

Gordana LAŠTOVIČKA-MEDIN*

EDUKACIJA DIGITALNOM TEHNOLOGIJOM: TRANSFORMISANJE MIŠLJENJA I RAZMIŠLJANJA U KREIRANJE, DIZAJNIRANJE I INOVIRANJE

Sažetak: Rad prikazuje ideje inovativnog podučavanja fizike i elektronike, gdje se kroz stvaralaštvo prepliću nauka i umjetnost, a mišljeje i razmišljanje transformiše u kreiranje, dizajniranje i inoviranje. Prikazani su radovi studenata koji su mentorisani virtuelnom laboratorijom YouTubea, kreirali i projektovali „plesanje” dioda u ritmu muzike, semafore na protopločama, te kroz računarsku platformu Arduino komponovali Betovenovu „Za Elizu”, dizajnirali uređaje koji boje pretvaraju u zvuk i mapirali elektromagnetne talase u prostoru. Tu je i nezaobilazni svijet igračaka kroz koji su studenti upoznavali svijet integrisanih ploča, mikroprocesora, zvučnika, i elektromotora, kao i čarobni svijet simulacija kojima smo kroz inovacije putovali u budućnost. Rad promovise kreativnost i inovativnost studenata II godine studijskog programa Fizika na PMF-u koji su 2014. inovativnošću možda i prevazišli svog učitelja, autora ovog teksta, i time ispunili misiju obrazovanja.

1. UVOD

Da li je uvođenje digitalne tehnologije u školski sistem neophodno? Jeste, i nezibježno jer digitalna tehnologija postaje ugrađena u sve sfere života. Ključno pitanje je kako to uraditi na pravi način da ima svrhu obrzovanja. Neophodno je uhvatiti ‘cijelu’ sliku, ne segmente rasparčanog, nepovezanog školstva, bez budućnosti u društvu i svijetu koje se rapidno mijenja, raste, enormno konektuje, negdje žuri. Najlakše je (ukoliko postoji finasijska podrška) implementirati digitalnu tehnologiju u obrazovni sistem, pa čak i naučiti djecu da je koriste, mada to i nije neophodno jer su djeca kroz interakciju sa okolinom (posmatranjem, kopiranjem) to ve-

* Gordana Laštovička-Medin, Univerzitet Crne Gore, Prirodno-matematički fakultet

ma dobro savladala. Ključno je pitanje šta sa tim dalje. Da li imamo viziju, strategiju šta želimo da uradimo dugoročno sa tim? Da li je digitalno opismenjivanje usmjereno ka konceptualno-deklarativnom znanju, korisničkoj upotrebi digitalnih medija ili inventivnom stvaralaštvu? Ukoliko nam je cilj povećanje funkcionalnog znanja i veće prometne vrijednosti znanja onda edukatori moraju dati drugačiju dimenziju obrazovanju i podučavati savremenije i zahtjevnije digitalne vještine. Ono što djeci treba sa aspekta digitalne pismenosti i kognitivnih vještina jeste da steknu vještine čitanja hipertekstova, da koriste multimedije u inovativnom smjeru, da programiraju, konstruišu robote, upravljaju njima. Mnoge razvijene zemlje Evrope to podržavaju (mikrokontrolori *Raspberry Pi* su već odavno „ušli” u osnovne škole).

Prezentirani članak je organizovan na sljedeći način. Nakon kratkog pregleda svjetskih trendova obrazovanja digitalnom tehnologijom, biće dat kratak kritički pregled nedostataka obrazovnog sistema u Crnoj Gori sa aspekta razvoja kognitivnih sposobnosti i funkcionalnog znanja. Nakon toga slijedi kritički osvrt digitalnog opismenjivanja u Crnoj Gori sa aspekta svjetskog trenda, definisanje problema i ponuđena rješenja koja su podržana opisom studije slučaja date u posljednjem poglavlju – inovativne metode podučavanja koja je implementirana na predmetu Osnove mjerenja u Fizici I u II na studijskom programu Fizika na Prirodno-matematičkom fakultetu Univerziteta Crne Gore kroz *Open Source* platformu, STEAM (eng. *science, technology, engineering, art and math*) pedagogiju i kroz dizajniranje mini laboratorija uz primijenjeni koncept arhitekture i dizajna „embedded” sistema.

2. TRENDOVI DIGITALNE PISMENOSTI U SVIJETU

Digitalizovan svijet se rapidno mijenja. Sa sobom donosi nove trendove i nove zahtjeve: mobilno učenje (eng. *mobile learning* ili *learning-on the go*), personalizovano (učenje u skladu sa potrebama i afinitetima (eng. *self-motivated* i *self – driven/directed*), intervenciju edukatora po potrebi i u skladu sa sposobnostima i motivacijama učesnika u procesu obrazovanja (eng. *data-driven desicion*), umreženo učenje (*cloud learning*), digitalne tekstovi, masovnu distribuciju znanja (*mass distribution*) – učenje bilo gdje, učenje bilo čega, učenje od bilo koga (kroz socijalne interakcije). Osnovna ideja je – participiranje (učestvovanje). Promovisanje kreativnosti je pojačalo i osnažilo trend participativne kulture (*participatory cultu-*

re), pojam je prvi put formulisao teoretičar medija Henry Jenkins u *Beloj knjizi o participativnoj kulturi* [1]. Riječ je o slobodnom i otvorenom pristupu istraživanjima koja su na samom početku, a koja su, kod analitičara i istraživača *Open Sourcea*, zastupljena u najrazličitijim oblicima, mada je pritom najviše riječ o interakciji u i sa medijima.

U dijelu koji slijedi opisaćemo osnovne multimedijske kompetencije koje svjetski trend zahtijeva za uspješno učešće u medijskim participativnim procesima:

– *eksperimentalna igra* (eng. *Play*): sposobnost da se kroz igru eksperimentiše strategijama rješavanja problema;

– *igra identitetima kroz predstavu* (eng. *Performance*): sposobnost uzimanja alternativnih identiteta u cilju imporvizacije i otkrića tj. sposobnost preuzimanja i istraživanja alternativnih identiteta;

– *simulacija tj. građenje modela* (eng. *Simulation*): sposobnost konstruisanja, primjene i analiziranja dinamičnih modela realnih procesa, tj. sposobnost interpretacije i modelovanja procesa iz realnog života;

– *prisvajanje tj. ponovna upotreba sadržaja* (eng. *Appropriation*): sposobnost ponovne upotrebe medijskih sadržaja na kreativan način, odnosno vještina smislenog preuzimanja i obrade medijskog sadržaja;

– *multitasking, adaptivni multitasking* (eng. *Multitasking*): sposobnost globalnog shvatanja okoline i po potrebi fokusiranja na pojedine detalje; vještina istovremenog obavljanja više različitih procesa (mogućnost skeniranja okruženja i promjene fokusa na specifične detalje po potrebi);

– *kolektivna inteligencija* (eng. *Collective Intelligence*): sposobnost stvaranja kolektivnog znanja zarad ispunjenja zajedničkog cilja;

– *prosudivanje tj. kritičko procjenjivanje medijskih sadržaja* (eng. *Judgment*): sposobnost rasuđivanja o vjerodostojnosti i etičkoj prihvatljivosti medijskih sadržaja;

– *umrežavanje* (eng. *Networking*): sposobnost da se pomoću mreže traže, analiziraju i publikuju informacije i znanje, tj. sposobnost traženja, kombinovanja i širenja informacija;

– *širenje vidika tj. odnos prema alternativnim normama* (eng. *Negotiation*): sposobnost razumijevanja različitih društvenih sistema vrijednosti i prilagođavanja alternativnim normama, odnosno sposobnost učešća u različitim zajednicama, razaznavanja i poštovanja raznih perspektiva, prihvatanja i slijeđenja alternativnih normi;

– *distribuirano saznanje, odnosno podijeljeno opažanje* (eng. *Distributed Cognition*): sposobnost smislene interakcije sa alatima za širenje intelektualnog kapaciteta;

– *sposobnost vizualizacije* (eng. *Visualization*): sposobnost stvaranja i razumijevanja vizuelnih reprezentacija informacija.

Gorenavedeno ilustriramo primjerom sve popularnijeg *Arduina* i *Raspberry Pi* (koje je autor teksta primijenio u samom nastavnom procesu). *Arduino* je mikrokontrolor, a *Raspberry Pi* je mikroprocesor koji funkcionira kao samostalan računar. Navedeni digitalni uređaji nijesu bili prevashodno namijenjeni inženjerima elektronike, niti ekspertima na polju kompjuterskog/inženjerskog programiranja. *Arduino* i *Raspberry Pi* su bili prevashodno namijenjeni za umjernike, kreatore, hobiste, kao i za djecu u cilju unapređivanja vještina programiranja. Upravo ta mogućnost „kreiranja”, stvaranja, inoviranja data svima kao „mogućnost” stvorila je jednu novu vrstu „naučnika” – DIY (eng. *Do-It-Yourself*). Rapidni svjetski trend „stvari,; *Internet-of-Things* i *Wearable Things* upravo je nastao iz kreativnosti onih koji nijesu bili uskospecijalizovani u oblasti inženjerstva, elektronike i programiranja, i opstao upravo zbog „inovativne kreativnosti” date svima, umreženosti i distribuiranosti znanja, slobode participiranja – „sharing” kulture, čime je data jedna nova dimenzija učenju, učenju kroz učenje o sistemu, učenju o sistemu kroz dizajniranje – *system thinking*.

3. KRITIKA OBRAZOVNOG TRENDA U CRNOJ GORI

U Crnoj Gori participativna kultura ima drugačiji trend – većinom kroz potvrđivanje strategija iniciranih od strane menadžmenta obrazovne politike, i uz minimiziranu sposobnost smislene interakcije sa alatima za širenje intelektualnog kapaciteta. Obrazovna politika koja je centralizovana, diktirana iz centara upravljanja ne daje dovoljno prostora za kreativno dizajniranje nekog drugačijeg načina učenja i podučavanja.

Pažljiv pogled na obrazovnu stvarnost u Crnoj Gori razotkriva nesklad između teorijski koncipiranih zahtjeva, obrazovnih potreba i postojećeg stanja nastavne prakse i digitalnih kriterijuma koje postavlja svjetska ekonomija. „Savremeni trendovi u obrazovanju su odraz i rezultat duhovne situacije našeg vremena u kojem se često ukida razlika između obrazovanja kao duhovnog rasta i razvoja i obrazovanja kao sredstva neposredne operativne djelatnosti u konkurentskoj borbi za prestižom i moći” [2]. Glavni pokretač želje za većim i boljim obrazovanjem nije interes za predmet koji

se proučava ili interes za saznanje i intelektualni uvid kao takve, nego povećana prometna vrijednost koju znanje daje.

Sistem visokog obrazovanja kakav je trenutno zastupljen na Univerzitetu CG skoro da i ne produkuje znanje koje je „upotrebljivo”, niti znanje koje prati tehnološki progres. Možda je to povezano i sa neusklađenošću tehnološkog progressa, zahtjeva digitalne ekonomije i programa koji se podučavaju. Sve je više prisutno odsustvo osmišljenog djelovanja u novim/ tehnološkim uslovima, manipulisanje sistemom obrazovanja i sve više komercijalizacije neznanja, ali dozvoljeno onima koji imaju moć odlučivanja. Pojavljuje se tendencija finansiranja projekata *u ime* promovisanja „potreba” za znanjem, a malo je sluha za same potrebe „realizovanja” tog znanja i poboljšanja uslova rada u kojima se odvija sam spoznajni proces kao i adekvatno nagrađivanje onih koji „prenose” znanje. Intelektualci kao da polako iščezavaju.

Zanemareno je kultivisanje inovacija, ideja. Ponekad se čini da studenti u Crnoj Gori nijesu srećni kada im se daju mogućnosti samostalnog izbora problema koji bi željeli proučiti ili riješiti. Oni žele da im se definiše pitanje i pokaže rješenje i memorisanje tog rješenja smatraju učenjem. Sloboda nosi odgovornost, i to se ne čini primamljivim ukoliko se živi u sistemu gdje je uvijek neko drugi odgovoran za vlastita neznanja. Čini se da se negdje veoma griješi, jer su se mladi ljudi tokom školovanja u osnovnoj i u srednjoj školi veoma istrošili, mozgove ‘ispržili’ tako da nema očaranosti učenjem, odnovo studiranjem (koje bi izvorno trebalo da predstavlja istraživanje, postavljanje pitanja i traženje odgovora na njih).

Ne postoje kreativne laboratorije sa opremom koja ne bi bila namijejena instruisanju studenata već data studentima, da oni sami dizajniraju, kreiraju, inoviraju, ispituju. Ne postoji laboratorije koje bi podržavale umrežavanje znanja, distribuiranje znanja, dijeljenje (*sharing knowledge* – povezane univerzitetske jedinice). Kao primjer navešćemo da su laboratorijske vježbe iz Praktikumuma II (Elektromagnetizma i Optike) na studijskom programu Fizika na Prirodno-matematičkom fakultetu identične onima koje su rađene prije tridesetak godina (kada je autor ovog teksta studirao), ne samo organizacija vježbi, već i oprema koja se koristi. Predavanja iz Osnova mjerenja u fizici I i II su rasporedom predavanja predviđena u amfiteatru gdje je valjda zamišljeno da se mjerenja odvijaju kredom po tabli i tako doprinosi kvalitetu predavanja.

Prilično smo zaspali i postali inertni, u čekanju i ponavljanju onoga što smo radili i radimo godinama. Možda je to za edukatore u redu, ali zasi-

gurno za studente nije jer ih ne pripremamo za izazove društva u kojem oni žive niti im tako dajemo „umne” alatke kojima će se snalaziti u budućnosti. Nema komunikacije nastavnik – učenik, već nastavnik–kreda–tabla, nema reflektivnog podučavanja, komunikacije kroz koju se interaktivno, kroz dijalog, debatu, kognitivne konflikte, suočavanje misli, konstruiše–kreira–mijenja znanje. Studenti nauče da imenuju pojave, fizičke veličine, zakone u fizici, bez stvaranja smislenih veza, ponavljaju memorisane činjenice bez razumijevanja koncepta iza imenovanih pojmova. Razgovor koji inicira razmišljanje, predstavlja intelektualni napor i vrlo često studenti odbijaju da sarađuju. Ne postoji svjesnost o (ne)upotrebljivosti (ne)znanja. Očekuje se da studente „neko stalno drži za ruke” i da je u nastavnici-ma „odgovornost” za njihova „znanja”, kao što se valjda očekuje i od društva da kreira „posao”. Takođe, ne postaje se nastavnikom ili profesorom činom izbora u nastavničko zvanje, već realitetom obrazovnog djelovanja [2, 3]. „Učitelja i profesora samo prividno postavlja ‘establishment’ baš kao što samo prividno ‘establishment’ privodi studente. Student nije profesoru dan, nego mu je zadan. Hoće li ga on uspjeti učiniti svojim studentom, kako će njih dvojica boraviti jedan pored drugoga, student uz svog profesora biti samoukim, a profesor kraj svojih studenata voditi razgovor sa samim sobom, to ne može odrediti ‘establishment’ činom postavljanja, nego biva uvijek ponovo mogućnost koja se može ispuniti u autentičnu obrazovnu realizaciju ili se isto tako može promašiti, pa i doživotno promašiti” [2]. Uspjeh zavisi od nas, od otvorenosti našeg uma. Problem nastaje kada se začaurimo, posebno umno. A opasno postaje kada ljudi koji se umno začaure imaju moć kreiranja politike obrazovanja, ili čak određivanja kvaliteta nastave.

4. KRITIKA TRENTA DIGITALNOG OPISMENJAVANJA U CRNOJ GORI: PARADOKS PODUČAVANJA

Učenici u osnovnoj i srednjoj školi steknu solidno konceptualno-deklarativno znanje iz oblasti informaciono i komunikacione tehnologije (ICT), ali gotovo da ništa ne nauče iz kompjuterskog inženjerstva ili kompjuterskog programiranja koji su trenutno primarne digitalne vještine, niti o interfejsu hardvera i softvera. Pojavljuje se paradoksalna situacija: nove digitalne trendove kreiraju mladi ljudi. Nastavnici koji predavaju osnove ICT-a i kompjutersko programiranje nemaju motivaciju, a možda ni predznaje da „uhvate” svjetski trend u programiranju i dizajniranju sistema. Kao

rezultat ovog nesklada – rapidnih promjena u digitalnom svijetu i nedovoljnog znanja nastavnika da sami programiraju i kreiraju, nastavnici od učenika zatijevaju samo konceptualno-deklarativno znanje jer je to ono čime su oni sami dobro ovladali. Potrebe učenika ovim nijesu zadovoljene. Funkcionalno znanje – programiranje, prevashodno u interakciji sa elektronikom i hardverskom platformom, dakle, programiranje sa ciljem, gdje se rezultat podučavanja vidi u konačnom proizvodu – gotovo da i ne postoji unutar obrazovnog sistema Crne Gore. Zahtjevnije digitalne vještine – kompjutersko programiranje koje se ugrađuje (eng. *embedded*) u hardversku platformu – gotovo da i nijesu razvijene u Crnoj Gori.

5. PITANJA ZA RAZMIŠLJANJE

Na osnovu prethodno razmatranog, u ovom dijelu biće postavljena izvjesna pitanja (čitaocu i menadžmentu znanja) u clju buđenja svijesti da se mora nešto promijeniti, a nakon toga u poglavlju koji slijedi daćemo sistematizaciju definisanih problema i predložiti rješenja.

Da li smo, kao organizatori procesa učenja, odgovorni što naše studente i učenike ne učimo da misle? Da li nosimo odgovornost zbog toga što našim studentima ne stvaramo uslove studiranja koje imaju njihve kolege u u razvijenim zemljama Evrope? Da li smo odgovorni što se naši studenti gotovo i ne pitaju o svijetu oko sebe?

Ko je ‘spržio’ mozak naše djece i gdje su se talenti iz osnovne i srednje škole izgubili? Da li smo odgovorni što nema ljubavi prema ‘učenju’, ‘traganju za mudrošću’? Da li nekoga zanima šta znači znanje i treba li nam?

Kako transformisati pasivnosti u interaktivnost?

Kako transformisati čekanja u djelovanje, inicijativu? Kako transformirati um koji čeka instrukciju u um koji preuzima sopstveni izbor i sopstvenu odgovornost? Kako transformisati skrivanje iza kolektivnog neznanja u sopstvenu svijest o (ne)upotrebljivosti (ne)znanja?

Kako iskoristiti internet u kreiranju reflektivnog podučavanja, razvijanju metakognitivnih osobina, razvijanju anlognog i logičkog rasuđivanja? Kako uz pomoć interneta transformisati amfiteatar i proces poučavanja?

Kako studente zainteresovati da rade zahtjevnije zadatke, da rade na sebi i zbog sebe? Kako „fixed mindset” pretvoriti u „growth mindset”?

Da li mi moje znanje nudi mogućnost vlastitih kreacija? Da li me moje znanje čini i dalje zavisnim od insrukcija ili mogu da generišem samostalno i samoinicijativno nešto novo?

6. FORMULISANJE PROBLEMA I PREDLOŽENA RJEŠENJA

Formulisanje problema:

1. znanje nastavnika ne smije biti ključni limitirajući faktor u opismenjavanju učenika digitalnim vještinama (djeca mogu sama više, samo im treba dati opremu i laboratorije);

2. digitalno opismenjavanje u CG ne prati svjetski trend, niti zahtjeve svjetske ekonomije;

3. učenici ne stiču vještine adekvatno njihovim vršnjacima u razvijenim evropskim zemljama;

4. ne podstiče se inovativnost u *tinkering, making* kontekstu;

5. vještine programiranja su veoma slabo razvijene jer je podučavanje savremenih programskih jezika i operativnog sistema *Linux* zanemareno;

6. funkcionalno znanje o hardver-softver interfejsu se ne stiče;

7. u školama treba uvesti predmet – tehnologija i dizajn, „igranje” sa hardverom, dizajnom, učenje sistemskog mišljenja.

Da bi se desile značajne promjene u obrazovanju nije dovoljna samo promjena nastavnih planova i programskih sadržaja. Ukoliko se učenje napamet određenog broja činjenica zamijeni usvajanjem drugih činjenica, zapravo se ništa nije promijenilo jer je potpuno irelevantno šta se uči, ali je veoma važno kako se uči.

Predložena rješenja

Autor ovog teksta smatra da treba:

1. kreirati kreativne laboratorije sa DIY opremom, *Arduinom*, *Raspberry*, reciklirajućom elektronikom, igračkama, starim razmontiranim kompjuterima, starim telefonima, koristiti *Android* telefona u cilju upravljanja elektronikom;

2. uvesti robotiku – mehatroniku kao obavezan predmet;

3. učiti djecu da programiraju (*Python*, *C*, *C++* itd.) ili im dati alatke i opremu da to sami rade (time nijesu ograničeni znanjem nastavnika);

4. minimizirati intervenciju nastavnika;

5. uvesti *YouTube* kao „mentora” (video-zapise demonstracija kako nešto napraviti/sklopiti);

6. pustiti učenike da sami analiziraju, povezuju, griješe;

7. kreirati inovativne platforme gdje će učenici participirati sa idejama;

8. *Social learning* – omogućiti uslove u kojima će učenik (bez instrukcija edukatora) kroz međusobnu interakciju sa ostalim učenicima i u interakciju sa hardverom i softverom iterativno inovirati, a rješenja problema tražiti u „dijalogu” sa internetom kao „mentorom”, u „kolektivnoj inteligenciji” umreženog ljudskog potencijala kao eksterne „mozgovne” podrške unapređivati ideje; djeca nijesu opterećena predznanjem i tu je ljepota kreativnosti jer ih neznanje ne sputava; za rješenje problema neznanje ne ograničava ukoliko se zna kako tražiti rješenje;

9. učenje mora postati kreativan proces; imaće smisla samo onda kada student zakuca na vrata kabineta predmetnog nastavnika i postavi pitanje, potraži pomoć pri razumijevanju, jer je time samoinicijativno otpočelo učenikovo sopstveno mentalno putovanje spoznavanja i konstruisanja znanja pri čemu će onaj ko uči pitati ono što ne zna i ono što ga zanima i kada njega zanima, a ne po instrukcijama i tuđem nahođenju (*second-hand knowledge*); da bi inovativne pedagoške i didaktičke metode bile djelotvorne, moramo transformisati i svijest učesnika procesa obrazovanja, kako bi vidjeli i bogatstvo misli iza nje; moramo transformisati svijest ljudi o upotrebljivosti i kvalitetu ‘znanja’ koje imaju.

U dijelu koji slijedi prikazaćemo kreativnost studenata kroz rad na projektima i uz korišćenje interneta i digitalno-komunikacione tehnologije.

7. OPIS STUDIJE SLUČAJA – PROJEKTNO UČENJE I PODUČAVANJE PREDMETA OSNOVI MJERENJA U FIZICI KROZ INFORMACIONO-KOMUNIKACIONU TEHNOLOGIJU

U dijelu koji slijedi opisaćemo suštinu projektne nastave i razlog primjene projektne nastave u okviru predmeta Osnovi mjerenaj u fizici I i II na PMF-u na UCG.

Sušтина projektne nastave sastoji se u saznavanju, istraživanju i reflektovanju. Projekti počinju motivacijom učenika i žive/razvijaju se tako što učenici grade sopstveni proces otkrivanja i saznavanja. Nastavnik, profesor, treba sebe da drži po strani, da je prisutan u pozadini, da kanališe ideje, ali da ih ne generiše, da ne instruiše, već pomaže kad student ima pitanje, ali da ne pita on već student sam dok rješava problem, nastavnik treba sebe da razumije kao nekoga ko takodje uči, ko unaprijed ne zna šta se uči na putu otkrivanja. Veliki pedagozi kao npr. Amos Komenius (1592–1670), Žan Žak Ruso (1712–1778) i Johan Hajnrih Pestolaci (1746–1827) insistirali su da se ne gomilaju materijali i sveznalaštvo. Njima su bili znanje i

principi, uzroci i ciljevi važniji od sadržaja, važno je posmatranje, ali mnogo više djelovanje pri čemu je vrlo važno da se stekne uvid u suštinsko [3].

Na drugoj godini studijskog programa Fizika na PMF-u na UCG se proučava predmet Osnovi mjerenja u fizici I i II. Program proučavanja obuhvata osnove elektrotehnike, osnove analogne i digitalne elektronike i električna mjerenja, uz posebnu pažnju posvećenu sensorima. Zanimljivo je da studenti uglavnom ne posjeduju čak ni minimalno predznanje za rješavanja električnih kola, niti elementarno znanje o osnovnim konceptima u okviru elektromagnetizma, koje je programom predviđeno u osnovnoj i srednjoj školi, što je alarmantno jer ukazuje da se elektrostatika, magnetizam i rješavanje električnih kola ili zapostavljaju tokom predavanja fizike u osnovnoj i srednjoj školi, ili se veoma loše objašnjavaju uz moguću miskoncepciju samih predavača. Zato je najveći izazov u podučavanju Osnovima mjerenja u fizici odučavanje od miskoncepcija kroz kognitivne konflikte, debate, diskusije, analize pogrešnih odgovora, što iziskuje i ogroman intelektualni napor studenata, na šta oni često nijesu spremni jer nijesu navikli da im se mijenjaju sistemi ubjeđenja, a prisutno je i svjesno odbijanje mijenjanja mišljenja, vjerovatno zbog straha izlaska iz konformističkog mišljenja *većine*. Zanimljivo je da se najveći broj miskoncepcija upravo napravi u ovom dijelu fizike tokom učenja u osnovnoj i srednjoj školi. Studenti uglavnom u srednjoj školi nauče da definišu Ohmov zakon, Kirhofova pravila, Faradejev zakon elektromagnetne indukcije, ali kada treba da primijene deklarativno znanje i pretvore ga u funkcionalno pojavljuju se problemi. Ono što je takođe alarmantno, a podučavanje ovog predmeta ukazuje, jeste to da studenti imaju problem vizuelnog i prostornog rezonovanja – razumijevanja el. kola i nevještost ilustriranja teksta slikom (shemom) – problem vizualizacije misli ne kroz verbalnu prezentaciju, već kroz sliku. Sa rješavanja jednačina na koje se studenti naviknu na prvoj godini studija, pri čemu su sposobni čak i da riješe jednačinu, a da ne razumiju niti jednačinu niti rješenje da interpretiraju – treba da pređu na rukovanje vizuelnom predstavom teksta kroz simbolički jezik kola i da istovremeno u apstraktnoj prezentaciji slika prepoznaju fizički zakon i pravila, te postavе jednačinu. Dakle, rješavanje kola i učenje o senzori- ma je sa aspekta kognitivnih vještina kombinacija verbalno-verbalnog rezonovanja, analitičko-holističkog pristupa, gdje se i lijeva i desna strana mozga istovremeno moraju uključiti. Dodatni nedostatak je da što se studenti previše navikli na analitičko rješavanje uz papir i olovku i često ne mogu da 'uhvate' cjelinu jer se premalo ili gotovo nimalo radi na holistič-

kom pristupu učenju. Pokazuje se i tendencija problematizovanja problema umjesto pojednostavljivanja uz korišćenje analogija ili eliminacijom irelevantnih informacija. Zanimljivo je takođe da su studenti prilično nevjesti u rješavaju problema upoređivanjem/anaogijom (eng. *power elimination*), najvjerovatnije zbog nagomilanih miskoncepcija. Studenti takođe ne znaju da mentalno rješavaju problem jer su naučili da previše 'drže' olovku i papir i da rješavaju jednačine koje i ne razumiju. Najveći problem ipak predstavlja nedostatak početne ideje, kao da postoji strah da se nešto počne 'iz početka'.

Kako bi se savladao strah 'počinjanja', *YouTube* je poslužio kao pouzdan *mentor*. Studenti su sami došli do razumijevanja protoploča i raznih primjena LED dioda kroz video-zapise postavljene na *YouTubeu*.

8. DEMONSTRACIJA STUDIJE SLUČAJA: ARDUINO PROJEKTI: KOMPOZITOR NA STRUJU, MJERENJE RAZDALJINE, LCD, TERMOMETAR

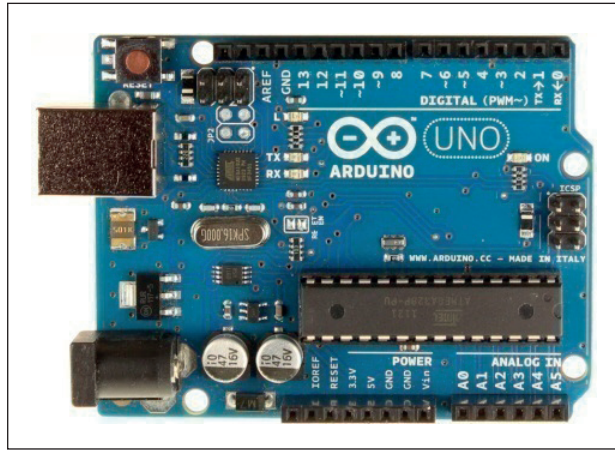
U ovom dijelu biće predstavljena dva projekta koja su studenti realizovali uz pomoć interneta kao 'mentora':

- *Aurdino* projekat
- Zavirimo u igračke

Prvi projekat se odnosi na inovativnu preduzetničku pedagošku metodu: učimo sve odjednom kroz platformu „Open Source” i svijet *Arduina*: pisanje elaborata za izradu projekta, dizajniranje, samoinicijativno naručivanje opreme pomoću interneta, povezivanje elektronike, instaliranje interfejsa između senzora i kompjutera, programiranje [4,5]. Drugi projekat se odnosi na drugačiju pedagošku metodu – učenje elektronike kroz reciklirajući materijal uz mogućnost reprogramiranja čipova ugrađenih u dječije igračke. Cilj prikazivanja radova studenata je prevashodno promovisanje samoinicijativnosti studenata i edukativne uloge digitalnih medija.

Formalno govoreći, *Arduino* je fizička računarska platforma tzv. „otvorenog koda” zasnovana na jednostavnoj ulazno-izlaznoj (*input-output*) ploči i razvojnom okruženju. *Arduino* hardver se programira programskim jezikom zasnovanim na *Wiring* jeziku. U osnovi je sličan C++ programskom jeziku sa izvjesnim pojednostavljenjima i izmjenama. *Arduino* ploču čine osmobaritni Atmel, AVR mikrokontrolor sa pripadajućim komponentama koje omogućavaju programiranje i povezivanje sa drugim elektronikom.

Mikrokontrolor je digitalna elektronska naprava u obliku integrisanog kola. Mikrokontrolori zapravo predstavljaju korak naprijed u odnosu na popularne mikročipove. Namjena mikrokontrolora je upravljanje uređajima i procesima. On u sebi ima širok spektar aktivnih i pasivnih elektronskih komponenti. Tu su, između ostalog, integrisan mikroprocesor, memorija, digitalni i analogni ulazi i izlazi, digitalni satovi („tajmere”), brojači, oscilatori, komunikacioni sklopovi („interfejsi”) i drugi dodaci za koje je nekada bio potreban niz posebnih integralnih kola („čipova”).

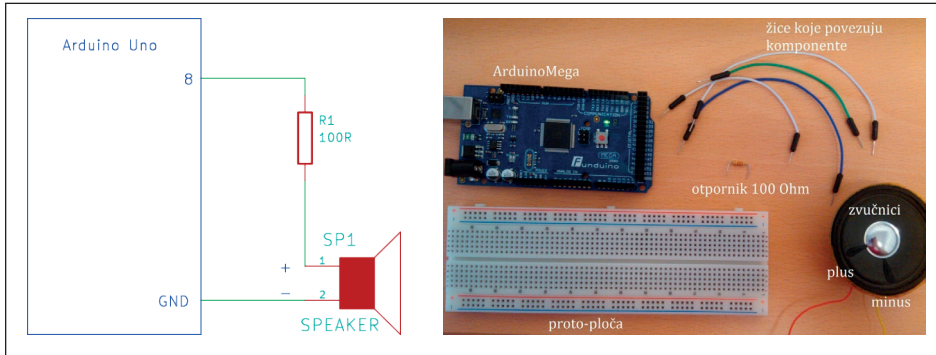


Slika 1. Arduino

Arduino integrisano razvojno okruženje dolazi sa C/C++ bibliotekom zvanom *Wiring* koja čini uobičajene ulazno-izlazne operacije veoma jednostavnim. *Arduino* zapravo predstavlja vezu između računara i spoljašnjeg svijeta. Bilo koji projekat koji ne zahtjeva preveliku brzinu realizacije i rad sa komplikovanim i velikim operacijama i podacima, može se ostvariti uz pomoć ovog „malog čuda”. Ono što je veoma interesantno jeste njegova veza i rad sa stvarima koje svakodnevno susrijećemo.

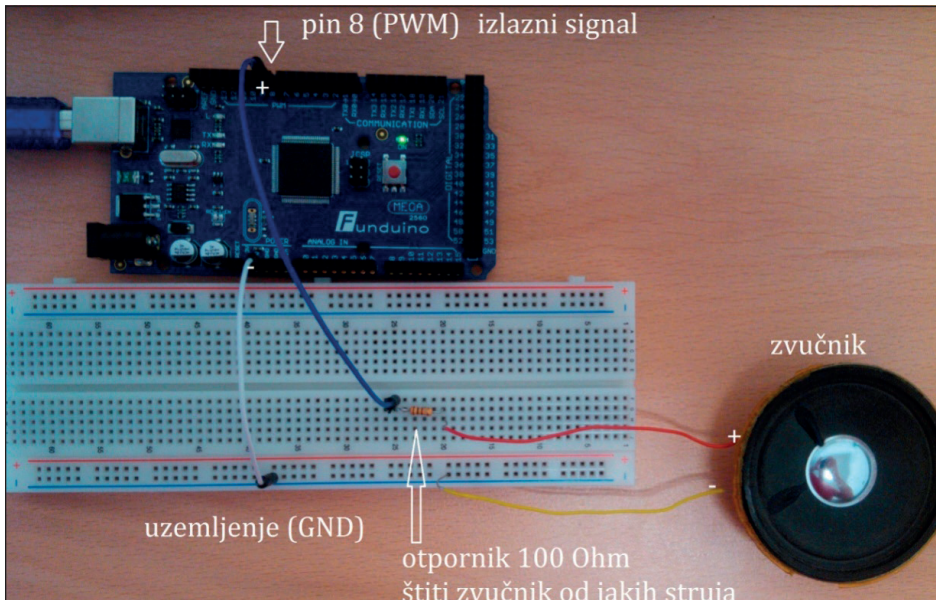
Kompozitor na struju. Šema kola kojom je realizovan „kompozitor na struju” [6] i električne komponente prikazani su Slikom 2, a realizovano kolo Slikom 3.

Najteži dio je bio, kako je bilo napisano u projektu, „natjerati” zvučnike da puštaju muziku pod dirigentskom palicom kreatora. To je realizovno pomoću komandi koje zadaje program. Suština tog programa je da dodijeli oznake tonova određenim frekvencijama, npr. frekvencija od 440 Hz odgovara tonu A. Za kompoziciju nije potrebna samo visina tona, već i njihovo trajanje, pa se uvode ritmičke oznake (četvrtina note, šesnaestina itd.). To se ostvaruje zadavanjem određenog intervala određenoj noti. Malo vještiji programeri bi dodijelili i određenu dinamiku svakom tonu melodije, tj. različitu jačinu. *Arduino Mega* je povezan sa računarom putem



Slika 2. Šema kola i komponente: *Arduino Mega 2560*, USB kabl, otpornik $100\ \Omega$, zvučnik $8\ \Omega$

USB kabla, a komunikacija sa okolinom vrši se uz pomoć već instaliranog softvera. Pomoću programa naređujemo šta će *Arduino* da radi. Naredbe se uglavnom svode na dovođenje visokog ili niskog naponskog nivoa na pinove, tj. na izlaz ili ulaz. To je i osnov digitalne elektronike. PWM (*Pulse-Width Modulator*) ima sljedeću funkciju: na njegove pinove se dovode naponi napajanja koji približno iznose $0\ \text{V}$ i $5\ \text{V}$ (logička nula i jedinica).

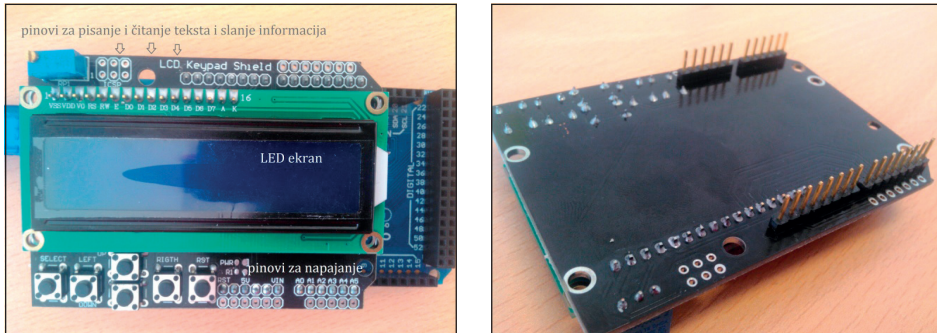


Slika 3. Realizacija prethodne šeme

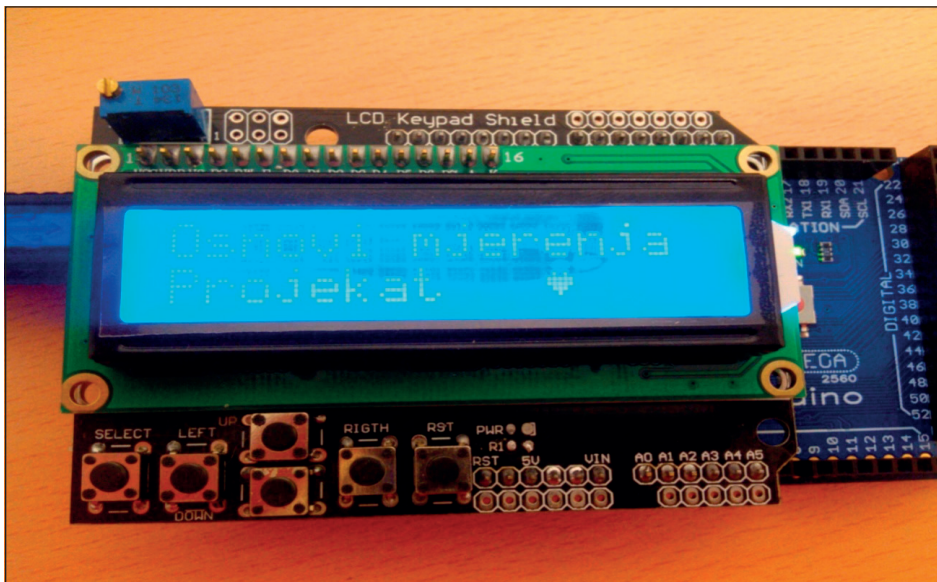
U zavisnosti od trajanja svakog od njih kao i od frekvencije signala, na izlazu ćemo imati zapravo simulaciju nekog analognog signala kao njegove efektivne vrijednosti. Na primjer, ako se generišu nule i jedinice veoma brzo (velikom frekvencijom) i taj signal propustimo kroz LED diodu, nećemo primijetiti da se ona pali i gasi, već će ona svjetljati intenzitetom koji je negdje između. Funkcijom *AnalogWrite* podešavamo trajanje visokog naponskog nivou u toku perioda. U konkretnom slučaju zadaje se niz tonova različite visine i tajanja. Signal koji odgovara zadatom nizu se dovodi do pina 8. Zvučnici su preko otpornika jednim krajem povezani za pin 8, a drugim za uzemljenje. Pin koji se koristi za uzemljenje se naziva GND i ukupno ih ima 4 na platformi *Arduino Mega*, dva kod napajanja i dva kod pinova sa digitalnim ulazom/izlazom. Zvučnici pretvaraju električni signal u mehaničku vibraciju. Ulazni signal mora biti pojačan. Unutar dinamičkog zvučnika nalazi se kalem koji se nalazi u magnetnom polju (jedan od djelova zvučnika je i trajni magnet). Znamo da na provodnik u magnetnom polju djeluje sila, pa se isto to dešava i ovdje. Prolaskom struje kroz kalem koji je u magnetnom polju doći će do pomjeranja tog kalema u pravcu normalnom na linije magnetnog polja. To pomjeranje zavisi od ulaznog signala, tj. od struje koja protiče kroz kalem. Mehaničke vibracije se prenose na membranu i na taj način dobijamo zvuk koji se širi kroz vazduh do našeg uha. Zbog ograničenosti veličine teksta nijesmo u mogućnosti da prikazemo dio projekta koji se odnosio na samo programiranje.

„*Aurdino*” sa LCD (*Liquid-Crystal Display*). LCD u prevodu znači ekran od tečnog kristala (Slika 4) [6]. Tečni kristal je želatinozna masa koja je smještena između prozirnih elektroda. Pod djelovanjem upravljačkog napona na elektrode, čestice kristala se orijentišu u određenom smjeru i počinju ispoljavati polarizirajući efekat, propuštajući samo određeni dio svjetlosnog spektra. Propuštanjem željenog dijela spektra i blokiranjem neželjenog određuje se intenzitet i boja svjetlosnog elementa (piksela) i na taj način se može generisati slika kao matrica upravljivih piksela. Kako se manipuliše LCD-om preko *Arduina*? Koristimo posebnu biblioteku za LCD (Slika 5).

Mjerenje razdaljine [3]. Kako izračunati razdaljinu između predmeta, a da pri tome ne koristimo lenjir ili metar? Ideja je da se pošalje ultrazvučni talas prema predmetu čiju udaljenost mjerimo. Taj talas će se jednim svojim dijelom odbiti u suprotnom smjeru i vratiti se u početni položaj. Njegov povratak se registurje pomoću posebnog senzora ultrazvučnih talasa koji je ujedno odašiljač. Slični senzori se koriste za orijentaciju robota i



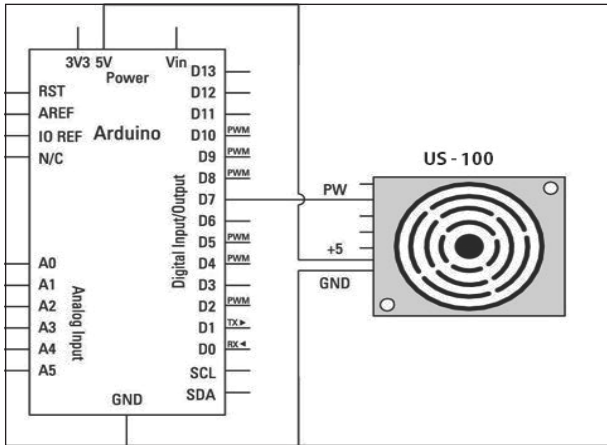
Slika 4. LCD sa prednje i zadnje strane



Slika 5. Ispisivanje po ekranu

njihovo kretanje u prostoru. On prosljeđuje podatak o vremenskom intervalu između odašiljanja i primanja talasa računaru preko *Arduina*. Znajući vrijeme za koje se pređe dvostruka razdaljina i brzinu prostiranja ultrazvuka kroz određeni medij, lako se nalazi rastojanje do nekog predmeta. Preciznost ove naprave je zadovoljavajuća.

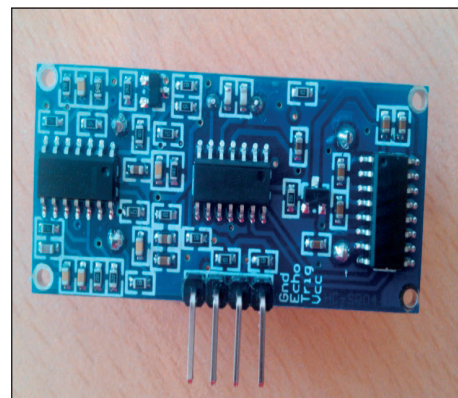
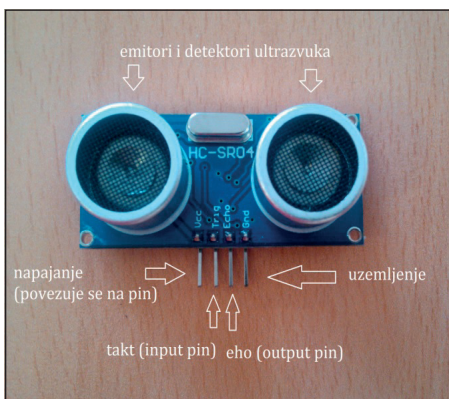
Da bi sve ovo funkcionisalo, neophodno je napraviti odgovarajući program koji će nam dati željene rezultate. Uređaj koji je prikazan na Slici 5 pred-



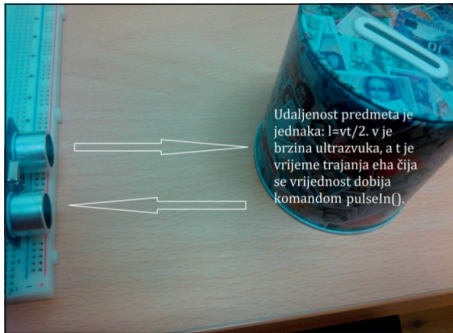
Slika 6. Šema kola pomoću kog mjerimo razdaljinu

stavlja jedan takav senzor. Nožice predstavljaju kontakte preko kojih se spaja na uzemljenje, napajanje (obično 5 V), taktovanje i echo (koji prosljeđuje informaciju računaru). Senzor ultrazvuka *Ping* je prikazan slikama 6 i 7. Kako radi ultrazvučni senzor? On se sastoji od brojnih integriranih kola, međutim, princip rada je veoma jednostavan.

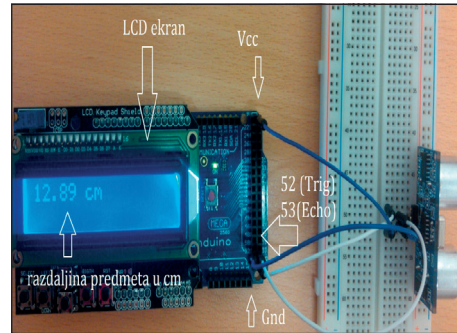
Ono što na prvi pogled primjećujemo su dva dijela nalik zvučnicima. Oni vrše sličnu funkciju kao zvučnici. Naime, jedan odašilje ultrazvučne talase frekvencije 40 kHz, dok drugi te talase detektuje. Ovaj senzor ima četiri nožice koje se priključuju na odgovarajuće pinove. Nožica *Vcc* i *Gnd* se priključuju na napajanje, odnosno uzemljenje. Kod *Arduino Mega* pogodno je iskoristiti ove pinove kod digitalnog dijela. Nožica *Trig* se priključuje na pin koji prima digitalni signal iz *Arduina*, a koji se zadaje na računaru i to je očigledno input. Signal koji dolazi do nje je digitalan i ima ulogu okidača (takt impuls). Okidač će dozvoliti senzoru da emituje ultrazvuk. *Echo* predstavlja nožicu koja se pri-



Slika 7. Ultrazvučni senzor – prikaz sa prednje i zadnje strane



Slika 8. Ilustracija udaljenosti predmeta od senzora

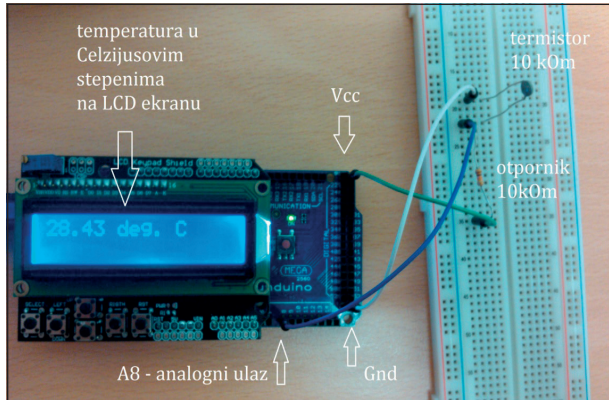


Slika 9. Realizacija instrumenta za mjerenje razdaljine

ključuje na digitalni pin i predstavlja output. Signal na izlazu senzora (na pinu gdje je *Echo*) je također digitalan i uzima vrijednost logičke jedinice (napon 5 V). Taj signal pada na nulu kada se detektuje ultrazvuk nakon odbijanja od predmet čiju udaljenost mjerimo. Dužina tog pravougaonog impulsa je ključna za računanje razdaljine jer predstavlja vrijeme za koje je ultrazvuk došao od senzora do predmeta i natrag do senzora. Kako znamo brzinu zvuka kroz vazduh (koja je ista kao i brzina ultrazvuka), onda je lako naći udaljenost predmeta (Slika 8). Program kojim se pokreće čitava procedura je izostavljen zbog ograničenja u veličini rada. Studenti su vršili mjerenja zadovoljavajućom preciznošću. Rastojanja koja je moguće mjeriti nalazila su se u opsegu od 2 cm do 3 m. Za rastojanja van ovog opsega dešavalo se da ultrazvučni talas bude previše rasut i senzor ga nije mogao detektovati na željeni način (Slika 9).

LCD termometar. Sljedeće kolo koje su studenti realizovali nam daje informaciju o temperaturi okruženja i ispisuje je na LCD ekranu. Ključno u projektu je da se na pravi način kalibriše mjerni instrument. Potrebno je određenim promjenama na termistoru pridružiti odgovarajuće promjene temperature.

Na *Arduino* možemo priključiti i mali LCD ekran i na njemu (preko instrukcija/komandi programa) možemo ispisivati šta želimo. LCD ekran je baziran na tehnologiji tečnih kristala. On je tanak, ravan i znatno manji potrošač električne energije od monitora baziranih na katodnoj cijevi. Možemo napraviti sat, štopericu i slično, a možemo da zapisujemo i vrijednosti određenih veličina. Kolo koje je konstruisano je izgledalo kao na Slici 10.



Slika 10. Komponente: termistor 10 kΩ, LCD, otpornik 10 kΩ, kablovi

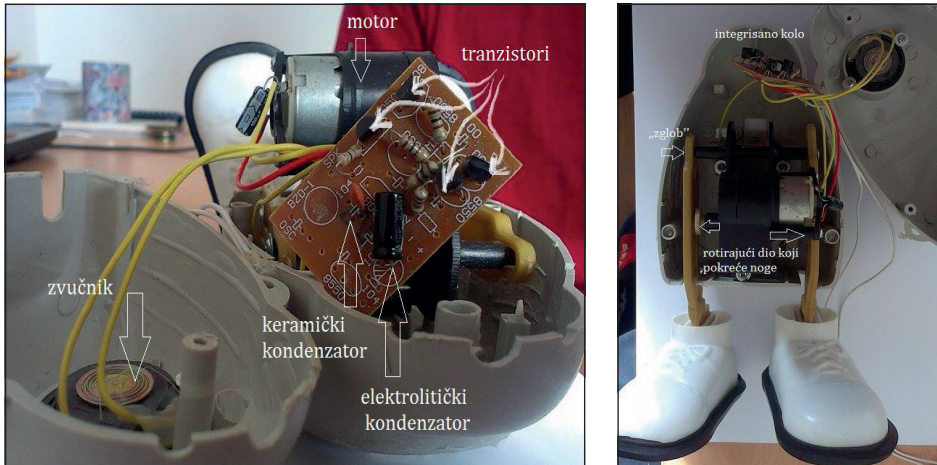
love pojedinačno, posebno se fokusirajući na elektroniku koja je omogućavala pokretanje i zvukove igraćaka. Nakon toga su studenti uz pomoć interneta ili udžbenika pokušavali da prepoznaju i imenuju sastavne djelove elektronike i saznaju koja je funkcija tih djelova, nezavisno kao i u kontekstu datog električnog kola. Zatim bismo ponešto promijenili i posmatrali ponašanje tako promijenjenog kola.

Zavirivanje u svijet elektronike skrivene u unutrašnjosti igraćaka je demonstrirano Slikom 11. Neophodno je napomenuti i projekte u kojima su studenti pokušavali da boju pretvore u zvuk i da mapiraju elektromagnetne talase uz korišćenje zvučnika i elektromagneta. Kroz reciklirajuće igraćke možemo mnogo da naučimo i nije skupo. Kineske prodavnice takođe nude veliki izbor jeftinih igraćaka sa ugrađenim integrisanim kolima i za malu sumu novca možemo mnogo da investiramo u naše znanje. Neophodna je samo želja za istraživanjem (zavirivanjem u svijet elektronike i njen čudesan kreativni potencijal). Da bismo radili velike projekte počnimo od malih, običnih, ali lijepih stvari.

9. ZAKLJUČAK

U radu smo kritično analizirali obrazovni sistem Crne Gore. Ukazali smo na slabosti obrazovnog sistema usljed ignorisanja razvijanja kognitivnih vještina učenika. Dali smo prednost školi mišljenja nasuprot školi pamćenja, koja je za sada zastupljenija u obrazovnom sistemu CG. Ukazali smo na neophodnost motivisanja studenata da sami generišu ideje i

Učimo elektroniku kroz reciklirajuće igraćke. Studenti su na raspolaganju imali različite igraćke koje se pokreću zahvaljujući ugrađenim električnim kolima. Rastavljali smo ih i analizirali. Prvo bismo fotografisali cijelu igraćku, analizirali njeno funkcionisanje, onda je rastavili pa fotografisali rastavljene dje-



Slika 11. Rastavljena igračka

na ljepotu oplemenjivanja starih idejama. Takođe smo ukazali na ljepotu počinjanja istraživanja sa malim običnim stvarima koje mogu da se pronađu oko nas i onda dalje gradi znanje u blokovima. Uz malo volje i mašte može se uraditi dosta na funkcionalnom znanju učenika i studenata.

U radu su prikazani projekti studenata koji su školske 2013/2014. bili studenti druge godine studijskog programa Fizika na Prirodno-matematičkom fakultetu Univerziteta Crne Gore Radovi sa internetom kao „mentorom“ pokazuju visoki stepen kreativnosti i istraživačke radoznalosti i ujedno su promocija studentskog pozitivnog stvaralačkog duha u koreografiji sa internetom. Vještim pedagoškim metodama je moguće zainteresovati studente da sami istražuju. Veoma je značajan i zdrav kolektivni duh grupe koja uči zajedno, zajedno upravlja znanjem, prenosi ga i unapređuje. Ideja preduzetništva je takođe nenametljivo realizovana.

Uz to, jedna nova estetska vrijednost učenja je unijeta – ljepota stvaralaštva i dizajniranje ideja. Možda sva istraživanja koja su studenti uradili nijesu bila kompletna niti savršena, ali su bila njihova (njihovu originalnost smo pokušali da zadržimo u ovom radu, ali je to bilo nemoguće zbog obima rada). Studenti su se pitali o svijetu oko sebe i pokušali da ga razumiju. Nije nam bila toliko važna preciznost odgovora jer se njima završavaju spoznajni procesi, važno nam je bilo postavljanje pitanja i djelovanje umom, sviješću uz samokritičnost i reflektivnost misli.

LITERATURA

- [1] H. Jenkins, *Confronting the Challenges of Participatory Culture. Media Education for the 21st Century*, The John D. And Catherine T. MacArthur Foundation Reports on Digital Media and Learning, 2006.
- [2] Slavka Gvozdenović, *Filosofija, obrazovanje, nastava*, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, 2010.
- [3] Rade Delibašić, *Pedagosko-didaktički zapisi*, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, 2010.
- [4] P. Godfrey, R. Deakin Crick and S. Huang, *Systems Thinking, Systems, Design and Learning Power in Engineering Education*. *International Journal of Engineering Education*, Vol. 30, No. 1, pp. 112–127, 2014.
- [5] P. Blumenfeld, T. Kempler and J. Krajcik, *Motivation and cognitive engagement in learning environments*. In R. K. Sawyer (Ed.), *Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 475–488). Cambridge: Cambridge University Press, 2006.
- [6] Marko Petrić, *Projekat iz Osnova mjerenja u fizici II*.

Gordana LAŠTOVIČKA-MEDIN

EDUCATION WITH DIGITAL TECHNOLOGY: TRANSFORMING THINKING
INTO CREATION, INNOVATION AND DESIGNING NEW IDEAS

Abstract

The paper shows innovative way of teaching the physics and electronics, where the art and the science meet each other in beautiful choreography. The papers presents also the transforming thinking into creation, innovation and design of new ideas. We show the work of students in second year at Faculty of science and mathematics, Department of Physics, at University of Montenegro which has been motivated by videos placed on YouTube Students used Arduino open-source platform to build the „composer on electric current” in order to produce Bethoven’s „Ellise”, they programmed the dance of light emmision diodes (LED) on protoboard according to music on mobile, and designed the trafic lights by LED. Additionally, students worked on the devices which could transform the colors into sounds, or to do electromagnetic waves mapping. There is also magic world of toys, full of movements and sounds wich intriguing the minds of children as well as minds of adults. The presented paper promotes creativity and innovative skills of studenata which might exceed the skills of their teachers what actually should be the mission of education.