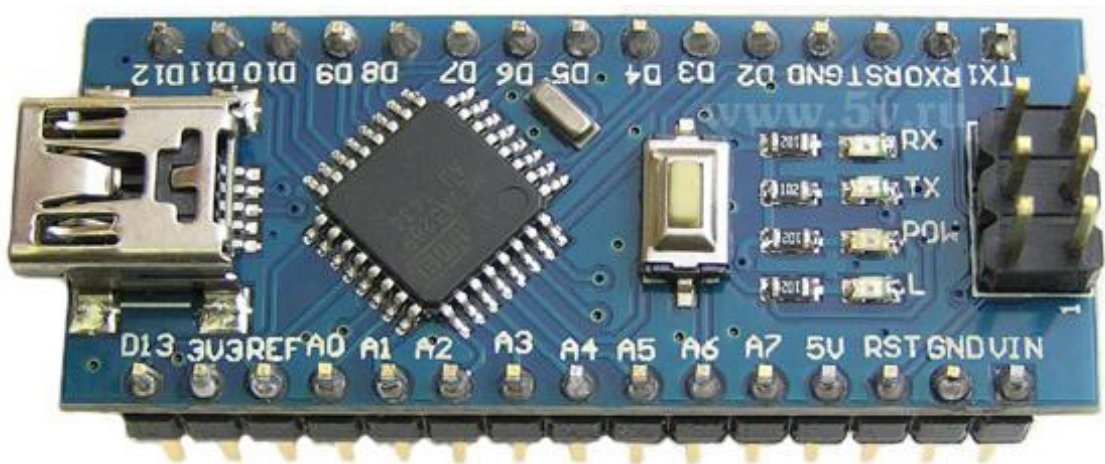
## 3 HARDWARE

### 3.1 Komponenty

#### 3.1.1 Arduino Nano

Pro zpracování byl zvolen mikro-kontrolér Arduino Nano, který je navržen pro vývojové projekty, které vyžadují malé rozměry, nízkou spotřebu energie a snadné programování.

Arduino Nano má celkem 14 digitálních vstupů/výstupů, z toho 6 může být použito jako vstup, 6 jako výstup a 2 slouží jako výstup PWM. Kromě toho má také 8 analogových vstupů, 1 UART (sériové rozhraní), 1 I2C rozhraní a 1 SPI rozhraní. Mikrokontrolér je napájen pomocí USB konektoru nebo 5V napájení přes GPIO pin. Jeho pořizovací cena byla 230 Kč.



Obrázek 30. Arduino Nano

Tabulka 3. Specifikace Arduino Nano

Hlavní čip	ATmega328	Počet digitálních I/O pinů	14
Architektura	AVR	Počet digitálních PWM I/O pinů	6
Převodník USB	CH340	Počet analog. Vstupních pinů	8
Flash	32 KB (2 KB bootloader)	Pracovní napětí	5 V
SRAM	2 KB	Vstupní napětí	7 až 12 V
EEPROM	1 KB	Proud	19 mA
Frekvence procesoru	16 MHz	Proud na digitální I/O piny	40 mA
Rozměry (mm)	18 x 45	Hmotnost	7 g

### 3.1.2 MPU-6050

Jako gyroskop byl zvolen modul MPU-6050. Ten kombinuje 3osý gyroskop a 3osý akcelerometr pro snímání pohybu, který v reálném čase přepočítává hodnoty na jednotlivé složky rotačního pohybu v ose X, Y a Z. Tento modul je velmi malý a energeticky úsporný. I když existuje dražší verze MPU-9250, která je ve všech ohledech lepší, pro práci byl vybrán MPU-6050 hlavně pro jeho cenu. Zatím co MPU-6050 stojí jedem 77Kč, MPU-9250 stojí 450 Kč, což je cena, za kterou lze koupit šest modulů MPU-6050. Navíc MPU-6050 je pro práci zcela dostačující.



Obrázek 31. MPU-6050

Tabulka 4. Specifikace MPU-6050

Čip	MPU-6050	Rozsah gyroskopu	+ 250 500 1000 2000 °/s
Typ	ITG/MPU	Rozsah akcelerometru	$\pm 2 \pm 4 \pm 8 \pm 16$ g
Pracovní napětí	3–5 VDC	Rozměry (mm)	21 x 15 x 1,2
Počet bitů AD převodníku	16	Hmotnost	3g
Doba kalibrace po připojení napájení, resetu či aktualizaci firmware			20 s

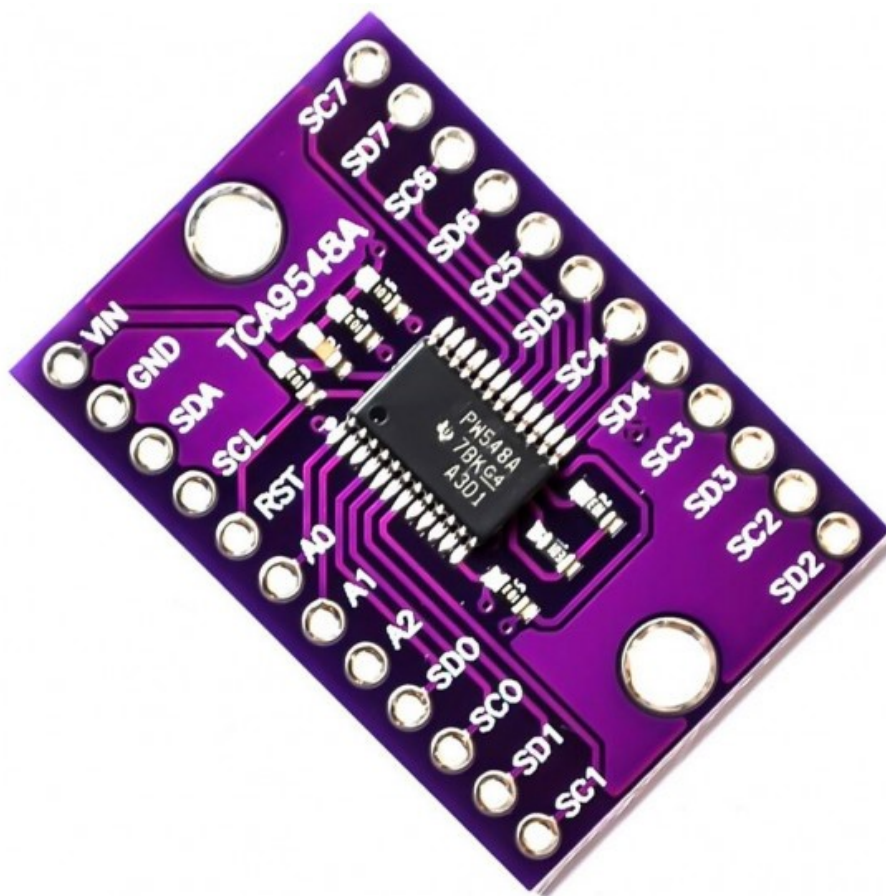


### 3.1.3 TCA9548A

Pro komunikaci mezi moduly slouží I2C (Inter-Integrated Circuit) sběrnice. Ta potřebuje, aby každý modul na sběrnici měl unikátní adresu, jinak může docházet ke kolizi adres. Aby bylo zamezeno kolizi adres na I2C sběrnici, byl použit multiplexor TCA9548A. Multiplexor umožňuje komunikaci s více zařízeními I2C i pokud mají stejnou adresu. V multiplexoru TCA9548A je obsaženo 8 obousměrných přepínačů.

Multiplexor funguje tak, že dokáže řídit, které zařízení na sběrnici je momentálně aktivní. To znamená, že pouze jedno zařízení může být aktivní v danou chvíli.

Výběr aktivního zařízení se provádí pomocí řídicích signálů, které jsou k dispozici na řídicím vstupu. Multiplexor TCA9548A dokáže pracovat s I2C zařízeními o různých adresách. Adresa každého zařízení se skládá ze sedmi bitů, což znamená, že existuje 128 možných adres. TCA9548A dokáže přepínat mezi až osmi různými adresami, takže je možné použít až 1024 různých I2C zařízení na jedné sběrnici.



Obrázek 32. TCA9548A

Tabulka 5. Specifikace TCA9548A

Napájecí napětí	3 V až 5 V
Multiplexor	TCA9548A
Vstupní komunikace	sběrnice I2C
Možnost změnit adresu vstupní sběrnice I2C	0x70 až 0x77
Počet přepínatelných sběrnic	8
Závěr	goldpin 2,54 mm rastr
Velikost dlaždic	31 x 18 x 3 mm
Hmotnost	cca 2 g

Tabulka 6. popis pinů TCA9548A

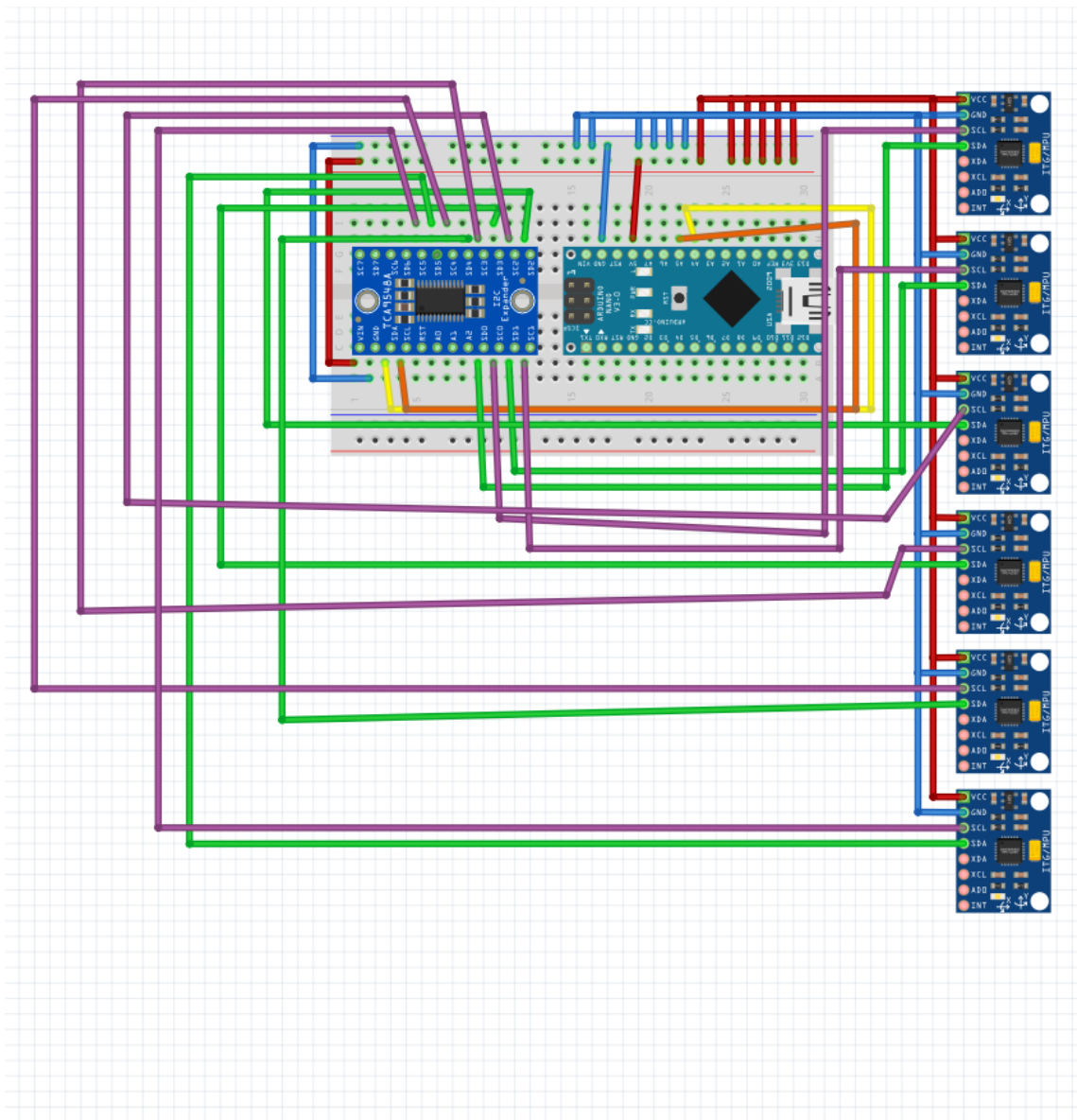
Pin	Popis
VIN	Napájecí napětí od 3 V do 5 V.
GND	Uzemnění
SCL	Hodinová linka výstupní / hlavní sběrnice I2C.
SDA	Datová linka výstupní / hlavní sběrnice I2C.
RST	Reset aktivován při nízkém stavu. Ve výchozím nastavení je odpor vytažen na napětí VIN.
A0 A1 A2	Výstupy používané ke změně adresy hlavní sběrnice I2C. Ve výchozím nastavení vytáhl na zem vytvořit adresu 0x70. Zadáním vysokého stavu můžete nahradit adresu v rozsahu od 0x71 do 0x77.
SCx	Hodinové linky vstupních / bočních / multiplexovaných sběrnic I2C.
SDx	Vstupní / boční / multiplexované datové linky I2C.

### 3.2 Zapojení rukavice

Na obrázku níže nákres zobrazení, vytvořený pomocí programu Fritzing.

Jednotlivé dráty jsou barevně rozlišené podle typu zapojení, které je následující:

- Červená = napájení 5V
- Modrá = země
- Zelená/Žlutá = datová linka
- Fialová/Oranžová = hodinová linka



Obrázek 33. Nákres zapojené

Zapojení je následující:

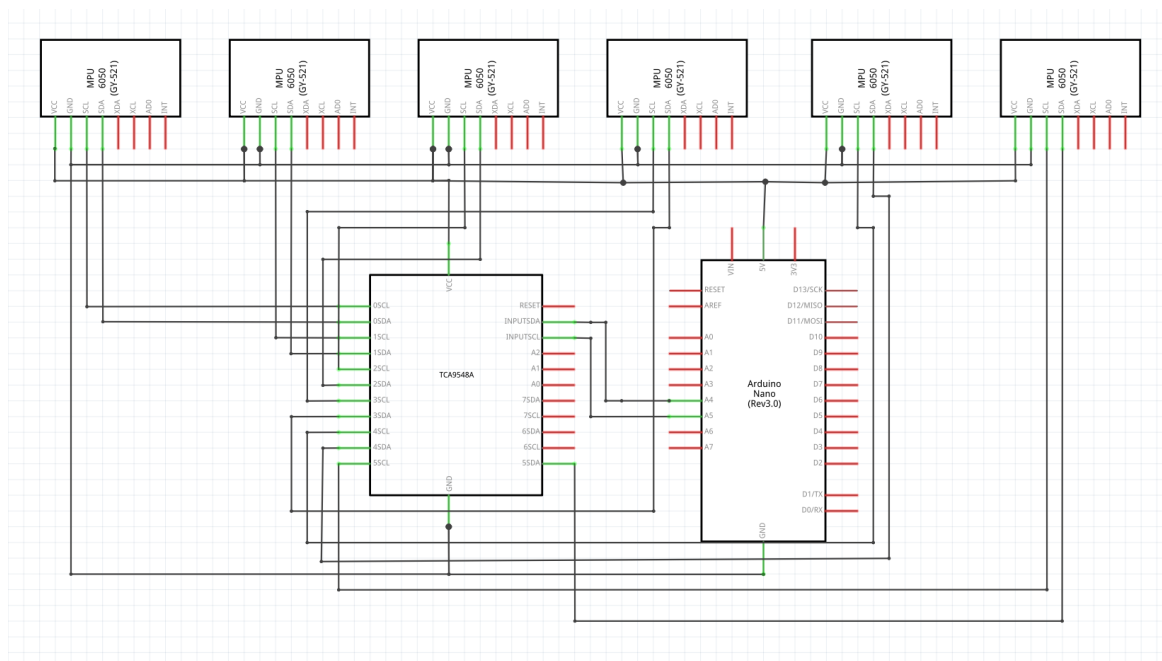
Červený kabel napojený z pinu +5V je skrz nepájivé pole napojené na pin multiplexoru VIN a piny VCC u modulů MPU-6050, to zajišťuje napájení všech potřebných modulů.

Podobným způsobem je zapojený modrý kabel, který je skrz Arduino pin GND zapojený do všech GND pinů.

Arduino je na multiplexor napojený žlutým a oranžovým kabelem kde žlutý je napojený z portu A4, do portu SDA na multiplexoru a oranžový z A5 do SCL. Skrz tohle zapojení komunikuje Arduino s multiplexorem TCA9548A.

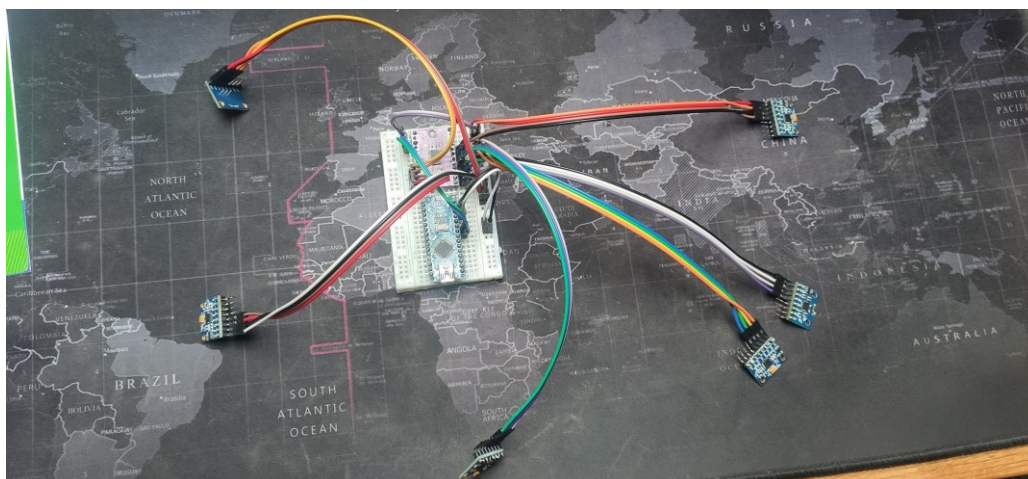
Multiplexor komunikuje s moduly MPU-6050 skrz zelené a fialové kabely, které jsou zapojené do pinů SDx a SCx na multiplexoru a pinů SCL a SDA na modulech MPU-6050, kde „x“ je číslo pinu od 0-7. Pokud by byl například zapojený modul číslo nula, jeho SCL port by byl napojený na pinu SC0 skrz fialový kabel a SDA by byl napojený na pinu SD0 skrz zelený kabel na multiplexoru.

Pod obrázkem nákres zapojení je ještě podrobné schéma zapojení. Stejně jako nákres zapojení, tak i nákres zapojení vznikl v programu Fritzing.

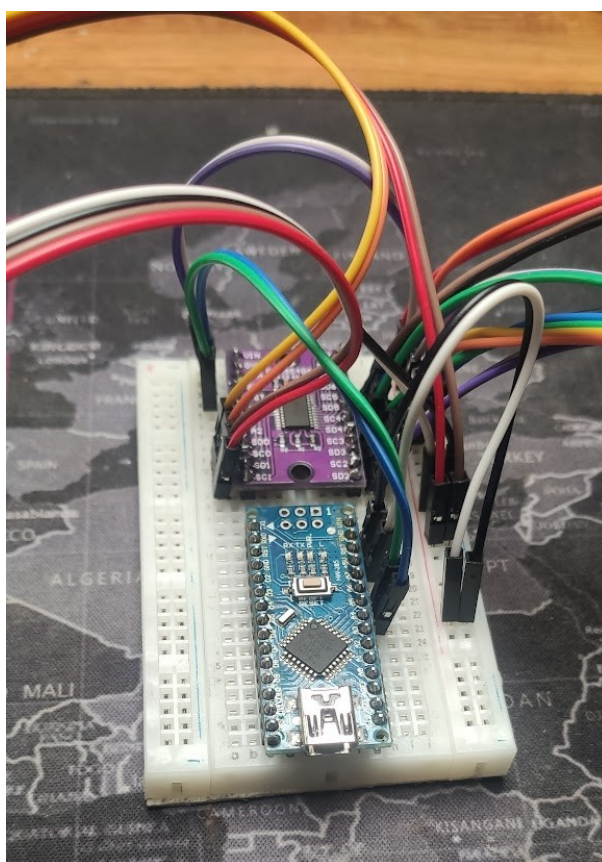


Obrázek 34. schéma zapojení

Na následujících dvou obrázcích je zapojení jednotlivých komponentů do sebe. Zapojení jednotlivých modulů a kabelů je pomocí nepajivého pole (breadboard) stejně jako na nákresu zobrazení. Důvod proč byl zvolen tento druh zapojení je v tom, aby bylo v budoucnu možné zapojit další moduly MPU-6050 a multiplexory a tím rozšířit množství ovládaných částí ve VR.



Obrázek 35. finální zapojení

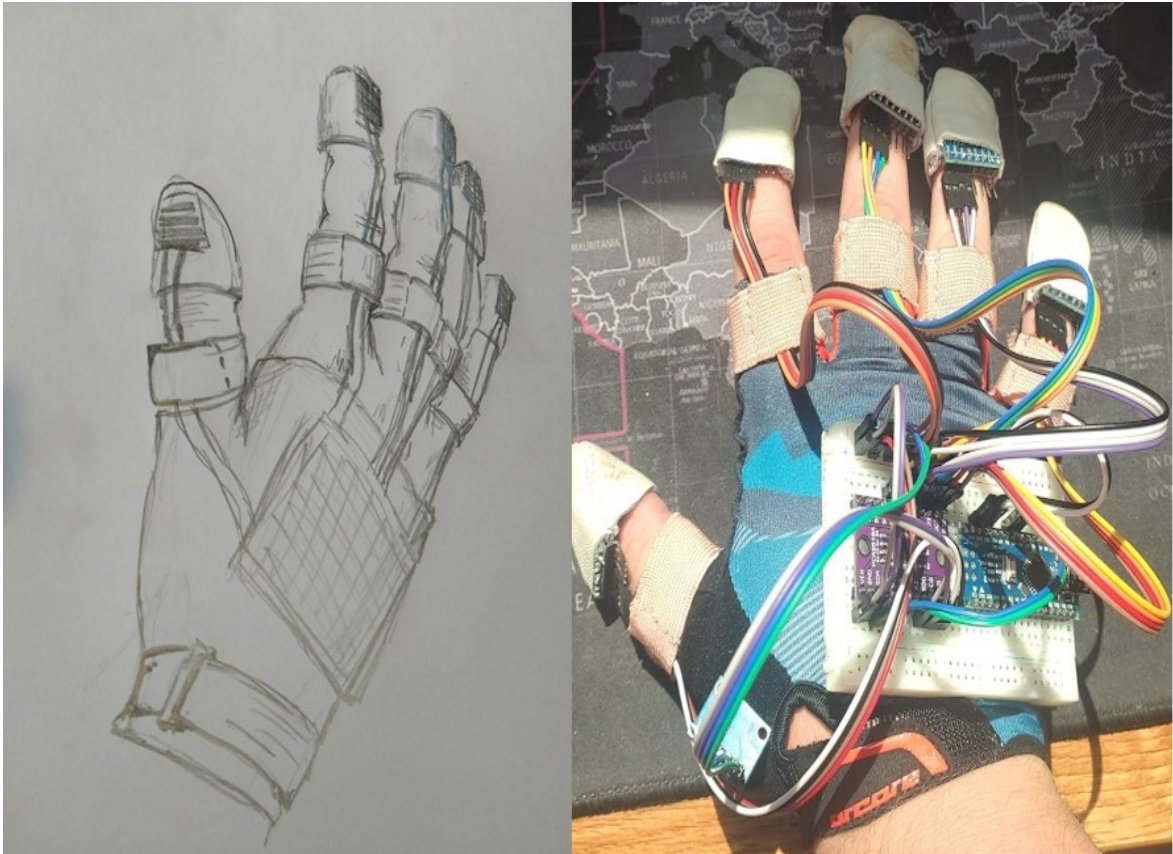


Obrázek 36. finální zapojení detail

Na dalším obrázku je prozatímní řešení rukavice, kde jsou jednotlivé komponenty zašité do klasické rukavice. V rámci testování funkčnosti je tento druh rukavice dostačující, ale pro přidání dalších komponentů, musí být rukavice nahrazena.



Obrázek 37. prototyp rukavice



Obrázek 38. návrh rukavice + realizace

Na levé straně obrázku výše je nákres budoucího návrhu rukavice pro VR. Myšlenka zapojení senzorů, spočívá u návrhu v tom, že senzory nebudou připevněné na prstech rukavice, ale budou uvnitř prstýnků z pružné látky. Samotná rukavice by měla být bezprstá.

Tento krok byl zvolen ze dvou důvodů. První je, aby ruka uživatele byla v co největším pohodlí a dlouhé používání rukavice nebylo pro uživatele nepříjemné. Druhým důvodem je lepší možnost manipulace se senzory. Tím že prstýnky nejsou napevno připevněné k ruce, bude jednodušší s nimi manipulovat a v budoucnu přidávat další senzory. Na pravé straně obrázku je následně fyzická realizace zapojení rukavice podle návrhu.

## 4 SOFTWARE

V této kapitole bude popsána práce po softvérové stránce. Jak už bylo naznačeno výše o příjem dat se stará Arduino Nano, zatím co zpracování dat a pohyb ruky je obsaženo v programu Unreal Engine. Arduino běží na jazyce C/C++, tak Unreal Engine 5 lze programovat pomocí bluepruntu.

### 4.1 Arduino

První část kódu přidává potřebné knihovny a definuje potřebné proměnné. Jedna z důležitých částí je proměnná `multiplexer_address` a `mpu_addr`, která definuje adresy multiplexoru TCA9548A a modulu MPU-6050. Pole `angles[6][3]` slouží k ukládání dat z gyroskopů.

```
#include <Wire.h>
#include <MPU6050.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
MPU6050 mpu;

const int multiplexer_address = 0x70; // adresa multiplexoru
const int mpu_addr = 0x68; // Adresa MPU6050 modulu
int module_pin; // pin pro čtení dat
const float gyro_range = 90;
const float dt = 0.01; // časový krok
float angle_x = 0.0;
float angle_y = 0.0;
float angle_z = 0.0;

float angles[6][3] = {{0.0, 0.0, 0.0}, {0.0, 0.0, 0.0}, {0.0, 0.0, 0.0},
{0.0, 0.0, 0.0}, {0.0, 0.0, 0.0}, {0.0, 0.0, 0.0}};
```



Uvnitř funkce `setup()` dochází k definici nastavení pro Arduino nano, multiplexoru TCA9548A a modulu MPU-6050. Pomocí `Serial.begin(115200)` se nastaví rychlost komunikace na sériové lince na 115200 baudů. Proměnná `module_pin` bude sloužit k přepínání jednotlivých pinů na multiplexoru.

```
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Wire.begin();
  module_pin=0;

  Wire.beginTransmission(multiplexer_address);
  Wire.write(0xFF); // Všechny kanály jsou vypnuty
  Wire.endTransmission();
}
```

V této smyčce dochází k inicializaci jednotlivých modulů MPU-6050,

`Wire.beginTransmission(multiplexer_address)` naváže komunikaci z multiplexorem, který je na adrese `0x70`, `Wire.write(1 << i)` poté pošle jeden bajt na kanál `i`. Následně příkaz `Wire.endTransmission()` komunikaci ukončí. Dál v kódu dojde k inicializaci konkrétního MPU-6050, následně je nastavený rozsah úhlové rychlosti. Tento proces se opakuje pro všechny MPU-6050.

```
//inicializace multiplexeru a MPU6050
for (int i = 0; i < 6; i++) {
  Wire.beginTransmission(multiplexer_address);
  Wire.write(1 << i);
  Wire.endTransmission();
  mpu.initialize();
  mpu.setFullScaleGyroRange(0); // nastavení rozsahu úhlové rychlosti na
250 stupňů za sekundu
  mpu.setFullScaleAccelRange(1); // nastavení rozsahu akcelerometru na 2g
  delay(10);
}
```

Uvnitř funkce `loop()` dochází k hlavnímu běhu programu, jak už název napovídá, tato funkce se neustále opakuje. Jelikož není možné, aby byla navázaná komunikace ze všemi MPU-6050 naráz, je nutné je volat postupně. Pomocí smyčky `while` (`module_pin < 6`) pracujeme s daným modulem, který je na pinu `module_pin` na který je na začátku běhu programu nastavený na hodnotu 0.

```
void loop() {
  while (module_pin < 6) {
    // nastavení multiplexoru pro čtení z konkrétního modulu
    Wire.beginTransmission(multiplexer_address);
    Wire.write(1 << module_pin);
    Wire.endTransmission();
    delay(dt * 100); // přerušení pro čekání na další měření
  }
}
```

příkaz `mpu.getRotation()` slouží k získání dat z gyroskopu na modulu. Jelikož jsou data v úhlové rychlosti, je potřeba je ještě přepočítat na stupně.

```
// Přečtete si úhlovou rychlost v osách x, y, z
int16_t gyro_x, gyro_y, gyro_z;
mpu.getRotation(&gyro_x, &gyro_y, &gyro_z);
float gyro_x_rad = (float)gyro_x / gyro_range * (PI / 180.0);
float gyro_y_rad = (float)gyro_y / gyro_range * (PI / 180.0);
float gyro_z_rad = (float)gyro_z / gyro_range * (PI / 180.0);
```

Aby nedocházelo k chybnému pohybu, je zde podmínka, která má za účel zapsat data pouze v případě, že se gyroskop pohnul. Bez této podmínky by se hodnota na výstupu každým průchodem smyčky zvětšovala, bez toho aby se gyroskopy hýbal.

Na konci smyčky se následně zvětší hodnota `module_pin` o jeden a postup se opakuje u dalšího modulu.

```
// Ověřte, zda se modul pohybuje, pokud ne, úhel zůstane neměnný
if (abs(gyro_x_rad) < 0.30 && abs(gyro_y_rad) < 0.30 && abs(gyro_z_rad) <
0.30) {
  // Modul se nehýbe, úhel zůstává neměnný
} else {
  // Modul se pohybuje, integrujte úhlovou rychlost pro každou osu a vypočítejte úhel
  angles[module_pin][0]+=((gyro_x_rad * dt) * (180.0 / PI));
  angles[module_pin][1]+=((gyro_y_rad * dt) * (180.0 / PI));
  angles[module_pin][2]+=((gyro_z_rad * dt) * (180.0 / PI));
}
module_pin++;
}
```

Po dokončení smyčky dojde k zápisu dat na sériové lince, data chodí v podobě:  $X_0|Y_0|Z_0*i_0$   
 $X_1|Y_1|Z_1*i_1 \dots X_5|Y_5|Z_5*i_5$ . Kde X, Y a Z jsou informace o změně úhlu v daných osách, \*i  
slouží k synchronizování dat, bez které docházelo v programu Unreal Engine ke kolizím,  
kdy UE chybně přiřazovalo data k jiným výstupům.

```
for (int i = 0; i < 6; i++) {  
    Serial.print(angles[i][0] );//X  
    Serial.print("|");  
    Serial.print(angles[i][1] );//Y  
    Serial.print("|");  
    Serial.print(angles[i][2] );//Z  
    Serial.print("*");  
    Serial.print(i);  
}  
Serial.println("");  
module_pin=0;
```

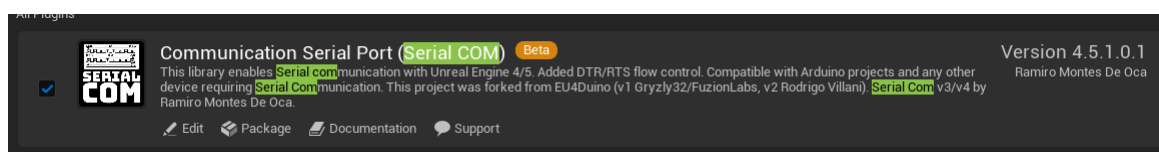
```
}
```

Výstup programu potom vypadá například takto:

```
-6.86|-1.45|0.52*0-15.09|-4.08|1.15*10.77|-2.35|6.24*21.03|-  
2.48|3.23*31.07|-1.37|1.81*42.29|0.74|3.22*5
```

## 4.2 Unreal Engine

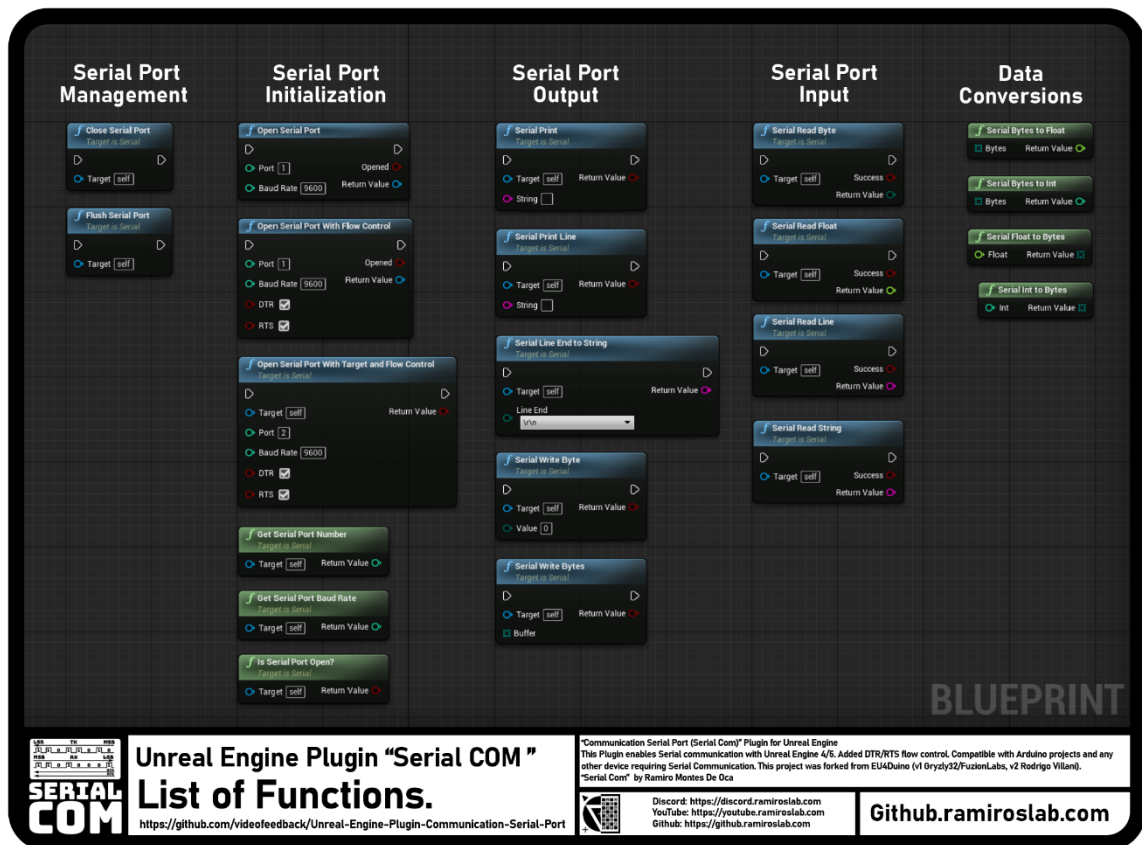
Před začátkem programování bylo nutné stáhnout do UE plugin jménem Serial COM. Ten přidává knihovnu umožňující vytvořit v blueprintu uzly, které umožňují pracovat s daty na sériové lince.



Obrázek 39. Plugin Serial COM

Tento plugin nepatří do základní nabídky UE a musel být nejdříve stažen ze stránky <http://github.ramiroslab.com/>. Blueprint pro přijímání a zpracování dat ze sériové linky byl pojmenován VR\_Hand.

Pro vyhodnocení samotného pohybu byl poté vytvořen Animation Blueprint jménem RH

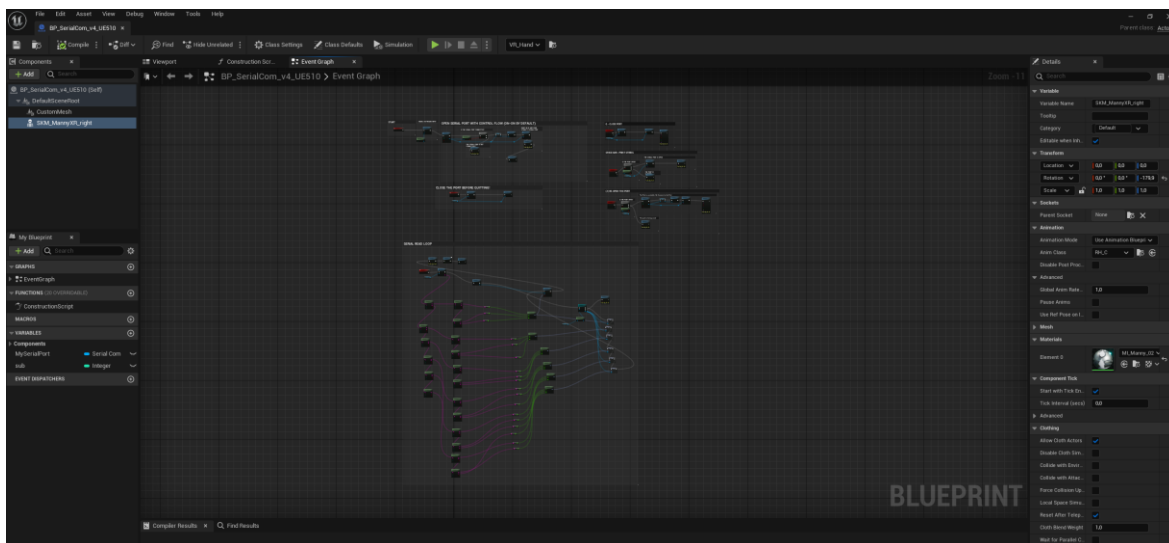


Obrázek 40. funkční uzly Seriál COM

#### 4.2.1 VR\_Hand blueprint

Na obrázku níže je ukázaný kompletní blueprint VR\_Hand pro zpracování dat z gyroskopů skrz Arduino. Levá část programu zobrazuje použité komponenty a informace o použitých funkcích a proměnných. Pravá část je určena pro práci s detaily komponentů a některých uzlů.

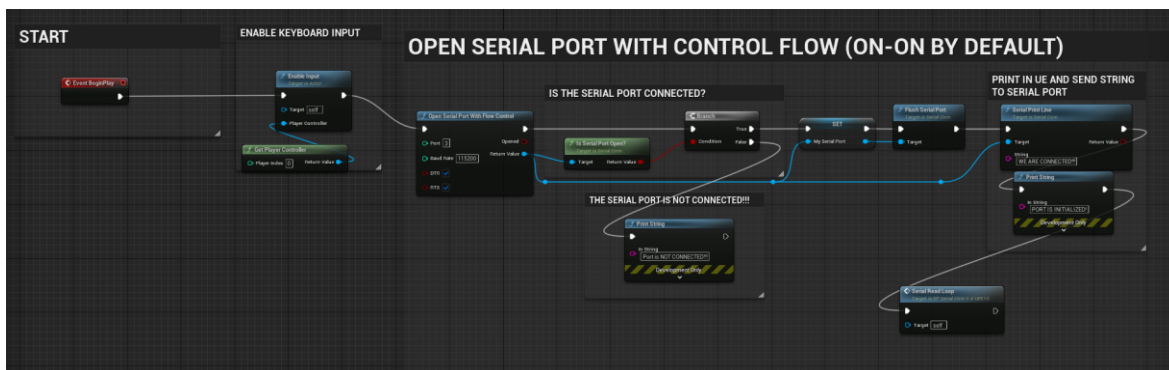
V následující kapitole bude co nejpodrobněji popsáno chování a funkce uvnitř blueprint VR\_Hand.



Obrázek 41. ukážna VR\_Hand Blueprintu

#### 4.2.1.1 Příjem dat z datové linky

Aby bylo možné číst data ze sériové linky, je potřeba ji nejdříve otevřít. **Event BeginPlay** je uzel událostí, která se zapne na začátku levelu, tato událost je pouze jednorázová. Následující uzly, jsou: **Enable Input** a **Get Player Controller**, tato dvojice uzlů slouží k povolením vstupů pro uživatele, to umožňuje spouštět další funkce po stisknutí příslušných kláves. Následuje uzel **Open Serial Port With Flow Control** který otvírá sériovou linku, u něj je velmi důležité správně nastavit port a rychlost přenosu. Ta se musí shodovat s nastavením v Arduino. Jak už bylo řečeno výše, rychlost je 115200 baudů.



Obrázek 42. Open serial port

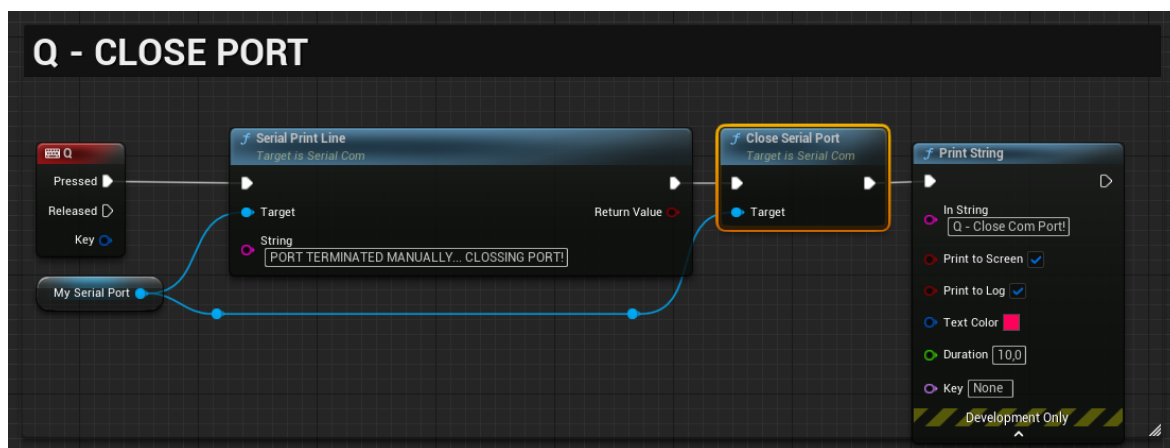
Následuje kontrola správného zapojení. Pokud nedošlo k navázání kontaktu s Arduinem, program vypíše „*Port is NOT CONNECTED!!!*“ v opačném případě dojde k vypsání zprávy „*PORT IS INITIALIZED!*“ a spuštění smyčky **Seriál Read Loop**, veškeré příchozí data jsou od teď zapisována do proměnné My serial Port.

#### 4.2.1.2 Pomocné funkce

Před spuštěním hlavního běh programu, si představíme tři důležité pomocné funkce, Q – Close Port, Re-Open the Port a Print String.

##### 4.2.1.2.1 Q – Close

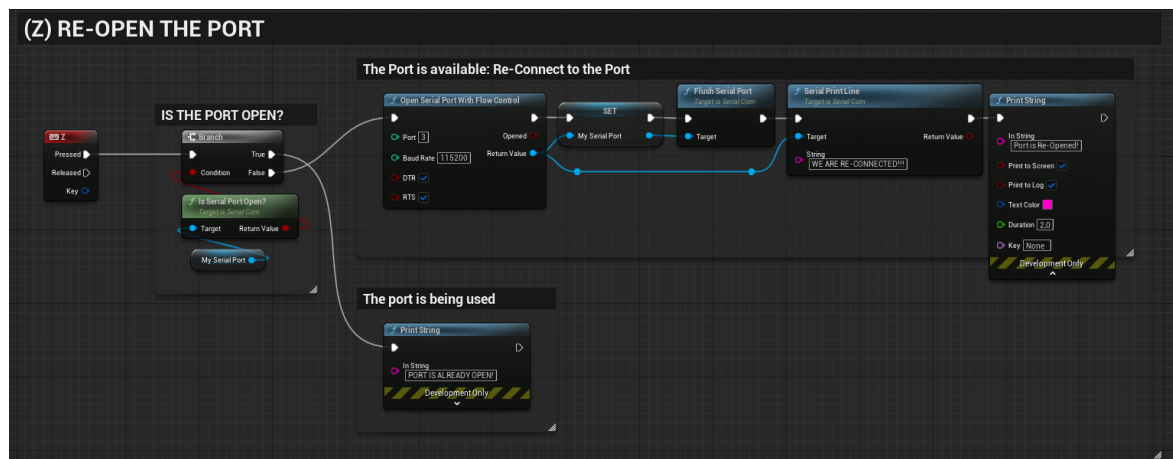
Funkce Q – Close Port se spustí, pokud byla zmáčknuta klávesa Q. Účelem této funkce je manuálně uzavřít port, na kterém běží sériová komunikace.



Obrázek 43. Q-Close

##### 4.2.1.2.2 Re-Open the Port

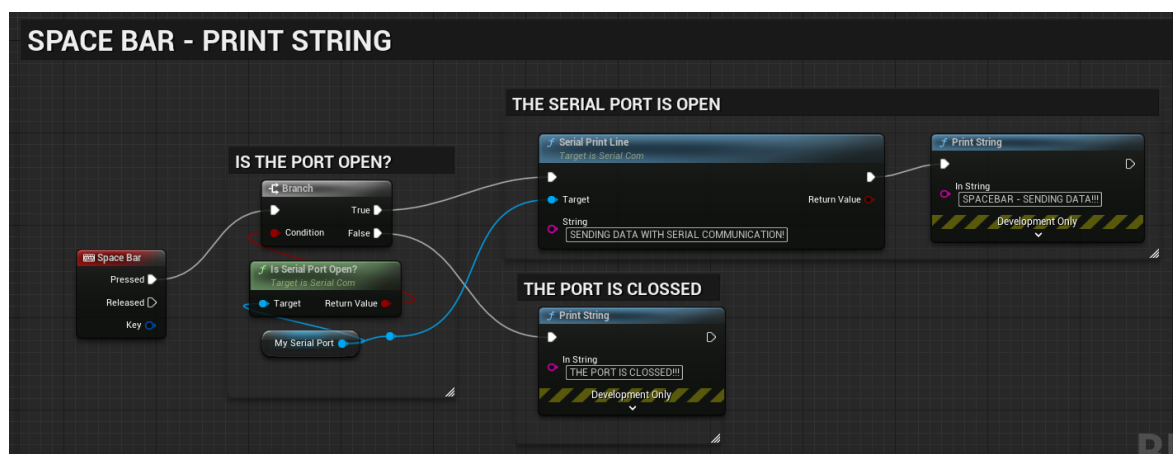
Opakem funkce Q – Close je Re-Open the Port, která po stisknutí klávesy Z znovu port otevře. Tyto dvě funkce jsou velice užitečné při práci UE a zároveň v Arduinu.



Obrázek 44. Re-Open the Port

#### 4.2.1.2.3 Print String

Poslední zmíněná funkce je Print String, která dokáže poslat data z My serial Port zpět po sériové lince.

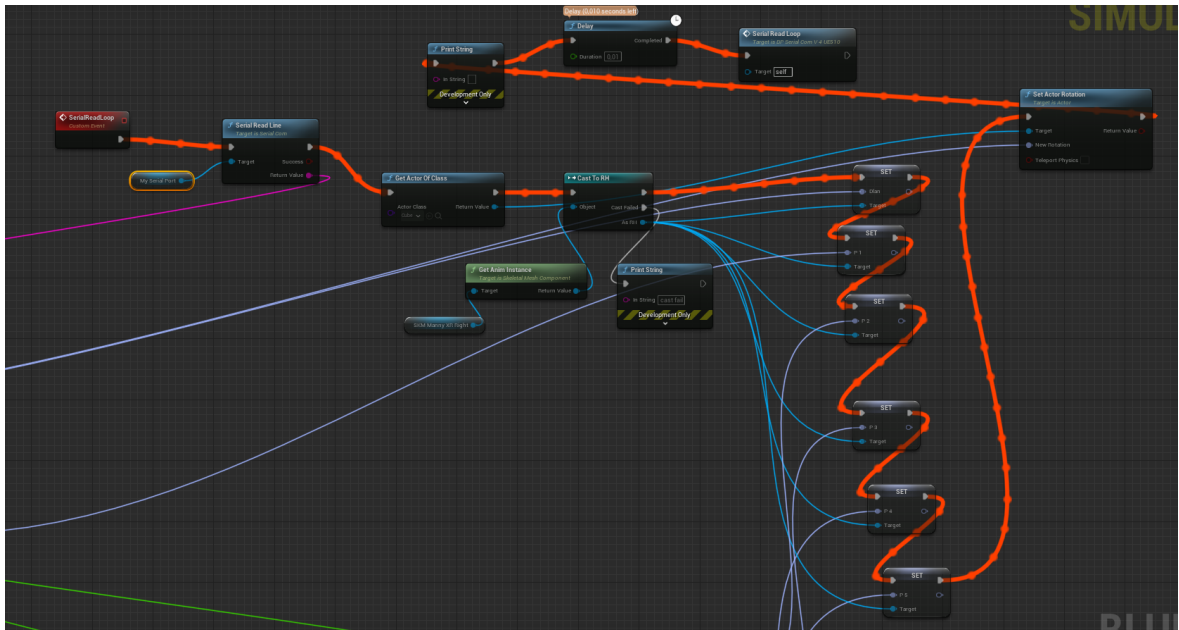


Obrázek 45. Print String

#### 4.2.1.3 Serial Read Loop

Jak bylo řečené výše, po navázání komunikace na sériové lince, je spuštěna smyčka Serial Read Loop. Uvnitř této smyčky se odehrává hlavní běh programu, kde jsou data ze sériové linky zpracována do podoby, aby s nimi mohlo být manipulováno a mohly být použity pro pohyb ruky a prstů.

Na obrázku níže, jsou ukázané hlavní uzly této smyčky. Červená linka označuje pořadí, v jakém jsou jednotlivé funkce volané.



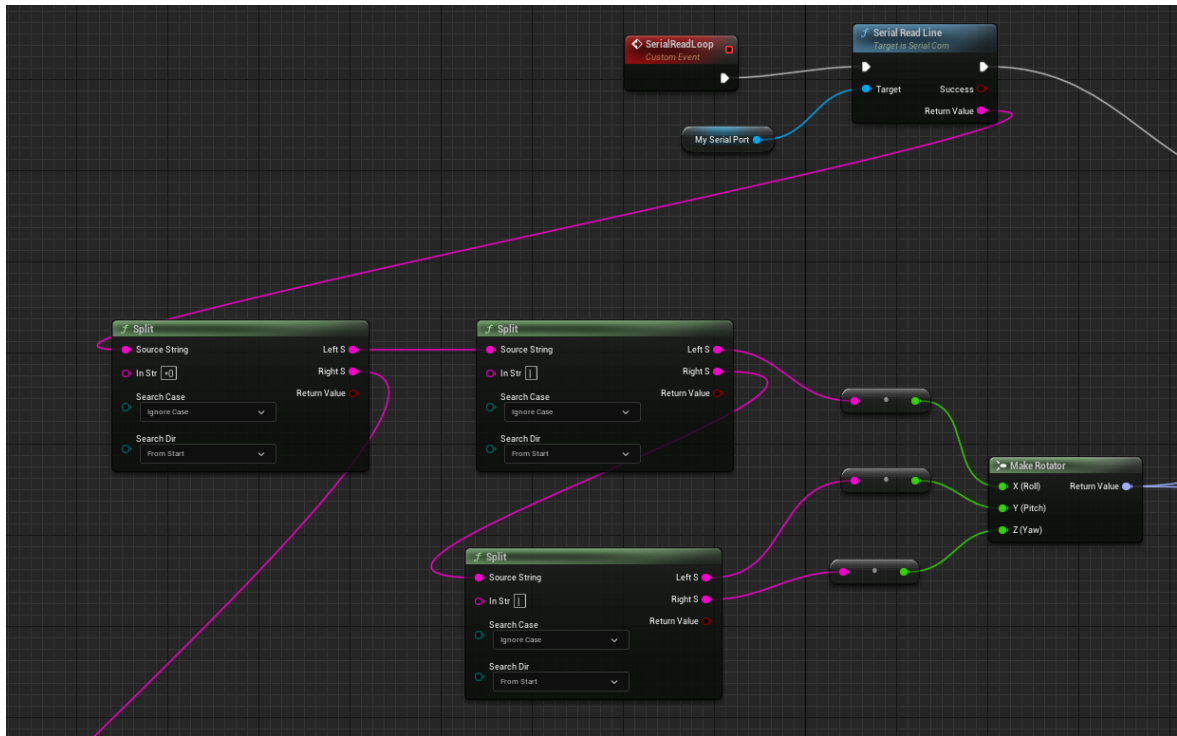
Obrázek 46. Serial Read Loop

Event **Serial Read Loop** označuje začátek volající funkce. Po něm následuje uzel **Serial Read Line**, který čte data na sériové lince, jak bylo už řečeno, přichází data z Arduina jsou označená proměnnou My serial Port, tím že tuto proměnnou napojíme na uzel, umožníme smyčce pracovat s přichozími daty. Data s Arduina jdou nejdříve do série uzlů jménem **Split**, ten dokáže rozdělit řetězec na dvě části poté, co se v řetězci objeví specifický znak nebo text. Na obrázku níže je ukázka zpracování dat z prvního gyroskopu MPU-6050.

Jak bylo řečené výše, data z Arduina chodí ve tvaru  $X_k|Y_k|Z_k*0^k$ . V tomto případě pokud **Split** zaznamená v řetězci „\*0“, rozdělí řetězec na dvě části, pravou a levou, přičemž značku „\*0“ odstraní.

Výstup levé části bude tedy vypadat takto:  $X_0|Y_0|Z_0$ , pravá část bude pokračovat dál k dalšímu **Splitu** zpracovávající data z dalšího gyroskopu. Levá část jde do dalších dvou **Splitu**, kde tentokrát je požadovaný znak v řetězci „|“, tím rozdělíme řetězec na tři hodnoty  $X_0, Y_0$  a  $Z_0$ . Pomocí převodníku jsou následně převedeny hodnoty ze stringu do double value které poté zpracuje **Make Rotator** na rotační data.



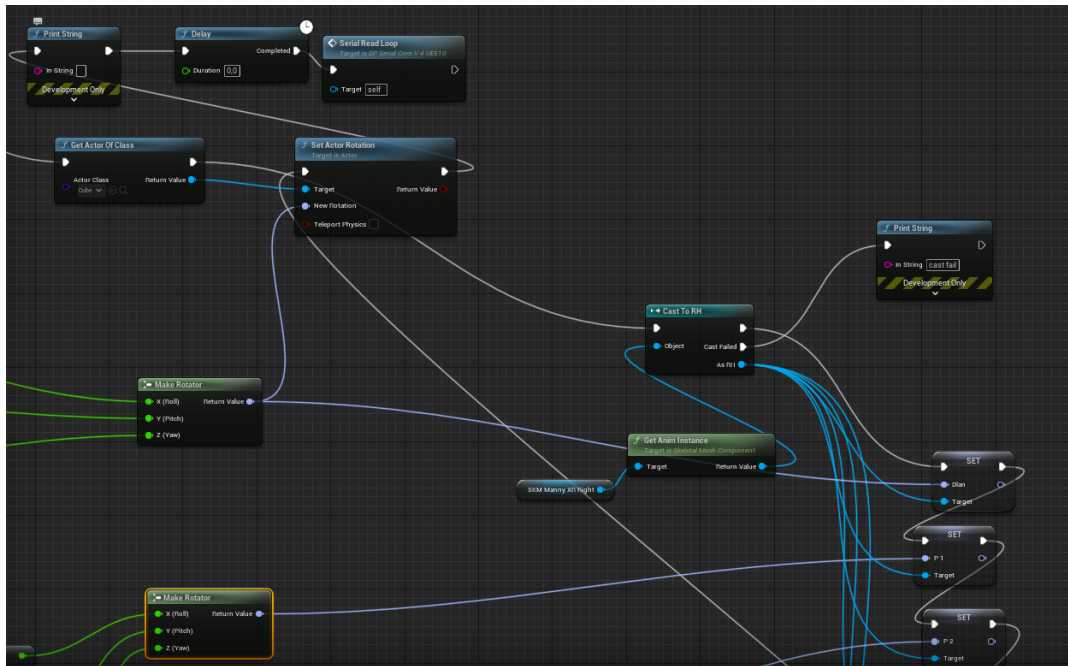


Obrázek 47. Zpracování dat

Takto zpracované data je už možné použít k animaci ruky, jelikož je ale VR\_Hand typu Blueprint Class, nemá možnost používat animační uzly. Proto byl vytvořen Animation Blueprint jménem RH, kde dojde k dalšímu zpracování dat.

K odeslání dat do RH slouží uzel **Cast To RH**. Aby mohl tento uzel odeslat data, je nutné mu nadefinovat referenci na objekt, který má zmíněné proměnné dostat. V tomto případě je objekt SKM\_MannyXR\_right, což je předdefinovaná pravá ruka pro Unreal Engine VR.

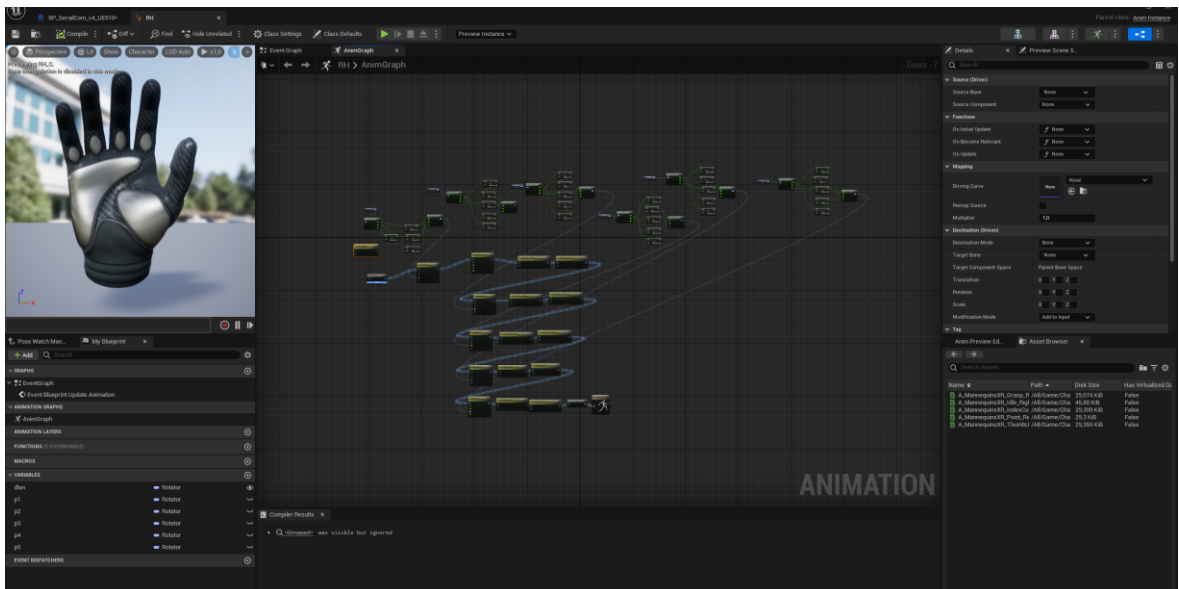
Po splnění těchto kroků je možné pracovat z proměnnými v RH Blueprint, konkrétně jde o proměnné Dlan, P1, P2, P3, P4 a P5. Jestliže v tomto bodu smyčky vše dopadlo dobře, lze pomocí uzlu Set nastavit na tyto proměnné rotační data z gyroskopů, v opačném případě dojde k vypsání chybové hlášky „cast fail“ na výstup.



Obrázek 48. Odesílání dat

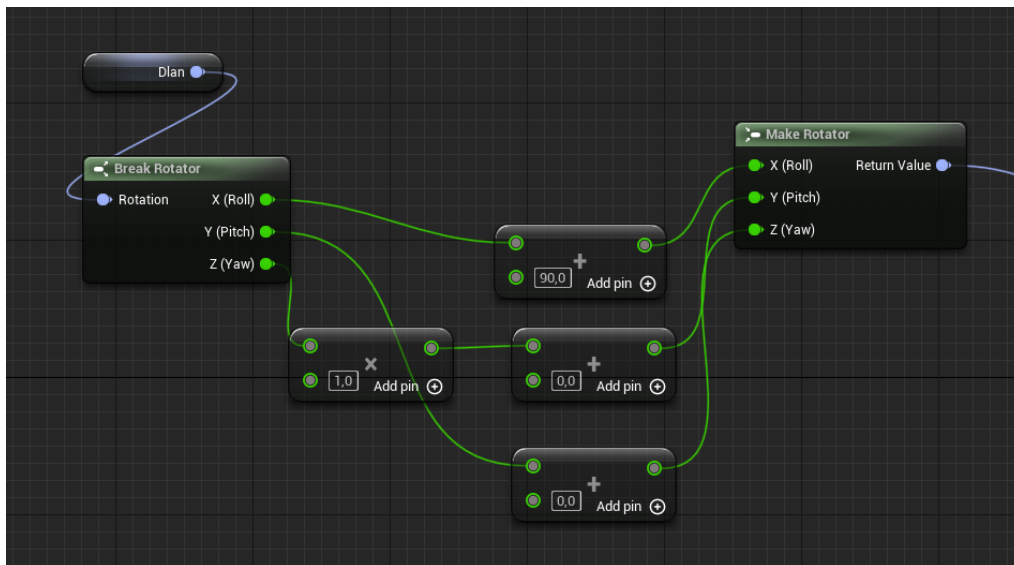
#### 4.2.2 RH animation blueprint

Zde je ukázaný animation blueprint RH, rozhraní je tu velice podobné tomu, jaké bylo ve VR\_Hand, rozdíl je v tomto případě ten, že je zde větší důraz na práci z detaily.



Obrázek 49. ukázka RH Blueprintu

Jako první část pohybu ruky je samotná dlaň, z jejího pohybu se bude odvíjet i pohyb ostatních prstů. Pokud by se ruka nepohybovala, gyroskopy na prstech by chybně vyhodnocovaly pohyb při pohybu dlaně.

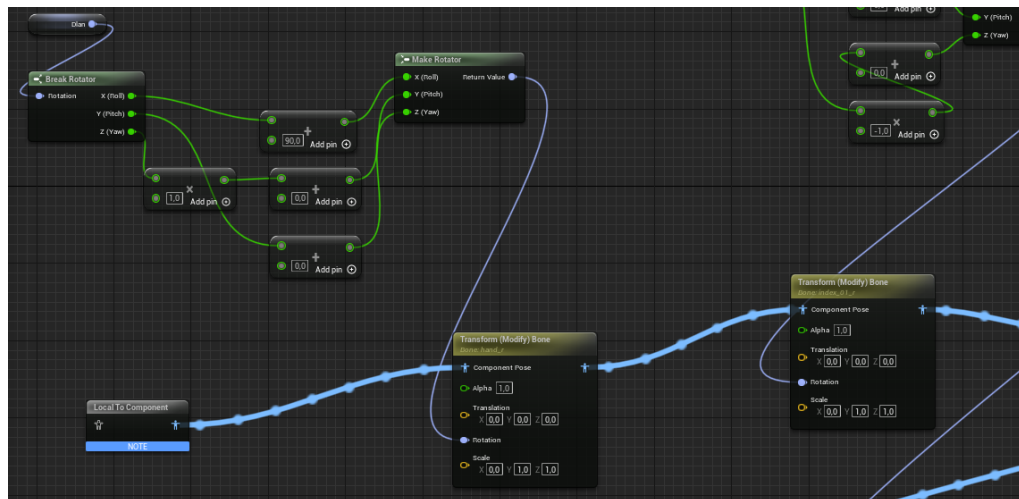


Obrázek 50. Kalibrace rotačních dat

Jak bylo řečené v předchozí podkapitole, proměnná Dlan dostává svoje data z blueprintu VR\_Hand. Z důvodu různého natočení MPU-6050 modulů je potřeba před připojením ještě jednou upravit vstupní data, to lze udělat pomocí dvou uzlů **Break Rotator** a **Make Rotator**.

První zmíněný uzel rozkládá rotační data na tři datové toky, jak už bylo řečené více **Make Rotator** zase tyto data vezme a znovu je spojí na rotační data.

Po těchto krocích je už možné rozpohybovat danou část ruky pomocí uzlu **Transform (Modify) Bone**, jelikož chceme pouze pohybovat z rukou a nijak jinak ji upravovat, hodnoty Translation a Scale zůstanou na hodnotě 0.



Obrázek 51. Transform (modify) Bone

Aby uzel věděl, jak má data zpracovat je nutné nastavit v detailech uzlu několik důležitých věcí, v prvním případě jde o kolonku Bone to Modify která určí, na kterou kost se data vztahují, v případě ruky jde o kost `hand_r`.

V záložce Rotation se musí ještě nastavit Rotation Mode a Rotation Space. Rotation Mode určuje, jakým způsobem se má zacházet s příchozími daty. U práce byl nastaven Mode na Add to Existing, což přičítá, popřípadě odečítá příchozí data od počátečních rotačních dat. Rotation Mode by mohl být i nastavený na Replace Existing, což by místo přičítání hodnot k existujícím hodnotám rovnou vymazalo a přepsalo novými. V práci byly vyzkoušeny obě nastavení a chování Add to Existing vyhovovalo lépe.

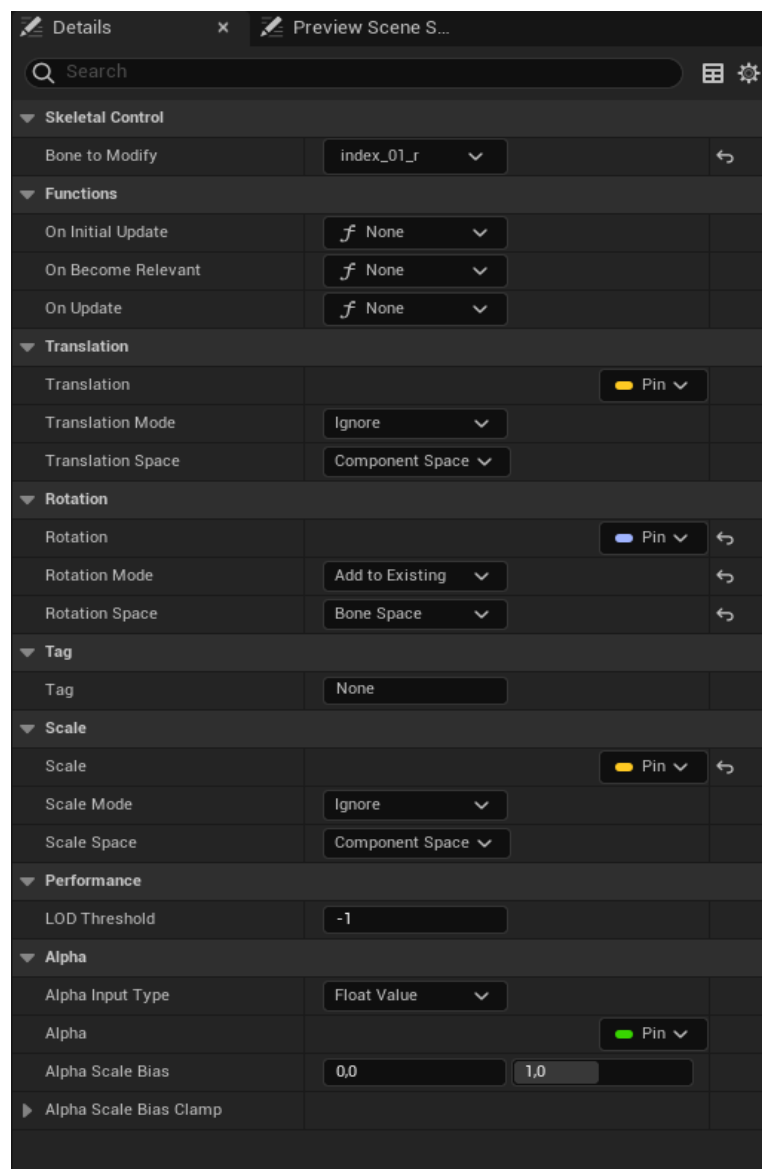
Rotation Space určuje způsob, jakým jsou rotační data aplikována na kosti vzhledem k pozici. To zahrnuje čtyři nastavení: World Space, Component Space, Parent Bone Space a Bone Space.

World Space (nebo také Global Space) je absolutní prostor v herním světě Unreal Engine. Je to referenční systém, ve kterém jsou umístěny všechny objekty ve scéně. Vzhledem k tomu, že každý objekt ve hře má svou vlastní pozici a rotaci ve světovém prostoru, je možné určit přesnou polohu a orientaci objektu vůči celé scéně. V tomto prostoru jsou objekty umístěny relativně k celé scéně a při rotaci se otočí kolem svého středu.

Component Space (někdy nazývaný Local Space) je místní prostor nebo souřadný systém, který je vázán na konkrétní komponent v Unreal Engine. Každý komponent (např. statický mesh, kamera, světlo) v herním objektu má svůj vlastní prostor komponentů. Poloha a rotace komponentů jsou relativní k rodičovskému objektu, ve kterém je komponent umístěn.

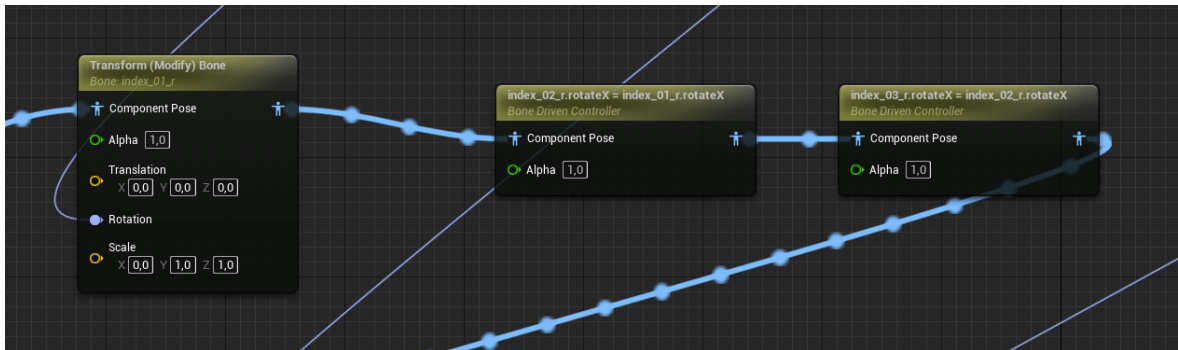
Parent Bone Space se používá jako referenční souřadnicový systém pro umístění kostí v rámci jejich rodičovských kostí. Pokud máte například model postavy, kde kosti jsou hierarchicky uspořádány, každá kost bude mít svoje vlastní souřadnice v rámci kostry a rotace bude vypočítána vzhledem k rodičovské kosti.

Bone Space se používá jako referenční souřadnicový systém pro umístění kostí v rámci celé kostry modelu postavy. V tomto prostoru jsou kosti umístěny relativně ke kostře a rotace se vypočítává vzhledem k rodičovské kosti v rámci kostry.



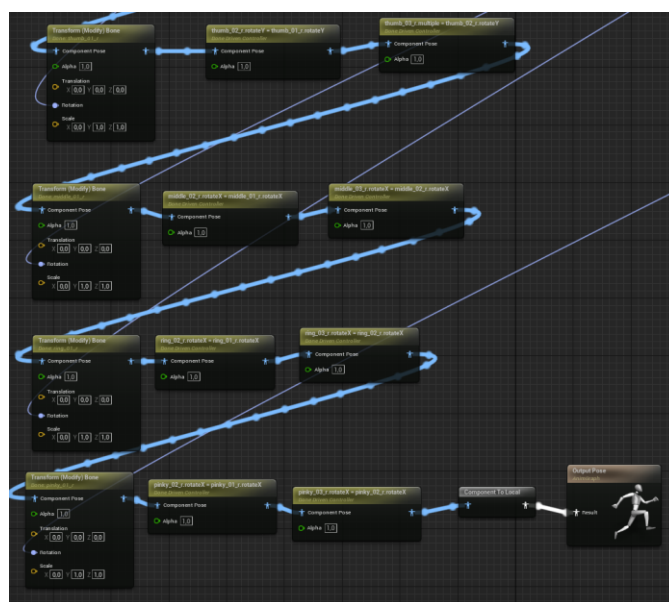
Obrázek 52. Transform (modify) Bone details

Pro pokrytí základního pohybu ruky a prstů, je potřeba minimálně šest gyroskopů. Jelikož je každý prst v ruce v Unreal Engine složen ze tří kostí (+metakarpální kost), při pohybu prstů je nutné pohnout všemi kostmi, jinak by nebylo možné ohýbat prsty. K ohybu prstu byl použit modul **Bone Driven Controller**, ten funguje tak, že pokud dojde u předem definované kosti ke změně jako například rotaci nebo transformaci, provede transformaci jiné kosti ze stejnými daty.



Obrázek 53. Bone Driven Controller

Data z gyroskopů tedy jdou do kostí prstů označené číslem 01 (index\_01\_r), dvojice uzlů **Bone Driven Controller** které jsou napojené na **Transform (Modify) Bone** jednotlivých kostí prstů vezme data z gyroskopu a použije je u navazujících kostí v ruce. Celkově tedy při pohybu ruky provede program až šestnáct modifikací k rozpohybování ruky a prstů. Výstupem programu je nakonec uzel Output Pose, který provede finální animaci ruky podle všech napojených dat.



Obrázek 54. Výstup RH

## 5 RUKAVICE

Po nahrání programu do Arduina nano a zapnutí vytvořeného programu v Unreal Engine je možné ovládat prsty na ruce, jak jde vidět na obrázku níže. To znamená, že jak rukavice, tak veškeré softwarové programy fungují správně. Kvůli menšímu množství senzorů a nedostatečnému neovládání Unreal Engine, jde vidět, že na programu a rukavici jde jak po hardwarové tak po softwarové části ještě pracovat.



Obrázek 55. Test funkčnosti

## ZÁVĚR

Téma této práce bylo vybráno ze zájmu o Virtuální realitu a program Unreal Engine. Proto byla tato práce příležitostí se o obou tématech více dozvědět a zlepšit se v nich.

Hlavním cílem práce bylo seznámit se s problematikou VR, vytvořit rukavici z jejíž pomocí by šlo pohybovat prsty ve VR a následně pomocí různých softwarových nástrojů otestovat její funkčnost. Po technické stránce je rukavice funkční a schopná ovládat ruku ve VR. Po softwarové části, je Arduino program schopen získávat data z gyroskopů a následně je odesílat, a program v Unreal Engine dokáže data přijímat a následně je použít k pohybu prstů. Co se týče celkového provedení, je v obou případech možnost vylepšování a změn.

Při psaní práce bylo učiněno hodně chyb a přešlapů ale zároveň dávalo možnosti rozšíření obzoru v dané tématice. Samotná práce má velký prostor pro rozšiřování a pomoci lidem s podobnými zájmy. Jelikož byly všechny body zadání splněny, dá se tato práce počítat za úspěšnou.



## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SHELDON, Robert, 2022. Virtual reality. Tech Target [online]. 2022(1), 1 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/virtual-reality>
- [2] Virtuální realita, 2017. Wikisofia [online]. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Filozofická fakulta [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: [https://wikisofia.cz/wiki/Virtu%C3%A1ln%C3%AD\\_realita](https://wikisofia.cz/wiki/Virtu%C3%A1ln%C3%AD_realita)
- [3] BÍLEK, Petr, 2021. Virtuální realita: Historie prvních kroků. *OTechnice.cz* [online]. 2021(1), 1 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://otechnice.cz/virtualni-realita-historie-prvnich-kroku/>
- [4] BARNARD, Don, 2022. History of VR - Timeline of Events and Tech Development. Virtual speech [online]. 2022(1), 1 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://virtual-speech.com/blog/history-of-vr>
- [5] Fritzing, 2001-. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Fritzing>
- [6] Fritzing, 2022. *Fritzing* [online]. German: Fritzing [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://fritzing.org/learning/>
- [7] PAPÁČEK, Roman. *Virtuální realita: možnosti ovlivnění posturálních regulací prostřednictvím virtuální reality*. Praha, 2009. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, 1. lékařská fakulta, Klinika rehabilitačního lékařství 1. LF UK a VFN v Praze. Vedoucí práce Vondřejcová, Kateřina.
- [8] AUKSTAKALNIS, Steve a David BLATNER, 1994. *Reálně o virtuální realitě: umění a věda virtuální reality*. Brno: Jota. Nové obzory (Jota). ISBN 80-856-1741-2.
- [9] JAISHANKER, Ashwin, 2016. Virtual reality 101 – The different types of VR headsets. Your story [online]. 20(1), 1 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://your-story.com/2016/06/virtual-reality-headset>
- [10] Types of VR headsets: PC VR, standalone VR, smartphone VR, 2021. Aniwaa [online]. 2023(1), 1 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://www.aniwaa.com/guide/vr-ar/types-of-vr-headsets/>

- [11] MCCAFFREY, Mitch, [2017]. *Unreal Engine VR cookbook: developing virtual reality with UE4*. 1. Boston: Addison-Wesley. ISBN ISBN978-0134649177.
- [12] GREENGARD, Samuel, [2019]. *Virtual reality*. 1. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press. MIT Press essential knowledge series. ISBN 978-0-262-53752-0.
- [13] LINOWES, Jonathan, 2015. *Unity Virtual Reality Projects*. 1. London: Packt Publishing. ISBN 9781783988556.
- [14] *Getting Started with Arduino, 2nd Edition*, 2011. 2. California, United States: Maker Media. ISBN 9781449309879.
- [15] BOXALL, John, [2013]. *Arduino workshop: a hands-on introduction with 65 projects*. 1. San Francisco: No Starch Press. ISBN 978-1-59327-448-1.
- [16] HANZL, Michal. Využití virtuální reality ve vzdělávání [online]. Brno, 2021 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/yiubd/>. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta. Vedoucí práce Martin DOSEDLA.
- [17] ClassVR [online], 2014. Ohio, USA: classVR [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://www.classvr.com/>
- [18] Rozšířená a virtuální realita ve vojenské praxi, 2021. *Armádní noviny* [online]. 2018(1), 1 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://www.armadninoviny.cz/rozsirena-virtualni-realita-ve-vojenske-praxi.html>
- [19] HARIDY, Rick, 2017. US Army's TAR head up display to give soldiers a tactical edge. *New Atlas* [online]. 2017(1), 1 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://newatlas.com/army-heads-up-display-soldiers-tar/49726/>
- [20] *Synthetic Training Environment (STE)* [online], 2023. USA: USAASC [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://asc.army.mil/web/portfolio-item/synthetic-training-environment-ste/>
- [21] VÁCLAVÍK, Lukáš, 2020. VR brýle Oculus Quest 2 jsou jemnější, rychlejší a levnější než předchůdce. *Žive.cz* [online]. 2023(1), 1 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://www.zive.cz/clanky/vr-bryle-oculus-quest-2-jsou-jemnejsi-rychlejsi-a-levnejsi-nez-predchudce/sc-3-a-205987/default.aspx>
- [22] VÁCLAVÍK, Lukáš, 2021. VR brýle HTC Vive Pro 2 lákají rozlišením 5K a ještě větším obrazem. *Žive.cz* [online]. 2023(1), 1 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://www.zive.cz/clanky/vr-bryle-htc-vive-pro-2-lakaji-rozlisenim-5k-a-jeste-vetsim-obrazem/sc-3-a-210070/default.aspx>

- [23] KABELE, Karel, 2022. Studenti Fakulty stavební ČVUT se mohou jako první v Evropě učit navrhovat architekturu ve virtuální realitě – v prostoru a z prostorů. *Fakulta stavební ČVUT* [online]. 2023(1), 1 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://www.fsv.cvut.cz/architektura-ve-virtualni-realite/>
- [24] BREJLOVÁ, Iva, 2022. V našem světě ruku nenatáhnou, ve virtuálním ano. Speciální rehabilitace z Česka pomáhá stovkám lidí. *CzechCrunch* [online]. 2023(1), 1 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://cc.cz/zima-mozna-zaboli-ale-zvladneme-jidle-hlavniho-ekonomu-cezu-elektrina-do-par-let-vyrazne-zlevni/>
- [25] *VR Medical* [online], 2022. Plzeň: VR Medical [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://www.vrmedical.cz/>
- [26] *VRčesko* [online], 2023. Praha: Turistika.cz [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://www.vrcesko.cz/>
- [27] *Go360* [online], 2023. Praha: Go360 s.r.o [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://www.go360.cz>
- [28] *WorldViz* [online], 2023. Santa Barbara: WorldViz [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://www.worldviz.com/>
- [29] SHEREMETOV, Denis, 2022. How VR Is Changing the Entertainment and Film Industry. *Onix* [online]. 2023(1), 1 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://onix-systems.com/blog/revolutionizing-movie-industry-through-vr-movie-apps>
- [30] Unreal Engine 5.2 Documentation, 2023. *Unreal Engine 5.2 Documentation* [online]. North Carolina: Epic Games [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://docs.unrealengine.com/5.2/en-US/>
- [31] *Thyssen-Bornemisza National Museum* [online], 2023. Madrid: Thyssen-Bornemisza National Museum [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://www.museothyssen.org/en>
- [32] *Digital Engineering and Magic* [online], 2023. Kyiv: Digital Engineering and Magic [cit. 2023-05-23]. Dostupné z: <https://www.digitalengineeringmagic.com/>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

VR Virtuální realita

AR Argumentovaná realita

UR Unreal Engine

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1. Mirror Stereoscope .....	12
Obrázek 2. Sensorama .....	13
Obrázek 3. Telesphere Mask .....	14
Obrázek 4. Videoplace.....	15
Obrázek 5. Pilot s helmou VITAL.....	16
Obrázek 6. Aspen Movie Map (vlevo) .....	17
Obrázek 7. Data Suit (vpravo) .....	17
Obrázek 8. VR headset .....	19
Obrázek 9. Tethered VR headsets (Oculus Rift, HTC VIVE Pro, Lenovo Explorer, Samsung Odyssey) .....	20
Obrázek 10. Standalone VR headsets (Lenovo Mirage Solo, HTC VIVE Focus, Pico Neo, Oculus Go.).....	21
Obrázek 11. Smartphone VR headsets (Lenovo Mirage Solo, HTC VIVE Focus, Pico Neo, Oculus Go.).....	21
Obrázek 12. VR ve výuce .....	22
Obrázek 13. ClassVR.....	23
Obrázek 14. TAR.....	25
Obrázek 15. HUD .....	26
Obrázek 16. Beat Saber .....	27
Obrázek 17. Oculus (Meta) Quest 2 .....	28
Obrázek 18. HTC Vive Pro 2.....	29
Obrázek 19. studenti ČVUT pracující v Wearrecho.....	31
Obrázek 20. VR Medikal při používání.....	32
Obrázek 21. VRčesko .....	33
Obrázek 22. Virtual tours.....	35
Obrázek 23. VR Medikal při používání.....	37
Obrázek 24. 360 Video prohlídka - CETIN a.s. ....	37
Obrázek 25. WorldViz.....	38
Obrázek 26. Virtual Reality in Movies .....	39
Obrázek 27. Arduino IDE.....	41
Obrázek 28. Unreal Engine.....	42
Obrázek 29. Fritzing .....	44

Obrázek 30. Arduino Nano .....	46
Obrázek 31. MPU-6050 .....	48
Obrázek 32. TCA9548A .....	49
Obrázek 33. Nákres zapojené .....	51
Obrázek 34. schéma zapojení .....	52
Obrázek 35. finální zapojení .....	53
Obrázek 36. finální zapojení detail .....	53
Obrázek 37. prototyp rukavice.....	54
Obrázek 38. návrh rukavice + realizace.....	55
Obrázek 39. Plugin Serial COM .....	59
Obrázek 40. funkční uzly Seriál COM .....	60
Obrázek 41. ukázna VR_Hand Blueprintu .....	61
Obrázek 42. Open serial port .....	61
Obrázek 43. Q-Close.....	62
Obrázek 44. Re-Open the Port.....	63
Obrázek 45. Print String .....	63
Obrázek 46. Serial Read Loop .....	64
Obrázek 47. Zpracování dat.....	65
Obrázek 48. Odesílání dat.....	66
Obrázek 49. ukázka RH Blueprintu .....	66
Obrázek 50. Kalibrace rotačních dat.....	67
Obrázek 51. Transform (modify) Bone .....	68
Obrázek 52. Transform (modify) Bone detaily .....	69
Obrázek 53. Bone Driven Controller .....	70
Obrázek 54. Výstup RH.....	70
Obrázek 55. Test funkčnosti .....	71

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1. Specifikace Oculus (Meta) Quest 2 .....	28
Tabulka 2. Specifikace HTC Vive Pro 2 .....	29
Tabulka 3. Specifikace Arduino Nano.....	47
Tabulka 4. Specifikace MPU-6050.....	48
Tabulka 5. Specifikace TCA9548A.....	50
Tabulka 6. popis pinů TCA9548A.....	50

## SEZNAM PŘÍLOH

multy\_gyro.zip

Unreal5PlayGround 5.1.zip

VR\_Arduino.zip