

# Rangkaian Logika CMOS

## Kuliah#7 TSK205 Sistem Digital

Eko Didik Widianto

Departemen Teknik Sistem Komputer - Universitas Diponegoro

- ▶ Sebelumnya dibahas tentang minimalisasi dan optimalisasi rangkaian SOP dan POS dengan **penyederhanaan ekspresi logika secara Aljabar, peta Karnaugh, tabular Quine-McCluskey dan rangkaian multi-output**. Dijabarkan juga program bantu komputer untuk melakukan sintesis rangkaian logika minimum dan analisis rangkaian, yaitu Bmin, Qmls dan Qucs
- ▶ Hasil desain adalah berupa rangkaian logika (simbolik)

# Implementasi Rangkaian Logika

- ▶ Rangkaian logika tersusun atas gerbang-gerbang logika
- ▶ Gerbang logika diimplementasikan menggunakan rangkaian transistor membentuk TTL (*transistor-transistor logic*)
  - ▶ Salah satu teknologi transistor adalah CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor)
  - ▶ Teknologi lain: BJT (bipolar junction transistor) dan BiCMOS (bipolar-CMOS)
- ▶ Transistor CMOS membutuhkan daya yang lebih rendah, ukuran yang lebih kecil dan biaya fabrikasi yang lebih murah dari BJT
- ▶ BJT mempunyai karakteristik respon lebih cepat daripada CMOS
- ▶ Kompromi (trade-off) daya rendah dan kecepatan menghasilkan biCMOS

- ▶ Prinsip kerja transistor CMOS untuk melakukan fungsi-fungsi logika dasar, yaitu NOT, AND, OR, NAND, NOT, buffer, gerbang transmisi, XOR dan XNOR
  - ▶ transistor NMOS, PMOS dan CMOS
  - ▶ gerbang logika CMOS: NOT, NAND, NOR, AND, OR
  - ▶ buffer, buffer tiga keadaan dan gerbang transmisi (TG, *transmission gate*) serta implementasi CMOS
  - ▶ gerbang logika XOR dan XNOR

- ▶ Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa akan mampu:
  1. [C2] memahami prinsip kerja transistor NMOS, PMOS dan CMOS untuk mengimplementasikan fungsi logika dasar
  2. [C3] merancang rangkaian logika CMOS untuk suatu fungsi SOP atau POS dengan tepat
  3. [C4] menganalisis rangkaian logika CMOS dan menyatakan biaya rangkaian berdasarkan jumlah transistor yang dibutuhkan untuk suatu fungsi logika
  
- ▶ Link
  - ▶ Website: <http://didik.blog.undip.ac.id/2017/03/06/tkc205-sistem-digital-2016-genap/>
  - ▶ Email: [didik@live.undip.ac.id](mailto:didik@live.undip.ac.id)

Eko Didik Widianto, Sistem Digital:  
Analisis, Desain dan Implementasi, Edisi  
Pertama, Graha Ilmu, 2014 (**Bab 6:  
Rangkaian Logika CMOS**)

- ▶ Materi:
  - ▶ 6.1 Saklar Transistor: NMOS, PMOS, CMOS
  - ▶ 6.2 Gerbang Logika CMOS: NOT, NAND, NOR, AND, OR, Buffer, Gerbang Transmisi, Buffer Tiga Keadaan, XOR, XNOR
- ▶ Website:
  - ▶ <http://didik.blog.undip.ac.id/buku/sistem-digital/>



Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Ringkasan

Lisensi

## Saklar Transistor

Transistor NMOS

Transistor PMOS

CMOS: Complementary MOS

Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Ringkasan

Lisensi

## Gerbang Logika CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

## Ringkasan

## Lisensi

# Saklar Transistor

- ▶ Rangkaian logika dibangun dengan transistor
- ▶ Asumsi sebuah transistor beroperasi seperti saklar sederhana yang dikontrol oleh sinyal logika  $x$
- ▶ Tipe transistor untuk mengimplementasikan saklar sederhana yang sering digunakan adalah MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*)
- ▶ 2 tipe MOSFET:
  - ▶ N-channel (NMOS)
  - ▶ P-channel (PMOS)
- ▶ Rangkaian terintegrasi (IC, *integrated circuit*) menggunakan CMOS (*Complementary MOS*) yang tersusun atas NMOS dan PMOS
  - ▶ Tidak hanya menggunakan salah satu transistor NMOS atau PMOS saja, namun pasangan NMOS dan PMOS dalam satu chip

## Saklar Transistor

Transistor NMOS

Transistor PMOS

CMOS: Complementary  
MOS

Gerbang Logika  
CMOS

Ringkasan

Lisensi

# Bahasan

## Saklar Transistor

Transistor NMOS

Transistor PMOS

CMOS: Complementary MOS

## Gerbang Logika CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

## Ringkasan

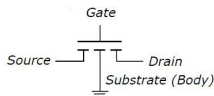
## Lisensi

<http://didik.blog.undip.ac.id/buku/sistem-digital/>

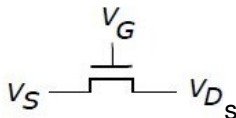
@2017,Eko Didik Widiyanto ([didik@undip.ac.id](mailto:didik@undip.ac.id))

# Transistor NMOS sebagai Switch

## Transistor NMOS



## Simbol NMOS



## Model saklar NMOS:



## Fungsi saklar:

- ▶  $x$  low ( $x = 0$ ) → saklar terbuka
- ▶  $x$  high ( $x = 1$ ) → saklar tersambung

Saklar Transistor

Transistor NMOS

Transistor PMOS

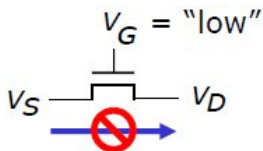
CMOS: Complementary  
MOS

Gerbang Logika  
CMOS

Ringkasan

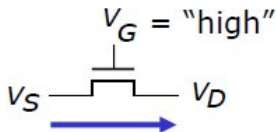
Lisensi

# Operasi NMOS sebagai Saklar



▶ Transistor beroperasi dengan mengontrol tegangan  $V_G$  di terminal Gate (G)

▶ Jika  $V_G$  **low**, tidak ada koneksi antara terminal Source (S) dan Drain (D). Transistor **mati (off)**



▶ Jika  $V_G$  **high**, transistor **hidup (on)**. Seolah seperti saklar tertutup antara terminal Source (S) dan Drain (D)

Saklar Transistor

Transistor NMOS

Transistor PMOS

CMOS: Complementary  
MOS

Gerbang Logika  
CMOS

Ringkasan

Lisensi

# Bahasan

## Saklar Transistor

Transistor NMOS

Transistor PMOS

CMOS: Complementary MOS

## Gerbang Logika CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

## Ringkasan

## Lisensi

<http://didik.blog.undip.ac.id/buku/sistem-digital/>

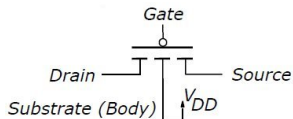
@2017,Eko Didik Widiyanto ([didik@undip.ac.id](mailto:didik@undip.ac.id))

12

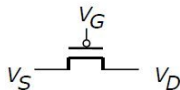


# Transistor PMOS sebagai Switch

## Transistor PMOS



## Simbol PMOS



## Model saklar NMOS:



## Fungsi saklar:

- ▶  $x$  low ( $x = 0$ ) → saklar tersambung
- ▶  $x$  high ( $x = 1$ ) → saklar terputus

Saklar Transistor

Transistor NMOS

Transistor PMOS

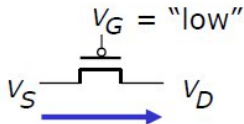
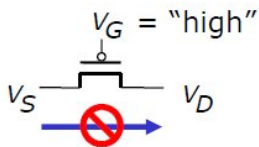
CMOS: Complementary  
MOS

Gerbang Logika  
CMOS

Ringkasan

Lisensi

# Operasi PMOS sebagai Saklar



- ▶ Transistor beroperasi dengan mengontrol tegangan  $V_G$  di terminal Gate (G)
- ▶ Jika  $V_G$  **low**, tidak ada koneksi antara terminal Source (S) dan Drain (D). Transistor **mati (off)**
- ▶ Jika  $V_G$  **high**, transistor **hidup (on)**. Seolah seperti saklar tertutup antara terminal Source (S) dan Drain (D)

Saklar Transistor

Transistor NMOS

Transistor PMOS

CMOS: Complementary  
MOS

Gerbang Logika  
CMOS

Ringkasan

Lisensi

# Bahasan

## Saklar Transistor

Transistor NMOS

Transistor PMOS

**CMOS: Complementary MOS**

Gerbang Logika CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

<http://didik.blog.undip.ac.id/buku/sistem-digital/>

@2017,Eko Didik Widiyanto ([didik@undip.ac.id](mailto:didik@undip.ac.id))

15



Saklar Transistor

Transistor NMOS

Transistor PMOS

CMOS: Complementary  
MOS

Gerbang Logika  
CMOS

Ringkasan

Lisensi

# NMOS dan PMOS dalam Rangkaian Logika

Saklar Transistor

Transistor NMOS

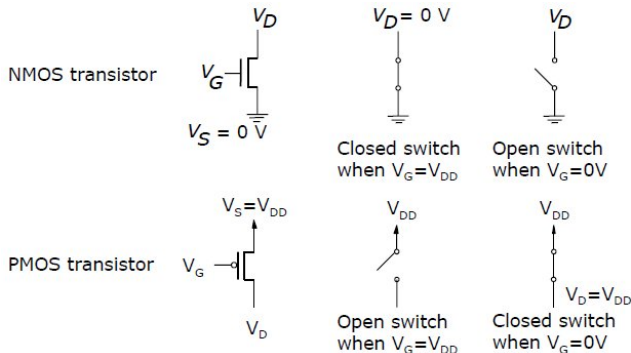
Transistor PMOS

CMOS: Complementary  
MOS

Gerbang Logika  
CMOS

Ringkasan

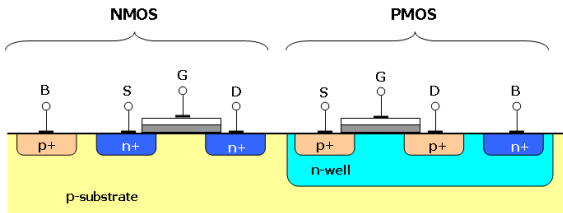
Lisensi



# NMOS dan PMOS dalam Rangkaian Logika

- ▶ Saat transistor NMOS **on**, maka terminal drainnya **pulled-down ke Gnd**
  - ▶ Saat NMOS off, maka terminal  $V_D$  mengambang (*floating*)
- ▶ Saat transistor PMOS **on**, maka terminal drainnya **pulled-up ke VDD**
  - ▶ Saat PMOS off, maka terminal  $V_D$  mengambang (*floating*)
- ▶ Disebabkan cara operasi transistor:
  - ▶ Transistor NMOS **tidak dapat** digunakan untuk mendorong terminal drainnya secara penuh ke VDD
  - ▶ Transistor PMOS **tidak dapat** digunakan untuk mendorong terminal drainnya secara penuh ke GND
- ▶ **Sehingga Dibentuk CMOS**, transistor NMOS dan PMOS dipasangkan

# Layout Transistor CMOS



Saklar Transistor

Transistor NMOS

Transistor PMOS

CMOS: Complementary  
MOS

Gerbang Logika  
CMOS

Ringkasan

Lisensi

sumber gambar: wikipedia

- ▶ Gerbang CMOS: pasangan NMOS dan PMOS
  - ▶ transistor NMOS membentuk **pull-down network (PDN)**
  - ▶ transistor PMOS membentuk **pull-up network (PUN)**
- ▶ Fungsi yang direalisasikan dengan PDN dan PUN adalah saling berkomplemen satu dengan yang lain
- ▶ PDN dan PUN mempunyai jumlah transistor yang sama
  - ▶ Disusun sehingga kedua jaringan adalah **dual** satu sama lain
  - ▶ Dimana PDN mempunyai transistor NMOS secara seri, maka PUN mempunyai PMOS secara paralel dan sebaliknya

Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

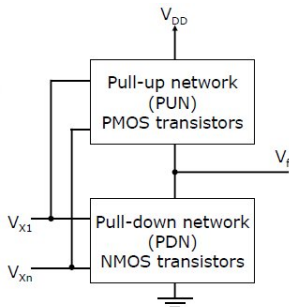
Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

# Gerbang Logika CMOS

- ▶ Untuk semua valuasi sinyal masukan:
  - ▶ PDN menarik  $V_f$  ke Gnd (**pull-down**); atau
  - ▶ PUN menarik  $V_f$  ke  $V_{DD}$  (**pull-up**)



## Saklar Transistor

### Gerbang Logika CMOS

Gerbang NOT CMOS  
Gerbang NAND CMOS  
Gerbang NOR CMOS  
Gerbang AND CMOS  
Gerbang OR CMOS  
Rangkaian Logika CMOS  
Gerbang Buffer  
Transmission Gate  
Buffer Tri-State (Tiga Keadaan)  
Gerbang XOR  
Gerbang XNOR

## Ringkasan

## Lisensi

# Bahasan

## Saklar Transistor

Transistor NMOS

Transistor PMOS

CMOS: Complementary MOS

## Gerbang Logika CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

## Ringkasan

## Lisensi

<http://didik.blog.undip.ac.id/buku/sistem-digital/>

@2017,Eko Didik Widiyanto ([didik@undip.ac.id](mailto:didik@undip.ac.id))

21



Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

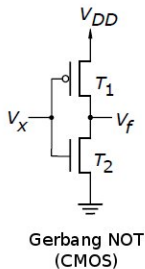
Gerbang XNOR

Ringkasan

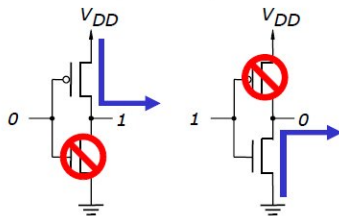
Lisensi

# Gerbang NOT CMOS

- Diimplementasikan dengan **2 transistor**



x	T1	T2	f
0	On	Off	1
1	Off	On	0



Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

# Operasi NOT CMOS

- ▶ Saat masukan  $x = 0$ , maka transistor T1 akan ON dan T2 akan OFF
  - ▶ Arus mengalir dari VDD ke  $V_f$ , sehingga tegangan  $V_f = VDD$  atau  $f = 1$
- ▶ Saat masukan  $x = 1$ , maka transistor T1 akan OFF dan T2 akan ON
  - ▶ Arus mengalir dari GND ke  $V_f$ , sehingga tegangan  $V_f = GND$  atau  $f = 0$
- ▶ Perilaku rangkaian CMOS tersebut adalah sama dengan fungsi logika NOT,  $f = \bar{x}$ . Jika  $x = 0$  maka  $f = 1$ , dan jika  $x = 1$  maka  $f = 0$

Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

# Bahasan

## Saklar Transistor

Transistor NMOS

Transistor PMOS

CMOS: Complementary MOS

## Gerbang Logika CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

## Ringkasan

## Lisensi

<http://didik.blog.undip.ac.id/buku/sistem-digital/>

@2017,Eko Didik Widiyanto ([didik@undip.ac.id](mailto:didik@undip.ac.id))

24



Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

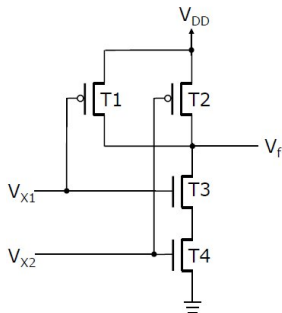
Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

# Gerbang NAND CMOS

- Diimplementasikan dengan **4 transistor**



$x_1$	$x_2$	T1	T2	T3	T4	$f$
0	0	On	On	Off	Off	1
0	1	On	Off	Off	On	1
1	0	Off	On	On	Off	1
1	1	Off	Off	On	On	0

Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

- ▶ Gambarkan skematik rangkaian CMOS untuk fungsi NAND 3 masukan (NAND-3). Tentukan jumlah transistor yang dibutuhkan. Analisis keadaan tiap transistor yang digunakan untuk semua kemungkinan masukan dan nyatakan keluaran rangkaian
- ▶ Gambarkan skematik rangkaian CMOS untuk fungsi NAND n masukan (NAND-n). Tentukan jumlah transistor yang dibutuhkan

Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

# Bahasan

## Saklar Transistor

Transistor NMOS

Transistor PMOS

CMOS: Complementary MOS

## Gerbang Logika CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

**Gerbang NOR CMOS**

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

## Ringkasan

## Lisensi

<http://didik.blog.undip.ac.id/buku/sistem-digital/>

@2017,Eko Didik Widiyanto ([didik@undip.ac.id](mailto:didik@undip.ac.id))

27



## Saklar Transistor

## Gerbang Logika CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

**Gerbang NOR CMOS**

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate  
Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

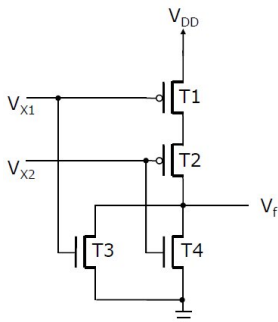
Gerbang XNOR

## Ringkasan

## Lisensi

# Gerbang NOR CMOS

- Diimplementasikan dengan **4 transistor**



$x_1$	$x_2$	T1	T2	T3	T4	$f$
0	0	On	On	Off	Off	1
0	1	On	Off	Off	On	0
1	0	Off	On	On	Off	0
1	1	Off	Off	On	On	0

Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate  
Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

- ▶ Gambarkan skematik rangkaian CMOS untuk fungsi NOR 3 masukan (NOR-3). Tentukan jumlah transistor yang dibutuhkan. Analisis keadaan tiap transistor yang digunakan untuk semua kemungkinan masukan dan nyatakan keluaran rangkaian.
- ▶ Gambarkan skematik rangkaian CMOS untuk fungsi NOR n masukan (NOR-n). Tentukan jumlah transistor yang dibutuhkan.

Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

# Bahasan

## Saklar Transistor

Transistor NMOS

Transistor PMOS

CMOS: Complementary MOS

## Gerbang Logika CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

**Gerbang AND CMOS**

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

## Ringkasan

## Lisensi

<http://didik.blog.undip.ac.id/buku/sistem-digital/>

@2017,Eko Didik Widiyanto ([didik@undip.ac.id](mailto:didik@undip.ac.id))

30



Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

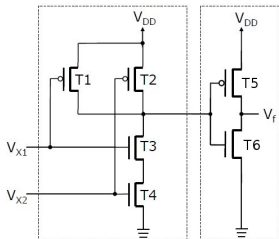
Ringkasan

Lisensi

# Gerbang AND CMOS

$$f = x_1 x_2 = \overline{\overline{x_1 x_2}} = \text{NOT}(\text{NAND}(x_1, x_2))$$

- ▶ Diimplementasikan dengan **6 transistor**



$x_1$	$x_2$	T1	T2	T3	T4	T5	T6	$f$
0	0	On	On	Off	Off	Off	On	0
0	1	On	Off	Off	On	Off	On	0
1	0	Off	On	On	Off	Off	On	0
1	1	Off	Off	On	On	On	Off	1

Saklar Transistor

Gerbang Logika CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

- ▶ Gambarkan skematik rangkaian CMOS untuk fungsi AND 3 masukan (AND-3). Tentukan jumlah transistor yang dibutuhkan. Analisis keadaan tiap transistor yang digunakan untuk semua kemungkinan masukan dan nyatakan keluaran rangkaian.
- ▶ Gambarkan skematik rangkaian CMOS untuk fungsi AND n masukan (AND-n). Tentukan jumlah transistor yang dibutuhkan.

Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

# Bahasan

## Saklar Transistor

Transistor NMOS

Transistor PMOS

CMOS: Complementary MOS

## Gerbang Logika CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

**Gerbang OR CMOS**

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

## Ringkasan

## Lisensi

<http://didik.blog.undip.ac.id/buku/sistem-digital/>

@2017,Eko Didik Widiyanto ([didik@undip.ac.id](mailto:didik@undip.ac.id))

33



Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

**Gerbang OR CMOS**

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

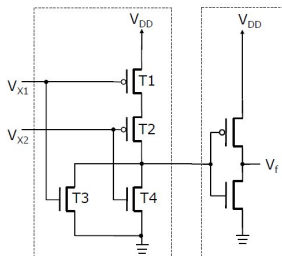
Ringkasan

Lisensi

# Gerbang OR CMOS

$$f = x_1 + x_2 = \overline{\overline{(x_1 + x_2)}} = \text{NOT}(\text{NOR}(x_1, x_2))$$

► Diimplementasikan dengan **6 transistor**



$x_1$	$x_2$	T1	T2	T3	T4	T5	T6	$f$
0	0	On	On	Off	Off	Off	On	0
0	1	On	Off	Off	On	On	Off	1
1	0	Off	On	On	Off	On	Off	1
1	1	Off	Off	On	On	On	Off	1

Saklar Transistor

Gerbang Logika CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

- ▶ Gambarkan skematik rangkaian CMOS untuk fungsi OR 3 masukan (OR-3). Tentukan jumlah transistor yang dibutuhkan. Analisis keadaan tiap transistor yang digunakan untuk semua kemungkinan masukan dan nyatakan keluaran rangkaian.
- ▶ Gambarkan skematik rangkaian CMOS untuk fungsi OR n masukan (OR-n). Tentukan jumlah transistor yang dibutuhkan.

Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

# Bahasan

## Saklar Transistor

Transistor NMOS

Transistor PMOS

CMOS: Complementary MOS

## Gerbang Logika CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

## Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

## Ringkasan

## Lisensi

<http://didik.blog.undip.ac.id/buku/sistem-digital/>

@2017,Eko Didik Widiyanto ([didik@undip.ac.id](mailto:didik@undip.ac.id))

36

## Saklar Transistor

## Gerbang Logika CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

## Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

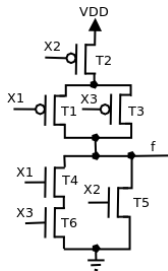
Gerbang XOR

Gerbang XNOR

## Ringkasan

## Lisensi

# Rangkaian Logika CMOS



- ▶ Transistor T1 dan T3 dengan masukan  $x_1$  dan  $x_3$  di PUN tersusun secara paralel, sedangkan T4 dan T6 di PDN tersusun secara seri
- ▶ T2 tersusun secara seri dengan rangkaian T1,T3 di PUN, sedangkan T5 tersusun paralel dengan rangkaian T4,T6 di PDN

$x_1$	$x_2$	$x_3$	T1	T2	T3	T4	T5	T6
0	0	0	On	On	On	Off	Off	Off
0	0	1	On	On	Off	Off	Off	On
0	1	0	On	Off	On	Off	On	Off
0	1	1	On	Off	Off	Off	On	On
1	0	0	Off	On	On	On	Off	Off
1	0	1	Off	On	Off	On	Off	On
1	1	0	Off	Off	On	On	On	Off
1	1	1	Off	Off	Off	On	On	On

Saklar Transistor

Gerbang Logika CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga

Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

0

0

1

0

0

0

- Persamaan logika

$$\begin{aligned}f(x_1, x_2, x_3) &= \sum m(0, 1, 4) \\ &= \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3 + \bar{x}_1\bar{x}_2x_3 + x_1\bar{x}_2\bar{x}_3\end{aligned}$$

- Disederhanakan

$$\begin{aligned}f(x_1, x_2, x_3) &= \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3 + \bar{x}_1\bar{x}_2x_3 + x_1\bar{x}_2\bar{x}_3 \\ &= (\bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3 + \bar{x}_1\bar{x}_2x_3) + (x_1\bar{x}_2\bar{x}_3) \\ &= \bar{x}_1\bar{x}_2 + \bar{x}_2\bar{x}_3 \\ &= \bar{x}_2(\bar{x}_1 + \bar{x}_3)\end{aligned}$$

- Atau transistor T2 dikontrol oleh  $\bar{x}_2$  dipasang seri (AND) dengan rangkaian paralel (OR) T1, T3 yang dikontrol oleh  $\bar{x}_1, \bar{x}_3$ , sehingga  $f = \bar{x}_2(\bar{x}_1 + \bar{x}_3)$ .

Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

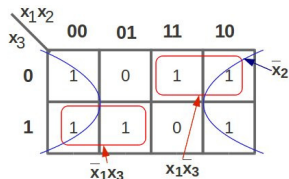
Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

# Rangkaian Logika CMOS

- ▶ Gambarkan rangkaian CMOS untuk fungsi  $f(x_1, x_2, x_3) = \prod M(2, 7)$  menggunakan primitif gerbang dasar. Hitung transistor yang digunakan untuk menyatakan fungsi tersebut
- ▶ **Solusi.** K-map menghasilkan  $f(x_1, x_2, x_3) = \bar{x}_2 + \bar{x}_1 x_3 + x_1 \bar{x}_3$



- ▶ Dengan NAND dan NOT

$$\begin{aligned} f(x_1, x_2, x_3) &= \bar{x}_2 + \bar{x}_1 x_3 + x_1 \bar{x}_3 \\ &= \overline{\overline{\bar{x}_2 + \bar{x}_1 x_3 + x_1 \bar{x}_3}} \\ &= \overline{x_2 \cdot \bar{x}_1 x_3 \cdot x_1 \bar{x}_3} \end{aligned}$$

Gerbang	#Gerbang	#Transistor
NAND-2	2	$2 \times 4 = 8$
NAND-3	1	$1 \times 6 = 6$
NOT	2	$2 \times 2 = 4$

# Bahasan

## Saklar Transistor

Transistor NMOS

Transistor PMOS

CMOS: Complementary MOS

## Gerbang Logika CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

## Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

## Ringkasan

## Lisensi

<http://didik.blog.undip.ac.id/buku/sistem-digital/>

@2017,Eko Didik Widiyanto ([didik@undip.ac.id](mailto:didik@undip.ac.id))

40



Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

**Gerbang Buffer**

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

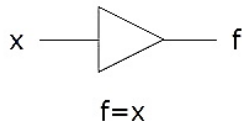
Ringkasan

Lisensi

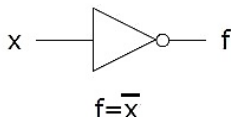
# Buffer (BUFF)

- ▶ **Buffer** sering digunakan di rangkaian yang mempunyai **load (beban) kapasitif** besar
- ▶ Dapat dibuat dengan kemampuan kapasitas driving yang berbeda
  - ▶ Tergantung ukuran transistor yang digunakan
  - ▶ Semakin besar transistor → kemampuan menangani arus yang lebih banyak
  - ▶ Umumnya digunakan untuk mengontrol LED (light emitting diode)
- ▶ Buffer mempunyai **fan-out** yang lebih besar daripada gerbang logika lainnya

## Buffer non-inverting



## Buffer inverting



Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

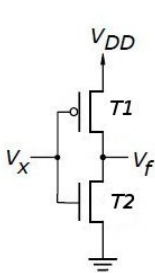
Gerbang XOR

Gerbang XNOR

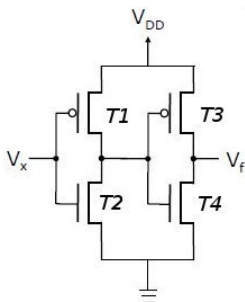
Ringkasan

Lisensi

# Gerbang Buffer CMOS



(a) Buffer inverting



(b) Buffer non-inverting

- Perilaku buffer inverting seperti gerbang NOT, namun mampu memberikan arus yang lebih besar sehingga dapat mensuplai lebih banyak gerbang di keluarannya

Saklar Transistor

Gerbang Logika CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

# Bahasan

## Saklar Transistor

Transistor NMOS

Transistor PMOS

CMOS: Complementary MOS

## Gerbang Logika CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

**Transmission Gate**

Buffer Tri-State (Tiga Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

## Ringkasan

## Lisensi

<http://didik.blog.undip.ac.id/buku/sistem-digital/>

@2017,Eko Didik Widiyanto ([didik@undip.ac.id](mailto:didik@undip.ac.id))

43



Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

**Transmission Gate**

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

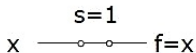
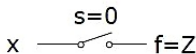
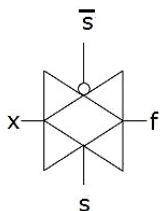
Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

# Transmission Gate

- ▶ **Transmission gate** (TG) berfungsi seperti saklar, menghubungkan input ( $x$ ) ke output ( $f$ )
  - ▶ Umumnya digunakan untuk mengimplementasikan gerbang XOR dan rangkaian multiplexer



$s$	$f$
0	Z
1	x

- ▶ Sinyal  $s$  dan inversnya,  $\bar{s}$ , akan mengontrol operasi dari TG, yaitu

$$f = \begin{cases} Z & , \text{jika } s = 0 \text{ dan } \bar{s} = 1 \\ x & , \text{jika } s = 1 \text{ dan } \bar{s} = 0 \end{cases}$$

Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

**Transmission Gate**

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

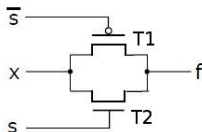
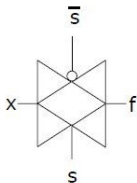
Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

# Transmission Gate CMOS

## ► Menggunakan 2 transistor



s	f
0	Z
1	x

Saklar Transistor

Gerbang Logika CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga Keadaan)

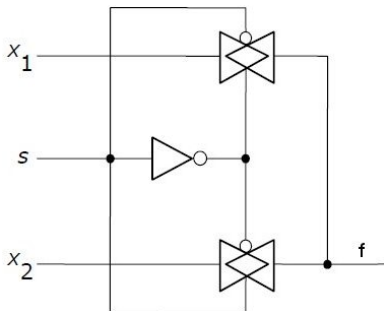
Gerbang XOR

Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

# Multiplexer dengan TG



$$f = \begin{cases} x_1 & , \text{jika } s = 0 \\ x_2 & , \text{jika } s = 1 \end{cases}$$

- Jumlah transistor yang diperlukan: 6 buah

Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

# Bahasan

## Saklar Transistor

Transistor NMOS

Transistor PMOS

CMOS: Complementary MOS

## Gerbang Logika CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

**Buffer Tri-State (Tiga Keadaan)**

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

## Ringkasan

## Lisensi

<http://didik.blog.undip.ac.id/buku/sistem-digital/>

@2017,Eko Didik Widiyanto ([didik@undip.ac.id](mailto:didik@undip.ac.id))

47



Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

**Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)**

Gerbang XOR

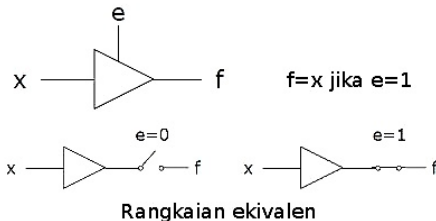
Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

# Buffer Tiga Keadaan

- ▶ Gerbang (Buffer) Tri-state mempunyai:
  - ▶ satu input ( $x$ )
  - ▶ satu output ( $f$ )
  - ▶ satu masukan kontrol ( $e$ )
- ▶ Saat  $e = 1$ , buffer melakukan nilai  $x$  ke  $f$ . Jika  $e = 0$ , masukan buffer terputus dari keluaran  $f$



- ▶ Karakteristik:

$$f = \begin{cases} Z & , \text{jika } e = 0 \\ x & , \text{jika } e = 1 \end{cases}$$

# Buffer (Gerbang) Tri-State

- ▶ Untuk baris dimana  $e=0$ , keluaran dinyatakan dengan nilai Z
  - ▶ Nilai Z disebut kondisi ***high-impedance***
- ▶ Nama tri-state berasal dari 2 keadaan normal (0 dan 1) dan Z sebagai keadaan ketiga (tidak mempunyai keluaran)

$e$	$x$	$f$
0	0	Z
0	1	Z
1	0	0
1	1	1

Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

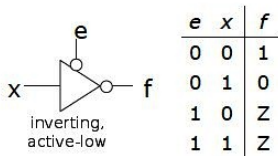
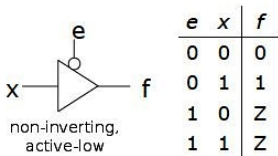
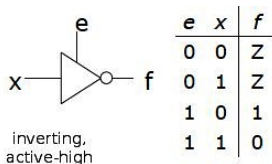
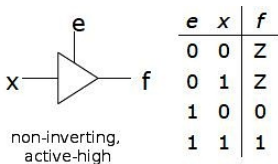
Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

# Tipe Buffer Tri-state

- ▶ 4 konfigurasi buffer tri-state: **tipe output** dan  **sinyal kontrol**



Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

# Tipe Buffer Tri-state

1. *non-inverting, active-high*. Keluaran buffer  $f = x$  saat aktif dan  $f = Z$  saat tidak aktif. Buffer aktif saat  $e = 1$  dan tidak aktif saat  $e = 0$ .
2. *non-inverting, active-low*. Keluaran buffer  $f = x$  saat aktif dan  $f = Z$  saat tidak aktif. Buffer aktif saat  $e = 0$  dan tidak aktif saat  $e = 1$ .
3. *inverting, active-high*. Keluaran buffer  $f = \bar{x}$  (terinvers) saat aktif dan  $f = Z$  saat tidak aktif. Buffer aktif saat  $e = 1$  dan tidak aktif saat  $e = 0$ .
4. *inverting, active-low*. Keluaran buffer  $f = \bar{x}$  saat aktif dan  $f = Z$  saat tidak aktif. Buffer aktif saat  $e = 0$  dan tidak aktif saat  $e = 1$ .

Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

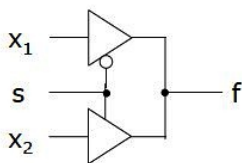
Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi



# Aplikasi Buffer Tri-State (MUX-2)



s	x1	x2	f
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

- ▶ Kedua output gerbang tristate dihubungkan
  - ▶ Ini dimungkinkan, karena salah satu keluaran gerbang tri-state akan Z (*high-impedance*)
- ▶ Fungsi: multiplexer 2-masukan
  - ▶ Jumlah transistor yang diperlukan: 18 buah

Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

# Bahasan

## Saklar Transistor

Transistor NMOS

Transistor PMOS

CMOS: Complementary MOS

## Gerbang Logika CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga Keadaan)

**Gerbang XOR**

Gerbang XNOR

## Ringkasan

## Lisensi

<http://didik.blog.undip.ac.id/buku/sistem-digital/>

@2017,Eko Didik Widiyanto ([didik@undip.ac.id](mailto:didik@undip.ac.id))

54



Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

**Gerbang XOR**

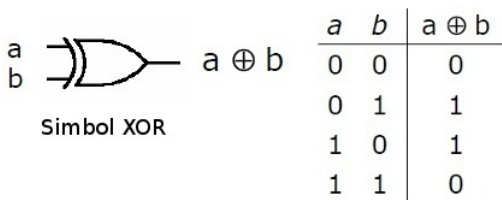
Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

# Gerbang XOR

- ▶ Elemen dasar yang lain adalah gerbang **exclusive OR (XOR)**
  - ▶ Digunakan untuk operasi aritmatika
- ▶ Fungsi XOR ditunjukkan dengan simbol  $\oplus$ 
  - ▶ Bentuk SOP,  $x_1 \oplus x_2 = \bar{x}_1x_2 + x_1\bar{x}_2 = \sum m(1, 2)$
  - ▶ Keluaran akan bernilai "1" jika dan hanya jika jumlah masukan bernilai "1" ganjil



Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

# Gerbang XOR-2 CMOS

Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

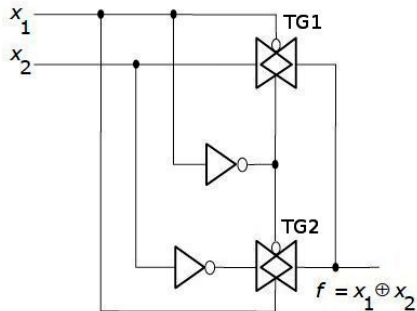
Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi



# XOR 3-Variabel dan 4-Variabel

- ▶ Persamaan fungsi XOR 3-masukan:

$$f(x_1, x_2, x_3) = x_1 \oplus x_2 \oplus x_3$$

- ▶ Bentuk kanonik SOPnya?
- ▶ Rangkaian logika?

- ▶ Persamaan fungsi XOR 4-masukan:

$$f(x_1, x_2, x_3, x_4) = x_1 \oplus x_2 \oplus x_3 \oplus x_4$$

- ▶ Bentuk kanonik SOPnya?
- ▶ Rangkaian logika?

Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

- ▶ Rangkaian aritmatika: elemen full-adder, penjumlah/pengurang dan deteksi overflow
- ▶ Parity generator dan deteksi bit error transmisi
- ▶ enkripsi DES  
([http://en.wikipedia.org/wiki/Data\\_Encryption\\_Standard](http://en.wikipedia.org/wiki/Data_Encryption_Standard))

Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

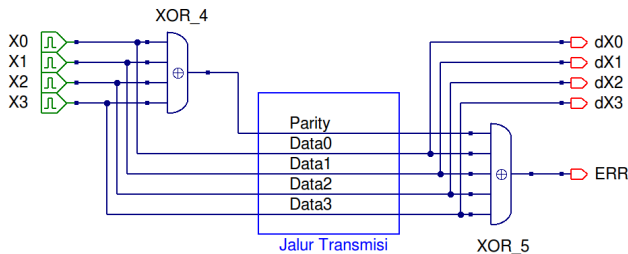
Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

# Rangkaian Generator dan Checker Parity

- ▶ Parity generator dan checker untuk data 4-bit
  - ▶ Parity genap: nilai '1' dari bit data dan paritinya berjumlah genap
  - ▶ Menjamin kehandalan data saat transmisi
  - ▶ Mendeteksi 1 kesalahan bit



Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

# Elemen Full Adder (Penjumlah)

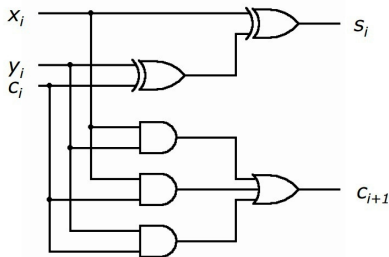
$C_i$	$X_i$	$Y_i$	$C_{i+1}$	$S_i$
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1

$C_i \backslash X_i Y_i$	00	01	11	10
0	0	1	0	1
1	1	0	1	0

$$S_i = X_i \oplus Y_i \oplus C_i$$

$C_i \backslash X_i Y_i$	00	01	11	10
0	0	0	1	0
1	0	1	1	1

$$C_{i+1} = X_i Y_i + Y_i C_i + X_i C_i$$



Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

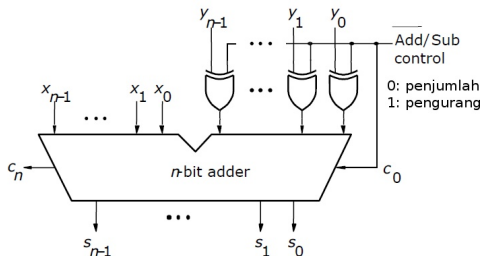
Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

# Rangkaian Penjumlah dan Pengurang

- ▶ Kontrol  $\overline{\text{Add/Sub}} = 1$  menginverskan masukan  $Y[n-1, \dots, 0]$  dan menjumlahkan dan  $C_0 = 1$ 
  - ▶  $(-Y) = 2$ 's complement dari  $Y$



Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

# Rangkaian Komparator 4-bit

Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

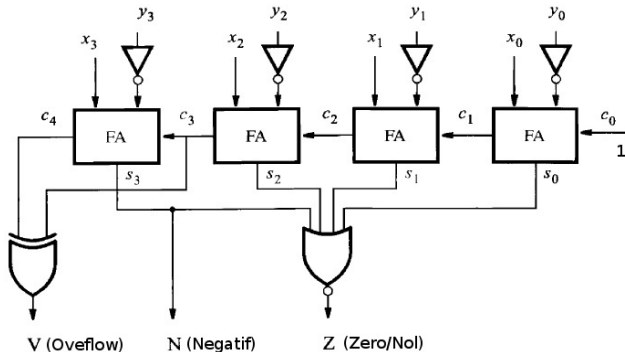
Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi





# Bahasan

## Saklar Transistor

Transistor NMOS

Transistor PMOS

CMOS: Complementary MOS

## Gerbang Logika CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga Keadaan)

Gerbang XOR

**Gerbang XNOR**

## Ringkasan

## Lisensi

<http://didik.blog.undip.ac.id/buku/sistem-digital/>

@2017,Eko Didik Widiyanto ([didik@undip.ac.id](mailto:didik@undip.ac.id))

64



## Saklar Transistor

## Gerbang Logika CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

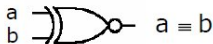
## Ringkasan

## Lisensi

# Gerbang XNOR

- ▶ Komplement XOR adalah gerbang **XNOR** - exclusive NOR
- ▶ Fungsi XNOR ditunjukkan dengan simbol  $\equiv$ 
  - ▶ Bentuk SOP,  
$$x_1 \equiv x_2 = \overline{(x_1 \oplus x_2)} = x_1 x_2 + \bar{x}_1 \bar{x}_2 = \sum m(0, 3)$$
  - ▶ Keluaran akan bernilai "1" hanya jika jumlah masukan dengan nilai "1" genap
  - ▶ Disebut juga **fungsi kesamaan** (ekuivalensi)

$a$	$b$	$a \equiv b$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1



Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

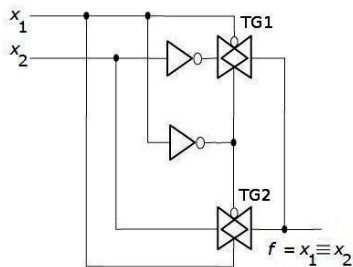
Gerbang XOR

Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

# Gerbang XNOR-2 CMOS



Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

# XNOR 3-Variabel dan 4-variabel

- ▶ Persamaan XNOR 3-variabel:  $f(x_1, x_2, x_3) = x_1 \equiv x_2 \equiv x_3$ 
  - ▶ Bentuk kanonik SOP?
  - ▶ Rangkaian logika?
- ▶ Persamaan XNOR 4-variabel:  
 $f(x_1, x_2, x_3, x_4) = x_1 \equiv x_2 \equiv x_3 \equiv x_4$ 
  - ▶ Bentuk kanonik SOP?
  - ▶ Rangkaian logika?

Saklar Transistor

Gerbang Logika  
CMOS

Gerbang NOT CMOS

Gerbang NAND CMOS

Gerbang NOR CMOS

Gerbang AND CMOS

Gerbang OR CMOS

Rangkaian Logika CMOS

Gerbang Buffer

Transmission Gate

Buffer Tri-State (Tiga  
Keadaan)

Gerbang XOR

Gerbang XNOR

Ringkasan

Lisensi

- ▶ Yang telah kita pelajari hari ini:
  - ▶ Implementasi CMOS untuk gerbang logika dasar AND, OR, NOT, NAND dan NOR
  - ▶ Implementasi CMOS untuk gerbang buffer, transmisi, buffer tiga keadaan, XOR, XNOR
  - ▶ Aplikasi XOR dan XNOR
- ▶ Implementasi rangkaian logika CMOS ini ke dalam IC TTL keluarga 7400. IC TTL ini akan digunakan untuk mengimplementasikan suatu fungsi logika secara *hardware*.
- ▶ Pelajari: <http://didik.blog.undip.ac.id/2017/03/06/tkc205-sistem-digital-2016-genap/>

## 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 alamat URL di bawah sebagai sumber.
  - ▶ **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](#)
- ▶ Alamat URL: <http://didik.blog.undip.ac.id/buku/sistem-digital/>