

PENERAPAN METODA MULTIPLEXING – DEMULTIPLEXING PADA SISTEM KELISTRIKAN MOBIL

Surya Alimsyah, Muhamad Murdiantoro

surya_alimsyah@yahoo.com.sg, 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 multiplexer and 2 demultiplexer. The system is to control 15 outputs on the car. Using Mosfet IRF540N as a power connector to the load. This system requires a rotation frequency of 52.5 Hz. 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 korsleting. Maka dirancanglah metoda multiplexing–demultiplexing untuk efisiensi pengkabelan pada mobil. Tipe IC yang digunakan adalah 74HCT4051, 1 buah multiplexer dan 2 buah demultiplexer. Sistem tersebut untuk mengontrol 15 output pada mobil. Menggunakan Mosfet IRF540N sebagai penghubung power ke beban. Sistem ini membutuhkan frekuensi penggiliran 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

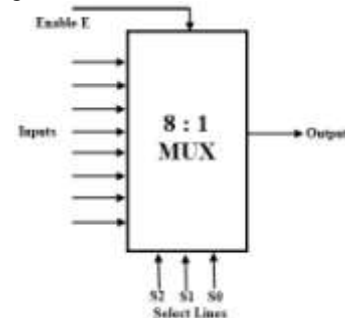
Sebuah kendaraan tidaklah terlepas dari komponen elektrik untuk mengontrol beberapa perangkat elektrik yang digunakan seperti sistem penerangan dan juga komponen elektrik lainnya. Sistem koneksi pengkabelan yang digunakan untuk mengaktifkan perangkat–perangkat tersebut masih menggunakan metode konvensional, yaitu menghubungkan langsung beban output ke sumber power menggunakan kabel–kabel individual untuk semua perangkat beban. Sehingga secara kerumitan akan terlihat sangat rumit. Serta dapat meningkatkan potensi terjadinya hubungan arus pendek.

Sistem multiplexing demultiplexing adalah sebuah metode pengontrolan data yang menggunakan prinsip penggiliran untuk setiap input yang diterimanya. Sehingga memiliki keuntungan hanya menggunakan satu koneksi kabel untuk mengirimkan data penggiliran tersebut yang bersifat seri. Untuk menanggulangi kerumitan pada sistem pengkabelan mobil saat ini maka dirancang sebuah sistem dengan metoda multiplexing–demultiplexing yang nantinya dapat dijadikan sebagai alternatif yang dapat digunakan untuk pengkabelan pada mobil.

2. TINJAUAN PUSTAKA

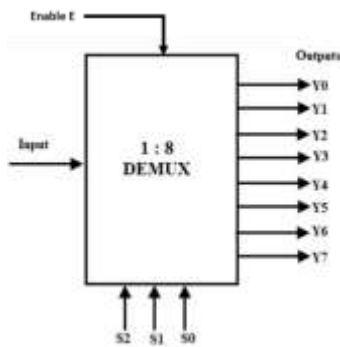
2.1. Multiplexer dan demultiplexer

Multiplexer (MUX) atau selector data adalah suatu rangkaian logika yang dapat menerima satu hingga banyak input data, dan untuk suatu saat tertentu hanya mengizinkan satu data input masuk dan melewati output, yang diatur oleh input selektor. Oleh karena itu, MUX memiliki fungsi sebagai sebuah pengontrol digital. MUX memiliki jumlah kanal input lebih dari 1, minimal 2 atau kelipatan 2, dan hanya memiliki 1 kanal output. Banyaknya selektor dilihat dari banyaknya kanal input seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1: Multiplexer

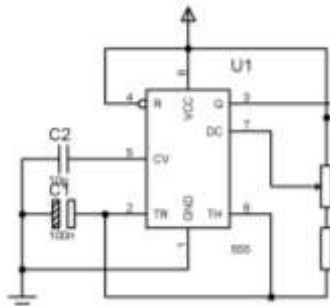
Demultiplexer (DEMUX) merupakan suatu rangkaian elektronika yang mempunyai output dua atau lebih dan hanya mempunyai satu input. Di dalam demultiplexer terdapat suatu pemilih keluaran/outputnya, jadi demultiplexer merupakan rangkaian yang dapat dipilih outputnya untuk meneruskan data dari inputnya. Berkebalikan dari multiplexer yang dapat dipilih inputnya, demultiplexer ini yang dipilih adalah outputnya, seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2: Demultiplexer

2.2. Pembangkit Pulsa Clock

Pada dasarnya aplikasi utama IC NE555 digunakan sebagai Timer (Pewaktu) dengan operasi rangkaian monostable dan Pulse Generator (Pembangkit Pulsa) 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 C1 dan C2 adalah tetap, dan nilai resistansi RB juga tetap, sehingga hanya ada komponen RA yang dapat diatur sesuai dengan nilai frekuensi yang dibutuhkan. Untuk dapat menghitung besarnya frekuensi yang dihasilkan oleh rangkaian ini, dapat dihitung menggunakan rumus (1).

$$f = \frac{1.44}{(RA) + (2RB)C1} \dots\dots\dots (1)$$

2.3. Counter

Counter adalah rangkaian logika sekuensial yang dapat berfungsi untuk menghitung jumlah pulsa yang masuk yang dinyatakan bilangan biner. Hampir seluruh peralatan elektronik yang menggunakan sistem digital di dalam

rangkaiannya berisi suatu alat yang dapat mengontrol urutan operasi program. Alat tersebut dinamakan dengan pencacah atau counter.

Pada umumnya counter ini dibentuk dari beberapa buah rangkaian flip-flop atau bistabil multivibrator yang jumlahnya disesuaikan dengan kebutuhan. Menurut cara kerja masukan pulsa ke dalam setiap flip-flop, maka counter dapat dibagi menjadi:

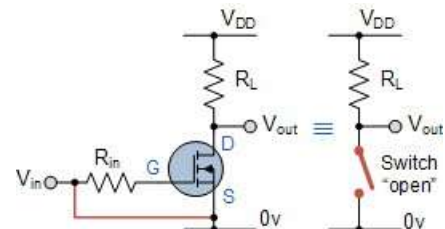
1. Asynchronous binary counter
2. Synchronous binary counter

Sedangkan menurut urutan hitungan yang terbentuk pada outputnya, maka counter dapat dibagi menjadi:

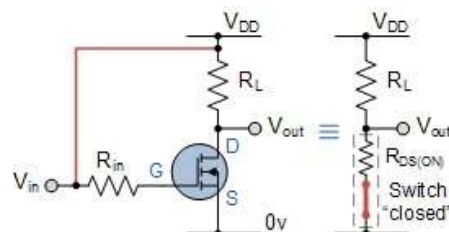
1. Up counter
2. Down counter
3. Up-down counter

2.4. Driver Power

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 beban dengan arus yang tinggi dan biaya yang lebih murah daripada menggunakan Relay. Untuk membuat MOSFET sebagai saklar maka hanya menggunakan MOSFET pada kondisi saturasi (ON) dan kondisi cut-off (OFF), seperti terlihat pada gambar 4 dan gambar 5.



Gambar 4: Rangkaian MOSFET Kondisi Cut-Off



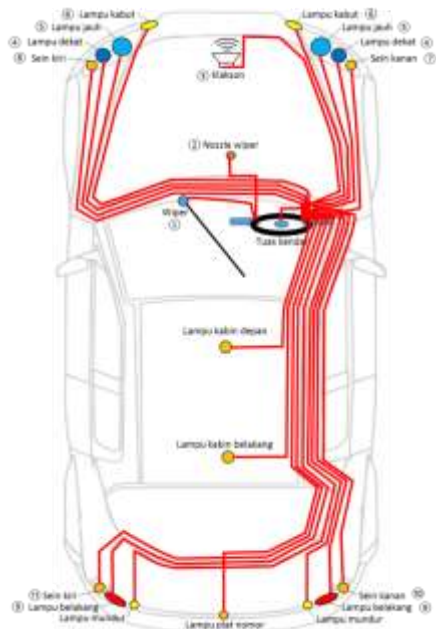
Gambar 5: Rangkaian MOSFET Kondisi Saturasi

3. METODOLOGI

3.1. Sistem Kelistrikan Aksesoris Mobil

Seperti pada pendahuluan, bahwa sistem pengkabelan mobil saat ini masih menggunakan sistem konvensional. Sistem tersebut masih

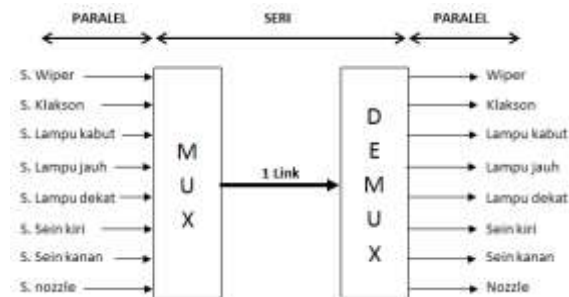
menggunakan masing-masing kabel yang dikoneksikan dengan tiap-tiap perangkat output, seperti terlihat pada gambar 6, Sehingga secara pengkabelan akan terlihat sangat rumit. Serta kabel tersebut juga terkoneksi langsung dengan power, sehingga akan meningkatkan terjadinya konsleting listrik.



Gambar 6 : Koneksi Sistem Aksesoris Mobil

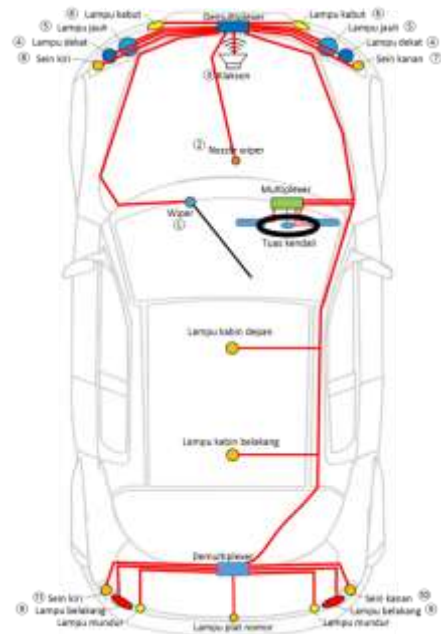
3.2. Sistem Multiplexing-Demultiplexing

Untuk menanggulangi problem kerumitan dan juga potensi konsleting listrik yang cukup tinggi pada sistem pengkabelan konvensional, maka dirancanglah sebuah sistem dengan metoda multiplexing-demultiplexing dalam pengkabelan perangkat kelistrikan mobil. Konsep yang digunakan dapat dilihat pada gambar 7 dan gambar 8.



Gambar 7 : Sistem Multiplexing dan Demultiplexing

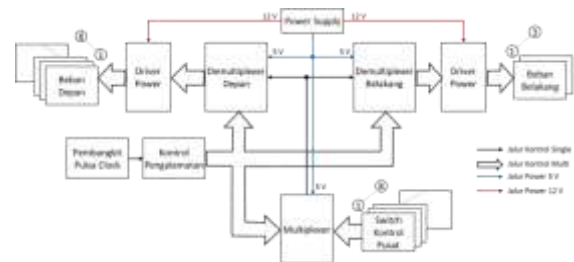
Pada bagian input terdiri dari 8 buah data masukan yang bersifat paralel. Data masukan tersebut bersumber dari switch kontrol pada bagian kemudi. Setelah itu data tersebut akan digilir dan dikirimkan oleh komponen multiplexer. Pengiriman data dari multiplexer ke demultiplexer bersifat seri, karena hanya menggunakan satu koneksi kabel saja. Setelah data tersebut diterima oleh komponen demultiplexer berupa data seri yang masih bersusun antara data satu dan data lainnya, lalu dipisahkan menjadi banyak keluaran secara bersamaan atau paralel sesuai dengan input yang diberikan.



Gambar 8 : Konsep rancangan pengkabelan mobil

3.3. Rancangan Proses

Secara garis besar diagram blok untuk sistem ini terdiri dari beberapa bagian seperti pada gambar 9.



Gambar 9 : Diagram Blok Rancangan

Diagram blok pada gambar 9 menunjukkan bagian-bagian yang digunakan dalam keseluruhan sistem rancangan. Terdiri dari beberapa komponen seperti multiplexer, demultiplexer, kontrol alamat, driver power dan juga beban output.

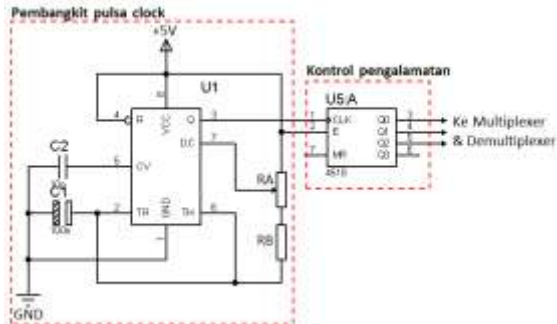
3.4. Realisasi

Pada dasarnya sistem multiplexing digunakan untuk pengolahan sinyal data, tetapi pada rancangan ini akan diterapkan untuk mengolah power. Berdasarkan diagram blok yang sebelumnya telah ditunjukkan dan juga beberapa komponen yang digunakan dalam masing-masing bagian tersebut, maka direalisasikan sebuah rangkaian sistem keseluruhan yang digunakan dalam melakukan penelitian ini.

Rancangan yang dibuat dalam penelitian ini menggunakan beban output yang sama dengan spesifikasi yang digunakan pada mobil sungguhan, sehingga nantinya dapat membuktikan bahwa rangkaian ini dapat digunakan dalam aplikasi yang nyata untuk mengontrol perangkat aksesoris mobil sungguhan.

3.5. Rangkaian kontrol pengalaman

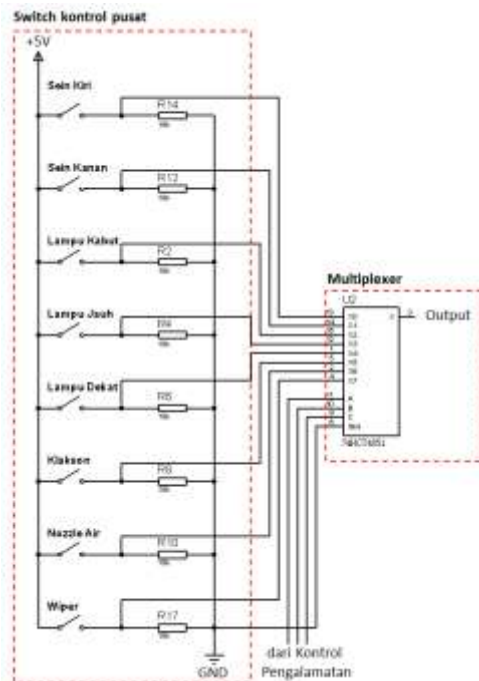
Rangkaian ini terdiri dari rangkaian pembangkit pulsa clock yang menggunakan sebuah IC Clock 555 dan juga digabungkan dengan rangkaian kontrol pengalaman yang menggunakan IC counter 4518.



Gambar 10 : Rangkaian kontrol alamat

Rangkaian pembangkit pulsa clock terdiri dari sebuah IC 555 dan juga dengan beberapa komponen yaitu kapasitor C1 dan C2 serta resistor variable RA dan resistor tetap RB. Untuk dapat menghasilkan nilai frekuensi yang akan digunakan, maka perlu ditentukan nilai masing-masing komponen tersebut. Nilai kapasitansi C1 yang digunakan adalah sebesar 10 pF dan C2 adalah 100 nF. Sedangkan untuk resistor variabel RA adalah 10.3 KΩ dan RB adalah 12 KΩ.

3.6. Rangkaian input multiplexer

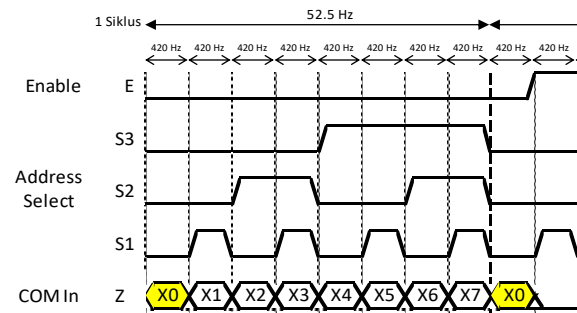


Gambar 11 : Rangkaian input multiplexer

Rangkaian input multiplexer ini terdiri dari switch kontrol pusat dan IC multiplexer. Switch kontrol pusat yang pada sistem konvensional digunakan untuk menghubungkan secara langsung perangkat aksesoris atau beban dengan power 12

volt pada aki mobil. Dengan kata lain penggunaan ini hanya sebagai saklar power untuk perangkat aksesoris mobil. Sedangkan pada perancangan digunakan sebagai input data untuk sistem multiplexing demultiplexing. Saklar-saklar tersebut dihubungkan secara paralel dengan sumber tegangan 5 Volt dan dihubungkan sebagai input kontrol ke IC multiplexer 74HCT4051 yang memiliki jumlah channel 8 buah, yaitu channel X0 sampai dengan channel X7. Data yang masuk pada IC multiplexer akan digilir satu persatu oleh sinyal kontrol pengalaman yang dilambangkan dengan C, B, dan A dan INH atau enable yang dikirimkan dari rangkaian kontrol pengalaman. Data pada C, B dan A ini bekerja secara biner, mulai dari data 000 sampai dengan data 111 yang akan membuka channel X0 sampai dengan channel X7. Kontrol pengalaman ini bersifat kontinu dan berurutan, sehingga penggiliran channel akan dimulai dari channel X0 hingga channel X7 secara periodik atau berulang. Sedangkan INH adalah enable yang bersifat aktif low, artinya IC multiplexer akan bekerja jika input INH bernilai low, tetapi jika INH diberikan nilai high, maka output X akan bernilai low tanpa memperhatikan nilai C, B, A.

Penggiliran tersebut memiliki timing sesuai dengan frekuensi yang dihasilkan oleh pembangkit pulsa clock. Frekuensi clock yang membentuk sinyal kontrol alamat yang berfungsi untuk melakukan penggiliran masing-masing output adalah sebesar 420 Hz. Frekuensi clock tersebut untuk mengoperasikan semua channel yang berjumlah 8 buah secara bergiliran. Sehingga timing penggiliran untuk masing-masing channel tersebut adalah sebesar 52.5 Hz. Seperti terlihat pada gambar 12.



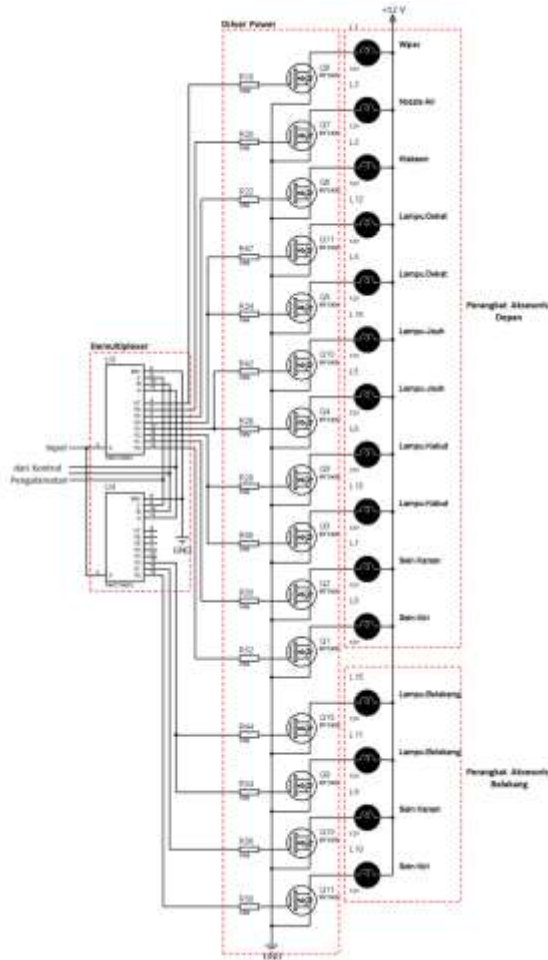
Gambar 12 : Timing penggiliran multiplexer

3.7. Rangkaian output demultiplexer

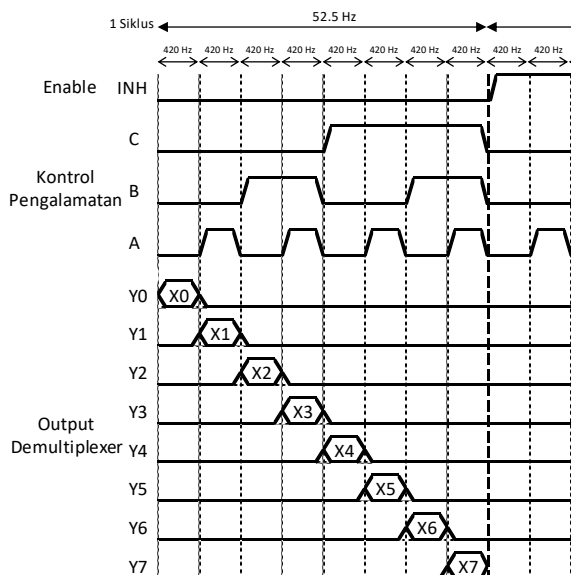
Rangkaian ini terdiri dari dua buah komponen IC demultiplexer, driver power dan perangkat aksesoris depan dan belakang. Tipe IC demultiplexer yang digunakan pada rangkaian ini adalah sama dengan tipe IC multiplexer yaitu 74HCT4051, dikarenakan IC tersebut memiliki fungsi ganda, sebagai multiplexer sekaligus demultiplexer.

Penggunaan dua buah IC demultiplexer tersebut dikarenakan perangkat output aksesoris melebihi jumlah channel yang tersedia dalam 1 IC yaitu 8 channel, sehingga dibutuhkanlah 2 buah IC

demultiplexer untuk mencakup keseluruhan perangkat output aksesoris pada bagian depan dan belakang mobil.



Gambar 13 : Rangkaian output demultiplexer



Gambar 14 : Timing diagram demultiplexing

Gambar 14 merupakan timing diagram antara sinyal kontrol pengalamatan, input demultiplexer dan juga output yang dikeluarkan oleh demultiplexer

pada masing-masing channel. Data tersebut bersifat paralel yang saling tersusun berurutan waktu aktifnya antara X0 sampai dengan X7, lalu masing-masing data mengaktifkan transistor yang terhubung pada setiap channel IC demultiplexer.

4. HASIL DAN BAHASAN

Pengujian alat ini dimaksudkan untuk memastikan bahwa alat yang dibuat dapat berfungsi untuk mengoperasikan perangkat aksesoris mobil menggunakan sistem multiplexing yang dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif dalam hal pengoperasian perangkat aksesoris mobil yang dapat digunakan di kemudian hari.

Adapun yang menjadi titik berat pengujian alat adalah :

- Pengujian pendahuluan.
- Pengujian fungsional menyeluruh
- Pengujian frekuensi

Pengujian pendahuluan ini dilakukan untuk mencari nilai setelan RA pada frekuensi clock yang memadai agar beban output dapat berfungsi dengan normal, meskipun sebenarnya beban bekerja tidak secara kontinyu.

Tabel 1: Hasil pengukuran setelan RA

<i>Pengujian</i>	<i>RA (ohm)</i>
Ke - 1	10 K
Ke - 2	10.1 K
Ke - 3	10.5 K
Ke - 4	10.4 K
Ke - 5	10.3 K

Tabel 1 adalah hasil pengujian nilai resistansi RA setelah dilakukan pengulangan hingga 5 kali pengujian. Sehingga nilai rata-rata dari pengukuran tersebut adalah sebesar 10.26 KΩ.

Pengujian fungsional menyeluruh dilakukan dengan maksud menguji secara fungsi keseluruhan sistem dalam satu kesatuan rangkaian yang utuh. Mulai dari aksi yang diberikan pada switch kontrol pusat hingga reaksi yang dihasilkan pada beban output. Dengan tujuan agar rangkaian multiplexer demultiplexer ini dapat bekerja sesuai dengan fungsi seharusnya. Sehingga rangkaian ini dapat digunakan sebagai salah satu alternatif yang dapat digunakan dalam pengkabelan perangkat aksesoris pada mobil. Selain itu juga sambil mengamati beban output yang menyala akibat pengaruh daya atau power yang terputus atau mendapatkan penggiliran.

Berdasarkan hasil pengujian fungsional satu per satu pada tabel 2, dapat dilihat bahwa ketika salah satu switch kontrol input diaktifkan dan input lain dimatikan, maka beban output yang menyala

adalah sesuai dengan input yang diaktifkan, dan untuk input yang tidak diaktifkan beban tidak menyala. Serta secara visual untuk beban yang aktif baik itu berupa cahaya, suara maupun gerak semuanya menyala dengan normal dan tidak berkedip.

Tabel 2 : Hasil pengujian fungsional

Input yang diberikan	Output yang menyala											
	Depan								Belakang			
	Sein Kiri	Sein Kanan	Lampu Kabut	Lampu Jauh	Lampu Dekat	Klakson	Nozzle Air	Wiper	Sein Kiri	Sein Kanan	Lampu Belakang	
Sein Kiri	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	
Sein Kanan	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	
Lampu Kabut	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	
Lampu Jauh	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	
Lampu Dekat	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	
Klakson	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	
Nozzle Air	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	
Wiper	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	

Berdasarkan data tersebut, maka secara pengujian fungsional satu per satu ini sudah sesuai dengan fungsinya. Penggunaan mosfet dengan tipe IRF540N sebagai driver power untuk mengaktifkan perangkat output dengan tegangan 12 volt dinilai berhasil, karena pada output terlihat menyala dengan kontinyu atau tidak berkedip dan mampu untuk mensuplai kebutuhan arus untuk masing-masing perangkat output pada mobil. Sedangkan untuk komponen relay mekanik memiliki waktu kontak yang lebih lama jika dibandingkan dengan mosfet yang bersifat elektronik. Sehingga akan berpotensi relay tidak akan mampu untuk melakukan kontak sebanyak 52 kali setiap 1 detik, yang mengakibatkan akan berkedipnya perangkat output jika menggunakan frekuensi yang lebih cepat lagi. Selain itu juga masa pakai relay mekanik yang lebih pendek dibanding dengan mosfet. Atas dasar tersebut, jelas bahwa penggunaan mosfet dengan tipe IRF540N lebih tepat digunakan sebagai komponen driver power.

Untuk pengujian fungsi kombinasi terdiri dari 4 kondisi yaitu kondisi siang hari, kondisi malam hari, kondisi siang hari dengan hujan, kondisi malam hari dengan hujan. Pengujian kombinasi tersebut dilakukan dalam rangka mensimulasikan kondisi aktual berkendara yang umum ditemui. Adapun kombinasi untuk tiap-tiap kondisi adalah sebagai berikut.

- Kondisi 1 (siang hari) = Sein kiri, sein kanan, klakson.
- Kondisi 2 (malam hari) = Sein kiri, sein kanan, lampu jauh, lampu dekat, klakson.
- Kondisi 3 (siang hari dengan hujan) = Sein kiri, sein kanan, klakson, wiper, nozzle air.
- Kondisi 4 (malam hari dengan hujan) = Sein kiri, sein kanan, lampu kabut, lampu jauh, lampu dekat, klakson, wiper, nozzle air.

Berdasarkan hasil pengujian kombinasi dengan 4 kondisi seperti ditunjukkan pada tabel 3, dapat dilihat bahwa beban output yang menyala sudah sesuai dengan input yang diberikan. Begitu juga ketika input tidak diaktifkan maka beban output juga

tidak menyala. Selain itu semua output tersebut yang berupa cahaya, suara, dan gerak menunjukkan menyala yang normal, cahaya tidak berkedip, suara yang tidak terputus, dan bergerak normal. Berdasarkan data tersebut, maka secara pengujian dengan 4 kombinasi sudah sesuai dengan fungsinya.

Tabel 3: Hasil pengujian kombinasi

Kondisi	Input yang diberikan	Output yang menyala										
		Depan								Belakang		
		Sein Kiri	Sein Kanan	Lampu Kabut	Lampu Jauh	Lampu Dekat	Klakson	Nozzle Air	Wiper	Sein Kiri	Sein Kanan	Lampu Belakang
1	Sein Kiri Sein kanan Klakson	ON	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	ON	ON	OFF
2	Sein Kiri Sein kanan Lampu jauh Lampu dekat Klakson	ON	ON	OFF	ON	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	ON
3	Sein Kiri Sein kanan Klakson Wiper Nozzle air	ON	ON	OFF	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON	ON	OFF
4	Sein Kiri Sein kanan Lampu kabut Lampu jauh Lampu dekat Klakson Wiper Nozzle air	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON

Pengujian frekuensi dilakukan untuk membuktikan bahwa nilai frekuensi clock pada rangkaian pembangkit pulsa clock yang telah dihitung sebesar 420 Hz memakai rumus (1) berdasarkan setelan nilai RA hasil pengujian pendahuluan diatas, adalah sesuai dengan nilai frekuensi aktual yang didapat. Nilai frekuensi aktual tersebut didapatkan dengan melakukan pengukuran langsung pada rangkaian pembangkit pulsa clock.



Gambar 15 : Pengukuran frekuensi

Gambar 15 merupakan hasil pengukuran frekuensi pada rangkaian pembangkit pulsa clock. Data tersebut diambil dengan menggunakan oscilloscope dengan parameter setelan time/div adalah 5 ms/div dan juga untuk parameter volt/div adalah 5 volt/div. Dari hasil tersebut didapatkan nilai frekuensi sebesar 420 Hz. Nilai ini persis sama dengan hasil perhitungan. Sedangkan untuk nilai frekuensi kontrol pengalaman yang berfungsi sebagai penggiliran untuk input sebanyak 8 bit adalah sebesar 52 Hz, sesuai dengan yang sudah ditunjukkan pada gambar 12 dan gambar 14.

5. SIMPULAN

Berdasarkan rancangan dan realisasi, termasuk pengujian yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang diperoleh adalah :

1. Sistem ini dapat memperingkas pengkabelan pada mobil saat ini sehingga memudahkan dalam melakukan perawatan maupun perbaikan jika terjadi permasalahan.
2. Rancangan rangkaian ini hanya menggunakan 3 buah IC multiplexer-demultiplexer yang dapat mengontrol seluruh perangkat output berjumlah 15 buah.
3. Rangkaian sistem multiplexing-demultiplexing ini dapat mengoperasikan perangkat aksesoris kendaraan mobil seperti fungsi pada normalnya dengan menggunakan frekuensi clock pada rangkaian pembangkit pulsa clock sebesar 420 Hz.
4. Penggunaan frekuensi clock sebesar 420 Hz menghasilkan frekuensi penggiliran pada rangkaian kontrol alamat sebesar 52.5 Hz telah berhasil melakukan penggiliran power pada perangkat output secara memadai dan tidak terlihat berkedip.
5. Penggunaan mosfet tipe IRF540N sebagai driver power dapat digunakan untuk mengontrol beban terbesar yaitu motor wiper dengan spesifikasi arus sebesar 2.8 ampere pada kondisi operasi normal.
6. Penggunaan mosfet dengan tipe IRF540N sebagai driver power layak dan memadai, serta lebih baik jika dibandingkan dengan menggunakan relay magnetik, dikarenakan masa pakai yang lebih lama dan juga kecepatan kontak yang lebih cepat.

6. DAFTAR PUSTAKA

Alam Putra, Rachmad. (2013) Elektronika Analog. Jakarta : Deepublish.

Bisho, Owen. (2010) Electronic Circuit and system. Germany : Electronicscir.

Bushiharto, Widodo. (2011) Elektronika Digital dan Sistem Embedded. Jakarta : Gramedia.

Eggleston, Dennis. (2012) Basic Electronics for Scientists and Engineers. Cambridge : winley

Mosfet characteristic.
<https://en.wikipedia.org/wiki/MOSFET>

MOSFET p-type switching.
<https://electronics.stackexchange.com/questions/353218/p-channel-mosfet-switch>

MOSFET Cut-off and saturation
<https://electronics.stackexchange.com/questions/148484/region-of-operation-of-mosfet-and-current-cutoff-frequency>

Multiplexing, FDM, TDM.
<https://www.daenotes.com/electronics/communication-system/multiplexing>

Transistor switch.
https://www.electronicstutorials.ws/transistor/tran_7.html

Quan, Ronald. (2006) Electronics From The Ground Up. Manilla : MHPProfessional.