

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.yu/>
07.03.2018.



1

Projektovanje elektronskih kola



LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>
07.03.2018.



2

Projektovanje elektronskih kola

Sadržaj:

1. Uvod - osnovni pojmovi
2. Stilovi projektovanja
3. Projektovanje analognih kola
4. Osnove fizičkog projektovanja (projektovanje štampanih ploča)
5. Projektovanje digitalnih kola

LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>
28.02.2018.



3

Projektovanje elektronskih kola

1. Uvod - osnovni pojmovi

- 1.1 Definicija
- 1.2 Faze projektovanja
- 1.3 Projektovanje u užem smislu
- 1.4 Aspekti projektovanja

LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>
28.02.2018.




4

Ekonomski aspekt

Tehnološki aspekt projektovanja
 Sistemski aspekt projektovanja
 Aspekt testiranja
Ekonomski aspekt
 Pravni aspekt
 Ekološki aspekt projektovanja

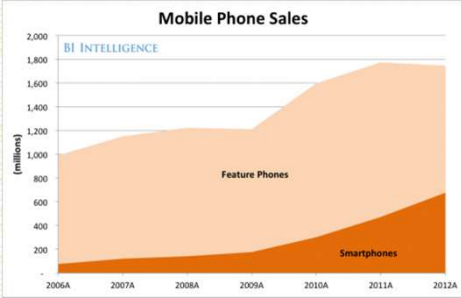
LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>
 07.03.2018.




5


Ekonomski aspekt

Tržište smart telefona





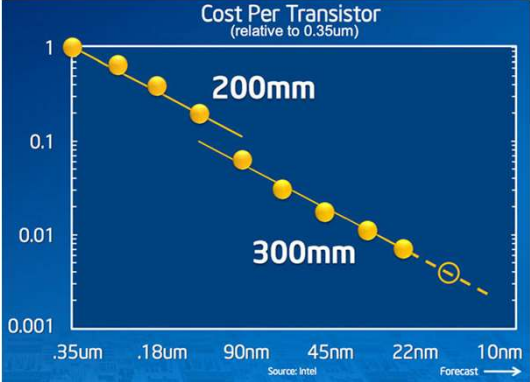
LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>
 07.03.2018.



6


Ekonomski aspekt

Cost Per Transistor
 (relative to 0.35um)



Source: Intel Forecast →


LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>
 07.03.2018.




7

Ekonomski aspekt

Zadatak svih fabrika na svetu je da proizvede samo jedan 'artikal'



LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>
 07.03.2018.



8

Ekonomski aspekt

- **Fiksni troškovi**
 - Vreme i cena projektovanja
 - Cena izrade maski za štampane pločice
 - Ostali fiksni troškovi (zakupnina prostora, ...)
- **Proporcionalni troškovi**
 - Cena urošenog materijala, pakovanja (kućišta), testiranja
 - Proporcionalni površini pločice i ceni komponenata
 - Proporcionalni veličini serije

Ekonomski aspekt

Na porast fiksnih troškova utiče rast troškova projektovanja:

- **Projektanti su skupi i postaju skuplji**
 - obrazovanje
 - uslovi rada
 - uslovi života
- **Investicije u novi hardver**
- **Investicije u novu softver (\$100 000)**

Ekonomski aspekt

Tehnološki aspekt projektovanja
Sistemska aspekt projektovanja
Aspekt testiranja
Ekonomski aspekt
Pravni aspekt
Ekološki aspekt projektovanja

Pravni aspekt

**IP - Intelektualna svojina
prava vezana za IP proističu iz zaštite:**

- Patenta
- Dizajna
- Žiga
- Autorskih prava
- Topografija integrisanog kola (10 godina)
- Geografska oznaka porekla

Kako stimulisati inventivnost?

Kako zaštititi IP na složeni el. sistem?

Pravni aspekt

Predmet zaštite:

Hardver ⇔ Patent

Softver ⇔ Autorsko pravo nad kopijom književnog dela

Baza podataka ⇔ Posebno pravo na organizaciju i sadržaj baze

Integrirano kolo ⇔ Zaštita leajauta, imena,...



Pravni aspekt

Standardi

Dokumenti koji sadrže usaglašena pravila, uputstva ili karakteristike koje se odnose na aktivnosti (proizvodnja i upravljanje) i njihove rezultate (gotova roba).

Uređuju i obezbeđuju kompatibilnost proizvoda različitih proizvođača.

Njihovo poštovanje predstavlja preduslov za kvalitet proizvoda.



Pravni aspekt

Standardi

Međunarodni :

- ISO International Organization for Standardization
- IEC International Electrotechnical Commission
- ITU International Telecommunication Union



www.iso.org Međunarodna organizacija za standardizaciju



www.iec.ch Međunarodna elektrotehnička komisija



www.wssn.net Svetska mreža organizacija za standardizaciju



ISO 9000 and ISO 14000 - in brief

The ISO 9000 and ISO 14000 families are among ISO's most widely known standards ever. **ISO 9000 and ISO 14000 standards are implemented by some 634 000 organizations in 152 countries.** ISO 9000 has become an international reference for quality management requirements in business-to-business dealings, and ISO 14000 is well on the way to achieving as much, if not more, in enabling organizations to meet their environmental challenges.

The **ISO 9000** family is primarily concerned with "**quality management**". This means what the organization does to fulfil:

- the customer's quality requirements, and
- applicable regulatory requirements, while aiming to
- enhance customer satisfaction, and
- achieve continual improvement of its performance in pursuit of these objectives.

The **ISO 14000** family is primarily concerned with "**environmental management**". This means what the organization does to:

- minimize harmful effects on the environment caused by its activities, and to
- achieve continual improvement of its environmental performance.



Ekonomski i pravni aspekt

Standardi

Regionalni:

- CEN European Committee for Standardization
- CENELEC (Elektrotehnika)
- ETSI (Telekomunikacije)



www.cen.eu

Evropski komitet za standardizaciju



www.cenelec.org

Evropski komitet za elektrotehničku standardizaciju

LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>
07.03.2018.



17

Ekonomski i pravni aspekt

Standardi

Nacionalni standardi (DIN, ANSI, GOST,...)



www.din.de

Nemački institut za standardizaciju



www.bsi-global.com

Britanski institut za standarde



An international membership organization serving today's industries with a complete portfolio of standards programs.



www.astm.org

Američko društvo za ispitivanje i materijale



www.gost-r.info

Certyfikacija w Rosji

LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>
07.03.2018.



18

Ekonomski i pravni aspekt

Nacionalni standardi

[Bosnia and Herzegovina \(BASMP\)](#)

[Croatia \(DZNM\)](#)

[Slovenia \(SIST\)](#)

[France \(AFNOR\)](#)

[Germany \(DIN\)](#)

[Greece \(ELOT\)](#)

[Russian Federation \(GOST R\)](#)

[USA \(ANSI\)](#)

[United Kingdom \(BSI\)](#)

Institut za standardizaciju Srbije (SRPS)
Institute for Standardization of Serbia



LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>
07.03.2018.



19

Ekonomski i pravni aspekt



Institut za standardizaciju Srbije (SRPS)
Institute for Standardization of Serbia

<http://www.iss.rs>



LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>
07.03.2018.



20

Ekonomski i pravni aspekt

Standardi

Korporacijski standardi, brendovi



LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>
07.03.2018.



21

Ekonomski aspekt

Tehnološki aspekt projektovanja

Sistemiški aspekt projektovanja

Aspekt testiranja

Ekonomski aspekt

Pravni aspekt

Ekološki aspekt projektovanja

LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>
07.03.2018.



22

Ekološki aspekt projektovanja

Broj elektronskih uređaja u upotrebi postaje sve veći!

•Da li ćemo imati dovoljno energije za njihov rad?

Raste broj elektronskih uređaja van upotrebe!

•Šta raditi sa uređajima koji se ne koriste?



LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>
07.03.2018.

23

Ekološki aspekt projektovanja

Rešenje tražiti još tokom projektovanja:

Projektovanje za prirodnu okolinu

Glavni problemi

- Potrošnja energije
- Zagađenje istrošenim proizvodima
- Zagađivanje otrovnim materijalima



LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>
07.03.2018.



24

Ekološki aspekt projektovanja

Potrošnja energije

- **More than 30 billion kilowatt-hours of energy is wasted because many of us simply forget to shut down our computers when we're not using them. Even with a screen saver on, when you're not using it, it's STILL using up to 280 watts/hour of completely wasted power.**

(<http://www.indianweb2.com/2007/07/localcooling-save-pc-power-consumption-fight-globalwarming/>)

LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>
07.03.2018.



25

Ekološki aspekt projektovanja

Potrošnja energije

- **I najmanje smanjenje potrošnje kada se pomnoži brojem uređaja dovodi do značajnih ušteda**
- **SAD troše 10GW za napajanje 'isključenih' uređaja!**

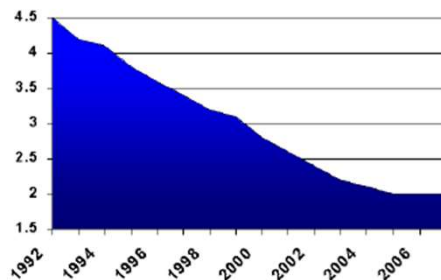
LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>
07.03.2018.



26

Ekološki aspekt projektovanja

Tehnološki vek računara proizvedenih 1999. je 3,1 godina!



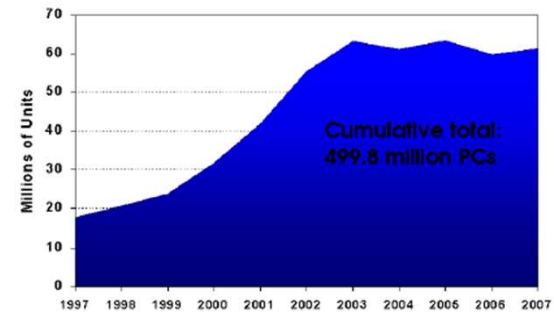
LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>
07.03.2018.



27

Ekološki aspekt projektovanja

Gomilanje elektronskog otpada!



LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>
07.03.2018.



28

Ekološki aspekt projektovanja

Projektovanje za prirodnu okolinu:

- Briga o zdravlju
- Briga o prirodnoj okolini i sigurnosti tokom celavog životnog veka proizvoda

Osnovne smernice

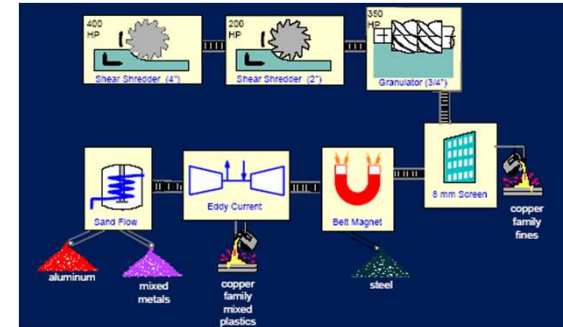
- Projektovanje za preradu
- Projektovanje za reciklažu
- Projektovanje za produženje životnog veka proizvoda

LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>
07.03.2018.



29

Ekološki aspekt projektovanja



LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>
07.03.2018.



30

Ekološki aspekt projektovanja

Novi materijali

HP bio-degradable plastic inkjet printer



- VPP prototyped material using existing production tooling
- 100% corn based plastic
- 0% petroleum based materials



LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>
07.03.2018.



31

Ekološki aspekt projektovanja

ISO 14000 i rezultati

- SGS Tomphson primena principa PPO dovelo do povećanja profita:
- energija sa 680kWh/\$1000 na 550kWh/\$1000
- voda 11,3m³/\$1000 na 7,8m³/\$1000
- Otpad sa 71% na 35%
- Potrošnja papira 1200t/god na 800t/god

LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>
07.03.2018.



32

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.yu/>
 06.03.2017.



33

1.5 Stilovi projektovanja

Tipovi kola

Prema vrsti signala

- Analogna
- Digitalna
- Mešovita AD

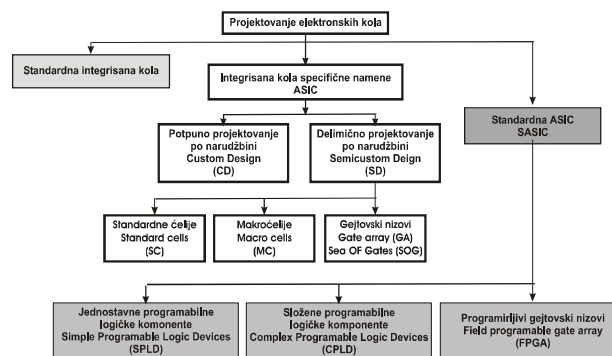
Prema „stepenu integracije“

- ~~Diskretne komponente~~ Sve ređe
- Standardna integrisana kola
- Integrisana kola specifične namene

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



1.5 Stilovi projektovanja



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



Standardna integrisana kola

Kola koja postoje na tržištu i mogu se kupiti u radnji.
 Oznaka definiše tip kola i njegovu namenu (katalozi)
 CD4000, LM741, mA741, 74xxx serija,...

2. Package and Marking

ATMEL
 Six Channel Sigma-Delta A/D Converter
 AT73C501

Package: S01C28

Marking: YYWWZZ AS5501 NC52FL (date code)
 YYWWZZ AS5502 (AS-number dependent on version)
 NC52FL NC52FH (coded default setup)



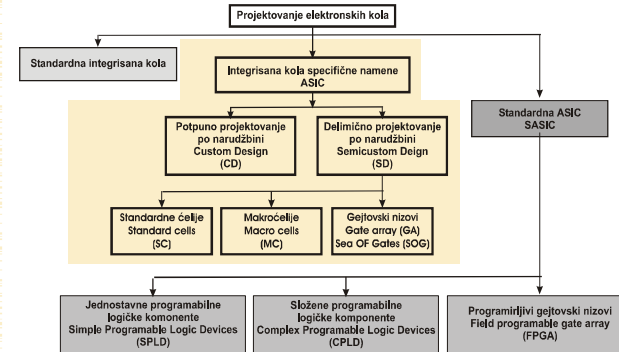
**Integrirana kola specifične namene
Application Specific IC (ASIC)**

Application	Integrirana
Specific	Kola
Integrated	Specifčne
Circuits	Namene

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



**Integrirana kola specifične namene
Application Specific IC (ASIC)**



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



**Integrirana kola specifične namene
Application Specific IC (ASIC)**

Kola koja NE postoje na tržištu i NE mogu se kupiti u radnji.

Oznaka definiše tip kola samo neposrednom korisniku – ne nalaze se u katalogima, funkcija poznata samo korisniku

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



**Integrirana kola specifične namene
Application Specific IC (ASIC)**

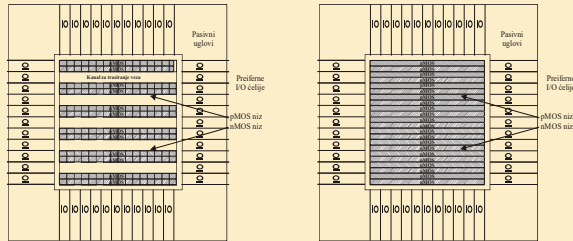
- **Potpuno projektovanje po narudžbini**
- **Delimično projektovanje po narudžbini**
 - **Pretprojektovane strukture**
 - Standardne ćelije
 - Makroćelije
 - Gejtovski nizovi

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



Integrirana kola specifične namene
Application Specific IC (ASIC)

Gejtovski nizovi/matrice (Gate Array)



Gate Array

Sea of Gates

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



Standardna integrirana kola specifične namene
Standard Application Specific IC (SASIC)

Standardna integrirana kola (kupuju se u radnji).

To su IC koja u sebi sadrže već uradjene i logičke komponente i veze.

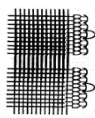
Korisnik programira konačnu funkciju koju obavljaju. Programiranje se sastji u tome da se neželjene veze prekinu ili da se formiraju željene veze (osigurači/antiosigurači), odnosno otvoreni /zatvoreni prekidači

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

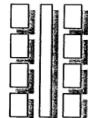


Standardna integrirana kola specifične namene
Standard Application Specific IC (SASIC)

- PROM
- PLD
- EPLD,...



SPLD



CPLD



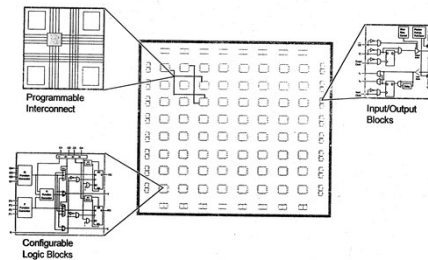
PGA

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



Standardna integrirana kola specifične namene
Standard Application Specific IC (SASIC)

FPGA Architecture



1998-14



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



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.yu/>
06.03.2017.



45

Izbor stila projektovanja

Osobine standardnih integrisanih kola:

- ✓ Poznata funkcija na osnovu oznake
- ✓ Relativno jeftina

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



Izbor stila projektovanja

Osobine uređaja zasnovanih na standardnim integrisanim kolima:

- Lako se kopiraju
- Veći broj čipova na štampanoj ploči
- Glomazni su
- Broj lemnih tačaka veliki – pouzdanost manja

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



Izbor stila projektovanja

Osobine ASIC:

- ✓ Funkcija kola poznata samo naručiocu
- ✓ Cena zavisi od obima proizvodnje
- ✓ Broj pinova mali
- ✓ Naručilac projektuje i daje proizvođaču na izradu/doradu

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



Izbor stila projektovanja

Osobine uređjaja zasnovanih na ASIC:

- + Teško se kopiraju
- + Manja cena ukoliko se izabere pravilni tip
- + Male dimenzije
- + Broj lemnih tačaka mali – pouzdanost veća

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



Izbor stila projektovanja

Osobine SASIC:

- ✓ Funkcija kola poznata samo naručiocu
- ✓ Cena velika
- ✓ Broj pinova veliki
- ✓ Naručilac projektuje i finalizuje

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



Izbor stila projektovanja

Osobine uređjaja zasnovanih na SASIC:

- + Teško se kopiraju
- + Isplativa za male serije
- + Brza izrada prototipa
- Broj lemnih tačaka veliki – pouzdanost manja od ASIC
- Dimenzije štampe veće nego kod ASIC

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



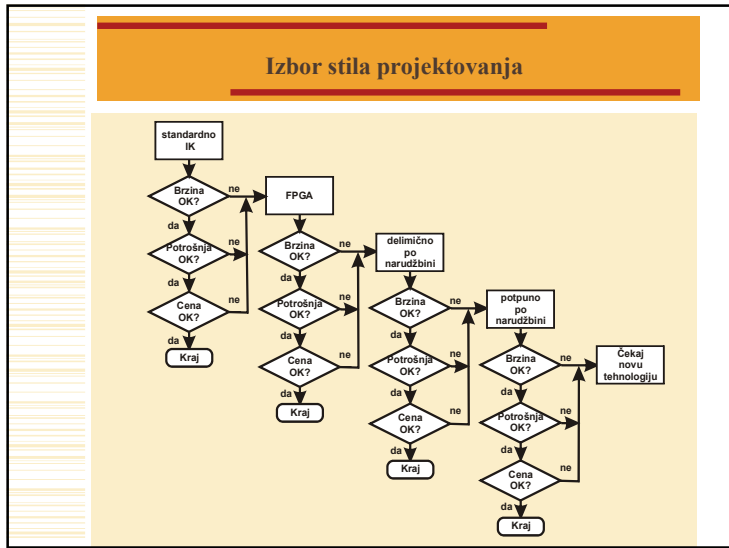
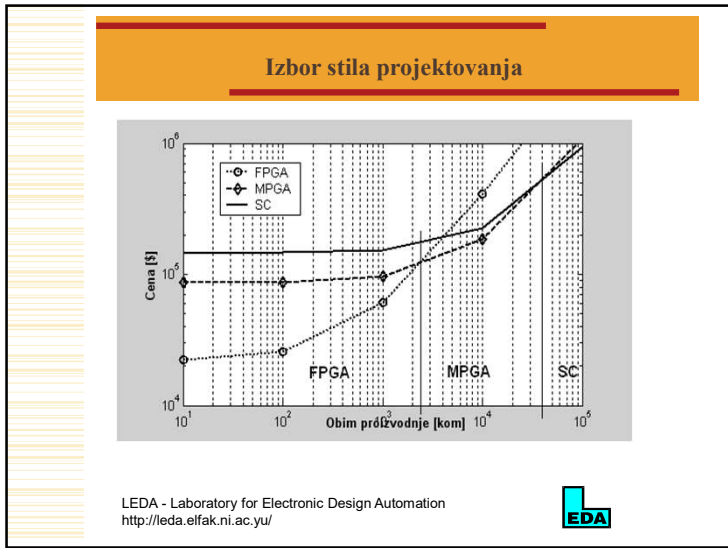
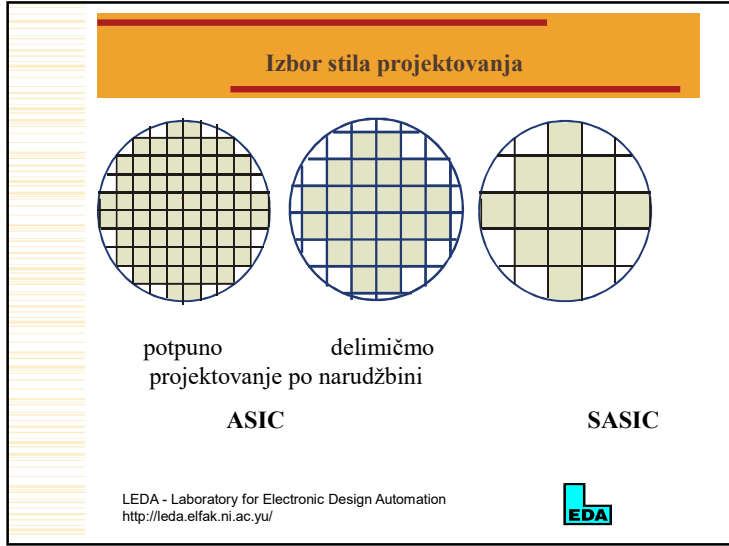
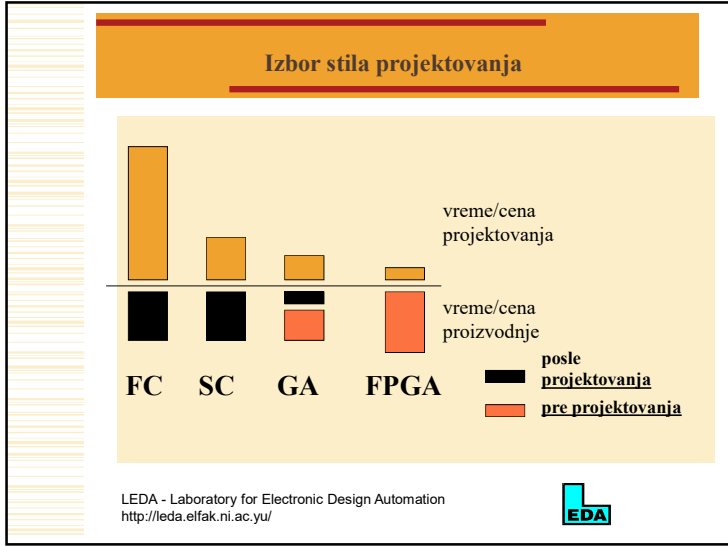
Izbor stila projektovanja

Koji ASIC?

- potpuno projektovanje po narudžbini
(Full custom design)
- delimično projektovanje po narudžbini,
(Semicustom design)
- SASIC (standardna ASIC)

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





I. Uvod: Šta smo naučili?

Šta treba da znamo?

Elementarno (za potpis)

Stilovi projektovanja

Osnovna (za 6)

1. Šta su standardna IC, ASIC, SASIC?

2. Izbor stila projektovanja

LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>
14.03.2018.



57

I. Uvod: Šta smo naučili?

Ispitna pitanja

- a) Standardi (tipovi, naš nacionalni standard)
- b) Šta su standardna IC, osobine
- c) ASIC, osobine i tipovi
- d) SASIC, osobine i tipovi?
- e) Poređenje standardnih, ASIC i SASIC sa stanovišta brzine izlaska na tržište i cene
- f) Poređenje osobina uređaja projektovanih na bazi različitih stilova projektovanja

LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>
14.03.2018.



58

Projektovanje elektronskih kola

Sadržaj:

Sledeće nedelje

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.yu/>
28.02.2018.



59