

LABORATORIJSKA VAJA, DOSTOPNA PREK INTERNETA

Ivo Verovnik

Visoka šola za tehnologijo polimerov, Slovenj Gradec

Povzetek: Predstavljena je laboratorijska vaja, ki jo lahko dijaki ali študenti opravijo s pomočjo internetne povezave. Oddaljeni računalnik, opremljen z ustreznim programjem, vmesnikom in eksperimentalno opremo ter povezan v internetno omrežje, omogoča izvedbo eksperimenta na daljavo. Take vrste eksperimentiranje ima svoje dobre in slabe strani. Pomembno dejstvo, ki govori eksperimentiranju na daljavo v prid, je, da je na voljo kadarkoli od koderkoli in da je ob primernem načrtovanju in pripravi laboratorijske vaje njeno vzdrževanje razmeroma preprosto. Opisana je laboratorijska vaja, v kateri določamo kapaciteto kondenzatorja na dva načina: na podlagi grafično določenega relaksacijskega časa praznjenja in na podlagi eksponentne enačbe trendne krivulje, ki opisuje časovni potek pojemanja napetosti na kondenzatorju. Zainteresiranim šolam je pod določenimi pogoji omogočen prost dostop do oddaljene laboratorijske vaje.

Abstract: Distant laboratory experiment which can be performed using Internet connection is presented. A computer, equipped with appropriate software, interface and experimental equipment and connected to the Internet, makes it possible to carry out the distant experiment. There are certain drawbacks and advantages of such an experiment. An important fact on behalf of this kind of laboratory experiment is that it is available from everywhere at every time and that its maintenance can be relatively simple in case of careful planning and designing the experiment. The two methods of capacitance of electric capacitor determination are described: using graphically determined relaxation time and using exponential equation of the trend line, representing voltage vs. time relationship. Free access is offered to the interested schools when certain conditions are fulfilled.

UVOD

Informacijska tehnologija je v zadnjih desetletjih na različne načine bistveno pripomogla k izboljšanju učinkovitosti pouka. Pri predmetih s področja naravoslovja in tehnike predstavlja eksperimentiranje pomemben del učnih načrtov in vključevanje računalnika v eksperiment je danes že dokaj ustaljena praksa šolskega dela. S pojavom interneta so se odprle nove možnosti rabe informacijske tehnologije predvsem na področju izobraževanja na daljavo.

Telemetrija in oddaljeno upravljanje procesov postaja danes nuja sodobne znanosti in tehnologije. Za ilustracijo naj omenimo npr., da meteorologi zbirajo podatke z velikega števila avtomatskih oddaljenih merilnih postaj, da v industrijskih halah na daljavo upravljajo množico zapletenih strojev in usklajujejo njihovo delovanje, da astronomi, ne da bi bili fizično prisotni, upravljajo s teleskopi, ki se lahko nahajajo na drugi strani zemeljske oble ali v zemeljski orbiti, in da se na planetih v našem osončju nahajajo robotski laboratoriji, ki jih na daljavo upravljajo z Zemlje. Na področju medicine razvijajo tehnologijo daljinskih kirurških posegov s pomočjo zmogljivih robotskih sistemov, ki jih upravlja oddaljeni kirurg. Na ta način se bomo lahko izognili dragim in včasih tveganim potovanjem bodisi pacientov v oddaljene specializirane zdravstvene centre ali pa morda zamudnim potovanjem redkih kirurških specialistov na oddaljene lokacije, kjer jih čakajo pacienti [1].

Logična posledica takega razvoja je, da tudi izobraževanje sledi tem trendom. Predvsem v zadnjem desetletju se je v nekaterih izobraževalnih centrih po svetu začel intenzivnejši razvoj pravih oddaljenih eksperimentov oz. oddaljenih laboratorijev, ki so dosegljivi preko svetovnega spleta [2, 3]. Posebno vrednost imajo zagotovo taki oddaljeni eksperimenti, ki si jih izobraževalna ustanova zaradi visoke cene ne more privoščiti ali pa so morda prenevarni za izvajanje v šolskih prostorih.

Oddaljeni dostop do eksperimentov lahko služi različnim namenom. Uporaben je lahko za učitelje, ki imajo za podporo pri posredovanju učne snovi »pri roki« sicer oddaljeni, vendar pravi eksperiment; to se v mnogih primerih pokaže kot učinkovitejši način v primerjavi z uporabo drugih sredstev, kot so npr. fotografije, videoposnetki ali računalniške simulacije. Oddaljeni eksperiment pa je lahko namenjen učencem, dijakom ali študentom kot domača naloga, kot laboratorijska vaja za izbrane posameznike ali kot redna laboratorijska vaja.

Pri načrtovanju oddaljenih eksperimentov je potrebno upoštevati nekatera splošna načela. Uporabnik naj ima, kolikor je mogoče, občutek, kot da izvaja eksperiment z opremo, ki je v njegovi fizični bližini. K temu zagotovo pripomore video-kamera (ali več kamer), ki prikazuje ključne elemente eksperimenta. Zahtevnejše izvedbe lahko omogočajo daljinsko upravljanje video-kamere s tem, da je omogočeno njeno usmerjanje in uporaba zooma. Uporabnik mora imeti možnost nastavitve in spreminjanja ključnih parametrov eksperimenta ter možnost spremljati merske podatke v živo, jih shranjevati in prenašati na svoj lokalni računalnik, iz katerega sicer pristopa do oddaljenega eksperimenta. Osnovne elemente oddaljenega eksperimentiranja kaže slika 1.



Slika 1: Ključni elementi eksperimentiranja na daljavo

Ker je uporabnik pri oddaljenem eksperimentiranju običajno sam (lahko so tudi dvojice ali skupina uporabnikov), brez prisotnosti učitelja, mora biti poskrbljeno, da so mu dosegljive vse informacije, ki so potrebne za izvedbo eksperimenta. Tu je mišljeno potrebno predznanje in informacije o tehničnih vidikih izvedbe laboratorijske vaje.

Pri načrtovanju oddaljenega eksperimenta je potrebno upoštevati tudi njegov splošni namen: ali je namenjen hitremu intuitivnemu učenju »z igro«, ali je dejavnost, ki je usklajena z vsebinami učnega načrta, ali pa služi raziskovanju.

Nekatere pomembnejše dobre plati kot tudi pomanjkljivosti oddaljenega eksperimentiranja so povzete v naslednjem odstavku.

Ugodnosti eksperimentiranja na daljavo:

- Časovna dostopnost: običajno 24 ur na dan in 7 dni v tednu.
- Krajevna dostopnost: od koderkoli na svetu z internetnim dostopom.
- Izvajalci si sami prilagodijo tempo dela.
- Lahko je omogočeno eksperimentiranje z drago eksperimentalno opremo, ki si je šolski laboratoriji ne morejo privoščiti, npr. elektronski mikroskop.
- Izvajalci lahko kadarkoli ponovijo vajo ali jo izvedejo na nekoliko drugačen način. S tem si lažje razjasnijo morebitne dvome v primeru nepričakovanih vrednosti izmerjenih podatkov.
- Za izvajalce je eksperimentiranje popolnoma varno za razliko od nekaterih vaj v laboratorijih, kjer so fizično prisotni.
- Dobro načrtovane vaje so take, da se inventar in eksperimentalne naprave ne morejo poškodovati.
- Izkoriščenost eksperimentalne opreme in s tem v zvezi ekonomičnost rabe sredstev je lahko bistveno večja kot v klasičnih šolskih laboratorijih. V nekaterih primerih so izmerili povprečno nekaj izvedb eksperimentov na dan, merjeno skozi celo leto [2].
- Nekateri novo postavljeni laboratoriji, ki še nimajo dovolj eksperimentalne opreme, si lahko pomagajo z najemom ali uporabo prosto dostopnih oddaljenih laboratorijskih vaj.

Pomanjkljivosti eksperimentiranja na daljavo:

- izvajalci si ne pridobijo izkušenj ročnega manipuliranja z napravami, kot je npr. postavitve in povezovanje naprav v delujoč eksperiment.
- Izvajalci nimajo vpogleda v vse detajle in na vse naprave, ker video-kamera običajno vsega ne prikazuje.
- Izvajalcem je med eksperimentiranjem onemogočen neposreden razgovor z vodjem izvajanja laboratorijskih vaj.

MERJENJE KAPACITETE KONDENZATORJA

Programsko okolje vaje in njene osnovne značilnosti

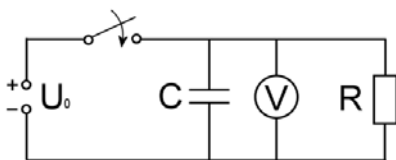
Po pregledu dostopnih virov s tega področja se pokaže, da razvite in objavljene oddaljene laboratorijske vaje temeljijo na povezavi preko svetovnega spleta (*World Wide Web*), zato za dostop in za izvedbo vaj potrebujemo enega od spletnih brskalnikov. Vaja, ki jo predstavljamo, pa temelji na uporabi internetne servisne storitve Povezava z oddaljenim namizjem. Ta storitev je na voljo v programskih okoljih MS Windows od verzije XP naprej v vseh novejših verzijah. Potem ko je uporabnik povezan z oddaljenim računalnikom, lahko počne na računalniku vse tako, kot da bi delal na tem računalniku oz. kot je omogočeno uporabniku računalnika. Te možnosti so določene z nastavitvami uporabniškega računa na oddaljenem računalniku. Podrobnejše informacije za izvedbo vaje dobijo uporabniki v obliki priloženih datotek, ki so opisane v nadaljevanju članka.

Tako kot pri klasičnem eksperimentiranju je tudi v našem primeru omogočeno delo le enemu uporabniku ob izbranem času. S tem ko se prijavimo na oddaljeni računalnik, ga za določen čas zasedemo in drugi ne morejo dostopati do njega. Zaradi tega je skupen čas za posamezno sejo (posamezno prijavljanje) omejen na največ eno uro. To je več kot dovolj za to, da opravimo potrebne meritve in prenesemo merske podatke na svoj lokalni računalnik. Obdelavo merskih podatkov in izdelavo poročila namreč izvedemo na svojem računalniku. Sicer pa se lahko vsakdo po potrebi kadarkoli ponovno prijavi in ponovi vajo.

Izvedba vaje

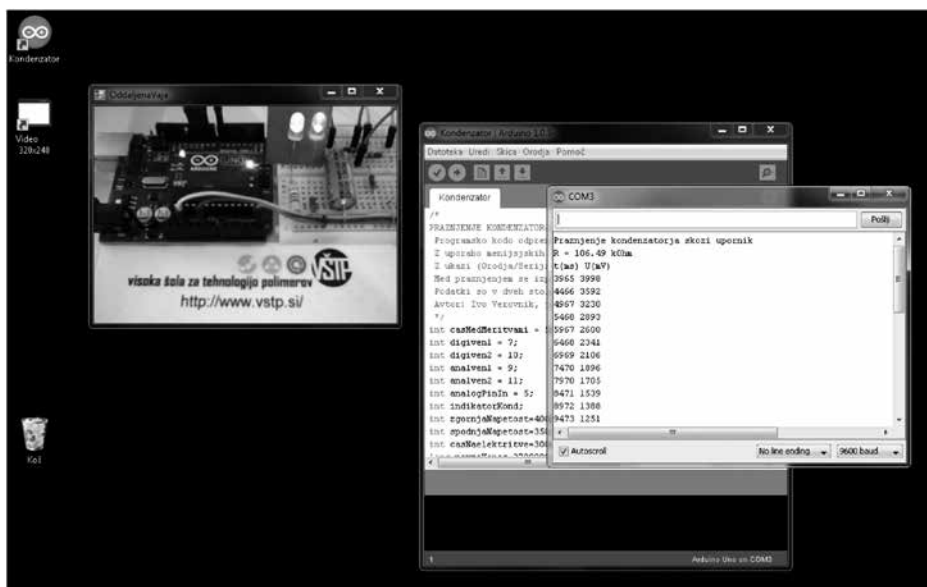
Potem ko se uspešno prijavimo na oddaljeni računalnik in ko zaženemo npr. dva programa, ki sta podrobneje opisana v nadaljevanju, bo njegovo namizje približno tako, kot ga prikazuje slika 3.

Video povezava omogoča pogled na mikro-kontroler kartico Arduino [4] in na električno vezje s kondenzatorjem. Bistveni del električnega vezja za izvajanje meritev prikazuje slika 2.



Slika 2: Poenostavljeno narisano električno vezje, s katerim na podlagi časovnega poteka pojemanja napetosti na kondenzatorju C določimo njegovo kapaciteto.

Kartica Arduino, ki služi kot vmesnik med osebnim računalnikom in eksperimentom, je v bistvu samostojen računalnik s procesorjem, spominsko enoto, analogno digitalnimi pretvorniki, stikali in komunikacijskimi kanali. Deluje lahko tudi samostojno, brez povezave z osebnim računalnikom. Preko USB priključka je v našem primeru povezana z osebnim računalnikom in preko vhodno-izhodnih linij z merilnim vezjem, prikazanim na sliki 3.



Slika 3: Tipična razporeditev elementov na oddaljenem namizju po tem, ko odpremo dva programa. Zgoraj levo sta dve programski ikoni: ikona za zagon programa Arduino za izvajanje meritev in ikona za zagon video-povezave do oddaljene merilne in eksperimentalne opreme. Levo okno: odprt program za video-povezavo kaže kartico Arduino in eksperimentalno vezje s kondenzatorjem. Sredina: urejevalnik in prevajalnik programske kode Arduino z oprto programsko kodo z imenom Kondenzator. Desno: okno programskega modula Serial Monitor z izpisanimi rezultati meritev.

Na osebнем računalniku z odprtokodnim programskim paketom Arduino [5] pripravimo ali spreminjamo programsko kodo, jo prevedemo in namestimo na kartico Arduino. Programska izvorna koda je napisana v poenostavljeni verziji programskega jezika C++ [6].

Osnovna verzija programske kode za izvedbo eksperimenta je že pripravljena na osebнем računalniku. Uporabnik jo po uspešni prijavitvi na oddaljeni računalnik vsakič z enim samim klikom prevede in naloži na kartico Arduino, kjer jo požene, da se izvedejo meritve. Po želji lahko uporabnik izvorno kodo spremeni, ponovi opisani postopek in izvede meritve pri drugačnih pogojih. Spreminjanje programske kode od uporabnika zahteva osnovno poznavanje poenostavljenega programskega jezika C++, opisanega v [6].

Rezultat vsake serije meritev, ko se kondenzator prazni preko upornika, se izpiše v posebno programsko okno – slika 4. Poleg parov podatkov o časih v ms in napetostih v mV vsebuje izpis tudi vrednost upora upornika. Celoten merilni sistem je namenoma zasnovan in izdelan tako, da se pri vsaki seriji meritev v vezje na sliki 3 lahko vključi upornik z drugačnim uporom. Na privzet način se izvede okoli 25 meritev. Njihovo število je sicer odvisno od upora upornika v vezju in od velikosti časovnega intervala med meritvami, ki ga lahko programsko spreminjamo. Meritve se izvajajo, dokler napetost ne pade pod izbrano spodnjo mejo.

```
Praznjenje kondenzatorja skozi upornik
R = 53.09 kOhm
t (ms)  U (mV)
712 3998
1213 3465
1714 3005
2215 2609
2715 2262
3216 1959
3716 1695
4217 1471
4717 1275
```

Slika 4: Primer začetnih vrstic izpisovanja merskih podatkov o pojemanju napetosti na kondenzatorju, ko se je ta praznil preko upornika. Na privzet način se podatki izpisujejo v približno polsekundnih intervalih. Začetna napetost je okoli 4 V.

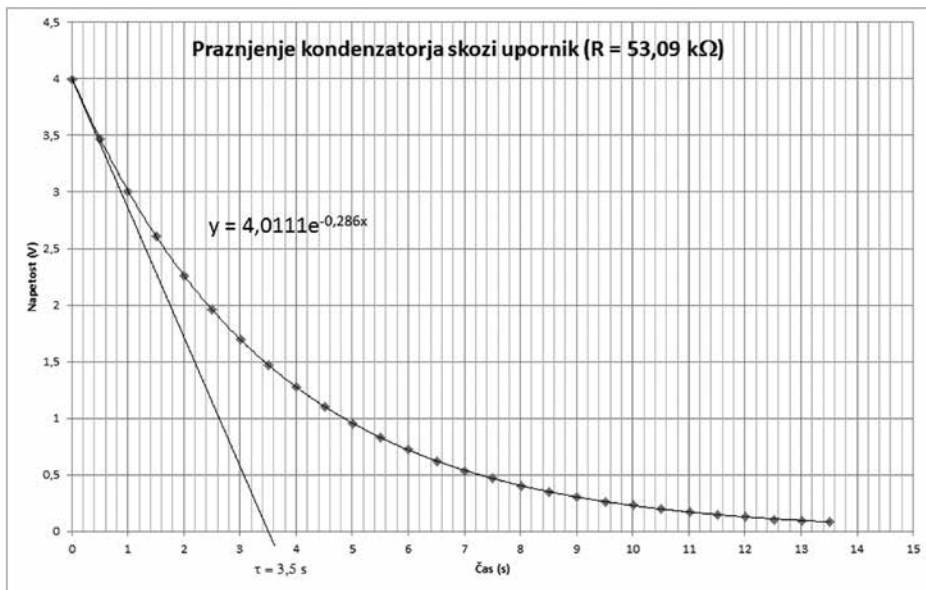
S pomočjo postopka označi-kopiraj-prilepi prenesemo merske podatke na svoj lokalni računalnik. S tem smo delo na oddaljenem računalniku zaključili in se lahko z njega odjavimo. Vse ostalo za dokončanje laboratorijske vaje (obdelava podatkov in izdelava poročila) izvedemo kadarkoli kasneje na svojem računalniku.

Pomemben del poročila o opravljeni vaji predstavlja graf, na katerem je na podlagi vrisane tangente na eksponentno krivuljo skozi začetno točko določen relaksacijski čas τ ter izpisana eksponentna enačba krivulje, ki se najbolje prilega merskim točkam – slika 5. To so namreč izhodiščni podatki za izračun kapacitete kondenzatorja po dveh postopkih. Osnovna navodila za izdelavo poročila so pripravljena v posebni datoteki, ki je na voljo izvajalcem vaje.

V našem primeru dobimo z uporabo relaksacijskega časa $\tau = 3,5$ s in znanega upora $R = 53,09$ k Ω za kapaciteto kondenzatorja vrednost $C = \tau/R = 65,9$ μ F.

Če primerjamo enačbo, ki opisuje pojemanje napetosti na kondenzatorju med njegovim praznjenjem preko upornika $U = U_0 e^{-\frac{t}{RC}}$, in enačbo trendne eksponentne krivulje s slike 5: $y = 4,0111 e^{-0,286x}$, ugotovimo, da ulomku v potenčnem eksponentu $1/RC$ ustreza vrednost $0,286$ s $^{-1}$. Iz tega dobimo za kapaciteto kondenzatorja vrednost $C = 65,86$ μ F, kar kaže na solidno ujemanje obeh rezultatov.

Tu je smiselno postaviti vprašanje v zvezi z natančnostjo rezultatov. Uporabnika namreč lahko v navodilih za izdelavo poročila opomnimo, da naj napiše svoje mnenje o tem, kateri izmed dveh postopkov je natančnejši in zakaj.



Slika 5: Graf lahko izdelamo v programu MS Excel na podlagi meritev (slika 4) ter dodamo trendno eksponentno krivuljo in njeno enačbo. Z risarskim programom, kot je npr. Slikar, sliko dopolnimo s tangento, ki omogoča določitev relaksacijskega časa τ .

Navodila in dodatne informacije

Dijakom ali študentom, ki bodo izvajali oddaljeno vajo, najlažje posredujemo nalogo z elektronsko pošto, v kateri na kratko navedemo nekaj osnovnih informacij o vaji in navodila o tem, kako se povežejo z oddaljenim računalnikom. Navedemo še uporabniško ime in geslo za prijavo na oddaljeni računalnik ter elektronski naslov, kamor bodo dijaki ali študenti poslali poročilo o vaji.

Ker moramo upoštevati, da izvajalci vaje ne bodo imeli možnosti neposrednega razgovora z vodjem praktikuma, bo imela elektronska pošta nekaj prilog s podrobnejšimi navodili za izvedbo vaje ter še nekatere dodatne koristne informacije za izvedbo vaje in izdelavo poročila. Pripravljenih je 6 datotek, ki jih lahko priložimo osnovnemu besedilu elektronske pošte in so navedene v spodnji tabeli. Najpomembnejša je prva datoteka s seznama. Ostale priloge niso nujno potrebne, so pa lahko koristne, predvsem za dijake ali študente s pomanjkljivim predznanjem na določenem področju.

ime datoteke	kratek opis
1_navodilo.pdf	Navodilo za izvedbo vaje
2_fizikalne_osnove.pdf	Fizikalne osnove obravnavanega pojava
3_napotki_porocilo.pdf	Napotki za obdelavo podatkov in izdelavo poročila
4_primer_porocilo.docx	Primer poročila o opravljeni eksperimentalni vaji
5_primer_meritve.txt	Primer shranjene datoteke z rezultati meritev
6_primer_graf.xlsx	Primer obdelanih merskih podatkov v MS Excel-u z grafom

ZAKLJUČEK

Oddaljeno eksperimentiranje je eden od načinov pridobivanja znanja in eksperimentalnih izkušenj, ki se v šolskih praksah šele uveljavlja. Kot kažejo začetni trendi, ima ta način eksperimentiranja z ozirom na mnoge ugodne značilnosti najbrž perspektivo. Vsaj del laboratorijskih vaj se bo v prihodnosti lahko izvajal preko oddaljenega dostopa. Tudi razvoj informacijsko-komunikacijske tehnologije, ki predstavlja materialno osnovo oddaljenega eksperimentiranja, se še vedno nadaljuje z nezmanjšanim tempom.

V tem članku predstavljena laboratorijska vaja z naslovom Merjenje kapacitete kondenzatorja je najbrž primerna za dijake gimnazij in elektrotehniških srednjih šol ter za študente na področju višjega in visokošolskega izobraževanja. Preizkušena je bila s študenti na nekaterih višjih in visokih šolah v okviru praktikuma v prvem letniku, kjer sta zastopana predmeta fizika ali elektrotehnika. Odzivi in mnenja sicer niso bili sistematično zbrani in analizirani, vendar so bila tista mnenja, ki smo jih dobili, pozitivna.

Za razliko od večine laboratorijev z oddaljenim dostopom, kjer dostopamo do oddaljenih eksperimentov s pomočjo spletnih brskalnikov, kot je npr. Internet Explorer, je dostopanje v našem primeru drugačno. Uporabnik dejansko dobi v uporabo oddaljeni računalnik, na katerega je priključena merilna in eksperimentalna oprema. Tu je bilo potrebno skrbno premišljeno in mestoma razmeroma zahtevno načrtovanje ter izvedba nastavitve računalnika. Uporabnik ima zaradi tega dokaj omejene uporabniške pravice. Poskrbeti je namreč treba, da se zagotovi polna funkcionalnost računalnika za vse uporabnike, ki se zaporedoma povezujejo nanj in eksperimentirajo.

Povabilo

Avtor bo na željo izobraževalnih institucij omogočil dostop do opisane oddaljene laboratorijske vaje za uporabo v omejenem obsegu, npr. kot laboratorijsko vajo za izbrane posameznike. V primeru, da izobraževalna institucija želi vključiti oddaljeno laboratorijsko vajo kot redno obveznost za celotno populacijo dijakov ali študentov, je potreben poseben dogovor z avtorjem.

Če želite pridobiti dostop do oddaljene laboratorijske vaje, posredujte to željo avtorju na naslov iverovnik@siol.net. Poleg navodil o tem, kako dostopamo do oddaljene labora-

torijske vaje, boste prejeli vse datoteke za podporo izvedbe vaje, opisane na koncu prejšnjega poglavja. Prejeli boste tudi predlog besedila elektronske pošte, s katerim dijakom ali študentom posredujete nalogo za izvedbo oddaljene laboratorijske vaje. To besedilo lahko tudi prilagodite svojim specifičnim potrebam in okoliščinam. Za začetek, v najbolj preprostem primeru, ni skoraj nič dela za učitelja. Nalogo npr. posredujete po e-pošti in počakate na poročilo dijakov ali študentov, prav tako po e-pošti. Lahko pa seveda sami preizkusite izvedbo vaje. Dobrodošla bo vsaka povratna informacija o vaših izkušnjah.

VIRI

- [1] Remote surgery, Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Remote_surgery (4. 9. 2014).
- [2] Experimenting from a distance—remotely controlled laboratory (RCL) Sebastian Gröber et al 2007 Eur. J. Phys. **28** S127, Članek je dosegljiv v celoti tudi na spletu: <http://discoverlab.com/References/Experimenting%20from%20a%20Distance.pdf> (4. 9. 2014).
- [3] Univerza Južne Avstralije, NetLab, <http://netlab.unisa.edu.au/index.xhtml> (4. 9. 2014).
- [4] Kartica Arduino UNO, <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno> (4. 9. 2014).
- [5] Odprtokodni programski paket Arduino, <http://arduino.cc/en/main/software> (4. 9. 2014).
- [6] Dokumentacija o poenostavljeni verziji programskega jezika C++, <http://arduino.cc/en/Reference/HomePage> (4. 9. 2014).