

## Projektovanje elektronskih kola

Prof. dr Predrag Petković,  
dr Miljana Milić

Katedra za elektroniku  
Elektronski fakultet Niš

LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation  
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>  
02.03.2020.



1

## Projektovanje elektronskih kola



LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation  
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>  
02.03.2020.



2

## Projektovanje elektronskih kola

### 2. Stilovi projektovanja i izrade prototipa

2.1 Stilovi projektovanja

2.2 Izbor stila projektovanja

2.3 Stilovi izrade prototipa

LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation  
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>  
02.03.2020.



3

### 2.3 Stilovi izrade prototipa

#### Šta je prototip?

(grč.: *πρωτος* protos = prvi)

(*tip* = otisak, slika; uzor, uzorak)

**Prototip** je predserijski proizvod namijenjen za ispitivanja i testove pre prelaska u serijsku proizvodnju.

Ne mora ni **tehnički** niti **optički** odgovarati gotovom serijskom proizvodu, ali mu služi kao osnova.

#### Nivoi prototipa:

Šta prethodi izradi prototipa i šta sledi posle?

02.03.2020.

4

### 2.3 Stilovi izrade prototipa

#### Nivoi prototipa:

##### ♦ Laboratorijski

- Urađen „ručno“ u par primeraka sa pažljivo biranim komponentama
- Omogućava merenje mnogih parametara (struja/napon napajanja, struja/napon na ključnim tačkama, temperatura na kritičnim elementima,...)

##### ♦ Industrijski

- Urađen „ručno“ u više primeraka
- Omogućava merenje ključnih parametara za verifikaciju funkcije preko ulazno/izlaznih priključaka

02.03.2020.

5

### 2.3 Stilovi izrade prototipa

#### Šta prethodi izradi prototipa?

- ♦ Model - obrazac, uzorak, mustra;
- ♦ (od *lat. modus* - način, pravilo, ritam, vreme)
- ♦ u tehnici: uzorak predmeta koji treba uraditi, izrađen od jeftinog materijala i obično u smanjenom obliku
- ♦ u elektronici: šta je jeftinije od fizičke/hardverske realizacije?

matematički model: jednačine koje opisuju ponašanje nekog kola.

02.03.2020.

6

### 2.3 Stilovi izrade prototipa

#### Šta sledi posle prototipa?

- ♦ Industrijski prototip.
- ♦ „Nulta serija“ je mala serija koja služi za proveru mašina i alata za uvođenje u serijsku proizvodnju.
- ♦ Prva serija – serija koja po obimu odgovara konačnoj seriji, ali nije dostigla taj nivo, postoji rizik većeg škarta
- ♦ Druga serija – u savremenoj proizvodnji i konačna serija
  - Smanjenje škarta je trajni zadatak dok se ne dostigne ekonomski prihvatljiv nivo.

02.03.2020.

7

### 2.3 Stilovi izrade prototipa

#### ➤ Bez lemljenja

- Protobord – Protoboard, Breadboards
- Vrapovanje – Wrapping
- Razvojne ploče (FPGA)
- Razvojne ploče (Arduino)

#### ➤ Sa lemljenjem

- Raster ploče - stripboards
- Štampane ploče – Printed Circuits Boards (PCB)

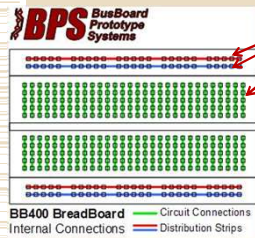
LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation  
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>  
02.03.2020.



8

### 2.3 Stilovi izrade prototipa

#### Protobord



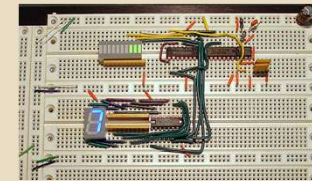
- ♦ Tabla sa ugrađenim vezama.
- ♦ Komponente se samo „ubodu“ u otvore.
- ♦ Jednostavne, ne zahtevaju lemljenje
- ♦ Pogodne za brza ispitivanja

02.03.2020.

9

### 2.3 Stilovi izrade prototipa

Najlakši način da se napravi prototip bez lemljenja.

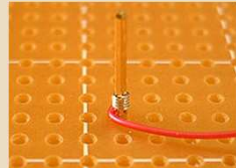


02.03.2020.

10

### 2.3 Stilovi izrade prototipa

Vrapovanje (Wrapping) – zahteva specijalni alat



02.03.2020.

11

### 2.3 Stilovi izrade prototipa

#### Razvojna ploča

– sadrži ugrađene programabilne komponente, pobudu, displej,...

-Uglavnom za veće projekte vezane za digitalnu elektroniku

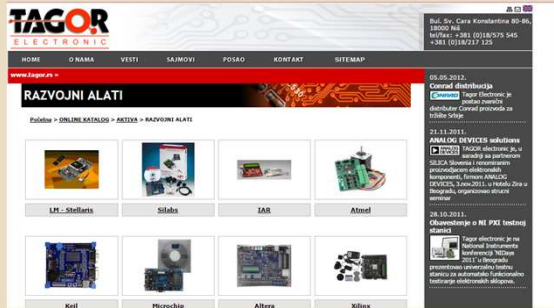
- Postoje i programirljiva analogna kola ali njihova upotreba nije rasprostranjena

02.03.2020.

12

## 2.3 Stilovi izrade prototipa

Razvojne ploče zahtevaju odgovarajuće alate za programiranje (učenje)



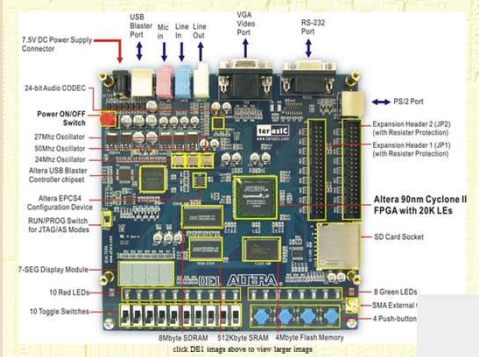
02.03.2020.

13

## 2.3 Stilovi izrade prototipa

Primer 1:

### Altera DE1 Board Resources for Students

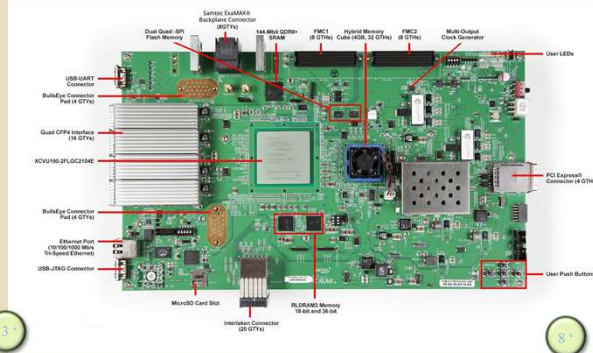


02.03.2020.

14

## 2.3 Stilovi izrade prototipa

Primer 2:



02.03.2020.

15

## 2.3 Stilovi izrade prototipa

Razvojna ploča

Primer 3:

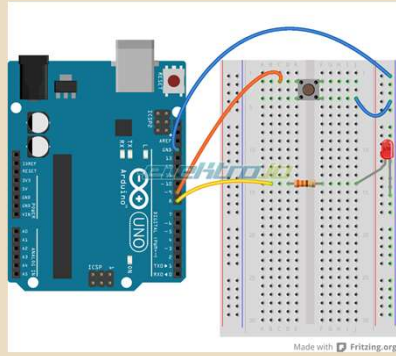


02.03.2020.

16

### 2.3 Stilovi izrade prototipa

Razvojna ploča  
Primer 3:

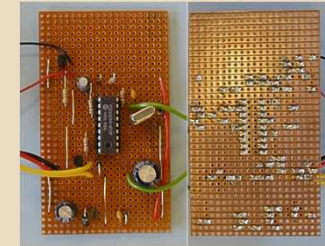


02.03.2020.

17

### 2.3 Stilovi izrade prototipa

Rasrter ploča - Stripboard:  
Izolator sa otvorima, sa donje strane otvori prekriveni bakrom.  
Komponente moraju da se leme.

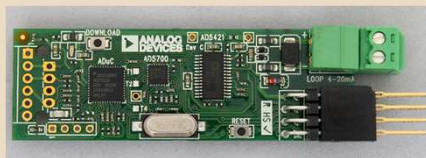


02.03.2020.

18

### 2.3 Stilovi izrade prototipa

Štampana ploča (Printed Circuit Board):  
Izolator potpuno prekriven bakrom sa bar sa jedne strane.  
Po bakru se crtaju veze, a ostatak bakra se odstranjuje.  
Po potrebi se pločica buši za fiksiranje komponenta kroz otvore.



02.03.2020.

19

### 2.3 Stilovi izrade prototipa

#### Koji stil izrade prototipa izabrati?

Cena - isplativost

- Obuka – jezici/alati za opis projekta
- Vreme projektovanja

Dostupnost hardvera

Dostupnost softvera

Iskustvo, znanje (navika)

Pouzdanost

- Sličnost sa serijskim proizvodom (brzina, cena, površina, potrošnja,...)

02.03.2020.

20

## 2. Stilovi: Šta smo naučili?

Šta treba da znamo?

**Elementarno (za potpis)**

**Šta je prototip?**

**Osnovna (za 6)**

1. Stilovi izrade prototipova
2. Izbor stila izrade prototipa



## 2. Stilovi: Šta smo naučili?

**Ispitna pitanja**

- a) Šta je protobord? (Opisati veze)
- b) Šta je vrapovanje?
- c) Šta su razvojne ploče?
- d) Šta su raster ploče?
- e) Šta su štampane ploče?



## Projektovanje elektronskih kola

Sledeće nedelje:

1. Uvod - osnovni pojmovi
2. Stilovi projektovanja i izrade prototipa
3. Projektovanje analognih kola
  - 3.1 Faze projektovanja analognih
  - 3.2 Analiza kola
  - 3.3 Optimizacija
  - 3.4 Izrada prototipa
4. Osnove fizičkog projektovanja (projektovanje štampanih ploča)
5. Projektovanje digitalnih kola

