

Predmet:	MIKROUPRAVLJAČI
Vježba: 01	Arduino – Upravljanje LED diodama
Ishodi vježbe:	Poznavati osnovne mogućnosti platforme Arduino, spojiti osnovne komponente na Arduino UNO pločicu, napisati program za upravljanje LED diodama te učitati program na Arduino

Upute za izradu pripreme za vježbu:

Budući da je mikroupravljač računalo na čipu koji se programira kako bi upravljao priključenim vanjskim elektroničkim komponentama, priprema za vježbu se sastoji od dva dijela:

1. **Opis elektroničkih komponenti koje će se koristiti na LV** – proučiti tekst u nastavku, proanalizirati i u bilježnicu ispisati najvažnije informacije za elektroničke komponente.
2. **Opis naredbi korištenih u LV** – proanalizirati programski kod za sve zadatke, ispisati nove naredbe i funkcije, objasniti njihovu namjenu i argumente. Ako ne možeš pronaći sve informacije u kodu priloženih zadataka, posluži se internetom npr. www.arduino.cc ...

Upute za izradu vježbe:

- Svaki zadatak treba prije prevođenja (eng. compile) pohraniti u napravljeni folder na Desktopu, tako da, u slučaju pogreške (HW, SW) imaš sačuvan kod.
- Na kraju LV, sve zadatke spremi na USB ili pošalji na svoj mail.
- Nazivi datoteka, zbog preglednosti, neka budu: LV01_ZAD01, LV01_ZAD02, itd.
- Vježbe se rade u paru, preporuka - jedan učenik spaja komponente, drugi piše programski kod, a na slijedećoj vježbi se uloge zamjenjuju.
- U zadacima koji zahtijevaju samostalno rješavanje, oba učenika sudjeluju u spajanju i programiranju.
- Za pojedini zadatak potrebno je u bilježnicu nacrtati električnu shemu s vidljivim oznakama korištenih pinova i vezu istih s oznakama u programskom kodu.
- Dobiveno rješenje treba komentirati, tj. dati zaključak što je novo u tom zadatku i kako je to riješeno, ukratko ispisati važniji dio koda (ne prepisivati cijeli kod) te navesti eventualne probleme i kako su isti riješeni.
- Ako su uz neki zadatak postoje pitanja, potrebno je u bilježnicu odgovoriti na ista.
- Ako u kodu postoji greška (negdje će biti namjerno stavljena) kod treba korigirati i objasniti!
- Budući da se na vježbama koriste stvarne komponente, postoji mogućnost da je neka neispravna (pregorena LED, oštećen kontakt tipkala, prekinut vodič...). Ukoliko se sklop ponaša drugačije od očekivanog, predvidjeti i tu mogućnost i pokušati zamijeniti komponentu drugom.
- Prilikom spajanja, za Vcc (+5V) koristi crveni vodič, a za GND (-) crni vodič. Za ostale signale koristiti ostale boje.
- Za zadatke koje nisi stigao odraditi na vježbi, treba kod kuće razmisliti kako bi ih riješio
- Po završetku izvođenja vježbe, na temelju odrađene pripreme te riješenih zadataka, očekuje se da učenik zna odgovoriti na pitanja na kraju ovih materijala.
- Pregledavanje priprema i provjeravanje znanja bit će na svakoj LV, uključujući i prethodne vježbe

MIKROUPRAVLJAČI

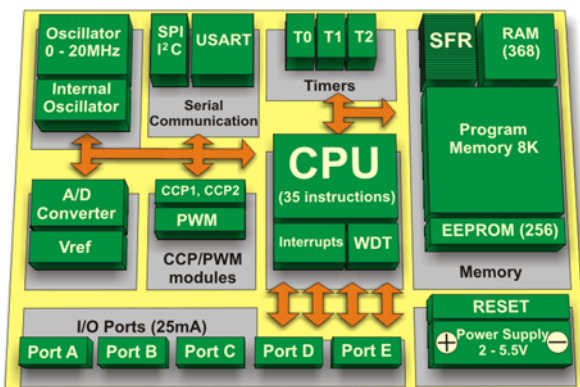
Mikroupravljač ili **mikrokontroler** je kompletno računalo na jednom čipu. Za razliku od računala opće namjene, funkcija mikroupravljača je izvođenje jedne određene logičke funkcije (ili niza logičkih funkcija – koje se ne mijenjaju) u različitim uređajima: kućanskim aparatima, uredskoj opremi, komunikacijskoj opremi, automobilske industriji, mjernim i upravljačkim sklopovima i slično. Ovakvi uređaji se zovu ugradbeni računalni sustavi (slika 1).



Slika 1. Različiti ugradbeni računalni sustavi (engl. *Embedded systems*) [1]

Logička se funkcija ostvaruje programiranjem što omogućuje veliku fleksibilnost, jer se na jednostavan način funkcija sklopa može mijenjati ili proširivati po potrebi.

Ovisno o modelu, mikroupravljač može imati slijedeće **komponente**: procesor, programsku memoriju, podatkovnu memoriju, memoriju za pohranu postavki, tajmere, prekidni sustav, module za serijsku komunikaciju (UART, SPI, I2C), A/D i D/A pretvornik, te ulazno/izlazne portove (nožice/pinovi grupirani najčešće po 8) koji omogućuju priključenje ulaznih ili izlaznih uređaja za komunikaciju s vanjskim svijetom (slika 2).



Slika 2. Osnovne komponente mikroupravljača [2]

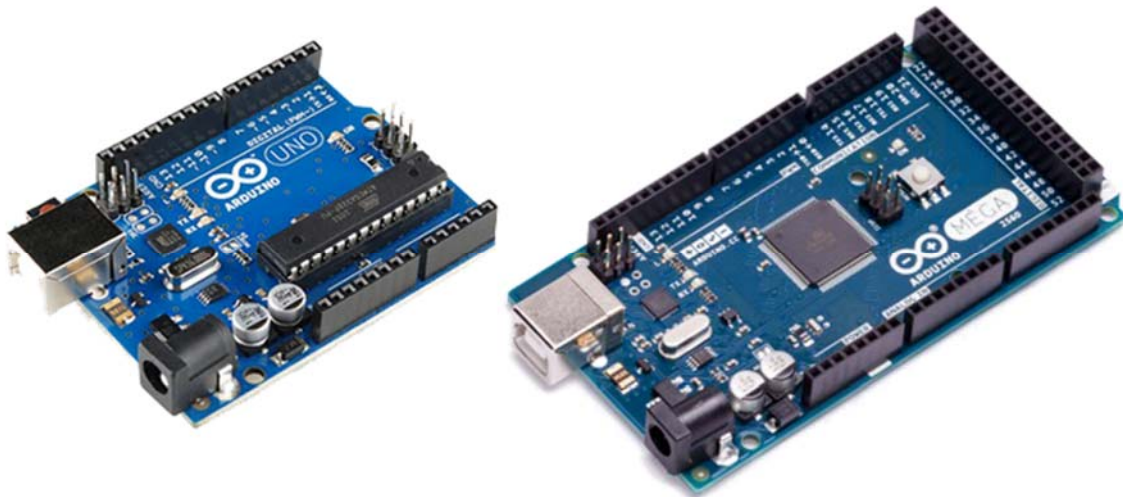
Ulazni uređaji mogu biti: prekidači, tipkala, tipkovnice, različiti senzori – temperaturni, svjetlosni, UZV, 3G senzori, akcelerometri, IC senzori, GPS senzori, RFID, itd.

Izlazni uređaji mogu biti: LED diode, zvučnici - zujalice, releji, optocoupleri, sedam segmentni LED displeji, LCD zasloni, zasloni osjetljivi na dodir, motori, servo motori, koračni motori, itd.

ARDUINO

Arduino - naziv za otvorenu HW i SW platformu koja omogućava izradu uređaja i naprava za povezivanje računala s vanjskim svijetom.

Arduino platforma stvorena je 2003. godine na bazi 8-bitovnih AVR mikroupravljača tvrtke Atmel, s ciljem stvaranja jednostavne, male i jeftine platforme kako bi studenti što brže i jednostavnije usvojili znanja o mikroupravljačima te kreiranju, razvijanju i programiranju različitih ugradbenih računalnih sustava (Embedded systems).



Slika 3. Arduino UNO i Arduino MEGA pločice

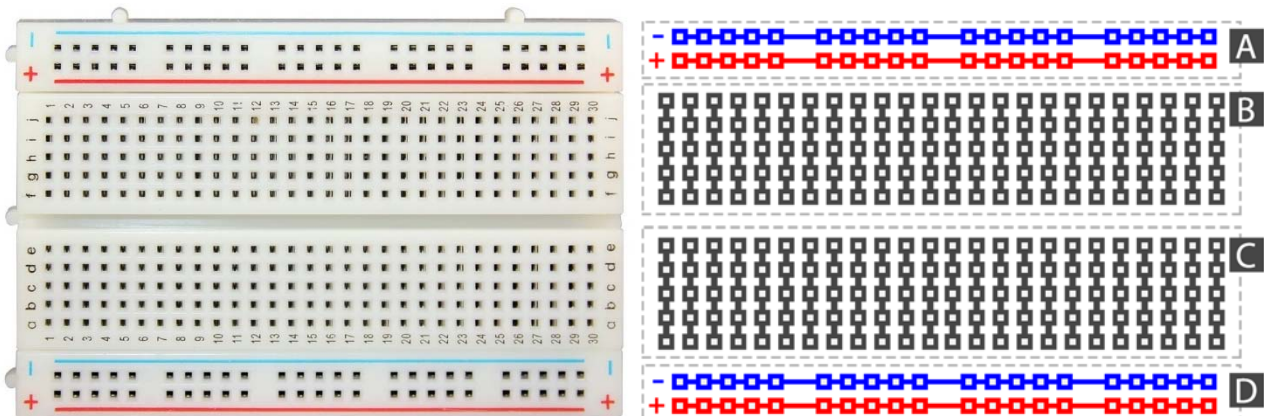
Danas je Arduino *open source* platforma koja se sastoji od većeg broja HW pločica, najčešće baziranih na Atmelovoj Mega seriji mikroupravljača, s puno biblioteka kao i gotovih projekata.

Na laboratorijskim vježbama koristit ćemo **Arduino UNO** pločicu na kojoj se nalazi **ATmega328p mikroupravljač**, te različite senzore i aktuatora.

Za programiranje, koristit će se **Arduino IDE softver** (slika 5.)

EKSPERIMENTALNA PLOČICA (BREADBOARD)

Za mehaničko i električno povezivanje različitih elemenata, koristit će se **eksperimentalna pločica** (eng. **Breadboard**). Raspored veza dan je na slici ispod.



Slika 4. Izgled eksperimentalne pločice – breadboarda i raspored veza

NAPOMENA:

U našim kompletima postoje dvije vrste eksperimentalnih pločica, pa treba obratiti pažnju:

1. s neprekinutim vodovima za „+“ i „-“.



2. s prekinutim vodovima za „+“ i „-“.



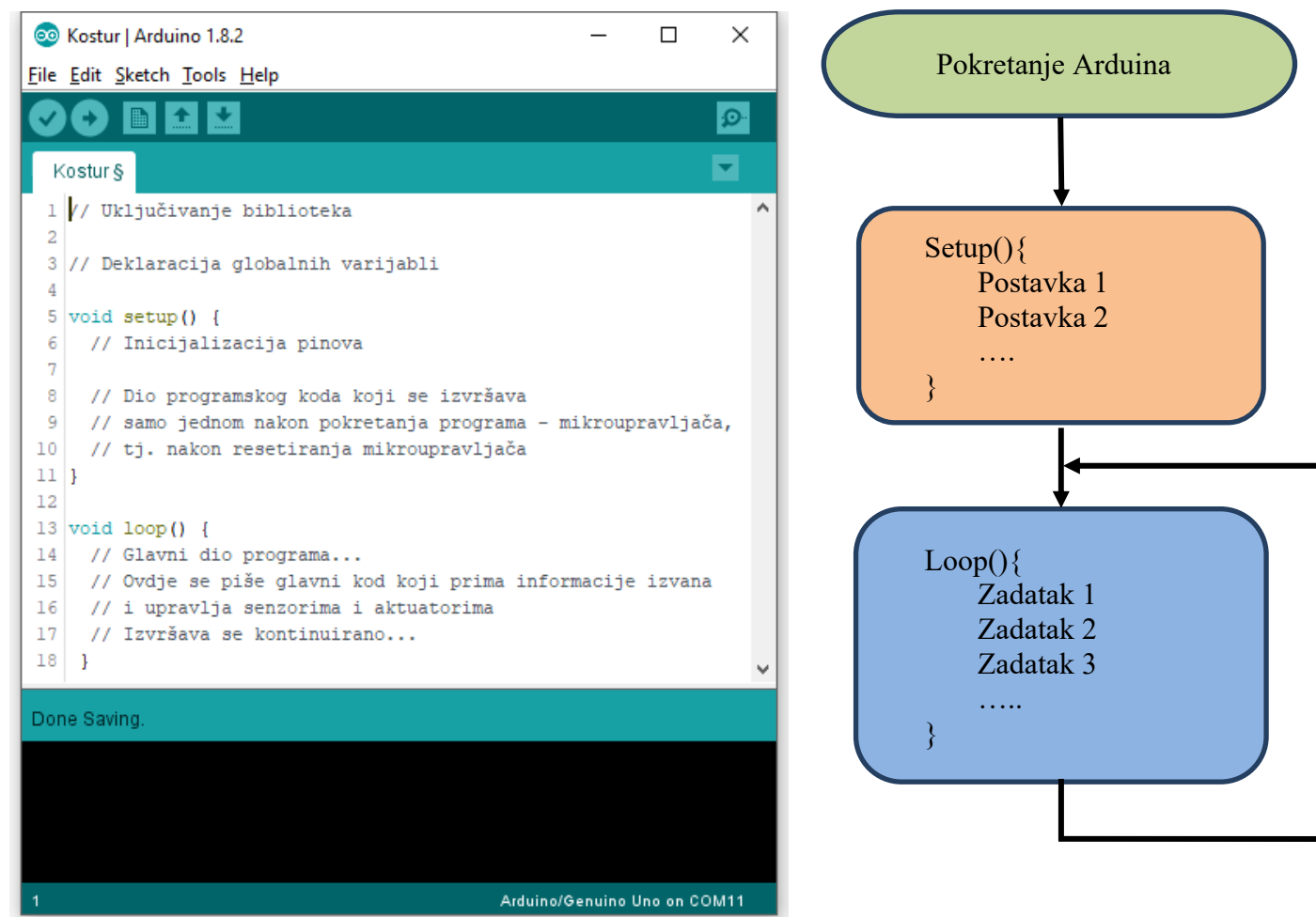
ARDUINO - OSNOVNA STRUKTURA PROGRAMA

Za programe koji su pisani za Arduino uobičajeni je naziv **Sketch**. Svaki taj program ima minimalno dvije funkcije. U objektno orijentiranom programiranju gdje se koriste klase, umjesto naziva funkcija se koristi naziv **metoda**. Jedna funkcija je **setup()**, a druga **loop()** i te dvije funkcije moraju postojati da bi se program uopće mogao kompajlirati.

Funkcija **setup()** se izvršava samo jednom, na početku pokretanja programa i u njoj se postavljaju početni uvjeti - određuje koji će pinovi biti ulazni ili izlazni, inicijalizira se serijska komunikacija, stvaraju objekti za pojedini senzor ...

Funkcija **loop()** se izvršava kontinuirano, u petlji. Na ovaj način, program (sve dok se izvršava) ima stalnu mogućnost reakcije na vanjske senzore.

U kodu, prije tih dviju funkcija, prema potrebi, uključujemo biblioteke funkcija ili deklariramo globalne varijable. Slika 5.



Slika 5. Osnovna struktura programa

ARDUINO – PROGRAMSKA PODRŠKA

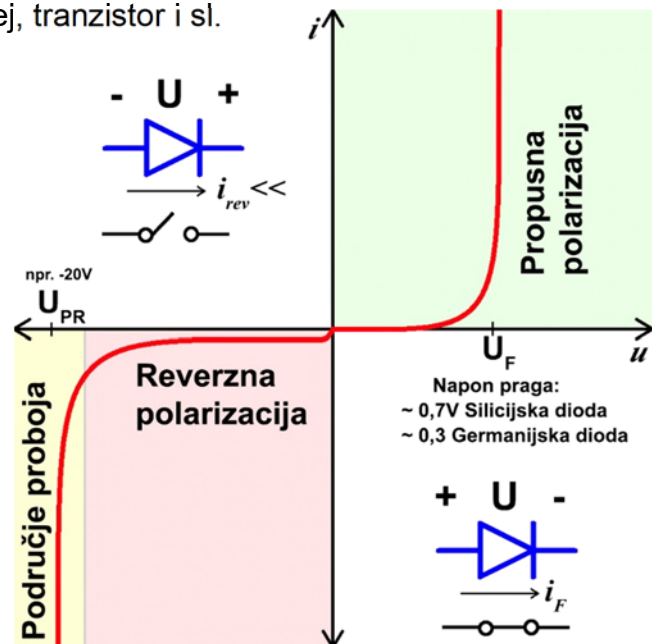
1. AutoDesk TinkerCAD: <https://www.tinkercad.com/learn/circuits>
2. Circuito: <https://www.circuito.io/>
3. Arduino Create: <https://create.arduino.cc/>
4. Fritzing: <http://fritzing.org/home/>

LED DIODA

LED dioda je najjednostavniji indikator koji daje informacije o stanju sustava, a može koristiti i kao privremeni zamjenski uređaj prilikom razvoja – zamjenjuje neki drugi uređaj koji se uključuje visokom ili niskom naponskom razinom (5V ili 0V), a koji u ovom trenutku nemamo ili nam nije važan u trenutnoj fazi razvoja sklopa, npr. relej, tranzistor i sl.



Slika 6. LED diode raznih boja

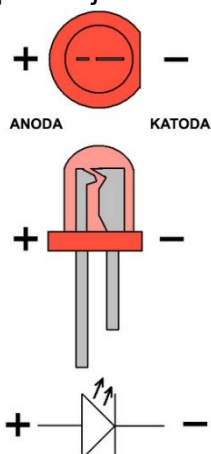


Slika 7. Električna karakteristika diode [3]

LED dioda je poluvodički optoelektronički izvor koji pretvara električnu energiju u svjetlosnu. Kao i standardna dioda ima dva izvoda Anodu (+) i Katodu (–). Isto tako ima propusnu i nepropusnu polarizaciju.

Dioda je propusno polarizirana kada na Anodu (+) priključimo pozitivniji potencijal (+ izvora napajanja), a na Katodu (–) priključimo negativniji potencijal izvora napajanja (–). Tada kroz nju teče struja i dioda emitira svjetlost. Zbog karakteristike diode, koja u propusnoj polarizaciji propušta struju, na njoj je maleni napon (obično oko 0,6-1V), potrebno je paziti na iznos struje koja teče kroz diodu i po potrebi ju ograničiti spajanjem trošila ili otpornika u seriju.

Kod nepropusne (reverzne) polarizacije, Anoda (+) je spojena na negativniji potencijal (–), a Katoda (–) je spojena na pozitivniji potencijal (+). Dioda tada ne vodi struju i ponaša se kao otvorena sklopka. U takvom slučaju potrebno je obratiti pažnju na maksimalni reverzni napon koji dioda može podnijeti.



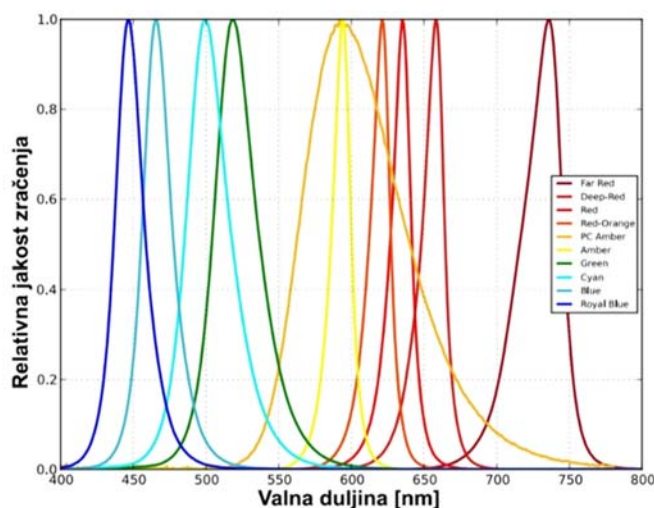
Označavanje i simbol LED diode:

Anoda (+) ima dulju nožicu i unutar kućišta je manja elektroda

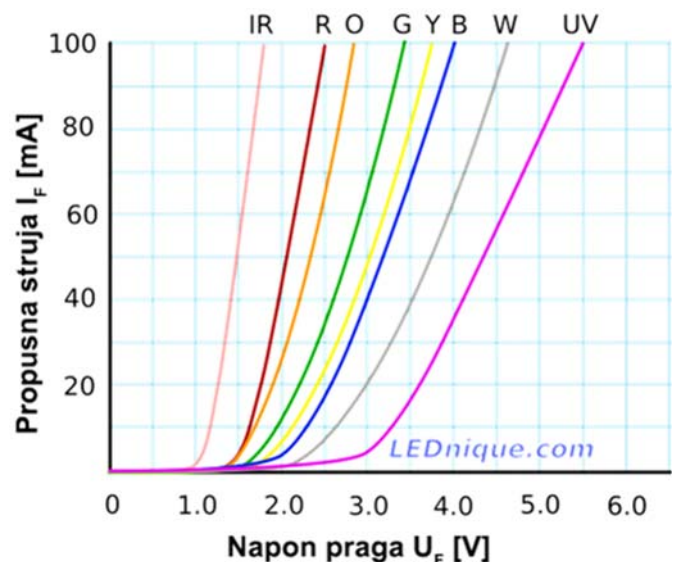
Katoda (–) ima kraću nožicu i nešto veću elektrodu, ali je kućište uz nju odrezano i taj dio podsjeća na „–”.

Slika 8. Određivanje nožica LED diode i simbol

LED dioda je dioda koja je tehnološki izvedena tako da prilikom propusne polarizacije emitira svjetlost određene valne duljine koje naše oko detektira u vidu različitih boja (Slika 9).



Slika 9. Ovisnost boje o valnoj duljini svjetla

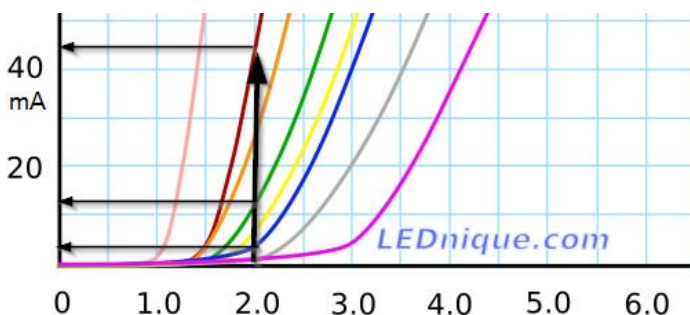


Slika 10. Ovisnost napona praga o boji

Za razliku od standardnih dioda, LED diode imaju viši napon vođenja (napon praga U_F) koji se razlikuje ovisno o valnoj duljini koju dioda emitira, odnosno o boji.

Ovisnost napona praga o boji emitiranog svjetla pri propusnoj struji 20mA dana je na slici 10 i u tablici desno.

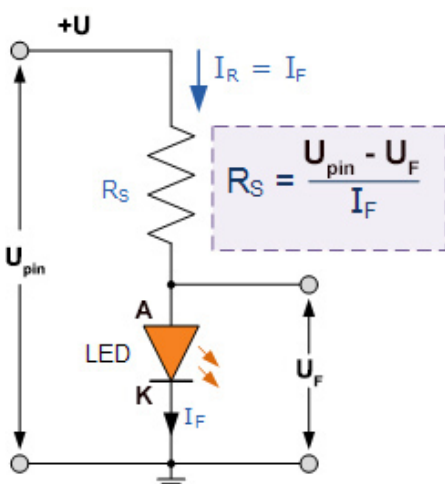
Typical LED Characteristics			
Semiconductor Material	Wavelength	Colour	V_F @ 20mA
GaAs	850-940nm	Infra-Red	1.2v
GaAsP	630-660nm	Red	1.8v
GaAsP	605-620nm	Amber	2.0v
GaAsP:N	585-595nm	Yellow	2.2v
AlGaP	550-570nm	Green	3.5v
SiC	430-505nm	Blue	3.6v
GaInN	450nm	White	4.0v



Slika 11. Struja kroz diode različitih boja pri propusnom naponu od 2V

Spojimo li crvenu, zelenu i plavu LED diodu na isti napon, npr. 2V, promatrajući U-I karakteristiku, kroz njih će teći različite struje: crvena: 44 mA, zelena: 12 mA, plava: 3 mA.

Time će biti različit i intenzitet svjetlosti koji će emitirati.



Na U-I karakteristici diode može se vidjeti da ukoliko spojimo LED diodu direktno na 5V, poteći će velika struja i najvjerojatnije ju uništiti. Iz tog razloga moramo ograničiti struju kroz diodu spajanjem otpornika u seriju. Iznos otpornika može se izračunati prema priloženoj formuli.

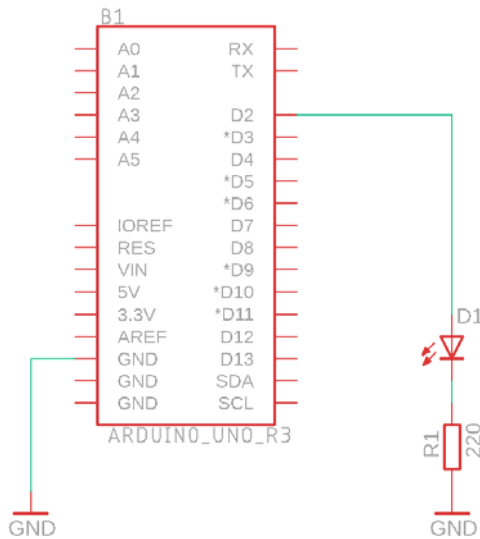
U_{pin} je napon na pinu (mikroupravljača), U_F je napon praga ili napon vođenja, a I_F je željena struja vođenja.

Kod većine LED dioda ta struja iznosi oko 20mA i kod te struje je maksimalni intenzitet željene valne duljine svjetla (boje).

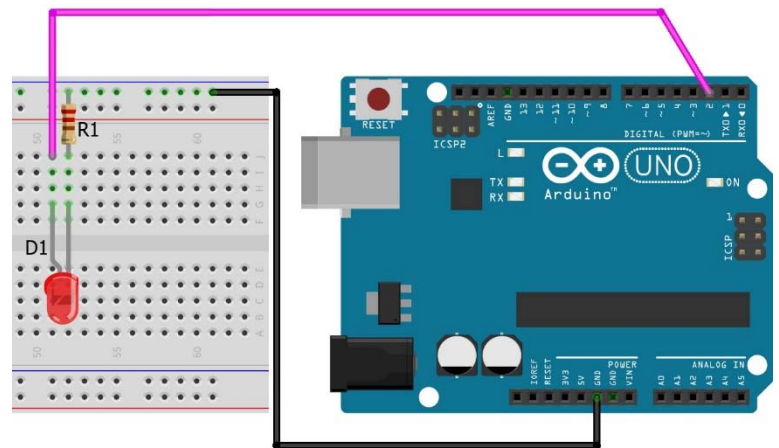
Slika 13. Izračun vrijednosti serijskog otpornika

Zadatak 1. Spoji crvenu LED diodu prema shemi i napiši program koji će uključivati i isključivati LED diodu u intervalima od 1 sekunde.

Električna shema:



Spojna shema:



Kôd zadatka

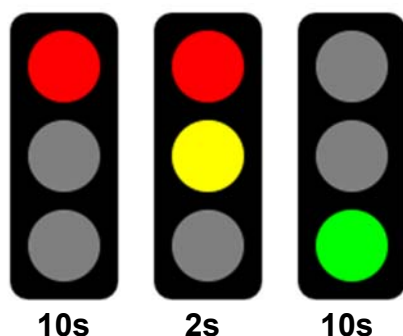
```
int led = 2; // inicijalizacija varijable za pin
void setup() { // postavljanje pina kao izlaza
    pinMode(led, OUTPUT);
}
void loop() { // petlja koja se beskonačno ponavlja
    digitalWrite(led, HIGH); // paljenje LED diode
    delay(1000); // LED dioda svijetli 1000 ms (1 sekunda)
    digitalWrite(led, LOW); // gašenje LED diode
    delay(1000); // LED dioda je ugašena 1000 ms
}
```

Zadatak 2. Spoji 2 dodatne LED diode na izvode 3 (žuta) i 4 (zelena) Arduina i napiši program koji će uključivati i isključivati sve LED diode istovremeno u intervalima od 1 sekunde.

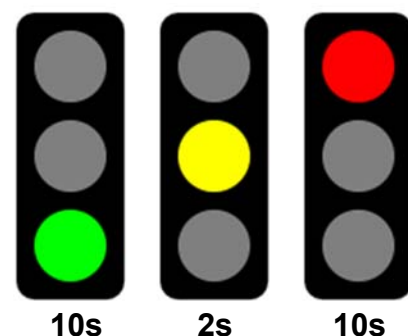
Zadatak 3. Modificiraj program iz prethodnog zadatka tako da se uključuje jedna po jedna LED diodu, a potom istim redoslijedom gasi. Interval svijetljenja treba biti 1 sekunda.

Zadatak 4. Napiši program koji oponaša semafor. Prvo neka se upali crvena LED dioda i neka sama svijetli 10 sekundi. Nakon toga neka joj se priključi žuta LED dioda i neka zajedno svijetle 2 sekunde. Zatim se obje gase i upali se zelena LED dioda koja svijetli 10 sekundi. Nakon toga se gasi zelena i pali žuta koja gori 2 sekunde. Konačno se gasi i žuta LED dioda i postupak se ponavlja.

Redoslijed paljenja svjetla



Redoslijed paljenja svjetla



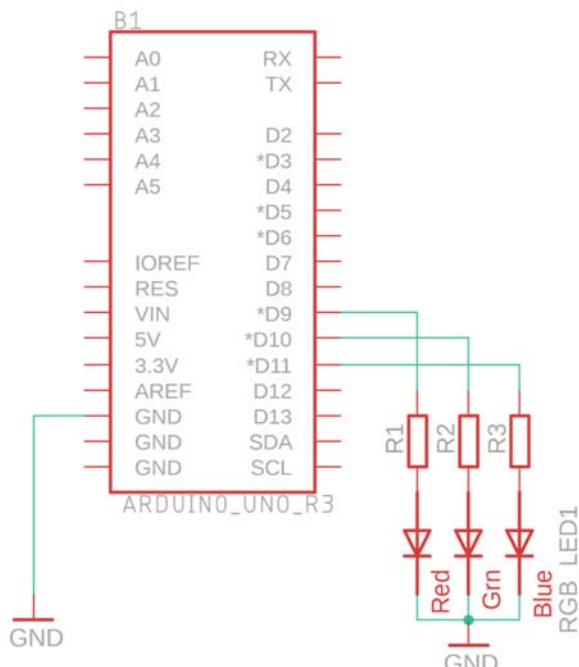
Zadatak 5. Doradi program tako da dodaš 3 globalne varijable ispred funkcije `setup()`: npr. `int trajanjeR=10000; int trajanjeY=2000 i int trajanjeG=10000`. Brojeve 10000, 2000 i 10000 u funkcijama `delay()` zamijeniti tim globalnim varijablama. Npr. za trajanje crvenog svjetla, umjesto `delay(10000)` treba napisati `delay(trajanjeR)`. Na taj ćeš način moći na početku programa definirati trajanje pojedinog svjetla. Budući da se vrijeme trajanja svjetla nalazi u varijabli, moći će se primjerice pomoću tipkala ili potenciometra mijenjati unutar programa.

Zadatak 6. Spoj iz zadatka 4 ne treba mijenjati. U ovom zadatku treba programski doraditi semafor tako da se LED diodi na pinu broj 3 može mijenjati intenzitet svjetla. Primjerice, radi uštede električne energije, ali i radi lakše prilagodbe oka po noći, intenzitet svjetla treba biti jači po sunčanom danu, a po noći intenzitet svijetljenja treba biti slabiji.

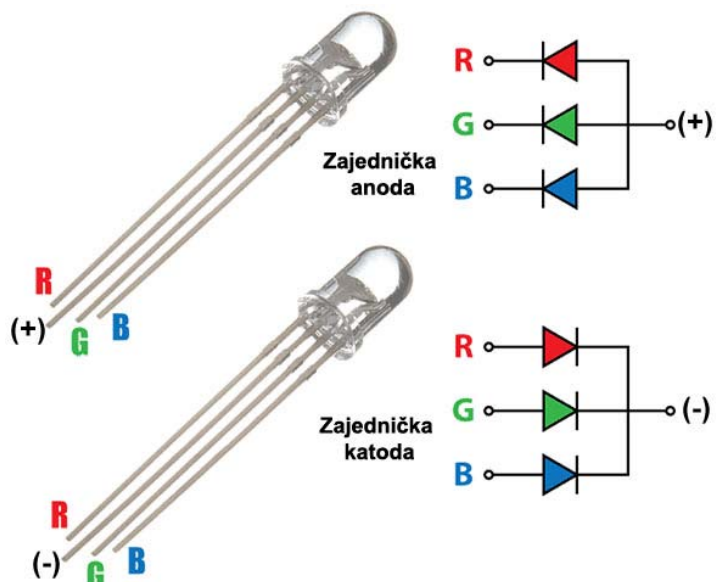
Doradi program tako da samo LED diodi na pinu broj 3 mijenjaš intenzitet svijetljenja. Za tu svrhu, umjesto funkcije ***digitalWrite()*** za taj pin, treba koristiti funkciju ***analogWrite(pin3, intenzitet)***. Vrijednost ***intenzitet*** mijenjati u intervalu od 255 do 0 (255, 192, 128, 64, 32, 16).

Zadatak 7. Bez odspajanja komponenata, proširi spoj iz prethodnog zadatka dodavanjem RGB LED kao na shemi. Napiši program koji će svaku sekundu promijeniti boju. Boje mijenjati slijedećim redoslijedom: crvena (255, 0, 0), zelena (0, 255, 0), plava (0, 0, 255), žuta (255, 255, 0), svijetlo plava (0, 255, 255), smeđa (139, 69, 19) i na koncu bijela. Koje su RGB vrijednosti za bijelu boju? Boju treba definirati u korisnički definiranoj funkciji ***setColor()*** u koju se prenose parametri za R, G i B koji mogu biti u granicama 0 – 255 (8 bitova za svaku boju).

Električna shema:



Raspored nožica:



Tehnički podaci RGB diode korištenu na laboratorijskim vježbama (zajednička katoda):

- Lens Color : Water Clear
- Size: 5mm
- Emitted Colour : Red / Green / Blue
- Pins sequence: RED/Common Cathode/Green/Blue
- Luminous Intensity: 4000/8000/5000mcd
- Forward Voltage (V) : 2.1~3.4
- View Angle: About 25 degree.
-

	Forward Voltage(V)		Dominant wavelength(nm)		LuMen(LM)		Reverse current(uA)	Power Angle (deg)
	If=20mA		If=20mA		If=20mA		Vr=5V	
	Min	Typ	Min	Typ	Min	Typ	Max	
Red	2.1	2.4	620	630	3000	4000	10	20-25
Green	3.0	3.4	520	530	6000	8000	10	20-25
Blue	3.0	3.4	460	465	4000	5000	10	20-25

- Please test to add current limiting resistor, it will be very easy to burn out the LED resistance of a few hundred to 1000ohm.
R: wavelength 630-640nm Brightness 1000-1200mcd Voltage 1.8-2.0V
G: wavelength 515-512nm Brightness 3000-5000mcd Voltage 3.2-3.4V
B: wavelength 465-475nm Brightness 2000-3000mcd Voltage 3.2-3.4V

Kòd zadatka

```

int redPin = 9;
int greenPin = 10;
int bluePin = 11;

void setup() {
  pinMode(redPin, OUTPUT);
  pinMode(greenPin, OUTPUT);
  pinMode(bluePin, OUTPUT);
}

void loop() {
  setColor(255, 0, 0);      // prvi broj predstavlja crvenu boju
  delay(1000);
  setColor(0, 255, 0);     // drugi broj predstavlja zelenu boju
  delay(1000);
  setColor(0, 0, 255);     // treći broj predstavlja plavu boju
  delay(1000);
  setColor(255, 255, 0);   // žuta
  delay(1000);
  setColor(0, 255, 255);   // svijetlo plava
  delay(1000);
  setColor(255, 255, 255); // bijela
  delay(1000);
  setColor(139, 69, 19);   // smeđa
  delay(1000);
}

```

```
void setColor(int red, int green, int blue) // funkcija pridodaje
                                           // vrijednost svakoj od
                                           // osnovne tri boje
                                           // (koja može biti u rasponu
                                           // od 0 do 255)
    analogWrite(redPin, red);              // na odgovarajući pin, čime
    analogWrite(greenPin, green);          // se mogu dobiti razne boje
    analogWrite(bluePin, blue);            // kojima će RGB LED svijetliti
}
```

Napomena: Možete staviti i više boja, te mijenjati boje koje će se prikazivati.

Zadatak 8. Doradite program iz prethodnog zadatka tako da se boje na LED diodama mijenjaju nasumično. Koristiti funkciju Random().

Kòd zadatka (izvadak):

```
void loop() {
    setColor(random(255),random(255),random(255)); // funkcija random odabire
    delay(100);                                     // nasumično vrijednost od
                                                    // 0 do zadanog broja
                                                    // (u ovom slučaju 255)
}
```

Pitanja za provjeru znanja:

1. Što je mikroupravljač?
2. Gdje se primjenjuju mikroupravljači?
3. Kako se zovu uređaji gdje se primjenjuju mikroupravljači?
4. Nabroji komponente mikroupravljača?
5. Nabroji nekoliko ulaznih uređaja koje priključujemo na mikroupravljač!
6. Nabroji nekoliko izlaznih uređaja koje priključujemo na mikroupravljač!
7. Što je Arduino?
8. Navedi barem dvije Arduino pločice!
9. Što je *Breadboard* i čemu služi? Objasni veze na *Breadboardu*.
10. Koji su osnovne funkcije koje moraju postojati u svakom programu za Arduino?
11. Čemu služi funkcija `setup()`?
12. Čemu služi funkcija `loop()`?
13. Što je LED dioda?
14. Objasni propusnu i reverznu polarizaciju LED diode?
15. Kakva mora biti polarizacija LED diode da bi dioda svjetlila i zašto?
16. Nacrtaj simbol LED diode?
17. Kako ćeš prepoznati što je na LED diodi anoda, a što katoda?
18. Po čemu se međusobno razlikuju LED diode koje daju svjetlo različite boje?
19. Objasni prag otvaranja obične diode, te crvene, zelene i plave LED diode!
20. Zašto će kod istog napona, crvena, zelena i plava LED dioda davati različit intenzitet svjetla?
21. Iz kojeg razloga moramo dodati otpornik u seriju s diodom?
22. Kako se računa predotpornik u ovisnosti o naponu na koji se priključuje LED dioda?
23. Da bi dobili željenu boju na RGB diodi, kakvi moraju biti predotpornici i zašto?
24. Objasni naredbu `pinMode()` i njene argumente!
25. Objasni naredbu `digitalWrite()` i njene argumente!
26. Objasni naredbu `delay()` i njene argumente!
27. Objasni naredbu `analogWrite()` i njene argumente!
28. Na koje pinove se može primijeniti `analogWrite()` funkcija? Objasni!
29. Koji bi napon izmjerio na pinu 3, ako bi na njega primijenio funkciju `analogWrite(3,127)`?
30. Kako treba spojiti pinove RGB diode sa zajedničkom katodom i anodom da bi svijetlile?
31. Objasni funkciju `random()` i njene argumente!
32. Objasni funkciju `setColor()` i njene argumente!

LITERATURA:

1. i3indyatechnologies, Embedded Systems & IoT Course, <http://www.i3indyatechnologies.com/organize-on-campus-training.html> (pregledano 17.09.2021.)
2. MikroE, PIC16F887 Microcontroller - Device Overview, <https://www.mikroe.com/ebooks/pic-microcontrollers-programming-in-assembly/pic16f887-microcontroller-device-overview> (pregledano 17.09.2021.)
3. Nediljka Furčić, Elektronički sklopovi, Zagreb: Neodidacta, treće izdanje 2014.
4. Wikipedia, Light-emitting diode, https://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting_diode, (pregledano 17.09.2021.)
5. LEDnique, <http://lednique.com/current-voltage-relationships/iv-curves/> (pregledano 17.09.2021.)
6. Kingbrite, Datasheet: www.us.kingbright.com/images/catalog/SPEC/WP7113SRD-D.pdf (pregledano 17.09.2021.)
7. Shine retrofits: <https://www.shineretrofits.com/knowledge-base/lighting-learning-center/lumens-vs-candela.html> (pregledano 17.09.2021.)
8. Wikipedia, Traffic lights 4 states, https://he.wikipedia.org/wiki/קוֹבץ:Traffic_lights_4_states.png (pregledano 17.09.2021.)