

## Projektovanje digitalnih integrisanih kola

Prof. Dr Predrag Petković,  
Prof. Dr Milunka Damnjanović  
Mr Miljana Sokolović

Katedra za elektroniku  
Elektronski fakultet Niš

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



1

## Projektovanje digitalnih integrisanih kola

Sadržaj:

- I. Uvod
- II. CMOS Proces
- III. Potpuno projektovanje po narudžbini
- IV. Delimično projektovanje po narudžbini

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



2

## I. Uvod – da se podsetimo

Sadržaj:

1. Osnovni pojmovi
2. Stilovi projektovanja
3. Izbor stila projektovanja
4. Automatizacija projektovanja

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



3

## 1. 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/>



4

## 1.1 Definicija

Projektovanje (el. kola) podrazumeva skup aktivnosti koje od opisa željene funkcije kola dovode do realizacije prototipa.

Ove aktivnosti rezultiraju potpunom dokumentacijom neophodnom da bi kolo ušlo u redovnu proizvodnju

## 1.1 Definicija

### ▪Kako se opisuje projekat?

#### DOMENI opisa projekta

1. Funkcionalni opis ⇔ Šta kolo/sistem radi (opis ponašanja)
2. Strukturni opis ⇔ Čime se ostvaruje
3. Fizički opis ⇔ Kako izgleda

## 1.1 Definicija

### ▪Kako se opisuje projekat?

#### NIVOI opisa projekta

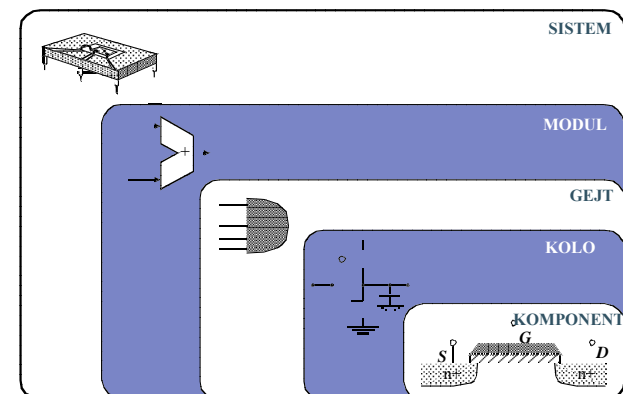
Zavise od toga ŠTA opisujemo

Digitalni sistem (PC ili digitalno kolo)

1. Sistemski
2. Algoritamski
3. RTL
4. Logički
5. Električni

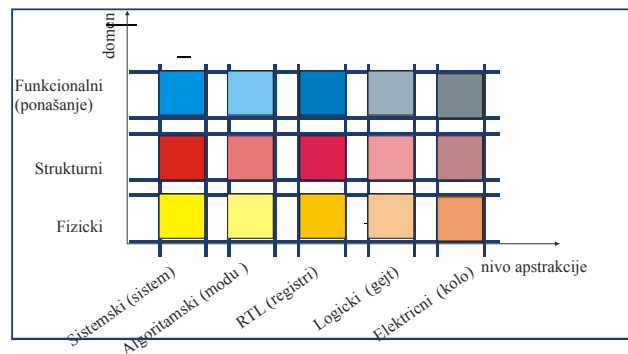
## 1.1 Definicija

### ▪Kako se opisuje projekat?



## 1.1 Definicija

### ▪ Ravan projektovanja između ose domena i ose nivoa (apstrakcije)



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



9

## 1.1 Definicija

### ▪ Na osnovu čega se procenjuje uspešnost projektovanog kola?

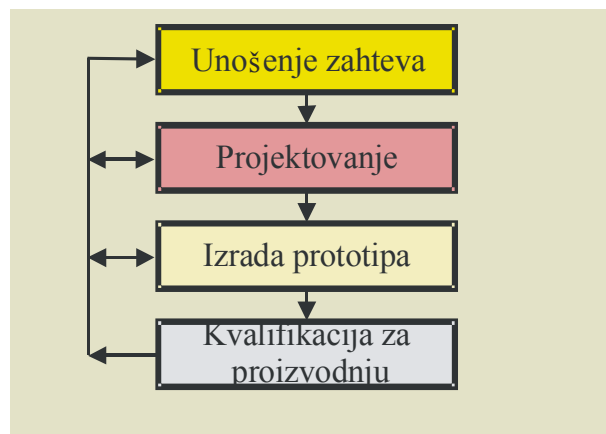
- **Cena**
- **Pouzdanost**
- **Brzina (kašnjenje, radna frekvencija)**
- **Disipacija snage**
- **Potrošnja energije**
- **Mogućnost skaliranja sa promenom tehnologije**

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



10

## 1.2 Faze projektovanja

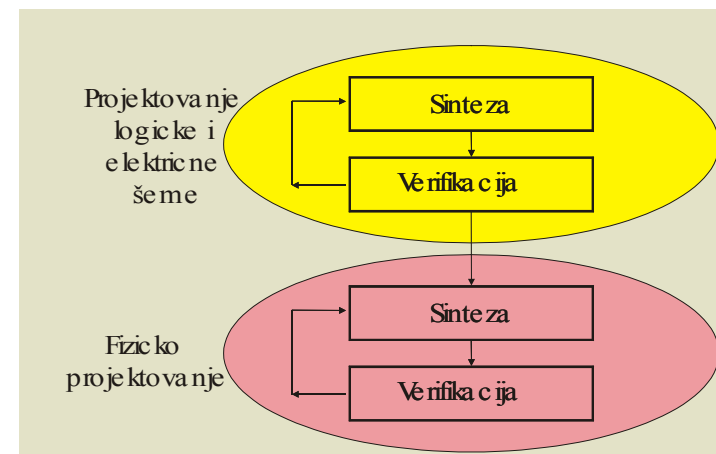


LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation  
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>



11

## 1.3 Projektovanje u užem smislu



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



12

## 1.4. Aspekti projektovanja

- a) Tehnološki aspekt projektovanja
- b) Sistemski aspekt projektovanja
- c) Aspekt testiranja
- d) Ekonomski aspekt
- e) Pravni aspekt
- f) Ekološki aspekt projektovanja

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



13

## 1.4. Aspekti projektovanja

- a) Tehnološki aspekt projektovanja
- b) Sistemski aspekt projektovanja
- c) Aspekt testiranja
- d) Ekonomski aspekt
- e) Pravni aspekt
- f) Ekološki aspekt projektovanja

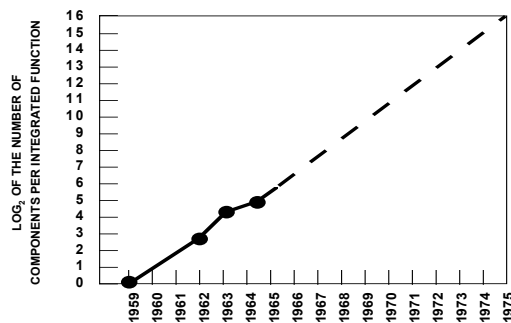
LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation  
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>



14

## Tehnološki aspekt projektovanja

Murov zakon (1965)  
Broj tranzistora na čipu udvostručava se svakih 18-24 meseci



*Electronics*, April 19, 1965.

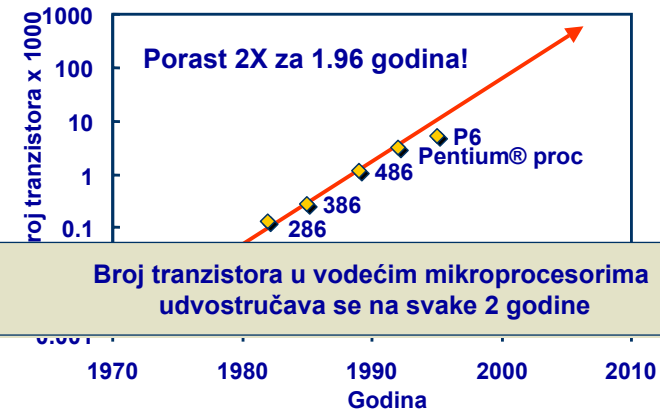
LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation  
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>



15

## Tehnološki aspekt projektovanja

Murov zakon primenjen na mikroprocesore



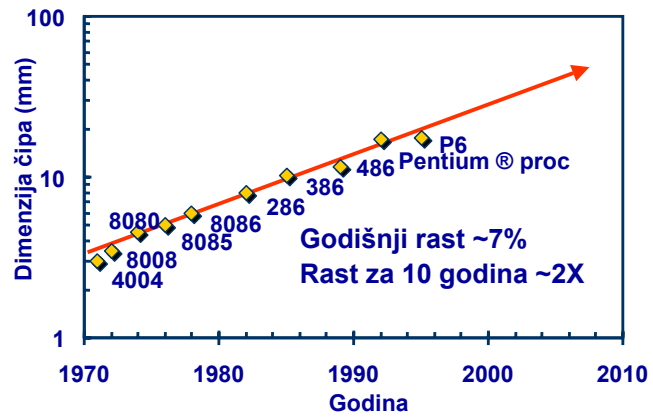
Broj tranzistora u vodećim mikroprocesorima udvostručava se na svake 2 godine

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



16

## Tehnološki aspekt projektovanja



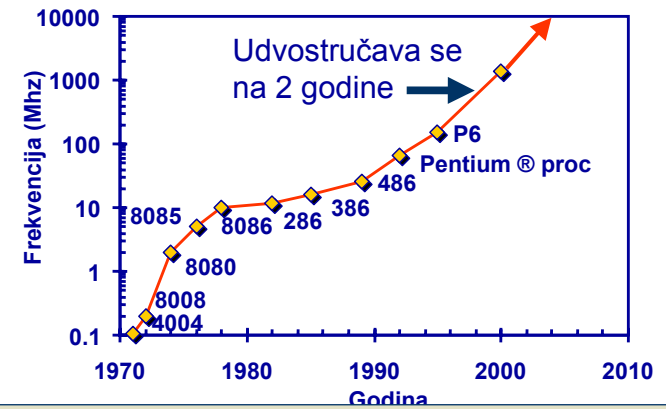
Dimenzija čipa raste 14% da bi se zadovoljio Murov zakon

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



17

## Tehnološki aspekt projektovanja



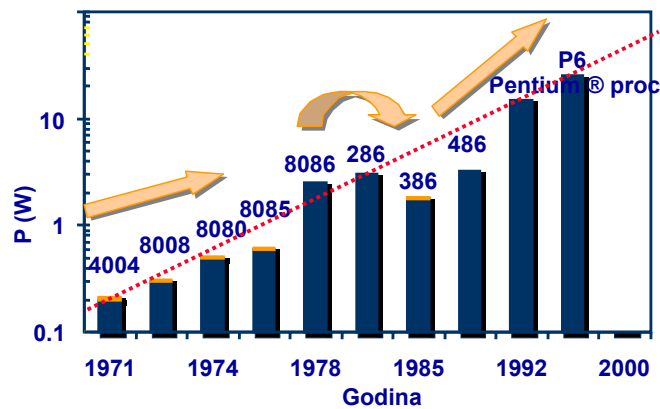
Radna frekvencija mikroprocesora udvostručava se na svake 2 godine

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



18

## Tehnološki aspekt projektovanja



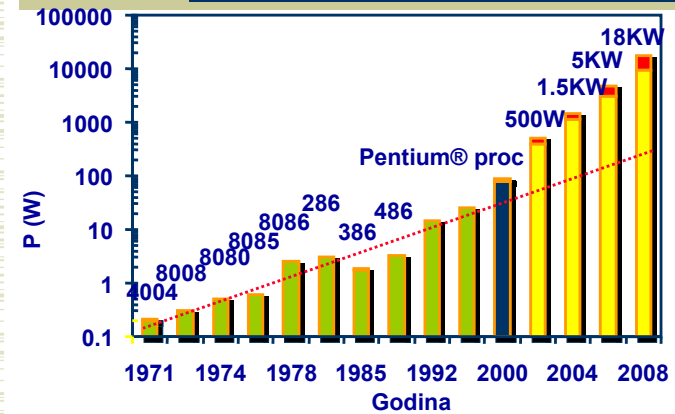
Snaga i dalje raste

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



19

## Tehnološki aspekt projektovanja



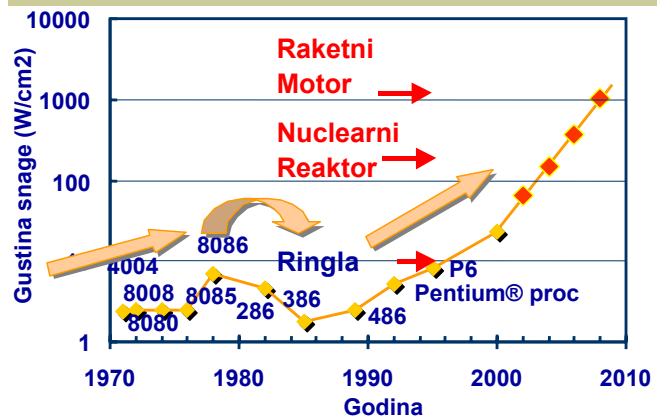
Napajanje i disipacija snage postaće veliki problem!

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



20

## Tehnološki aspekt projektovanja



Gustina snage je velika i čip se greje

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



21

## 1.4. Aspekti projektovanja

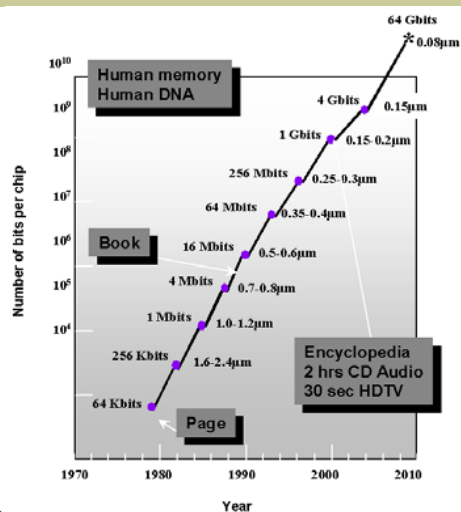
- a) Tehnološki aspekt projektovanja
- b) Sistemski aspekt projektovanja**
- c) Aspekt testiranja
- d) Ekonomski aspekt
- e) Pravni aspekt
- f) Ekološki aspekt projektovanja

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



22

## Sistemski aspekt projektovanja



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



23

## 1.4. Aspekti projektovanja

- a) Tehnološki aspekt projektovanja
- b) Sistemski aspekt projektovanja
- c) Aspekt testiranja**
- d) Ekonomski aspekt
- e) Pravni aspekt
- f) Ekološki aspekt projektovanja

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



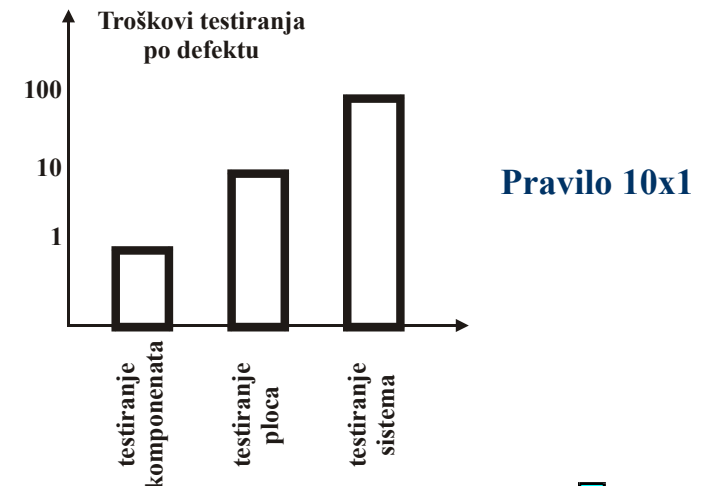
24

## Aspekt testiranja

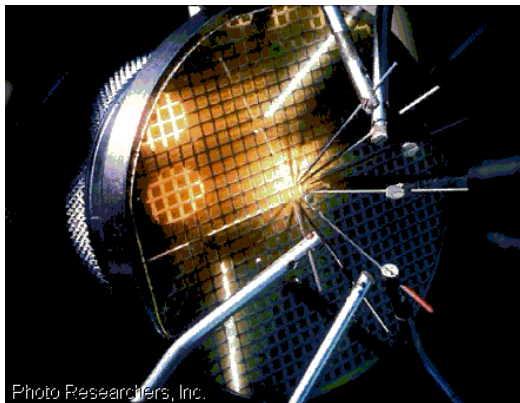
Odgovor na pitanje da li su zadovoljeni projektni zahtevi

Ne unosi novu vrednost

## Aspekt testiranja



## Aspekt testiranja



Testiranje komponente u fazi proizvodnje

## Aspekt testiranja

Projektovati kolo koje može lako da se testira – testabilno  
Design For Testability (DFT)

## 1.4. Aspekti projektovanja

- a) Tehnološki aspekt projektovanja
- b) Sistemski aspekt projektovanja
- c) Aspekt testiranja
- d) Ekonomski aspekt**
- e) Pravni aspekt
- f) Ekološki aspekt projektovanja

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



29

## Ekonomski i pravni aspekt

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

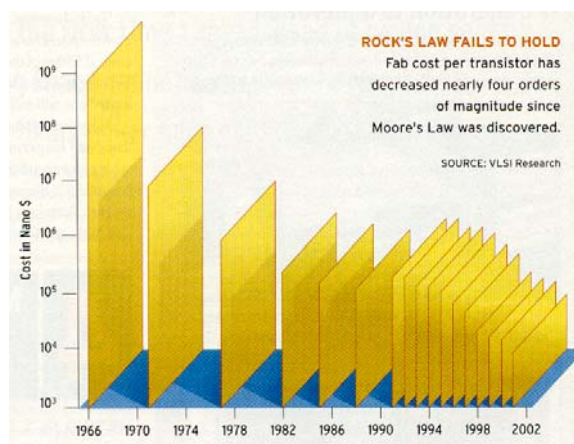


LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation  
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>



30

## Ekonomski i pravni aspekt



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



31

## Ekonomski i pravni aspekt

12.10.2006

- Fiksni troškovi
  - Vreme i cena projektovanja
  - Cena izrade maske
  - Ostali fiksni troškovi (zakupnina prostora, ...)
- Proporcionalni troškovi
  - Cena urošenog materijala (silicijuma), pakovanja (kućišta), testiranja
  - Proporcionalni veličini serije
  - Proporcionalni površini čipa

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



32



## Ekonomski i pravni aspekt

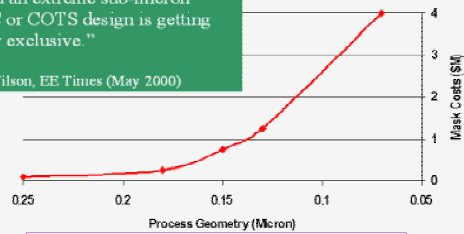
1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003

Innovation  
Revolution

### Raste cena fiksnih troškova

"The club of people who can afford an extreme sub-micron ASIC or COTS design is getting pretty exclusive."

Ron Wilson, EE Times (May 2000)



70nm ASICs will have \$4M NRE

www.InnovationRevolution.com

ALTERA, cMOS, XILINX

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



33

## Ekonomski i pravni 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)

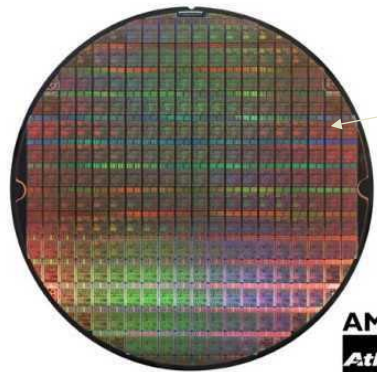
LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation  
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>



34

## Ekonomski i pravni aspekt

### Cena jednog peleta



pelet (die)

Ploča (Wafer)



From <http://www.amd.com>

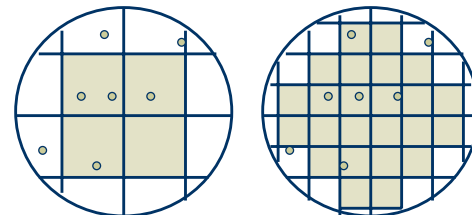
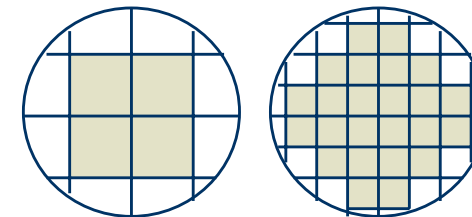
LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation  
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>



35

## Ekonomski i pravni aspekt

### Prinos po pločici (Yield)



$$Y = \frac{N_{di}}{N_d} \times 100 \%$$

$N_{di}$  - broj ispravnih peleta

$N_d$  - ukupan broj peleta na pločici

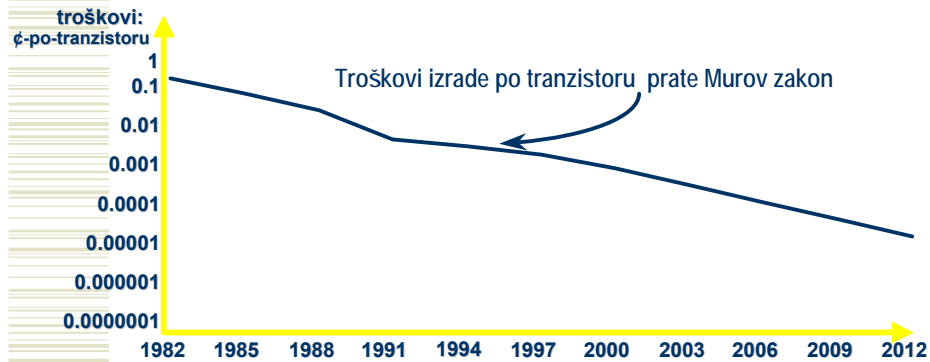
LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation  
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>



36

## Ekonomski i pravni aspekt

### Cena po tranzistoru



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



37

## 1.4. Aspekti projektovanja

- 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/>



38

## Ekonomski i pravni aspekt

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

- Znaka
- Patenta
- Autorskog prava nad kopijom književnog dela
- Prava na javno izvođenje
- Registrovanih oblika i likova
- Projekata

Kako stimulisati inventivnost?

Kako zaštititi IP na složeni el. sistem?

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



39

## Ekonomski i pravni aspekt

### Standardi

#### Međunarodni :

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

#### Regionalni:

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

Nacionalni standardi (JUS, DIN, ANSI, GOCT,...)

Korporacijski standardi

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



40

## Ekonomski i pravni aspekt

### Standardi



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



41

## 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.

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



42

## Ekonomski i pravni aspekt

### Nacionalni standardi

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

[Serbia and Montenegro \(ISSM\)](#)

[Croatia \(DZNM\)](#)

Institution for Standardization of Serbia and Montenegro

[Slovenia \(SIST\)](#)



[France \(AFNOR\)](#)

[Germany \(DIN\)](#)

[Greece \(ELOT\)](#)

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

[USA \(ANSI\)](#)

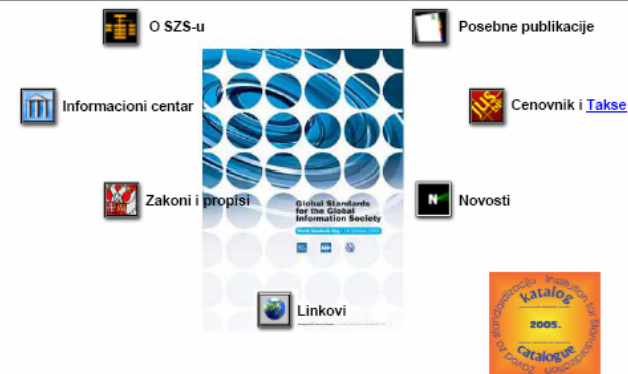
[United Kingdom \(BSI\)](#)

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



43

## Ekonomski i pravni aspekt



44

## 1.4. Aspekti projektovanja

- a) Tehnološki aspekt projektovanja
- b) Sistemski aspekt projektovanja
- c) Aspekt testiranja
- d) Ekonomski aspekt
- e) Pravni aspekt
- f) **Ekološki aspekt projektovanja**

## 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?**

## Ekološki aspekt projektovanja

**Rešenje tražiti još tokom projektovanja:**

**Projektovanje za prirodnu okolinu**

### Glavni problemi

- **Potrošnja energije**
- **Zagađenje istrošenim proizvodima**
- **Zagađivanje otrovnim materijalima**

## Ekološki aspekt projektovanja

### Potrošnja energije

- **Kada su u pitanju PC važe sledeće preporuke u normalnom radnom režimu**
  - **Sistemski projektovati za manju potrošnju**
  - **Smanjiti napon napajanja**
  - **Strogo kontrolisati procese i napajati samo aktivne delove,...**
- **u sleep režimu**
  - **Smanjiti frekvenciju takta na matičnoj ploči**
  - **Isključiti diskove**
  - **Isključiti video kontroler**
  - **DRAM prebaciti u režim sporog osvežavanja,...**

## Ekološki aspekt projektovanja

### Zagađenje istrošenim proizvodima

•1998. godine u EU je 5% ukupnog gradskog tvrdog otpada potiče od elektronskih uređaja

•Značajno gomilanje materijala, ali i opasnih materija (u izradi štampanih ploča samo 7% početnog materijala ostaje, a 93% predstavlja hemijski otpad – kalajno/olovni lem opasan po zdravlje ljudi

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



49

## Ekološki aspekt projektovanja

### Tehnološki vek pojedinih uređaja (podaci iz 1999.)

PCs manufactured in 1999	3.1 years
CRTs	4-7 years
Printers	3-5 years
Scanners	3-5 years

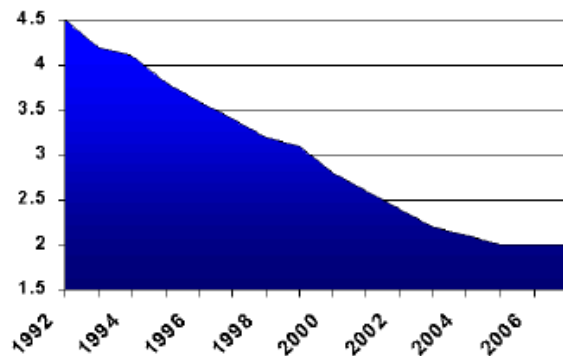
LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation  
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>



50

## Ekološki aspekt projektovanja

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



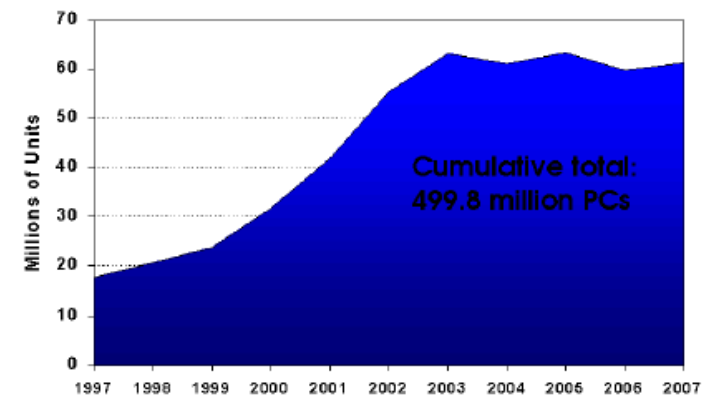
LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation  
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>



51

## Ekološki aspekt projektovanja

### Gomilanje elektronskog otpada!



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



52

## Ekološki aspekt projektovanja

### Projektovanje za prirodnu okolinu:

- Briga o zdravlju
- Briga o prirodnoj okolini i sigurnosti tokom čitavog 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/>



53

## Ekološki aspekt projektovanja

### ISO 14000 i rezultati

- SGS Tomphson primena principa PPO dovelo do povećanja profita:
  - energija sa 680kWh/\$1000 na 550kWh/\$1000
  - voda 11,3m<sup>3</sup>/\$1000 na 7,8m<sup>3</sup>/\$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/>



54

## I. Uvod

### Sadržaj:

1. Osnovni pojmovi
2. **Stilovi projektovanja**
3. Izbor stila projektovanja
4. Automatizacija projektovanja

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



55

## 2. Stilovi projektovanja

### 2.1 Standardna integrisana kola (IC)

### 2.2 Integrisana kola specifične namene (ASIC)

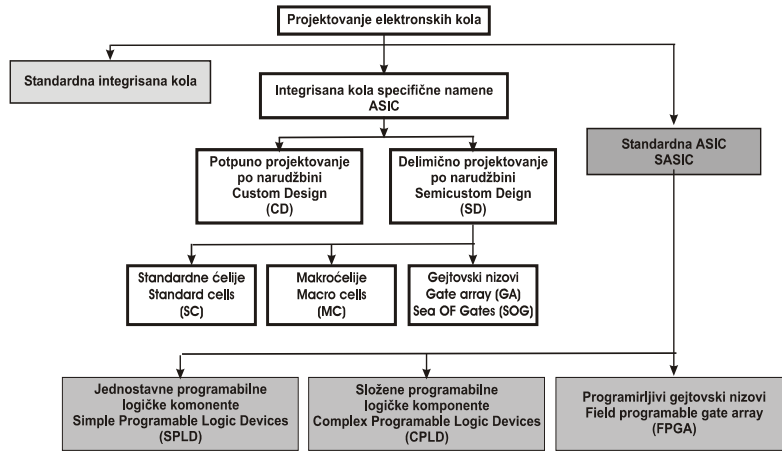
### 2.3 Standardna ASIC (SASIC)

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



56

## 2. Stilovi projektovanja



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



57

## 2.1 Standardna integrisana kola (IC)

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

Package: SOIC28

Marking: YYWWZZ YYWWZZ (date code) 3N  
 AS5501 AS5502 (AS-number dependent on version)  
 NC52FL NC52FH (coded default setup)



Six Channel  
 Sigma-Delta A/D  
 Converter

AT73C501



58

## 2.2 Integrisana kola specifične namene Application Specific IC (ASIC)

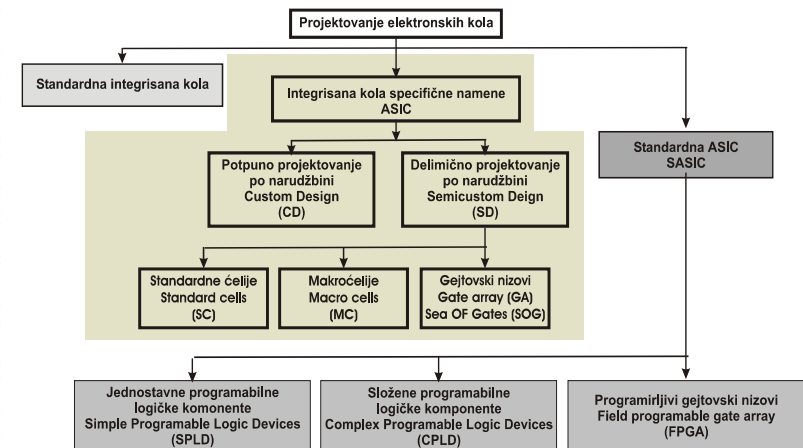
Application Specific Integrated Circuits	Integrisana Kola Specifične Namene
---	---

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



59

## 2.2 Integrisana kola specifične namene Application Specific IC (ASIC)



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



60

## 2.2 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

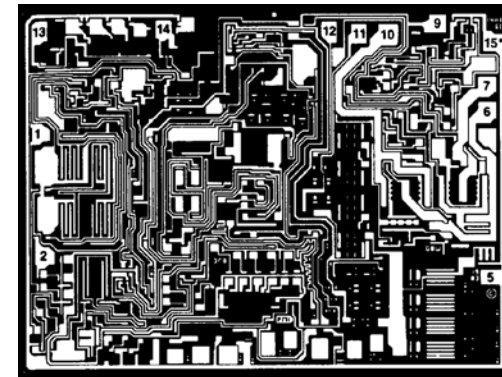
## 2.2 Integrirana kola specifične namene Application Specific IC (ASIC)

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

## 2.2 Integrirana kola specifične namene Application Specific IC (ASIC)

- **Potpuno projektovanje po narudžbini (Full custom design)**
  - **Namenjeno za projektovanje IC koja se proizvode u velikim serijama.**
  - **Projektovanje do najsitnijih detalja na tranzistorskom nivou.**
  - **Maksimalna ušteda u površini čipa.**
  - **Postupak projektovanja veoma skup.**

## 2.2 Integrirana kola specifične namene Application Specific IC (ASIC)





## 2.2 Integrisana kola specifične namene Application Specific IC (ASIC)

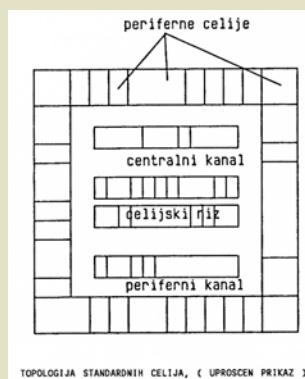
- **Delimično projektovanje po narudžbini (Semi custom design)**
- **Zasnovano na korišćenju predprojektovanih struktura.**
- **Proizvođači nude biblioteke predprojektovanih logičkih ćelija a projektovanje se svodi na razmeštaj i povezivanje ćelija.**
- **Površina čipa nije minimalna za datu funkciju, ali projektovanje kraće traje i cena mu je znatno niža.**

## 2.2 Integrisana kola specifične namene Application Specific IC (ASIC)

- **Delimično projektovanje po narudžbini Tipovi**
  - **Standardne ćelije (Standard Cells)**
  - **Geltovski nizovi/matrice (Gate Array)**
  - **Makro ćelije ...**

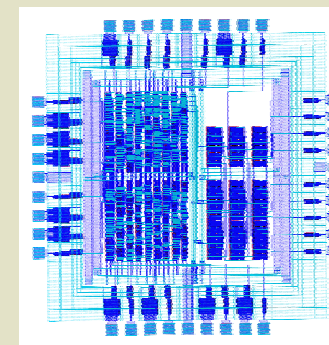
## 2.2 Integrisana kola specifične namene Application Specific IC (ASIC)

- **Standardne ćelije (Standard Cells)**

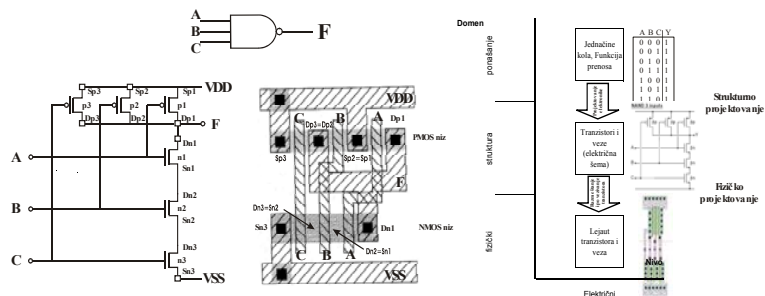


## 2.2 Integrisana kola specifične namene Application Specific IC (ASIC)

- **Standardne ćelije (Standard Cells)**



## 2.2 Integrirana kola specifične namene Application Specific IC (ASIC)



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



69

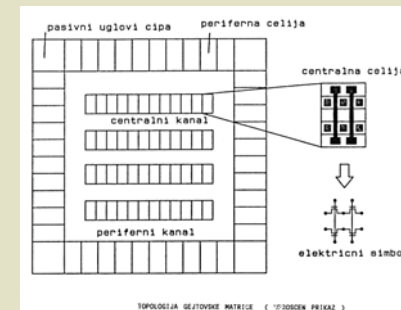
## 2.2 Integrirana kola specifične namene Application Specific IC (ASIC)

### Gejtovski nizovi/matrice (Gate Array)

**Predproizvedene strukture**  
Na čipu se nalaze i tranzistori;  
masovno proizvedene pločice  
pasiviziraju se i skladište.

između nizova tranzistora  
ostavljen prostor za povezivanje

Konačni izgled čip dobija  
posle dodatnih maski za metalizaciju



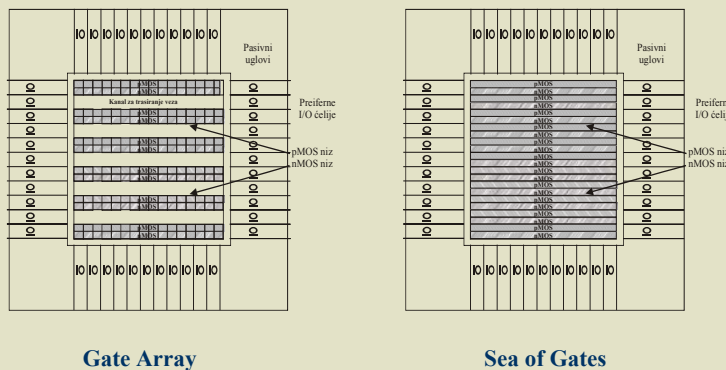
LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation  
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>



70

## 2.2 Integrirana kola specifične namene Application Specific IC (ASIC)

### Gejtovski nizovi/matrice (Gate Array)



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

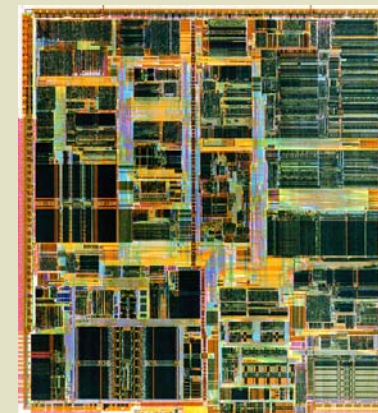


71

## 2.2 Integrirana kola specifične namene Application Specific IC (ASIC)

### Makro ćelije

- Intel
- Pentium IV



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



72

### 2.3 Standardna ASIC (SASIC)

Standardna integrisana kola (kupuju se u radnji).

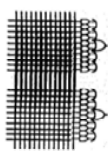
To su IC koja u sebi sadrže već urađjene i logičke komponente i veze.

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

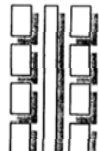
### 2.3 Standardna ASIC (SASIC)

- PROM
- PLD
- EPLD
- FPGA

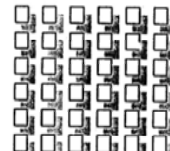
### 2.3 Standardna ASIC (SASIC)



SPLD



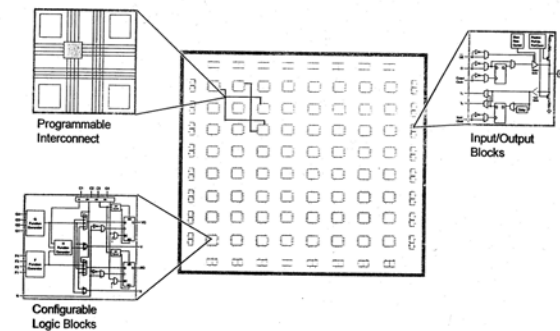
CPLD



FPGA

### 2.3 Standardna ASIC (SASIC)

#### FPGA Architecture



## I. Uvod

### Sadržaj:

1. Osnovni pojmovi
2. Stilovi projektovanja
- 3. Izbor stila projektovanja**
4. Automatizacija projektovanja

## 3. Izbor stila projektovanja

### Koji stil projektovanja izabrati?

- Standardna integrisana kola (IC)**
- Integrisana kola specifične namene (ASIC)**
- Standardna ASIC (SASIC)**

## 3. Izbor stila projektovanja

### Osobine standardnih integrisanih kola:

- ✓ **Poznata funkcija na osnovu oznake**
- ✓ **Relativno jeftina**
- ✓ **Broj lemnih tačaka veliki**

## 3. 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**

### 3. 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

### 3. Izbor stila projektovanja

#### Osobine uređaja zasnovanih na ASIC:

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

### 3. Izbor stila projektovanja

#### Osobine SASIC:

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

### 3. Izbor stila projektovanja

#### Osobine uređaja zasnovanih na SASIC:

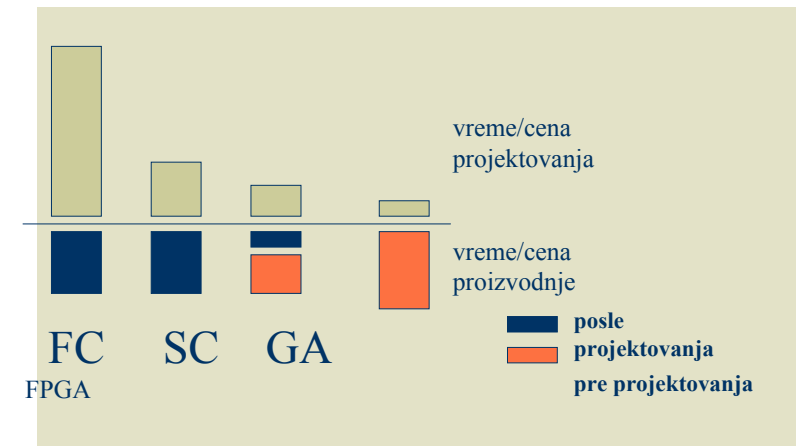
- + Teško se kopiraju
- + Isplativa za vrlo male serije
- + Brza izrada prototipa
- Broj lemnih tačaka veliki – pouzdanost manja od ASIC
- Dimenzije štampe veće nego kod ASIC

### 3. Izbor stila projektovanja

#### Koji ASIC?

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

### 3. Izbor stila projektovanja



### 3. Izbor stila projektovanja

$$C = \frac{C_D}{N} + \frac{C_P}{y \times n}$$

C - cena uređaja

N – ukupna serija

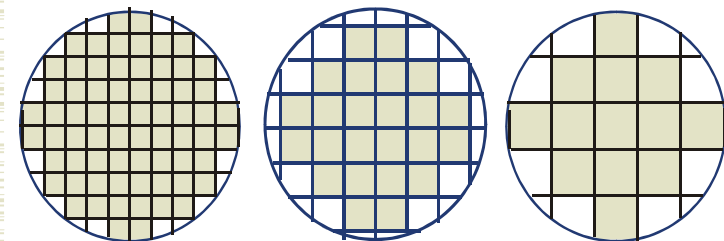
C<sub>D</sub>- cena projektovanja

y - prinos

C<sub>P</sub>- cena proizvodnje lotu

n - broj čipova u lotu

### 3. Izbor stila projektovanja

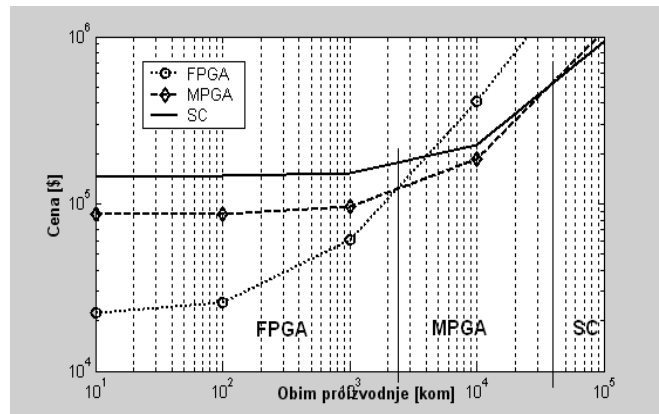


potpuno projektovanje po narudžbini

ASIC

SASIC

### 3. Izbor stila projektovanja

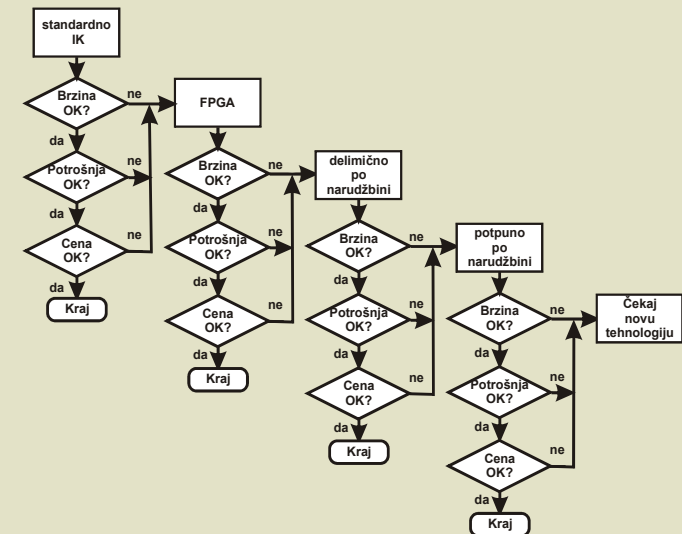


LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation  
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>



89

### 3. Izbor stila projektovanja



### Zaključak

	Standardna IC	ASIC	SASIC
Optimalna cena	Male serije	Prilagđena seriji	Male serije
Poslovna tajna	Nije zaštićena	Zaštićena	Zaštićena
Pouzdanost	Mala	Velika	Manja od ASIC
Postoji navika	Da	Ne	Raste
Zahtev za novim alatima	Ne	Da	Da
Vreme izlaska na tržište	Kratko	Dugo	Kratko

<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>



91

### Zaključak

Optimalni izbor zavisi od:

- **Ekonomske isplativosti**
- **Namene**
- **Raspoložive tehnologije**

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



92

## Zaključak

Optimalni izbor zavisi od:

- **Ekonomska isplativost**
  - za velike serije i male dimenzije – FC
  - za srednji obim proizvodnje – SC, GA
  - za male serije i prototipove - FPGA

## Zaključak

Optimalni izbor zavisi od:

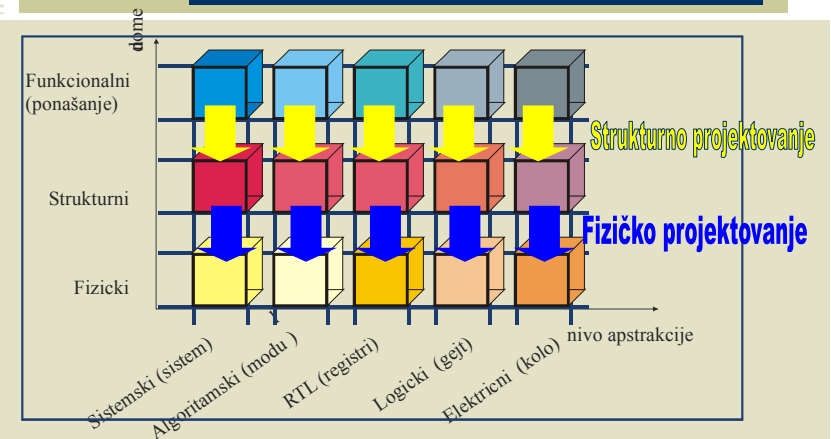
- **Namene**
  - ako su dimenzije, pouzdanost i sl. ključni faktor – FC
- **Raspoložive tehnologije**
  - džabe projektujemo ako ne možemo da proizvedemo

## I. Uvod

Sadržaj:

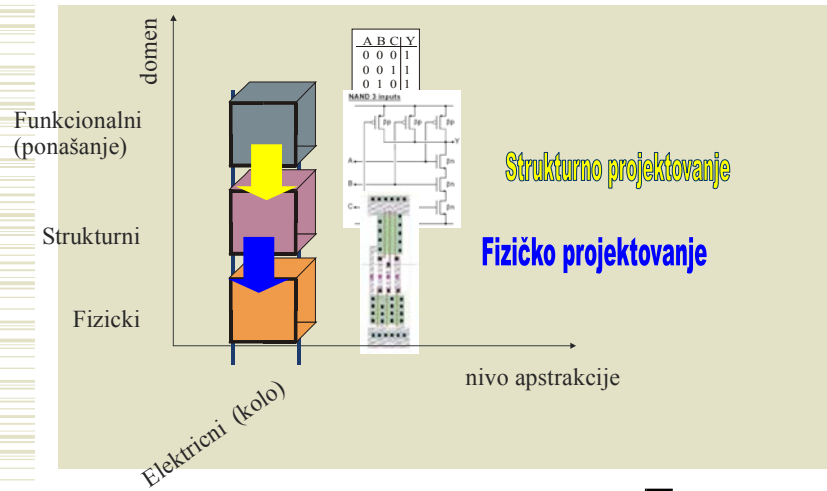
1. Osnovni pojmovi
2. Stilovi projektovanja
3. Izbor stila projektovanja
4. **Automatizacija projektovanja**

## 4. Automatizacija projektovanja





## 4. Automatizacija projektovanja

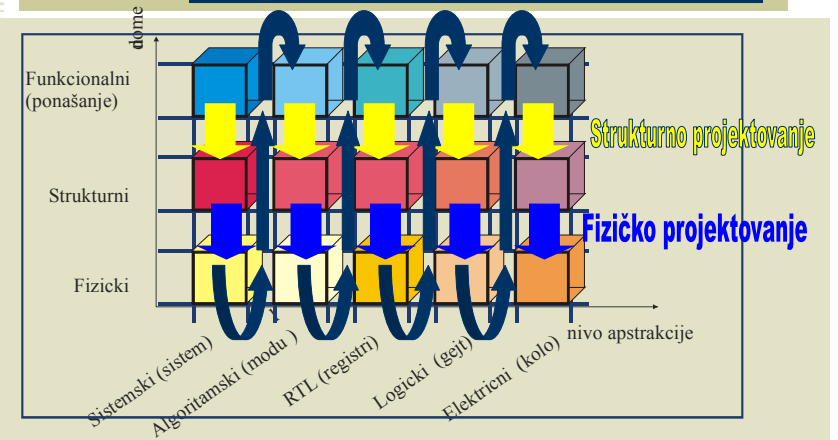


LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation  
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>



97

## 4. Automatizacija projektovanja

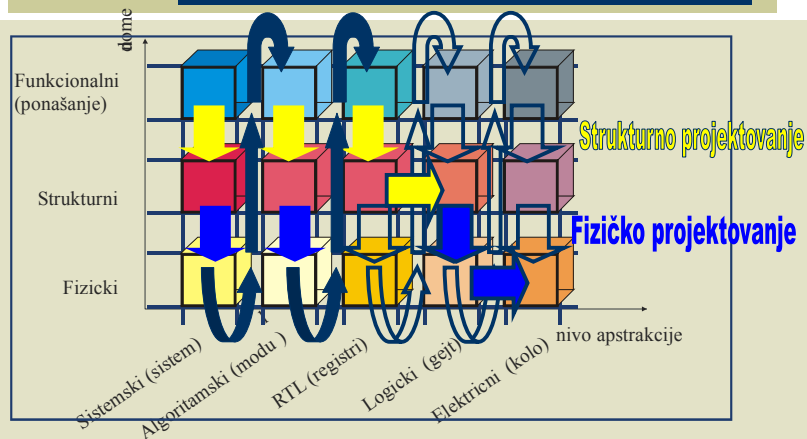


LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation  
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>



98

## 4. Automatizacija projektovanja

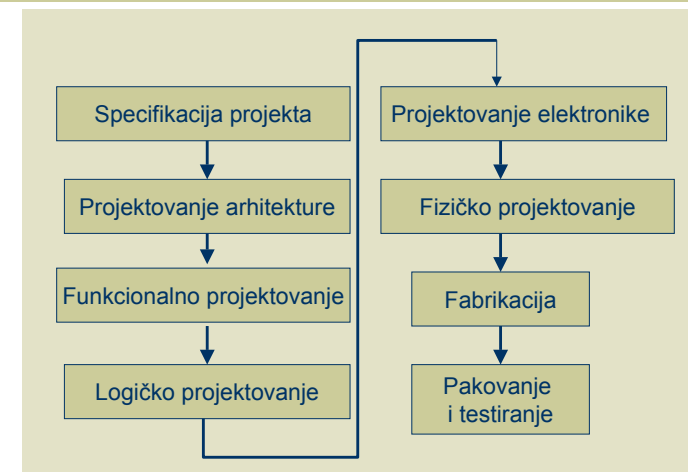


LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation  
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>



99

## 4. Automatizacija projektovanja

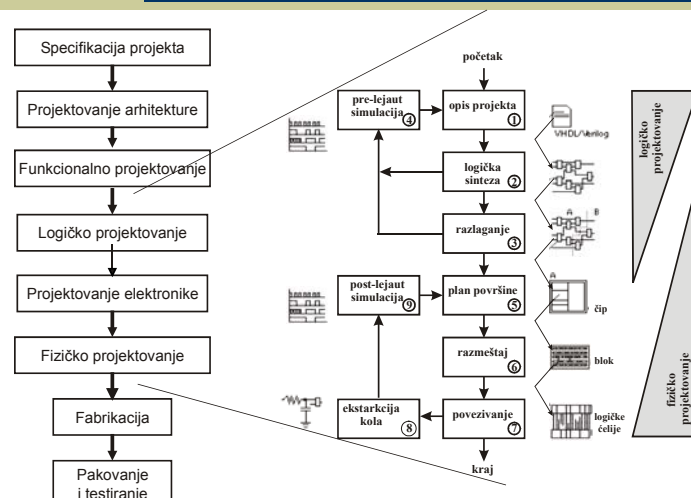


LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation  
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>



100

## 4. Automatizacija projektovanja

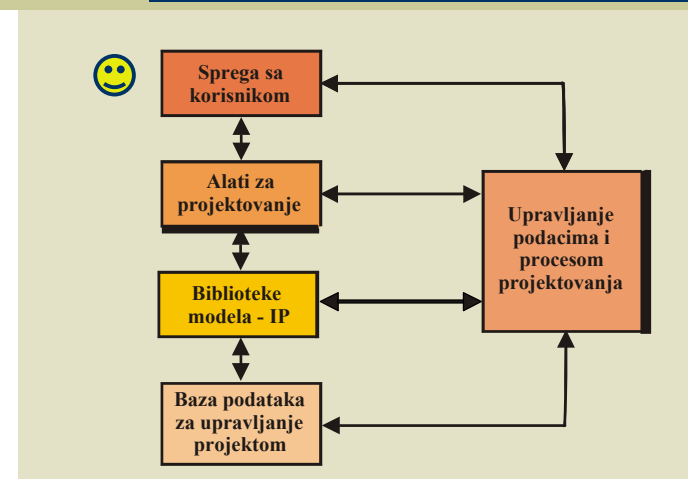


LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation  
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>



101

## 4. Automatizacija projektovanja



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



102

## 4. Automatizacija projektovanja

**Alati za projektovanje**  
**Povezuju korisnika sa bazama podataka i omogućavaju upravljanje projektom**

<b>Cadence</b>	<b>Synopsis</b>
<b>Mentor Graphics</b>	<b>Tanner</b>
<b>Alliance</b>	<b>Magic</b>

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



103

## 4. Automatizacija projektovanja

**Sprega sa korisnikom – veza između mašine i projektanta**



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



104

#### 4. Automatizacija projektovanja

##### Biblioteke – baze podataka

- Podaci o svakoj ćeliji (INV, OR2, AND2, ...)
- Podaci o različitim tehnologijama (CMOS035, CMOS018, ...)
- Podaci o svakom nivou opisa modela
  - Funkcionalni,
  - Logički,
  - Električni,
  - Fizički

#### 4. Automatizacija projektovanja

##### Baze podataka za upravljanje projektom

- Podaci o svakom stilu projektovanja i svakom proizvođaču
  - Standardne ćelije (AMIS, AMS,...)
  - FPGA (Xilinx, Altera,...)
- Podaci o svakom projektu koji je u toku
  - PROJEKAT1 (Podprojekt 1.1,...)
  - PROJEKAT2 (Podprojekt 2.1,...)

#### 4. Automatizacija projektovanja

##### Upravljanje podacima i procesom projektovanja

- Upravljanje celim centrom za projektovanje
  - alatima, tehnologijama, bazama,
  - Pomoć u izboru stila projektovanja
  - Praćenje svakog projekta i koordinacija
  - Mere za ocenu uspešnosti
- Upravljanje pojedinačnim projektom
  - Zavisí od stila projektovanja
    - ✓ Svaki stil ima svoju metodologiju
  - Zaštita od uticaja drugih stilova, tehnologija...

#### Primer

