

# Pendahuluan Sistem Digital

## Kuliah#1 TKC205 Sistem Digital

Eko Didik Widiyanto

Departemen Teknik Sistem Komputer, Universitas Diponegoro

- ▶ Pengantar perkuliahan
  - ▶ Standar kompetensi, Tata tertib, Rencana perkuliahan
- ▶ Pendahuluan sistem digital
  - ▶ Sistem digital dan representasi diskrit
  - ▶ Rangkaian terintegrasi digital
  - ▶ Metodologi desain sistem digital
- ▶ Link
  - ▶ Website: <http://didik.blog.undip.ac.id/2017/03/06/tkc205-sistem-digital-2016-genap/>
  - ▶ Email: [didik@undip.ac.id](mailto:didik@undip.ac.id)

## Pengantar Perkuliahan

Deskripsi Kuliah

Buku Acuan

Rencana Perkuliahan dan Kompetensi Dasar

Pendekatan dan Motivasi

## Pendahuluan Sistem Digital

Sistem Digital dan Representasi Diskrit

Konversi Analog ke Digital

Rangkaian Terintegrasi Digital

IC Digital

Metodologi Desain Sistem Digital

Penutup

## Creative Common Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

- ▶ Anda bebas:
  - ▶ untuk **Membagikan** — untuk menyalin, mendistribusikan, dan menyebarkan karya, dan
  - ▶ untuk **Remix** — untuk mengadaptasikan karya
- ▶ Di bawah persyaratan berikut:
  - ▶ **Atribusi** — Anda harus memberikan atribusi karya sesuai dengan cara-cara yang diminta oleh pembuat karya tersebut atau pihak yang mengeluarkan lisensi. Atribusi yang dimaksud adalah mencantumkan nama penulis dan judul buku.
  - ▶ **Pembagian Serupa** — Jika Anda mengubah, menambah, atau membuat karya lain menggunakan karya ini, Anda hanya boleh menyebarkan karya tersebut hanya dengan lisensi yang sama, serupa, atau kompatibel.
- ▶ Lihat: [Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 Unported License](#)
- ▶ URL: <http://eprints.undip.ac.id/44989/>

## Pengantar Perkuliahan

### Deskripsi Kuliah

Buku Acuan

Rencana Perkuliahan dan Kompetensi Dasar

Pendekatan dan Motivasi

## Pendahuluan Sistem Digital

Sistem Digital dan Representasi Diskrit

Konversi Analog ke Digital

Rangkaian Terintegrasi Digital

IC Digital

Metodologi Desain Sistem Digital

Penutup

Pengantar Kuliah

Deskripsi Kuliah

Buku Acuan

Rencana Perkuliahan

Pendekatan dan Motivasi

Pendahuluan Sistem  
Digital

# Deskripsi Kuliah

## Dasar-dasar Sistem Digital

- ▶ Konsep, analisis, perancangan, implementasi dan evaluasi rangkaian logika

**Kredit:** 2 SKS Kuliah, 1 SKS Praktikum

**Metode pengajaran:** tatap muka (2 x 50 menit), presentasi materi dan diskusi, UTS, UAS, Tugas

**Waktu:** ±16 Minggu

1. Pendahuluan sistem digital: sistem digital, konsep dan analisis rangkaian logika
2. Rangkaian logika minimal: aljabar Boolean, sintesis rangkaian logika, peta Karnaugh, rangkaian multikeluaran, metode Quine-McKluskey dan program sintesis untuk menghasilkan rangkaian logika optimal
3. Teknologi implementasi: rangkaian logika CMOS dan rangkaian terintegrasi standar TTL keluarga 74xx untuk implementasi rangkaian logika
4. Sistem bilangan digital: representasi bilangan digital, operasi bilangan biner dan rangkaian aritmetika biner
5. Rangkaian digital: rangkaian kombinasional, elemen rangkaian sekuensial dan rangkaian sekuensial sinkron sebagai penyusun komputer. Rangkaian sekuensial dirancang menggunakan model FSM Moore dan Mealy

Mahasiswa akan mampu:

1. memahami secara komprehensif tentang konsep sistem digital;
2. merancang dan menganalisis, mengimplementasikan, mengaplikasikan rangkaian digital (menggunakan teknologi TTL/CMOS) dan mengkomunikasikan solusi desain sistem digital dengan jelas, runut dan tepat baik tertulis maupun lisan
3. melakukan simulasi rangkaian logika dengan menggunakan program simulator, misalnya Qucs atau program lainnya

## Berlaku bagi Dosen dan Mahasiswa

- ▶ Dosen dan mahasiswa diharapkan hadir pada waktunya
  - ▶ Batas wajar 15 menit dari jadwal yang telah ditentukan
  - ▶ Namun, tidak ada sanksi keterlambatan bagi mahasiswa
- ▶ Kehadiran 75% (12 / 16 pertemuan) sebagai syarat minimal mengikuti UTS dan/atau UAS
  - ▶ Sesuai keputusan jurusan Teknik Sistem Komputer
  - ▶ Sanksi mahasiswa titip tanda tangan kehadiran adalah -1 pertemuan
- ▶ Kuliah yang batal diadakan karena hari libur, kegiatan insidental jurusan ataupun dosen berhalangan, akan digantikan di hari lain sesuai kesepakatan dosen-mahasiswa
  - ▶ Akan diberitahukan lewat blog/facebook

Pengantar Kuliah

Deskripsi Kuliah

Buku Acuan

Rencana Perkuliahan

Pendekatan dan Motivasi

Pendahuluan Sistem Digital

## Pengantar Perkuliahan

Deskripsi Kuliah

**Buku Acuan**

Rencana Perkuliahan dan Kompetensi Dasar

Pendekatan dan Motivasi

## Pendahuluan Sistem Digital

Sistem Digital dan Representasi Diskrit

Konversi Analog ke Digital

Rangkaian Terintegrasi Digital

IC Digital

Metodologi Desain Sistem Digital

Penutup

Pengantar Kuliah

Deskripsi Kuliah

**Buku Acuan**

Rencana Perkuliahan

Pendekatan dan Motivasi

Pendahuluan Sistem Digital

1. **Eko Didik Widiyanto, Sistem Digital: Analisis, Desain dan Implementasi, Edisi Pertama, Graha Ilmu, 2014**
2. Stephen Brown and Zvonko Vranesic, Fundamentals of Digital Logic with Verilog/VHDL, 2nd Edition, McGraw-Hill, 2005
3. Sumber lain: paper ilmiah, website project
4. Eko didik widiyanto (2011): Handout sintesis rangkaian logika



## Pengantar Perkuliahan

Deskripsi Kuliah

Buku Acuan

Rencana Perkuliahan dan Kompetensi Dasar

Pendekatan dan Motivasi

## Pendahuluan Sistem Digital

Sistem Digital dan Representasi Diskrit

Konversi Analog ke Digital

Rangkaian Terintegrasi Digital

IC Digital

Metodologi Desain Sistem Digital

Penutup

Pengantar Kuliah

Deskripsi Kuliah

Buku Acuan

Rencana Perkuliahan

Pendekatan dan Motivasi

Pendahuluan Sistem Digital

# Rencana Acara Perkuliahan

16 minggu/tatap muka (@2x50mnt)

1. Pendahuluan sistem digital (**Bab 1**)
2. Konsep rangkaian logika (**Bab 2**)
3. Aljabar Boolean dan sintesis rangkaian logika (**Bab 3**)
4. Rangkaian logika optimal: peta Karnaugh dan rangkaian multi-keluaran (**Bab 4.1 - 4.1.7**)
5. Rangkaian logika optimal: peta Karnaugh dan rangkaian multi-keluaran - Cont'd (**Bab 4.1.8-4.2**)
6. Penyederhanaan fungsi logika dengan metode tabular Quine-McKluskey dan program bantu komputer (**Bab 5**)
7. Rangkaian logika CMOS (**Bab 6**)
8. Rangkaian terintegrasi TTL Standar (**Bab 7**)
9. Representasi data digital (**Bab 8.1-8.2**)
10. Representasi data digital - Cont'd (**Bab 8.3-8.4**)
11. Desain rangkaian aritmatika biner (**Bab 9**)
12. Rangkaian kombinasional (**Bab 10.1 - 10.2**)
13. Rangkaian kombinasional - Cont'd (**Bab 10.3-10.4**)
14. Rangkaian sekuensial (**Bab 11.1-11.3**)
15. Rangkaian sekuensial - Cont'd (**Bab 11.4-11.5**)
16. Desain rangkaian sekuensial sinkron (**Bab 12**)

- ▶ menjadi dasar evaluasi pembelajaran
- ▶ 33 kompetensi dasar yang harus dimiliki mahasiswa setelah mengikuti kuliah ini
  - ▶ mengenal (C1, cognitive level-1, understand) sampai mampu berkreasi (C6, cognitive level-6, creating)

Lihat: <http://didik.blog.undip.ac.id/2017/03/06/tkc205-sistem-digital-2016-genap/>

## Evaluasi:

No	Evaluasi	Bobot
1	Tugas Mandiri/Kelompok	30%
2	Quiz	0%
3	Ujian Tengah Semester	30%
4	Ujian Akhir Semester	40%

## Penilaian Akhir:

$NA \geq 80$	A	4.0
$65 \leq NA < 80$	B	3.0
$50 \leq NA < 65$	C	2.0
$35 \leq NA < 50$	D	1.0
$NA < 35$	E	0.0 (Tidak Lulus)

## Pengantar Perkuliahan

Deskripsi Kuliah

Buku Acuan

Rencana Perkuliahan dan Kompetensi Dasar

Pendekatan dan Motivasi

## Pendahuluan Sistem Digital

Sistem Digital dan Representasi Diskrit

Konversi Analog ke Digital

Rangkaian Terintegrasi Digital

IC Digital

Metodologi Desain Sistem Digital

Penutup

Pengantar Kuliah

Deskripsi Kuliah

Buku Acuan

Rencana Perkuliahan

Pendekatan dan Motivasi

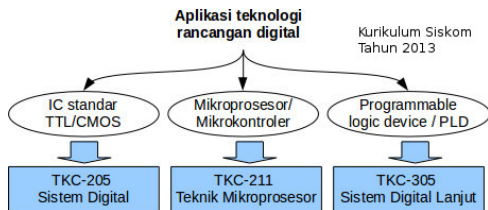
Pendahuluan Sistem Digital

# Pendekatan Kuliah

Bagaimana Kaitan TKC-205 dengan Mata Kuliah Lainnya

Implementasi rancangan digital:

1. Menggunakan komponen chip standar TTL/CMOS ( Keluarga 74xx) ⇒ TKC-205
2. Menggunakan mikroprosesor/mikrokontroler ⇒ TKC-211
3. Menggunakan devais terprogram (PLD, CPLD, FPGA) ⇒ TKC-305



- ▶ sistem analog dan representasi kontinyu
- ▶ sistem digital dan representasi diskrit
- ▶ konversi analog ke digital (ADC, *analog to digital conversion*)
- ▶ perangkat digital dan pengantar teknologi rangkaian terintegrasi
- ▶ rangkaian terintegrasi logika standar, devais terprogram dan rangkaian terintegrasi untuk aplikasi khusus
- ▶ metodologi pengembangan sistem digital

- ▶ Setelah menyelesaikan bab ini, mahasiswa diharapkan akan mampu untuk:
  1. [C2] menjelaskan karakteristik sistem analog dan sistem digital serta membedakan kedua sistem tersebut berdasarkan representasi sinyalnya
  2. [C2] menjelaskan proses konversi analog ke digital
  3. [C2] menjelaskan tentang pengertian dan konsep rangkaian terintegrasi (digital)
  4. [C3] menerapkan metodologi dalam mengembangkan suatu sistem digital
  5. [C3] memilih teknologi implementasi sistem digital secara tepat menggunakan rangkaian terintegrasi, mulai dari untuk logika standar, devais terprogram dan untuk aplikasi spesifik

## Eko Didik Widiyanto, Sistem Digital: Analisis, Desain dan Implementasi, Edisi Pertama, Graha Ilmu, 2014 (**Bab 1: Pendahuluan Sistem Digital**)

- ▶ Materi:
  - ▶ 1.1 Sistem Digital dan Representasi Diskrit
  - ▶ 1.2 Rangkaian Terintegrasi Digital
  - ▶ 1.3 Metodologi Desain Sistem Digital
- ▶ Website:
  - ▶ <http://didik.blog.undip.ac.id/buku/sistem-digital/>



Pengantar Kuliah

**Pendahuluan Sistem Digital**

Sistem Digital dan Representasi Diskrit

Konversi Analog ke Digital

Rangkaian Terintegrasi Digital

IC Digital

Metodologi Desain Sistem Digital

Penutup

## Pengantar Perkuliahan

Deskripsi Kuliah

Buku Acuan

Rencana Perkuliahan dan Kompetensi Dasar

Pendekatan dan Motivasi

## Pendahuluan Sistem Digital

Sistem Digital dan Representasi Diskrit

Konversi Analog ke Digital

Rangkaian Terintegrasi Digital

IC Digital

Metodologi Desain Sistem Digital

Penutup

Pengantar Kuliah

Pendahuluan Sistem Digital

Sistem Digital dan Representasi Diskrit

Konversi Analog ke Digital

Rangkaian Terintegrasi Digital

IC Digital

Metodologi Desain Sistem Digital

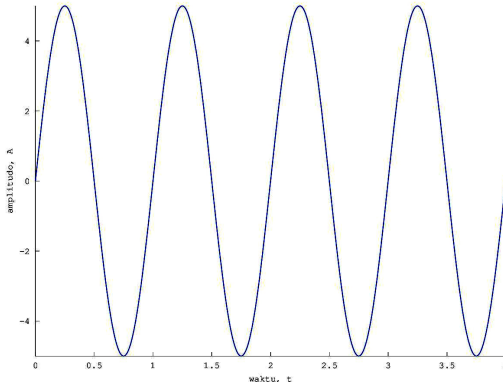
Penutup

# Pengertian Sinyal dan Sistem

- ▶ **Sistem** dapat didefinisikan sebagai satu kesatuan komponen yang mampu menghasilkan sinyal keluaran yang dikehendaki dari masukan sinyal yang diberikan kepadanya.
  - ▶ Dalam dunia perkeayasaan, sistem dapat digunakan untuk menyatakan sistem perangkat lunak, sistem elektronik, sistem komputer atau sistem mekanik.
- ▶ **Sinyal** didefinisikan sebagai suatu fungsi yang merepresentasikan kuantitas fisik (variabel) yang mengandung informasi tentang suatu fenomena
  - ▶ Umumnya dinyatakan sebagai sinyal tegangan (dengan satuan Volt) yang merupakan fungsi dari waktu ( $t$ )

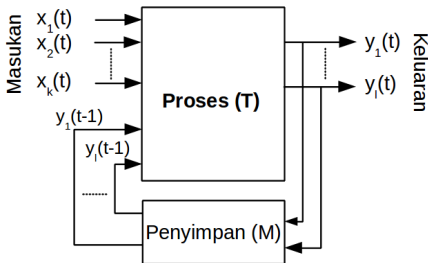
# Contoh Sinyal

- ▶ Misalnya, sinyal tegangan masukan sinusoidal  $v(t) = 5 \sin(2\pi t)$  akan mempunyai kuantitas (besar) 5 Volt saat  $t = 0,25$  detik atau  $f(0,25s) = 5$  Volt.
  - ▶ Kuantitas maksimal ini disebut amplitudo puncak sinyal (*peak amplitude*), yaitu sebesar 5 Volt (atau sering disebut amplitudo saja)



# Blok Diagram Sistem

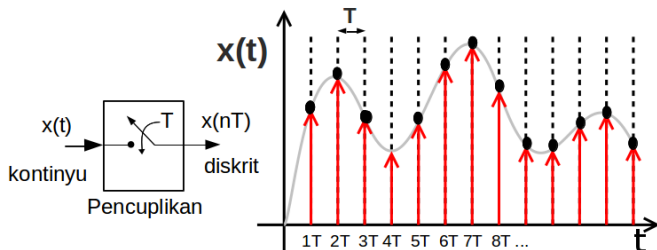
- ▶ Sistem mentransformasikan sinyal masukan menjadi sinyal lain,  $y = Tx$ 
  - ▶ Fungsi transformasi T merepresentasikan perilaku sistem



- ▶ Dengan ada/tidaknya memori (penyimpan), sistem dapat dibedakan menjadi sistem bermemori dan sistem tidak bermemori
  - ▶ Rangkaian kombinasional merupakan sistem tidak bermemori
  - ▶ Rangkaian sekuensial merupakan sistem bermemori

# Sinyal Kontinu dan Diskrit

- ▶ Sinyal: kontinu dan diskrit (terhadap waktu)
  - ▶ Besar/kuantitas sinyal kontinu terdefinisi untuk semua waktu  $t$
  - ▶ Besar sinyal diskrit terdefinisi untuk nilai  $t$  tertentu
- ▶ Sinyal diskrit diperoleh dengan mencuplik (mengambil sampel) sinyal kontinu di waktu-waktu tertentu
  - ▶ Sinyal kontinu  $x(t)$ , diskrit  $x(nT)$  atau  $x[n]$



# Sinyal Analog dan Digital

- ▶ Sinyal analog adalah sinyal kontinu yang mempunyai besar kontinu dalam jangkauan tertentu
  - ▶ Jika jangkauan besar sinyal 0 - 5 Volt (amplitudo 5V), maka besar sinyal analog ini terdefinisi pada semua nilai antara 0 sampai 5 Volt, misalnya bernilai 1,567 Volt di sebarang waktu kontinu
  - ▶ Sinyal analog mempunyai karakteristik waktu dan besar yang kontinu
- ▶ Sinyal digital adalah sinyal diskrit yang mempunyai jangkauan besar yang diskrit (terbatas)
  - ▶ Jika jangkauan besar sinyal 0 - 5 Volt, dapat didefinisikan jumlah langkah (*step*) untuk sinyal digital ini 256, maka besarnya langkah adalah  $\frac{5-0}{256-1} V = 19,6 mV$ . Sinyal digital ini hanya dapat mempunyai amplitudo  $n \times 19,6 mV$ , dengan  $n$  menyatakan bilangan cacah
  - ▶ Sinyal digital mempunyai karakteristik waktu dan besar sinyal yang diskrit

# Sistem Analog dan Digital

- ▶ Sistem analog menyatakan kuantitas fisiknya dalam bentuk analog, yang secara waktu dan besarnya sinyal bersifat kontinyu
  - ▶ Misalnya, masukan sinyal ke mikrofon dan keluaran sinyal dari speaker bersifat kontinyu dan dapat mempunyai amplitudo dari 0 sampai batas maksimum sinyalnya
  - ▶ Contoh sistem analog adalah penguat sinyal audio (amplifier) dan perekam pita magnetik.
- ▶ Sistem digital menyatakan kuantitas fisiknya dalam bentuk digital, yang secara waktu dan besarnya sinyal bersifat diskrit
  - ▶ Contoh sistem digital adalah komputer, kalkulator, perangkat audio-video digital dan sistem telepon digital.

# Kenapa Digital?

Paradigma Pergeseran dari Analog ke Digital

Aplikasi elektronik saat ini cenderung menggunakan teknik digital untuk melakukan operasinya

1. Sistem digital lebih mudah untuk didesain
2. Penyimpanan informasi dapat dilakukan dengan mudah
3. Akurasi dan presisi sistem digital lebih besar
4. Operasi sistem digital dapat diprogram
5. Sistem digital lebih tahan terhadap gangguan berupa *noise* dan redaman
6. Rangkaian digital yang lebih kompleks dapat dibuat ke dalam chip terintegrasi tunggal (IC, *integrated circuit*)

## Pengantar Perkuliahan

Deskripsi Kuliah

Buku Acuan

Rencana Perkuliahan dan Kompetensi Dasar

Pendekatan dan Motivasi

## Pendahuluan Sistem Digital

Sistem Digital dan Representasi Diskrit

Konversi Analog ke Digital

Rangkaian Terintegrasi Digital

IC Digital

Metodologi Desain Sistem Digital

Penutup

Pengantar Kuliah

Pendahuluan Sistem  
Digital

Sistem Digital dan  
Representasi Diskrit

Konversi Analog ke Digital

Rangkaian Terintegrasi  
Digital

IC Digital

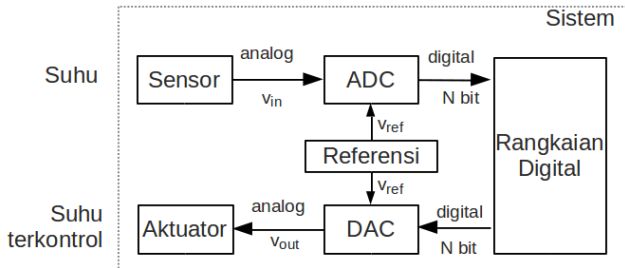
Metodologi Desain Sistem  
Digital

Penutup

# Kuantitas Fisik Lingkungan adalah Analog

- ▶ Kuantitas fisik lingkungan secara natural adalah analog, misalnya suhu, tekanan, posisi, kecepatan, level air, kecepatan aliran
  - ▶ Kuantitas ini terukur secara analog, yaitu besar dan waktunya kontinu
  - ▶ Misalnya: suhu di suatu waktu  $t$  dapat bernilai  $26^{\circ}\text{C}$  dan di waktu  $t + \Delta t$  berikutnya bernilai  $25,98^{\circ}\text{C}$  dimana  $\Delta t \rightarrow 0$
- ▶ Kuantitas analog ini dapat dimonitor, dioperasikan dan dikontrol oleh sebuah sistem digital
  - ▶ Kuantitas analog dari lingkungan dimonitor oleh masukan sistem
  - ▶ Keluaran sistem akan mengontrol kuantitas analog lingkungan berdasarkan operasi/program yang diinginkan
  - ▶ Operasi dalam sistem dilakukan secara digital untuk memonitor dan mengontrol lingkungan

# Memonitor dan Mengontrol Suhu



1. mengkonversikan masukan analog ke dalam bentuk digital
2. memproses informasi secara digital
3. mengkonversikan keluaran digital ke dalam bentuk analog

# Proses Konversi Analog ke Digital

## 1. Pencuplikan (*sampling*)

Pencuplikan mengubah sinyal waktu kontinu menjadi sinyal waktu diskrit

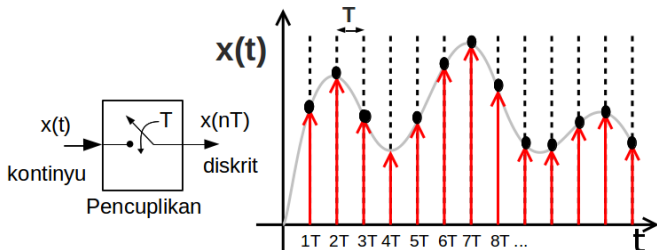
## 2. Kuantisasi

Kuantisasi mengubah amplitudo sinyal kontinu menjadi amplitudo diskrit. Hasil proses pencuplikan dan kuantisasi adalah sinyal digital (waktu diskrit, amplitudo diskrit) dari sinyal analog (waktu kontinu, amplitudo kontinu)

## 3. Pengkodean

Pengkodean mengkodekan sinyal digital dalam representasi binernya (digital). Kode ini yang diproses oleh rangkaian digital, mikroprosesor atau mikrokontroler

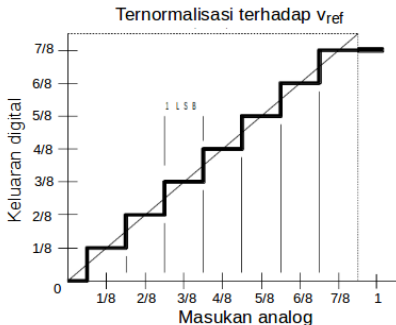
- ▶ Pencuplikan sinyal waktu kontinu untuk menghasilkan sinyal waktu diskrit



- ▶ Parameter: frekuensi cuplik ( $f_s$ ) atau periode cuplik ( $T_s = \frac{1}{f_s}$ )
  - ▶ menentukan frekuensi maksimal sinyal masukan yang bisa dicuplik dan dapat direkonstruksi kembali sesuai kriteria Nyquist-Shannon, yaitu  $f_{max} \leq \frac{1}{2} \times f_s$

# Kuantisasi

- ▶ Kuantisasi menghasilkan amplitudo diskrit yang terbatas dari nilai sinyal kontinu yang tidak terbatas
  - ▶ Contoh, kuantisasi linear 8 langkah



- ▶ Teknik lainnya disebut *companding*, untuk konversi secara tidak linear
  - ▶ Contoh:  $\alpha$ -Law dan  $\mu$ -Law (lihat <http://www.ti.com/lit/an/spra163a/spra163a.pdf>)

# Contoh Kuantisasi

- ▶ Kuantisasi di ADC 3 bit
  - ▶ akan menghasilkan 8 kode digital 3 bit, yaitu  $N = 2^3 = 8$
- ▶ ADC 3 bit dengan tegangan referensi  $V_{ref}$  5 Volt

Tegangan masukan (Volt)		Tegangan keluaran (Volt)
minimum	maksimum	
0	0,3125	0
0,3125	0,9375	0,625
0,9375	1,5625	1,25
1,5625	2,1875	1,875
2,1875	2,8125	2,5
2,8125	3,4375	3,125
3,4375	4,0625	3,75
4,0625	5	4,375

- ▶ Pengkodean menterjemahkan amplitudo tegangan diskrit hasil dari keluaran kuantisasi menjadi kode biner
  - ▶ Misalnya untuk ADC 3 bit dan  $v_{ref} = 5$  V, representasi kodenya dapat dinyatakan dengan  $kode = \frac{\hat{v}_{in}}{5} \times 2^3$

Tegangan digital $\hat{v}_{in}$ (Volt)	0	0,625	1,25	1,875	2,5	3,125	3,75	4,375
Kode (desimal)	0	1	2	3	4	5	6	7
Kode (biner)	000	001	010	011	100	101	110	111

- ▶ ADC  $n$  bit dengan tegangan referensi  $v_{ref}$ , maka representasi kodenya dapat dinyatakan sebagai  $kode = \frac{\hat{v}_{in}}{v_{ref}} \times 2^n$ , dengan  $\hat{v}_{in}$  adalah tegangan masukan digital ke pengkode atau keluaran dari pengkuantisasi

- ▶ **Soal.** Masukan analog ADC 3 bit terukur 1,3 Volt menggunakan voltmeter. Tegangan referensi yang digunakan adalah 5 Volt. Tentukan kode biner yang dihasilkan oleh ADC tersebut
- ▶ **Solusi.** Tegangan  $v_{in} = 1,3$  Volt akan dikuantisasi ke  $\hat{v}_{in} = 1,25$  Volt oleh ADC 3 bit dan tegangan referensi 5 Volt, karena amplitudo  $v_{in}$  berada antara 0,9375 sampai 1,5625 Volt. Tegangan digital tersebut kemudian dikodekan menjadi 010 oleh pengkode biner. Jadi, ADC akan menghasilkan nilai digital 010 dari tegangan masukan  $v_{in} = 1,3$  Volt

## Pengantar Perkuliahan

Deskripsi Kuliah

Buku Acuan

Rencana Perkuliahan dan Kompetensi Dasar

Pendekatan dan Motivasi

## Pendahuluan Sistem Digital

Sistem Digital dan Representasi Diskrit

Konversi Analog ke Digital

Rangkaian Terintegrasi Digital

IC Digital

Metodologi Desain Sistem Digital

Penutup

Pengantar Kuliah

Pendahuluan Sistem  
Digital

Sistem Digital dan  
Representasi Diskrit

Konversi Analog ke Digital

Rangkaian Terintegrasi  
Digital

IC Digital

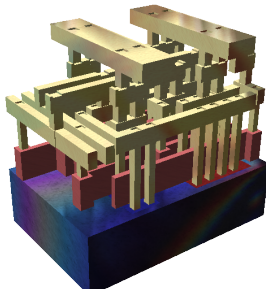
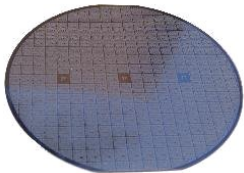
Metodologi Desain Sistem  
Digital

Penutup

- ▶ Rangkaian digital mengacu pada rangkaian elektronik yang menghadirkan informasi dalam bentuk digital
  - ▶ setiap digit informasi diimplementasikan menggunakan 2 level tegangan (biner)
  - ▶ Level tegangan merepresentasikan nilai keadaan/kebenaran, yaitu 0 untuk SALAH (*false*) dan 1 untuk BENAR (*true*)
    - ▶ Disebut juga rangkaian logika
  - ▶ Representasi informasi secara digital ini menambah kehandalan dan akurasi

# Perangkat Digital

- ▶ Rangkaian logika digunakan untuk membangun komputer dan perangkat digital lainnya
- ▶ Revolusi digital dimulai awal tahun 1970-an:
  - ▶ Rangkaian terintegrasi (IC, *Integrated Circuit*)
  - ▶ Transistor lebih kecil
  - ▶ Densitas chip lebih besar (LSI, *Large Scale Integration*: puluhan ribu transistor)
- ▶ Lihat: [http://en.wikipedia.org/wiki/Integrated\\_circuit](http://en.wikipedia.org/wiki/Integrated_circuit)



# Kompleksitas Chip/IC Digital

- ▶ Rangkaian terintegrasi difabrikasi di atas wafer silikon
  - ▶ Wafer dipotong dan dikemas untuk membuat satu chip
- ▶ Chip tersusun atas puluhan hingga milyaran transistor
  - ▶ Dimungkinkan dengan teknologi CMOS (*complementary metal oxide semiconductor*)

Kompleksitas	Jumlah transistor per chip	Keterangan
SSI	< 10	beberapa gerbang
MSI	10 – 100	puluhan gerbang
LSI	100 – 1000	ratusan gerbang
VLSI	1000 – 10000	ribuan gerbang
SLSI	10000 – 100000	berisi mikroprosesor
ULSI	> 1 juta	CPU, GPU

- ▶ Lebih banyak transistor memberikan fungsional yang lebih besar, namun membuat proses desain lebih kompleks
- ▶ Intel memproduksi mikroprosesor 22nm di tahun 2011 (proses nano)
  - ▶ Mikroprosesor mencapai 15 milyar transistor di tahun 2015
- ▶ Teknik desain berbasis komputer (CAD, *computer-aided design*) diperlukan



## Pengantar Perkuliahan

Deskripsi Kuliah

Buku Acuan

Rencana Perkuliahan dan Kompetensi Dasar

Pendekatan dan Motivasi

## Pendahuluan Sistem Digital

Sistem Digital dan Representasi Diskrit

Konversi Analog ke Digital

Rangkaian Terintegrasi Digital

**IC Digital**

Metodologi Desain Sistem Digital

Penutup

Pengantar Kuliah

Pendahuluan Sistem  
Digital

Sistem Digital dan  
Representasi Diskrit

Konversi Analog ke Digital

Rangkaian Terintegrasi  
Digital

**IC Digital**

Metodologi Desain Sistem  
Digital

Penutup

## ▶ Chip standar

- ▶ Berisi sejumlah kecil rangkaian (<100 transistor)
- ▶ Melakukan fungsi logika sederhana
- ▶ Contoh: IC seri 7400

## ▶ Programmable logic devices (PLD)

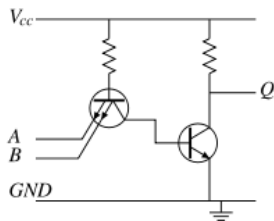
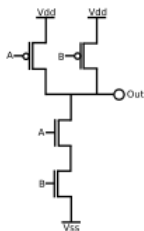
- ▶ Berisi kumpulan gerbang dengan interkoneksi terprogram
- ▶ Fungsi dikonfigurasi oleh desainer/pengguna
- ▶ Desain dilakukan dengan perangkat CAD: Xilinx, Altera

## ▶ Custom-designed (ASIC, *Application Specific Integrated Circuit*)

- ▶ Dioptimasi untuk keperluan/tugas tertentu
- ▶ Performansi lebih baik
- ▶ Terdiri atas rangkaian logika dalam jumlah besar
- ▶ Biaya produksi tinggi: memerlukan produksi dalam jumlah besar untuk menekan biaya

# IC Seri 7400: Teknologi BJT vs CMOS

- ▶ BJT (*Bipolar Junction Transistor*), disebut juga TTL (*transistor-transistor logic*) -> kecepatan lebih tinggi
- ▶ CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*) -> daya lebih rendah
- ▶ BiCMOS (Bipolar-CMOS)



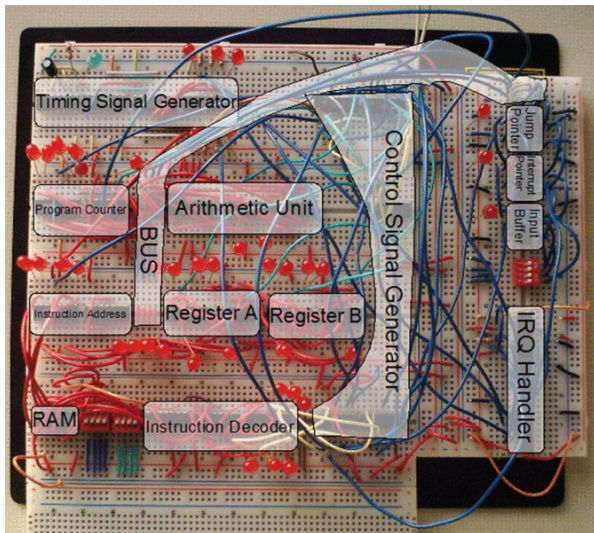
Implementasi fungsi NAND dengan CMOS dan BJT

Source: [http://en.wikipedia.org/wiki/NAND\\_gate](http://en.wikipedia.org/wiki/NAND_gate)

## Homebrew Computer: hanya menggunakan TTL, tanpa mikroprosesor

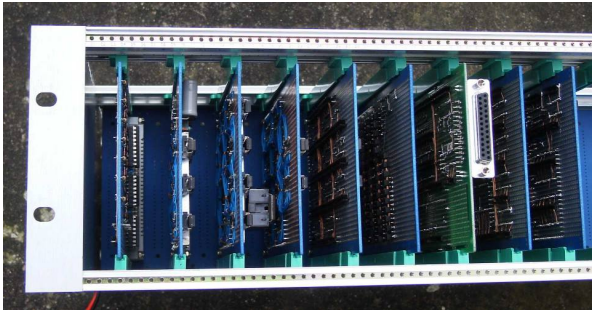
1. Yuntan Labs: <http://www.yuntanlabs.com/csalab.htm>
2. Andrew: Mark 1 FORTH Computer  
(<http://www.holmea.demon.co.uk/Mk1/Architecture.htm>)

# Komputer TTL



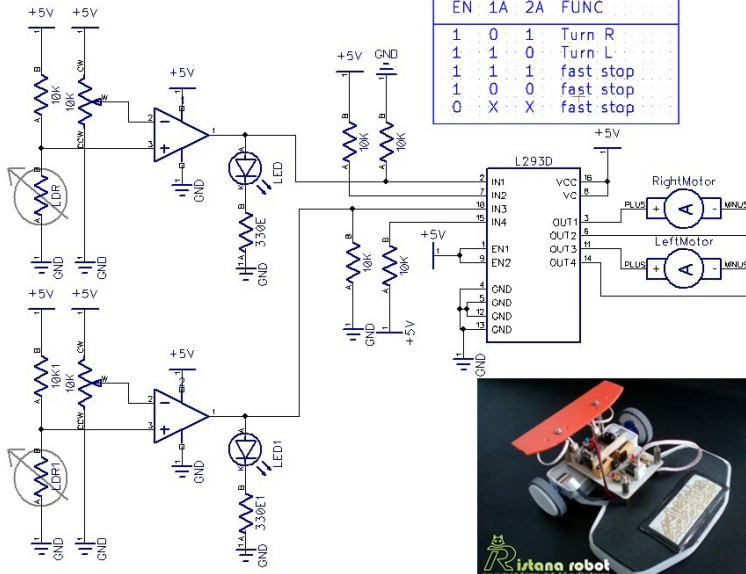
Yunten Labs: <http://www.yuntenlabs.com/csalab.htm>

# Mark 1 Computer



Andrew: Mark 1 FORTH Computer  
(<http://www.holmea.demon.co.uk/Mk1/Architecture.htm>)

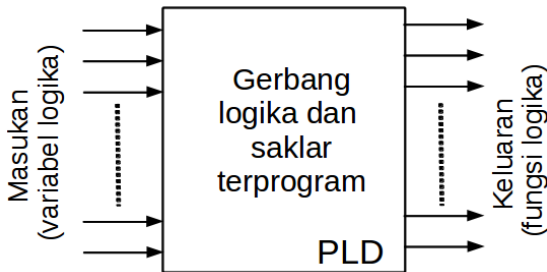
# Line Tracer Analog



# PLD (Programmable Logic Device)

## PLD dengan struktur PLA

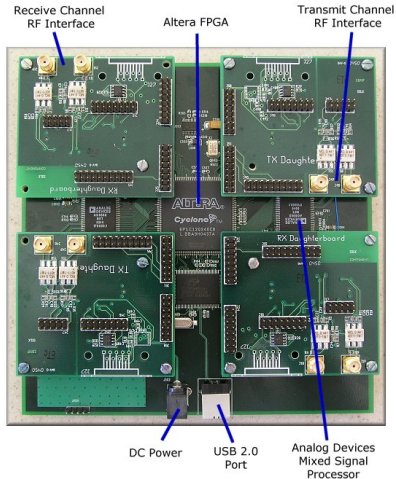
- ▶ PLD dapat diprogram/dikonfigurasi oleh desainer untuk menghasilkan fungsi rangkaian logika yang diinginkan
  - ▶ Hardware rangkaian dan interkoneksi untuk suatu rangkaian tidak perlu diubah untuk membuat satu fungsi rangkaian yang lain
- ▶ Struktur: PLA (*Programmable Logic Array*), PAL (*Programmable Array Logic*), CPLD (*Complex PLD*) dan FPGA (*Field Programmable Gate Array*)





# SDR (Software Defined Radio)

- ▶ Atau radio software
  - ▶ Hampir semua komponen radio diimplementasikan sebagai konfigurasi FPGA, misalnya enkoder/dekoder sumber, modulator/demodulator serta amplifier dengan noise rendah



- ▶ Kontroler jaringan berkecepatan 10Gbps
  - ▶ Diimplementasikan dengan FPGA Xilinx Virtex-5, SRAM QDRII 27 MB dan RLDRAM-II 288 MB untuk menyediakan 4 port NIC 10 Gbps



Sumber: [http://netfpga.org/10G\\_specs.html](http://netfpga.org/10G_specs.html)

Pengantar Kuliah

Pendahuluan Sistem Digital

Sistem Digital dan Representasi Diskrit

Konversi Analog ke Digital

Rangkaian Terintegrasi Digital

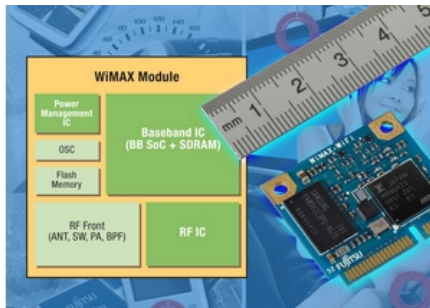
IC Digital

Metodologi Desain Sistem Digital

Penutup

# ASIC (Application Specific IC)

- ▶ PLD mempunyai keterbatasan, yaitu saklar terprogram (general/umum) yang digunakan akan membutuhkan area IC dan membatasi kecepatan operasi rangkaian
- ▶ Beberapa aplikasi diinginkan rangkaian dengan performansi dan biaya tertentu, misalnya kecepatan transfer yang tinggi
  - ▶ Dibutuhkan ASIC. Misalnya: ASIC untuk Wi-max pita dasar (*baseband*)



Kembali ke atas

## Pengantar Perkuliahan

Deskripsi Kuliah

Buku Acuan

Rencana Perkuliahan dan Kompetensi Dasar

Pendekatan dan Motivasi

## Pendahuluan Sistem Digital

Sistem Digital dan Representasi Diskrit

Konversi Analog ke Digital

Rangkaian Terintegrasi Digital

IC Digital

**Metodologi Desain Sistem Digital**

Penutup

Pengantar Kuliah

Pendahuluan Sistem Digital

Sistem Digital dan Representasi Diskrit

Konversi Analog ke Digital

Rangkaian Terintegrasi Digital

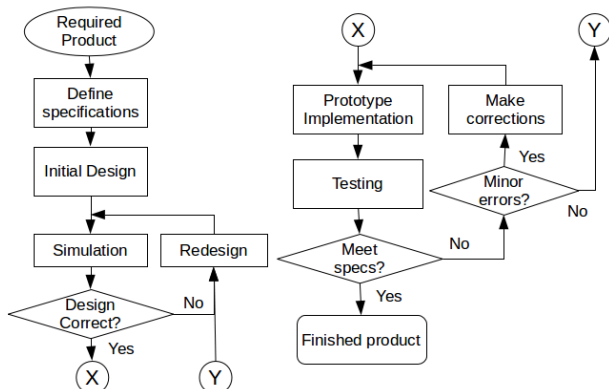
IC Digital

**Metodologi Desain Sistem Digital**

Penutup

# Metodologi Pengembangan Sistem

- ▶ Desain didefinisikan sebagai proses sistematis untuk membangun rangkaian yang memenuhi kebutuhan yang ditentukan dan tetap memperhatikan batasan (*constraint*) dalam hal biaya, performansi, konsumsi daya, ukuran, berat dan sifat lainnya
- ▶ Metodologi pengembangan tipikal: pendekatan *top-down*



- ▶ Bagaimana membangun sistem yang kompleks? **dengan abstraksi**
  - ▶ Mengidentifikasi aspek yang penting untuk dikerjakan, dan menyembunyikan detail dari aspek lain
  - ▶ Dengan membuat asumsi dan mengikuti disiplin agar asumsi valid
    - ▶ Abstraksi digital hanya mengijinkan 2 level tegangan dalam rangkaian: transistor on (tersambung sempurna) atau transistor off (terputus)
    - ▶ Asumsi: transistor tersambung atau terputus seketika
    - ▶ Disiplin: meregulasi switching (on/off) agar terjadi dalam interval waktu yang telah didefinisikan (periode clock)

## Tradisional

- ▶ Mendasarkan pada model matematik
- ▶ Pendekatan analitis
- ▶ Menyediakan pendalaman dan pemahaman terhadap masalah desain
- ▶ Bisa dilakukan untuk problem yang kecil.
  - ▶ Problem besar (real)?

## CAD

- ▶ Menggunakan perangkat bantu software CAD/EDA
- ▶ Software menggunakan model matematik dan pendekatan analitis
- ▶ Transparan terhadap pengguna, banyak detail diabstrakkan
- ▶ Diperlukan untuk menyelesaikan problem real

# Tradisional vs CAD

- ▶ Sebagian besar pekerjaan rekayasa digital dilakukan dengan menggunakan CAD
- ▶ Namun, pemahaman dasar dengan pendekatan tradisional masih diperlukan
  - ▶ Konseptual masih tradisional
  - ▶ Penggunaan CAD yang efektif memerlukan pemahaman tentang kerja perangkat tersebut
  - ▶ Penggunaan opsi desain memerlukan pendalaman konsep

## ► **Kebutuhan desain**

Diinginkan satu rangkaian digital untuk menentukan kesamaan 2 keadaan masukan. Masukan rangkaian berupa saklar yang bernilai 1 jika digeser ke atas dan bernilai 0 jika ke bawah. Keluaran rangkaian berupa lampu yang akan menyala jika posisi kedua saklar sama dan padam jika posisi kedua saklar berbeda.

## ► **Analisis spesifikasi kebutuhan**

Jika saklar 1 diberi nama  $x_1$  dan saklar 2 dengan  $x_2$  serta keluaran lampu  $y$ . Nilai  $y = 1$  jika  $x_1 = x_2 = 0$  atau  $x_1 = x_2 = 1$ . Dapat juga dikatakan  $y = 1$  jika ( $x_1 = 0$  DAN  $x_2 = 0$ ) ATAU ( $x_1 = 1$  DAN  $x_2 = 1$ )

## ► **Desain**

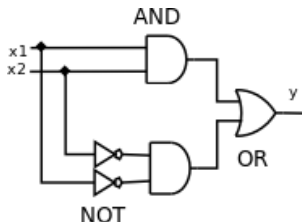
Deskripsi kebutuhan ini dapat dinyatakan dalam persamaan logika  $y = \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 + x_1 \cdot x_2$ .

# Contoh Menggunakan Metodologi Desain (Cont'd)

## ► Desain

Deskripsi kebutuhan ini dapat dinyatakan dalam persamaan logika  $y = \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 + x_1 \cdot x_2$ .

Persamaan tersebut dapat dinyatakan dalam rangkaian logika yang tersusun atas gerbang-gerbang logika

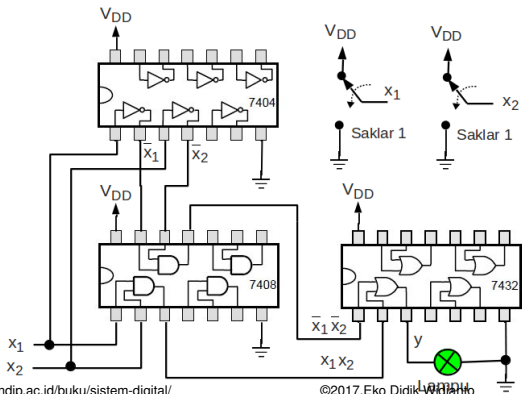


Gerbang logika yang dibutuhkan adalah 2 buah gerbang INVERTER/NOT untuk  $\bar{x}_1$  dan  $\bar{x}_2$ , 2 buah gerbang AND 2 masukan untuk  $\bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2$  dan  $x_1 \cdot x_2$ , serta 1 buah gerbang OR 2 masukan untuk  $(\bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2) + (x_1 \cdot x_2)$ .

# Contoh Menggunakan Metodologi Desain (Cont'd)

## ► Implementasi dengan IC TTL 7400

Gerbang NOT diimplementasikan menggunakan IC 7404 (*hex inverter*), OR 2 masukan dengan IC 7432 (*quad-OR 2 masukan*) dan AND 2 masukan dengan IC 7408 (*quad-AND 2 masukan*). Masukan  $x_1$  dan  $x_2$  diimplementasikan dengan 2 buah saklar yang tersambung ke  $V_{DD}$  (bernilai 1) atau GND (bernilai 0). Keluaran  $y$  diimplementasikan dengan lampu yang dapat menyala (bernilai 1) atau mati (bernilai 0)



# Contoh Menggunakan Metodologi Desain (Cont'd)

## ► Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menggeser kedua saklar dan mengamati penyalaan lampu. Posisi saklar  $x_1 x_2$  yang mungkin adalah 00, 01, 10 dan 11. Lampu harus menyala saat posisi saklar  $x_1 x_2$  bernilai 00 atau 11, sedangkan kondisi saklar lainnya lampu harus padam. Jika tidak sesuai dengan spesifikasi kebutuhan, maka ada kesalahan dalam desain dan/atau implementasi. Desainer perlu merancang ulang dan/atau memperbaiki prototip agar memenuhi spesifikasi kebutuhan desain yang telah ditentukan di awal proses.

masukan $x_1 x_2$	nyala lampu seharusnya	nyala lampu teramati
00	1 (menyala)	
01	0 (mati)	
10	0 (mati)	
11	1 (menyala)	

## Pengantar Perkuliahan

Deskripsi Kuliah

Buku Acuan

Rencana Perkuliahan dan Kompetensi Dasar

Pendekatan dan Motivasi

## Pendahuluan Sistem Digital

Sistem Digital dan Representasi Diskrit

Konversi Analog ke Digital

Rangkaian Terintegrasi Digital

IC Digital

Metodologi Desain Sistem Digital

**Penutup**

Pengantar Kuliah

Pendahuluan Sistem Digital

Sistem Digital dan Representasi Diskrit

Konversi Analog ke Digital

Rangkaian Terintegrasi Digital

IC Digital

Metodologi Desain Sistem Digital

**Penutup**

- ▶ Telah dibahas: sinyal, sistem, ADC, rangkaian terintegrasi dan metodologi desain sistem digital
- ▶ Di pertemuan berikutnya: konsep rangkaian logika sebagai model suatu sistem digital. Rangkaian logika ini tersusun atas gerbang-gerbang logika. Perilaku sistem digital dinyatakan sebagai fungsi rangkaian yang dapat dinyatakan dalam 4 bentuk, yaitu 1) ekspresi dan persamaan logika, 2) tabel kebenaran, 3) rangkaian logika dan 4) diagram pewaktuan.