

AMR - ROBOTINO

Lukáš Venkrbec

Faculta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně
Ústav automatizace a informatiky
Technická 2896/2, Brno 616 69, Česká republika
xvenkr00@vutbr.cz

Abstract: Tento článek si dovoluje svému čtenáři přiblížit problematiku mobilních robotických systémů. Zejména si klade za cíl seznámit s Robotickým systémem od společnosti FESTO Robotino. S jeho hardwareovým vybavením jako jsou pohoný systém, senzory a příslušné rozhraní.

Keywords: autonomní, mobilní, robot, AMR, Robotino, senzory, všesměrová kola, rozhraní, kyberfyzikální systém, CP-Factory

1 Úvod

Autonomní mobilní roboty AMR jsou dnes nepostadatelnou součástí automatizovaného provozu, jejich nástup a potřeba urychluje čtvrtá průmyslová revoluce. Mobilní roboty nacházejí svou roli, jako skladníci, logistika a operátoři. Obzvláště důležitá je jejich role v plně automatizovaném provozu, kde se starají o plynulý provoz linek a strojů. Jejich nespornými výhodami jsou nepřetržitý provoz, opakovatelnost, rychlost, přesná načasovatelnost, bezpečnost a bezomylnost. Tyto roboty, dle svého pracovního nasazení a plnění úkolů bývají vybaveny dalšími zařízeními. Jako jsou například robotická ramena, častěji coboty, tažná zařízení a nejrůznější zařízení pro transport materiálu.

O mobilní robotiku se zájímají a také se jí věnují nejrůznější přední světoví výrobci průmyslových robotů. Jako jsou KUKA (KMR iiwa, KMR QUANTEC, KUKA flexFELLOW), Stäubli (HelMo), OMRON (LD60, LD90) a jistě další. Další výrobcem, který se zaměřuje na průmyslovou automatizaci a této problematice se také věnuje je například FESTO (Robotino), kterému se bude věnovat v této práci podrobněji. Existují samozřejmě firmy, které se na tuto problematiku specializují jedna z nich a asi ta největší na trhu je MiR (Mobile Industrial Robots).

2 Robotino

Autonomní mobilní robot Robotino, je zařízení určené, jak pro profesionální práci v průmyslu, kde je schopno zastat své úkoly, ať už jako navážecí zbraň s vhodnou úpravou dle naváženého materiálu a nebo jako operátor v případě jeho doplnění o kolaborativní robotické rameno. Společnost FESTO, která Robotino sestrojila se také velmi věnuje vzdělávání budoucích špičkových odborníků. Z toho důvodu je Robotino upraveno tak, aby umožňovalo výuku autonomních robotických systémů již od velmi útlého věku. FESTO je schopné dodat Robotino, téměř v jakékoliv úpravě, dle požadavků zákazníka Nicméně standardizované varianty, které dodává jsou základní verze, viz obrázek 1, nebo po úpravě, tak aby byly schopné kooperace se systémy CP-Factory nebo CP-Lab vyvíjených firmou FESTO a určených pro výuku Industry 4.0, programování PLC, mechatroniky, průmyslové informatiky, automatizace, robotiky, logistiky, ekonomických a manažerských dovedností. Robotino s úpravou je uvedeno na obrázku 1 vpravo.

Robotino, jak jsme již zmiňoval, je sestaveno tak, aby jej bylo možné ovládat, řídit a programovat, takřka bez nutnosti nějakých speciálních znalostí či požadavků, nebo naopak, aby rozvíjelo komplexní znalosti odborníků a umožňovalo jejich znalosti uplatnit v praxi. Robotino je tedy velice dobrá volba pro oblast výzkumu a vzdělávání. Samozřejmě záleží na tom, jaké problematice se chceme věnovat a jak hluboko do ní proniknout.

Robotino umožňuje programování hned v několika jazycích a prostředích, jako jsou Java, Python, .NET, C++, Matlab, LabView a ROS. Dále umožňuje práci ve vlastním simulačním prostředí RobotinoSim, kde je možné v plné verzi vytvářet vlastní prostředí/mapy. Robotino je možné programovat ve vlastním prostředí RobotinoView pomocí grafického jazyka od firmy FESTO.

Pro lepší představu o Robotinu jsou v tabulce 1 uvedeny základní rozměry a parametry Robotina. Robotino, které bude popisováno je upraveno o úpravu a také o laserový skener. Tedy o zařízení nutné pro kooperaci s kyber-fyzikálním systémem CP-Factory a nebo s něco málo chudší verzí CP-Lab. Jako zdroj napájení zde slouží dvojice 12 V akumulátorů BT 12-9,5 od společnosti EFFEKTA zapojených do série, aby dodávali potřebných 24 V. Každá baterie disponuje kapacitou 9,5 Ah.[1]

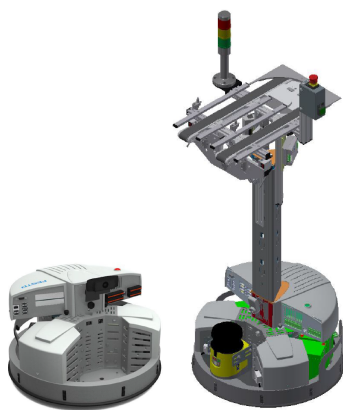


Figure 1: Vlevo základní verze Robotina, napravo rozšířená verze o nástavbu a laserový skener[2]

Table 1: Základní parametry Robotina[2]

| Parameter | Hodnota |
|------------------------|---|
| Výška | 352 mm |
| Průměr | 450 mm |
| Hmotnost | 20 kg |
| Baterie | 2 x 700 g |
| Max. užitečné zatížení | 30 kg |
| oChrana IP | IP 00 |
| Napětí baterie | 18 V |
| Materiál konstrukce | nerezová ocel, PA6 |
| Stupně svobody | 3 (translační ve směru os x, y a rotační ve směru osy z |

2.1 Hardwarové vybavení

V této sekci bude uváděno hardwarové vybavení a jeho detailní popis pro Robotino řady 3. Dnes sice existuje řada 4, ale tento model nemáme zatím k dispozici. Proto se tento článek věnuje právě řadě 3. Hardware Robotina bychom mohli rozdělit do čtyř základních sekcí řízení, pohoné systémy, senzory a rozhraní. Těmto sekcím se bude v dalších kapitolách tento článek věnovat.

2.2 Řízení

Jádro Robotino je tvořeno řídicí jednotkou v podobě DPS (deska plošných spojů), která obsahuje integrovaný počítač, mikrořadič a samozřejmě veškerá potřebná a rozšiřující rozhraní.

2.2.1 Integrovaný počítač

Robotino je řízeno integrovaným počítačem SOM-5788 s procesorem Intel Core i5 520E, o výkonu 2,4 GHz a operační poměti RAM o velikosti 8 GB. Počítač disponuje rozhraními jako jsou 6 x USB, seriová linka RS-232, grafický adaptér VGA, 2x standard v podobě sériové systémové sběrnice PCI, USB WLAN adaptér pro připojení k síti WiFi, Ethernet, SSD disk mSATA o velikosti 64 GB a operačním systémem Linux Ubuntu 12.04.[3][4]

2.2.2 Mikrořadič

úkolem 32 bitového mikrořadiče LPC2378 od NXP je řízení motorů a také správa digitálním a analogovým vstupům a výstupům. Mimo jiné také sleduje a kontroluje napájecí napětí. Mikrořadič disponuje USB pro připojení k integrovanému PC, ethernetem pro ladění v reálném čase, 10 bitovými ADC/DAC převodníky, 2x sériovým rozhraním RS-232 s tím, že jedno je určeno pro komunikaci s nabíjecí stanicí, seriovou datovou sběrnici CAN a 4 MHz interním oscilátorem. Paměti, kterými mikrořadič disponuje jsou SRAM 32 kB, 16 kB pro ethernet a 8 kB pro USB a všeobecné rozhraní. Kromě mikrořadiče se na DPS nachází také programovatelné hradlové pole FPGA čip Xilinx XC3S50A. Který je přes encoder připojen s motory. Dále disponuje 8 digitálními vstupy a výstupy a dvěma releovými výstupy. Oba dva systémy disponují JTAG rozhraním.[5][6]

2.3 Pohonný systém

Druhou velkou skupinou jsou pohoné systémy. Robotino disponuje všesměrovým pohonem známým pod názvem Omnidrive. Díky tomuto pohonu se může Robotino velice snadno pohybovat všemi směry a otáčet se na místě. Pohon Omnidrive, který je umístěn v podvozku Robotina je tvořen třemi navzájem nezávislými pohony jednotkami, které se skládají z motorů, inkrementálního snímače, převodovky a samotných všesměrových kol.

2.3.1 Motory

Robotino má tři všesměrová kola, každé kolo je poháněno jedním ze tří DC motorů GR42x4 od společnosti Dunkermotoren, které jsou na sobě navzájem nezávislé. Na každém motoru je nainstalován inkrementální kodér, který měří jeho úhel natočení. Jak již bylo zmíněno výše motory jsou řízeny mikrokontrolérem. Napájení těchto motorů je stejnosměrné napětí o velikosti 12 V. S průběžnými otáčkami 3100 ot/min a rozběhovým kroutícím momentem 0,33 Nm. Rozběhový proud dosahuje 6 A. Provozní proud se pohybuje okolo 1,2 A. Závislost otáček motoru a kroutícího momentu je možné vidět na obrázku 2.[7]

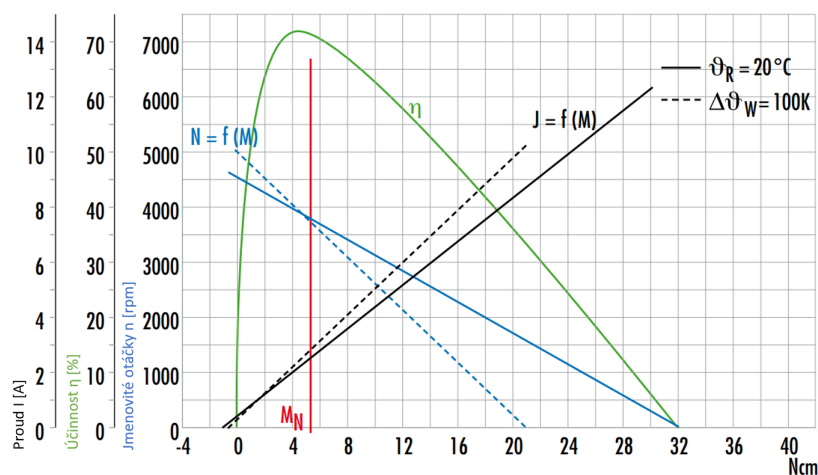


Figure 2: Závislost mezi jmenovitými otáčkami, elektrickým proudem a účinností[7]

2.3.2 Inkrementální kodér

Každý motor disponuje jedním inkrementálním kódérem RE 30-2-500 od společnosti Dunkermotoren. Inkrementální kodér dodává řídicí jednotce motoru data, na základě kterých je schopna porovnávat a regulovat skutečné otáčky s těmi požadovanými. Mimo to se tyto hodnoty používají také pro určení polohy Robotina. Inkrementální snímače jsou tvořeny fotodiodami. Tudíž nemají žádné mechanické kontakty a nepodléhají opotřebení. Interní logika vytváří na základě výstupu z fotodiod dva obdélníkové průběhy, které jsou navzájem otočené o 90° . Standardní napájecí napětí je pro kodér DC napětí o velikosti 5 V. Snímání je prováděno ve směru a proti směru hodinových ručiček.[8]

2.3.3 Převodovka

Mezi každým DC motorem a kolem se nachází planetová převodovka PLG 42 S s vysokou účinností 81 % a s převodovým poměrem 32:1. Díky tomu lze Robotino velice přesně ovládat i při velmi malých rychlostech. Průběžný kroutící moment dosahuje až 6 Nm.[9]

2.3.4 Kola

Robotino je osazeno třemi všesměrovými koly omniwheel R3-1258-85 od společnosti Rotacaster Wheel Limited, které mu umožňují pohybovat se ve všech směrech a otáčet se na místě. Každé kolo má své vlastní odpružení a je poháněno vlastním motorem.[10]

2.4 Senzory

Robotino je vybaveno hned několika senzory nárazníkem, který zastaví robota v případě kolize, senzory vzdálenosti, které by měly této kolizi předcházet, gyroskopem pro přesnější snímání polohy, kameru Logitech

HD Pro Webcam C920, která generuje živý obraz, který lze analyzovat pro navigaci i pro detekci překážek a objektů. Ukázka práce s kamerou a nastavení Robotina pro hledání čáry, je na obrázku 4. Dále dvěma optoelektronickými snímači a indukčními senzory. V následujících kapitolách se nachází podrobnější popis těchto zařízení. [11][12]

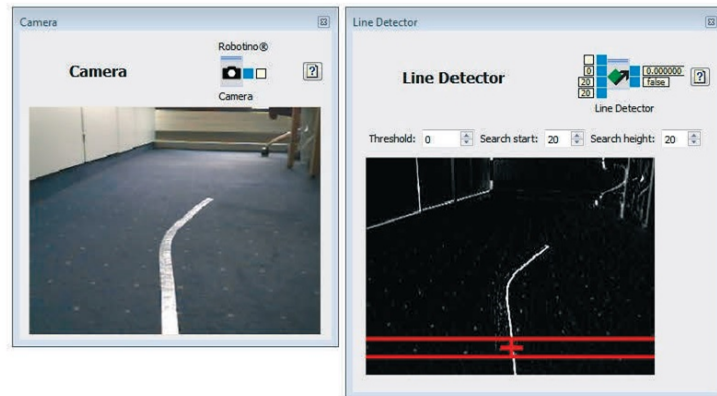


Figure 3: Ukázka využití kamery pro hledání čáry

2.4.1 Nárazník

Nárazník je bezpečnostní senzor SK EKS011 od společnosti Mayser, který má za úkol zastavit pohyb v případě kolize. Tato funkce je aktivována ve výchozím nastavení. Nárazník je tvořen plastovým profilem s integrovanou spínací komorou. Spínací komora v případě kolize uzavírá elektronický obvod pomocí dvou vodivých ploch, které jsou od sebe odděleny. Tímto spojením je vygenerován signál pro vyhodnocovací jednotku. Protože nárazníkem prochází klidový proud, to je proud který protéká obvodem i když není aktivní. Tento elektrický obvod se v případě poškození nárazníku přeruší a robotino to detekuje a zastaví.[13]

2.4.2 Senzory vzdálenosti

Infračervené snímače vzdálenosti GP2Y0A41SK0F umožňují určit vzdálenost v bezprostředním okolí Robotina. Těchto senzorů se na obvodu šasi Robotina nachází celkem 9 v pravidelných intervalech po 40°. Senzory vzdálenosti jsou vždy aktivní. Infračervené snímače jsou schopny regovat na předměty ve vzdálenosti 4 - 30 cm. Připojují se pomocí tří vodičů, dvou napájecích 5 V DC a jednoho výstupního vodiče se spojitou informací o vzdálenosti v podobě generovaného napětí (4 cm odpovídá 0,4 V a 30 cm odpovídá 2,7 V), na základě vzdálenosti od referenčního bodu. Tato závislost je uvedena na obrázku 4.[14]

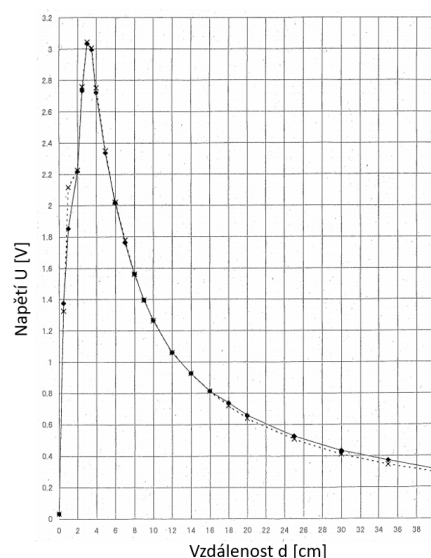


Figure 4: Závislost mezi vzdáleností referenčního bodu a vygenerovaného napětí infračerveného snímače[14]

2.4.3 Gyroskop

Důvod existence gyroskopu MPU-6000 od společnosti InvenSense v repertoáru Robotina je spřesnění vnímání polohy. Gyroskop bychom našli na základní desce. U Robotina není nutné jeho uživatelské programování. Komunikace mezi gyroskopem a Robotinem probíhá samovolně dle předpřipraveného softwaru dokáže Robotino samo přijímat signály z gyroskopu, pokud je připojeno, a zpracovávat data o své poloze. Gyroskop měří úhlovou rychlost na základě zachování momentu hybnosti. Pokud dojde k pokusu otočit rotující objekt kolem jiné osy, než je osa, kolem které se již otáčí, vyvine objekt proti tomuto pohybu opačný moment, čímž zajistí, že celkový moment hybnosti zůstane beze změny. Síly generované tímto točivým momentem se měří v gyroskopu na jeho závěsech. Vzhledem k tomu, že mechanické gyroskopy jsou příliš velké, těžké a zranitelné, byly v posledních letech vyvinuty digitální gyroskopy, které nejsou větší než mince, ale přesto jsou extrémně přesné.[15]

2.4.4 Optoelektronické snímače

Robotino obsahuje dva optoelektronické snímače SOEG-L-Q30-PAK-2L. Díky nim mohou být Robotinem detekovány až dvě barvy povrchů zároveň na základě různých stupňů jejich odrazivosti. Své využití najde zejména ve vyhledávání předmětů určité barvy, pohybu po určité dráze nebo k přesnému zastavení. Optická jednotka senzoru vysílá červené viditelné světlo a snímá stejné světlo, po jeho odrazení. Na základě přijatého odraženého signálu vyhodnotí výsledek a odešle jej na řídicí jednotku, prostřednictvím digitálního výstupu. Pomocí tohoto senzoru není možné detekovat postupnou změnu množství odraženého světla.[16][17]

2.4.5 Indukční senzory

Pro řízení dráhy je možné použít také indukční senzor SIEA-M12B-UI-S od společnosti FESTO, který je umístěn pod podlahou Robotina. Indukční snímač přiblížení snímá kovové předměty ve vzdálenosti 0 - 6 mm, na jejichž základě generuje analogový signál podle toho, zda se pohybuje podél středu nebo okraje kovového pásu. Analogovým výstupem v podobě 0 - 10 V nebo 4 - 20 mA. [17][18]

2.4.6 Laserový skener

Laserový skener S30B-2011BA není součástí základní verze, ale je nutnou součástí pro kooperaci s kybernetickým systémem CP-Factory. Jeho hlavním úkolem je zajistit pojezdovou dráhu robota. To skener zajistí tím, že oskenuje prostor, ve kterém se bude Robotino pohybovat. Na základě tohoto skenu se vytvoří mapa, například v prostředí Robotino Factory, ve které se vyznačí trasy po kterých se bude robotino pohybovat a směry, kterými se smí po trasách pohybovat. Skener zároveň během jízdy Robotina kontroluje okolí ve směru jízdy. V případě překážky na trase Robotino může překážku objet. Některé hlavní parametry jsou uvedeny v tabulce 2.[19]

Table 2: Parametry laserového skeneru[19]

| Parameter | Hodnota |
|---------------------------|-----------------------------|
| Dosah ochranného pole | 2 m |
| Dosah varovného pole | 15 m (při odrazivosti 15 %) |
| Rozsah měření vzdálenosti | 30 m |
| Úhel skenování | 270 ° |
| Doba odezvy | 80 ms |

2.5 Rozhraní

Robotino je vybaveno nejrůznějším rozhraním pro připojení dalších zařízení pro ovládání, řízení a komunikaci. Mimo jiné se zde nachází další výstup pro čtvrtý motor, schopný dodávat proud až 5 A, zapojený jako H-můstek řízený generovaným PWM signálem. Dále vstup pro příslušný enkoder k případnému čtvrtému motoru, 6 portů USB 2.0 pro připojení WLAN-USB, kamery, joystiku, klávesnice, myši a dalších zařízení. Pokud je potřeba připojit monitor pro vizuální komunikaci mezi Robotinem a uživatelem, je to možné přes výstup VGA. V případě nutnosti je možné navázat přímé spojení s Robotinem prostřednictvím dvou ethernetových portů. Jeden port slouží pro přímé připojení k integrovanému počítači druhý port slouží k přímému připojení k mikrořadiči. Pro integraci rozšiřujících karet jsou zde dva sloty PCI Express. Další komponenty rozhraní jsou popsány v následujících kapitolách.[?]

2.5.1 WLAN

Robotino je možné ovládat z externího zařízení díky adaptéru WLAN-USB N150 od společnosti NETGEAR. Adaptér je připojen portem USB k řídicí jednotce, která pokud detekuje tento adaptér spustí webový server, který poskytuje rozhraní pro přístup k řadiči. Díky tomuto adaptéru lze prostřednictvím WLAN Robotino zaintegrovat do síťové infrastruktury a umožnit tak ovládání, konfiguraci a údržbu robotického systému po připojení k chytrému mobilnímu telefonu, tabletu nebo notebooku. Stačí se pouze připojit k síti, ve které se nachází Robotino a do Browseru zadat aktuální IP adresu Robotina.[20]

2.5.2 Vstupně/výstupní rozhraní

Robotino také nabývá možnost rozšíření pro další akční členy a senzory a to prostřednictvím I/O rozhraní. Toto rozhraní se nachází přímo na hlavní DPS. Robotino disponuje jak digitálními vstupy a výstupy, tak analogovými vstupy a reléovým výstupem. V tabulce 3 jsou uvedeny typy pinů a jejich pracovní rozsahy, které se na I/O rozhraní nacházejí.[17]

Table 3: Vstupně/výstupní rozhraní[17]

| Parameter | Hodnota |
|-------------|--|
| DI1 ... DI8 | Digitální vstupy, 24 V, |
| DQ1 ... DQ8 | Digitální výstupy, 24 V, maximální proud 1 A |
| AI1 ... AI8 | Analogové vstupy |
| NO1 ... NC2 | Relé, 24 V |
| +/- | Napájení, 24 V |

3 Závěr

Tento dokument si klade za cíl, seznámit čtenáře s problematikou mobilních robotů, s jejich hardwarem, vybavením a možnostmi. Mobilní robot Robotino je neuvěřitelně komplexní systém, který skrývá nepřeberné možnosti. Je možné do něj pronikat postupně. Ze začátku nadchne tím, že člověk dokáže využívat technologie, jako jsou kamera pro vyhledávání předmětů a čar představujících cestu nebo laserový skener pro skenování prostředí a vytváření map. A to vše aniž by tušil, co vše se za tím skrývá. Později mu to přestane stačit a bude chtít vědět víc. A tak mu začne postupně odkrývat tu cestu po které šlo předtím Robotino samo. Dostane možnost zabývat se komunikací, pracovat s gyroskopem, programovat FPGA, využívat nejrozličnější programovací jazyky C++, java ... nebo prostředí jako jsou Matlab, ROS, LabView ... a další další věci. Myslím, že bych je ani nezvládl všechny vyjmenovat a že tento výčet možností vlastně nemá konce. A to je na Robotinu a robotech to úžasné.

Dle mého názoru mají tyto mobilní robotické systémy velkou budoucnost, zejména v tom, že časem úplně nahradí své lidské protějšky v podobě, operátorů, skladníků a navážeců materiálů. I když mají před sebou ještě velký kus cesty, už mají také velkou část za sebou. V určité "primitivní" podobě tedy AGV (autonomní naváděná vozidla) v průmyslu už pracují velmi dlouho. Není nic neobvyklého, když vidíme, že již celou řadu let zboží ke strojům a od strojů naváží respektive odváží autonomní vozíky. A téměř dokonale vyřadily pracovní pozici ješeráků. Nebo, že v kravíněch se tyto robotické systémy starají o dojení a krmení dobytka. Je dost možné, že tyto systémy budou nahrazeny AMR roboty. Co se týče průmyslu, a nasazení AMR myslím si, že velmi výhodná je kombinace mobilního robota doplněného o robotické rameno. Díky tomu se z autonomního vozíku a stacionárního průmyslového robota stane operátor výroby.

Robotika, která se čím dál více tlačí do průmyslu bere lidem práci a nahání jim strach, ale také nám přináší obrovské nové možnosti a příležitosti, zažívá skvělé období ve všech odvětvích. Stává se dokonalejší a dostupnější než kdy dříve. Je jen na nás všech zda se necháme technikou ovládnout a pohltit a nebo se jí pokusíme porozumět a nadále ji řídit. Pak by nám neměla nijak ublížit, neměla by nám vzít práci, ale měla by nás zase posunout o kus dál.

Seznam literatury

- [1] EFFEKTA Batterie: *Technische Beschreibung BFR/BT 12-9,5*. [online]. [cit.2021-05-23]. Dostupné z: <https://ip.festo-didactic.com/InfoPortal/Robotino3/document/robotinoakkustischebeschreibung.pdf>.
- [2] SCHÖBER, WEISS, RAJENDRA. *Robotino: 8058820*. [online]. Festo Didactic. Rechbergstraße 3, 73770 Denkendorf, Germany, 2019, 2019 [cit. 2021-5-23].
- [3] SOM-5788: *Intel Core i7/i5/i3 Processor*. [online]. [cit.2021-05-23]. Dostupné z: <https://ip.festo-didactic.com/InfoPortal/Robotino3/document/RobotinoEmbeddedPCPremiumDataSheet.pdf>
- [4] User Manual: *SOM-5788*. [online]. [cit.2021-05-23]. Dostupné z: <https://ip.festo-didactic.com/InfoPortal/Robotino3/document/RobotinoEmbeddedPCPremiumManual.pdf>
- [5] LPC2377/78: *Single-chip 16-bit/32-bit microcontrollers*. [online]. [cit.2021-05-23]. Dostupné z: <https://ip.festo-didactic.com/InfoPortal/Robotino3/document/robotinomicrocontrollerdatasheet.pdf>
- [6] XILINX: *Spartan-3A FPGA Family*. [online]. [cit.2021-05-23]. Dostupné z: <https://ip.festo-didactic.com/InfoPortal/Robotino3/document/robotinofpgadatasheet.pdf>
- [7] Dunkermotoren: *GR 42x40, 20 W*. [online]. [cit.2021-05-23]. Dostupné z: <https://ip.festo-didactic.com/InfoPortal/Robotino3/document/robotinomotorstechnicaldescription_{nde}.pdf>
- [8] Dunkermotoren: *RE 30-2-500 Incremental Encoders for GR/G Motors*. [online]. [cit.2021-05-23]. Dostupné z: <https://ip.festo-didactic.com/InfoPortal/Robotino3/document/robotinoencoderstechnicaldescription_{nde}.pdf>
- [9] Dunkermotoren: *Planetary Gearbox PLG 42 S*. [online]. [cit.2021-05-23]. Dostupné z: <https://ip.festo-didactic.com/InfoPortal/Robotino3/document/robotinoplanetarygearboxtechnicaldescription_{nde}.pdf>
- [10] Roatacaste: *R3-1258-85*. [online]. [cit.2021-05-23]. Dostupné z: <https://ip.festo-didactic.com/InfoPortal/Robotino3/document/robotinowheelsproductspecification.pdf>
- [11] Logitech: *Setup Guide Logitech® HD Pro Webcam C920*. [online]. [cit.2021-05-23]. Dostupné z: <https://ip.festo-didactic.com/InfoPortal/Robotino3/document/robotinocamerasetupguide_{nde}fr.pdf>
- [12] Logitech: *LOGITECH HD PRO WEBCAM C920*. [online]. [cit.2021-05-23]. Dostupné z: <https://ip.festo-didactic.com/InfoPortal/Robotino3/document/robotinocameraproductinfo.pdf>
- [13] MayserPolymer Electric: *Technische Daten SK EKS 011*. [online]. [cit.2021-05-23]. Dostupné z: <https://ip.festo-didactic.com/InfoPortal/Robotino3/document/robotinostossleistedatenblatt.pdf>
- [14] SHARP: *Opto-electronic devices division electronic components group*. [online]. [cit.2021-05-23]. Dostupné z: <https://ip.festo-didactic.com/InfoPortal/Robotino3/document/robotinodistancesensorsspecification.pdf>
- [15] InvenSense: *MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification*. [online]. [cit.2021-05-23]. Dostupné z: <https://ip.festo-didactic.com/InfoPortal/Robotino3/document/robotinogyroscopeproductspecification.pdf>
- [16] FESTO: *Lichtleitergerät SOEG-L-Q30-P-A-K-2L*. [online]. [cit.2021-05-23]. Dostupné z: <https://ip.festo-didactic.com/InfoPortal/Robotino3/document/robotinooptischerensordatenblatt.pdf>
- [17] SCHÄBERLE, PENSKY.. *FESTO Manual: 8029476*. [online]. Festo Didactic. Rechbergstraße 3, 73770 Denkendorf, Germany, 2019, 2019 [cit. 2021-5-23]. <https://ip.festo-didactic.com/InfoPortal/Robotino3/document/robotinomanual_{nde}.pdf>
- [18] Näherungssensor: *FESTO SIEA-M12B-UI-S*. [online]. [cit.2021-05-23]. Dostupné z: <https://ip.festo-didactic.com/InfoPortal/Robotino3/document/robotinoinduktiversensordatenblatt.pdf>
- [19] SICK LaserScanner: *S30B-2011BA S300 Standard*. [online]. [cit.2021-05-23]. Dostupné z: <https://cdn.sick.com/media/pdf/5/45/845/dataSheet_{S30B-2011BA}1026820_{en}.pdf>
- [20] NETGEAR: *N150 Wireless USB Adapter WNA1100*. [online]. [cit.2021-05-23]. Dostupné z: <https://ip.festo-didactic.com/InfoPortal/Robotino3/document/robotinowlanstickusermanual.pdf>