

Uporaba mikrokrmilnika Arduino pri pouku fizike

Timotej Maroševič

Gimnazija Vič, Ljubljana

Povzetek

V Sloveniji je po šolah precej razširjena uporaba merilnih instrumentov Vernier. Zaradi visoke cene in nekaterih omejitev je včasih primernejša uporaba drugih instrumentov. Eden takih je mikrokrmilnik Arduino, ki je v članku predstavljen skupaj s svojimi prednostmi in slabostmi.

Abstract

Schools across Slovenia mostly use Vernier measuring instruments. Because of their high price and certain limitations, it would sometimes be better to use other instruments. One such instrument is the Arduino microcontroller, which is presented in the article, including its advantages and drawbacks.

Uvod

V Sloveniji smo leta 2003 večino gimnazij in tehniških gimnazij opremili z računalniškimi vmesniki Vernier, ki omogočajo zajemanje podatkov oziroma merjenje različnih fizikalnih količin [1] [2]. Večina profesorjev naravoslovnih predmetov vmesnike Vernier dobro pozna, njihova uporaba je preprosta, izmerjeni podatki pa so dosegljivi v realnem času in prikazani na grafu ali v tabeli. Tak način zajemanja in prikazovanja podatkov je uporaben kot opora demonstracijskim poskusom pri pouku. Še več, natančnost je dovolj šnja, da lahko vmesnik Vernier uporabimo tudi pri natančnejših meritvah, na primer pri raziskovalnih nalogah ali raziskovalnih projektih.¹

Pri uporabi na terenu pa se hitro pokažejo njegove pomanjkljivosti. Cena vmesnika in senzorjev je visoka, zato opreme ne moremo pustiti brez nadzora. Tudi napajanje preko baterije ima svoje omejitve. Pri projektu *Vič gre v vesolje* je bila ovira tudi masa (glej opombo 2). Za zmanjšanje mase smo senzorce razdrli in odstranili ohišje, s tem pa senzorcji niso bili več primerni za poznejšo uporabo. Cena je bila previsoka. Pozneje smo z enako kakovostjo izvedli drugi izpust atmosferske sonde, ki je delovala s pomočjo mikrokrmilnika Arduino, stroški pa so bili približno desetkrat manjši.

Kaj je Arduino?

Arduino je odprtokodna mikrokrmilniška platforma, ki temelji na enostavni razvojni ploščici z vhodno-izhodnimi konektorji in na uporabniku prijaznem razvojnem okolju (brezplačna programska oprema) [3]. Ker je Arduino odprtokodni sistem, so načrti za strojno opremo javni, tako da si zahtevnejši uporabnik lahko izdelata lastno

Arduino je odprtokodna mikrokrmilniška platforma, ki temelji na enostavni razvojni ploščici z vhodno-izhodnimi konektorji in na uporabniku prijaznem razvojnem okolju.

¹ Na Gimnaziji Vič smo pred leti izvedli projekt *Vič gre v vesolje*, v okviru katerega smo izpustili atmosfersko sondo, ki je s pomočjo Vernierjeve opreme merila temperaturo, tlak, koncentracije nekaterih plinov in podobno.

razvojno ploščico. Cena razvojne ploščice (slika 1) je približno 20 evrov, seveda pa je ugodneje prek spleta kupiti še cenejšo kitajsko različico.²

Katere so prednosti sistema Arduino?

Arduino lahko deluje samostojno ali pa v povezavi z računalnikom. To omogoča učinkovito uporabo na terenu. Električna poraba je majhna, tako da dobro deluje tudi na baterije. Je zelo razširjen in odlično dokumentiran. Na spletu je mogoče najti navodila za izvedbo preprostih in zapletenih primerov. Prav tako je na voljo veliko knjig za začetnike pa tudi za zahtevnejše uporabnike.³ Preprosto iskanje besede »Arduino« v iskalniku Google vrne nepregledno množico zadetkov. Zelo verjetno je projekt, ki si ga boste zamislili, naredil že kdo pred vami in na spletu zanj napisal navodila. Baza uporabnikov je res neverjetno velika.

Plošča vsebuje mikroprocesor, nekaj spomina, komunikacijski priključek ter nekaj vhodno-izhodnih konektorjev in je pravzaprav mali računalnik.

Klasični računalnik za delovanje potrebuje operacijski sistem, ki je lahko pri zajemanju meritev tudi v napoto, saj operacijski sistem zahteva svoj čas, senzorji, priključeni na vhodno-izhodne, enote pa zato niso ves čas na voljo. Arduino, podobno kot večina ostalih mikrokontrolerov, nima operacijskega sistema. Program, ki ga napišemo, se shrani v spomin in se nato ves čas ponavlja, vrstico za vrstico. Rezultat je solidna hitrost, meritve lahko brez težav zajemamo vsako milisekundo. Tudi stabilnost sistema je solidna – Arduino sem doma uporabil za merjenje temperature akvarijske vode, prižiganje in ugašanje luči ter za prikazovanje informacij na zaslonu LCD, program pa je stabilno deloval 24 ur na dan več kot leto.

Prednost dela z Arduinom je tudi brezplačna programska oprema, ki deluje na različnih operacijskih sistemih osebnega računalnika (Windows, Apple in Linux). Programska oprema vključuje okolje, v katerem programiramo v poenostavljenem jeziku C++ , in se imenuje Arduino IDE (slika 2).

Primerjajmo še cene. Vernierjev klasični termometer stane približno 36 USD, ločljivost senzorja je 0,1 °C, natančnost pa 0,5 °C.⁴ Senzor DS18B20, ki je preprost za uporabo s pomočjo Arduina, ima podobne oziroma boljše karakteristike, ločljivost je 0,01 °C, natančnost pa ravno tako 0,5 °C. Cena takega senzorja je manj kot 1 USD.

Najboljše pri Arduinu je, da nanj lahko poleg senzorjev preprosto priključimo tudi druge koristne pripomočke. Če želimo npr. vedeti, kolikšna je temperatura, ki jo merimo na terenu, lahko priključimo majhen zaslon LCD, na katerem se bodo izpisovali podatki. Če želimo poleg termometra še mešalo za vodo, priključimo npr. koračni motor. Če želimo, da Arduino meri neko količino dalj časa brez našega nadzora, npr. en mesec, potrebujemo mesto za shranjevanje teh podatkov. Preprosto lahko priključimo kartico microSD in težava je odpravljena. Če želimo vedeti, kje natančno smo neko količino izmerili, lahko dodamo modul GPS. Če želimo, da bi bile meritve, izmerjene



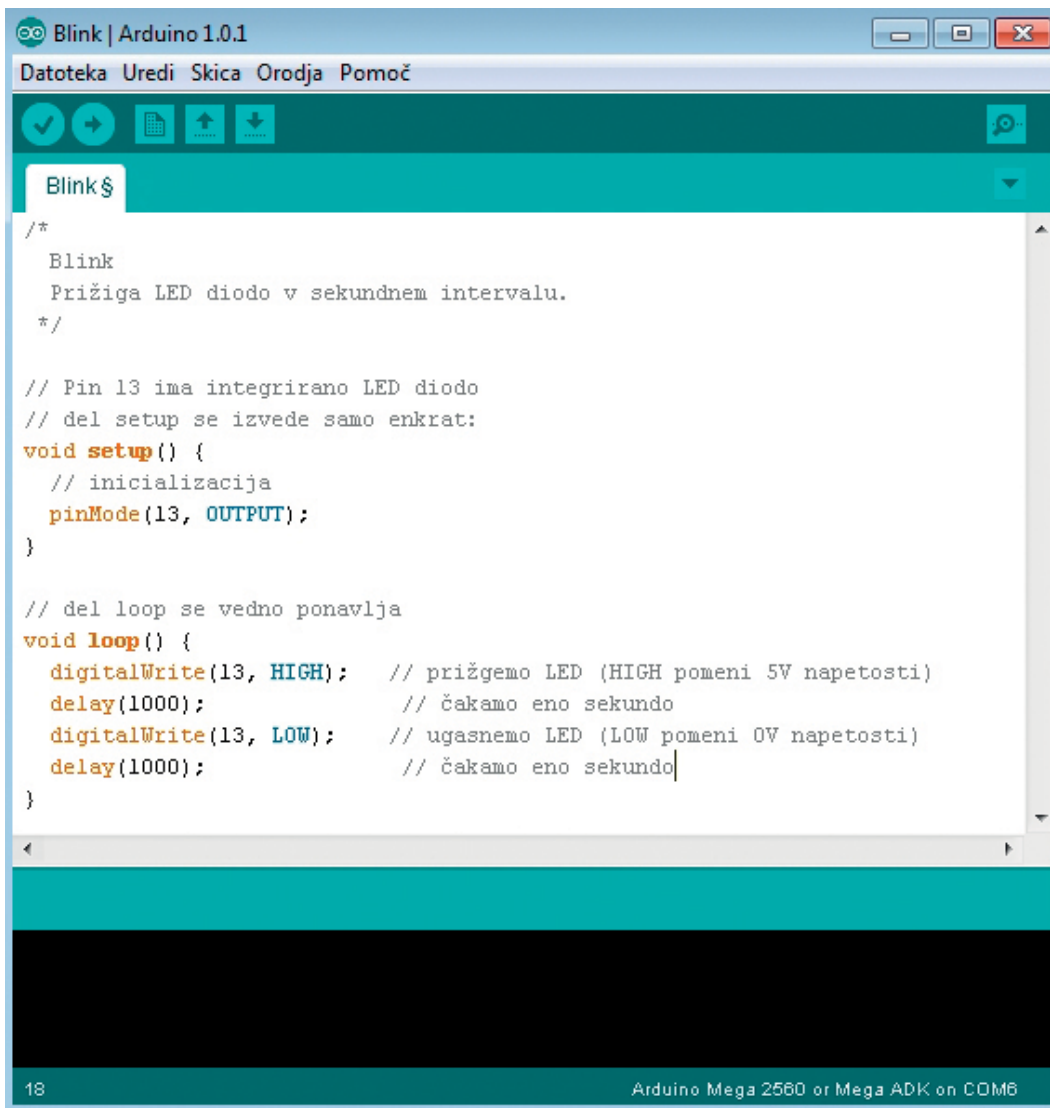
Slika 1: Najpreprostejša razvojna ploščica, Arduino Uno. [4]

Arduino, podobno kot večina ostalih mikrokontrolerov, nima operacijskega sistema.

² Cene na spletu se gibljejo med 5 in 10 USD.

³ Ena takih je knjiga z naslovom *30 Arduino projects for the evil genius*.

⁴ Pomembno je razlikovati med ločljivostjo in natančnostjo senzorja. V konkretnem primeru ločljivost pomeni, da senzor zazna razliko v temperaturi najmanj 0,1 °C, natančnost pa, da se lahko izmerka dveh enakih termometrov razlikujeta za največ 0,5 °C.



Slika 2: Arduino IDE – okolje, v katerem programiramo mikrokrmilnike Arduino.

s pomočjo Arduina, dostopne preko spletne strani, dodamo modul ethernet⁵ in Arduino že lahko dostopa do interneta. Branje meritev ali prižiganje luči preko pametnega telefona je tako preprosto. Dodamo lahko na primer tudi modul bluetooth in že lahko upravljamo Arduino z razdalje nekaj 10 metrov. In še mnogo več.

Katere so pomanjkljivosti sistema Arduino?

Prav je, da razkrijemo še slabosti sistema Arduino. Kot sem že omenil, ploščica nima operacijskega sistema. Koda se izvaja linearno, vrstica za vrstico. To pomeni, da je nemogoče odčitati meritev z

dveh senzorjev hkrati. Najprej se bo izvedel ukaz za branje prvega senzora, nato še za branje drugega. Resnične večopravnosti pri Arduino torej ni. Ker pa se koda izvaja zelo hitro, je časovna razlika med izmerki morda nekaj mikrosekund. Običajno s tem ni težav.

Druga slabost je jakost električnega toka, ki so ga sposobni prejemati ali oddajati vhodno-izhodni konektorji. Ta je omejena na 20 mA [5]. Tako je na primer nemogoče neposredno napajati motor ali kaj podobnega. V takem primeru moramo poiskati druge rešitve. V najslabšem primeru se lahko zgodi, da bo mikroprocesor na ploščici pregorel. Če se to zgodi, lahko zamenjamo zgolj mikroprocesor in ne celotne ploščice. Taka napaka nas bo stala nekaj evrov.

⁵ Pri Arduino se ti dodatki imenujejo »shield«. Če želimo dodati zmožnost priklopa na splet, moramo dodati t. i. »Ethernet shield«.

Uporaba pri pouku fizike

Uporabo lahko v grobem razdelimo na dve področji: uporabo pri pouku in uporabo pri raziskovalnih nalogah oziroma projektih.

Zagotovo sistema ni tako preprosto uporabljati pri demonstracijskih poskusih kot sistem Vernier, saj se podatki ne izrisujejo sproti na grafu, čeprav je z nekaj programiranja mogoče tudi to. Morda imamo v razredu »zahtevnega dijaka«, ki ga je zaradi nadarjenosti smiselno dodatno zaposliti. Iz izkušenj vem, da dijaki z veseljem uporabijo sistem Arduino in napišejo različne programe. Poleg tega so običajno cene nekajkrat nižje, tako da si morda v ekonomsko težkih časih lažje privoščimo zeleni senzor za Arduino kot senzor za Vernier.

Uporaba sistema Arduino pri raziskovalnih nalogah pa je naravnost idealna zaradi že omenjenih prednosti. Dijaki lahko sami ustvarijo na primer robota,⁶ 3D-tiskalnik, lastni osciloskop ali detektor laži.⁷ Vsekakor pa je cena tista, ki omogoča dostopnost ne le profesorjem oziroma šoli, temveč tudi dijakom samim.

Zdaj se je treba le še opogumiti in narediti prve korake v svet programiranja mikrokrmilnikov. V seriji člankov jih bomo naredili skupaj in začeli z najpreprostejšimi, končali pa z zahtevnejšimi primeri.

Prvi koraki v svet Arduina

Za prvi preprost program potrebujemo:

- osebni računalnik z nameščenim okoljem za programiranje – Arduino IDE,
- osnovno mikrokrmilniško ploščico, na primer Arduino Uno in kabel USB.

Želimo upravljati diodo LED, ki je že vgrajena v ploščico Arduino. V okolju Arduino IDE pod Datoteka/Primeri/Osnove najdemo že narejen primer Blink. Odpremo program (slika 2).

Vidimo, da je program dolg zgolj nekaj vrstic. Prve vrstice so namenjene komentarjem. V programskem okolju Arduino IDE se vse, kar se začne z // ali /*, razume kot komentar, zato se besedilo obarva sivo. Za podrobnosti pomena posameznih ukazov se lahko obrnemo na spletno stran <https://www.arduino.cc/en/Reference/HomePage>.

Struktura programa je sicer vedno enaka. Prvi del se imenuje »void setup«, drugi pa »void loop«. Vse, kar je zapisano pri »void setup«, se izvede samo enkrat – takoj ko ploščico priključimo na napajanje oziroma vsakič, ko jo »resetiramo«. Ko se ta del kode izvede, program preide v »void loop«. Vsa koda, ki je vpisana v delu »void loop«, se ponavlja v zanki. Ko program pride do konca, se spet vrne na prvo vrstico dela »void loop«.

Skupaj analizirajmo posamezne dele kode, da bomo bolje razumeli delovanje programa.

```
void setup() {
  // Inicializacija
  pinMode(13, OUTPUT);
}
```

Del »void setup« se izvede samo enkrat, na začetku. Ukaz pinMode ima dva argumenta. S prvim mikrokrmilniku povemo, kateremu konektorju (pinu) bomo dodeljevali funkcijo, z drugim pa, kaj pričakujemo od posameznega konektorja. Besedilo za poševnicama je komentar avtorja in ne vpliva na delovanje kode.

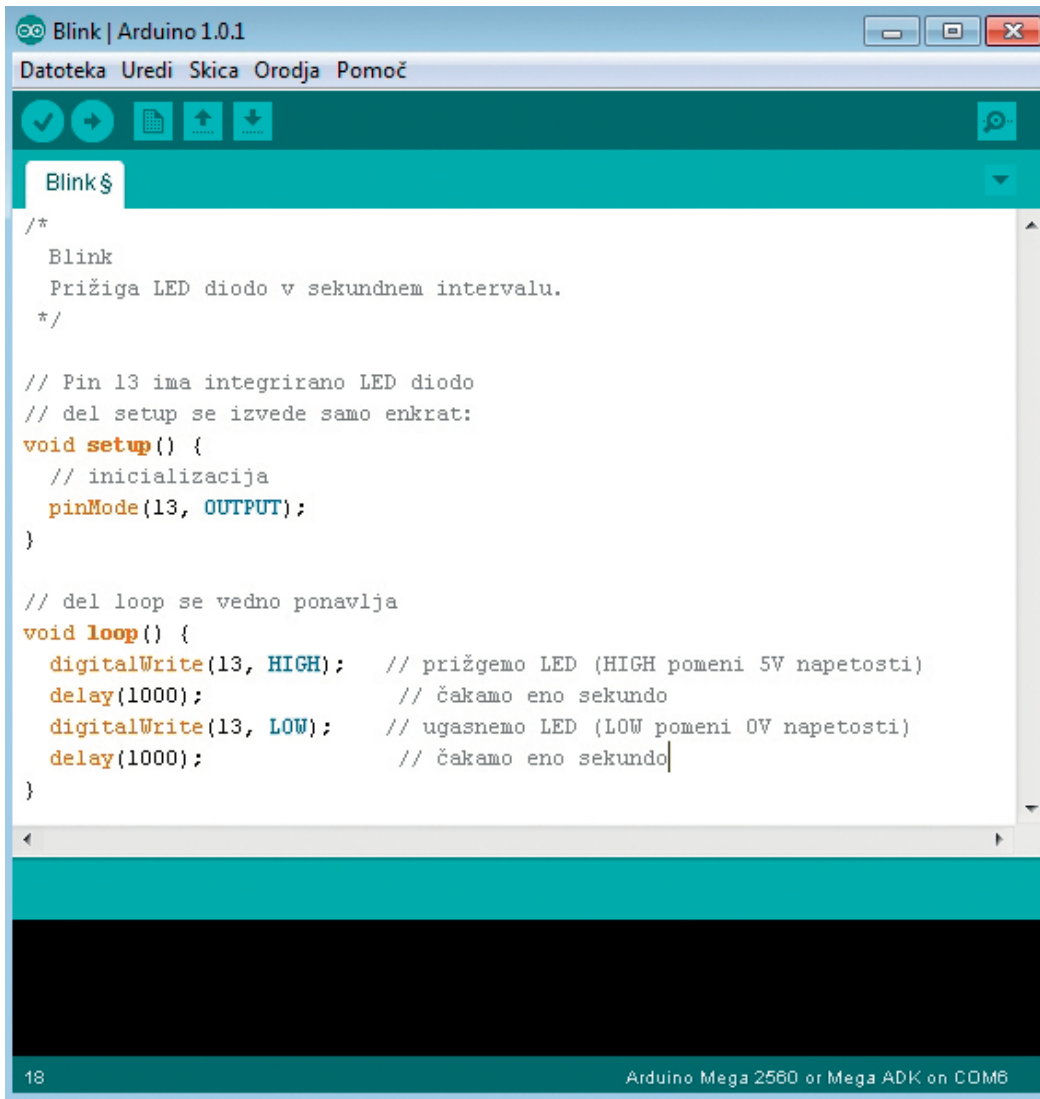
Ker je na ploščici Arduino dioda LED že integrirana na konektorju številka 13, smo zapisali, da želimo uporabiti pin 13 kot izhod (OUTPUT). Če bi želeli na tem konektorju brati napetost, bi morali vpisati INPUT.

```
// del loop se vedno ponavlja
void loop() {
  digitalWrite(13, HIGH); // prižgemo LED
  (HIGH pomeni 5 V napetosti)
  delay(1000);           // čakamo eno sekundo
  digitalWrite(13, LOW); // ugasnemo LED
  (Low pomeni 0 V napetosti)
  delay(1000);           // čakamo eno sekundo
}
```

V tem delu smo uporabili ukaz »digitalWrite«, ki ponovno potrebuje dva argumenta. Najprej poveemo, kateri konektor želimo uporabljati (v našem primeru konektor številka 13) in kaj želimo. Ker želimo prižgati diodo LED, napišemo HIGH, ko naj bo dioda prižgana, in LOW, ko naj bo ugasnjena. Ker se program hitro izvaja, smo vmes dodali še ukaz »delay(1000);«, kar pomeni, da se bo program v tej vrstici ustavil za 1000 milisekund oziroma za eno sekundo. Rezultat je, da se dioda LED prižiga in ugaša v sekundnih intervalih.

⁶ Znani robotski sesalnik iRobot Roomba uporablja enak mikroprocesor kot Arduino.

⁷ Natančnejši izraz bi bil merilnik prevodnosti kože. Detektor laži meri poleg prevodnosti kože še temperaturo, srčni utrip in podobno.



Slika 3: Zaslonska slika z odprtim programom Blink.

Viri

- [1] *Vzgoja in izobraževanje* (2015). št. 2–3, letnik XLVI, str. 83. Ljubljana: Zavod RS za šolstvo.
- [2] <http://www.zrss.si/HYPERLINK> „<http://www.zrss.si/digitalnaknjiznica/PKP-zbornik-prispevkov-zakl-konf/>“, str. 166. (22. 10. 2015).
- [3] <http://www.smakshop.si/smakrobot/mikrokrmilnik-arduino-uno.html>, (6. 10. 2015).
- [4] https://virtuabotix-virtuabotixllc.netdna-ssl.com/core/wp-content/uploads/2013/03/arduino_uno_r3_top.jpg, (22. 10. 2015).
- [5] <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>, (22. 10. 2015).