



NAŠ ROBOT – GLASBENIK

Raziskovalna naloga na področju računalništva



Avtorji: Jaka Felc, Gašper Jelen, Luka Mlakar

Mentorica: Joja Flis Jurko

Somentor: Bojan Rebernak

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, 2025

Kazalo vsebine

1. Povzetek	4
2. Summary	5
3. Uvod	6
3.1. Namen in cilji raziskovalne naloge	6
3.2. Hipoteze	6
3.3. Oblike in metode dela.....	6
4. Teoretični del	7
4.1. Lego kocke.....	7
4.2. Robotika	7
4.3. Predstavitev Lego robota	9
4.4. Programska oprema.....	10
O programu Scratch.....	10
O programu Lego Mindstorms Education EV3.....	11
5. Eksperimentalni del	12
5.1. Predstavitev eksperimentalnega dela.....	12
Prvi izziv: lego robot igra klavir	12
Drugi izziv: lego robot predvaja posnetek Mozartove Abecede	15
Tretji izziv: lego robot simulira zasedbo Orffovega instrumentarija	19
5.2. Razprava - rezultati eksperimentalnega dela	25
6. Zaključek.....	26
7. Literatura.....	27

Kazalo slik

Slika 1: Luka in Jaka programirata v Scratchu.	12
Slika 2: Zaslonski posnetek kode figure race.	13
Slika 3: Zaslonski posnetek kode figure klaviature.	13
Slika 4: Zaslonski posnetek začetka izvajanja programa po kliku na zeleno zastavico.	14
Slika 5: Lego robot igra na klaviaturo.	14
Slika 6: Zaslonski posnetek programa (blokov), s katerim je robot odigral melodijo »Kuža pazi«.	15
Slika 7: Program v nastajanju.	16
Slika 8: Zaslonski posnetek začetka izvajanja programa po kliku na zeleno zastavico.	16
Slika 9: Zaslonski posnetek kode figure race.	17
Slika 10: Gašper programira lego robota.	18
Slika 11: Zaslonski posnetek kode neuspešnega poskusa programiranja v novi različici programa Lego Mindstorms Education EV3 Classroom 1.5.3	19
Slika 12: Zaslonski posnetek programa (blokov), sprogramiran v starejši različici programa Lego Mindstorms Education EV3 1.4.5, s katerim je robot predvajal Mozartovo Abecedo.	19
Slika 13: Zaslonski posnetek kode figure, ki predvaja zvok orkestra. Figura je skrita in na odru ni vidna.	20
Slika 14: Zaslonski posnetek kode figure, ki igra indijski boben tabla.	21
Slika 15: Zaslonski posnetek kode figure indijskega bobna tabla.	21
Slika 16: Zaslonski posnetek kode figure basista.	22
Slika 17: Zaslonski posnetek kode figure bobnarja.	22
Slika 18: Zaslonski posnetek kode figure bobna.	23
Slika 19: Zaslonski posnetek igranja orkestra.	23
Slika 20: Zaslonski posnetek dela kode figure trobentača.	24

1. Povzetek

Ljudje imamo edinstveno sposobnost izvajanja glasbe. Z občutkom za ritem, harmonijo in izražanje čustev, lahko glasbo izvajamo s strastjo, natančnostjo in kreativnostjo, s čimer ustvarjamo umetniške zvoke, ki sežejo globoko v srce poslušalcev.

Napredek tehnologije na področju robotike in razvoj umetne inteligence nam odpirata vedno več vprašanj o novih načinih izvajanja glasbe. Ta vprašanja so v nas vzbudila željo po raziskovanju možnosti izvajanja glasbe s pomočjo robotov.

Računalniku in robotu smo postavili tri glasbene izzive. Najprej smo jih sprogramirali v preprostem programskem jeziku Scratch, ki temelji na ukaznih blokih ter principu »povleci in spusti« in tako učence na enostaven način vpeljuje v svet programiranja. Zanj smo se odločili, ker smo ga poznali že od prej.

Ko smo glasbene izzive izvedli na računalniku, smo jih želeli prenesti še v realen svet, kjer bi jih izvedel robot. Uporabili smo robota Lego Mindstorms EV3. Programirali smo ga s pomočjo programske opreme Lego Mindstorms Education EV3 1.4.5 in njene novejši različice Classroom 1.5.3, ki je prav tako kot Scratch enostavna za uporabo in namenjena učenju programiranja.

V prvem izzivu naj bi robot na klaviaturo zaigral preprosto melodijo Kuža pazi. Nadaljevali smo z izzivom, ko naj bi robot predvajal posneto glasbo (rog). V zadnjem izzivu naj bi robot igral več Orffovih glasbil in simuliral zasedbo Orffovega instrumentarija.

Ključne besede: glasba, robot, lego kocke, programiranje, Scratch

2. Summary

Humans have a unique ability to perform music. With a sense of rhythm, harmony, and expression of emotion, we can perform music with passion, precision, and creativity, creating artistic sounds that reach deep into the hearts of listeners.

The advancement of technology in the field of robotics and the development of artificial intelligence are opening up more and more questions about new ways of performing music. These questions made us want to explore the possibilities of performing music with the help of robots.

We presented the computer and the robot with three musical challenges. First, we programmed them in a simple programming language Scratch, which is based on command blocks and the principle of "drag and drop", thus introducing students to the world of programming in an easy way. We decided to do it because we knew him before.

When we performed the musical challenges on a computer, we wanted to transfer them to the real world, where they would be performed by a robot. We used a Lego Mindstorms EV3 robot. We programmed it with the help of Lego Mindstorms Education EV3 1.4.5 software and its newer version Classroom 1.5.3, which, like Scratch, is easy to use and designed for learning to code.

In the first challenge, the robot is supposed to play a simple melody on the keyboard, »Kuža pazi«. We continued with the challenge of having the robot play recorded music (horn). In the final challenge, the robot is supposed to play several Orff instruments and simulate the ensemble of Orff's instruments.

Keywords: music, robot, lego bricks, programming, Scratch

3. Uvod

3.1. Namen in cilji raziskovalne naloge

Namen raziskovalne naloge je postaviti tri glasbene izzive najprej računalniku in nato prenos problema v realen svet, kjer bomo enake izzive postavili še robotu.

Cilj je sprogramirati figure v programskem jeziku Scratch ter izdelati in sprogramirati kakovostnega in delujočega robota iz kock Lego tako, da bomo preko treh izzivov lahko preizkusili njihovo uporabnost na glasbenem področju.

3.2. Hipoteze

1. hipoteza:

Figura v Scratchu in robot na klaviaturo zaigrata preprosto melodijo Kuža pazi.

2. hipoteza:

Figura v Scratchu in robot poiščeta pot do odra, se obrneta proti občinstvu in predvajata posnetek Mozartove Abecede, predhodno zaigrane na rog.

3. hipoteza:

Figura v Scratchu in robot simulirata zasedbo Orffovega instrumentarija.

3.3. Oblike in metode dela

Pri raziskovanju smo uporabili različne metode dela. V teoretičnem delu smo raziskovali področje lego robotike in že znane podatke o podobnih primerih. Po spletu smo tudi iskali ideje, kako bi lahko najučinkovitejše sestavili našega robota, da bo primeren za opravljanje prvega izziva. Sestavili smo robota in se lotili izvajanja izzivov. Z izvajanjem izzivov smo potrdili oz. zavrgli hipoteze. Z nalogo smo želeli dokazati, da nas bodo v prihodnosti lahko nadomestili roboti, vendar z boljšo opremo.

4. Teoretični del

4.1. Lego kocke

Lego kocke je zasnoval danski izdelovalec igrač Ole Kirk Kristiansen. Ime lego je nastalo iz prvih dveh črk danske fraze dobra igra (leg godt). Patentiral jih je šele njegov sin Godtfred leta 1958, ki je podedoval podjetje. Kmalu so lego kocke postale zelo priljubljene. Leta 1968 se je odprl prvi Legoland v Billundu na Danskem.

Tak sistem kock, kot ga poznamo danes, je razvil Godtfred. Izumil je sistem čepkov in valjčkov. S tem je dosegel, da so kocke postale bolj stabilne. Čeprav so kocke iz plastike, lahko prenesejo veliko težo (ena kocka lahko prenese 432 kg).

Kocke danes izdelujejo iz plastičnih kroglic, ki jih segrejejo in stalijo. Nato plastično maso vlijejo v modele in počakajo, da se snov strdi. Odstopanja od mer so lahko zelo majhna (od 10 do 20 milijonink metra). Na en milijon kock ustvarijo le 18 kock z napako.

Od začetnega proizvoda pa do danes so razvili veliko različnih setov in škatel s pomešanimi lego kockami kot so Duplo in Technic. Od setov je bila najbolj popularna serija Bionicle, ki je predstavljala biomehanska bitja, ki so ohranjala mir v vesolju.

Lego kocke se danes pojavljajo v:

- zabavni industriji (zabaviški parki, filmi, knjige, obleke...)
- medicini (umetne proteze, pomoč osebam z avtizmom)
- astrofiziki (preučevanje razmer v mikrotežnosti)

4.2. Robotika

V svetu se roboti uporabljajo skoraj v vseh industrijskih in gospodarskih panogah (kmetijstvo, industrija, zdravstvo, rudarstvo, energetika...). Tako se je vizija dramskega pisatelja Karla Čapka, ki je prvi uporabil besedo robot (kar v češčini pomeni suženj), uresničila. Prvi roboti so se pojavili v 70. letih 20. stoletja v

avtomobilski industriji. To so bili stroji, ki so bili programirani in jih je vodil računalnik.

S tem so dosegli:

- razbremenitev človeka, torej manjši napor, delo je za človeka postalo manj nevarno,
- večja kakovost izdelka, saj imajo roboti programirane točno določene mere, izdelek ima krajši čas izdelave,
- zniževanje stroškov na dolgi rok.

Robot je torej sistem sestavljen iz treh delov:

- mehanski del (motorji, zavore in segmenti),
- informacijski del (računalnik, program vodenja in krmilnik),
- senzorji (pospeška, sile, pomika in umetni vid), vendar ni nujno, da jih robot ima.¹

Isaac Asimov je zasnoval tri zakone robotike v znanstvenofantastičnem delu »Jaz robot«:

1. zakon: Robot ne sme poškodovati človeka ali z nedelovanjem omogočiti, da se človek poškoduje.
2. zakon: Robot mora ubogati ukaze, ki mu jih izdajo ljudje, razen če bi bili taki ukazi v nasprotju s prvim zakonom.
3. Zakon: Robot mora zaščititi svoj obstoj, dokler taka zaščita ni v nasprotju s prvima dvema zakonoma.

Če bi roboti upoštevali samo te tri zakone, bi kmalu prišlo do nasprotij (npr. v hišo vdre morilec in hoče ubiti človeka, koga naj upošteva robot, kako naj se zaščiti, če bi potem kršil prvi in drugi zakon...)² zato je Asimov zasnoval še ničti zakon (robot ne sme škodovati človeštvu s svojim delovanjem oz. nedelovanjem), ki je najpomembnejši od vseh štirih. Asim je bil tudi prvi, ki je uporabil besedo robotika.³

¹ https://dijaski.net/gradivo/mht_sno_robotika_03_zapiski (pridobljeno dne: 15. 10. 2024)

² <https://www.unite.ai/sl/how-asimovs-three-laws-of-robotics-impact-ai/> (pridobljeno dne: 15. 10. 2024)

³ https://sl.wikipedia.org/wiki/Trije_zakoni_robotike (pridobljeno dne: 17. 10. 2024)

Roboti se delijo na tri skupine:

- antropomorfni, ki imajo rotacijske sklepe, torej so po gibanju podobni ljudem⁴,
- neantropomorfni, ki so industrijski stroji,
- lokomocijski, ki imajo elemente hoje.⁵

4.3. Predstavitev Lego robota

Pri naši nalogi smo uporabljali robota EV3, ki ima v paketu več senzorjev in motorjev. Za uporabo smo morali napisati program, za katerega smo uporabili programsko opremo Lego Mindstorms Education EV3 1.4.5 in njeno novejšo različico Classroom 1.5.3, ki deluje podobno kot Scratch.

Lego robotika združuje lego kocke in napredne tehnologije za ustvarjanje robotov, ki so uporabni za izobraževalne in zabavne namene. Eden najbolj znanih kompletov, Lego Mindstorms EV3, katerega smo uporabljali tudi mi.⁶

Lego roboti spodbujajo učenje, saj učenci preko praktičnega dela pridobivajo znanja iz programiranja, mehanike in reševanja problemov. Poleg tega so priljubljeni na tekmovanjih.⁷

Tipičen lego robotski komplet vključuje programabilno enoto, ki deluje kot t. i. možgani robota, različne senzorje, motorje in konstrukcijske elemente za gradnjo. Programiranje je prilagojeno različnim nivojem znanja, od vizualnih orodij za začetnike do tekstovnih jezikov, za naprednejše uporabnike.⁸

Lego robotika ponuja edinstveno kombinacijo učenja, ustvarjalnosti in zabave.

⁴ https://robolab.si/wp-content/uploads/Robolab_Images/slovar_robotskih_izrazov_web.pdf (pridobljeno dne: 21. 10. 2024)

⁵ https://dijaski.net/gradivo/mht_sno_robotika_03_zapiski (pridobljeno dne: 23. 10. 2024)

⁶ <https://www.lego.com/en-si/themes/mindstorms/ev3> (pridobljeno dne: 5. 11. 2024)

⁷ <https://www.firstlegoleague.org/> (pridobljeno dne: 18. 11. 2024)

⁸ https://en.wikipedia.org/wiki/Lego_Mindstorms (pridobljeno dne: 20. 11. 2024)

4.4. Programska oprema

O programu Scratch

Scratch je visokotehnološki vizualni programski jezik, ki temelji na t. i. Svetu je bil predstavljen leta 2007, razvili pa so ga sodelavci inštituta Media Lab ameriškega MIT (Massachusetts Institute of Technology). Programski jezik je bil preveden v več kot 70 jezikov, med njimi tudi v slovenskega. Ciljno občinstvo Scratch-a so šolski otroci med 8. in 16. letom starosti. Uporabniki lahko ustvarjajo t. i. projekte, katerih število je aprila 2024 preseglo milijardo. Scratch-eva spletna stran se menuje scratch.mit.edu. Scratch 3.0 se izvaja na jezikih HTML5 in JavaScript.

Na projektih lahko uporabniki izdelujejo svoje animacije, računalniške igre in interaktivne zgodbe. *»Svoje izdelke lahko prikazujejo na svetovnem spletu in jih delijo z drugimi, izmenjujejo izkušnje in se učijo.«⁹*

Ena izmed prednosti Scratch-a so tudi bloki. Scratch je primarno namenjen otrokom in njim je enostavneje interaktivno zlagati oz. sestavljati te bloke, kot pa ukvarjati se s programsko slovnico, na kateri temeljijo zapletenejši programski jeziki. Bloke delimo glede na njihove funkcije, ki pa so:

- Gibanje,
- Videzi,
- Zvok,
- Dogodki,
- Krmiljenje,
- Zaznavanje,
- Operatorji in
- Spremenljivke in
- Moji bloki, kjer lahko, kakor že ime pove, ustvarjaš svoje lastne bloke.

⁹ Lajovic, str. 5

Poleg zgoraj opisanega območja kode, pa imamo še videze, kjer lahko prilagajaš videz izbrane figure in pa zvoke, kjer lahko dodaš posnete zvoke.

Ta programski jezik smo izbrali zaradi našega predhodnega stika z njim in njegove preproste uporabe.

O programu Lego Mindstorms Education EV3

Lego robotika se je razvila iz dolgoletne tradicije Lega, ki je proizvajalo izobraževalne igrače. Prvi pomembni korak v Lego robotiko je bil projekt **Lego Mindstorms**, ki je bil uveden konec 90. let. Ta sistem je temeljil na raziskavah na MIT Media Lab in je bil zasnovan za izobraževanje in raziskovanje robotike. Mindstorms je omogočil gradnjo prvih preprostih, a zmogljivih lego robotov, ki so jih lahko programirali otroci in odrasli.

S časom so sledile nadgradnje tega sistema, kot so:

- **Lego Mindstorms NXT** (2006), ki je vključeval bolj napredne funkcije in boljše senzorje.
- **Lego Mindstorms EV3** (2013), ki je še dodatno izboljšal zmogljivosti in vpeljal več možnosti za programiranje.
- Leta 2020 je Lego predstavil nov sistem, imenovan **Lego SPIKE Prime**, ki je nadgradil in poenostavil učni proces robotike, hkrati pa ohranil možnost za bolj napredne projekte.

5. Eksperimentalni del

5.1. Predstavitev eksperimentalnega dela

Prvi izziv: lego robot igra klavir

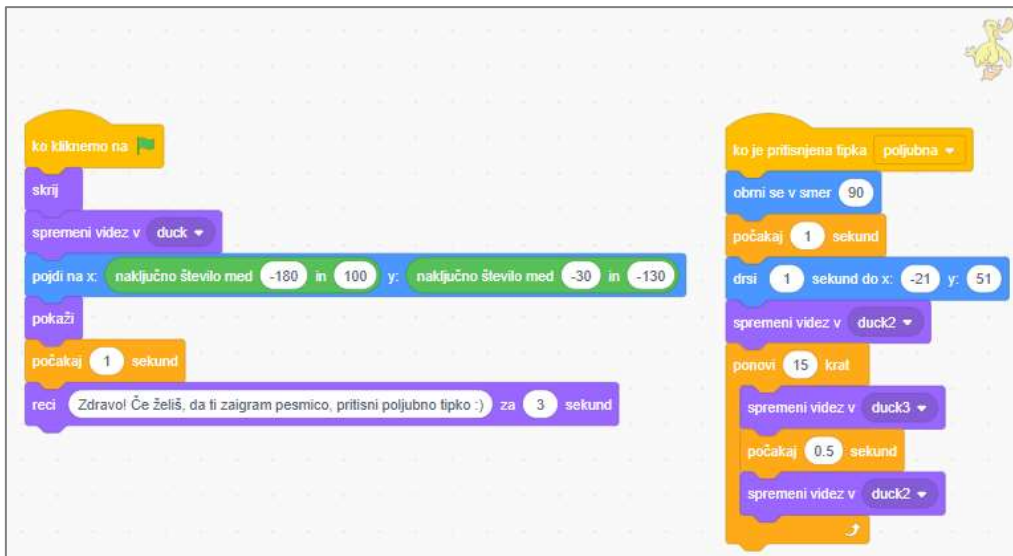
Opis prvega izziva - izvedba v Scratchu

V Scratchu smo ta izziv naredili tako, da smo najprej izbrali dve figuri: raco in klaviaturo. Za raco smo ustvarili dodatni videz, na katerem ima figura malo spremenjeno lego roke. Poiskali smo zvok piana in ga skrajšali. Zvok je postal previsok in prerezek. Zato smo morali pri programiranju izbrati ukaz »nastavi učinek višine tona na x« in ugotovili smo, da moramo vrednost višine tona nastaviti na –120. S poskušanjem smo ugotovili, da se višina tona zviša za cel ton, če vrednost višine tona v ukazu povečamo za 20 (npr. če je vrednost višine tona nastavljena na –120, bo figura zaigrala ton C, če je vrednost višine tona nastavljena na –100 bo figura zaigrala ton D itd.). Raco smo sprogramirali tako, da se je postavila na naključno mesto v spodnji levi polovici okna in drsela do klaviature. Njena videza smo izmenično spreminjali na pol sekunde in s tem ustvarili izgled, kot da raca resnično pritiska na tipke klaviature s prsti. Istočasno so se ustrezno spreminjale vrednosti višine tona pri klaviaturi. Štirikrat se je predvajal ton C (vrednost višine tona je nastavljena na –120), štirikrat ton D (vrednost višine tona je nastavljena na –100), dvakrat ton E (vrednost višine tona je nastavljena na –80), nato dvakrat ton D in nazadnje še trikrat ton C.

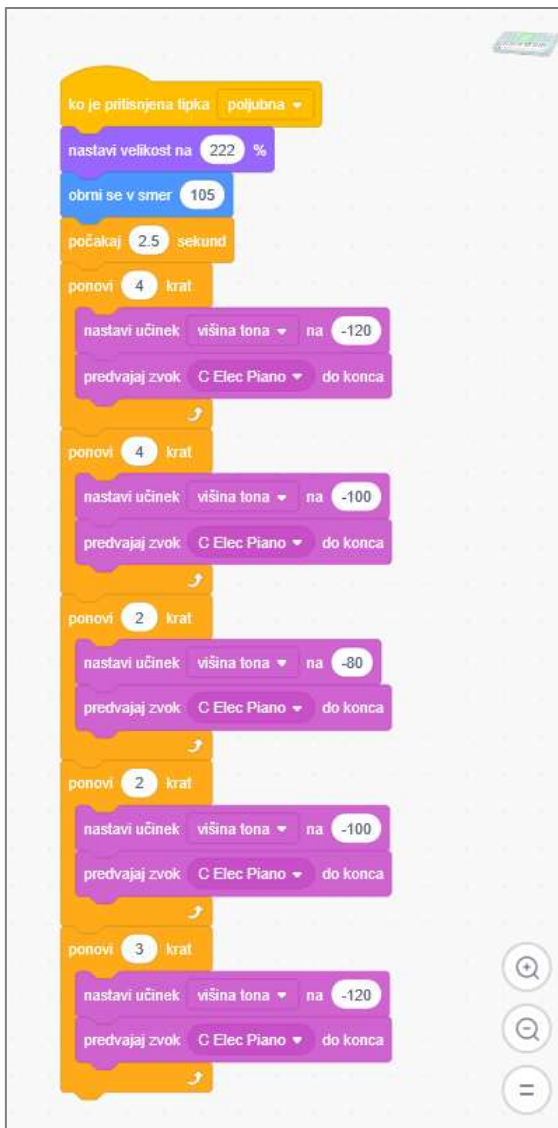
Projekt je dostopen na povezavi <https://scratch.mit.edu/projects/1117785928>.



Slika 1: Luka in Jaka programirata v Scratchu.



Slika 2: Zaslonski posnetek kode figure race.



Slika 3: Zaslonski posnetek kode figure klaviature.



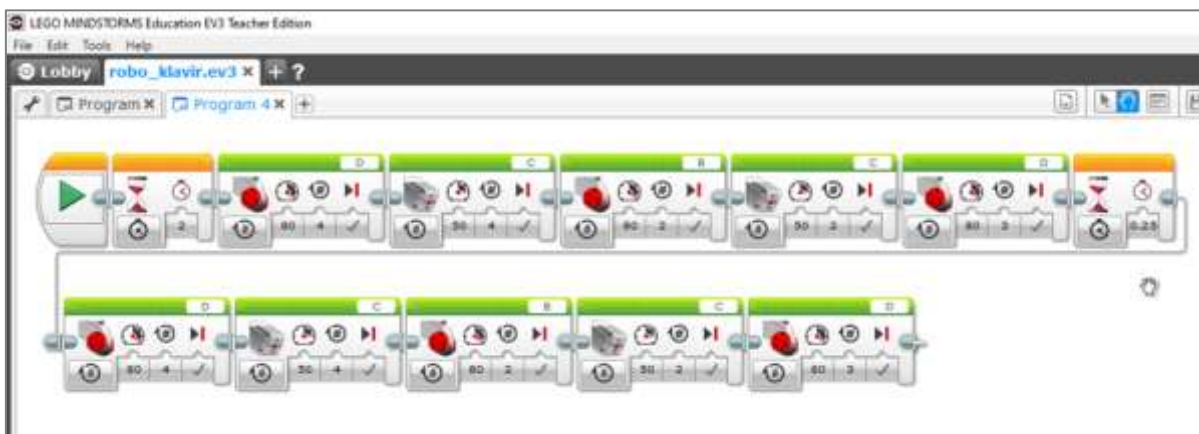
Slika 4: Zaslonski posnetek začetka izvajanja programa po kliku na zeleno zastavico.

Opis prvega izziva – izvedba z robotom

Cilj poizkusa je bil, da s pomočjo paketa Lego Mindstorms EV3 in programa Lego Mindstorms Education EV3 1.4.5 sestavimo in sprogramiramo delujočega robota, ki bi lahko na klaviaturi zaigral melodijo Kuža pazi. Najprej smo morali robota sestaviti. Za idejo smo pogledali že sestavljene robote, vendar smo kmalu ugotovili, da se bomo morali spomniti svoje ideje, saj so vsi primeri uporabljali večje število motorčkov, kot smo jih imeli na razpolago mi. Robota smo na koncu sestavili tako, da ima mehanske roke, oziroma prste, ki lahko udarjajo po tipkah klaviature. Naslednji korak je bil, da smo za robota napisali program. Pri pisanju le-tega smo morali najti razmerje med močjo, hitrostjo in časovnim zamikom med dvema udarcema, da je robot čim bolj dovršeno zaigral melodijo. Pri uspešni izvedbi robot natančno in ritmično pritiska tipke klaviature ter predvaja izbrano melodijo. Z izvedbo poskusa smo ugotovili, da lahko roboti upravljajo naloge, ki zahtevajo višje znanje in sposobnosti.



Slika 5: Lego robot igra na klaviaturo.



Slika 6: Zaslonski posnetek programa (blokov), s katerim je robot odigral melodijo »Kuža pazi«.

[Povezava](#) do video posnetka igranja robota na klaviaturo.

Drugi izziv: lego robot predvaja posnetek Mozartove Abecede

Za drugi izziv je Luka na rog zaigral in posnel Mozartovo Abecedo. Snemal jo je z aplikacijo na telefonu "snemalnik". Posneti je moral dva posnetka. Zaradi tehničnih težav glede intonacije in poudarkov na prvem posnetku, je uporabil drugi posnetek.

[Povezava](#) do avdio posnetka Mozartove Abecede, ki jo je Luka odigral na rog.

Opis drugega izziva - izvedba v Scratchu

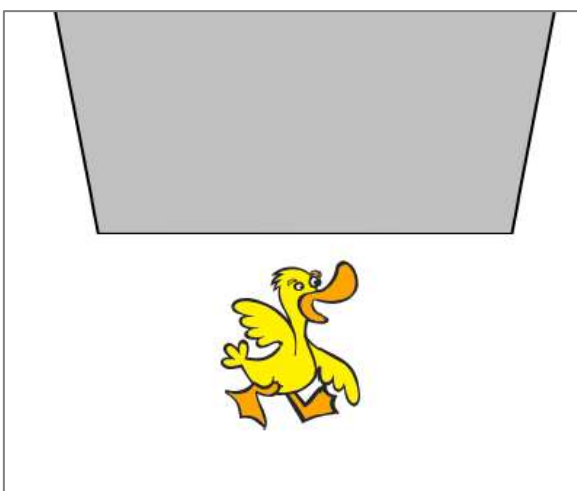
za drugi izziv v Scratchu smo si zadali, da naredimo izdelek, na katerem bo raca šla na oder, predvajala posnetek Mozartove Abecede in v ritmu nanj zaplesala. Posnetek smo iz računalnika naložili med zvoke figure in ga enkrat pospešili. Da bi raca lahko plesala, smo ji ustvarili nov videz, na katerem je imela drugačno pozicijo rok in nog. Dodali smo še eno figuro, to je oder, ki smo ga postavili na vrh okna. Nato smo se lotili programiranja. Ker smo želeli ustvariti izgled, da se race najprej ne vidi, potem pa pride na oder, smo figuro sprogramirali tako, da se na začetku programa vedno postavi na točno določene mesto (spodnji del okna) in je skrita. To smo naredili tako, da smo ji določili ustrezni koordinati ($x = 12$, $y = -212$) in jo naredili nevidno z ukazom »skrij«. Ko program zaženemo s klikom na zeleno zastavico, se raca pokaže na prej določeni koordinati, nato pa drsi do sredine odra. Po eni sekundi začne predvajati posnetek in hkrati plesati. Ples figure smo sprogramirali tako, da

raca na vsako sekundo izmenično spreminja oba videza in s tem ustvarja izgled, kot da pleše. Nato smo, glede na dolžino posnetka Abecede, morali ugotoviti, kolikokrat naj raca spremeni videz, da bo ob koncu predvajanja posnetka istočasno prenehala tudi plesati. To smo ugotovili s poskušanjem. V posnetek smo skušali vpeljati še druge glasbene učinke, vendar zaradi ritardanda na koncu posnetka in občasnega prehitevanja na posnetku, glasbeni učinki in posnetek mestoma niso imeli enakega ritma. To je bilo preveč moteče, zato smo te glasbene učinke odstranili.

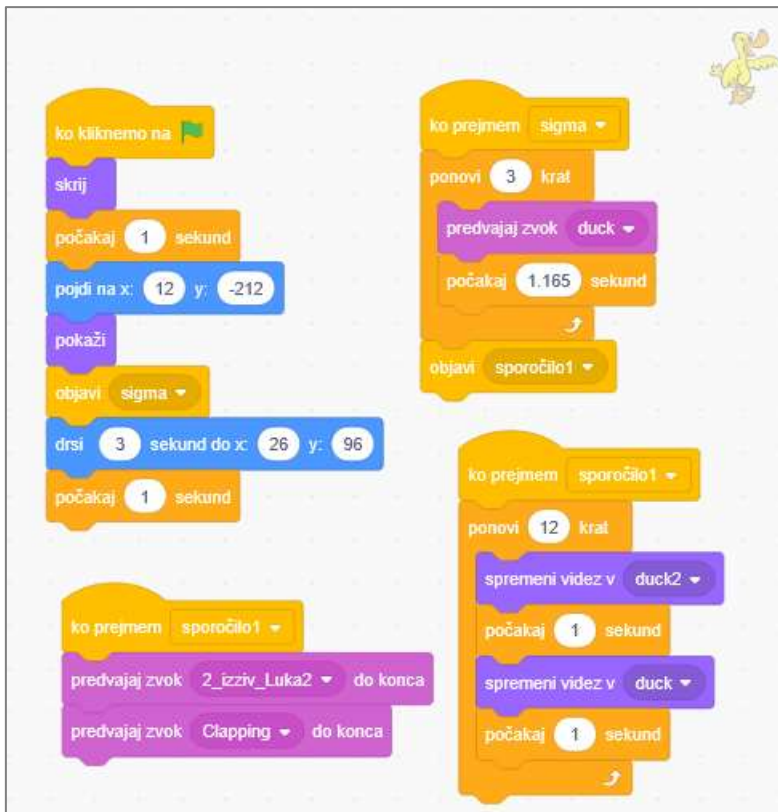
Projekt je dostopen na povezavi <https://scratch.mit.edu/projects/1141156755>.



Slika 7: Program v nastajanju.



Slika 8: Zaslonski posnetek začetka izvajanja programa po kliku na zeleno zastavico.



Slika 9: Zaslonski posnetek kode figure race.

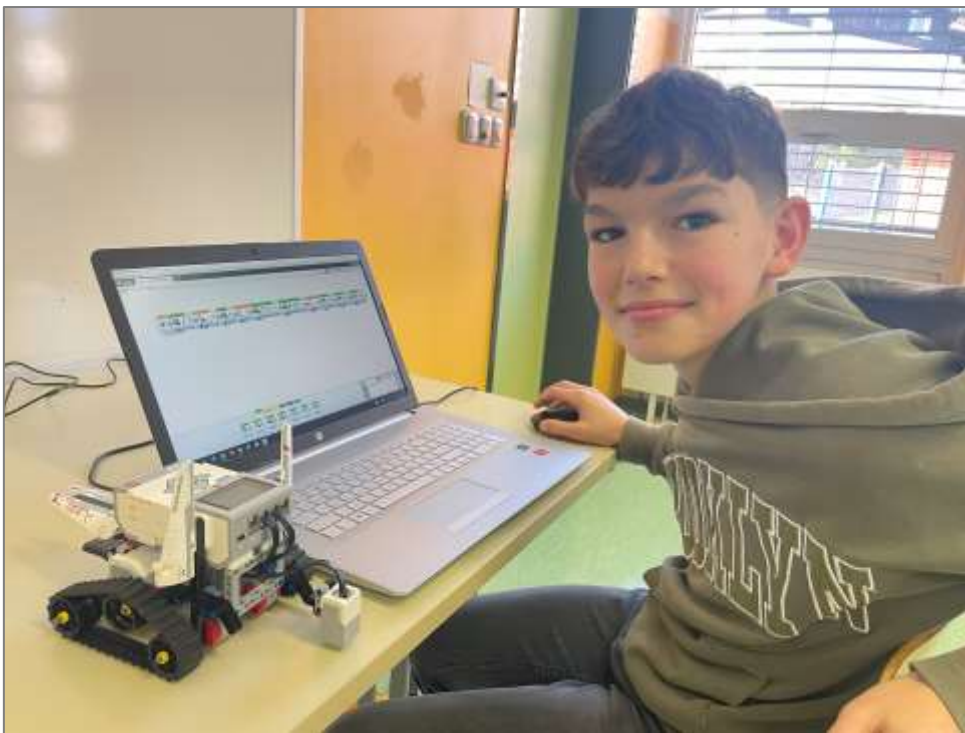
Opis drugega izziva – izvedba z robotom

Tako kot pri figuri v Scratchu, smo tudi pri izzivu z robotom želeli, da robot najprej pride na oder, se obrne proti občinstvu in predvaja posnetek Mozartove Abecede, ki jo je Luka zaigral na rog. Z barvnim lepilnim trakom smo označili oder, ki naj bi ga robot prepoznal s pomočjo svetlobnega senzorja.

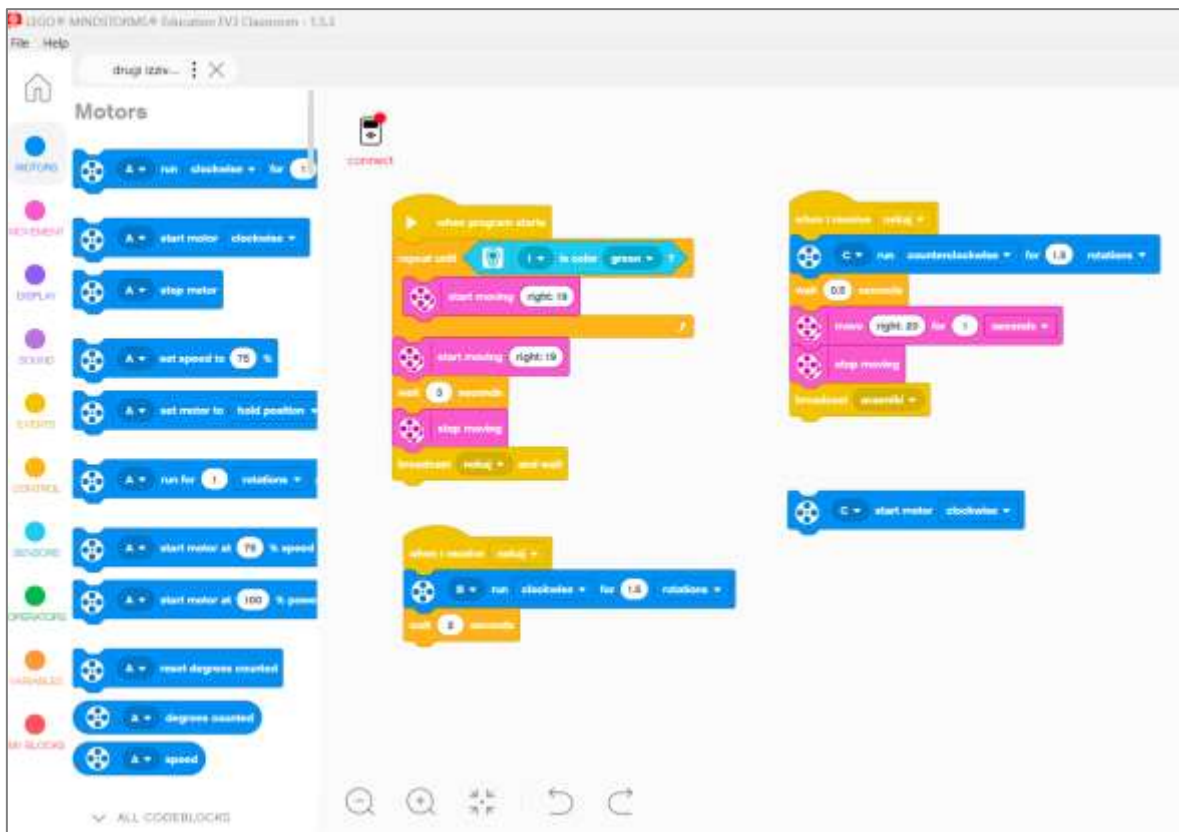
Programirati smo začeli, za razliko od prvega izziva, v novejši verziji programa (Lego Mindstorms Education EV3 Classroom 1.5.3). Ko smo že sprogramirali gibanje robota, smo ugotovili, da v tej različici programa robota ne moremo sprogramirati tako, da bi predvajal skladbo. Med ukazi, ki so na voljo, namreč ni ustreznih ukazov za predvajanje zvočnih posnetkov. Zato smo se vrnili na starejšo različico programa (Lego Mindstorms Education EV3 1.4.5), kjer pa ti ukazi so na voljo. Robota smo začeli programirati od začetka. Ponovno smo naleteli na težave, tokrat pri programiranju gibanja robota. Svetlobni senzor na robotu ni pravilno zaznal, kdaj robot prispe do odra, ki ga označuje modri lepilni trak. Težavo smo najprej poskusili rešiti tako, da smo zamenjali barvo lepilnega traku. Predvidevali smo namreč, da je kontrast med modrim lepilnim trakom in tlemi, ki so modro-zelene barve, premalo

izrazit in zato senzor ne prepozna različnih barv. Da bi bil kontrast med barvama bolj izrazit, smo modri lepilni trak zamenjali z rumenim. Tudi pri tem poskusu smo bili neuspešni, nato pa smo ugotovili, da je barvni senzor na robotu preveč odmaknjen od tal in zato ne zazna spremembe barve. Problem smo rešili tako, da smo svetlobni senzor približali tlam. Robot je tako uspel zaznati spremembo barve in s tem ugotovil, kje je njegov oder.

Nadaljevali smo s programiranjem predvajanja zvoka. Tudi tu smo naleteli na nekaj težav. Posnetek smo želeli prenesti iz računalnika v program, a tega ta program ne omogoča. Zvočni posnetek lahko v program dobimo samo z direktnim snemanjem zvoka. Posnetek smo tako predvajali na drugi napravi in ga ponovno posneli direktno v program za programiranje robota. Zaradi tega je kakovost posnetka nekoliko slabša. Ker je snemanje posnetkov v tem programu časovno omejeno, smo lahko posneli le delček skladbe naenkrat. Tako smo skladbo posneli v treh delih, robota pa sprogramirali tako, da je predvajal vsak del skladbe posebej, enega za drugim. Če smo zelo pozorni pri poslušanju, lahko opazimo tudi manjše napake na prehodih, ki so posledica predvajanja skladbe v treh delih. Po napornem delu smo izziv uspešno opravili.



Slika 10: Gašper programira lego robota.



Slika 11: Zaslonski posnetek kode neuspešnega poskusa programiranja v novi različici programa Lego Mindstorms Education EV3 Classroom 1.5.3



Slika 12: Zaslonski posnetek programa (blokov), sprogramiran v starejši različici programa Lego Mindstorms Education EV3 1.4.5, s katerim je robot predvajal Mozartovo Abecedo.

[Povezava](#) do video posnetka lego robota, ki pride na oder, se obrne proti občinstvu in predvaja posnetek Mozartove Abecede, ki jo je Luka odigral na rog.

Tretji izziv: lego robot simulira zasedbo Orffovega instrumentarija

Opis tretjega izziva – izvedba v Scratchu

Za tretji izziv v Scratchu smo si zadali, da orkester figur izvede skladbo »Universal Studios Fanfare - Main Theme«.

Sprogramirali smo sedem figur – štiri race, ki so predstavljale inštrumentaliste (trobentač, basist in dva tolkalista), dva inštrumenta (boba, tabla – indijski bobena) in skriti lik, ki je na koncu za namene boljše glasbene izkušnje in polnejšega zvoka predvajal zvok orkestra. Tako kot v prejšnjih dveh izzivih, smo tudi tokrat figuram dodali več videzov in z njimi ustvarili učinek premikanja. Sprogramirali smo jih tako, da z ustreznim menjavanjem različnih videzov ustvarijo animacijo in z njo izgled, kot da figure resnično igrajo na glasbene inštrumente. Glasbeni del izziva nam je povzročal največ težav (kako doseči pravilen ritem, ustrežno trajanje tona, pravilno intonacijo). Ritmično korektnost smo dosegli z ustreznim krajšanjem zvokov, ki so na voljo v Scratchu. Da bi zadeli pravilno intonacijo, smo na spletu poiskali enostaven notni zapis v G duru, po katerem bi sprogramirali glavno melodijo, ki jo igra trobentač. Vendar so možnosti izbire višin tonov v Scratchu zelo omejene, tako poltoni pri trobentaču niso bili na voljo. Zato kljub nezahtevnosti notnega zapisa, nismo uspeli nastaviti ustreznih zvišanih oz. nižanih tonov. Tako smo se odločili, da bomo pravilno intonacijo po posluhu poskusili določiti kar sami. Po velikem številu poskusov nam je uspelo.

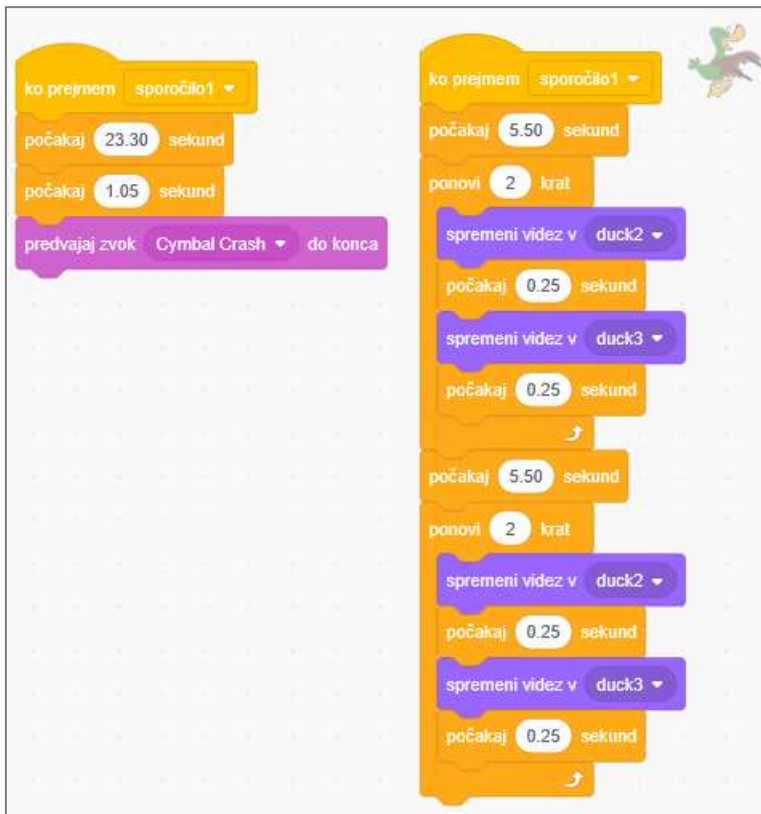
Dodali smo še stranska glasbila (tolkala, bas), ki smo jih morali še ritmično uskladiti z glavno melodijo in med seboj. To smo dosegli s poskušanjem in z merjenjem časa na desetinke natančno.

Na začetku smo si zamislili sicer izziv z Orffovimi inštrumenti, vendar v Scratchu nismo našli ustreznih figur. Ocenili smo, da je za potrebe našega raziskovanja sprejemljivo, da uporabimo figure ostalih glasbil, ki pa jih je v Scratchu na voljo dovolj.

Projekt je dostopen na povezavi <https://scratch.mit.edu/projects/1139960015>.



Slika 13: Zaslonski posnetek kode figure, ki predvaja zvok orkestra. Figura je skrita in na odru ni vidna.



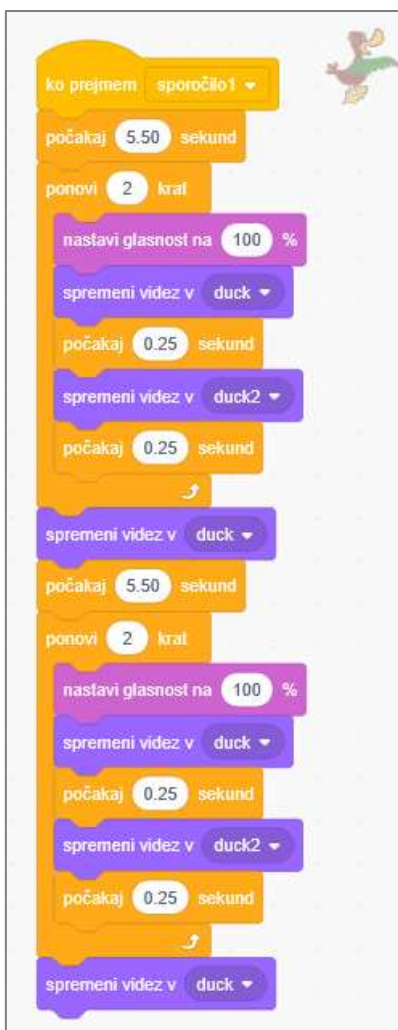
Slika 14: Zaslonski posnetek kode figure, ki igra indijski boben tabla.



Slika 15: Zaslonski posnetek kode figure indijskega bobna tabla.



Slika 16: Zaslonski posnetek kode figure basista.



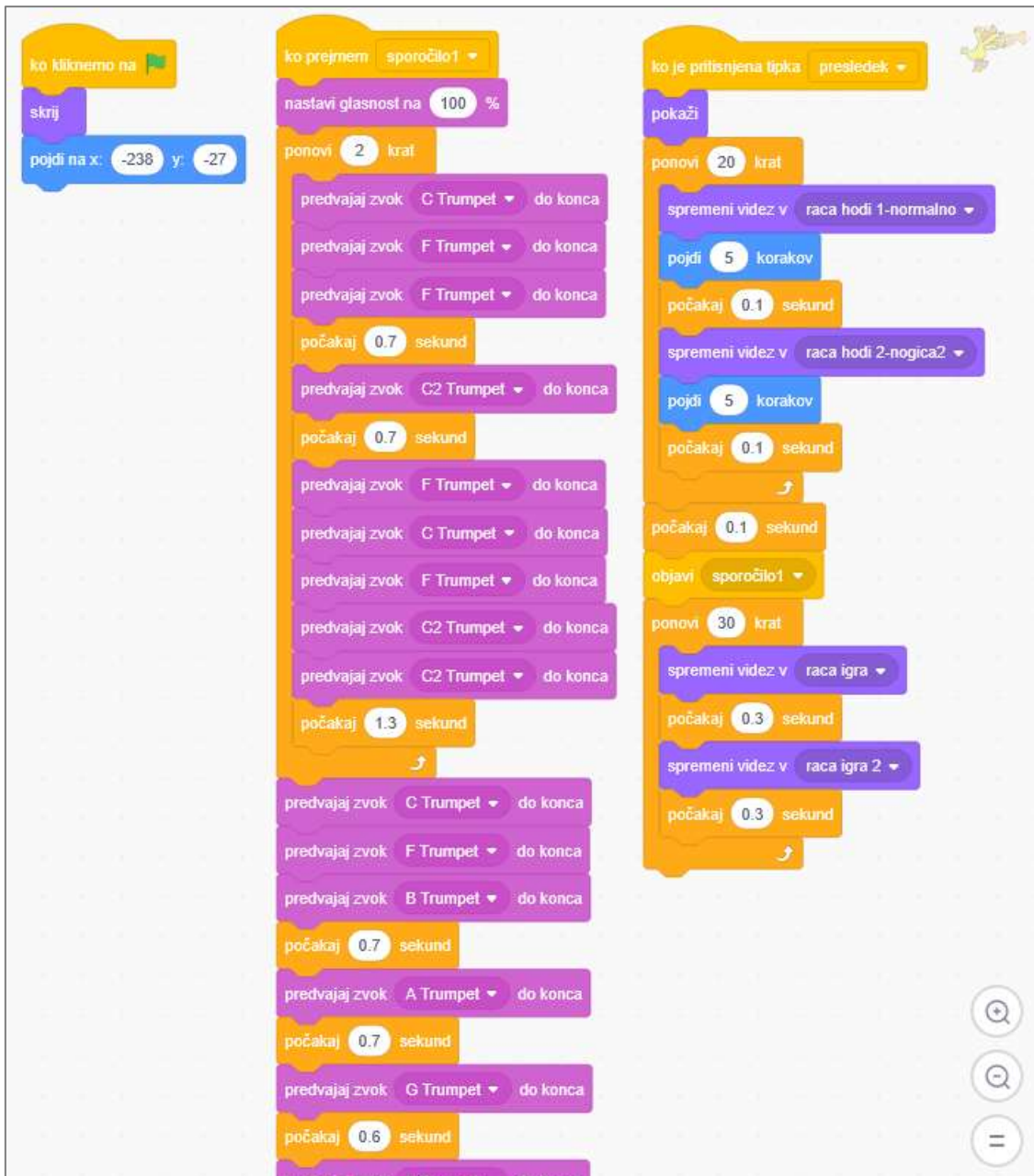
Slika 17: Zaslonski posnetek kode figure bobnarja.



Slika 18: Zaslonski posnetek kode figure bobna.



Slika 19: Zaslonski posnetek igranja orkestra.



Slika 20: Zaslonski posnetek dela kode figure trobentača.

Opis tretjega izziva – izvedba z robotom

Za tretji izziv smo si zadali, da bi robot igral na Orffova glasbila in tako ustvaril simulacijo zasedbe Orffovega instrumentarija. Ugotovili smo, da je za izvedbo orkestra en robot premalo. Potrebovali bi več robotov, da bi lahko vsak igral na svoj Orffov inštrument. Zaradi prevelikih stroškov, ki si jih nismo mogli privoščiti, je zato tretja hipoteza le delno potrjena.

5.2. Razprava - rezultati eksperimentalnega dela

1. hipoteza: Figura v Scratchu in robot na klaviaturo zaigrata preprosto melodijo Kuža pazi.

Melodijo Kuža pazi sta tako računalnik (s pomočjo programskega jezika Scratch) kot tudi robot uspešno izvedla oz. zaigrala. S prvim izzivom tako ni bilo večjih težav. Edini večji problem je bilo nastavljanje vrednosti višine tonov v programskem jeziku Scratch. Pri robotu smo sprva izbrali neustrezno zaporedje celih in pol tonov, zato smo posnetek ponovno posneli. Napako smo odpravili s prerazporeditvijo robotovih mehanskih rok oz. prstov.

Ugotavljamo, da je prvi izziv uspešno opravljen, zato je prva hipoteza potrjena.

2. hipoteza: Figura v Scratchu in robot poiščeta pot do odra, se obrneta proti občinstvu in predvajata posnetek Mozartove Abecede, predhodno zaigrane na rog.

Zadani cilj sta tako robot, kakor tudi računalnik (s pomočjo programskega jezika Scratch) uspešno uresničila. V programskem jeziku Scratch ni bilo večjih težav, odstopanja so se pojavila le pri vključitvi dodatnih zvokov, ki so se zaradi ritardanda (postopnega upočasnjevanja skladbe) ritmično neuspešno vključevali v program. Pri robotu pa smo naleteli na vrsto težav, ki smo jih z več poskusi in korekcijami uspešno odpravili. Ker novejša verzija programa ni vključeval potrebnih ukazov, smo uporabili starejšo verzijo programa.

Ugotavljamo, da je drugi izziv uspešno opravljen, zato je druga hipoteza potrjena.

3. hipoteza: Figura v Scratchu in robot bosta simulirala zasedbo Orffovega instrumentarija.

Tretji izziv ni bil v celoti opravljen. Opravljen je bil le na računalniku v programskem jeziku Scratch, kjer je bilo dosti težav, večina jih je bila v povezavi z glasbo. Prihajalo je do različnih odstopanj, nekatera so morda še opazna, a v program je bilo vloženo ogromno truda. Na pravem robotu pa ni bil opravljen, ker bi za izvedbo tega izziva potrebovali več lego robotov, na voljo pa smo imeli samo enega.

Ugotavljamo, da je tretji izziv delno opravljen, tretja hipoteza je delno potrjena.

6. Zaključek

Programski jezik Scratch je uporabno izobraževalno orodje, ki otroke uvaja v svet računalništva in programiranja. Učence privablja zaradi nezapletenosti samega programskega jezika in zaradi zabavnega načina učenja reševanja problemov, kar je nujno potrebna veščina za poklice prihodnosti. Lego Mindstorms Education EV3 deluje na podoben način kot Scratch in omogoča, da robot, ki ga uporabnik sestavi sam, njegove ideje tudi uresniči. Za razvoj spretnosti in veščin robotike sta tako Lego Mindstorms kot Scratch zelo uporabna in zabavna programska oprema. Posledično nam motivacije za delo ni primanjkovalo.

Pri raziskavi smo ugotovili, da roboti še niso sposobni prekašati oz. biti primerljivi s človeško nadarjenostjo za glasbo, smislom za ritem itd. Slednje bo v prihodnosti najverjetneje mogoče tudi s pomočjo umetne inteligence, ki se hitro razvija.

Zadano nalogo smo opravili v okviru naših zmožnosti in trenutnega znanja programiranja, ki smo ga osvojili pri izbirnem predmetu in samoiniciativno v našem prostem času. Zaradi nedostopnosti več strojne opreme tretjega izziva nismo uspeli uresničiti. Slednje nam je sicer uspelo v programskem jeziku Scratch, kjer pa delo tudi ni potekalo povsem brez težav. Med drugim smo prišli do spoznanja, da trenutne ideje močno presegajo naše znanje in materialne zmožnosti. Zavedamo se tudi, da smo raziskovali s tehnologijo, ki prvotno ni namenjena profesionalni rabi v glasbi.

Namen raziskovalnih nalog na osnovnošolskem nivoju je poleg trdega dela in pridobivanja izkušenj tudi zabava. Slednje je poglobljena razlika od običajnega šolskega dela. Te vrline smo skozi raziskovalno delo zagotovo pridobili zato nameravamo raziskovati tudi v prihodnje.

7. Literatura

- Valk, Laurens. The LEGO Mindstorms EV3 discovery book: a beginner's guide to building and programming robots. 2014. 396 str.
- Valk, Laurens. The Lego Mindstorms NXT 2.0 discovery book: a beginner's guide to building and programming robots. 2010. 315 str.
- Griffin, Terry. The Art of Lego Mindstorms EV3 Programming. 2014. 276 str.
- Isogawa, Yoshihito. The LEGO Mindstorms EV3 idea book: 181 simple machines and clever contraptions. 2014. 232 str.
- Mihelj, Matija. Oddaljeno krmiljenje robota NXT Mindstorm s tehnologijo Bluetooth: diplomsko delo. Maribor, 2014. 62 str.
- Lajovic, Sonja. Scratch. Nauči se programirati in postani računalniški maček. Pasadena. Ljubljana, 2011. 200 str.

Spletni viri:

- https://robolab.si/wp-content/uploads/Robolab_Images/slovar_robotskih_izrazov_web.pdf (pridobljeno dne: 15. 10. 2024)
- https://dijaski.net/gradivo/mht_sno_robotika_03_zapiski (pridobljeno dne: 15. 10. 2024)
- <https://www.unite.ai/sl/how-asimovs-three-laws-of-robotics-impact-ai/> (pridobljeno dne: 17. 10. 2024)
- https://sl.wikipedia.org/wiki/Trije_zakoni_robotike (pridobljeno dne: 21. 10. 2024)
- https://robolab.si/wp-content/uploads/Robolab_Images/slovar_robotskih_izrazov_web.pdf (pridobljeno dne: 23. 10. 2024)
- https://dijaski.net/gradivo/mht_sno_robotika_03_zapiski (pridobljeno dne: 5. 11. 2024)
- <https://zavod123.si/zakaj-je-lego-robotika-pomembna-za-otroke/> (pridobljeno dne: 5. 11. 2024)
- <https://www.lego.com/en-si/themes/mindstorms/ev3> (pridobljeno dne: 18. 11. 2024)
- <https://www.firstlegoleague.org/> (pridobljeno dne: 20. 11. 2024)
- https://en.wikipedia.org/wiki/Lego_Mindstorms (pridobljeno dne: 20. 10. 2024)

Naloga je jezikovno pregledana.