

# Projektiranje elemenata e-odjeće

---

**Radišić, Ljubica**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Textile Technology / Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:201:856847>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-28**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Textile Technology University of Zagreb - Digital Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

PROJEKTIRANJE ELEMENATA E-ODJEĆE

Radišić Ljubica

Zagreb, ožujak 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET  
ZAVOD ZA ODJEVNU TEHNOLOGIJU

DIPLOMSKI RAD

PROJEKTIRANJE ELEMENATA E-ODJEĆE

izv. prof. dr. sc. Snježana Firšt  
Rogale

Radišić Ljubica, 1014/TTI

Zagreb, ožujak 2017.

## **Zahvale**

Diplomski rad je izrađen u okviru Kratkoročne financijske potpore istraživanju za 2016.: Cyber look inteligentne odjeće voditelja prof. dr. sc. Dubravka Rogalea. Potporu je dodijelilo Sveučilište u Zagrebu.

Zahvaljujem se svojoj mentorici dr. sc. Snježani Firšt Rogale na ukazanom povjerenju te neizmjerne pomoći prilikom izrade diplomskog rada.

Zahvaljujem se prof. dr. sc. Vladi Sruku na pruženoj pomoći i gostoprimstvu na Fakultetu elektrotehnike i računalstva Sveučilišta u Zagrebu, kao i asistentici Nikolini Frid, mag.ing.comp. na ljubaznoj pomoći.

Zahvaljujem se prof. Ivanu Novoselu na pruženoj pomoći i radionici.

Zahvaljujem kolegici Mariji Veldić na izvrsnim fotografijama.

Diplomski rad je izrađen na Sveučilištu u Zagrebu Tekstilno-tehnološkom fakultetu u Laboratoriju za procesne parametre Zavoda za odjevnu tehnologiju

- broj stranica: 38
- broj slika: 33
- broj priloga 1
- broj literaturnih referenci: 15

Članovi Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. izv. prof. dr. sc. **Vlado Sruk**, Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, predsjednik
2. izv. prof. dr. sc. **Snježana Firšt Rogale**, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, član i mentor
3. doc. dr. sc. **Irena Šabarić**, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, član
4. izv. prof. dr. sc. **Branka Vojnović**, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, zamjenik člana

## Sažetak

U 21. stoljeću život bez tehnologije skoro je nezamisliv, gotovo jednako kao i život bez odjeće. Vodeći se činjenicom da je velika većina čovječanstva primorana u svakodnevnom životu koristiti različite elektroničke uređaje, bilo je samo pitanje vremena kada će se početi ugrađivati u odjeću, kako bi funkcionirale kao cjelina, a davale kompletno drugu dimenziju vidljivu čovjeku. U svijetu mode pokušava se premostiti jaz između svijeta novih tehnologija, mode i potrošača.

U ovom radu ukazat će se na jednom primjeru spajanje mode i tehnologije, usredotočen na vlastito izražavanje, ostvaren na platformi Arduino koristeći sustav LilyPad-a na odjevni predmet- body.

Rad je koncipiran u nekoliko cjelina. U uvodu su prikazane osnovne naznake problema koji se obrađuje u radu, a u teorijskom dijelu je opisana povijest odjeće, e-odjeća, odnosno integracija električkih i elektroničkih uređaja u odjevne predmete. Dati su primjeri integriranja elektroničkih uređaja u e-odjeći, kao sinergija mode i tehnologije.

U metodici rada je opisana ideja projektiranja elemenata e-odjeće, platforma Arduino te sustav LilyPad.

U eksperimentalnom dijelu i rezultatima je prikazan način spajanja elektroničkih komponenti u odjeću. Eksperimentalni dio se sastoji od pripreme body-a kao podloge za rad, našivanje LilyPad mikrokontrolerskog sklopa, nosača baterija i svjetlećih dioda vodljivim koncem i iglom, programiranje u Arduino IDE programskom sučelju, te prijenos programa u LilyPad.

Dat je zaključak i rasprava, popis literature te u prilogu program izrađen za potrebe ovog diplomskog rada.

## **Sadržaj:**

<b>1</b>	<b>UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>E-ODJEĆA I NJEZIN CYBER LOOK.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1.</b>	<b>Moda i tehnologija.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2.</b>	<b>Svjetleće diode i programi za upravljanjem svjetlećim diodama.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.1.</b>	<b><i>Tehnologija svjetlećih dioda.....</i></b>	<b><i>14</i></b>
<b>3.</b>	<b>METODIKA.....</b>	<b>17</b>
<b>3.1.</b>	<b>Arduino platforma.....</b>	<b>17</b>
<b>3.2.</b>	<b>LilyPad mikrokontrolerski sklop.....</b>	<b>19</b>
<b>3.3.</b>	<b>Ostale korištene komponente.....</b>	<b>20</b>
<b>4.</b>	<b>EKSPERIMENTALNI DIO I REZULTATI.....</b>	<b>22</b>
<b>5.</b>	<b>ZAKLJUČAK.....</b>	<b>30</b>
	<b>LITERATURA.....</b>	<b>31</b>
	<b>PRILOG.....</b>	<b>33</b>

## 1. UVOD

Prema antropološkim istraživanjima odjeća se počela pojavljivati prije 100 000-500 000 godina. Odjeća je odjevni predmet koji prvobitno služi namjeni da zaštiti čovjekovo tijelo od vanjskih utjecaja (hladnoće, vlage, vjetra, kiše...) i okoliša. Iako je odjeća kroz povijest imala kao magičnih ( ruho pri obavljanju religijskih obreda) tako i estetskih (ukrašavanje tijela) razloga, njezina prvobitna namjena je zaštita tijela, pa je s vremenom pridobila mehaničku funkciju štiteći od potencijalnih mehaničkih ozljeda i udaraca. Odjeća je također služila za označavanje statusa i uloga u društvu (svećenici, vladari, puk). Tijekom 20. stoljeća odjeća je počela služiti kao oblik komunikacije, izražavanje osobnih moralnih, religioznih ili socioloških stavova.

U drugoj polovici 20. stoljeća započeta je integracija električkih i elektroničkih uređaja u odjevne predmete. Tome je pripomogla uspješna provedba tehnološke minijaturizacije jednostavnih elektroničkih naprava, baterija, senzora. U odjeću su se integrirali uređaji koje korisnici najčešće nose sa sobom; poput mobitela. Takvi odjevni predmeti stekli su popularnost kod mlađih naraštaja.

Naziv e-odjeća (eng. e-clothing) dobila je odjeća nakon pokazivanja uspješne integracije elektroničkih i električkih uređaja i komponenata. S vremenom su se pokazale i nove namjene e-odjeće, kao što su estetske komponente u obliku svjetlosnih efekata, iskazivanje nositeljevih emocija, te u praktičnom smislu pripomaganju kod manje vidljivosti radnika ili sudionika u prometu.

Krajem 20. stoljeća dogradnja mikroračunala i zaslona uz već postojeće elemente u e-odjeći, omogućuje dvosmjernu komunikaciju okoliša s nosiocem odjevnog predmeta.

Pametnom odjećom (eng. smart clothng) nazvana je odjeća koja je mogla



obavljati pametne zadatke. Ugrađeno mikroračunalo dalo je potpuno novi zamah pametnoj odjeći, pošto je omogućilo nosiocu odjevnog predmeta da pomoću njegove procesne snage upravlja njime preko zaslona, ujedno motreći na zaslonu prikazane podatke. Preko mikroračunala i njegovog zaslona zvučnim ili vizualnim signalom komunikacija čovjeka i odjevnog predmeta postala je moguća. Osim komunikacije između odjevnog predmeta i čovjeka omogućena je podatkovna i upravljačka komunikacija između ugrađenih komponenti, ali i drugih uređaja i sustava koji se nalaze u okolišu nosioca i odjevnog predmeta.

Početkom 2001. godine počinje se govoriti o odjeći koja je nadmašila konvencionalnu, pametnu i e-odjeću. Ugradnjom malih nanotehnoloških osjetila, minijaturnih elektroničkih komponenti, komunikacijskih elemenata i elektroničkih računala u odjeću nastala je inteligentna odjeća (engl. Intelligent clothing). Pomoću toga inteligentni odjevni predmet ima mogućnost stalnog motrenja stanja svog nosioca kao i samog okoliša, vrednujući ih pomoću ugrađenog elektroničkog računala, potom samostalno prilagođavajući odjevni predmet okolišu.

**Ključne riječi:** projektiranje odjeće, e-odjeća, Arduino, LilyPad, LED

## 2. E-ODJEĆA I NJEZIN CYBER LOOK

E-odjeća (eng. e-clothing) je naziv za odjeću u koju su uspješno integrirani elektronički i električni uređaji te elektroničke komponente. Takva vrsta odjeće može sadržati baterije, senzore, tipkovnice, jednostavnije elektroničke komponente te ožičenja koja dovode električnu energiju do naprava ugrađenih u odjeću. U e-odjeću su integrirani elektronički uređaji koje nositelj odjevnog predmeta najčešće nosi sa sobom, poput mobitela i MP3 reproduktora zvuka, te je iz tog razloga ovakvu vrstu odjeće najbrže prihvatio mlađi naraštaj (Firšt Rogale i sur., 2014).

Jedan od najranijih primjera e-odjeće je tzv. Chimerical odjeća (Mura 2008.). Putem senzora ugrađenih u modul koji je smješten na ruci reagira na pokrete tijela, disanje i temperaturne promjene te na LCD-u prikazuje trodimenzionalne slike, sl. 1 (Mura 2008.).



Sl. 1 Chimerical clothes

Proizvođač odjeće Bogner u suradnji s tt. Osram osmislio je skijaško odijelo u kojem su ugrađene svjetleće diode (eng. light emitting diode) na prednjem i stražnjem dijelu jakne, te na rukavima i bočnim dijelovima hlača, sl. 2 (<http://crunchwear.com/bogner-led-clothing/>). Na taj način, osim estetske komponente, takva vrsta odjeće ima i funkcionalnu komponentu. Namijenjena je osobama koje borave i/ili rade u uvjetima slabe vidljivosti. Tzv. Galaxy haljina izložena je u Muzeju znanosti i industrije u Chicagu, a izrađena je u modnoj kući „CuteCircuit“. Haljina je izrađena od 24 000 LED dioda dimenzija 2x2 mm utkanih u svileni šifon i organzu. Dioda se napajaju u nekoliko baterija koje se koriste za napajanje iPod-a, te su skrivene u unutrašnjosti haljine, sl. 3 (Cutecircuit.com, 2014).

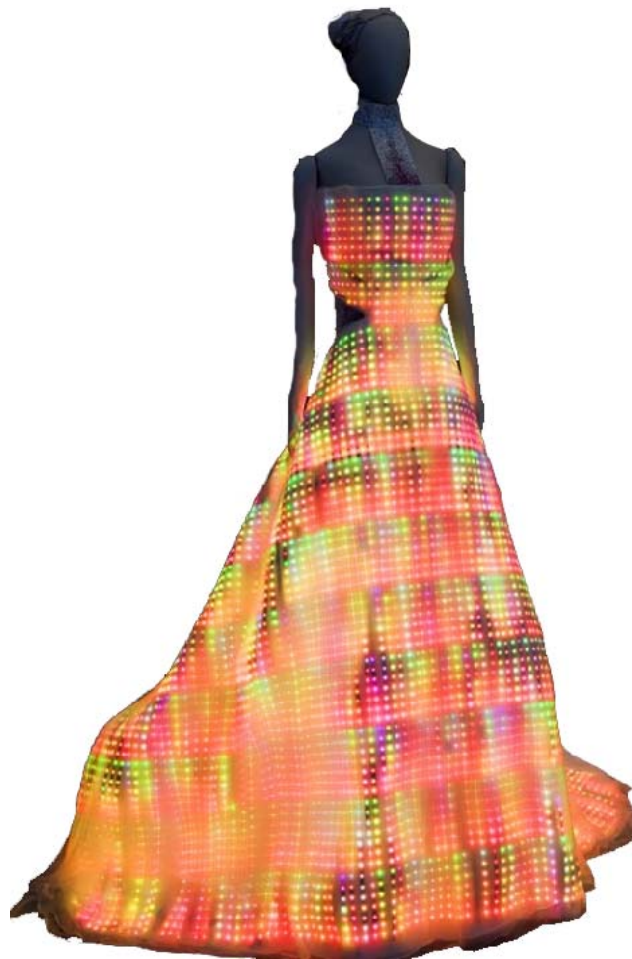


Sl. 2. Skijaško e-odijelo

Tt. Philips Design je razvila kolekciju odjevnih predmeta koji su, zbog

ugrađenih senzora, u stanju osjetiti emocije nositelja i osobe koja se nalazi u blizini, te mijenjaju boje i uzorak u skladu s emocijama (Mura, 2008.) Iz tog razloga su kolekciju nazvali E-motion. Primjeri takvog odjevnog predmeta tt. Philips Design-a su tzv. Bubelle haljina, sl. 3 i Frizon kostim, sl. 4 (Firšt Rogale i sur., 2014).

Bubelle haljina se sastoji od dva sloja: unutarnji sloj sadrži biometrijske senzore koji detektiraju promjene na tijelu nosioca, a drugi vanjski sloj se služi za praćenje tih promjena sa svjetlosnim emisijama koristeći svjetleće diode i sl.



Sl. 3. Galaxy haljina

Frizon kostim je pripijen uz tijelo, sadrži svjetleće diode i senzore koji reagiraju na dah i kretanje zraka uz tijelo te stvara vizualne efekte, sl. 4.



a)



b)

Sl. 4. E-motion odjća tt. Philips Design

a) Bubelle haljina i b) Frizon kostim

Sl. 5 predstavlja e-majicu sa zvučno-osjetljivim grafičkim prikazom zvučnog spektra u kojoj se razine unutar pojedinih frekvencijskih pojaseva mijenjaju u skladu s ritmom glazbe. Kontroler s pripadajućim baterijama skriven je u džepu u unutrašnjosti majice, sl. 5 (bubopos.com.2014.).

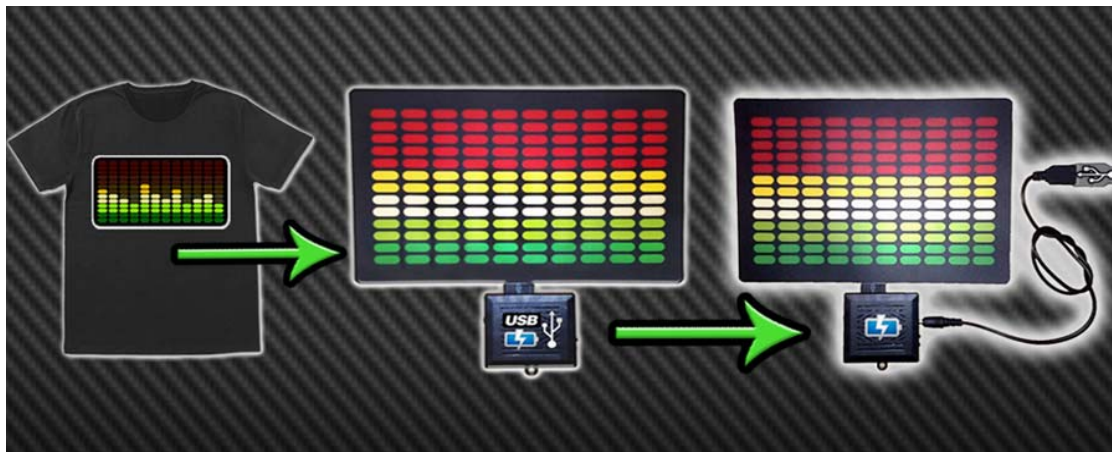
Mezzosopranistica Cary Ann Rosko je promovirala haljinu tt. Lucentury u kojoj je bilo ugrađeno 76 skupina ugrađenih svjetlećih dioda, koji emitiraju difuzno svjetlo kroz sustav tekstilnih vlakana.

Tijekom pjevanje C. A. Rosko svijeta oponašaju ton i dinamičnost glasa, a tijekom predaha između pjevanja, svjetla oponašaju ton i dinamičnost glazbene pratnje, sl. 6 (S-media-cache).

E-odjća također može sadržavati optička vlakna napravljena od stakla ili plastike, koja prenose svjetlosne signale, sl. 7 (www.lumigram.com).

Optička vlakna imaju dobru savitljivost, sljedivost oblika i kontura odjeće te

sigurnost tijekom nošenja i održavanja odjevnog predmeta. Na sl. 7 prikazan je odjevni predmet s utkanim optičkim vlaknima.



Sl. 5. E-majica sa zvučno- osjetljivim grafičkim prikazom,

Tijekom godina vidljive su mnoge promjene u modnoj industriji i tehnološkom razvoju. Tijekom vremena tehnologija postaje moderna, a moda postaje tehnološki unaprijeđena.

Inspirirana tom činjenicom, poznata dizajnerica Elena Corchero koristi fotonaponske ćelije koje prikupljaju i pohranjuju sunčevu energiju. Fotonaponske ćelije postaju sastavni dio odjeće i modnih dodataka te oblikuju nježne estetske kvalitete koje podsjećaju na primjenu veza kroz povijest, samo što su sada osuvremenjene tehnologijom. To je kombinacija ručno izrađenog veza i aplikacije s tehnologijom solarnih ćelija i svjetlećih dioda (LED). Corchero u svojoj viziji odjeće budućnosti, tehnologiju vidi i u službi načela humanosti. Kroz odjeću promišlja o pitanjima zaštite okoliša, stoga koristi solarne ćelije za prikupljanje sunčeve energije koju pretvara u energiju potrebnu za napajanje svjetlećih dioda noću, sl. 8 (S-media-cache).

Nizozemska dizajnerica s umjetničkim imenom Wendy, na svojim jaknama koristi svjetleće diode, a značajke dizajna su nabori koji se otvaraju i

zatvaraju tijekom pokreta. Unutar tih nabora nalaze se svjetleće diode koje svijetle u pokretu osvjetljavajući tako nabore i okolinu. Svjetleće diode tako postaju suptilna, šarena igra, sl. 9 (E. Marmey, 2013.).



Sl. 6 Cary Ann Rosco- LE dress



Sl. 7 Odjeća s optičkim vlaknima

Teksaški dizajner Nikolas Nelson izradio je jakne koje savršeno štite od zime, a prvobitna ideja mu je bila spoj mode, tehnologije i sporta. Za ljubitelje motocikala, bicikliste, trkače, te sve ljubitelje sporta. Jakne i odijela su funkcionalne. Pomažu nosiocu da bude uočljiv na cesti u slabo vidljivim uvjetima, sl. 10 (<http://technabob.com>).



Sl. 8 Elena Corchero fotonaponske ćelije i svjetleće diode u design-u



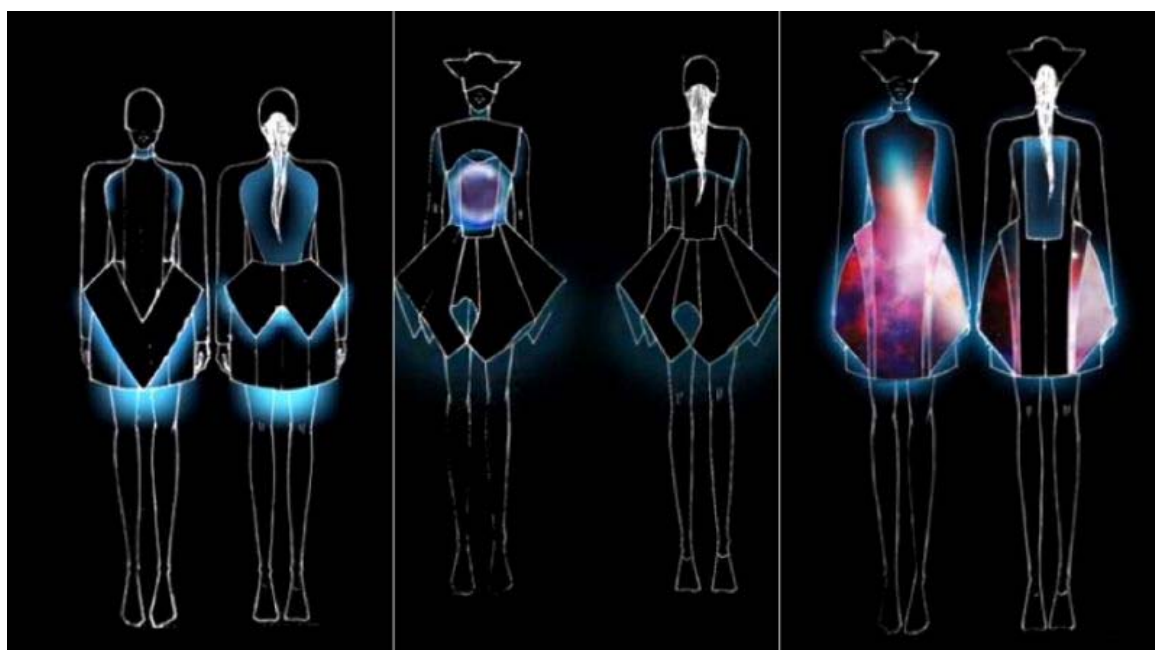
Sl. 9 Wendy jakna s LED diodama u našivenim naborima





Sl. 10 Nelsonova jakna „Thron“ za motocikliste

Najzanimljiviji pristup i ujedinjenje mode i tehnologije ima kineska dizajnerica Vega Zaishi Vang, sl. 11 i 12.



Sl. 11 Vega Wang projekt za modnu kolekciju „Into the deep“



Sl. 12 Realizacija projekta kolekcije „Into the deep“ V.Z.Wang

Oduvijek joj je bio san dizajnirati kolekciju inspiriranu svemirom, ali isto tako što bliže prikazati sjaj galaksije. U tome joj je uvelike pomogla mogućnost spajanja tehnologije s odjećom. Njihovim sjedinjenjem njen cilj u konačnici postaje stvarnost. Pošto su joj oba roditelja inženjeri elektrotehnike, željela im se približiti svojom strukom, pokazavši da i dizajn može imati svoju vrijednost na nivou tehnologije. Oduševljeni idejom pomogli su joj u ostvarenju njene kolekcije pod nazivom: „Into the deep“, kojom oduzima dah svakom posjetiocu njene digitalne galerija. Ta kolekcija joj je donijela i nadimak najsajnije zvijezde kineske modne scene, sl. 11 (gawkerassets.com) i sl. 12 (A. de Toni, 2012.).

## 2. 1. Moda i tehnologija

70. godine prošlog stoljeća donijele su uzbuđenje u svijetu jer je razvoj tehnologije omogućio korisnicima da "nose" sa sobom glazbu. Inovacijom i stvaranjem Walkman-a, korisnici su mogli sami birati koju glazbu će "nositi" sa sobom birajući kazete svojih omiljenih izvođača. Tijekom godina, prijenosna tehnologija postaje još manja, izumom iPod-a, što dovodi do činjenice da tehnologija raste i razvija se popularnošću, te dobiva modni izričaj.

Logičan slijed je sinergiju tehnologije i mode. Modni dizajneri uživaju u stvaranju i inovacijama, te su uvidjeli mogućnost korištenja tehnologije u svojim modnim stvaranjima. Uporaba tehnologije dovodi modu na viši nivo inovacija i funkcionalnosti. Eksperimentiranjem, dizajneri dolaze do zaključka da što dublje "ulaze" u tehnologiju, tako ona nagrađuje beskrajnim mogućnostima. Dizajneri su ponajprije reciklirali materijale za izradu jakni i majica, kao što su npr. zračnice za bicikle, i tako stvarali nevjerojatnu modu. Kao primjer veliki ogrtač u kojem je korišten bakar iz cijevi radijatora. Moda i tehnologija koristili su se za stvaranje zajedničke energije. Buduću da pokret, kao mehanička energija, može biti izmijenjen u električnu energiju, novostvorena odjeća kinetičku energiju koristi za napajanje stvari poput MP3 player-a, satova i sl. Martin Soleldad je iskoristio takvu mogućnost te je usavršio prototip cipela koje bi u pokretu, prilikom hodanja ili trčanja mogle napuniti mobitel.

Google glass naočale nisu imale veliku popularnost kod korisnika jer naočale nerijetko asociraju na "geekove", sve dok ih popularni dizajner Von Fursteinberg nije počeo primjenjivati na svojim revijama. Modne revije imale su tendenciju da pobude u ljudima novi stil i trend, te otvore vidike za potpuno drugačiji pristup i otvore pogled na neku sasvim običnu stvar. Tako

je prihvaćena nova tehnologija, u ovom slučaju Google glasses.



Sl. 13 Prototip tenisice s punjačem za mobitel

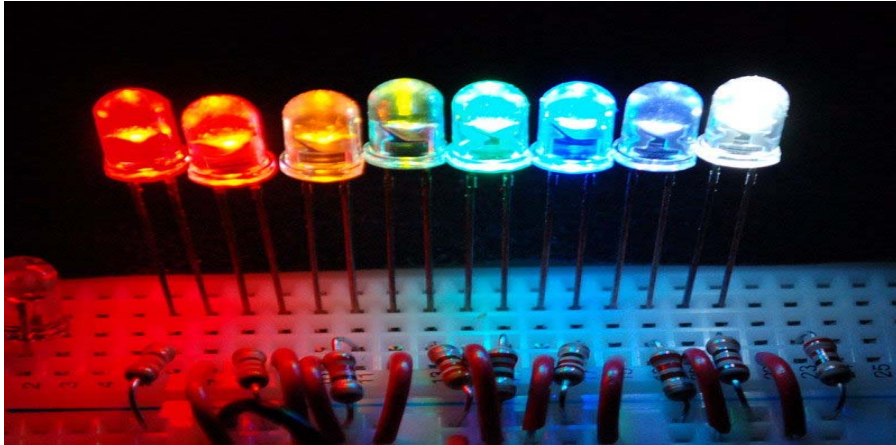
Vodeći se spomenutim, napredak tehnologije ima korist iz svijeta mode. Iz toga vidimo da moda i tehnologija rastu zajedno i pripomažu jedna drugoj. Budućnost tehnologije vođena je i popraćena budućnošću mode. I jedna i druga strana rade na tome kako bi bile što bolje, pripomažući si međusobno. Tehnologija ne samo da stvara lijepu modu, već i pridonosi njenoj funkcionalnošću. Obje industrije uče jedna od druge te čine svijet zanimljivijim, kreativnijim i ljepšim.

## **2. 2. Svjetleće diode i programi za upravljanjem svjetlećim diodama**

Odjeća u sinergiji mode i tehnologije uz pomoć svjetlećih dioda postaje vrlo spektakularna i jedinstvena. Rezultat je kvalitetna i ekskluzivna odjeća. Svjetleće diode i optička vlakna mogu se ugraditi unutar odjeće. Svaki konvencionalni odjevni predmet može poprimiti dodatnu vrijednost na način da se ugradnjom svjetleće dioda i/ili optičkih vlakana prenamijene za odjeću koja je vidljiva u uvjetima smanjenje vidljivosti ili da ugradnjom navedenih komponenti povećaju estetsku komponentu. Upravljanjem radom svjetlećih dioda mogu se prikazati uzastopni uzorci, promijeniti intenzitet svijetla, reagirati na emocije nosioca, okoline i sl.

### ***2. 2.1. Tehnologija svjetlećih dioda***

Svjetleća dioda ili LED (eng. Light Emitting Diode) je poluvodički element koji pretvara električni signal u optički (svjetlost). Propusno polarizirana svjetleća dioda emitira elektromagnetsko zračenje na način spontane emisije uzrokovane rekombinacijom nosilaca električnoga naboja (elektroluminiscencija) ([www.enciklopedija.hr](http://www.enciklopedija.hr)). Elektroni prelazeći iz vodljivog u valentni pojas, oslobađaju energiju, koja se dijelom očituje kao toplina, a dijelom kao zračenje. Boja emitiranog svjetla ovisi o poluvodiču, kao i o primjesama u njemu i varira od infracrvenog preko vidljivog do ultraljubičastog dijela spektra (<https://hr.wikipedia.org>), sl. 14 (<https://cdnlearn.adafruit.com>). Svjetleće diode su u današnje vrijeme primjenjive na odjeći, a imaju mogućnost fleksibilnosti u obliku, raznolikost boja te mogućnosti programiranja. Ukoliko služe ukrasu imaju malu snagu od 50mW. Smještaju se na različitim pozicijama kako bi osigurale ciljanu namjenu za dizajn odjeće.



Sl. 14 Light Emitting Diode



Sl. 15 Svjetleće diode korištene estetski u dizajnu

Kod zaštitne odjeće, kao što je reflektirajuća odjeća, pružaju sigurnosnu svrhu kao kod vrlo maglovitih uvjeta na cesti. LED ugradba u odjeću pruža jaku vidljivost, jače svjetlo i raznolikost boja. Danas je umjesto funkcionalne svrhe postala vrlo popularna kod dizajna odjeće i u smislu estetike, sl. 15 (Fashioneek, 2015).

I u Hrvatskoj su se umjetnici koristili Arduino platformom, a između ostalog i

Josipa Štefanec, sl. 16.



Sl. 16 Kreacija Josipe Štefanec prikazana na međunarodnoj izložbi  
'Textil{e}tronics 2012.

J. Štefanec je sa svojim suradnicima, na međunarodnoj izložbi *'Textil{e}tronics - Od tekstilne do elektronske niti, od materije do modnog objekta'* 2012. godine prikazala svoje kreacije (M. K., 2012).

Također su studenti u sklopu CEEPUS Winter School DESIGN WEEK u Mariboru od 2014-2016 radili projekte na navedenu temu.

### 3. METODIKA

U ovom dijelu diplomskog rada biti će opisana platforma Arduino i korištena mikrokontrolerski sklop LilyPad. Također će biti opisani sve ostale komponente ugrađene u odjeću, kao što su svjetleće diode, držač baterija i vodljivi konac.

#### 3.1. Arduino platforma

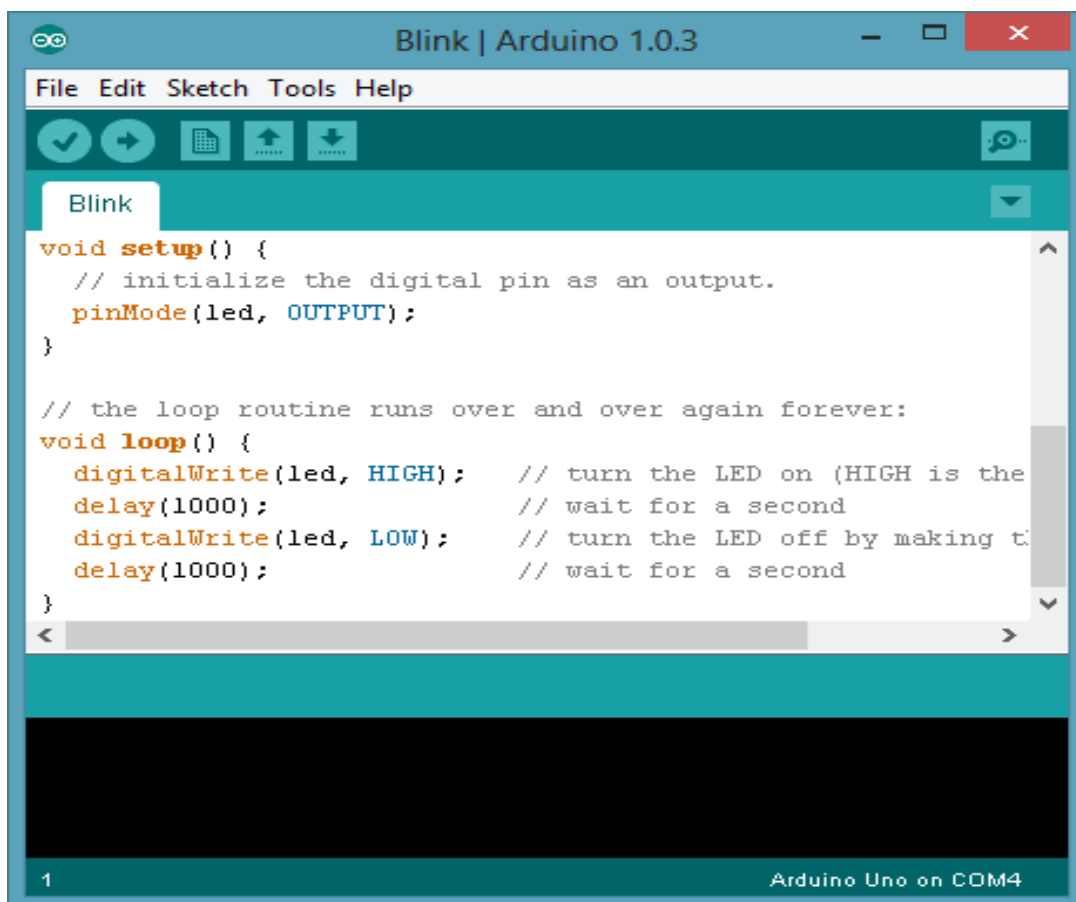
Arduino je razvojna platforma za kreiranje elektroničkih prototipova, a namijenjen je elektroničarima, dizajnerima i svima ostalima koji žele stvarati interaktivne objekte ([www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)). Koristeći Arduino, kao skup elektroničkih i programskih dijelova može se na vrlo jednostavan način izrađivati elektronički sklopovi. Arduino je talijanska kompanija specijalizirana za elektroniku (<https://www.chipoteka.hr/brend/arduino>). Osnovana je 2005. godine u Italiji s namjerom da studentima interaktivnog dizajna i novih medija učini faze izrade prototipova puno jednostavnijim. Osnivači su bili Massimo Banzi i David Cuartielles. Arduino je od samih početaka razvijan kao platforma bazirana na otvorenom kodu (eng. open-source), jer kako je M. Banzi izjavio "Ne treba vam ničija dozvola da kreirate nešto sjajno." ([https://www.ted.com/talks/massimo\\_banzi\\_how\\_arduino\\_is\\_open\\_sourcing\\_imagination?language=hr](https://www.ted.com/talks/massimo_banzi_how_arduino_is_open_sourcing_imagination?language=hr)).

Za programiranje mikrokontrolera koristi se Arduino IDE programsko sučelje. Kako bi korisnik znao da li Arduino pločica funkcionira, koristi se jednostavan program iz primjera u Arduino IDE programu pod nazivom *Blink*, sl. 17 (P. Zenzerović, 2015). Eksperimentalna pločica služi za jednostavno spajanje elektroničkih sklopova, a sastoji se od rupica u koje su utaknu nožice elektroničkih komponenti kako bi se međusobno spojile. Prije



početka rada bitno je podesiti neke od parametara Arduino IDE programa. Potrebno je odabrati koja se Arduino pločica koristi, na koji je priključak računala spojena te na koji način se želi očitati programe na mikrokontroler. Ova je podešavanja dovoljno napraviti jednom ako se ne mijenjate pločica ili korišteni priključak računala. Za odabir pločice klikne se na *Tools* u programu Arduino IDE u gornjem izborniku, potom na *Boards* i izvrši se odabir. Za odabir priključka računala klikne se na *Tools* u gornjem izborniku, potom na *Serial port* te odabere serijski priključak na kojem je spojena pločica. (P. Zenzerović, 2015.b).

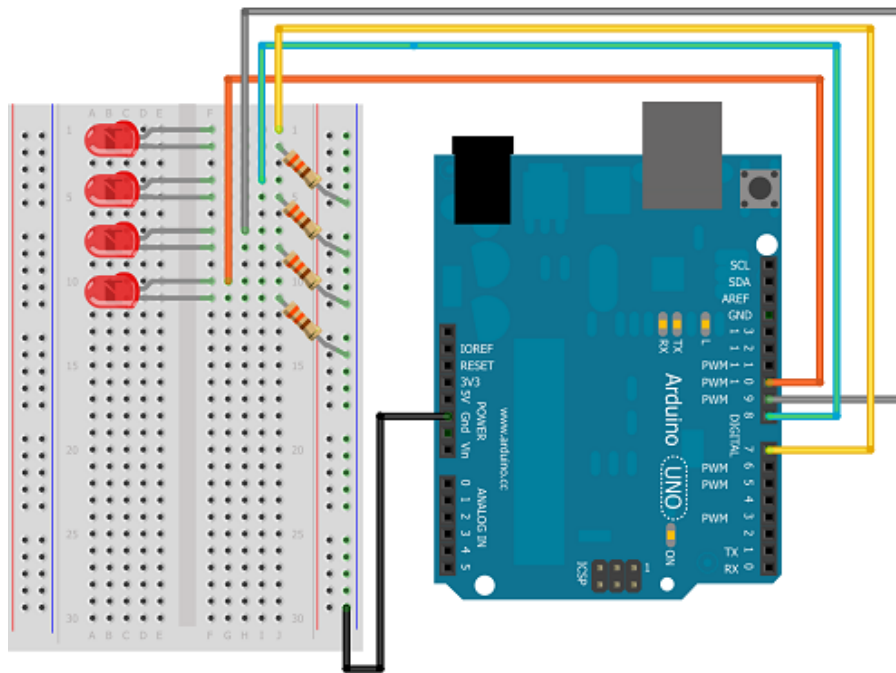
Na sl. 18 prikazan je način spajanja svjetlećih dioda na eksperimentalnoj pločici koristeći Arduino platformu.



```
void setup() {
  // initialize the digital pin as an output.
  pinMode(led, OUTPUT);
}

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

Sl. 17 Program za ispitivanje funkcioniranja Arduino pločice *Blink*

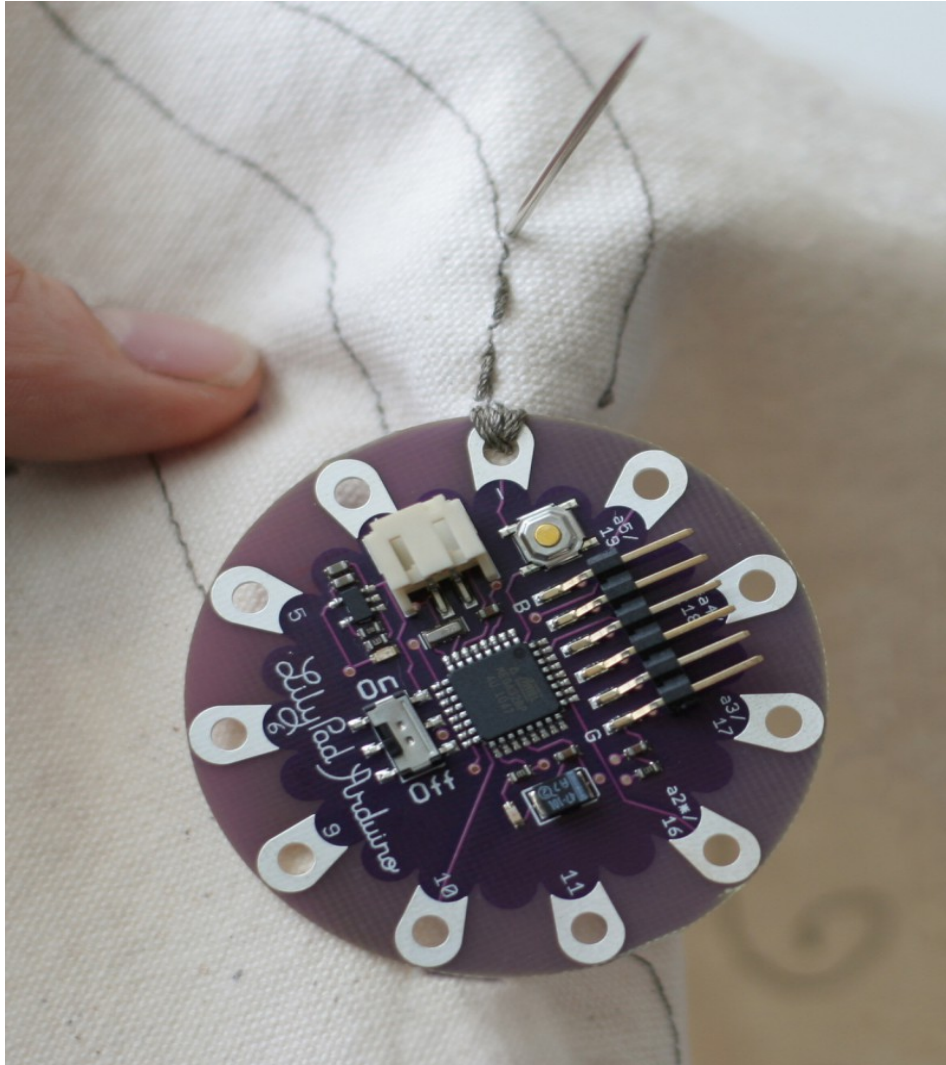


Sl. 18 Spajanja svjetlećih dioda na eksperimentalnoj pločici koristeći Arduino platformu

### 3.2. LilyPad mikrokontrolerski sklop

Upravo zbog otvorenosti platforme i zajednice koju okuplja na Internetu dolazi do relativno brzog razvoja projekta te je u svrhu bolje prilagodbe nosivoj tehnologiji MIT znanstvenica Leah Buechley 2007. dizajnirala LilyPad Arduino n (<https://www.sparkfun.com/tutorials/133>). Na sl. 19 prikazan je mikrokontroler LilyPad, mikrokontrolerski sklop koji je namijenjen, između ostalog, za izradu interaktivne odjeće.

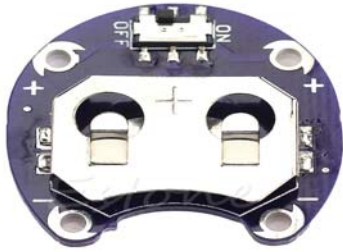
Za mikrokontroler se može reći da je to malo računalo smješteno na jedan integrirani sklop unutar kojeg se nalaze procesor, radna memorija, programska memorija, ulazne i izlazne jedinice i sl (P. Zenzerović, 2015).



Sl. 19 LilyPad mikrokontrolerski sklop

### 3.3. Ostale korištene komponente

Kako bi mikrokontrolerski sklop LilyPad imao napajanje, za potrebe ovog diplomskog rada, koristi se držač baterija CR2032, sl. 20. na držaču baterija nalaze se dva pozitivna i dva negativna izvoda te prekidač za uključivanje i isključivanje mikrokontrolerskog sklopa. Za povezivanje elektroničkih komponenti (svjetleće diode i LilyPad-a) koristio se vodljivi konac čiji je električni otpor cca  $8.5 \Omega \text{ m}^{-1}$ , sl. 21.



Sl. 20 Držač za baterije  
CR2032



Sl. 21 Vodljivi konac

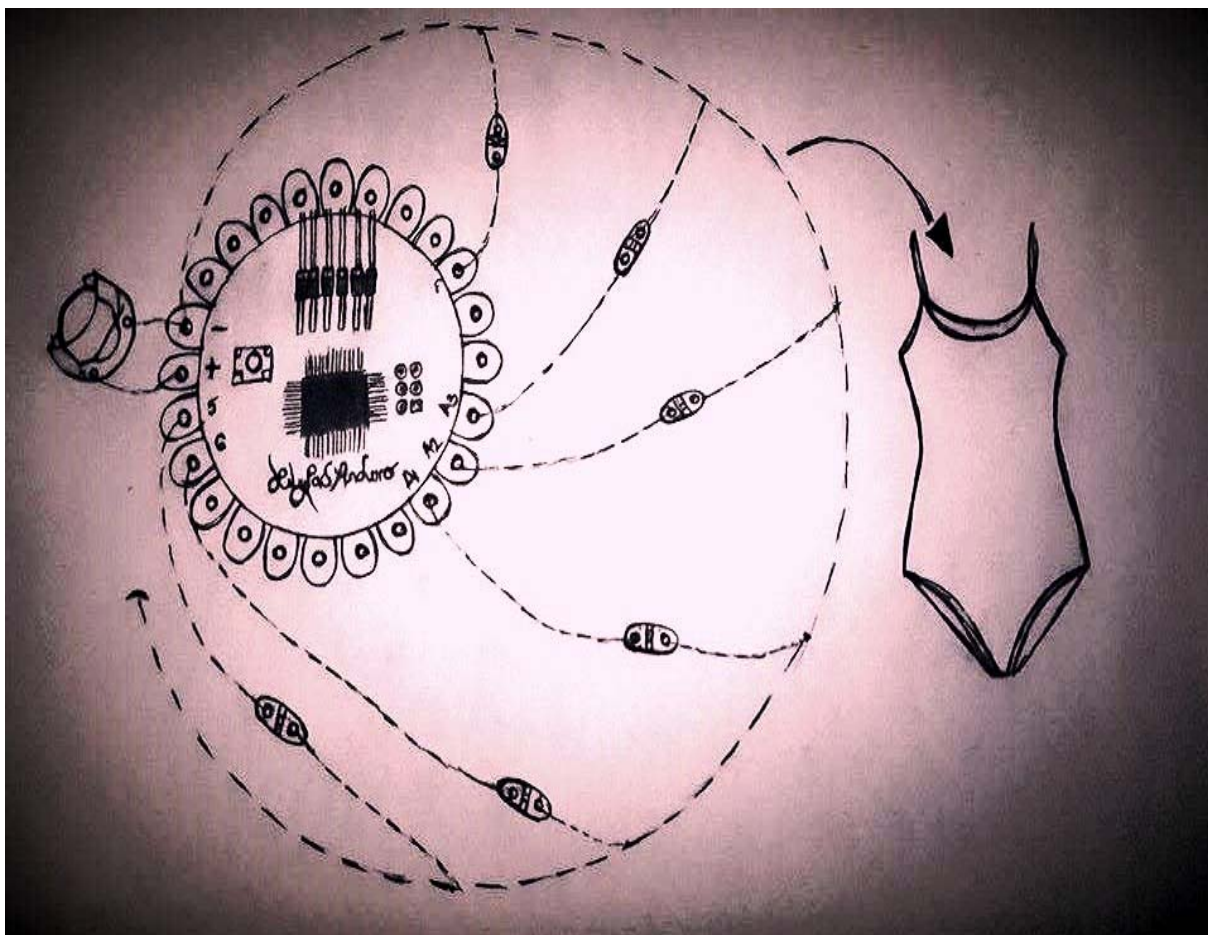


Sl. 22 Svjetleća dioda

Također su korištene LilyPad svjetleće diode, sl. 22, čije su dimenzije 5,5mm x 12,5mm, debljina 0,8mm.

#### 4. EKSPERIMENTALNI DIO I REZULTATI

Eksperimentalni dio zamišljen je na način da se pripremi odjevni predmet za eksperiment i načini program za različito „blinkanje“ svjetlećih dioda ušivenih na body. sl. 23.



Sl. 23 Shema spajanja šest svjetlećih dioda i LilyPad-a

Nakon pripreme body-a, kao podloge za rad, raspoređene su svjetleće diode po željenom obliku, nakon čega su dodani LilyPad sklop i nosač baterija te je sve povezano vodljivim koncem, sl. 24. Na sl. 25 je prikazano ušivanje LilyPad sklopa u body, a na sl. 27 ušivanje baterijskog nosača. Na sl. 28 su

prikazane sve komponente povezane vodljivim koncem.



Sl. 24 Raspored svjetlećih dioda na body podlogu



Sl. 25 Ušivanje LilyPad arduino ploče na body



Sl. 27 Ušivanje baterijskog nosača



Sl.28 Ušivene sve komponente u body

```
// the loop function runs over and over again forever
void loop() {
  digitalWrite(3, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000);           // wait for a second
  digitalWrite(3, LOW);  // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000);           // wait for a second
  digitalWrite(5, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000);           // wait for a second
  digitalWrite(5, LOW);  // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000);           // wait for a second
  digitalWrite(6, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000);           // wait for a second
  digitalWrite(6, LOW);  // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000);           // wait for a second
  digitalWrite(A1, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000);           // wait for a second
  digitalWrite(A1, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000);           // wait for a second
  digitalWrite(A2, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000);           // wait for a second
  digitalWrite(A2, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000);           // wait for a second
  digitalWrite(A3, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000);           // wait for a second
  digitalWrite(A3, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000);           // wait for a second
  digitalWrite(3, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(500);            // wait for a second
  digitalWrite(3, LOW);  // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(500);            // wait for a second
  digitalWrite(5, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(500);            // wait for a second
  digitalWrite(5, LOW);  // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(500);            // wait for a second
  digitalWrite(6, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(500);            // wait for a second
  digitalWrite(6, LOW);  // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(500);            // wait for a second
  digitalWrite(A1, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(500);            // wait for a second
  digitalWrite(A1, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(500);            // wait for a second
  digitalWrite(A2, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(500);            // wait for a second
  digitalWrite(A2, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(500);            // wait for a second
  digitalWrite(A3, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(500);            // wait for a second
  digitalWrite(A3, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(500);            // wait for a second
}
```

Sl. 29 Izgled programskog sučelja Arduino IDE 1.8.1. s dijelom programa



Nakon ugradnje svjetlećih dioda, LilyPad-a i držača za baterije na body pristupilo se izradi programa, sl. 30, na način da se šest svjetlećih dioda pale jedna po jedna, u razmaku jedne sekunde, a zatim se pale jedna za drugom ali u razmaku od pola sekunde. Nakon toga se upale sve, a zatim se gasi jedna po jedna. Na sl. 29 je prikazano prebacivanje programa na LilyPad i probni rad programa.



Sl. 30 Prebacivanje programa na LilyPad i probni rad programa

Nakon uspješno odrađenog eksperimentalnog dijela, body je odjeven na nositelja te je preko njega odjevena tunika. Na sl. 31-33 vidi se krajnji rezultat ovog diplomskog rada. Prema zamisli autorice ovog rada ugrađenim LilyPad-om i svjetlećim diodama na odjevnom predmetu je dobiven izgled zvijezda. LilyPad komponente su ugrađene na body-u kako bi mogao služiti za različite odjevne varijante na način da se preko njega nose razni odjevni predmeti. Također je moguće unijeti promjene u program, kako bi svaki odjevni predmetu imao specifičan izgled.



Sl. 31 Krajnji rezultat diplomskog rada (1)



Sl. 32 Krajnji rezultat diplomskog rada (2)



Sl. 33 Krajnji rezultat diplomskog rada (3)

## 5. ZAKLJUČAK I RASPRAVA

U ovom radu pobliže je opisano spajanje mode i tehnologije, njihovo zajedničko funkcioniranje, te je prikazan jedan jednostavniji primjer njihovo sjedinjenja. U eksperimentalnom dijelu detaljnije je objašnjeno i prikazano apliciranje korištenih alata, u svrhu zadanog cilja.

Mogućnost nosivog projekta zahvaljujemo LilyPad mikrokontrolerskom sklopu, koji ima mogućnost ušivanja na tekstil. Pogledom na tuniku vidimo da je zahvaljujući tehnologiji, koja nam otvara neograničene mogućnosti, donesena na sasvim novi stupanj. Tehnologija je omogućila da tunika doslovno zasjaji.

Stoga se može zaključiti da je minijaturizacija elektroničkih komponenti, poglavito senzora, mikroracunala, mikrokontrolera i izvršnih naprava omogućila njihovu ugradnju u odjevne predmete. Na početku njihove primjene razvijena je odjeća koja je služila za medicinske i profesionalne svrhe, nakon čega je utvrđeno da takva odjeća ima visoku dodanu vrijednost, a da njezina proizvodnja zahtjeva visokotehnološke postupke.

I kod e-odjeće, kao i kod svih drugih, sofisticiranih proizvoda, početna cijena je tijekom vremena padala, te je postajala pristupačna sve širem krugu ljudi.

Osim tehničke funkcionalnosti tijekom vremena se sve veća pozornost počela pridavati i modnoj komponenti te izraženom Cyber look-u što je prikazano i u ovom diplomskom radu.

Uz izraženi modni koncept u odijevanju valja istaknuti da integracija različitih vrsta komponenata traži stručnjake interdisciplinarnog i poli-disciplinarnog obrazovanja. Posebno su zastupljena, uz tekstilnu tehnologiju, područja automatizacije odnosno strojarstvo, elektronika i informatika, te kemije i biologije. Tako je u posljednje vrijeme sve izraženija i estetska komponenta, odnosno doprinos dizajnera u sinergiji mode i tehnologije.

## LITERATURA

1. S. Firšt Rogale, D. Rogale, G. Nikolić, Z. Dragčević: Inteligentna odjeća, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, ISBN:978-953-7105-52-5, 2014., 398 str.
2. G. Mura (2008.): Wearable Technologies for Emotion Communication, METUJournal of the Faculty of Architecture(25:1) 153-161,
3. Bubopos.com (2014.): <http://www.bubopos.com>, pristupljeno 6. listopada 2014.
4. J. Weir (2007.): Bogner LED Clothing, <http://crunchwear.com/bogner-led-clothing/>
5. ...: Cutecircuit.com (2014.): [https://cutecircuit.com/wp-content/uploads/2014/04/Galaxy\\_Dress-1399905038490.jpg](https://cutecircuit.com/wp-content/uploads/2014/04/Galaxy_Dress-1399905038490.jpg)
6. ...: <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/2e/b9/66/2eb9662ccc817d81279688b6aae84bf9.jpg>
7. ...: <http://www.lumigram.com/catalog/popups/marilyn%20BW.html>
8. ...: <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/dd/55/68/dd55681a6c56541ed930246d9981fa6f.jpg>
9. E. Marmey (2013.): The LED coat by Wendy Legro, <http://blogs.3ds.com/fashionlab/the-led-coat-by-wendy-legro/>
- 10....: [http://technabob.com/blog/wp-content/uploads/2011/01/010311\\_rg\\_DIYTronSuit\\_01.jpg](http://technabob.com/blog/wp-content/uploads/2011/01/010311_rg_DIYTronSuit_01.jpg)
- 11....: <http://img.gawkerassets.com/img/183d5drbqbn10jpg/original.jpg>
- 12.A. de Toni (2012.): Alpha Lyrae <http://www.coolhunting.com/design/alpha-lyrae-by-vega-zaishi-wang>
- 13....: [https://cdnlearn.adafruit.com/assets/assets/000/003/888/medium800/leds\\_LED\\_rainbow.jpg?1396803411](https://cdnlearn.adafruit.com/assets/assets/000/003/888/medium800/leds_LED_rainbow.jpg?1396803411)
- 14.Fashioneek (2012.): LED (Light-Up) Dress: Ravishing Rose, [Shttps://](https://)

15. M. K. (2012.): Međunarodna izložba 'Textil{e}tronics'  
<http://www.culturenet.hr/default.aspx?id=43534>)

## **PRILOG: Program izrađen za potrebe ovog diplomskog rada**

Program izradila autorica ovog diplomskog rada: **Ljubica Radišić**

```
/*
```

```
  Blink
```

```
  Turns on an LED on for one second, then off for one second,  
  repeatedly.
```

```
  Most Arduinos have an on-board LED you can control. On the Uno  
  and
```

```
  Leonardo, it is attached to digital pin 13. If you're unsure what  
  pin the on-board LED is connected to on your Arduino model, check  
  the documentation at http://www.arduino.cc
```

```
  This example code is in the public domain.
```

```
  modified 8 May 2014
```

```
  by Scott Fitzgerald
```

```
  */
```

```
// the setup function runs once when you press reset or power the board
```

```
void setup() {
```

```
  // initialize digital pin 13 as an output.
```

```
  pinMode(3, OUTPUT);
```

```
  pinMode(5, OUTPUT);
```

```
  pinMode(6, OUTPUT);
```



```

pinMode(A1, OUTPUT);
pinMode(A2, OUTPUT);
pinMode(A3, OUTPUT);
    }

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {
    digitalWrite(3, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage
level)
    delay(1000);          // wait for a second
    digitalWrite(3, LOW); // turn the LED off by making the voltage
LOW
    delay(1000);          // wait for a second
    digitalWrite(5, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage
level)
    delay(1000);          // wait for a second
    digitalWrite(5, LOW); // turn the LED off by making the voltage
LOW
    delay(1000);          // wait for a second
    digitalWrite(6, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage
level)
    delay(1000);          // wait for a second
    digitalWrite(6, LOW); // turn the LED off by making the voltage
LOW
    delay(1000);          // wait for a second
    digitalWrite(A1, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage
level)
    delay(1000);          // wait for a second
    digitalWrite(A1, LOW); // turn the LED off by making the voltage

```

LOW

```
delay(1000);          // wait for a second  
digitalWrite(A2, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage  
level)
```

```
delay(1000);          // wait for a second  
digitalWrite(A2, LOW); // turn the LED off by making the voltage
```

LOW

```
delay(1000);          // wait for a second  
digitalWrite(A3, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage  
level)
```

```
delay(1000);          // wait for a second  
digitalWrite(A3, LOW); // turn the LED off by making the voltage
```

LOW

```
delay(1000);          // wait for a second  
digitalWrite(3, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage  
level)
```

```
delay(500);           // wait for a second  
digitalWrite(3, LOW); // turn the LED off by making the voltage
```

LOW

```
delay(500);           // wait for a second  
digitalWrite(5, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage  
level)
```

```
delay(500);           // wait for a second  
digitalWrite(5, LOW); // turn the LED off by making the voltage
```

LOW

```
delay(500);           // wait for a second  
digitalWrite(6, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage  
level)
```

```
delay(500);           // wait for a second
```

```
digitalWrite(6, LOW); // turn the LED off by making the voltage
LOW
delay(500);          // wait for a second
digitalWrite(A1, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage
level)
delay(500);          // wait for a second
digitalWrite(A1, LOW); // turn the LED off by making the voltage
LOW
delay(500);          // wait for a second
digitalWrite(A2, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage
level)
delay(500);          // wait for a second
digitalWrite(A2, LOW); // turn the LED off by making the voltage
LOW
delay(500);          // wait for a second
digitalWrite(A3, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage
level)
delay(500);          // wait for a second
digitalWrite(A3, LOW); // turn the LED off by making the voltage
LOW
delay(500);          // wait for a second
digitalWrite(3, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage
level)
delay(100);          // wait for a second
digitalWrite(3, LOW); // turn the LED off by making the voltage
LOW
delay(100);          // wait for a second
digitalWrite(5, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage
level)
```

```
delay(100);          // wait for a second
digitalWrite(5, LOW); // turn the LED off by making the voltage
LOW
delay(100);          // wait for a second
digitalWrite(6, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage
level)
delay(100);          // wait for a second
digitalWrite(6, LOW); // turn the LED off by making the voltage
LOW
delay(100);          // wait for a second
digitalWrite(A1, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage
level)
delay(100);          // wait for a second
digitalWrite(A1, LOW); // turn the LED off by making the voltage
LOW
delay(100);          // wait for a second
digitalWrite(A2, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage
level)
delay(100);          // wait for a second
digitalWrite(A2, LOW); // turn the LED off by making the voltage
LOW
delay(100);          // wait for a second
digitalWrite(A3, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage
level)
delay(100);          // wait for a second
digitalWrite(A3, LOW); // turn the LED off by making the voltage
LOW
delay(100);          // wait for a second
digitalWrite(3, HIGH);
```

```
digitalWrite (5,HIGH );  
digitalWrite(6, HIGH);  
digitalWrite(A1, HIGH);  
digitalWrite(A2, HIGH);  
digitalWrite(A3, HIGH);
```

```
}
```