

Uporaba mikrokontrolnika z lastno izdelanim tiskanim vezjem za aplikacije v tekstilstvu

Use of Microcontroller with Custom Made Printed Circuit Board for Textile Applications

Izvirni znanstveni članek/*Original Scientific Paper*

Prejeto/Received 07–2012 • Sprejeto/Accepted 10–2012

Izvleček

V današnjem času je elektronika postala del oblačila, z vgrajenimi mikrokontrolniki v povezavi z različnimi senzorji (npr. temperaturnimi ali svetlobnimi) in LED-svetili omogoča nešteto kombinacij za njihovo uporabo, tako v zaščitne kot dekorativne namene. Pralni mikrokontrolniki, kar je njihova velika prednost, omogočajo različne povezave med LED-elementi in jih lahko programiramo za poljubno uporabo, kar je za uporabo v tekstilne namene izjemno pomembno. Na trgu obstajajo različni mikrokontrolniki (npr. ATMEL Atmega, ATtiny itd.), ki so uporabljeni pri izdelkih nosljive elektronike tipa Lilypad Arduino. Z uporabo navedenih mikrokontrolnikov je mogoče razviti lastno aplikacijo tiskanega vezja, ki je poljubne oblike in cenovno veliko ugodnejša. V prispevku je predstavljena izdelava tiskanega vezja ter programa za različno delovanje LED-svetil (postopno ali sočasno prižiganje in ugašanje LED-svetil). Končni izdelek je opozorilno-dekorativna puščica, katere obliko določajo LED-svetila, ki se različno prižigajo. Raziskava je pokazala, da lahko znanje s področja tekstilstva, kemije, elektronike in programiranja pripomore k izdelavi kakovostne aplikacije, ki poleg tekstilne komponente vključuje tudi elemente elektronike.

Ključne besede: mikrokontrolniki, tiskana vezja, nosljiva elektronika, LED-svetila

Abstract

Electronics has become a part of clothes with integrated microcontrollers in the combination with various sensors (temperature or light sensors) and LED lights, enabling numerous combinations of their usage, for protection or decoration, respectively. Washable microcontrollers – the washability being their great advantage, enable various combinations between LED elements and can be programmed for different usage, the latter being of extreme importance for textile purposes. On the market, different microcontrollers (ATMEL Atmega, ATtiny etc) are used in the products of wearable electronics – Lilypad Arduino. Using these microcontrollers enables the development of new applications of a printed circuit board of optional size and more acceptable price.

In our contribution, a custom made printed circuit board and a program for a different action of LED lights is represented (LED lights gradually or simultaneously turning on and off). The final product of the research is a decorative safety arrow the shape of which is defined with LED lights which are differently turning on and off. The research showed that the knowledge from different fields, e.g. textiles, chemistry, electronics and programming, can lead to the creation of a textile application with electronics elements.

Keywords: microcontroller, printed circuit boards, wearable electronics, LED lights.

1 Uvod

Poleg razvoja visokotehnoloških tekstilij, namenjenih izdelavi športnih oblačil [1], ki omogočajo doseganje čedalje boljših športnih rezultatov, tudi vgrajevanje različnih elementov v vlakna in tekstilije postaja čedalje pomembnejše. Eden teh elementov so mikrokapsule. Že v zgodnjih 80. letih prejšnjega stoletja so pri Nasi razvili tehnologijo vgrajevanja mikrokapsuliranih faznospremenljivih materialov (angl. *PCM – phase change materials*) v tekstilije za njihovo temperaturno uravnavanje [2, 3]. Poleg tiskarske in grafične industrije se mikrokapsule uporabljajo za farmacevtske in medicinske namene, v kozmetični in živilski industriji, za kmetijske proizvode, kot tudi v kemični, tekstilni in gradbeni industriji, biotehnologiji, fotografiji, elektroniki ter za ravnanje z odpadki [4–6].

Poleg mikrokapsul se v vlakna vpletajo tudi različni elektronski elementi, bodisi v zaščitne bodisi v dekorativne namene. Elektronski elementi se lahko vgradijo neposredno v tekstilna vlakna (hibridni sistemi) ali v žepe ter vsijejo in povežejo prek upogljivih kablov, npr. s svetili LED (preprosti sistemi) [7]. Navajajo tudi uporabo senzorjev v različne medicinske namene, npr. za kontrolo dihanja oziroma merjenje dihalnih signalov [8]. V eni od raziskav so s pomočjo merilnika pospeška in tiskanega vezja, vgrajenega v tekstilijo, spremljali morebitne spremembe osnovnih življenjskih funkcij pri dojenčkih – dihanja in srčnega utripa [9], medtem ko so v drugi raziskavi izpopolnili vgradnjo senzorjev in elektronike v tekstilijo za merjenje EKG v kombinaciji z brezžično komunikacijo in induktivnim napajanjem [10]. Ultrazvočni senzorji v kombinaciji s tiskanim vezjem, vgrajenim v tekstilijo, se lahko uporabljajo za detekcijo ovir v pomoč ljudem s poslabšanim vidom [11]. Omenjeni senzorji so majhni, porabijo malo energije, so lahko vgradljivi in obstojni pri pranju.

Vgrajene mikrokrmilnike v povezavi z različnimi senzorji (npr. temperaturnimi ali svetlobnimi) in svetili LED je mogoče programirati in uporabiti v številnih kombinacijah za poljubno uporabo. Njihova prednost je v tem, da so pralni, kar je za uporabo v tekstilne namene izjemno pomembno. Na trgu obstajajo različni mikrokrmilniki (npr. ATMEL Atmega, ATtiny itd.), ki so uporabljeni v izdelkih nosljive elektronike tipa LilyPad Arduino [12]. LilyPad Arduino je oblikovala in razvila Leah Buechley v sodelovanju s podjetjem SparkFun Electronics. Njegov

premer je 50 mm, debelina 3 mm, poleg tega pa cenovno ni najugodnejši, kar je oboje pri manjših in preprostejših aplikacijah ovira.

Nekateri raziskovalci v svojih raziskavah uporabljajo tiskana vezja [9], ki so jih izdelali sami, medtem ko drugi uporabljajo mikrokrmilnik LilyPad Arduino [11], npr. za takojšnjo določitev pH-vrednosti znoja, ki se izloča pri športnih aktivnostih, pri čemer Arduino krmili delovanje svetil LED, ki spreminjajo barvo glede na izmerjeno pH-vrednost znoja [13, 14].

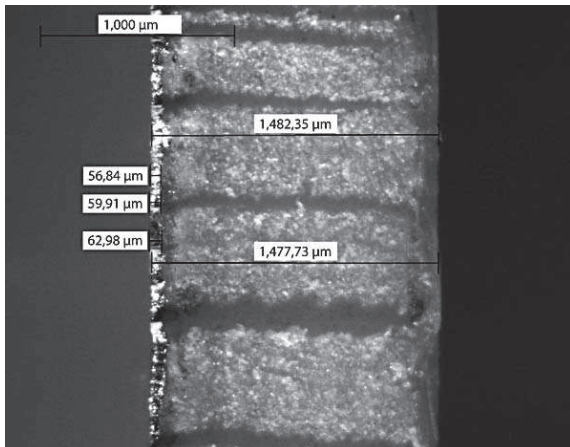
Z uporabo prej omenjenih mikrokrmilnikov je mogoče razviti lastno aplikacijo tiskanega vezja. Prednost lastno izdelane dekorativno zaščitne aplikacije je ta, da je narejena kot samostojni element, ki ga je mogoče integrirati v različna oblačila ali modne dodatke, da je cenovno ugodna in po velikosti in namenu natančno prilagojena uporabi. V tem primeru je neodvisen vir energije baterija, ki jo je treba pri pranju odstraniti.

V prispevku je predstavljena izdelava lastnega tiskanega vezja v kombinaciji s svetili LED ter izdelava programa za različno delovanje le-teh (postopno ali sočasno prižiganje in ugašanje svetil LED). Končni produkt je opozorilno-dekorativna puščica, katere obliko določajo svetila LED, ki se različno prižigajo.

2 Eksperimentalni del

2.1 Material

Za izdelavo tiskanega vezja se uporabljajo različni laminati s prednaneseno bakreno folijo na eni ali obeh straneh [15]. Najpogosteje uporabljena laminata sta vitroplast – laminat iz epoksidne smole, ojačene s steklenimi vlakni, in pertinaks – laminat s podlago iz papirja, prepojenega s fenolno smolo. V naši raziskavi smo uporabili vitroplast s prednaneseno bakreno folijo na eni strani. Bakrena folija, nanesena na laminat, je uporabna predvsem iz dveh razlogov: je dober električni prevodnik in je mehansko dovolj trdna za spajkanje z zlitino kositra in svinca. Debelina bakrene folije se giblje med 5 in 70 μm , najpogostejša je 35 μm . V našem primeru je bila debelina bakrene folije približno 60 μm (slika 1). Prednost vitroplasta pred drugimi laminati je v tem, da je zaradi steklenih vlaken precej trden in ga lahko vrtamo, rezkamo ali žagamo, medtem ko je laminat pertinaks namenjen izdelkom najnižjega kakovostnega razreda.



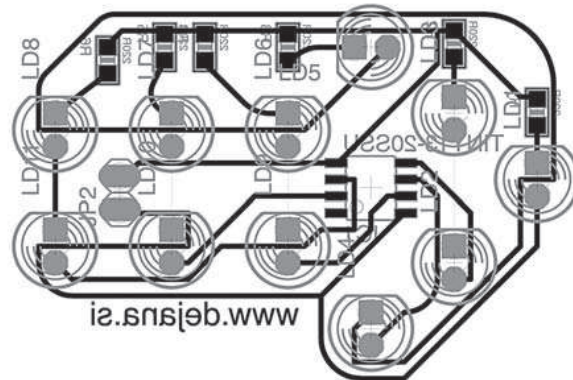
Slika 1: Vitroplast (optični mikroskop Leica EZ4D pri 35-kratni povečavi)

V raziskavi so bile uporabljene naslednje kemikalije:

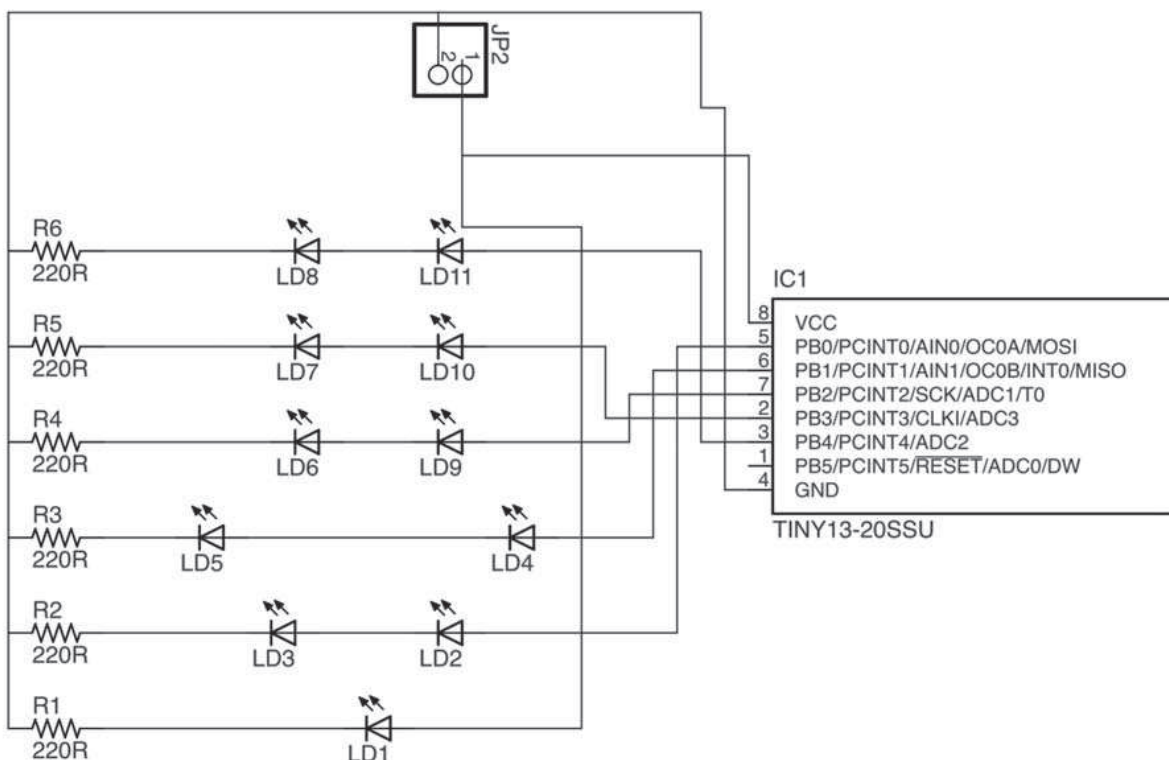
- fotokopirni lak POSITIV 20 (Kontakt Chemie),
- kalijev hidroksid, KOH (Mikropolo),
- vodikov peroksid Belox 30 (Belinka Perkemija, d. o. o.),
- klorovodikova kislina, HCl 37 % (Carlo Erba) in
- aceton (Carlo Erba).

2.2 Izdelava tiskanega vezja

Za izdelavo tiskanega vezja smo uporabili program EAGLE (angl. *Easily Applicable Graphical Layout Editor*) podjetja Cadsoft [16], v katerem smo izdelali shemo tiskanega vezja (slika 2), ki predstavlja logične simbole in oznake elektronskih elementov in njihove povezave. Nato je program na podlagi omejene sheme izdelal kopirno predlogo (slika 3), ki smo jo natisnili na prosojni papir.



Slika 3: Kopirna predloga z označenimi pozicijami LED-svetil



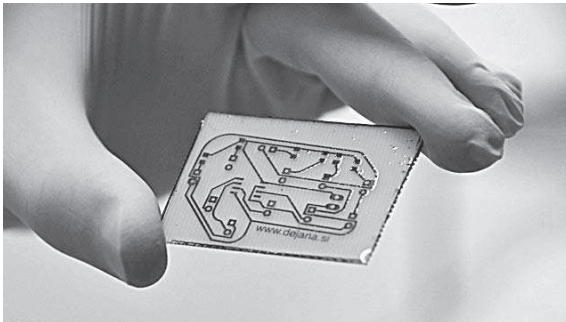
Slika 2: Shema tiskanega vezja

Nato smo kopirno predlogo položili na laminat za tiskano vezje, premazan s fotoobčutljivim slojem – fotolakom (POSITIV 20, izdelovalec Kontakt Chemie) za pozitiven kopirni postopek in osvetlili z UV-osvetljevalko (Golden Eagle Electronics Ltd., Fuzhou, China). Pred tem je bilo treba ugotoviti pravi čas osvetljevanja, v našem primeru je bil 60 sekund.

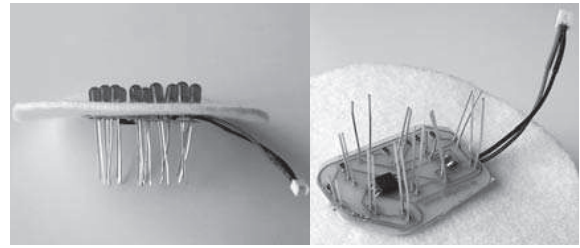
UV-sevanje povzroči razpad pozitivnega fotoobčutljivega sloja na ploščici.

Po osvetljevanju smo pripravili raztopino kalijevega hidroksida (ena čajna žlička) v mešanici z vodo (3 dcl) za razvijanje pozitivnega fotolaka oziroma za izpiranje razpadlega fotolaka. Temu je sledilo jedkanje, s čimer smo odstranili plast bakra z nezaščitenih delov na ploščici. Za jedkanje smo uporabili raztopino, ki je mešanica vode, vodikovega peroksida in klorovodikove kisline v razmerju 2 : 1 : 1. Na koncu sta sledila spiranje z mrzlo vodo in odstranitev fotolaka z acetonom.

Izdelavi tiskanega vezja (slika 4) sta sledila vrtanje lukenj za vstavitev elektronskih elementov (slika 5) in spajkanje (slika 6), pri katerem s spajko (cin, zlitina svinca in kositra) prispajkamo elektronske komponente na predpripravljeno tiskano vezje.



Slika 4: Izdelano tiskano vezje



Slika 5b: Vstavitev elektronskih elementov



Slika 6: Spajkanje

2.3 Izdelava programske kode

Programska koda, ki poganja mikrokrmilnik, je bila izdelana v programskem jeziku C v programu Arduino 1.0 [17] in je prikazana v preglednici 1.

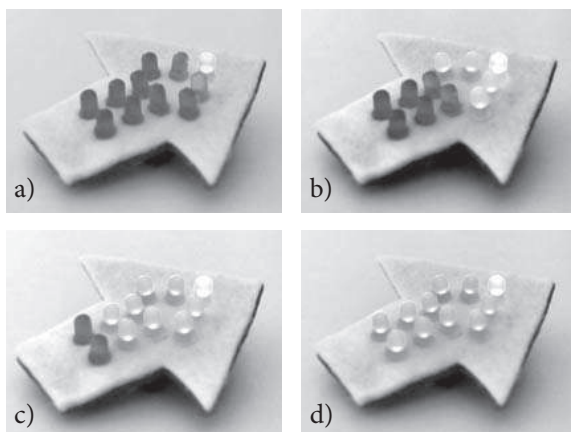
Preglednica 1: Programska koda C za izdelano aplikacijo

<pre>#include <avr/pgmspace.h> uint32_t GUT = 0; uint32_t CAS_KORAKA=0; uint8_t U=0; void setup() { DDRB = 0b00011111; PORTB=0x00; } void loop() {</pre>	<pre>//vsi porti na krmilniku so izhod //ob inicializaciji so vsi porti ugasnjeni</pre>
--	---

<pre>GUT=millis(); if(GUT-CAS_KORAKA>300){ if (U < 5){ PORTB = _BV(U); U++; } else if(U == 5){ PORTB = 0x00; U++; } else if(U == 6){ PORTB=0xff; U++; } else{ PORTB = 0x00; U=0; } CAS_KORAKA=GUT; } }</pre>	<pre>//prireditev sistemskega časa //če je od zadnje spremembe poteklo več kot 300 ms naredi korak //v korakih od 0 do 4 //prižgi port od 0 do 4 //povečaj korak //v 5. koraku //ugasni vse porte //povečaj korak //v 6. koraku //prižgi vse porte na krmilniku //povečaj korak //v zadnjem koraku vse porte na krmilniku //nastavi korak na prvega //nastavi čas, v katerem se je izvedel korak</pre>
--	---

3 Rezultati in razprava

V svoji raziskavi smo se osredinili na izdelavo programske kode (preglednica 1) za delovanje svetil LED za končno aplikacijo – opozorilno-dekorativna puščica (slika 7), ki smo jo ravno tako izdelali sami. Omenjena programska koda omogoča postopno (slike od 7a do 7c) ali sočasno prižiganje (slika 7d) in ugašanje svetil LED. Na začetku sveti samo eno LED-svetilo (slika 7a), v vsakem naslednjem koraku se prižgeta naslednji dve svetili, medtem ko v zadnjem koraku utripnejo vsa svetila LED hkrati. Prednosti naše aplikacije so v možnosti uporabe najcenejšega še ustreznega mikrokrmilnika – v našem



Slika 7: Opozorilno-dekorativna puščica

primeru ATtiny13, prednost izdelave lastno izdelanega tiskanega vezja pa omogoča natančno prilagoditev zelenemu končnemu izdelku. Poleg tega smo pri izdelavi same končne aplikacije z uporabo nosilne elektronike LilyPad Arduino omejeni z velikostjo samega mikrokrmilnika, ki ga je treba integrirati v izdelek, kar pomeni, da je najmanjša velikost izdelka že definirana. Za manjši izdelek je veliko primernejša lastno razvita manjša komponenta, ki pa zahteva znanje s področja kemije in mikroelektronike.

Predstavljeno aplikacijo (slika 7) je mogoče uporabiti v različne namene, kot so npr.:

- oblačila (za športna oblačila za rolkarje in kolesarje na cesti, za športne aktivnosti v slabših svetlobnih razmerah in oblačila za zabavo v nočnih klubih),
- modni dodatki (broška, dodatek na torbici),
- opozorilno-varnostni dodatek za domače ljubljence na sprehodu ter
- za označevanje in identifikacijo prtljage na potovanju.

Možnosti uporabe so odvisne zgolj od domišljije uporabnikov. Prednost aplikacije je tudi v tem, da je pralna, kar je za športna oblačila izjemno pomembno, vendar je treba pred pranjem odstraniti baterijo. Ravno zaradi baterije izdelek ni primeren za uporabo pod vodo, če pa aplikacijo primerno zaščitimo z vodoodpornimi elementi, jo je mogoče uporabljati tudi pri vodnih športnih aktivnostih ali v drugih ekstremnih mokrih razmerah.

V našem primeru smo kot sestavni del aplikacije uporabili svetila LED, vendar je mogoče v samo aplikacijo vključiti tudi različne senzorje, npr. svetlobnega, pri katerem bi se v različnih svetlobnih razmerah v prostoru spreminjalo tudi samo delovanje LED-svetil, ali temperaturnega, ki bi omogočal utripanje LED-svetil v odvisnosti od različnih razmer.

4 Sklepi

Izdelani mikrokrmilnik je v bil povezavi s svetili LED programiran in uporabljen v končnem produktu – opozorilno-dekorativna puščica, katere obliko določajo svetila LED, ki se različno prižigajo. Lastno izdelano tiskano vezje v kombinaciji s svetili LED lahko oblikujemo v zaščitno dekorativno aplikacijo različnih velikosti s poljubnim učinkom delovanja LED-svetil.

Vsekakor je treba za izdelavo omenjene kakovostne aplikacije, ki poleg tekstilnih komponent vključuje tudi elemente elektronike, združiti znanja s področja tekstilstva, kemije, elektronike, programiranja in navsezadnje tudi ekologije. Raziskave na tem področju odpirajo nove možnosti za razvoj novih izdelkov v povezavi s tehnologijami z različnih področij.

5 Literatura

1. NUSSER, M. in SENNER, V. High – tech – textiles in competition sports, *Procedia Engineering*, 2010, vol. 2, no. 2, pp. 2845–2850.
2. MONDAL, S. Phase change materials for smart textiles – An overview. *Applied Thermal Engineering*, 2008, vol. 28 (11–12), pp. 1536–1550.
3. NELSON, G. Microencapsulation in textile finishing. *Review of Progress in Coloration*, 2001, vol. 31, pp. 57–64.
4. STAREŠINIČ, M., ŠUMIGA, B., BOH, B. Mikroapsuliranje za tekstilno uporabo in uporaba analize SEM-posnetkov za vizualizacijo mikroapsul = Microencapsulation for textile applications and use of SEM image analysis for visualisation of microcapsules. *Tekstilec*, 2011, letn. 54 (4–6), str. 80–103.
5. FANGER, G. O. Microencapsulation: A brief history and introduction. Vandegaer J. E., (Ed.). *V Microencapsulation – processes and applications*. New York; London : Plenum Press, 1974, pp. 1–20.
6. BOH, B., KNEZ, E., STAREŠINIČ, M. Microencapsulation of higher hydrocarbon phase change materials by *in situ* polymerization. *J. Microencapsulation*, 2005, vol. 22, pp. 715–735.
7. STAREŠINIČ, M. Izdelava prototipa varnostnega oblačila »Safety Vest«. *Tekstilec*, 2011, letn. 54 (10–12), str. 238–244.
8. HUANG, C. T., TANG, C. F., LEE, M. C. in CHANG, S. H. Parametric design of yarn-based piezoresistive sensors for smart textiles. *Sensors and Actuators A: Physical*, 2008, vol. 148 (1), pp. 10–15.
9. JOURAND, P., De CLERCQ, H. in PUERS, R. Robust monitoring of vital signs integrated in textile. *Sensors and Actuators A: Physical*, 2010, vol. 161 (1–2), pp. 288–296.
10. COOSEMANS, J., HERMANS, B. in PUERS, R. Integrating wireless ECG monitoring in textiles. *Sensors and Actuators A: Physical*, 2006, vol. 130–131, pp. 48–53.
11. BAHADIR, S. K. Wearable obstacle detection system fully integrated to textile structures for visually impaired people. *Sensors and Actuators A: Physical*, 2012, vol. 179, pp. 297–311.
12. Lilypad Arduino [citirano: 20. 1. 2012]. Dostopno na svetovnem spletu: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardLilyPad>.
13. BENITO-LOPEZ, F., COYLE, S., BYRNE, R., SMEATON, A., O'CONNOR, N. E. in DIAMOND, D. Pump Less Wearable Microfluidic Device for Real Time pH Sweat Monitoring. *Procedia Chemistry*, 2009, vol. 1, pp. 1103–1106.
14. CURTO, V. F., COYLE, S., BYRNE, R., DIAMOND, D. in BENITO-LOPEZ, F. Real-Time Sweat Analysis: Concept and Development of an Autonomous Wearable Micro-Fluidic Platform. *Procedia Engineering*, 2011, vol. 25, pp. 1561–1564.
15. VIDMAR, M. Amaterska izdelava tiskanih vezij [citirano: 20. 1. 2012]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://lea.hamradio.si/~s53mv/archive/a353.pdf>>.
16. Eagle PCB Software [citirano: 20. 1. 2012]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.cadsoftusa.com/>>.
17. Arduino Software [citirano: 20. 1. 2012]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://arduino.cc/hu/Main/Software>>.