

# Prvi koraki v Arduino

## Avtomobilček za vožnjo po črti

Milan Gaberšek in Slavko Kocijancič

V dvanajstem zaporednem prispevku na temo *Prvi koraki v Arduino* bomo obstoječi avtomobilček s krmilnikom Arduino nadgradili za vožnjo po črti. Najprej bomo izdelali in preskusili senzor svetlobe, ga namestili na avtomobilček in ga kot pravega robota sprogramirali za novo nalogo.

### Material in orodje

- izdelani in nadgrajeni avtomobilček (TIM 1, september 2020, str. 28–32),
- fotoupor (kratica LDR), npr. GL5539,
- upor 1 k $\Omega$  (rjava, črna, rdeča, zlata),
- upor 10 k $\Omega$  (rjava, črna, oranžna, zlata),
- svetleča dioda (bele barve),
- štiri približno 20 cm dolge žičke poljubnih barv, najbolje dvobarvna pletenica (v našem primeru belo-modra in belo-rdeča),
- daljša vezna žička modre barve in krajša vezna žička črne barve,
- ščipalne kleščice, modelarski nož oziroma kleščice za snemanje izolacije,
- pribor za spajkanje,
- zamašek od plastenke, najbolje temnejše barve (v našem primeru modre),
- šilo ali vrtalnik s svedom premera okrog 4 mm,
- pištola za vroče lepljenje,
- list papirja formata A 4 za testiranje,
- bela podlaga iz debelejšega papirja formata A 2 (ali večja) za izdelavo proge,
- debelejši širok in močan lepilni trak črne barve (angl. duct tape) ali primerljiv za izdelavo črt na progi (lahko jih tudi narišemo ali natisnemo s tiskalnikom),
- škarje, pisalo in ravnilo.

### Računalniški pripomočki

- osebni računalnik z nameščenim operacijskim sistemom Windows, Linux ali Mac OS,
- integrirano programsko razvojno okolje Arduino IDE, ki je brezplačno dostopno na spletni strani [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc).

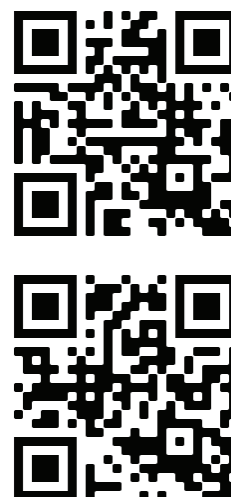
### Izdelava senzorja odbite svetlobe

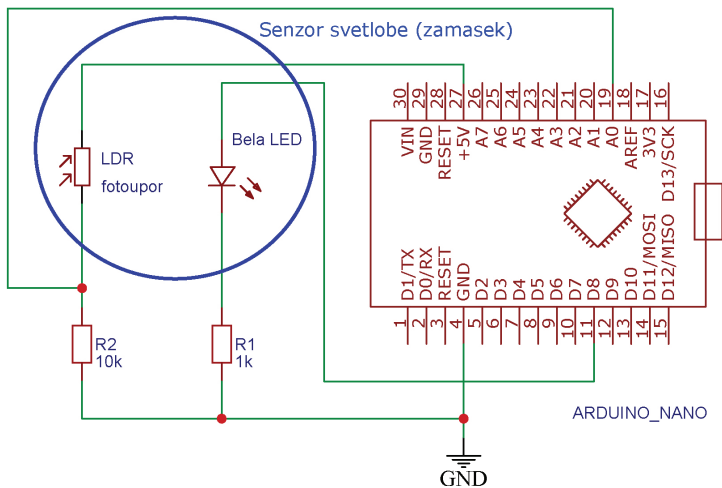
V prispevku v letošnji septembrski številki Tima smo izdelali avtomobilček, ki se je odzival na oviro. V nadaljevanju ga bomo predelali tako, da bo s pomočjo senzorja odbite svetlobe sledil temni črti na beli podlagi. Za ta namen bomo najprej izdelali senzor svetlobe, odbite od izbrane površine, za katerega bomo uporabili fotoupor, svetlečo diodo in

dva upora. Začeli bomo z vezavo za svetlobo občutljivega upora ali krajše fotoupora (angl. LDR – Light Dependent Resistor) po shemi (**slika 1**) oziroma po računalniški sliki, izdelani s programom Fritzing (**slika 2**). Izdelali bomo podobno vezje, kot smo ga predstavili v prispevku *Prvi koraki v Arduino* – stik s svetom in računalnikom (TIM 5, januar 2020, str. 28–29), le da bomo tokrat poleg fotoupora namesto rdeče uporabili belo svetlečo diodo. Ker bomo morali oba elementa namestiti na ohišje avtomobilčka, na njune nožice prispajkamo približno 20 cm dolge žičke belo-modre oziroma belo-rdeče barve (**slika 3**). Seveda lahko uporabimo tudi žičke drugačnih barv, le pozorni moramo biti pri njihovem poznejšem priklopu v vezje. Še enkrat spomnimo, da je pri svetleči diodi daljša nožica + (anoda), tista pri prirezanem ohišju pa – (katoda). Ob napačnem priklopu svetleča dioda ne bo svetila, kar lahko preprosto rešimo z medsebojno zamenjavo priključkov. Pri fotouporu (podobno kot pri običajnih uporih) polariteta ni pomembna. V moder (ali podoben) zamašek od plastenke s šilom ali vrtalnikom naredimo luknjo, ki naj bo dovolj velika, da bomo skozi jo lahko potisnili vse štiri žice, in obenem tako majhna, da bo začasno preprečevala prosto gibanje obeh elementov. Paziti moramo, da nožice niso v kratkem stiku. Fotoupor naj bo tik pod vrhom zamaška, svetleča dioda pa naj bo obrnjena proč od njega (**slika 4**). Če ne gre drugače, ju lahko s koščkom kartona, ki služi kot svetlobna pregrada, ločimo med seboj. Pozneje bomo vse utrdili z vročim lepljenjem, na stopnji preskušanja pa to ni priporočljivo. Če bi želeli elementa pozneje uporabiti kako drugače, lahko za pritrditev uporabimo plastelin.

Fotoupor, svetlečo diodo in upore glede na predstavljeno poenostavljeno shemo na **slikah 1 in 2** povežemo s krmilnikom Arduino. Za lažjo vgradnjo je prikazana tudi vezava v obstoječe vezje avtomobilčka. Sledi testni program, ki ga prenesemo na krmilnik Arduino. Ker smo že večji osnov programiranja, ga je najbolje prenesti kar s spletne strani [www.drta.si/tim.html](http://www.drta.si/tim.html) kjer je dostopna tudi risba proge s **slike 14**.

Program je kratek. Najprej napovemo, da smo svetlečo diodo priključili na pin D8, delilnik napetosti s fotouporom pa na analogni vhod A0. Za izmerjeno vrednost jakosti odbite svetlobe bomo uporabili spremenljivko `jakostSvetlobe`, katere začetno vrednost nastavimo na 0. V okviru funkcije `setup()` z ukazom `Serial.begin(9600)`; napovemo uporabo serijskega vmesnika USB ter s `pinMode(led, OUTPUT)`; napovemo in z `digitalWrite(led, HIGH)`; vklopimo svetlečo diodo. V okviru funkcije `loop()` z vrstico `jakostSvetlobe = analogRead(senzorSvetlobe)`; preberemo digitalno vrednost jakosti svetlobe, merjene s fotouporom, in jo s `Serial.println(jakostSvetlobe)`; izpišemo na zaslon.





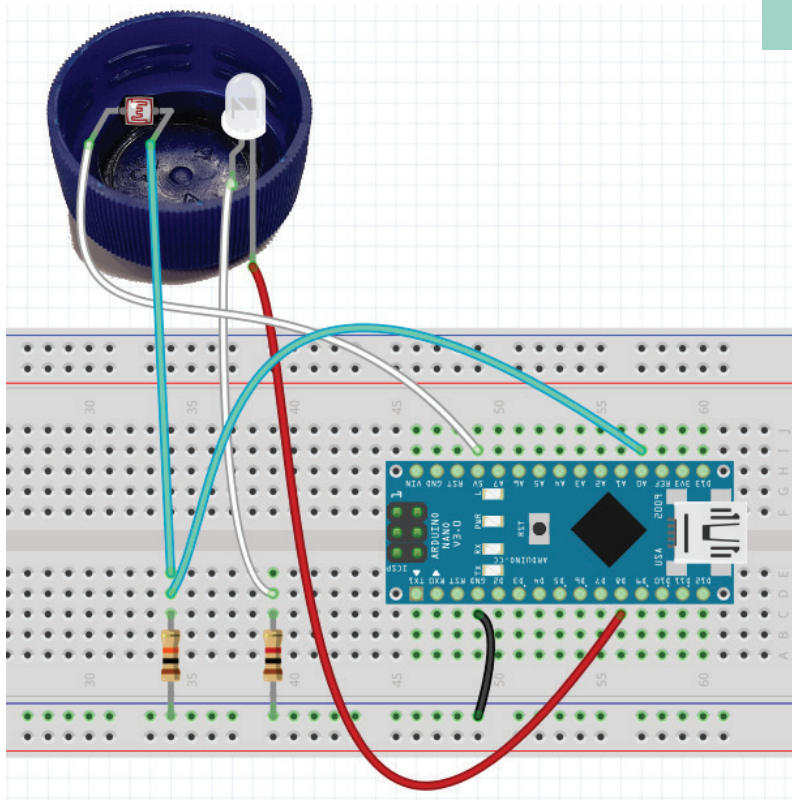
1

```
//
// Program Arduino -
// Testiranje jakosti odbite svetlobe
//

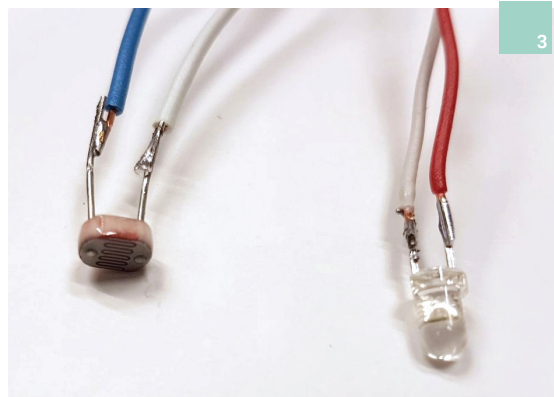
// Led bela lučka na D8
const int led = 8;
// Svetlobno spremenljivi upor na A0
const int senzorSvetlobe = A0;
// Vrednost jakosti odbite svetlobe
// bomo shranili v spremenljivko
int jakostSvetlobe = 0;

void setup() {
  // Branje podatkov preko
  // serijskega vmesnika USB
  Serial.begin(9600);
  pinMode(led, OUTPUT);
  // svetleča dioda bo vklopljena ves čas
  digitalWrite(led, HIGH);
}

void loop() {
  // Z ukazom analogRead preberemo
  // digitalno jakost odbite svetlobe
  jakostSvetlobe = analogRead(senzorSvetlobe);
  // Dobljeni podatek izpišemo na zaslon
  Serial.println(jakostSvetlobe);
}
```



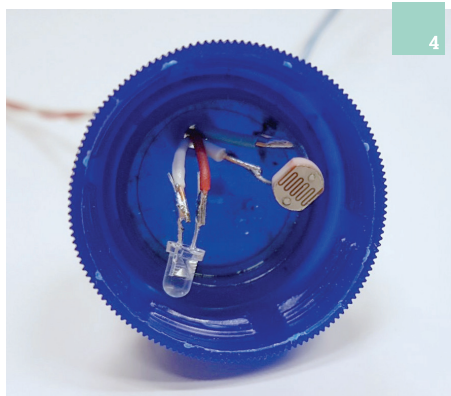
2



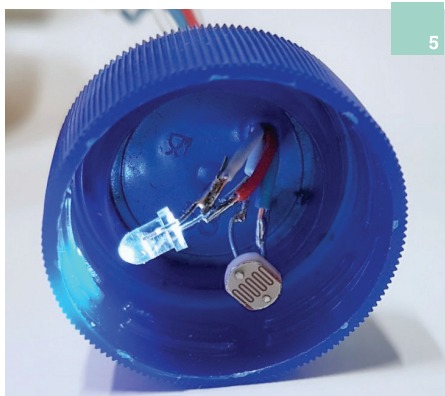
3

Po prenosu programa na krmilnik Arduino začne svetleča dioda svetiti (slika 5). Ker bi nas celotna proga pri preskušanju ovirala, na prazen bel list formata A 4 nalepimo približno 10 cm dolg trak 5 cm

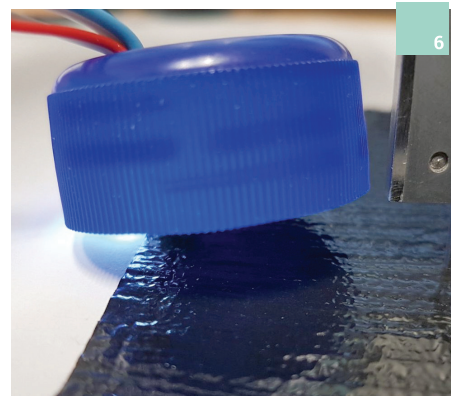
širokega lepilnega traku črne barve (angl. duct tape) ali podobnega. Enako dolg odsek proge lahko tudi narišemo ali natisnemo s tiskalnikom; v tem primeru bo trenje med ohišjem avtomobilčka in podlago manjše. Za prikaz jakosti odbite svetlobe, ki jo krmilnik Arduino prek vmesnika USB pošilja v računalnik in v razvojno okolje Arduino IDE, odpremo okno za izpis iz serijskega vmesnika. To storimo tako, da v meniju Orodja izberemo možnost Serijski vmesnik (oziroma krajše s hkratnim pritiskom tipk Ctrl, Shift



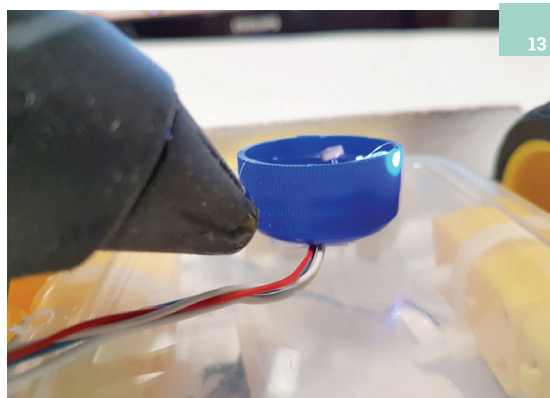
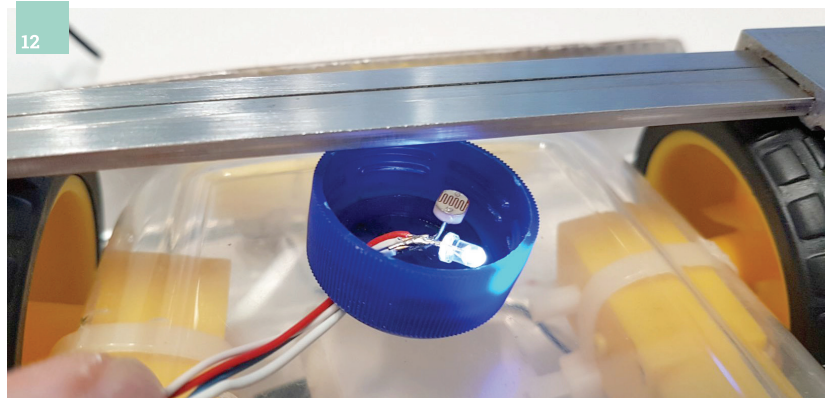
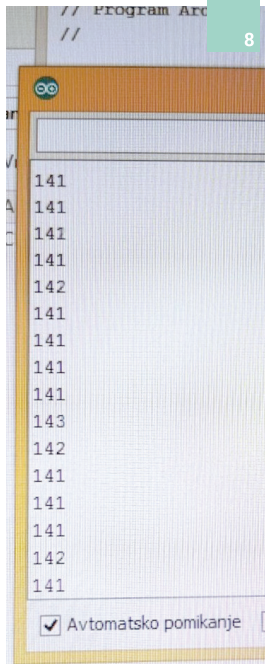
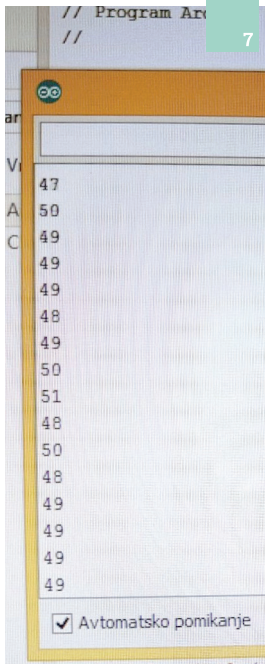
4



5



6



in M). Ko pokrovček s fotouporom in svetlečo diodo približamo črni podlagi oziroma nalepljenemu črnemu lepilnemu traku (slika 6), se v našem primeru na zaslonu pojavijo vrednosti okrog 50 (slika 7). Ob tem smo pozorni tudi na oddaljenost pokrovčka od podlage. Če ga približamo beli podlagi, se v našem primeru pojavijo vrednosti okrog 100 in več, saj se od bele površine odbije več svetlobe (slika 8). Glede na položaj fotoupora in diode v zamašku so te lahko povsem drugačne. Če želimo imeti večje vrednosti (največja možna digitalna vrednost je 1023), moramo predupor fotoupora povečati na 100 k $\Omega$  ali več. Vrednosti na črni in beli podlagi si zapomnimo ali, še boljše, zapišemo. Potrebovali ju bomo pri prilagoditvi programa za vožnjo avtomobilčka po črti, da bo ta lahko razločeval med belo in črno podlago.

### Avtomobilček za vožnjo po črti

Za lažjo pritrnitev pokrovčka s fotouporom in svetlečo diodo na ohišje avtomobilčka je dobro preveriti, kako daleč od podlage se vrednosti še primerno odzivajo na črno podlago (slika 12). Če tega še nismo storili, moramo na tem mestu na prototipno ploščico avtomobilčka pritrčiti vse štiri žičke diode in fotoupora ter oba predupora, ne pozabimo pa tudi na žično povezavo med delilnikom napetosti pri fotouporu in analognim vhodom A0 (sliki 9 in 10). S slike je tudi vidno, da bomo namesto 9-voltne baterije raje uporabili set šestih 1,2-voltnih polnilnih baterij velikost AA in zmogljivosti 2000 mAh, saj te običajno zdržijo dlje. Nato je najbolje avtomobilček pokriti ali kako drugače preprečiti, da bi vezje in druge komponente pri njegovem obračanju popadale ven (slika 11). Avtomobilček obrnemo in prečno prek para koles položimo raven predmet, npr. kljunasto merilo. S tem bomo dosegli, da bo pokrovček približno 5 mm oddaljen od podlage, zato se ne bo zatikal ob predmete na tleh (slika 12). Ko določimo primerno mesto za senzor, ga pritrđimo s pomočjo vročega lepljenja (slika 13). Preden nadaljuje-

mo, na prej opisani način preverimo, ali ta še deluje in ali pravilno zaznava belo oziroma črno podlago.

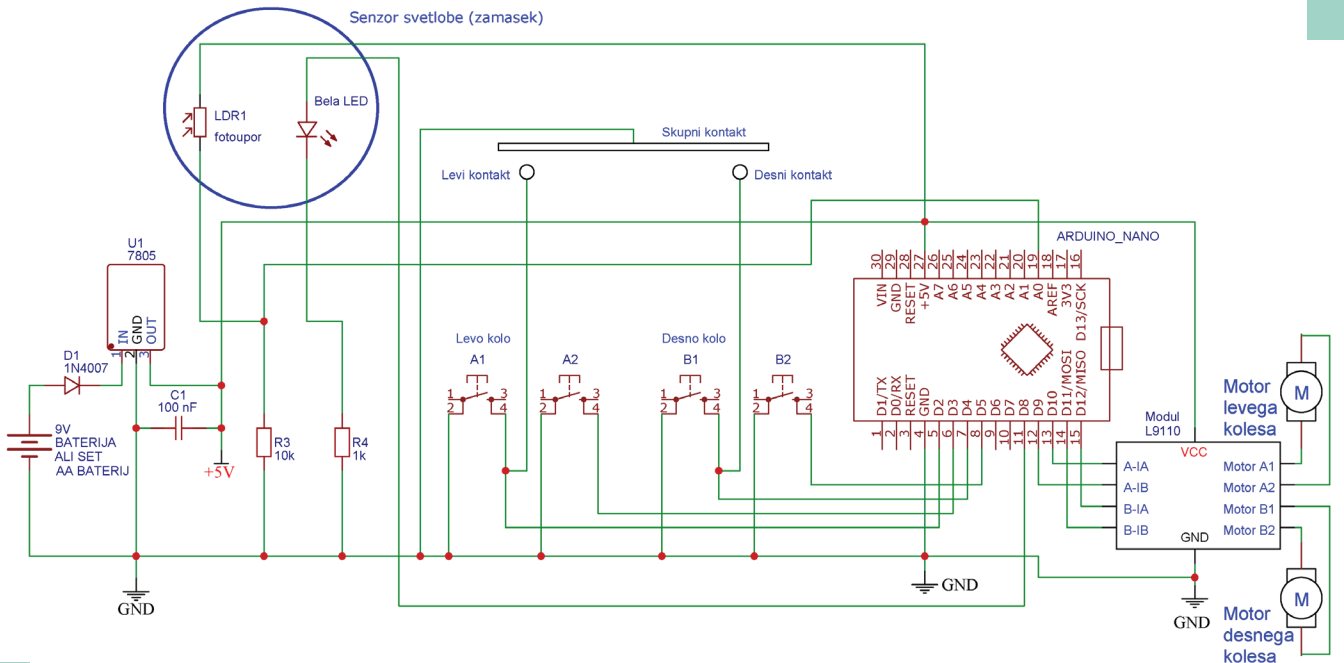
Nato poiščemo še primerno mesto na ohišju avtomobilčka, kjer bomo žičke iz senzorja napeljali do prototipne ploščice. Tam s šilom ali vrtalnikom zelo previdno, da ne poškodujemo elementov v avtomobil-

Na spletni strani [www.drti.si/tim.html](http://www.drti.si/tim.html) sta objavljena program za krmiljenje avtomobilčka in videoposnetek vožnje avtomobilčka po črti.

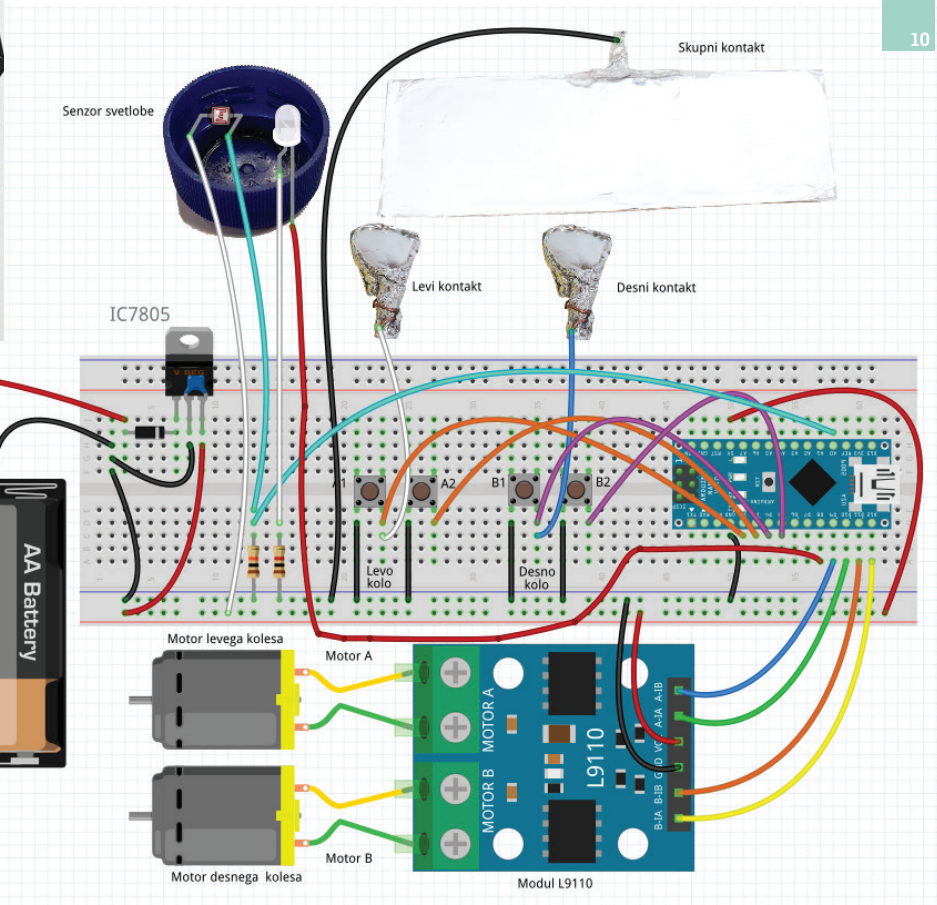
bilčku, naredimo luknjo, skozi jo potisnemo žičke senzorja in jih pritrdimo na ustrezna mesta na prototipni ploščici. Še enkrat na opisani način preverimo delovanje senzorja, nato pa z vročim lepljenjem v notranjosti zamaška po potrebi utrdimo priključne žičke fotoupora in svetleče diode, s čimer preprečimo morebiten kratak stik. Avtomobilček je tako pripravljen na prvo vožnjo.

Progo, ki naj bo po možnosti krožna, kar pomeni, da se zaključí sama vase (**slika 14**), izdelamo na listu formata A 2 ali večjem oziroma zlepimo skupaj več manjših listov. Avtomobilček postavimo na progo tako, da je fotoupor nad črno črto (**slika 15**).

Ustrezni program za krmiljenje avtomobilčka prenesemo s spletne strani [www.drti.si/tim.html](http://www.drti.si/tim.html), kjer je objavljen tudi videoposnetek vožnje avtomobilčka



15



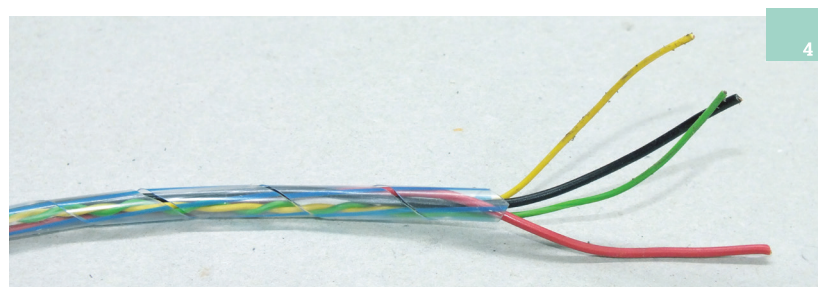
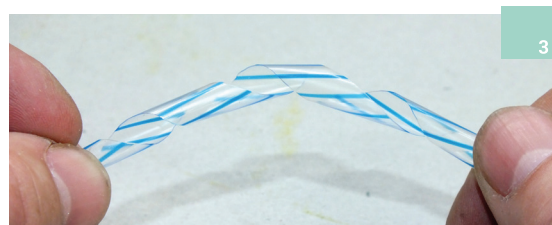
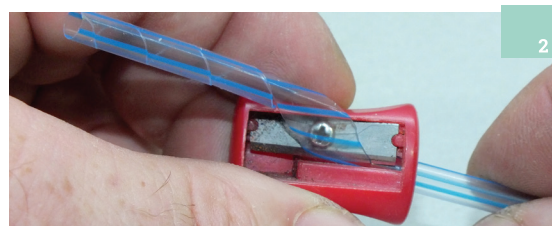
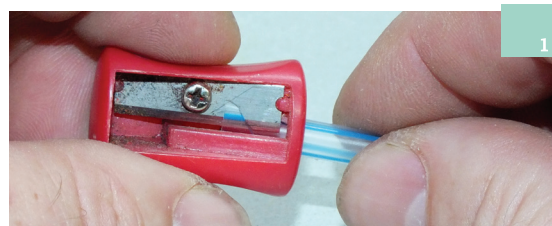
10



# Povezovanje žic

**Pavle Maticič**

Za izdelavo spiralnega traku za povezovanje žic in tankih kablov potrebujemo samo večje slamice za pitje in običajni šilček, ki pa mora biti oster, sicer stvar ne deluje. Slamico potisnemo proti rezilu, da jo na robu zareže (**slika 1**), potem pa jo samo še obračamo v desno in narahlo potiskamo naprej (**slika 2**). Dobljeno spiralo, ki je raztegljiva in gibljiva (**slika 3**), zdaj lahko navijemo na poljubno debel splet žic (**slika 4**) in enako preprosto tudi kadar koli snamemo z nje, ne da bi ob tem kar koli poškodovali.



Več žic po navadi povežemo s plastičnimi vezicami oziroma izolirnim trakom. Oboje se odlično obnese predvsem pri debelejših žicah, pa še to samo do takrat, ko moramo takšen oplet razdreti. Takrat je – poleg nevarnosti, da ob tem kaj poškodujemo – treba vezico preščipniti oziroma lepilni trak prerezati, pri čemer pa za slednjim za povrhu ostane še neprijetno lepljiva površina žic ...



po črti. Pred prenosom programa na krmilnik Arduino moramo najprej nastaviti vrednosti spremenljivk v vrsticah `int jakostCrna = 50` in `int jakostBela = 150`, ki smo ju dobili s testnim programom na črni oziroma beli podlagi (v našem primeru 50 in 150). Program nato izračuna povprečno referenčno vrednost, ki jo shrani v spremenljivko `refSvetlobe`, v našem primeru  $(50 + 150) / 2 = 100$ . Celotni program je mešanica obstoječega programa za krmiljenje avtomobilčka in novega za zaznavanje svetlobe. Nekaj funkcij, ki za delovanje motorčkov pri vožnji po črti niso potrebne, smo zaradi preglednosti izpustili. Edina resna sprememba poleg napovedi spremenljivk in uporabe digitalnega vhoda D8 za diodo ter analognega vhoda A0 za fotoupor je v funkciji `loop()`. Tu najprej zaznamo in v spremenljivko `jakostSvetlobe` shranimo vrednost na analognem vhodu. Dobljeno vrednost nato primerjamo z izračunano referenčno vrednostjo `refSvetlobe`. Če je izmerjena jakost svetlobe manjša ali enaka referenčni vrednosti, to pomeni, da je avtomobilček nad črno črto, zato ga z ukazoma `vrtiVLevo(); delay(20);` obrnemo v levo. Kadar pa je vrednost večja od referenčne, kar pomeni, da je fotoupor nad belo podlago, avtomobilček z ukazoma `vrtiVDesno(); delay(20);` usmerimo v desno. Na koncu ga z ukazom `peljiNaprej(); delay(10);` pomaknemo naprej. Tako prek sensorja ves čas dejansko išče rob črne traku – in ko ga doseže, spremeni smer. S tem, ko se nekako »odbija« od roba traku, se pomika naprej. To je tudi razlog, zakaj moramo avtomobilček na začetku najprej postaviti na črno črto. Če se zgodi, da avtomobilček zaide s traku ali celo zapelje z lista, mu moramo priskočiti na pomoč in ga spet postaviti na črto. Sami poskusite najti razmere, da bo po črti peljal kar se da zanesljivo.

Ko vse pravilno deluje, lahko avtomobilček odklopimo od računalnika in napajalnika ter ga napajamo z baterijami, s čimer postane povsem avtonomen, kar smo podrobneje opisali v našem prejšnjem prispevku v septembrski številki Tima.

## Sklep

V okviru prispevkov na temo Prvi koraki v Arduino smo prehodili že kar dolgo pot. Z začetnim spoznavanjem osnovnih elementov elektronike smo pridobili dovolj znanja, da smo na podlagi krmilnika Arduino naredili pravega robota, ki smo ga tokrat z razmeroma malo dodanimi in že znanimi elementi nadgradili za vožnjo po črti. Dodamo lahko še lučke, stikala, senzorje in tudi zvočnega signala ni težko dodati. Vožnja po črti je sicer že dolgo znana naloga za robotska vozila, vendar smo jo mi izvedli z elementi, ki so razmeroma lahko dostopni in cenovno sprejemljivi. Obstoječi avtomobilček lahko npr. s prilagoditvijo programa pripravimo do tega, da se bo ob gibanju po črti ob pomoči tipalk znal izogniti oviri, ki smo jo postavili na črto, potem pa bo spet našel črto in ji sledil. Prav tako lahko tipke na prototipni ploščici sprogramiramo tako, da je vožnja avtomobilčka odvisna od tega, ali stisnemo kakšno od tipk – se, denimo, ustavi, začne plesati ali počne kaj drugega. Z znanjem in domišljijo lahko izdelamo marsikaj, tudi kaj čisto novega, kar še ne obstaja. Prav neomejene možnosti pa so tisto, kar ustvarjanju z elementi elektronike daje največji čar.