

## PENERAPAN METODA MULTIPLEXING – DEMULTIPLEXING PADA SISTEM KELISTRIKAN MOBIL

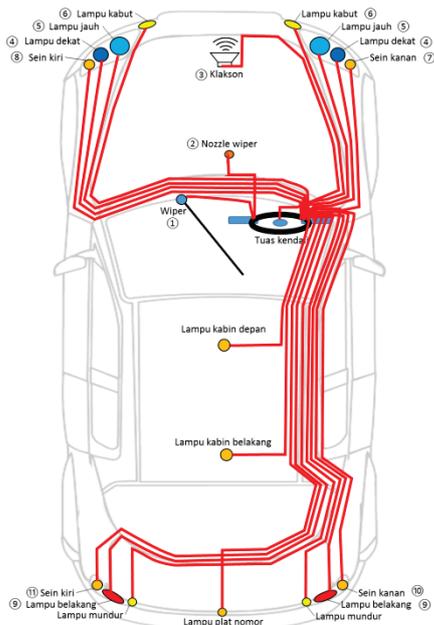
Surya Alimsyah, Muhamad Murdiantoro  
[surya\\_alimsyah@yahoo.com.sg](mailto:surya_alimsyah@yahoo.com.sg), [muhamad.murdiantoro@yahoo.co.id](mailto:muhamad.murdiantoro@yahoo.co.id)  
 Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains dan Teknologi Nasional  
 Jl. Moh. Kahfi II Jagakarsa, Jakarta Selatan

**ABSTRACT:** Car wiring systems in use today are conventional, using individual wires to activate electrical components that make wiring complicated. The cable is also connected directly to the power, so it will increase the risk of short circuit. So the multiplexing–demultiplexing method was designed for the efficiency of car wiring. The type of IC used is 74HCT4051, 1 for multiplexer and 2 for demultiplexer. The system is to control 15 outputs on the car which is activated using 8 switches. Using Mosfet IRF540N as a power connector to the load. This system requires a rotation frequency of 52.5 Hz for each outputs. Based on testing, this system can control the output adequately, which is not visible flickering with a success percentage of 100%.  
**Keywords:** Car electrical wiring, multiplexing, demultiplexing.

**ABSTRAK:** Sistem pengkabelan mobil yang digunakan saat ini tergolong konvensional, menggunakan kabel individual untuk mengaktifkan komponen kelistrikan yang membuat rumit pengkabelan. Kabel tersebut juga terhubung langsung dengan power, sehingga akan meningkatkan resiko konsleting. Maka dirancanglah metoda multiplexing–demultiplexing untuk efisiensi pengkabelan pada mobil. Tipe IC yang digunakan adalah 74HCT4051, 1 buah untuk multiplexer dan 2 buah untuk demultiplexer. Sistem tersebut untuk mengontrol 15 output pada mobil yang diaktifkan memakai 8 saklar. Menggunakan Mosfet IRF540N sebagai penghubung power ke beban. Sistem ini membutuhkan frekuensi penggiliran untuk tiap-tiap output sebesar 52.5 Hz. Berdasarkan pengujian, sistem ini dapat mengontrol output secara memadai, yaitu tidak terlihat berkedip dengan presentase keberhasilan sebesar 100 %.  
**Kata kunci:** Pengkabelan kelistrikan mobil, multiplexing, demultiplexing.

### 1. PENDAHULUAN

Kelengkapan kendaraan mobil selalu memiliki sejumlah komponen listrik seperti lampu penerangan serta sejumlah perangkat kontrol semisal klakson, wiper, dan lain sebagainya.



Gambar-1: Pengkabelan Aksesoris Mobil Konvensional

Koneksi pengkabelan untuk mengaktifkan masing-masing perangkat tersebut menggunakan

kabel-kabel mandiri yang menghubungkan tiap-tiap perangkat kepada sumber tenaga (*power*) listrik Aki melalui saklar / tombol-tombol kendali yang terpusat di sisi kemudi. Sebagai konsekwensinya, maka kerumitan pengkabelan menjadi tak terhindarkan seperti diilustrasikan pada Gambar-1. Sebagai akibat sampingan, kerumitan tersebut akan meningkatkan potensi terjadinya hubungan arus pendek listrik.

Sementara itu, didalam sistem kontrol data (*bukan kontrol power*), ada suatu metoda hemat kabel yang disebut sistem multiplexing-demultiplexing. Sistem ini menggabungkan sejumlah input data secara bergiliran kedalam sebuah saluran tunggal melalui Multiplexer untuk dikirimkan ke sisi output. Data yang diterima pada sisi output dipisahkan kembali ke sejumlah saluran melalui Demultiplexer.

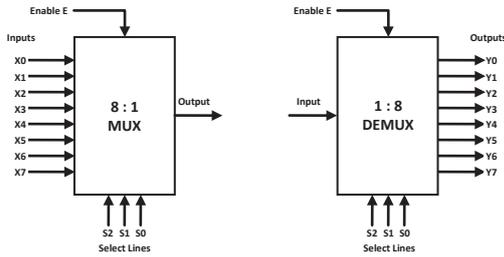
Untuk menanggulangi kerumitan pengkabelan mobil sekaligus mengurangi potensi hubungan arus pendek listrik, maka dirancang sebuah sistem pengkabelan yang menerapkan prinsip multiplexing-demultiplexing untuk diterapkan pada kontrol pemberian tenaga (*power*) listrik kepada perangkat kelistrikan mobil.

### 2. TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Multiplexer dan Demultiplexer

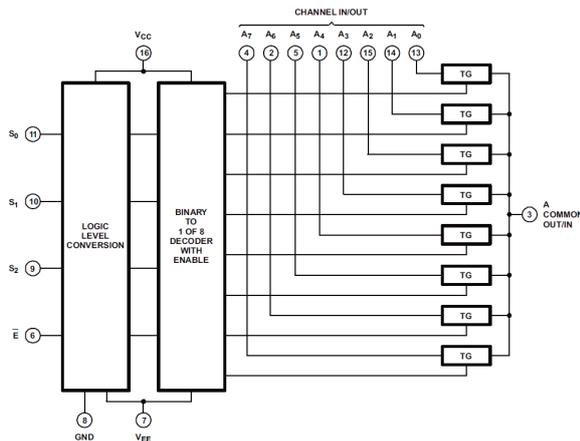
Multiplexer (MUX) atau disebut juga Data Selector adalah suatu rangkaian yang dapat menerima banyak input data, dan untuk suatu saat tertentu hanya mengizinkan sebuah data input saja yang dapat masuk dan melewati satu-satunya saluran output. Data input

yang diteruskan kepada output diatur oleh input pemilih. Diagram fungsional Multiplexer ditunjukkan oleh Gambar-1(a).



Gambar 1: (a) Multiplexer 8 ke 1 (b) Demultiplexer 1 ke 8

Pada Gambar-1(b) ditunjukkan diagram fungsional Demultiplexer (deMUX). Berkebalikan dengan MUX, Demultiplexer adalah suatu rangkaian yang menerima hanya sebuah input data, dan meneruskannya kepada salah satu dari banyak saluran output. Saluran output yang meneruskan data masuk ke luar, juga diatur oleh input pemilih.



Gambar 2: IC Multiplexer/Demultiplexer 74HCT4051

IC 74HCT4051 pada Gambar-2 adalah sebuah IC Multiplexer 8 ke 1 saluran, yang dapat pula difungsikan sebagai Demultiplexer 1 ke 8 saluran. IC ini memiliki saluran pemilih 3-bit S<sub>2</sub>S<sub>1</sub>S<sub>0</sub> untuk menentukan salah satu dari 8 saluran In/Out A<sub>7</sub>A<sub>6</sub>A<sub>5</sub>A<sub>4</sub>A<sub>3</sub>A<sub>2</sub>A<sub>1</sub>A<sub>0</sub> yang ingin disambungkan kepada sebuah saluran Common Out/In, serta dilengkapi juga dengan saluran enable E aktif LOW. Prinsip kerjanya ditunjukkan oleh Tabel-1.

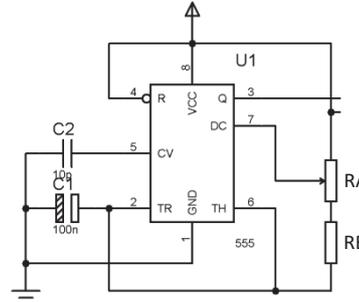
Tabel 1: Tabel Fungsi IC 74HCT4051

INPUT STATES				ON CHANNEL
ENABLE	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>0</sub>	
L	L	L	L	A <sub>0</sub>
L	L	L	H	A <sub>1</sub>
L	L	H	L	A <sub>2</sub>
L	L	H	H	A <sub>3</sub>
L	H	L	L	A <sub>4</sub>
L	H	L	H	A <sub>5</sub>
L	H	H	L	A <sub>6</sub>
L	H	H	H	A <sub>7</sub>
H	X	X	X	None

X = Don't care

## 2.2 Pembangkit Pulsa Clock

Pada dasarnya aplikasi utama IC NE555 digunakan sebagai Pewaktu (*Timer*) dengan operasi rangkaian monostable dan sebagai Pembangkit Pulsa (Pulse Generator) dengan operasi rangkaian astable. Selain itu, dapat juga digunakan sebagai Time Delay Generator dan Sequential Timing.



Gambar 3: Rangkaian Pembangkit Pulsa Clock

Sebagai Pembangkit Pulsa, nilai kapasitor C<sub>1</sub> dan C<sub>2</sub> pada Gambar-3 adalah tetap, dan nilai resistansi R<sub>B</sub> juga tetap, sehingga hanya ada komponen R<sub>A</sub> yang dapat diatur sesuai dengan nilai frekuensi yang dibutuhkan. Untuk dapat menghitung besarnya frekuensi yang dihasilkan oleh rangkaian ini, dapat digunakan rumus (1).

$$f = \frac{1,44}{(R_A + 2R_B)C_1} \dots \dots \dots (1)$$

## 2.3 Binary Counter

Binary Counter adalah rangkaian digital sekuensial yang dapat menghitung atau mencacah jumlah pulsa dalam bilangan biner.

Pada umumnya Binary Counter dibentuk dari beberapa buah Flip-Flop atau Bistabil Multivibrator yang jumlahnya disesuaikan dengan kebutuhan jumlah bit hitungan bilangan biner.

Menurut cara kerja masukan pulsa kedalam setiap Flip-Flop, maka Counter dapat dibagi dua menjadi Synchronous Binary Counter dan Asynchronous Binary Counter. Sedangkan menurut urutan hitungan yang terbentuk pada outputnya, maka Counter dapat dibagi menjadi tiga yaitu Up Counter, Down Counter, dan Up-down Counter.

IC CD4518 adalah sebuah IC Synchronous Up Counter 4-bit yang memiliki prinsip kerja berdasarkan Tabel-2.

Tabel 2: Tabel Fungsi IC CD4518

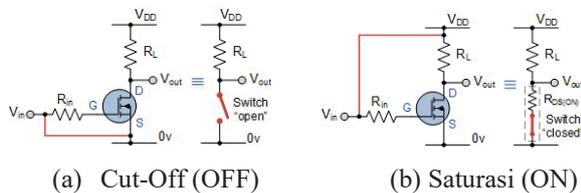
CLOCK	ENABLE	RESET	ACTION
	1	0	Increment Counter
0		0	Increment Counter
	X	0	No Change
X		0	No Change
	0	0	No Change
1		0	No Change
X	X	1	Q1 thru Q4 = 0

X = Don't Care      1 ≡ High State      0 ≡ Low State

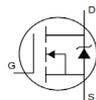
## 2.4 MOSFET Sebagai Saklar

MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) merupakan salah satu jenis transistor yang memiliki impedansi masukan (Gate) sangat tinggi (hampir tak berhingga) sehingga dengan menggunakan MOSFET sebagai saklar elektronik, memungkinkan untuk menghubungkannya dengan semua jenis gerbang logika. Dengan menjadikan MOSFET sebagai saklar, maka dapat digunakan untuk mengendalikan ON-OFF kerja beban listrik dengan arus besar dan kecepatan tinggi serta dengan biaya yang lebih murah dibandingkan dengan penggunaan Relay.

Untuk membuat MOSFET bekerja sebagai saklar, hanya perlu mengoperasikannya pada kondisi saturasi (ON) dan kondisi *cut-off* (OFF), seperti terlihat pada Gambar-4.



(a) Cut-Off (OFF) (b) Saturasi (ON)  
Gambar 4: Rangkaian Dasar MOSFET sebagai Saklar



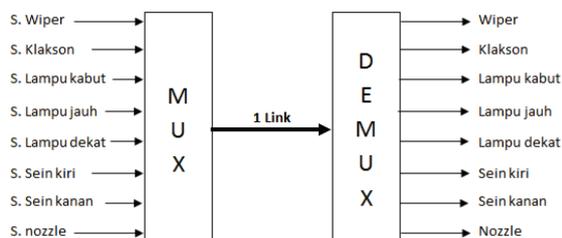
Gambar 5: Power MOSFET IRF540N

MOSFET IRF540N Gambar-5 adalah sebuah Power MOSFET yang memiliki spesifikasi Ultra Low On-Resistance ( $R_{DS-on} = 44m\Omega$ ),  $V_{DSS} = 100V$ ,  $I_D = 33A$  dengan kecepatan switching yg tinggi, dan dapat bekerja pada temperatur hingga  $175^\circ C$ .

## 3. METODOLOGI

### 3.1 Konsep dan Rancangan Sistem

Untuk menanggulangi problem kerumitan pengkabelan sekaligus mengurangi potensi hubungan arus pendek pada sistem pengkabelan perangkat kelistrikan mobil, maka dirancang sebuah sistem pengkabelan dengan metoda MUX-deMUX. Konsep rancangannya diperlihatkan pada Gambar-6.

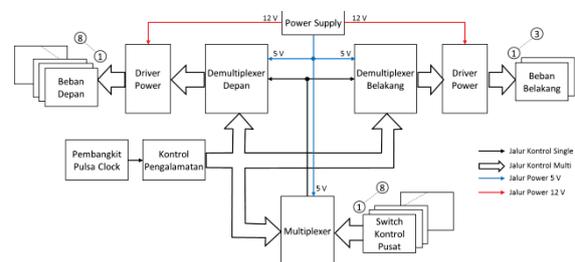


Gambar 6 : Konsep MUX-deMUX Pengkabelan Perangkat Kelistrikan Mobil

Input MUX menerima 8 buah data yang berasal dari tombol-tombol atau saklar pada sisi kemudi untuk menghidup-matikan Wiper, Klakson, Lampu kabut, Lampu jauh, Lampu dekat, Sein kiri, Sein kanan, dan Nozzle untuk air Wiper.

Data-data masukan tersebut akan digilir oleh MUX untuk dikirim secara serial ke deMUX melalui kabel tunggal. Demultiplexer akan memisahkan masing-masing data yang diterima untuk diteruskan kepada masing-masing saluran output yang bersesuaian dengan peruntukannya masing-masing.

Gambar-7 menunjukkan rancangannya secara diagram blok. Bagian input berupa "Switch Kontrol Pusat" terdiri dari saklar atau tombol-tombol asli mobil pada sisi kemudi. Hanya saja, saklar atau tombol-tombol tersebut tidak lagi terhubung ke sumber listrik Aki 12V, melainkan disuplai dari sumber DC 5V. ON/OFF-nya saklar atau tombol-tombol akan memberikan "data" kepada MUX yang selanjutnya secara bergiliran dikirim ke deMUX-depan dan deMUX-belakang.



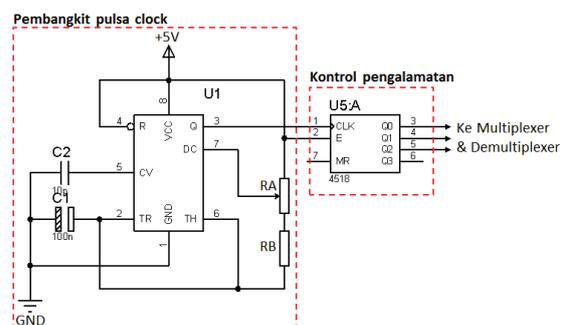
Gambar 7: Diagram Blok Rancangan Sistem

Counter yang mendapat pulsa clock dari Pembangkit Pulsa Clock akan mengontrol pengalaman secara bersamaan kepada MUX maupun kepada kedua deMUX guna mengatur sinyal-sinyal "pemilih" dari saluran-saluran selector masing-masingnya. Sinyal pengalaman inilah yang menjamin kesesuaian antara penggiliran di sisi MUX dengan penggiliran di sisi deMUX.

Data yang keluar dari masing-masing output deMUX digunakan untuk mengendalikan ON/OFF-nya masing-masing MOSFET yang bekerja sebagai saklar Driver Power, guna menyambungkan beban perangkat output kepada sumber Aki 12V.

### 3.2 Rangkaian Kontrol Pengalaman

Rangkaian ini dibentuk menggunakan IC Counter 4518 yang didukung oleh rangkaian Pembangkit Pulsa Clock seperti pada Gambar-8.

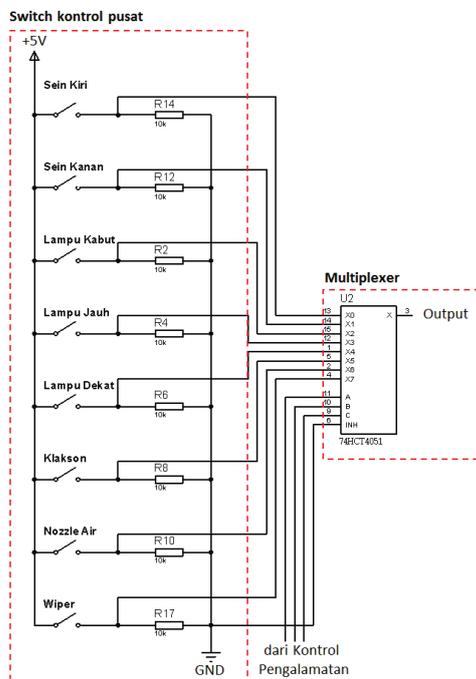


Gambar 8: Rangkaian Kontrol Alamat  
Rangkaian Pembangkit Pulsa Clock terdiri dari sebuah IC 555 dan beberapa komponen yaitu

kapasitor  $C_1$  sebesar 100 nF dan kapasitor  $C_2$  sebesar 10 pF serta resistor tetap  $R_B$  sebesar 12 k $\Omega$ . Untuk dapat menghasilkan frekuensi pulsa clock yang dibutuhkan yaitu sebesar 420 Hz, maka berdasarkan rumus (1), resistor variabel  $R_A$  harus disetel pada nilai 10,3 k $\Omega$ . Kebutuhan frekuensi sebesar 420 Hz tersebut diperoleh melalui pengujian pendahuluan memakai metoda *try and error* yang dijelaskan didalam paragraf 4.1.

Sedangkan Counter 4518 yang memiliki output 4-bit  $Q_3Q_2Q_1Q_0$  hanya digunakan 3-bit  $Q_2Q_1Q_0$  nya saja sebagai sinyal pengalamatan yang akan menyeleksi 8 saluran input MUX dan 8 saluran output deMUX melalui input selector 3-bit  $S_2S_1S_0$  nya masing-masing. Input kontrol Enable-nya secara tetap dihubungkan ke level HIGH 5V, dan kontrol Reset-nya secara tetap ke level LOW 0V.

### 3.3 Rangkaian Input



Gambar 9: Rangkaian Input

Rangkaian Input Gambar-9 terdiri dari 8 buah Switch Kontrol Pusat dan IC MUX 74HCT4051.

Switch Kontrol Pusat adalah saklar-saklar atau tombol-tombol kendali apa adanya pada sisi kemudi, yang pada sistem konvensional menghubungkan secara langsung beban perangkat aksesoris mobil dengan tegangan *power* 12 volt dari Aki mobil.

Pada sistem yang dirancang ini, saklar-saklar tersebut dialihkan sumber tegangannya dari Aki mobil 12V kepada sumber tegangan 5 volt, sehingga outputnya dapat dihubungkan secara langsung sebagai input data ke IC MUX 74HCT4051 pada saluran  $X_0$  sampai saluran  $X_7$ . Data yang masuk pada MUX akan digilir satu persatu kepada outputnya oleh sinyal kontrol pengalamatan C, B, dan A yang dikirimkan dari rangkaian Kontrol Pengalamatan.

Sedangkan saluran kontrol Enable yang diberi label INH menerima level LOW secara tetap dari ground.

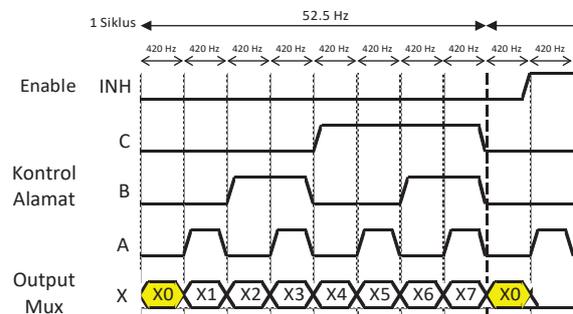
Tabel 3: Tabel Fungsi Multiplexer

INH	ADDRESS			OUTPUT X
	C	B	A	
0	0	0	0	X0
0	0	0	1	X1
0	0	1	0	X2
0	0	1	1	X3
0	1	0	0	X4
0	1	0	1	X5
0	1	1	0	X6
0	1	1	1	X7
1	X	X	X	0

Seperti terlihat pada Tabel-3, sinyal kontrol CBA ini direpresentasikan sebagai kombinasi biner 000 sampai 111 sebanyak 8 kemungkinan yang akan menggilir kedelapan data  $X_0$  sampai  $X_7$  ke output MUX untuk diteruskan secara serial ke input deMUX pada Rangkaian Output melalui saluran tunggal. Kontrol pengalamatan ini diberikan secara berurutan dan berulang, sehingga penggiriman data dimulai dari  $X_0$  sampai  $X_7$  terjadi secara teratur dan berulang terus menerus. Sedangkan INH adalah enable yang bersifat aktif LOW, artinya penggiriman hanya berlangsung jika INH diberi sinyal LOW.

Penggiriman tersebut berlangsung dengan kecepatan sesuai frekuensi yang dihasilkan oleh Pembangkit Pulsa Clock. Dengan demikian frekuensi clock sebesar 420 Hz akan memberikan kecepatan sebesar 2,4 milidetik untuk bergilirnya data  $X_0$  ke data  $X_1$  lalu menjadi data  $X_2$  pada 2,4 milidetik berikutnya, dan seterusnya bergilir berurutan setiap 2,4 milidetik sampai data  $X_7$  lalu kembali lagi giliran data  $X_0$ . Demikianlah penggiriman akan berulang secara terus menerus.

Oleh karenanya, pengulangan giliran untuk tiap-tiap data akan terjadi pada setiap selang waktu  $8 \times 2,4$  milidetik atau berarti berulang dengan frekuensi 1/8 kali lebih lambat, yaitu sebesar 52,5 Hz seperti dapat dilihat pada Gambar-10.

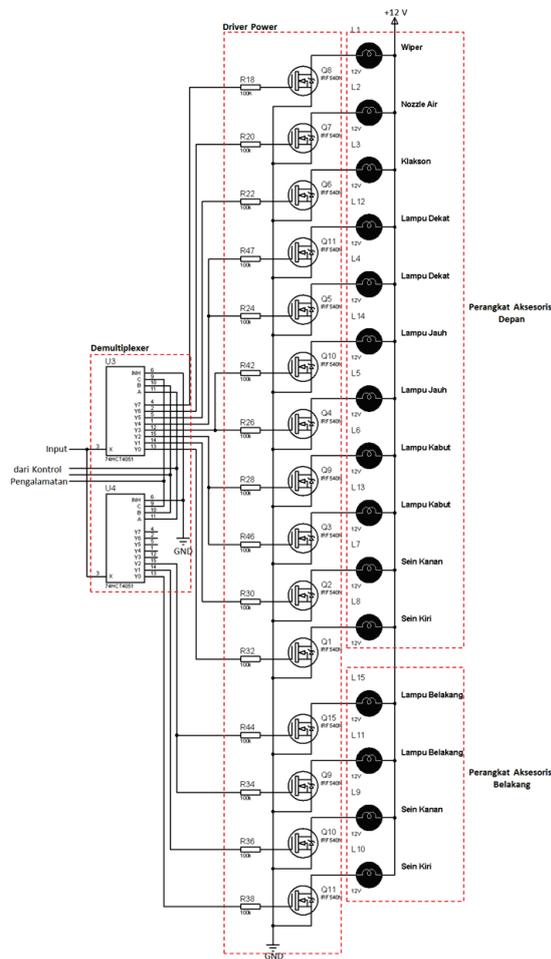


Gambar 10: Waktu Penggiriman Input Data

### 3.4 Rangkaian Output

Rangkaian ini terdiri dari dua unit IC Demultiplexer 74HCT4051 dan rangkaian Driver Power berupa 15 buah Power MOSFET IRF540N, yang masing-masingnya terhubung dengan sebuah

beban listrik Perangkat Aksesoris mobil bagian depan maupun bagian belakang, seperti dapat dilihat pada Gambar-11. Perangkat Aksesoris mobil yang dikontrol adalah sebanyak 11 buah pada bagian depan, dan 4 buah pada bagian belakang.



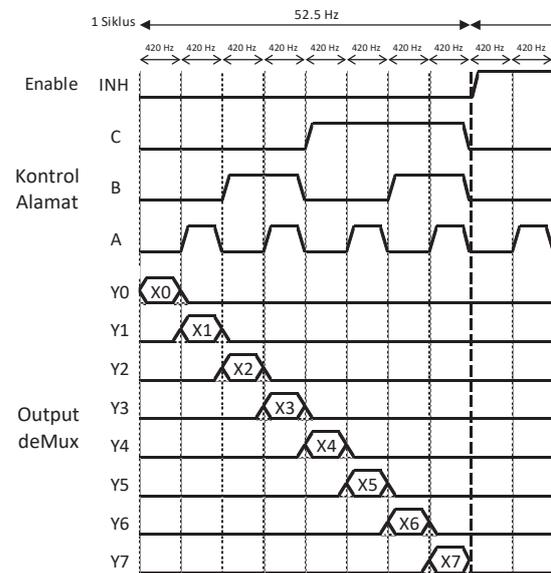
Gambar 11: Rangkaian Output

Tipe IC Demultiplexer yang digunakan adalah sama seperti tipe IC Multiplexer yaitu 74HCT4051, dikarenakan IC tersebut memiliki fungsi ganda bisa digunakan sebagai MUX maupun sebagai deMUX. Sebuah deMUX digunakan untuk mengontrol ON/OFF nya perangkat listrik bagian depan mobil yang berjumlah 11 buah tersebut melalui hanya 8 saluran output deMUX saja. Hal itu dimungkinkan karena terdapat 3-pasangan beban yang bekerja secara paralel yaitu pasangan kiri-kanan Lampu Kabut, Lampu Jauh, dan Lampu Dekat. Sedangkan sebuah deMUX lagi digunakan untuk mengontrol ON/OFF nya perangkat listrik bagian belakang mobil yang berjumlah 4 buah tersebut diatas melalui hanya 3 saluran output deMUX dari 8 saluran yang tersedia. Pada bagian belakang ini terdapat juga sepasang beban yang bekerja paralel yaitu Lampu Belakang kiri-kanan.

Kontrol ON/OFF nya beban oleh output deMUX dilakukan melalui kaki GATE dari masing-masing sebuah MOSFET IRF540N yang bekerja sebagai

saklar Driver Power, dengan cara menyambung-putuskan koneksi beban dari tegangan Aki mobil melalui koneksi kaki DRAIN-SOURCE nya MOSFET.

Pada Gambar-12 diperlihatkan pewaktuuan yang menggilir kapan masing-masing saluran  $Y_0, Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6,$  dan  $Y_7$  dari output deMUX sedang aktif berisi data  $X_0, X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6,$  dan  $X_7$  secara berurutan, yang datanya berasal dari aktifitas masing-masing saklar/tombol pada inputnya MUX. Kedelapan data mandiri tersebut setelah diubah pada MUX menjadi data gabungan yang bersifat serial lalu diterima pada inputnya deMUX, kini melalui masing-masing 8 buah saluran outputnya deMUX telah dikembalikan lagi menjadi 8 buah data mandiri kembali sehingga dapat mengontrol masing-masing beban secara mandiri pula.



Gambar 12: Waktu Penggiliran Beban Output

## 4. HASIL DAN BAHASAN

### 4.1 Prototipe Sistem

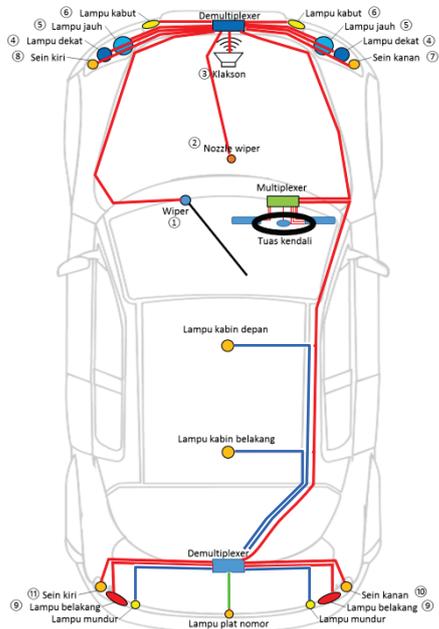
Tabel 4: Saklar dan Perangkat Listrik yang dikontrol

Saklar	INPUT		OUTPUT	
	MUX	DEMUX	Perangkat	
Sein Kiri	X0	Y0	Sein Kiri Depan	
		Y0 (U4)	Sein Kiri Belakang	
Sein Kanan	X1	Y1	Sein Kanan Depan	
		Y1 (U4)	Sein Kanan Belakang	
Lampu Kabut	X2	Y2	Lampu Kabut (Kiri-Kanan)	
		Y2 (U4)	Lampu Belakang (Kiri-Kanan)	
Lampu Jauh	X3	Y3	Lampu Jauh (Kiri-Kanan)	
Lampu Dekat	X4	Y4	Lampu Dekat (Kiri-Kanan)	
Klakson	X5	Y5	Klakson	
Noozle Wiper	X6	Y6	Noozle Air Wiper	
Motor Wiper	X7	Y7	Motor Wiper	

U4 = Demultiplexer belakang

Rancangan sistem telah diwujudkan sebagai protipe dengan pembatasan jumlah objek perangkat listrik mobil yang mampu dikendalikan adalah

sebanyak maksimum 15 buah melalui 8 saklar/tombol mandiri. Kelimabelas objek dan 8 saklar tersebut mewakili perangkat-perangkat yang paling umum terdapat di setiap mobil seperti dirangkum ke dalam Tabel-4. Sedangkan instalasi pengkabelan hasilnya diunjukkan oleh Gambar-13.



Gambar 13: Pengkabelan Mobil Metoda Mux-deMux (tidak mencakup Lampu Kabin, Lampu Plat Nomor dan Lampu Mundur)

Terlihat pada Gambar-13 bahwa, instalasi pengkabelan hasil rancangan menjadi jauh lebih ringkas bila dibandingkan dengan pengkabelan konvensional pada Gambar-1. Sebagai catatan, instalasi kabel berwarna biru untuk kedua Lampu Kabin dan kedua Lampu Mundur pada Gambar-13 belum tercakup didalam rancangan karena adanya pembatasan pada protipe yang diwujudkan. Sedangkan kabel berwarna hijau untuk Lampu Plat Nomor pada gambar tersebut, sebenarnya masih bisa dicakup ke dalam rancangan prototipe dengan cara memparalelnya kepada Lampu Belakang. Hal ini mengingat pengoperasiannya memang berbarengan serta menggunakan saklar yang sama.

Pembatasan jumlah objek kontrol tersebut diatas semata-mata hanyalah dikarenakan keterbatasan kapasitas input data dari MUX yang digunakan yaitu sebanyak 8 saluran, meskipun deMUX-nya masih berlebih 5 saluran output yang tak terpakai. Kedelapan input Mux inilah yang berkorelasi langsung dengan saklar/tombol kendali di sisi kemudi, sehingga maksimum hanya dapat menerima koneksi dari 8 saklar saja.

Sementara itu, 15 objek perangkat output yang dikontrol hanyalah membutuhkan koneksi dengan 11 output deMUX saja dikarenakan terdapat 4 pasang objek kiri dan kanan yang dikendalikan oleh saklar yang sama yaitu Lampu Kabut, Lampu Belakang, Lampu Jauh, dan Lampu Dekat.

Sebenarnya ada 3 pasang lagi objek lainnya yang juga dikendalikan memakai saklar yang sama yaitu pasangan Lampu Sein Kiri (depan dan belakang), pasangan Lampu Sein Kanan (depan dan belakang), serta 2 Lampu Kabut (kiri dan kanan) yang di depan berpasangan juga dengan 2 Lampu Belakang kiri dan kanan. Namun karena posisi objek yang di depan berjauhan dengan pasangannya yang di belakang, maka ketiga pasangan yang disebutkan terakhir ini sebaiknya dikoneksikan kepada unit deMUX yang berbeda agar tujuan untuk memperoleh ringkasnya pengkabelan bisa terwujud lebih optimal. Namun, ketiga pasangan yang terkoneksi dengan 2 unit deMUX berbeda tersebut harus dipastikan terhubung ke saluran output yang "alamat"-nya sama pada kedua deMUX.

#### 4.2 Pengujian Kinerja

Prinsip kerja metoda MUX-deMUX ini pada hakekatnya adalah ketika energi listrik disuplai dari Aki kepada beban, koneksinya tidak berlangsung secara kontinyu, melainkan dilakukan secara terputus-putus yaitu sewaktu terjadi penggiliran yang berulang-ulang. Menyadari hal tersebut, maka menjadi penting untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kinerja masing-masing beban listrik yang dikontrol.

Untuk maksud tersebut diatas, telah dilakukan pengujian berupa:

- Uji Frekuensi Kerja
- Uji Fungsional Aktifitas Beban Mandiri
- Uji Fungsional Aktifitas Beban Kombinasi

**Uji Frekuensi Kerja** dimaksudkan untuk tujuan ganda yang berhubungan timbali-balik. Pertama untuk mencari frekuensi kerja yang dapat memberikan kinerja memadai sesuai kebutuhan. Tujuan kedua adalah untuk mencari nilai setelan resistor variabel  $R_A$  pada Gambar-8, yang menghasilkan frekuensi kerja tersebut.

Untuk kinerja perangkat kelistrikan aksesoris mobil, perlu dikelompokkan berdasarkan perbedaan sifat fisis kerjanya. Ke-limabelas objek yang tercakup didalam protipe telah dipilih mewakili sifat sifat fisis perangkat kelistrikan aksesoris mobil pada umumnya, yaitu:

- a) Perangkat yang menghasilkan cahaya (lampu)
- b) Perangkat yang menghasilkan suara (klakson)
- c) Perangkat yang menghasilkan gerak (motor)

Ukuran kinerja memadai yang dijadikan acuan pada masing-masing sifat fisis tersebut adalah:

- Cahaya yang tidak berkedip-kedip
- Suara yang tidak terputus-putus
- Gerak yang mulus (*smooth*), bukan seperti gerak patah-patahnya robot.

Pengujian dilakukan dengan cara mengubah setelan  $R_A$  pada Gambar-8, sambil mengamati pengaruhnya pada kinerja beban, serta diakhiri pengukuran Frekuensi Clock dan nilai  $R_A$  yang dihasilkan.

Dalam 5 kali percobaan yang dilakukan, diperoleh hasil pengujiannya seperti pada Gambar-14 dan Tabel-5.



Gambar 14: Pengukuran Frekuensi Clock

Oscilloscope disetel pada parameter waktu sebesar 5 ms/div dan parameter tegangan sebesar 5 volt/div. Dari hasil tersebut didapatkan nilai frekuensi sebesar 420 Hz, sebagaimana nilai yang dipilih pada rancangan di dalam paragraf 3.2.

Tabel 5: Hasil Pengukuran Setelan Resistor  $R_A$

Pengujian	$R_A$ (ohm)
Ke - 1	10 K
Ke - 2	10.1 K
Ke - 3	10.5 K
Ke - 4	10.4 K
Ke - 5	10.3 K

Sedangkan hasil pengukuran setelan nilai  $R_A$ , memberikan rata-rata nilai 10,26 k $\Omega$  bersesuaian dengan hasil perhitungan di dalam paragraf 3.2.

Dengan demikian, ini sekaligus pula telah membenarkan frekuensi pengulangan sebesar 52,5 Hz bagi penggiliran aktifitas masing-masing objek kontrol di dalam protipe sistem, sebagaimana yang telah diuraikan dalam paragraf 3.3 dan paragraf 3.4.

**Uji Fungsional Aktifitas Beban Mandiri** dimaksudkan untuk tujuan mengetahui keberhasilan pengoperasian masing-masing beban secara sendiri-sendiri.

Pengujian dilakukan terhadap sistem seutuhnya dengan mengoperasikan aktifitas masing-masing saklar input secara bergantian, sambil mengamati pengaruhnya pada keseluruhan beban.

Hasil pengujiannya dirangkum kedalam Tabel-6 yang memperlihatkan keberhasilan sepenuhnya pengoperasian beban secara normal, yaitu aktifitas beban telah sesuai dengan saklar yang distimulasi. Selain itu juga kinerja masing-masing beban telah menunjukkan operasi yang praktis normal tanpa terlihat kedipan pada cahaya beban Lampu, tanpa terdengar suara Klakson yang terputus-putus, serta tanpa terlihat gerakan Wiper ataupun Noozle Air yg terpatok-patok ataupun tersendat-sendat.

Tabel 6: Hasil Pengujian Aktifitas Beban Mandiri

SAKLAR YANG DIATIFKAN	REAKSI BEBAN YANG AKTIF										
	BAGIAN DEPAN							BAGIAN BELAKANG			
	Sein Kiri	Sein Kanan	2 Lampu Kabut	2 Lampu Jauh	2 Lampu Dekat	Klakson	Nozzle Air	Wiper	Sein Kiri	Sein Kanan	2 Lampu Belakang
Sein Kiri	✓	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	x
Sein Kanan	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	✓	x
Lampu Kabut	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	✓
Lampu Jauh	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	✓
Lampu Dekat	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	✓
Klakson	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	✓
Nozzle Air	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	✓
Wiper	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	✓

Keterangan: ✓ beban aktif dengan cahaya tak berkedip, suara tak terputus, gerak smooth      x beban tak aktif

**Uji Fungsional Aktifitas Beban Kombinasi** dimaksudkan untuk tujuan mengetahui keberhasilan pengoperasian beberapa beban sekaligus secara bersamaan.

Pengujian dilakukan terhadap sistem seutuhnya dengan mengaktifkan beberapa saklar input sekaligus secara bersamaan, sambil mengamati pengaruhnya pada keseluruhan beban. Sampel beban yang diaktifkan secara bersamaan dipilih berdasarkan kemungkinan kondisi aktual dalam penggunaan yang sesungguhnya sebagaimana yang lazimnya terjadi. Untuk maksud tersebut, maka telah diujikan 4 macam kondisi sebagai berikut:

- Kondisi 1 = Siang hari, mobil belok kiri sambil menghidupkan klakson.
- Kondisi 2 = Hujan di siang hari, mobil belok kanan sambil menghidupkan klakson.
- Kondisi 3 = Hujan di malam hari, kaca mobil kotor, dan jalan lurus di luar kota.
- Kondisi 4 = Hujan di malam hari, mobil belok kiri sambil menghidupkan klakson.

Hasil pengujiannya dirangkum kedalam Tabel-7. Terlihat bahwa pengoperasian beban-beban telah sepenuhnya berhasil dalam kerja yang praktis normal untuk semua kondisi; tanpa kedipan cahaya Lampu, tanpa suara Klakson yg terputus-putus, dan tanpa gerakan Wiper serta Noozle Air yg terpatok-patok / tersendat-sendat. Kesesuaian antara beban yang aktif dengan saklar yang distimulasi juga terjadi secara konsisten.

Tabel 7: Hasil Pengujian Aktifitas Beban Kombinasi

Kon Saklar yang Diaktifkan	REAKSI BEBAN YANG AKTIF										
	BAGIAN DEPAN							BAGIAN BELAKANG			
	Sein Kiri	Sein Kanan	2 Lampu Kabut	2 Lampu Jauh	2 Lampu Dekat	Klakson	Nozzle Air	Wiper	Sein Kiri	Sein Kanan	2 Lampu Belakang
1 Sein Kiri Klakson	✓	x	x	x	x	✓	x	x	✓	x	x
2 Sein Kanan Klakson Wiper	x	✓	x	x	x	✓	x	✓	x	✓	x
3 Lampu Kabut Lampu Jauh Lampu Dekat Nozzle Air Wiper	x	x	✓	✓	✓	x	✓	✓	x	x	✓
4 Sein Kiri Lampu Kabut Lampu Dekat Klakson Wiper	✓	x	✓	x	✓	✓	x	✓	✓	x	✓

Keterangan: ✓ beban aktif dengan cahaya tak berkedip, suara tak terputus, gerak smooth      x beban tak aktif

Berdasarkan realita hasil-hasil pengujian diatas, maka menjadi terbukti pula bahwa penggunaan Power MOSFET IRF540N sebagai Driver Power yang menyambung-putuskan koneksi sumber tegangan Aki 12V dengan beban-beban telah bekerja secara baik mencukupi kebutuhan arus terbesar untuk beban motor Wiper.

### 4.3 Analisis Pengembangan

Sebagaimana telah dijelaskan diatas bahwa rancangan sistem untuk prototipe yang diwujudkan telah dibatasi hanya mencakup 8 buah saklar input saja dengan 15 buah beban perangkat aksesoris listrik mobil. Telah pula dibahas bahwa pembatasan tersebut ditentukan oleh kapasitas input dari Multiplexer yang dipakai.

Masih terdapat banyak saklar dan beban aksesoris listrik lainnya di dalam mobil yang belum dicakup. Diantaranya adalah:

- A. Perangkat yang sudah dicakup namun belum dirinci adalah Motor Wiper, yang baru dianggap memiliki kecepatan tunggal, padahal umumnya terdapat 3-kecepatan gerakan wiper.
- B. Perangkat yang sudah disinggung namun belum dicakup adalah Lampu Kabin Depan, Lampu Kabin Belakang, dan Lampu Mundur.
- C. Perangkat yang belum disinggung adalah Lampu Rem, Lampu Hazart, Wiper Belakang, Noozle Air Belakang, Lighter, Solenoid Door-Lock, dan 4 buah Motor Kaca Jendela.
- D. Perangkat Audio-Video

Guna mengembangkan cakupan sistem, maka dapat dipertimbangkan penggunaan unit Multiplexer dan unit Demultiplexer dengan kapasitas yang lebih besar menggantikan unit-unit semula. Penggunaan MUX 16 ke 1 dan deMUX 1 ke 16 sebagai contoh, akan meningkatkan kapasitas input dan output dari sistem menjadi 2 kali lebih banyak dari pada semula. Sebagai alternatifnya, dapat pula ditambahkan unit MUX dan deMUX yang sama yang dapat dihubungkan secara *cascade*.

Konsekwensi dari contoh pengembangan diatas yang harus diperhatikan adalah jumlah "alamat" untuk proses penggilirannya menjadi 2 kali lipat lebih banyak pula. Hal itu masih dapat didukung oleh Rangkaian Kontrol Pengalamatan yang sudah ada, yaitu dengan cara melibatkan output Q<sub>3</sub> dari IC Counter 4518 yang belum dipakai pada rancangan prototipe diatas.

Hal lain yang juga sangat penting untuk dicermati adalah penentuan pilihan nilai frekuensi kerja. Hal ini dikarenakan konsekwensi dari kapasitas input yang menjadi 16 saluran; 2 kali lipat lebih banyak dari pada semula, akan menyebabkan pengulangan tiap-tiap data didalam penggiliran data serialnya akan menjadi 2 kali lebih lambat dari pada yang semula. Hal ini tentu akan dapat mempengaruhi kinerja aktifitas beban menjadi kurang optimal atau bahkan dapat menjadi terganggu.

Mempertimbangkan peningkatan frekuensi kerja untuk mengatasi hal tersebut, haruslah disertai dengan mencermati lebih teliti kecepatan *switching* dari MOSFET Driver Power-nya.

Selain itu, pelibatan perangkat-perangkat berdaya besar untuk dikontrol, semisal motor penggerak kaca jendela, haruslah juga memperhatikan kapasitas daya

atau arus maksimum yang mampu disuplai oleh MOSFET Driver Power tersebut.

Sedangkan pelibatan perangkat *audio-video system* yang banyak melibatkan frekuensi tinggi dalam bekerjanya, memerlukan kecermatan yang lebih teliti lagi ketika menentukan frekuensi kerja dari sistem MUX-deMUX ini. Ketelitian tersebut harus benar-benar dituntaskan sampai ke tahap pengujiannya.

Untuk beban kompresor AC mobil tidak dianjurkan terlibat ke dalam sistem MUX-deMUX ini. Hal ini tentu dapat dimaklumi karena konsumsi dayanya sangat besar. Kalaupun *switching Driver Power*-nya tidak menggunakan MOSFET dan digantikan oleh relay, tentulah kerja relay tidak akan cukup memadai untuk bekerja ON-OFF terlalu sering dalam frekuensi kerja penggilirannya.

### 5. SIMPULAN

Berdasarkan rancangan dan realisasi, termasuk pengujian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Metoda Multiplexing-Demultiplexing dapat diterapkan pada instalasi pengkabelan perangkat kelistrikan aksesoris mobil untuk mengontrol penggiliran suplai tenaga listrik (*energizing*) Aki mobil.
2. Penerapan metoda MUX-deMUX pada perangkat kelistrikan aksesoris mobil secara signifikan mampu mengurangi kerumitan instalasi pengkabelan.
3. Penerapan metoda MUX-deMUX pada instalasi pengkabelan aksesoris mobil dapat mengurangi potensi terjadinya hubungan arus pendek.
4. Penggunaan IC 74HCT4051 sebanyak 1 unit sebagai MUX dan 2 unit sebagai deMUX di dalam sistem mampu mencakup kontrol terhadap 8 saklar input dan 15 beban output.
5. Frekuensi pulsa clock sebesar 420 Hz cukup memadai menghasilkan kinerja 15 beban dengan 8 saklar secara praktis normal.
6. Penggunaan MOSFET IRF540N sebagai driver power mampu mendukung kebutuhan suplai arus untuk beban terbesar motor wiper.

### 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alam Putra, Rachmad. (2013). Elektronika Analog. Jakarta : Deepublish.
- [2] Bisho, Owen. (2010) Electronic Circuit and system. Germany : Electronicscir.
- [3] Bushiharto, Widodo. (2011) Elektronika Digital dan Sistem Embedded. Jakarta : Gramedia.
- [4] Eggleston, Dennis. (2012) Basic Electronics for Scientists and Engineers. Cambridge : winley

- [5] Mosfet characteristic.  
<https://en.wikipedia.org/wiki/MOSFET>
- [6] MOSFET p-type switching.  
<https://electronics.stackexchange.com/questions/353218/p-channel-mosfet-switch>
- [7] MOSFET Cut-off and saturation  
<https://electronics.stackexchange.com/questions/148484/region-of-operation-of-mosfet-and-current-cutoff-frequency>
- [8] Multiplexing, FDM, TDM.  
<https://www.daenotes.com/electronics/communication-system/multiplexing>
- [9] Transistor switch.  
[https://www.electronicstutorials.ws/transistor/tran\\_7.html](https://www.electronicstutorials.ws/transistor/tran_7.html)
- [10] Quan, Ronald. (2006) Electronics From The Ground Up. Manilla : MHProfessional.