



Laboratorij za načrtovanje integriranih vezij

Univerza *v Ljubljani*
Fakulteta *za elektrotehniko*



1. stopnja UNI, 2. letnik

Digitalni Elektronski Sistemi

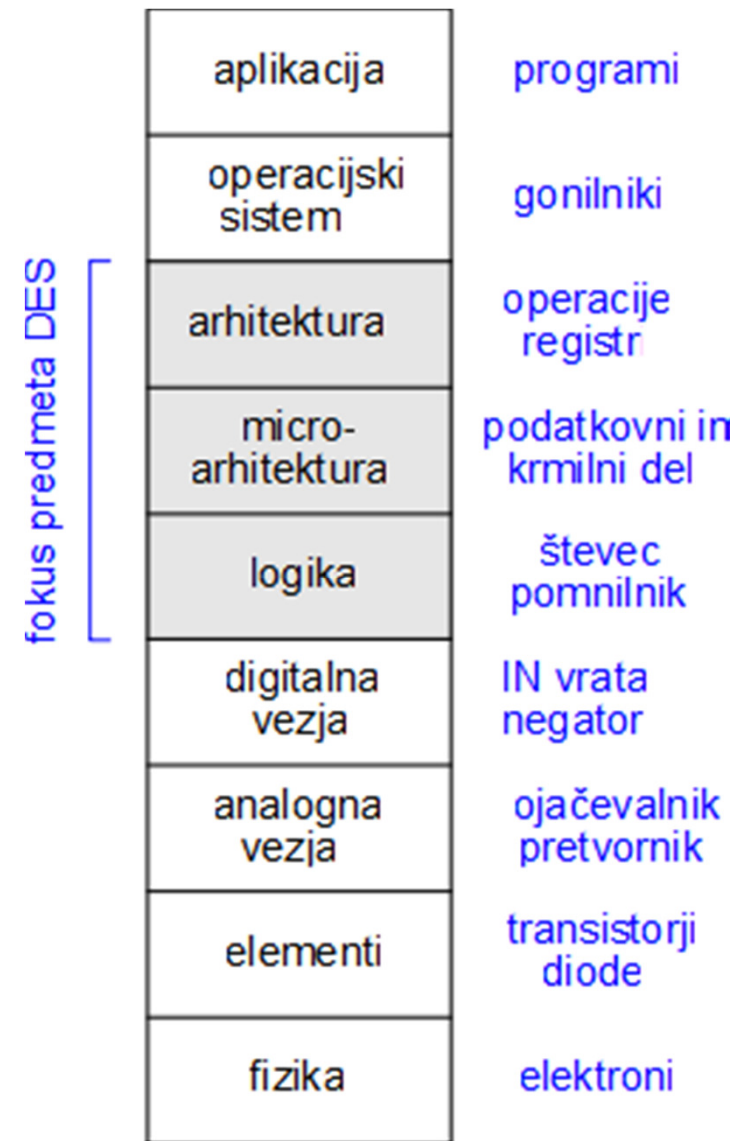
Andrej Trost

Literatura: A. Trost: Načrtovanje digitalnih vezij v jeziku VHDL, FE 2011

Spletna stran: <http://lniv.fe.uni-lj.si/des.html>

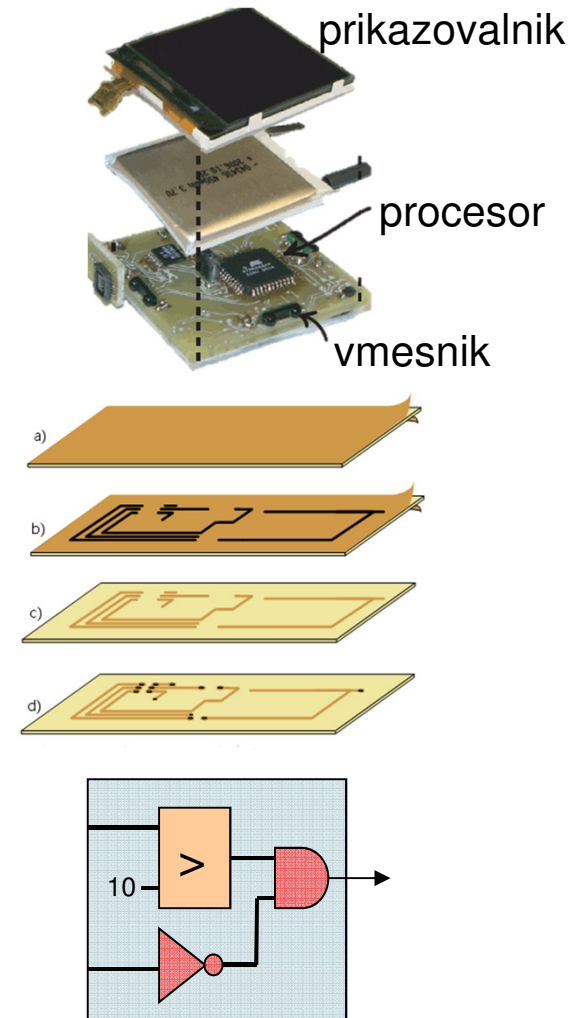
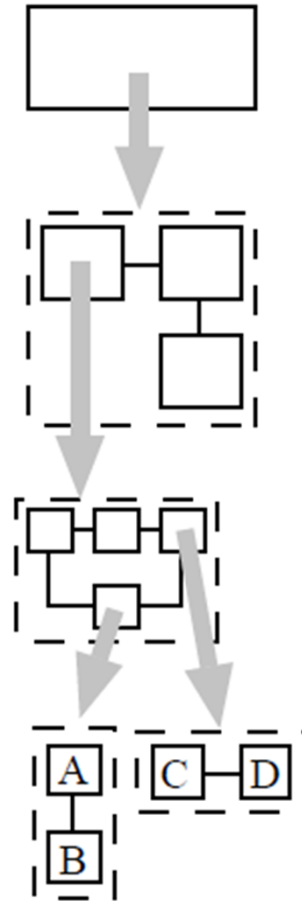
Vsebina predmeta Digitalni elekt. sistemi

- ▶ Kaj je v elektronskih napravah ?
 - ▶ procesorji in vmesniki
- ▶ Postopki načrtovanja (zasnove)
 - ▶ ocenjevanje načrta, metrike
 - ▶ RTL opis v jeziku VHDL
- ▶ Uporaba 3 ključnih tehnologij
 - ▶ tehnike načrtovanja
 - ▶ tehnološke izvedbe (int. vezja)
 - ▶ procesorji



Digitalni elektronski sistemi

- ▶ Digitalni sistem
- ▶ podsistemi (moduli)
 - ▶ mikroprocesor, aplikacija
 - ▶ komunikacijski vmesniki
- ▶ elektronsko vezje
 - ▶ tiskano vezje
- ▶ digitalne strukture
 - ▶ logična vrata
 - ▶ integrirana vezja



Digitalni elektronski sistemi

Kaj je v elektronskih napravah ?

- ▶ “informacijske naprave”
- ▶ digitalna vezja in procesorji
- ▶ vmesniki

Značilnosti sodobnih el. naprav ?

- ▶ nezahtevne za uporabo
 - ▶ enostaven, intuitiven vmesnik
- ▶ porazdeljene in povezane
 - ▶ več kot 50 v sodobnem vozilu
 - ▶ interakcija
- ▶ osebne in prenosne naprave



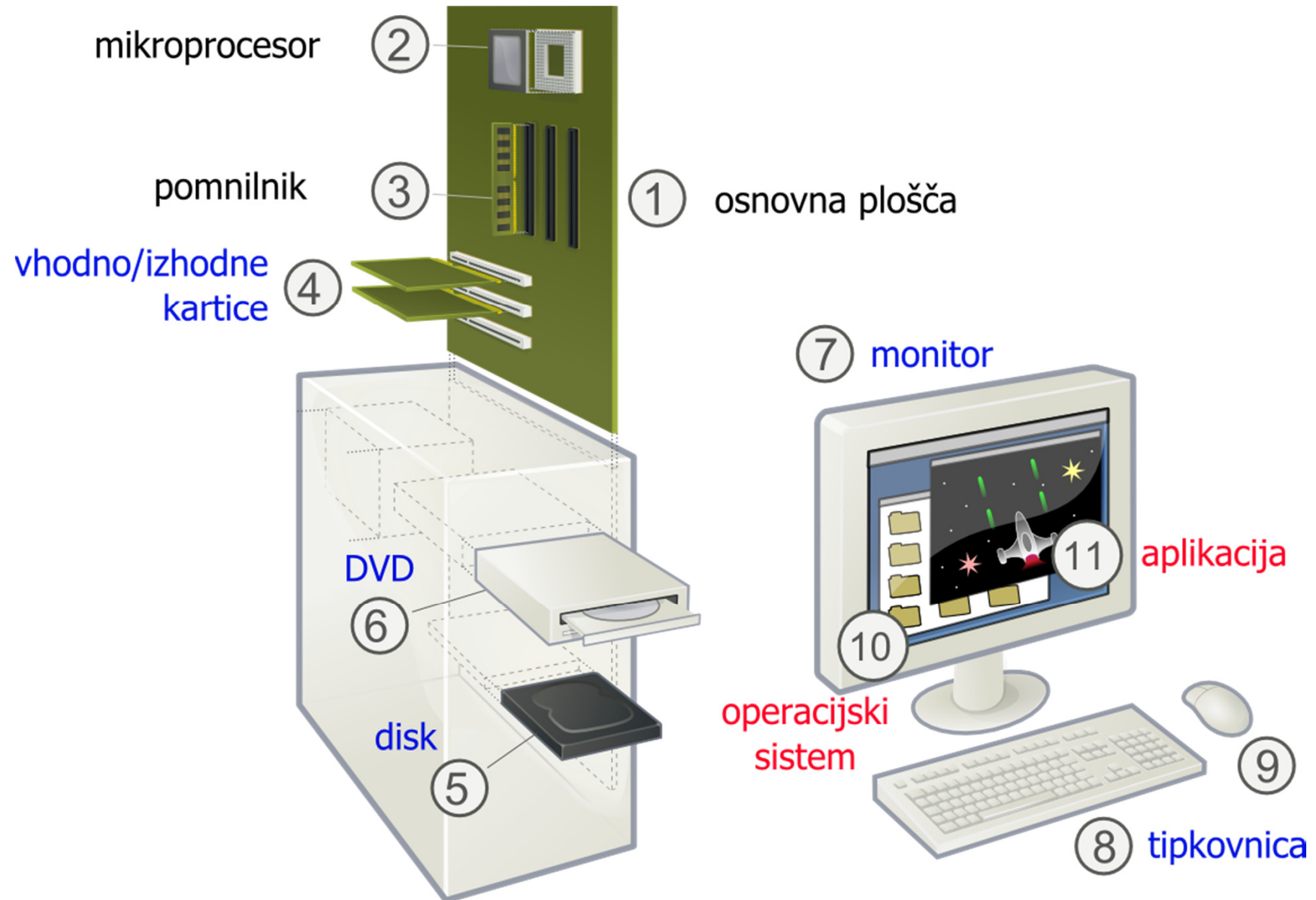
info tabla



pametna
kamera



Digitalni sistem: osebni računalnik



Računalnik na enem tiskanem vezju

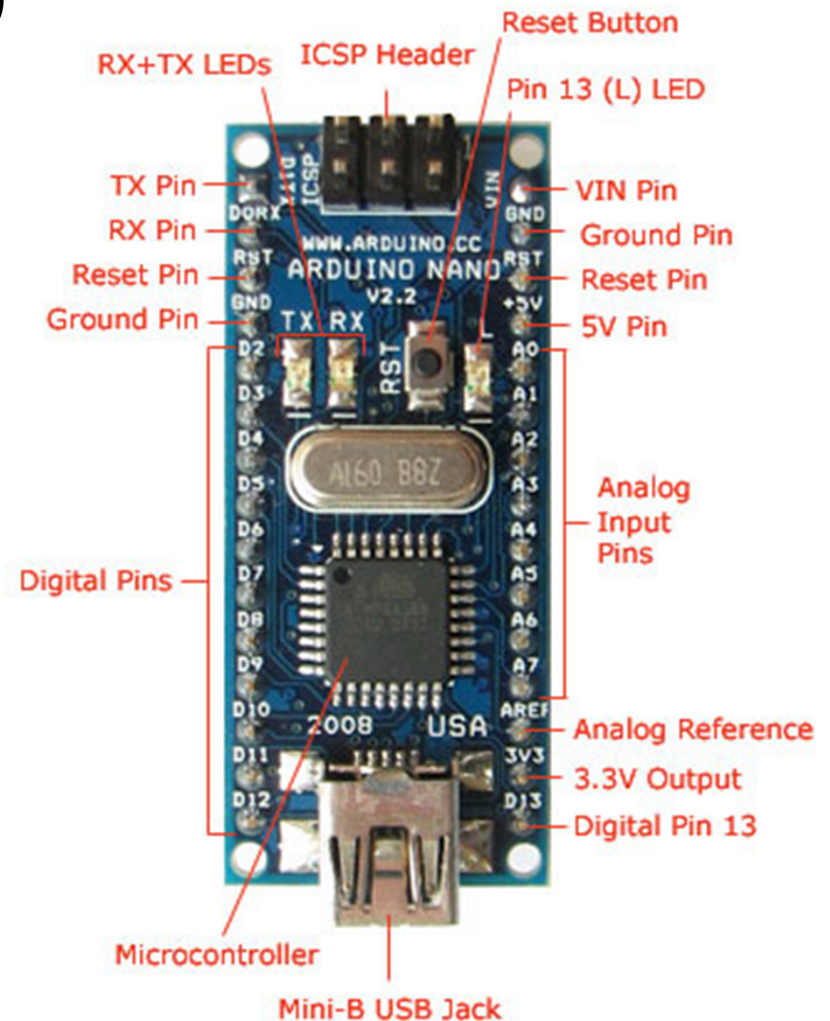
- ▶ Single Board Computer
 - ▶ mikroprocesor, pomnilnik in FLASH disk
 - ▶ vhodno / izhodne enote: USB, Ethernet, RS232
 - ▶ prilagojen operacijski sistem in aplikacije



Računalnik na integriranem vezju (čipu)

► mikrokontrolnik (Microcontroller)

- mikroprocesor,
- pomnilnik (RAM in FLASH) in
- vhodno / izhodne enote na čipu.
- Enostaven operacijski sistem ali ena aplikacija brez OS



Vgrajeni sistemi (Embedded System)

- ▶ Definicija vgrajenega sistema (IEEE 1992)

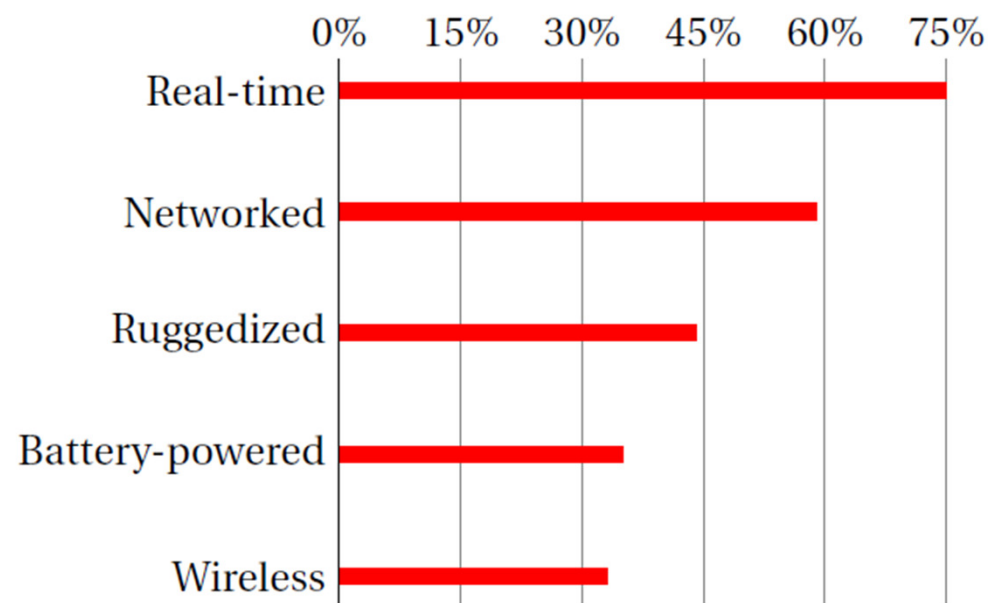
„A computer system that is part of a larger system and performs some of the requirements of that system.“

- ▶ računalniški (digitalni) sistem vgrajen v elektronsko napravo
- ▶ skoraj vsi digitalni sistemi z izjemo splošno-namenskih računalnikov
- ▶ letno se proizvede milijone računalnikov in milijarde VS



Skupne značilnosti vgrajenih sistemov

- ▶ Izvajajo eno nalogo
 - ▶ ponavljajo program
- ▶ Dobro omejeni
 - ▶ nizka cena, poraba, prostor
- ▶ Reaktivni
 - ▶ takoj reagirajo na spremembe v okolici
 - ▶ Izvršijo operacije v realnem času

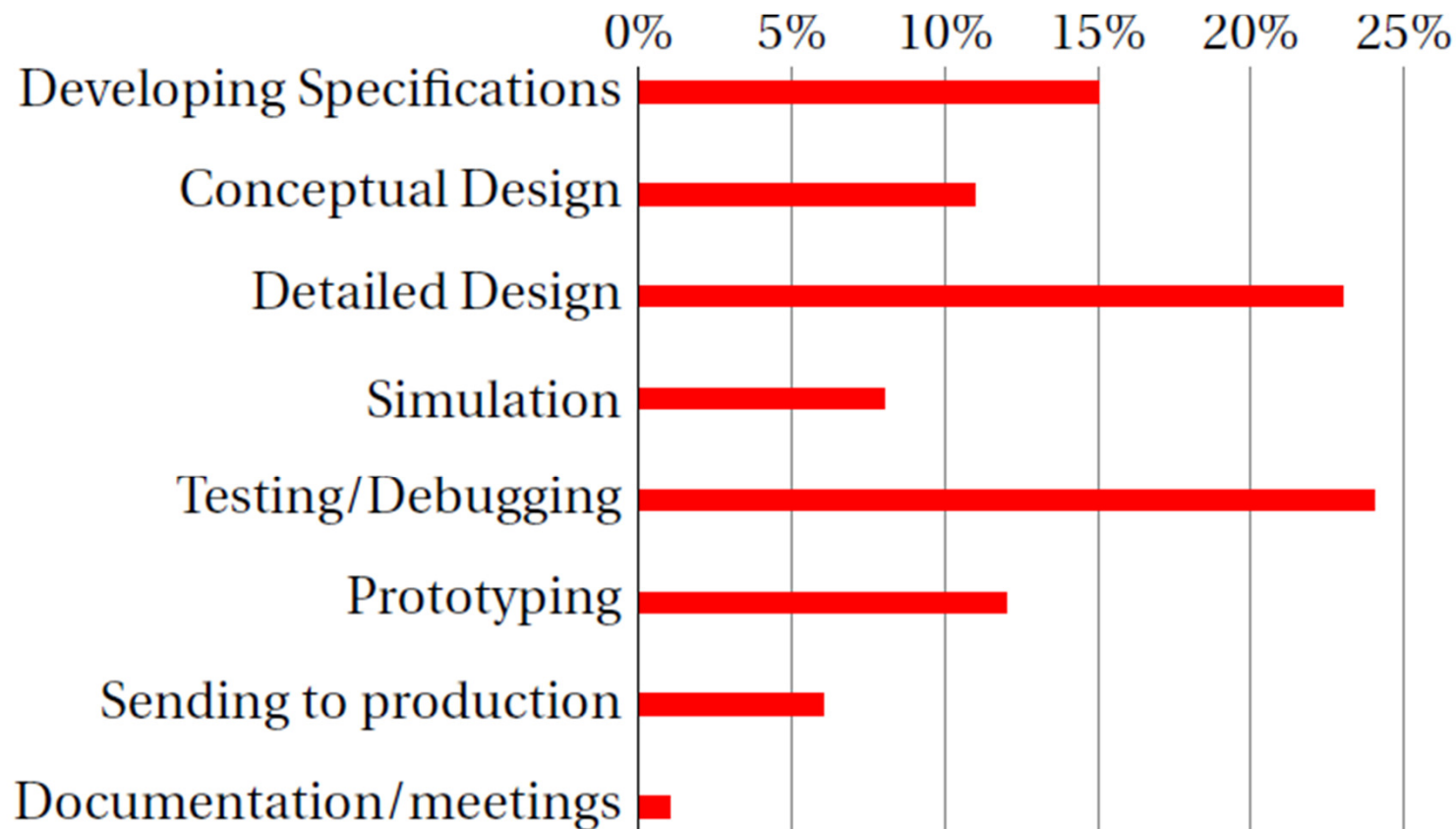


Source: 2009 Embedded Market Study

- 60 % vsebuje več različnih integriranih vezij
- 45% vsebuje programirljivo vezje (FPGA)

Načrtovanje vgrajenih naprav

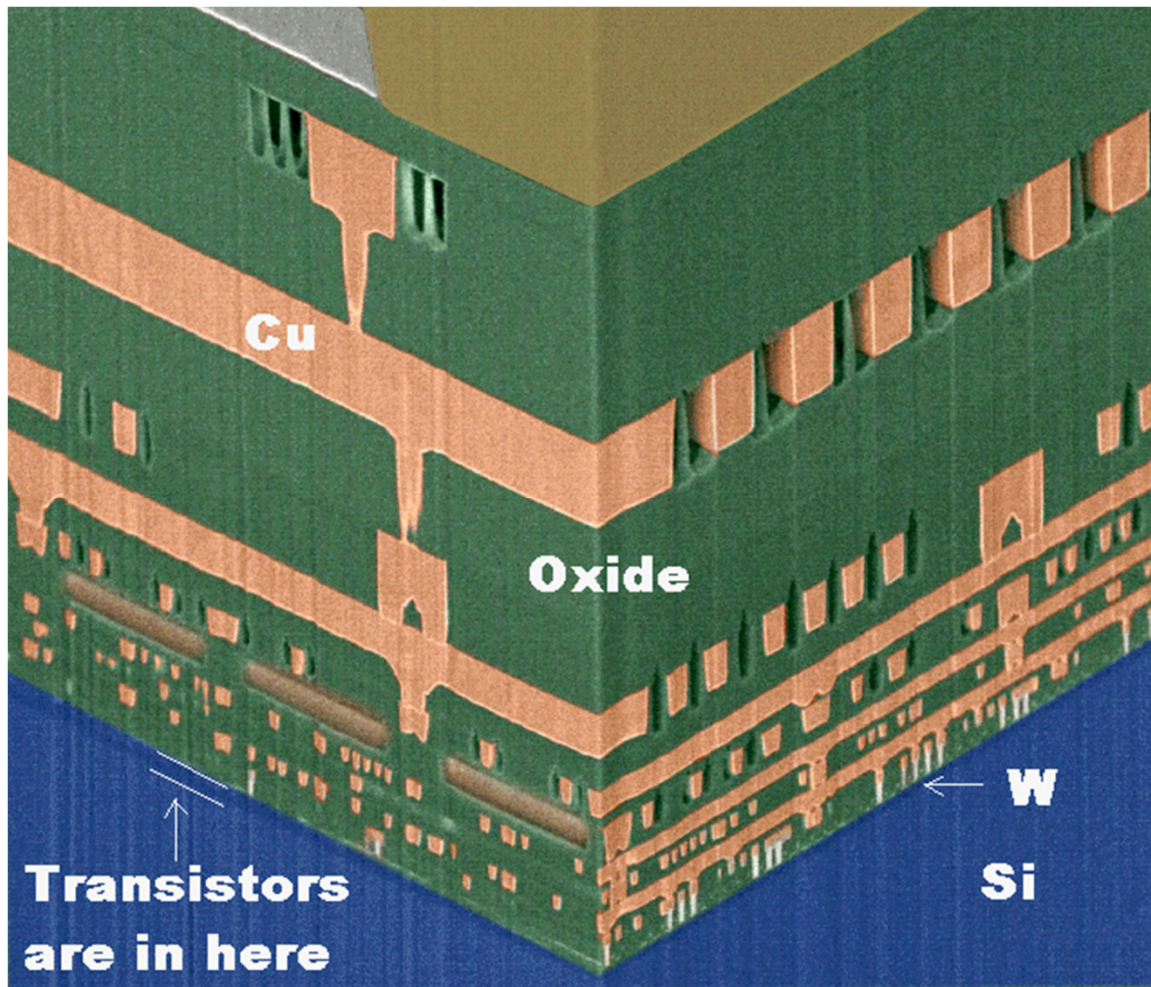
► poraba časa za posamezne korake



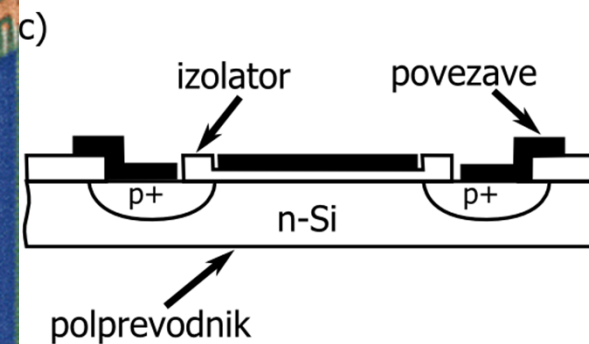
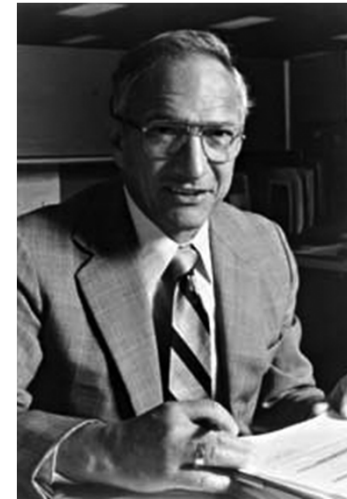
Source: 2009 Embedded Market Study



Razvoj: Robert Noyce in integrirana vezja



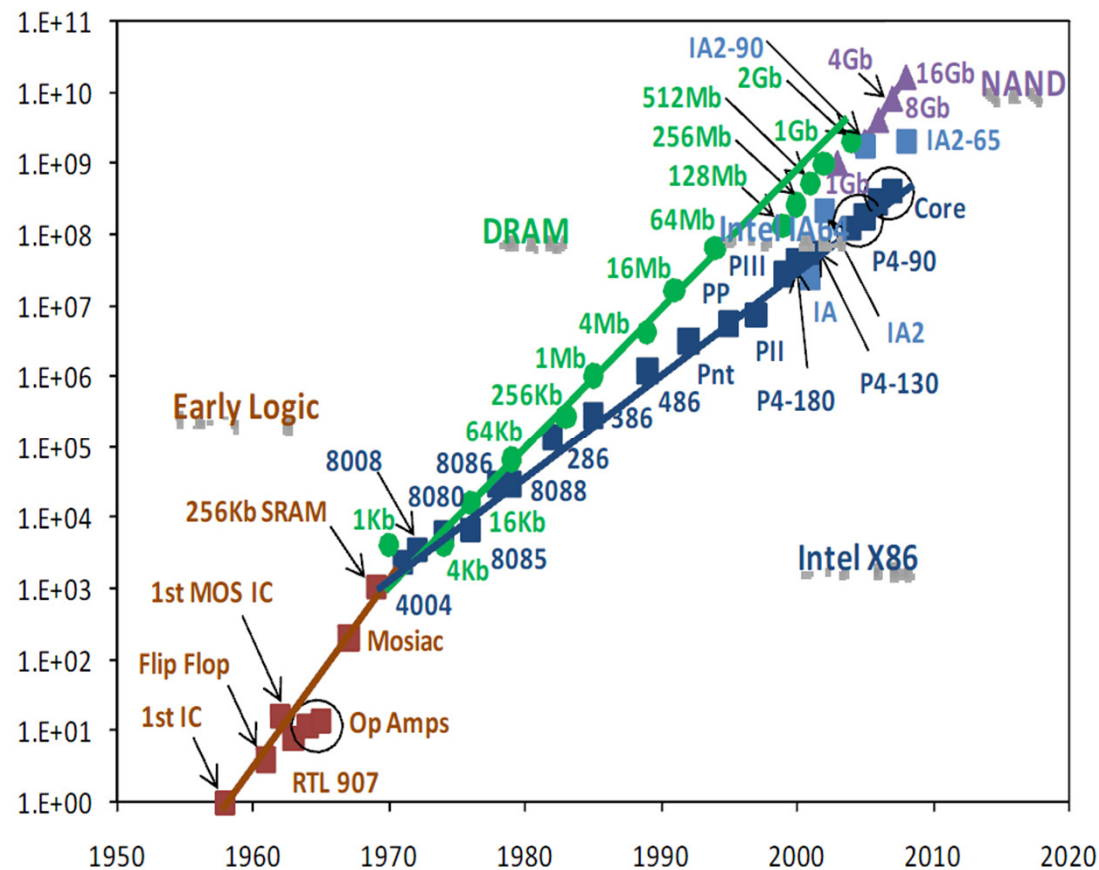
onsko
no vezje



Sodobno integrirano vezje v ohišju QFP (a) in BGA (b), prerez silicijeve rezine z vezjem (c)

Gonilo razvoja: Moorov zakon

- ▶ Gordon Moore in R. Noyce ustanovila Intel 1968
- ▶ Moorov zakon: število transistorjev na integriranem vezju se podvoji vsako leto (od leta 1975)



- ▶ Def: integrirano vezje, ki izvaja vse ali večino funkcij celotnega elektronskega sistema
- ▶ Za sisteme je značilna kompleksnost vezja
 - ▶ komponente so lahko zelo velika vezja (npr. RAM), vendar imajo enostavno strukturo
- ▶ Sistem lahko vsebuje analogne komp., vendar je večina sistema digitalno vezje
 - ▶ najbolj kompleksne funkcije lahko naredimo le z digitalnim vezjem

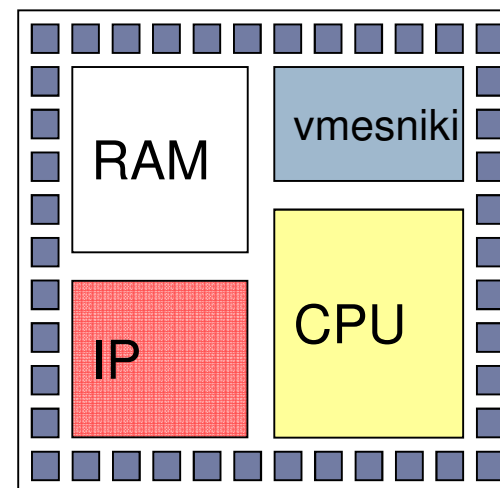
System-on-Chip

procesor (CPU)

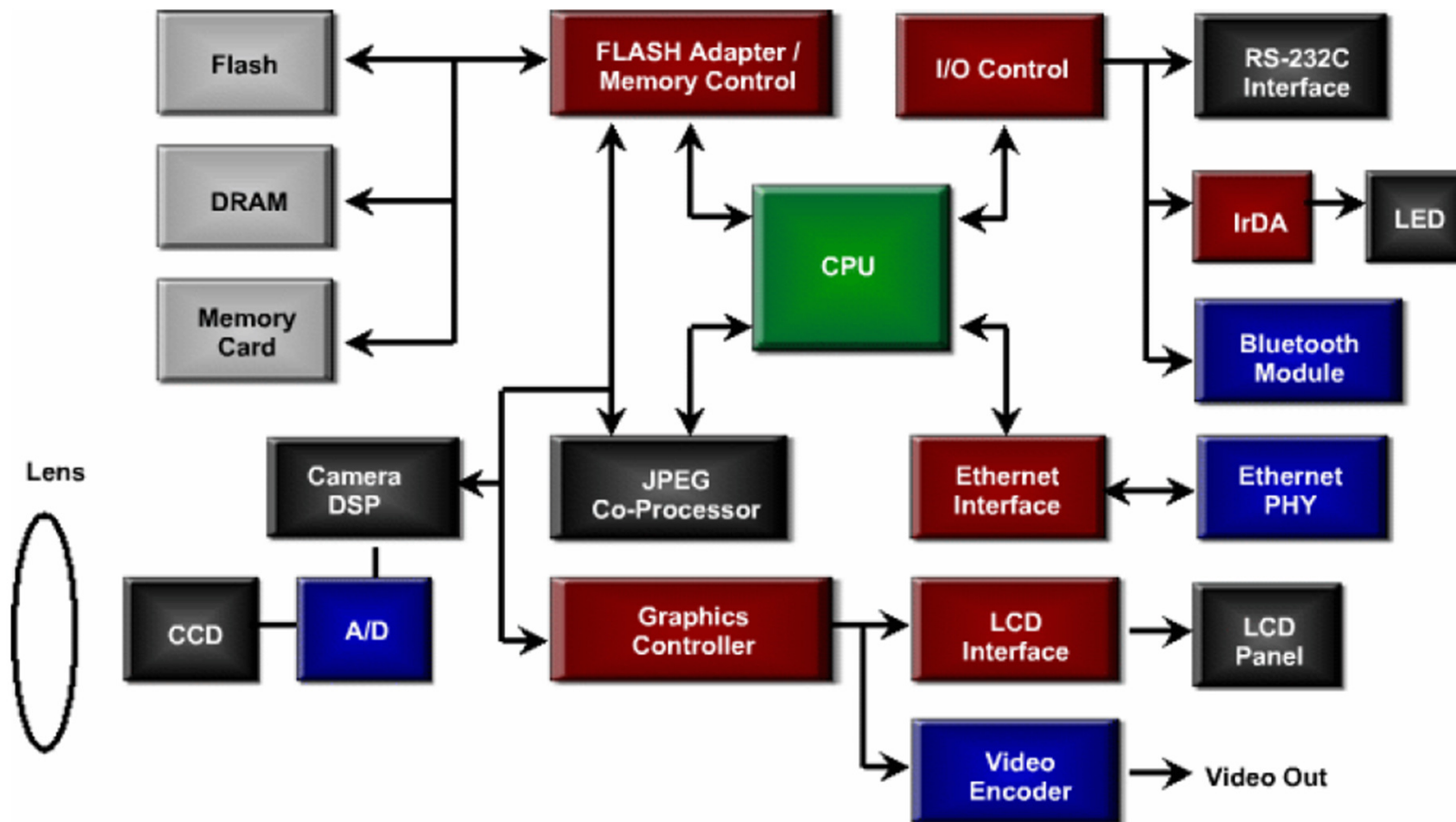
Pomnilnik (RAM, flash)

Komunikacijski vmesnik

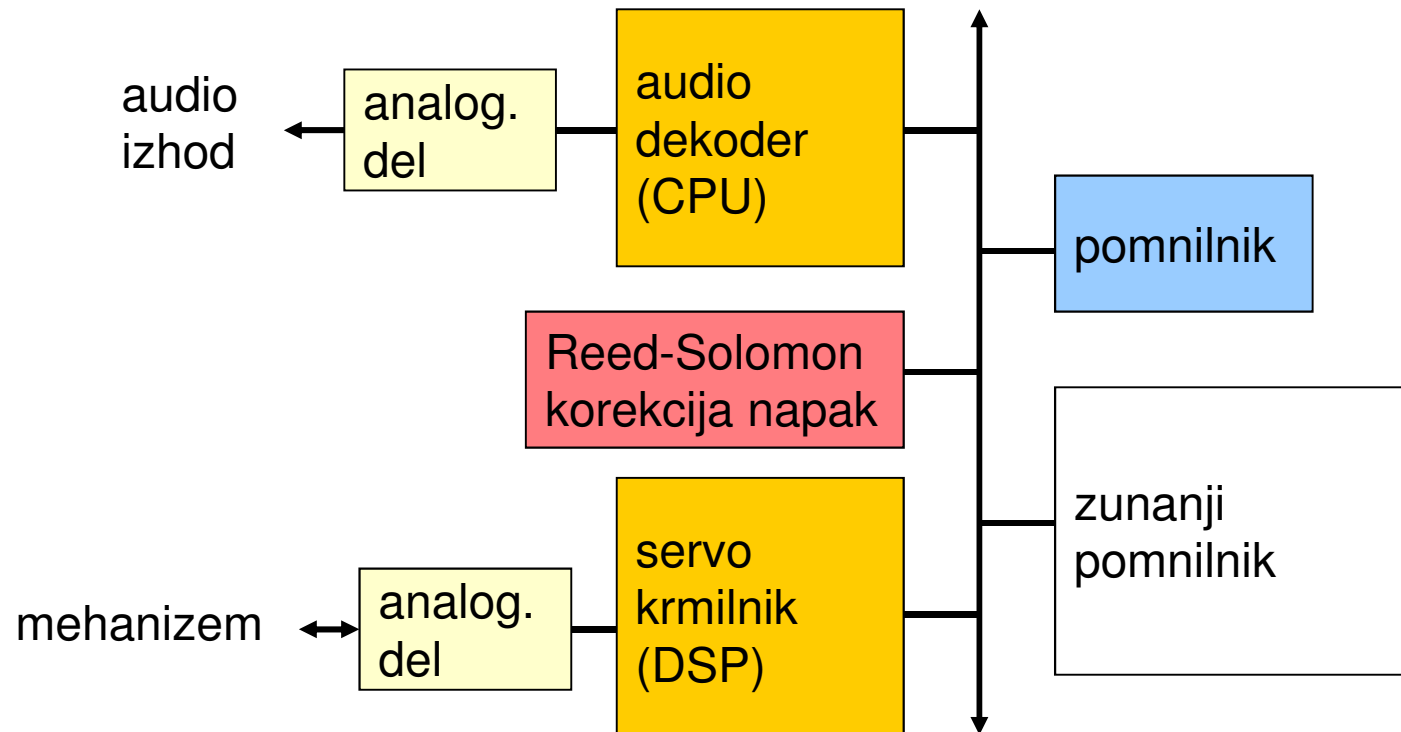
Namenska vezja (IP)



Primer 1: digitalna kamera



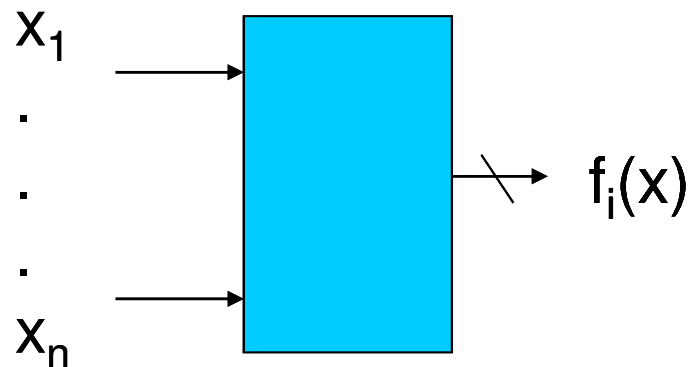
Primer 2: CD / mp3



Prednosti digitalne tehnike

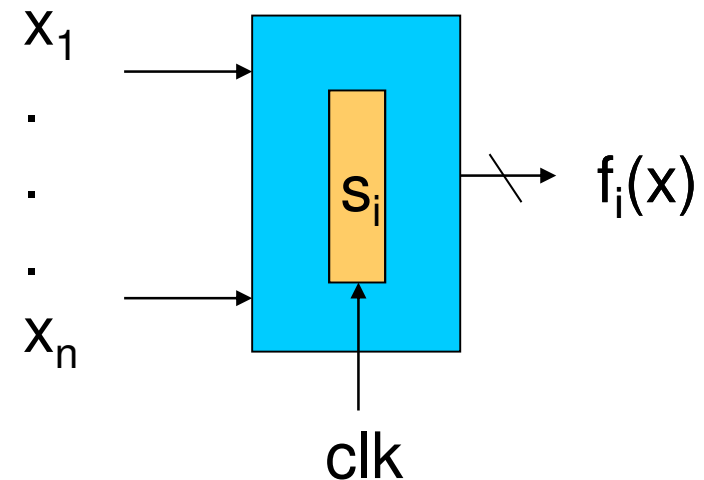
- ▶ Digitalni signal je neobčutljiv na motnje, ki jih poznamo iz analognih sistemov
- ▶ Digitalna vezja so učinkovita in ekonomična pri obdelavi signalov
- ▶ Nekateri algoritmi lahko naredimo le z digitalnim vezjem
 - ▶ npr. algoritmi za zgoščevanje signala, ki zmanjšajo zahteve pri shranjevanju in prenosu podatkov

Kombinacijska in sekvenčna vezja



Kombinacijsko vezje

$$y_i = f_i(x_1, \dots, x_n)$$



Sekvenčno vezje

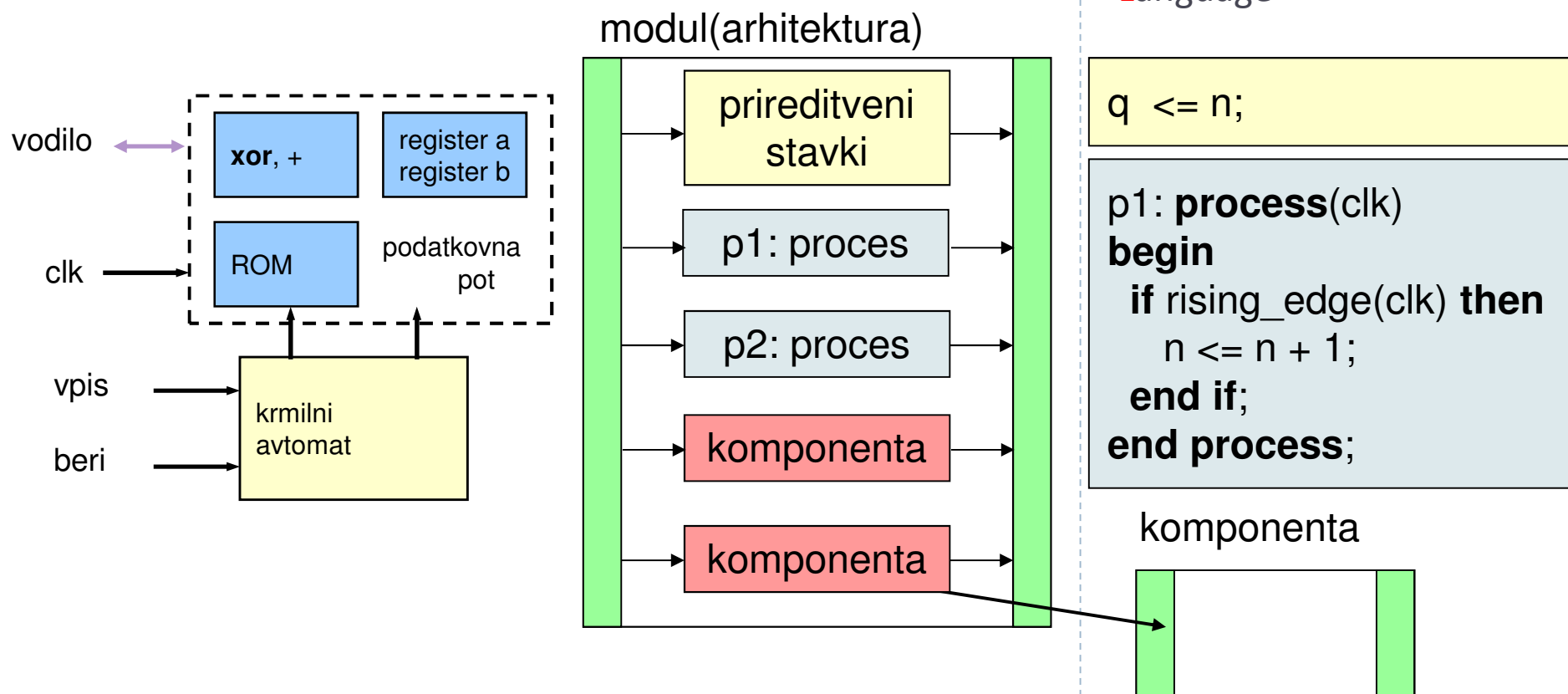
1. Pomnilni elementi
2. Časovni koraki (ura)

$$y_i^t = f_i(x_1^t, \dots, x_n^t, s_1^t, \dots, s_m^t)$$

$$S_i^{t+1} = g_i(x_1^t, \dots, x_n^t, s_1^t, \dots, s_m^t)$$

Načrtovanje digitalnih modulov

- ▶ **RTL**: delitev na krmilni in podatkovni del
- ▶ določitev zaporedja operacij (avtomat)
- ▶ opis gradnikov na podatkovni poti



VHDL

Very high-speed IC

Hardware

Description

Language