

# Rangkaian Kombinasional (Bagian 1)

## Kuliah#12 TKC205 Sistem Digital

Eko Didik Widianto

Departemen Teknik Sistem Komputer, Universitas Diponegoro

11 Maret 2017

- ▶ Rangkaian digital dapat digolongkan dalam 2 tipe:
  1. Rangkaian kombinasional mempunyai nilai keluaran di suatu waktu hanya ditentukan oleh nilai dari masukannya di waktu tersebut
    - ▶ Tidak ada penyimpanan informasi atau ketergantungan terhadap nilai keluaran sebelumnya
  2. Rangkaian sekuensial mempunyai nilai keluaran di suatu waktu ditentukan oleh nilai masukannya waktu itu dan nilai keluaran sebelumnya
    - ▶ Mempunyai penyimpan (*storage*) untuk menyimpan nilai keluaran sebelumnya
- ▶ Kedua tipe rangkaian digital terdapat dalam komputer, misalnya ALU dan dekoder alamat (kombinasional) serta register dan pencacah (sekuensial)

- ▶ Di kuliah sebelumnya dibahas tentang representasi bilangan dan operasi aritmatika (penjumlahan dan pengurangan)
  - ▶ Operasi aritmetika digital diwujudkan dalam rangkaian penjumlah/pengurang  $n$  bit
    - ▶ Merupakan komponen penyusun sistem komputer di unit logika dan aritmetika (ALU)
- ▶ Selanjutnya akan dibahas tentang rangkaian kombinasional dan blok komponen penyusunnya
  - ▶ Blok rangkaian kombinasional: multiplekser, enkoder, konverter kode, demultiplekser, dekoder
  - ▶ teorema ekspansi Shannon
  - ▶ komponen output 7-segmen
  - ▶ desain rangkaian kombinasional yang terdiri atas blok rangkaian tersebut

- ▶ Mahasiswa akan mampu:
  - ▶ [C2] menjelaskan fungsi karakteristik blok komponen rangkaian kombinasional dengan tepat
  - ▶ [C4] mengaplikasikan blok rangkaian kombinasional dalam desain sistem digital serta menganalisisnya
  - ▶ [C4] merancang dan menganalisis rangkaian multiplekser dari fungsi logika yang diinginkan, dengan menggunakan ekspansi Shannon
- ▶ 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)

# Buku Acuan/Referensi

Eko Didik Widiyanto, Sistem Digital: Analisis, Desain dan Implementasi, Edisi Pertama, Graha Ilmu, 2014

## **(Bab 10: Rangkaian Kombinasional)**

### ▶ Materi:

- ▶ 10.1 Multiplexer: MUX-2, MUX-4, Analisis Rangkaian Mux, Aplikasi Mux, Ekspansi Shannon, IC TTL Mux
- ▶ 10.2 Blok Encoder: One-hot, Encoder Prioritas, IC TTL Encoder

### ▶ Website:

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



Rangkaian  
Kombinasional  
(Bagian 1)

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

Multiplexer  
(MUX)

Blok Encoder

Ringkasan

Lisensi

# Bahasan

Rangkaian  
Kombinasi  
(Bagian 1)

@2017,Eko Didik  
Widianto (di-  
dik@live.undip.ac.id)

Multiplekser (MUX)

Multiplekser  
(MUX)

Blok Enkoder

Blok Enkoder

Ringkasan

Ringkasan

Lisensi

Lisensi

# Rangkaian Kombinasional

## ▶ Rangkaian digital: **kombinasional** dan **sekuensial**

### ▶ Rangkaian kombinasional

- ▶ Nilai keluaran rangkaian di suatu waktu **hanya ditentukan oleh nilai dari masukannya** di waktu tersebut
- ▶ **Tidak ada** penyimpanan informasi atau ketergantungan terhadap nilai sebelumnya
- ▶ Misalnya: multiplekser, enkoder, dekoder, demux, ALU

### ▶ Rangkaian Sekuensial

- ▶ Nilai keluaran rangkaian di suatu waktu ditentukan oleh **nilai masukannya waktu itu** dan **nilai keluaran sebelumnya**
- ▶ Menyertakan **storage** untuk menyimpan nilai masukan
- ▶ Elemen dasar untuk menyimpan data 1-bit adalah **flip-flop**
- ▶ rangkaian sekuensial n-bit misalnya register, counter
- ▶ **Sebagian besar rangkaian digital adalah sekuensial**

# Multiplekser

- ▶ Sebuah rangkaian multiplekser (MUX) mempunyai
- ▶ N buah masukan SELECT
  - ▶ Maksimal  $2^N$  jalur data masukan
  - ▶ Satu output
- ▶ MUX melewatkan nilai sinyal dari salah satu data masukan ke jalur keluaran tergantung dari nilai masukan SELECT
- ▶ Untuk memilih  $n$  masukan diperlukan  $^2\log(n)$  kontrol *select*
- ▶ Contoh: Diinginkan rangkaian untuk memilih 7 jalur data masukan. Tentukan jumlah jalur masukan *Select*
  - ▶ **Solusi.** Jumlah jalur *Select*, N, dapat dinyatakan sebagai  $N = \log_2(7) \approx 2,807$ . Nilai N dibulatkan ke atas, sehingga jumlah jalur *Select* yang disediakan  $N = 3$ . Dengan  $N = 3$ , jumlah masukan yang bisa dipilih maksimal 8 jalur data masukan

## Multiplekser (MUX)

Multiplekser 2 Masukan

Multiplekser Banyak  
Masukan

Analisis Rangkaian MUX

Aplikasi Multiplekser

Fungsi Logika dengan Mux  
(Ekspansi Shannon)

IC 74LS151

Blok Enkoder

Ringkasan

Lisensi



Multiplekser (MUX)

Blok Enkoder

Ringkasan

Lisensi

Multiplekser  
(MUX)

Multiplekser 2 Masukan

Multiplekser Banyak  
Masukan

Analisis Rangkaian MUX

Aplikasi Multiplekser

Fungsi Logika dengan Mux  
(Ekspansi Shannon)

IC 74LS151

Blok Enkoder

Ringkasan

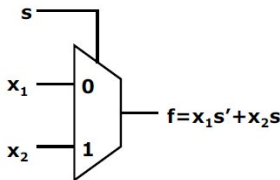
Lisensi

# Multiplexer (MUX-2)

- ▶ mempunyai 2 masukan data  $x_0$  dan  $x_1$ , 1 jalur *select*  $s$  dan 1 keluaran  $f$
- ▶ Perilaku
  - ▶ Jika  $s = 0$ , maka  $f = x_0$
  - ▶ Jika  $s = 1$ , maka  $f = x_1$

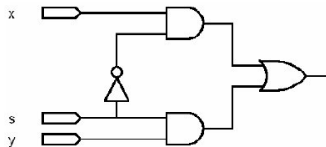
$$f(s, x_0, x_1) = \begin{cases} x_0 & \text{untuk } s = 0 \\ x_1 & \text{untuk } s = 1 \end{cases}$$
$$f(s, x_0, x_1) = x_0 \cdot \bar{s} + x_1 \cdot s$$

## MUX 2-masukan

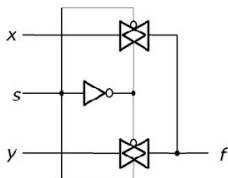


s	$f(s, x_1, x_2)$
0	$x_1$
1	$x_2$

# Implementasi MUX



Implementasi CMOS:  
2 AND + 1 OR + 1 NOT  
Total **20 transistor**



Implementasi CMOS:  
2 TG + 1 NOT  
Total **6 transistor (preferred)**

- ▶ Berapa jumlah transistor CMOS untuk MUX-2 menggunakan NAND-NAND?

## Multiplexer (MUX)

Multiplexer 2 Masukan

Multiplexer Banyak Masukan

Analisis Rangkaian MUX

Aplikasi Multiplexer

Fungsi Logika dengan Mux (Ekspansi Shannon)

IC 74LS151

Blok Enkoder

Ringkasan

Lisensi

## Multiplekser (MUX)

## Blok Enkoder

## Ringkasan

## Lisensi

### Multiplekser (MUX)

Multiplekser 2 Masukan

Multiplekser Banyak  
Masukan

Analisis Rangkaian MUX

Aplikasi Multiplekser

Fungsi Logika dengan Mux  
(Ekspansi Shannon)

IC 74LS151

### Blok Enkoder

### Ringkasan

### Lisensi

# MUX 4 Masukan (MUX-4)

- ▶ MUX 4-masukan memilih satu dari 4 data masukan yang akan dilewatkan ke keluaran
- ▶ Ditentukan oleh nilai 2 jalur SELECT ( $s_0, s_1$ )
- ▶ Dapat dikonstruksi menggunakan 3 buah MUX 2-masukan

## Multiplexer (MUX)

Multiplexer 2 Masukan

Multiplexer Banyak Masukan

Analisis Rangkaian MUX

Aplikasi Multiplexer

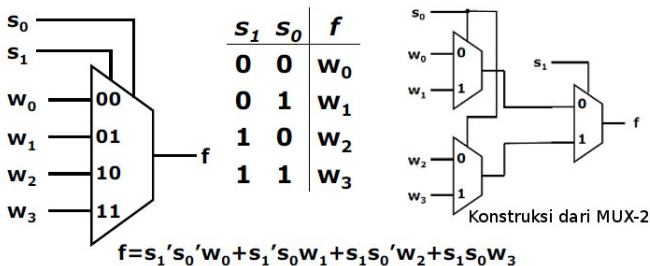
Fungsi Logika dengan Mux (Ekspansi Shannon)

IC 74LS151

Blok Enkoder

Ringkasan

Lisensi



# Perilaku MUX-4

Perilaku MUX 4-ke-1:

- ▶ Jika  $s_1 s_0 = 00$ , maka  $f = x_0$
- ▶ Jika  $s_1 s_0 = 01$ , maka  $f = x_1$
- ▶ Jika  $s_1 s_0 = 10$ , maka  $f = x_2$
- ▶ Jika  $s_1 s_0 = 11$ , maka  $f = x_3$

Persamaan fungsi MUX 4-ke-1:

$$f(s, x_0, x_1, x_2, x_3) = \begin{cases} x_0 & \text{untuk } s_1 s_0 = 00 \\ x_1 & \text{untuk } s_1 s_0 = 01 \\ x_2 & \text{untuk } s_1 s_0 = 10 \\ x_3 & \text{untuk } s_1 s_0 = 11 \end{cases}$$

Multiplekser  
(MUX)

Multiplekser 2 Masukan

Multiplekser Banyak  
Masukan

Analisis Rangkaian MUX

Aplikasi Multiplekser

Fungsi Logika dengan Mux  
(Ekspansi Shannon)

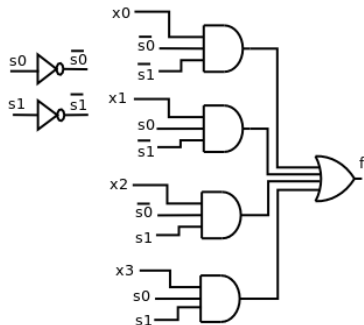
IC 74LS151

Blok Enkoder

Ringkasan

Lisensi

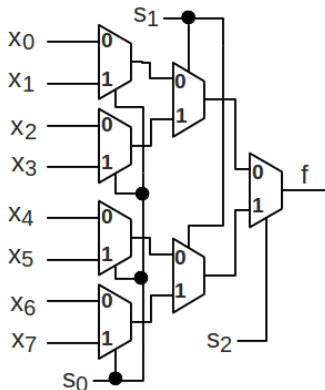
# Rangkaian MUX-4



- ▶ membutuhkan 4 AND-3, 1 OR-4 dan 2 NOT
  - ▶ Jumlah transistor CMOS= $4 \times 8 + 1 \times 10 + 2 \times 2 = 62$  transistor







- Secara umum, MUX n-ke-1 dapat dibentuk dengan susunan  $(n - 1)$  MUX 2-ke-1 untuk membentuk rangkaian MUX  $\log_2(n)$  level

Multiplekser (MUX)

Blok Enkoder

Ringkasan

Lisensi

Multiplekser  
(MUX)

Multiplekser 2 Masukan  
Multiplekser Banyak  
Masukan

Analisis Rangkaian MUX

Aplikasi Multiplekser

Fungsi Logika dengan Mux  
(Ekspansi Shannon)

IC 74LS151

Blok Enkoder

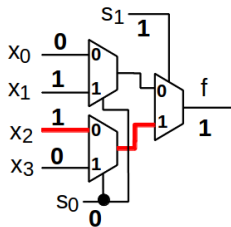
Ringkasan

Lisensi

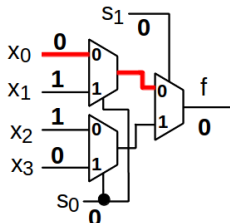
# Analisis Rangkaian MUX

Rangkaian  
Kombinasi  
(Bagian 1)

@2017,Eko Didik  
Widianto (di-  
dik@live.undip.ac.id)



$$f(1,0,0,1,1,0)=1$$



$$f(0,0,0,1,1,0)=0$$

## Multiplexer (MUX)

Multiplexer 2 Masukan

Multiplexer Banyak  
Masukan

Analisis Rangkaian MUX

Aplikasi Multiplexer

Fungsi Logika dengan Mux  
(Ekspansi Shannon)

IC 74LS151

Blok Enkoder

Ringkasan

Lisensi

## Multiplekser (MUX)

## Blok Enkoder

## Ringkasan

## Lisensi

### Multiplekser (MUX)

Multiplekser 2 Masukan  
Multiplekser Banyak  
Masukan

Analisis Rangkaian MUX

#### Aplikasi Multiplekser

Fungsi Logika dengan Mux  
(Ekspansi Shannon)  
IC 74LS151

### Blok Enkoder

### Ringkasan

### Lisensi

- ▶ *Crossbar*  $n \times k$
- ▶ Saklar terprogram di FPGA
- ▶ Rangkaian LUT (*Look-up Table*) di CPLD
- ▶ Selektor kanal di konverter analog ke digital (ADC)
- ▶ Serializer data paralel

## Multiplexer (MUX)

Multiplexer 2 Masukan

Multiplexer Banyak  
Masukan

Analisis Rangkaian MUX

Aplikasi Multiplexer

Fungsi Logika dengan Mux  
(Ekspansi Shannon)

IC 74LS151

Blok Enkoder

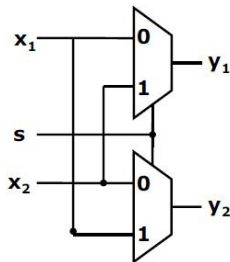
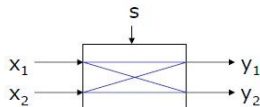
Ringkasan

Lisensi

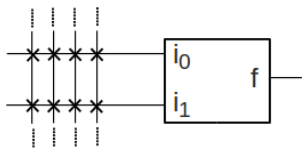
# Aplikasi MUX: 2x2 Crossbar

- ▶ **Crossbar**  $n \times k$ : rangkaian dengan  $n$  masukan dan  $k$  keluaran yang fungsinya untuk menyediakan koneksi dari sebarang masukan ke sebarang keluaran
- ▶ **Crossbar**  $2 \times 2$ : 2 masukan dan 2 keluaran
- ▶ Digunakan di aplikasi untuk menghubungkan satu set jalur ke jalur lainnya (misalnya jaringan switching telepon)

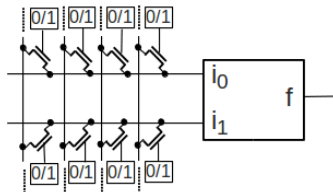
s	$y_0$	$y_1$
0	$x_0$	$x_1$
1	$x_1$	$x_0$



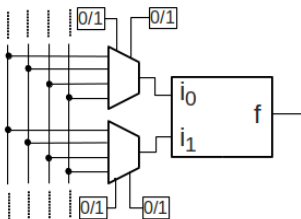
# Aplikasi MUX: Programmable Switch di FPGA



X=programmable switch



(a) Implementasi transistor



(b) Implementasi MUX

## Multiplexer (MUX)

Multiplexer 2 Masukan  
Multiplexer Banyak Masukan

Analisis Rangkaian MUX

Aplikasi Multiplexer

Fungsi Logika dengan Mux (Ekspansi Shannon)  
IC 74LS151

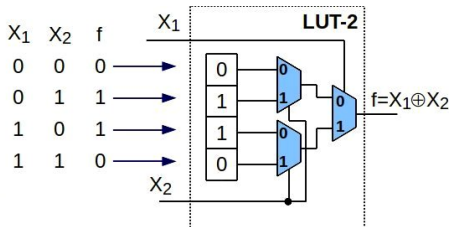
Blok Enkoder

Ringkasan

Lisensi

# Aplikasi MUX: LUT-2

- ▶ Lookup Table 2 masukan di CPLD
- ▶ Diinginkan fungsi:  $f = X_1 \oplus X_2$



- ▶ Analisis rangkaian MUX tersebut

## Multiplexer (MUX)

Multiplexer 2 Masukan  
Multiplexer Banyak  
Masukan

Analisis Rangkaian MUX

Aplikasi Multiplexer

Fungsi Logika dengan Mux  
(Ekspansi Shannon)  
IC 74LS151

Blok Enkoder

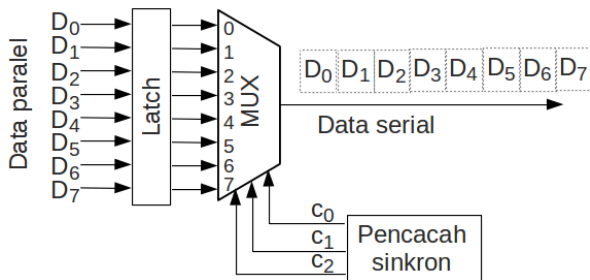
Ringkasan

Lisensi



# Aplikasi MUX: Serializer

- Mengubah data paralel menjadi serial



## Multiplexer (MUX)

Multiplexer 2 Masukan

Multiplexer Banyak  
Masukan

Analisis Rangkaian MUX

Aplikasi Multiplexer

Fungsi Logika dengan Mux  
(Ekspansi Shannon)

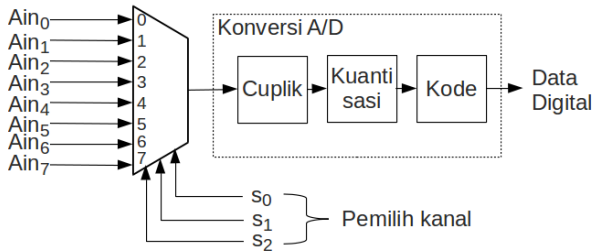
IC 74LS151

Blok Enkoder

Ringkasan

Lisensi

# Aplikasi MUX: Pemilih Kanal ADC



## Multiplexer (MUX)

Multiplexer 2 Masukan

Multiplexer Banyak Masukan

Analisis Rangkaian MUX

Aplikasi Multiplexer

Fungsi Logika dengan Mux (Ekspansi Shannon)

IC 74LS151

## Blok Enkoder

## Ringkasan

## Lisensi

Multiplekser (MUX)

Blok Enkoder

Ringkasan

Lisensi

Multiplekser  
(MUX)

Multiplekser 2 Masukan  
Multiplekser Banyak  
Masukan

Analisis Rangkaian MUX  
Aplikasi Multiplekser

Fungsi Logika dengan Mux  
(Ekspansi Shannon)  
IC 74LS151

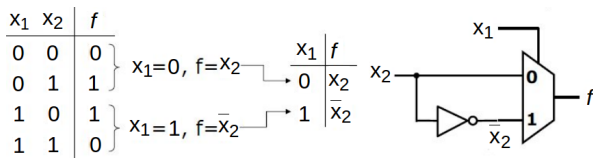
Blok Enkoder

Ringkasan

Lisensi

# Fungsi Logika dengan MUX

- ▶ MUX dapat digunakan untuk mensintesis fungsi logika
- ▶ Misalnya:  $f(x_1, x_2) = x_1 \oplus x_2$



- ▶ Fungsi  $f(x_1, x_2) = x_1 \oplus x_2$  dapat dinyatakan:

$$f = \begin{cases} x_2 & \text{untuk } x_1 = 0 \\ \bar{x}_2 & \text{untuk } x_1 = 1 \end{cases}$$

## Multiplekser (MUX)

Multiplekser 2 Masukan

Multiplekser Banyak  
Masukan

Analisis Rangkaian MUX

Aplikasi Multiplekser

Fungsi Logika dengan Mux  
(Ekspansi Shannon)

IC 74LS151

## Blok Enkoder

## Ringkasan

## Lisensi

# Teori Ekspansi Shannon: Sintesis Multiplexer

- ▶ Sebarang fungsi Boolean  $f(w_1, \dots, w_n)$  dapat dituliskan dalam bentuk

$$f(w_1, \dots, w_n) = \bar{w}_1 \cdot f(0, w_2, \dots, w_n) + w_1 \cdot f(1, w_2, \dots, w_n)$$

- ▶ Misalnya

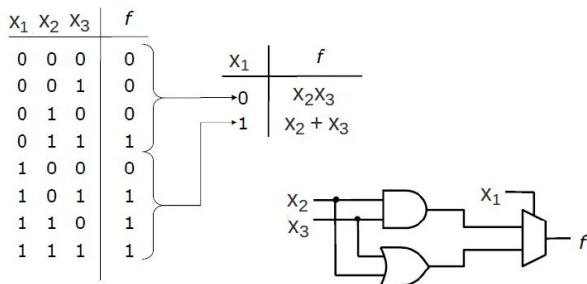
$$\begin{aligned} f(x_1, x_2, x_3) &= \sum m(3, 5, 6, 7) \\ &= \bar{x}_1 x_2 x_3 + x_1 \bar{x}_2 x_3 + x_1 x_2 \bar{x}_3 + x_1 x_2 x_3 \\ &= \bar{x}_1 (x_2 x_3) + x_1 (\bar{x}_2 x_3 + x_2 \bar{x}_3 + x_2 x_3) \\ &= \bar{x}_1 (x_2 x_3) + x_1 (x_2 + x_3) \end{aligned}$$

- ▶ Atau dapat dinyatakan bahwa:

$$f(x_1, x_2, x_3) = \begin{cases} x_2 x_3 & \text{saat } x_1 = 0 \\ x_2 + x_3 & \text{saat } x_1 = 1 \end{cases}$$

# Contoh Ekspansi Shannon

- Sintesis rangkaian  $f(x_1, x_2, x_3) = \sum m(3, 5, 6, 7)$



# Contoh Ekspansi Shannon

- ▶ Contoh:  $f(x_1, x_2, x_3) = \sum m(0, 1, 3, 4, 5)$ 
  - ▶ Pilih  $x_1$  sebagai variabel ekspansi (opsi #1)

$$\begin{aligned}f(x_1, x_2, x_3) &= \sum m(0, 1, 3, 4, 5) \\&= \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 + \bar{x}_1 \bar{x}_2 x_3 + \bar{x}_1 x_2 x_3 + x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 + x_1 \bar{x}_2 x_3 \\&= \bar{x}_1 (\bar{x}_2 \bar{x}_3 + \bar{x}_2 x_3 + x_2 x_3) + x_1 (\bar{x}_2 \bar{x}_3 + \bar{x}_2 x_3) \\&= \bar{x}_1 (\bar{x}_2 + x_3) + x_1 (\bar{x}_2) \\&= \underbrace{\bar{x}_1 (\bar{x}_2 + x_3)}_{f \text{ saat } x_1=0} + \underbrace{x_1 (\bar{x}_2)}_{f \text{ saat } x_1=1}\end{aligned}$$

- ▶ Pilih  $x_2$  sebagai variabel ekspansi (opsi #2)

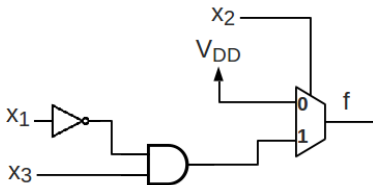
$$\begin{aligned}f(x_1, x_2, x_3) &= \sum m(0, 1, 3, 4, 5) \\&= \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 + \bar{x}_1 \bar{x}_2 x_3 + \bar{x}_1 x_2 x_3 + x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 + x_1 \bar{x}_2 x_3 \\&= \bar{x}_2 (\bar{x}_1 \bar{x}_3 + \bar{x}_1 x_3 + x_1 \bar{x}_3 + x_1 x_3) + x_2 (\bar{x}_1 x_3) \\&= \underbrace{\bar{x}_2 (1)}_{f \text{ saat } x_2=0} + \underbrace{x_2 (\bar{x}_1 x_3)}_{f \text{ saat } x_2=1}\end{aligned}$$

# Rangkaian $f(x_1, x_2, x_3) = \sum m(0, 1, 3, 4, 5)$

Rangkaian  
Kombinasi  
(Bagian 1)

@2017, Eko Didik  
Widianto (di-  
dik@live.undip.ac.id)

$$\begin{aligned} f(x_1, x_2, x_3) &= \sum m(0, 1, 3, 4, 5) \\ &= \underbrace{\bar{x}_2 (1)}_{f \text{ saat } x_2=0} + \underbrace{x_2 (\bar{x}_1 x_3)}_{f \text{ saat } x_2=1} \end{aligned}$$



Multiplexer  
(MUX)

Multiplexer 2 Masukan

Multiplexer Banyak  
Masukan

Analisis Rangkaian MUX

Aplikasi Multiplexer

Fungsi Logika dengan Mux  
(Ekspansi Shannon)

IC 74LS151

Blok Enkoder

Ringkasan

Lisensi



# Fungsi Logika dengan MUX: XOR 3-masukan

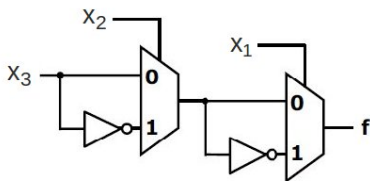
- ▶ XOR 3-masukan dapat diimplementasikan dengan 2 buah MUX 2-masukan

$$f(x_1, x_2, x_3) = \bar{x}_1(x_2 \oplus x_3) + x_1(\overline{x_2 \oplus x_3})$$

$x_1$	$x_2$	$x_3$	$f$
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

$x_2 \oplus x_3$

$\overline{x_2 \oplus x_3}$



- ▶ Membentuk rangkaian MUX-2 2 level

# MUX 2 Level

- ▶ Rancang rangkaian 2 level MUX-MUX

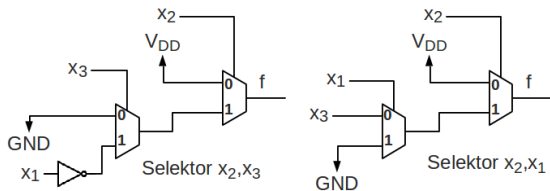
$$f(x_1, x_2, x_3) = \sum m(0, 1, 3, 4, 5)$$

- ▶ **Solusi.** menggunakan  $x_2$  dan  $x_3$  sebagai selektor

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

- ▶ atau menggunakan  $x_2$  dan  $x_1$  sebagai selektor

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



## Multiplekser (MUX)

Multiplekser 2 Masukan

Multiplekser Banyak

Masukan

Analisis Rangkaian MUX

Aplikasi Multiplekser

Fungsi Logika dengan Mux

(Ekspansi Shannon)

IC 74LS151

## Blok Enkoder

## Ringkasan

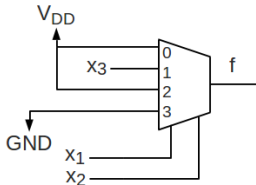
## Lisensi

# Ekspansi Shannon dengan MUX-4

## ► Ekspansi Shannon

$$f(x_1, \dots, x_n) = \bar{x}_1 \bar{x}_2 \cdot f(0, 0, x_3, \dots, x_n) + \bar{x}_1 x_2 \cdot f(0, 1, x_3, \dots, x_n) + x_1 \bar{x}_2 \cdot f(1, 0, x_3, \dots, x_n) + x_1 x_2 \cdot f(1, 1, x_3, \dots, x_n)$$

$$\begin{aligned} f(x_1, x_2, x_3) &= \sum m(0, 1, 3, 4, 5) \\ &= \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 + \bar{x}_1 \bar{x}_2 x_3 + \bar{x}_1 x_2 x_3 + x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 + x_1 \bar{x}_2 x_3 \\ &= \bar{x}_1 \bar{x}_2 (\bar{x}_3 + x_3) + \bar{x}_1 x_2 (x_3) + x_1 \bar{x}_2 (\bar{x}_3 + x_3) + x_1 x_2 (0) \\ &= \bar{x}_1 \bar{x}_2 (1) + \bar{x}_1 x_2 (x_3) + x_1 \bar{x}_2 (1) + x_1 x_2 (0) \end{aligned}$$



## Multiplekser (MUX)

## Blok Enkoder

## Ringkasan

## Lisensi

### Multiplekser (MUX)

Multiplekser 2 Masukan  
Multiplekser Banyak  
Masukan

Analisis Rangkaian MUX  
Aplikasi Multiplekser

Fungsi Logika dengan Mux  
(Ekspansi Shannon)

IC 74LS151

### Blok Enkoder

### Ringkasan

### Lisensi

# IC TTL Multiplexer

Rangkaian  
Kombinasional  
(Bagian 1)

@2017,Eko Didik  
Widianto (di-  
dik@live.undip.ac.id)

Nomor IC	Deskripsi	Jumlah MUX
74150	MUX 16-ke-1	1
74151/152	MUX 8-ke-1	1
74153	dual MUX 4-ke-1	2
74157	quad MUX 2-ke-1, <i>non-inverting</i>	4
74158	quad MUX 2-ke-1, <i>inverting</i>	4

Multiplexer  
(MUX)

Multiplexer 2 Masukan

Multiplexer Banyak  
Masukan

Analisis Rangkaian MUX

Aplikasi Multiplexer

Fungsi Logika dengan Mux  
(Ekspansi Shannon)

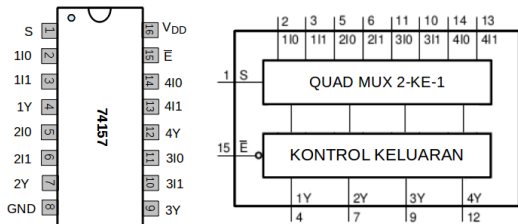
IC 74LS151

Blok Enkoder

Ringkasan

Lisensi

# 74157: Quad MUX-2



$$nY = \begin{cases} 0 & \text{untuk } \bar{E} = 1 \\ nI_0 & \text{untuk } s = 0 \text{ \& } \bar{E} = 0 \\ nI_1 & \text{untuk } s = 1 \text{ \& } \bar{E} = 0 \end{cases}$$

$$\text{atau } nY = \bar{E} \cdot (\bar{S} \cdot nI_0 + S \cdot nI_1)$$

## Multiplexer (MUX)

Multiplexer 2 Masukan

Multiplexer Banyak  
Masukan

Analisis Rangkaian MUX

Aplikasi Multiplexer

Fungsi Logika dengan Mux  
(Ekspansi Shannon)

IC 74LS151

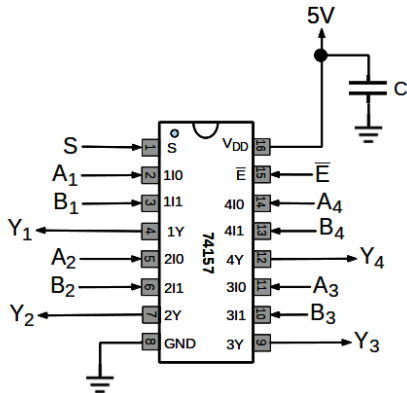
Blok Enkoder

Ringkasan

Lisensi

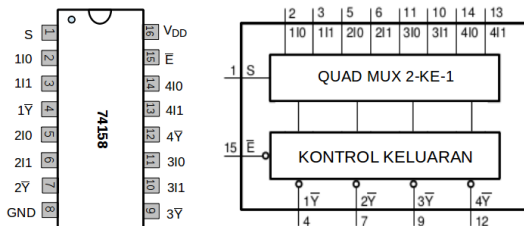
# Contoh Rangkaian

- ▶ Diinginkan rangkaian untuk memilih data 4 bit dari A dan B



- ▶ Analisis rangkaian

# 74158: Quad MUX-2, Inverting



$$nY = \begin{cases} 0 & \text{untuk } \bar{E} = 1 \\ \bar{n}l_0 & \text{untuk } s = 0 \text{ \& } \bar{E} = 0 \\ \bar{n}l_1 & \text{untuk } s = 1 \text{ \& } \bar{E} = 0 \end{cases}$$

$$\text{atau } nY = \bar{E} \cdot (\bar{S} \cdot \bar{n}l_0 + S \cdot \bar{n}l_1)$$

## Multiplexer (MUX)

Multiplexer 2 Masukan

Multiplexer Banyak  
Masukan

Analisis Rangkaian MUX

Aplikasi Multiplexer

Fungsi Logika dengan Mux  
(Ekspansi Shannon)

IC 74LS151

## Blok Enkoder

## Ringkasan

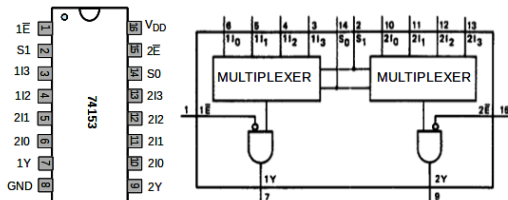
## Lisensi



# 74157: MUX-4

Rangkaian  
Kombinasional  
(Bagian 1)

@2017,Eko Didik  
Widianto (di-  
dik@live.undip.ac.id)



## Multiplexer (MUX)

Multiplexer 2 Masukan

Multiplexer Banyak  
Masukan

Analisis Rangkaian MUX

Aplikasi Multiplexer

Fungsi Logika dengan Mux  
(Ekspansi Shannon)

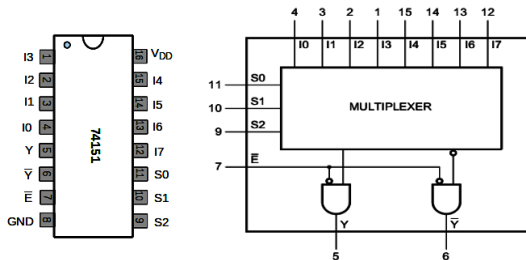
IC 74LS151

Blok Enkoder

Ringkasan

Lisensi

# 74151: MUX 1-ke-8



Rangkaian  
Kombinasi  
(Bagian 1)

@2017, Eko Didik  
Widianto (didik@live.undip.ac.id)

## Multiplexer (MUX)

Multiplexer 2 Masukan

Multiplexer Banyak  
Masukan

Analisis Rangkaian MUX

Aplikasi Multiplexer

Fungsi Logika dengan Mux  
(Ekspansi Shannon)

IC 74LS151

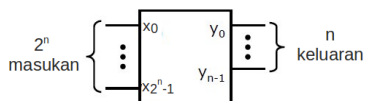
Blok Encoder

Ringkasan

Lisensi

# Enkoder (ENC)

- ▶ Enkoder biner mengkodekan informasi (data) dari masukan  $2^n$  ke dalam kode keluaran n-bit



- ▶ Tipe enkoder: one-hot dan prioritas
  - ▶ enkoder *one-hot*: hanya ada 1 masukan yang bernilai 1
  - ▶ enkoder prioritas: masukan yang bernilai 1 bisa lebih dari 1 sehingga pengkodean dilakukan berdasarkan prioritas masukan
- ▶ Kegunaan
  - ▶ sebagai konverter kode
  - ▶ untuk mengurangi jumlah bit data yang diperlukan. Misalnya, encoding keyboard
  - ▶ mengontrol permintaan interupsi (enkoder prioritas)

Multiplekser (MUX)

Multiplekser  
(MUX)

Blok Enkoder

Blok Enkoder  
Enkoder One-Hot  
Enkoder Prioritas  
IC TTL Enkoder

Ringkasan

Ringkasan

Lisensi

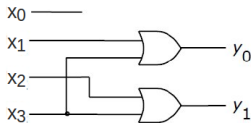
Lisensi

# Enkoder One-Hot

- ▶ Salah satu masukan (dan hanya satu masukan) harus mempunyai nilai '1' → **one-hot encoding**
  - ▶ Keluaran merepresentasikan bilangan biner yang mengidentifikasi masukan mana yang mempunyai nilai '1'
- ▶ Enkoder mengurangi jumlah bit yang diperlukan untuk merepresentasikan suatu informasi (data)

# Enkoder 4-ke-2 (ENC 4-ke-2)

$x_3$	$x_2$	$x_1$	$x_0$	$y_1$	$y_0$
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	1
0	1	0	0	1	0
1	0	0	0	1	1



$$y_1 = x_2 + x_3$$

$$y_0 = x_1 + x_3$$

Multiplexer  
(MUX)

Blok Enkoder

Enkoder One-Hot

Enkoder Prioritas

IC TTL Enkoder

Ringkasan

Lisensi

Multiplekser (MUX)

Multiplekser  
(MUX)

Blok Enkoder

Blok Enkoder  
Enkoder One-Hot  
Enkoder Prioritas  
IC TTL Enkoder

Ringkasan

Ringkasan

Lisensi

Lisensi

- ▶ Salah satu kelas enkoder: **enkoder prioritas**
  - ▶ Sinyal masukan mempunyai level prioritas
  - ▶ Keluaran enkoder menunjukkan masukan aktif yang mempunyai prioritas tertinggi
    - ▶ Jika masukan dengan prioritas tinggi 'assert', masukan dengan prioritas lebih rendah diabaikan

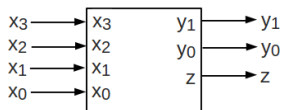
- ▶ Asumsi:  $w_3$  mempunyai prioritas lebih tinggi daripada  $w_0$

- ▶ Keluaran  $z$  menunjukkan bahwa tidak ada masukan bernilai '1'
- ▶ Persamaan fungsi  $y_0$ ,  $y_1$  dan  $z$ ?

$w_3$	$w_2$	$w_1$	$w_0$	$y_1$	$y_0$	$z$
0	0	0	0	D	D	1
0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	X	0	1	0
0	1	X	X	1	0	0
1	X	X	X	1	1	0



# ENC Prio 4-Ke-2



X3	X2	X1	X0	y1	y0	z
0	0	0	0	D	D	1
0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	X	0	1	0
0	1	X	X	1	0	0
1	X	X	X	1	1	0

$$y_1 = X_2 + X_3$$

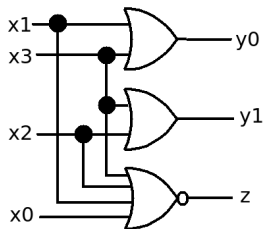
$$y_0 = X_1 + X_3$$

$$z = \overline{X_3 X_2 X_1 X_0} = \overline{X_3 + X_2 + X_1 + X_0}$$

# Rangkaian ENC Prio 4-Ke-2

Rangkaian  
Kombinasi  
(Bagian 1)

@2017,Eko Didik  
Widianto (di-  
dik@live.undip.ac.id)



Multiplekser  
(MUX)

Blok Enkoder

Enkoder One-Hot  
Enkoder Prioritas  
IC TTL Enkoder

Ringkasan

Lisensi

Multiplekser (MUX)

Multiplekser  
(MUX)

Blok Enkoder

Blok Enkoder  
Enkoder One-Hot  
Enkoder Prioritas  
IC TTL Enkoder

Ringkasan

Ringkasan

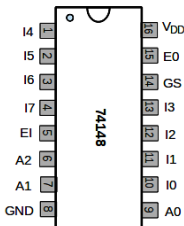
Lisensi

Lisensi

# IC TTL Enkoder

Nomor IC	Deskripsi
74148/748	enkoder prioritas 8-ke-3
74348/848	enkoder prioritas 8-ke-3 dengan keluaran 3 keadaan
74147	enkoder prioritas 10-ke-4

# IC 74148: Enkoder Prioritas 8-ke-3



Masukan								Keluaran				
EI	I0	I1	I2	I3	I4	I5	I7	A2	A1	A0	GS	E0
H	X	X	X	X	X	X	X	H	H	H	H	H
L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L
L	X	X	X	X	X	X	L	L	L	L	L	H
L	X	X	X	X	X	L	H	L	L	H	L	H
L	X	X	X	X	L	H	H	L	H	H	L	H
L	X	X	X	L	H	H	H	H	L	L	L	H
L	X	X	L	H	H	H	H	H	L	H	L	H
L	X	L	H	H	H	H	H	H	H	L	L	H
L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L	H

H: level HIGH, L: level LOW  
X: apapun (prioritas), level H (one-hot)

Multiplexer  
(MUX)

Blok Enkoder

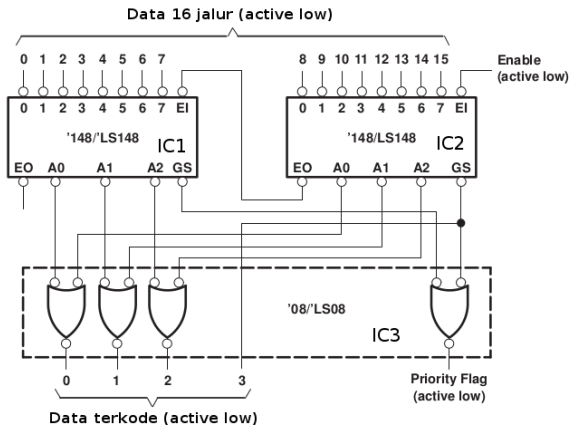
Enkoder One-Hot  
Enkoder Prioritas  
IC TTL Enkoder

Ringkasan

Lisensi

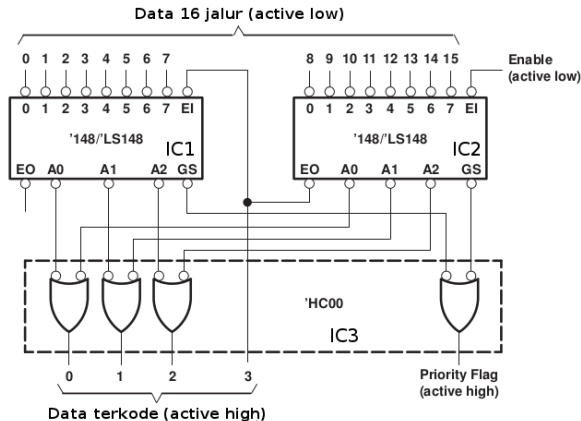
# Susunan Kaskade

- Menghasilkan enkoder 16-ke-4, aktif rendah



# Susunan Kaskade

- Menghasilkan enkoder 16-ke-4, aktif tinggi



Multiplexer  
(MUX)

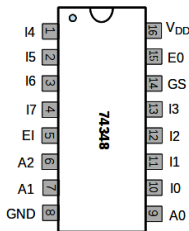
Blok Enkoder

Enkoder One-Hot  
Enkoder Prioritas  
IC TTL Enkoder

Ringkasan

Lisensi

# IC 74348: Enkoder Prioritas 8-ke-3, 3 State



Masukan								Keluaran					
EI	I0	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	A2	A1	A0	GS	E0
H	X	X	X	X	X	X	X	X	Z	Z	Z	H	H
L	H	H	H	H	H	H	H	H	Z	Z	Z	H	L
L	X	X	X	X	X	X	L	L	L	L	L	L	H
L	X	X	X	X	X	L	H	L	L	H	L	L	H
L	X	X	X	X	L	H	H	L	H	L	H	L	H
L	X	X	X	L	H	H	H	H	H	L	L	L	H
L	X	X	L	H	H	H	H	H	H	L	H	L	H
L	X	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L	H
L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H

H: level HIGH, L: level LOW, Z: high impedance  
X: apapun (prioritas), level H (one-hot)

Multiplexer  
(MUX)

Blok Enkoder

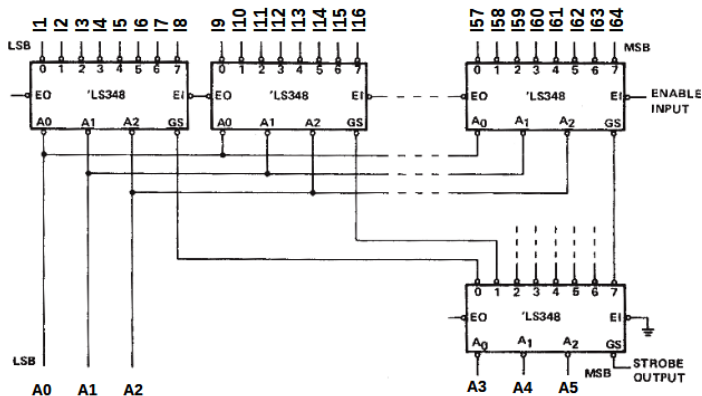
Enkoder One-Hot  
Enkoder Prioritas  
IC TTL Enkoder

Ringkasan

Lisensi



# Enkoder 64 Jalur



Multiplexer  
(MUX)

Blok Enkoder

Enkoder One-Hot  
Enkoder Prioritas  
IC TTL Enkoder

Ringkasan

Lisensi

- ▶ Yang telah kita pelajari hari ini:
  - ▶ Karakteristik rangkaian kombinasional
  - ▶ Multiplekser: fungsi, rangkaian, analisis, aplikasinya dan implementasi TTL
  - ▶ Ekspansi Shannon untuk desain rangkaian logika menggunakan MUX
  - ▶ Enkoder: one-hot dan prioritas serta implementasi TTL
- ▶ Yang akan kita pelajari di pertemuan berikutnya adalah:
  - ▶ Dekoder/Demultiplekser: fungsi, aplikasi dan implementasi TTL
  - ▶ Konverter kode: 7 segmen, dekoder BCD-ke-7Segmen dan dekoder Hexa-ke-7Segmen
  - ▶ Pelajari: <http://didik.blog.undip.ac.id/2017/03/06/tkc205-sistem-digital-2016-genap/>

# Lisensi

## 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/>