



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 2007
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



Motivacija

- ▶ Naprave z mikroelektronsko tehnologijo so korenito spremenile naše življenje

- ▶ nezahtevne
 - ▶ intuitiven vmesnik
- ▶ porazdeljene in povezane
 - ▶ interakcija
- ▶ prenosne



iPhone



Laser Keyboard



Nikon D300



GPS



Playstation 3

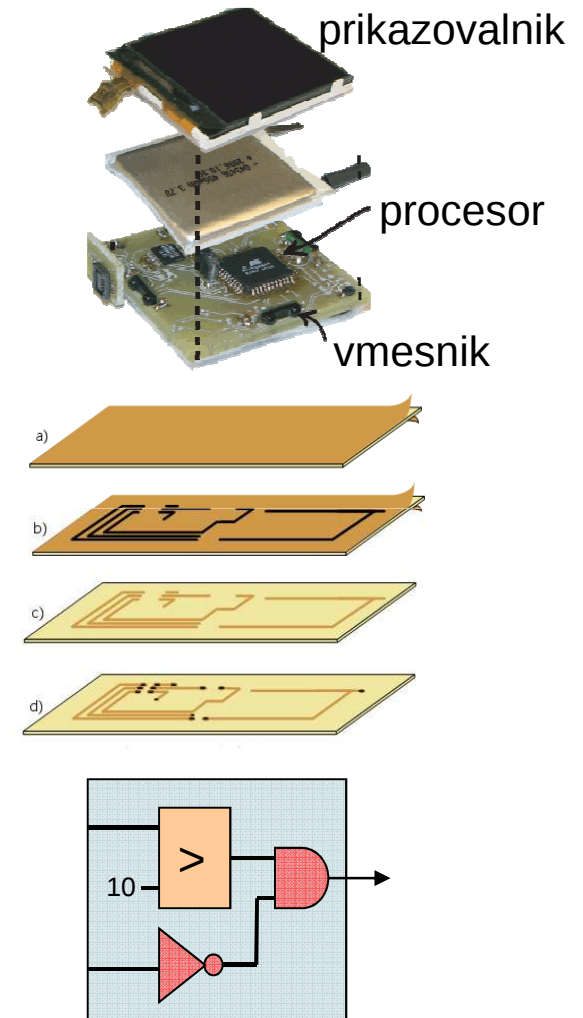
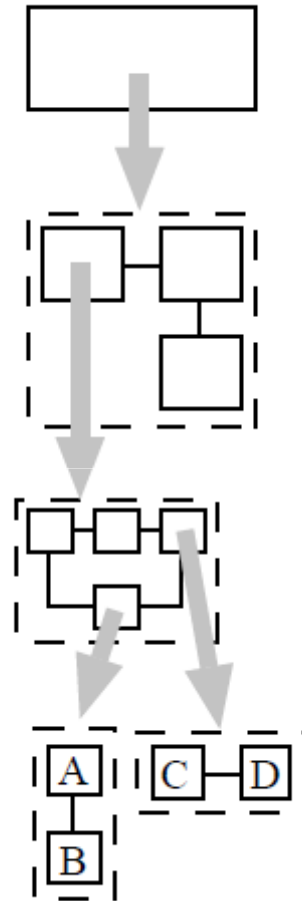


PC Keyboard



Zgradba digitalnih sistemov

- ▶ Digitalni sistem
- ▶ podsistemi (moduli)
 - ▶ procesor, program
 - ▶ kom. vmesniki
- ▶ elektronsko vezje
 - ▶ tiskano vezje
- ▶ digitalne strukture
 - ▶ logična vrata
 - ▶ integrirana vezja



Digitalni računalniški sistemi

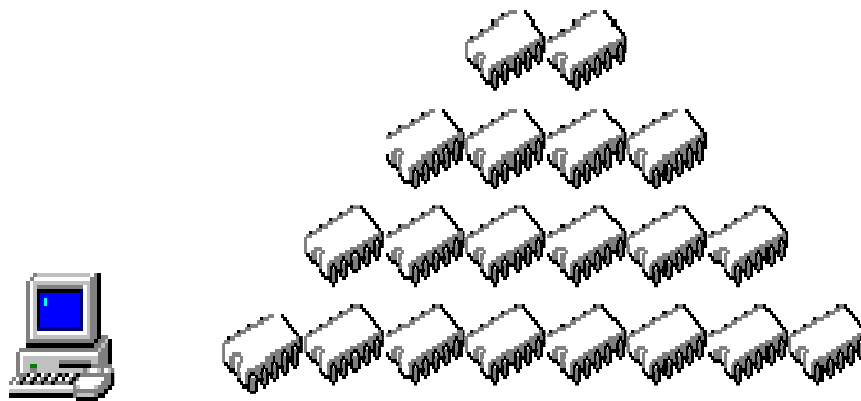
- ▶ Računalniški sistemi so privsotni vsepovsod
- ▶ Najbolj poznamo “namizne” računalnike
 - ▶ Osebni računalnik
 - ▶ Notesnik
 - ▶ Strežnik 
 - ▶ Nettop 
- ▶ Obstaja še ena vrsta digitalnih računalniških sistemov
 - ▶ ki je veliko bolj razširjena...

Vgrajeni sistemi (Embedded System)

- ▶ Definicija vgrajenega sistema (IEEE 1992)

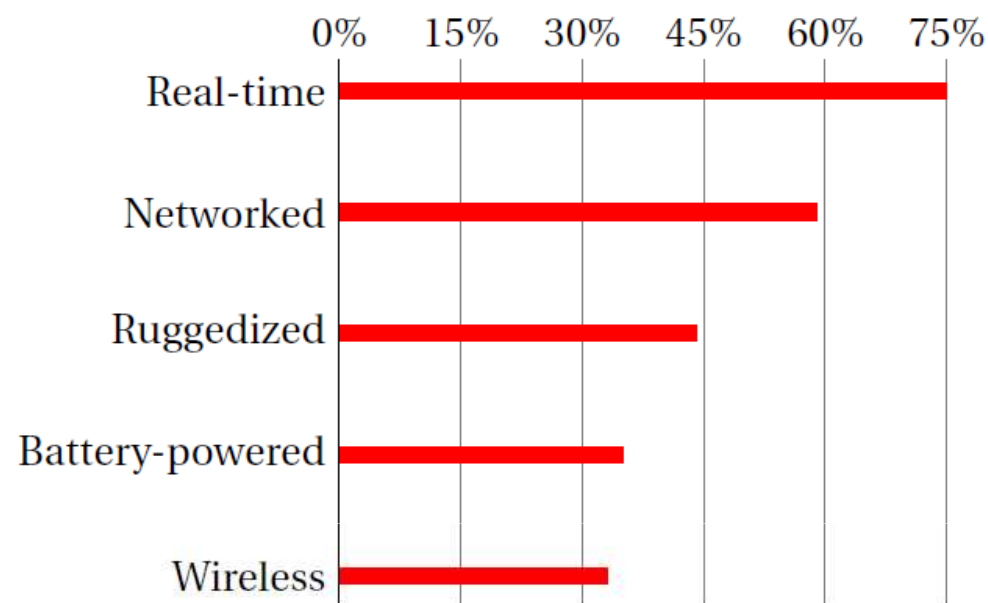
„A computer system that is part of a larger system and performs some of the requirements of that system.“

- ▶ Računalniški (digitalni) sistem vgrajen v elektronsko napravo
 - ▶ Skoraj vsi dig. sistemi z izjemo splošno-namenskih računalnikov
- ▶ Letno se proizvede milijone računalnikov in milijarde VS
- ▶ Ocena: 50 vgrajenih sistemov v gospodinjstvu in avtu



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

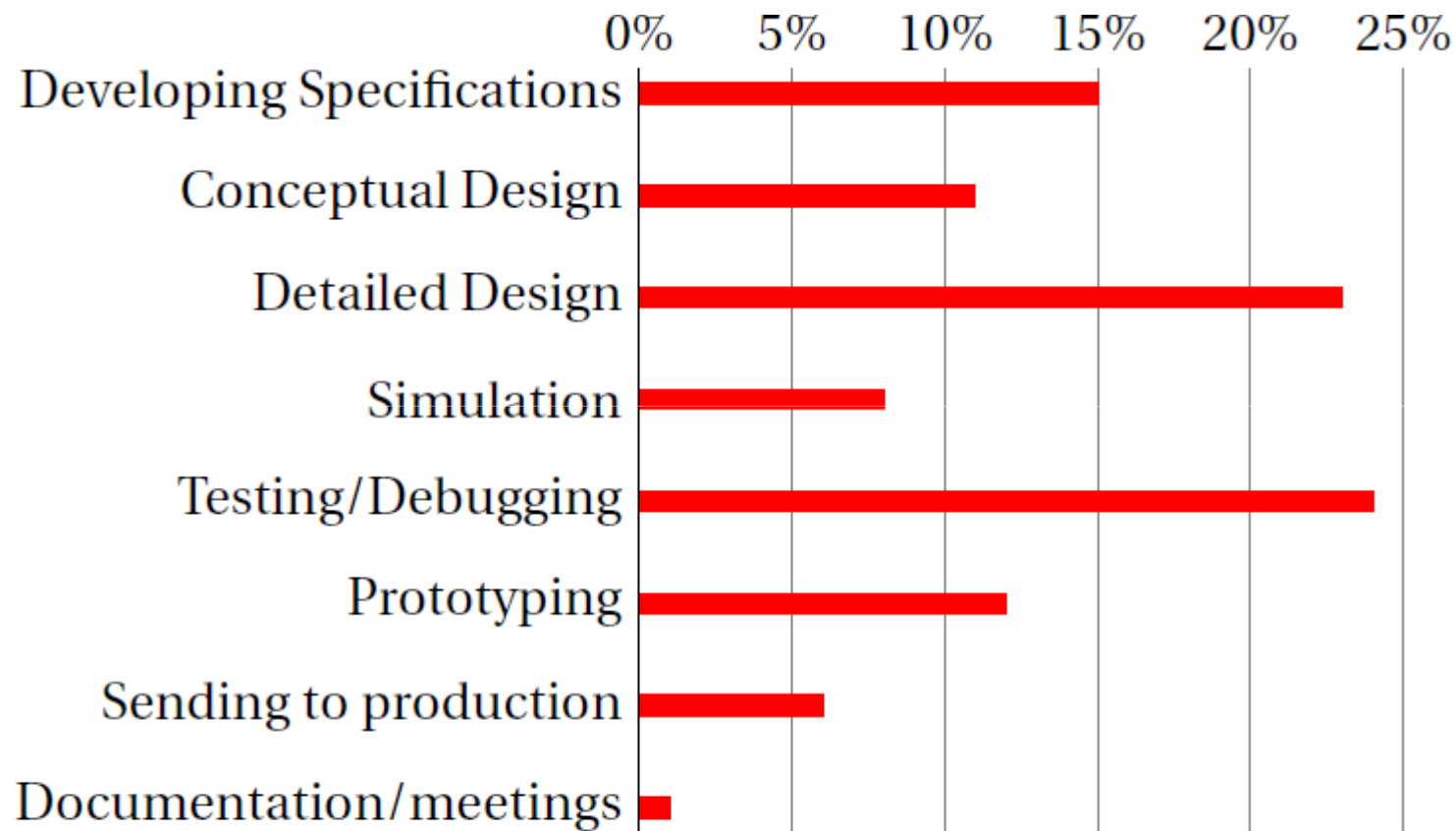


Source: 2009 Embedded Market Study

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

Načrtovanje vgrajenih naprav

► poraba časa za posamezne korake

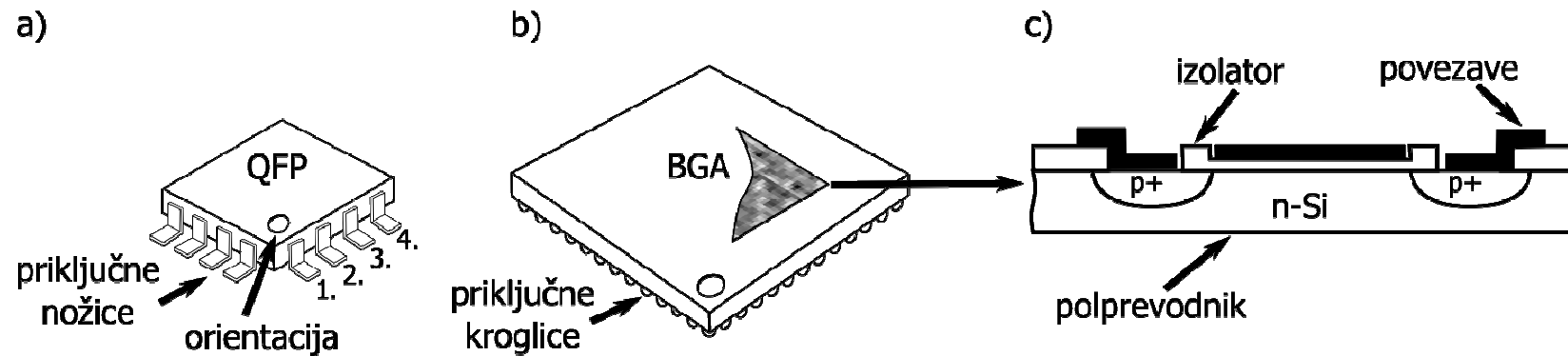
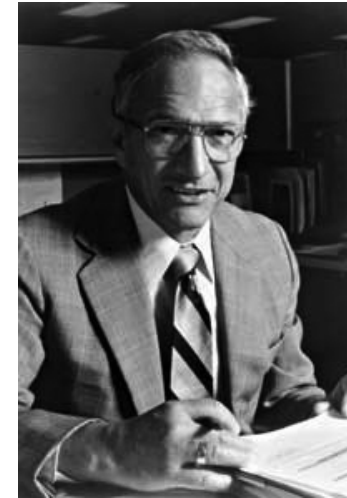


Source: 2009 Embedded Market Study



Razvoj: Robert Noyce in integrirana vezja

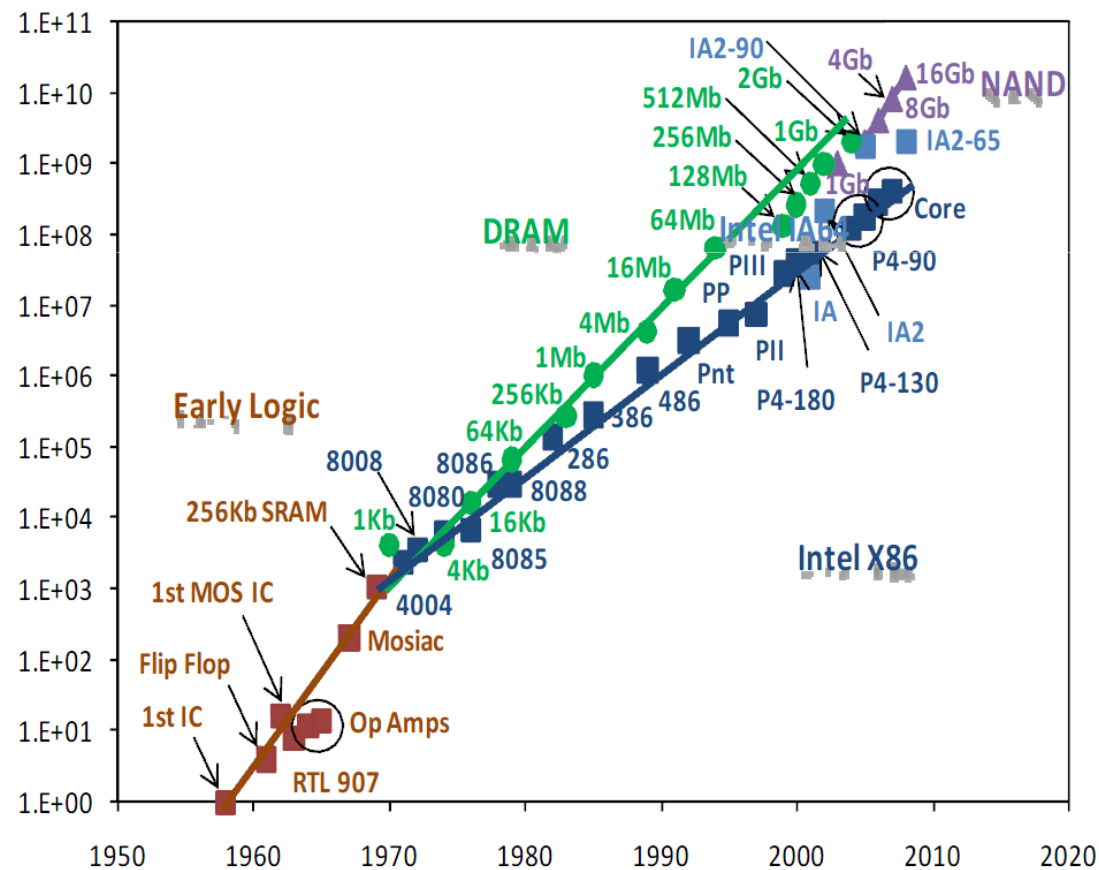
- ▶ J. Kilby in R. Noyce izumila mikroelektronsko vezje na rezini polprevodnika – integrirano vezje
- ▶ Fairchild Semiconductor 1957
- ▶ Soustanovitelj podjetja Intel



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

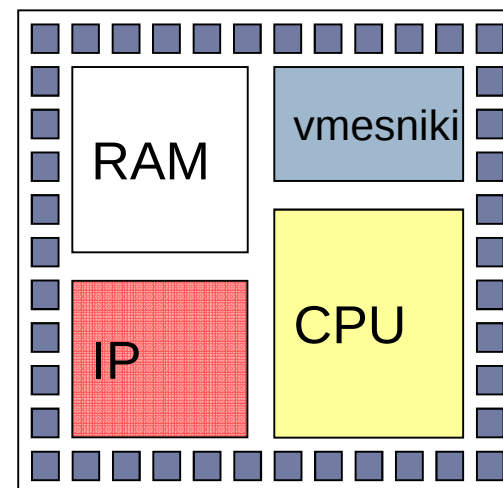
System-on-Chip

procesor (CPU)

Pomnilnik (RAM, flash)

Komunikacijski vmesnik

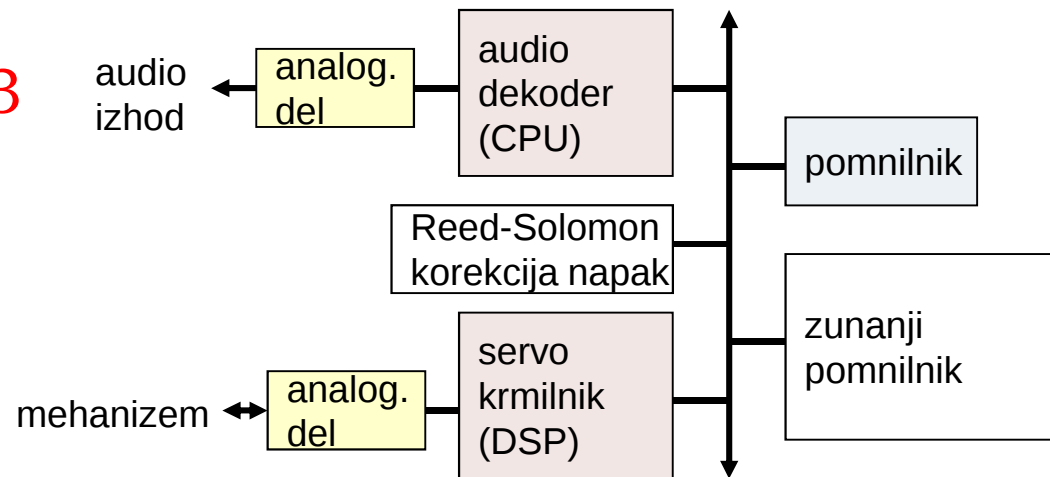
Namenska vezja (IP)



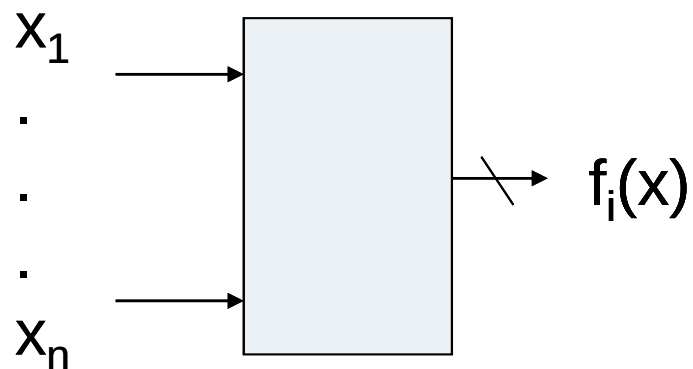
Prednosti digitalne tehnike

- ▶ 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

Primer: CD / mp3

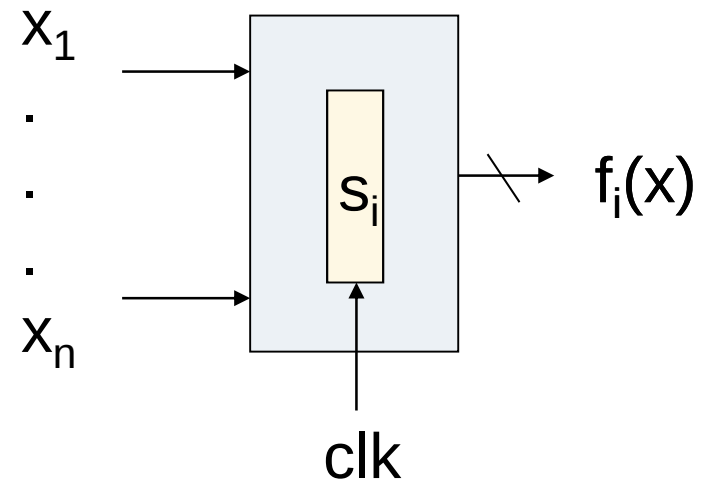


Kombinacijska in sekvenčna vezja



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

