

BAB II

DASAR TEORI

Pada bab ini dibahas mengenai berbagai macam teori yang mendasari pembuatan alat ukur waktu reaksi dengan sistem digital.

2.1. Sistem Mekanisme Kerja Saraf

Kemampuan manusia untuk bereaksi terhadap perubahan di dalam lingkungannya memerlukan adanya tiga komponen yang berlainan. Pertama, harus ada reseptor rangsangan. Reseptor rangsangan ini merupakan suatu struktur yang mampu mendeteksi sejenis perubahan tertentu didalam lingkungan. Komponen kedua dalam sistem koordinasi saraf terdiri atas penghantar impuls, yakni saraf itu sendiri. Saraf tersusun atas berkas serabut penghubung yang disebut akson, sama halnya dengan kabel telepon yang terdiri atas berkas kawat. Serabut ini merupakan sel-sel khusus yang amat memanjang dan meluas, yaitu neuron. Neuron terdiri atas dua macam yaitu neuron sensorik meneruskan impuls dari reseptor rangsangan ke sistem saraf pusat, yaitu otak dan tali spinal (jaringan saraf tulang belakang). Neuron motorik meneruskan impuls dari sistem saraf pusat ke bagian tubuh yang akan melakukan aksi. Komponen ketiga dari sistem koordinasi saraf terdiri atas efektor. Efektor merupakan struktur yang melaksanakan aksi sebagai respon terhadap impuls yang sampai kepadanya

melalui neuron motorik. Efektor yang paling penting bagi manusia adalah otot dan kelenjar. (Kimbal W.J, 1990)

Sistem mekanisme reaksi tangan manusia akibat adanya rangsangan optis adalah sebagai berikut : rangsangan luar diterima oleh mata (reseptor rangsangan), bagian mata yaitu retina bersikap sebagai transduser “Fotoneral” yang mengubah energi elektromagnetik datang menjadi potensial lonjakan pada serat-serat saraf. Potensial tersebut ditransmisikan oleh neuron sensorik disepanjang saraf optik, masuk ke dalam sistem saraf pusat, dan akhirnya mencapai daerah khusus pada selaput otak, informasi yang diterima otak tersebut ditransmisikan oleh neuron motorik ke otot tangan (efektor). (Ackerman E, 1988)

2.2 Waktu reaksi (Barry L. Johnson, 1986)

Gerakan dan reaksi yang cepat adalah sesuatu yang unggul dari seorang atlet. Seorang atlet yang dapat bereaksi dengan cepat belum tentu memiliki gerakan yang cepat, hal ini juga berlaku sebaliknya. Sebagai contoh seorang atlet lari jarak pendek dapat melakukan reaksi dengan cepat pada saat start, namun belum tentu atlet tersebut mempunyai gerakan yang cepat sehingga memenangkan perlombaan tersebut. Jadi waktu gerak dan waktu reaksi merupakan hal yang berbeda. Waktu gerak didefinisikan sebagai waktu dari seseorang yang dapat menggerakkan tubuh atau sebagian anggota tubuh diantara dua titik, sedangkan waktu reaksi adalah waktu yang diperlukan dari adanya suatu rangsangan sampai adanya suatu permulaan dari suatu respon.

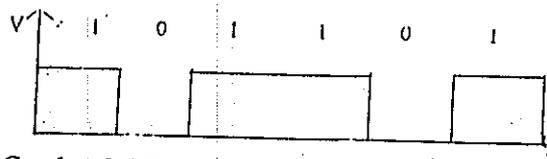
2.3 Sistem Digital

Dalam ilmu elektronika terdapat konsep dasar yaitu analog dan digital yang digunakan untuk menentukan nilai-nilai secara efisien dan cermat dari sebuah besaran fisika. Sistem analog adalah besaran suatu sistem yang dinyatakan dengan besaran lain yang nilainya sebanding dengan besaran tersebut dengan perubahan besaran secara bertingkat. Sistem digital adalah kombinasi tingkat besaran listrik yang digunakan untuk menentukan kuantitas besaran tertentu. (Millman, Halkias, 1993)

Suatu sistem digital berfungsi dalam cara biner (*binary*). Di sini digunakan alat yang hanya berada dalam dua kemungkinan keadaan. Berbagai tanda digunakan untuk dua keadaan yang di kuantisasikan ini misalnya: Tinggi atau rendah, benar atau salah dan yang paling umum digunakan adalah 1(satu) atau 0(nol).

Unsur satuan terkecil pembentuk bilangan biner disebut bit. Misalnya kode ASCII (*American Standart Code Information Interchange*) menentukan kode biner 1000001 untuk huruf A, kode biner 0110001 untuk angka 1 dan sebagainya. Kumpulan dari bit-bit yang mempunyai arti disebut karakter dan kumpulan dari karakter-karakter digital disebut data digital. (A.P, Malvino 1994)

Pada Suatu saluran data biner serial jika diamati dengan sebuah osiloskop maka data-data suatu karakter biner merupakan deret hidup dan mati yang ditunjukkan dengan tingkat tegangan rendah dan tinggi seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini:

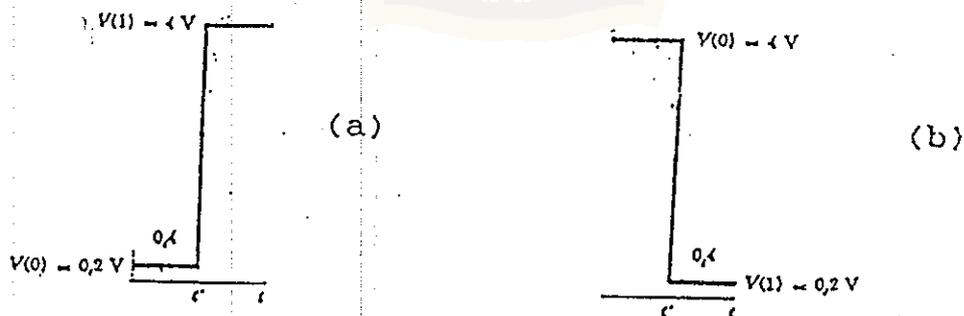


Gambar 2.1 Deret tegangan logika digital (Beach P.D., W.J. Foraker, 1991)

Gambar 2.1 Deret tegangan logika digital (Beach P.D., W.J. Foraker, 1991)

Informasi biner dalam sistem digital yang tersaji dalam bentuk fisik disebut sinyal. Sinyal listrik seperti tegangan yang berada dalam dua keadaan yang diharapkan, dapat disajikan dalam data biner. Sebagai contoh: tegangan 5 volt untuk data biner 1 dan 0 volt untuk data biner 0.

Dalam sistem logika tingkat (*level logic*), implementasi suatu bit merupakan satu dari tingkat tegangan yang ditentukan. Jika tegangan yang lebih positif melambangkan tingkat 1 dan yang lain adalah tingkat 0 maka sistem ini bekerja dengan logika positif, seperti diperlihatkan pada gambar 2.2.a. Sebaliknya jika tegangan yang lebih negatif melambangkan tingkat 1 dan yang lain adalah tingkat 0 maka sistem ini bekerja dengan logika negatif, seperti diperlihatkan pada gambar 2.2.b.



Gambar 2.2 Penjelasan definisi dari (a) logika positif dan (b) logika negatif. Transisi dari satu keadaan kepada keadaan lain terjadi pada saat $t = t^*$ (Millman, 1971)

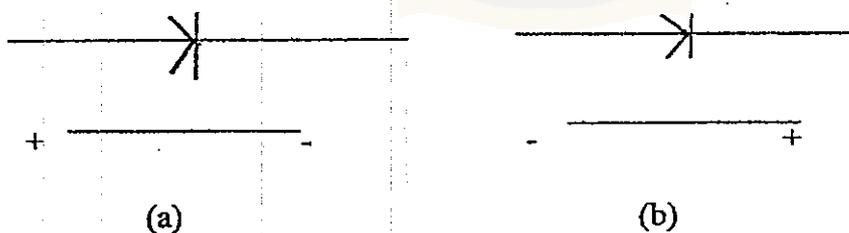
Suatu tingkat digital tidak diberi spesifikasi tepat, tetapi ditentukan oleh jangkauan tegangan disekitar tingkat tertentu, misalnya 4 ± 1 volt dan $0,2 \pm 0,2$ volt. (Millman, 1971)

Untuk sistem digital, rangkaian terpadu ini beroperasi dengan sinyal biner dan mengerjakan sejumlah fungsi digital seperti *gate*, *flip-flop*, *register*, *counter*, *adder* dan lain-lain. (Mano, 1982)

2.4 Dioda

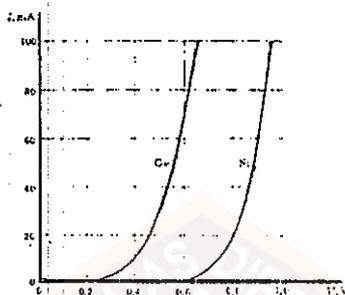
Dioda merupakan komponen elektronika aktif yang terbuat dari unsur semikonduktor. Komponen aktif artinya komponen yang hanya dapat bekerja jika mendapat tegangan awal. (Aschomers, 1992)

Jika semikonduktor type-P disambungkan dengan semikonduktor type-N dengan tegangan arah maju, ternyata bahwa sambungan yang terbentuk akan mengalirkan arus secara mudah dalam satu arah tetapi akan memberikan tahanan yang cukup besar dalam arah sebaliknya. (Aschomers, 1992)



Gambar 2.3 (a) Simbol dioda arah maju; (b) simbol dioda arah mundur (Aschomers, 1992)

Dioda yang ada dipasaran adalah dioda silikon dan germanium dengan arus mulai dari beberapa miliampere sampai ratusan ampere dan nilai tegangan sampai 1000 volt atau lebih. Karakteristik volt-ampere dari dioda diunjukkan seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2.4 Karakteristik Volt-Ampere dari dioda germanium (IN 270) dan Dioda silikon (IN 3605) pada suhu 25 °C

Salah satu jenis dioda adalah LED yaitu dioda yang dapat bercahaya apabila sedang menghantar pada arah maju. Intensitas cahaya tergantung pada arus dioda, sebagai contoh tegangan ambang dari LED standar adalah 1,7 volt. Disini diperlukan resistor pembatas yang dihubungkan secara seri dengan baterai 5volt. Nilai resistor harus dihitung sedemikian rupa sehingga LED menarik arus antara 5 mA sampai 30 mA. Resistor pembatas R dihitung berdasarkan hukum ohm:

$$V_R = 5 \text{ V} - 1,7 \text{ V} = 3,3 \text{ Volt}$$

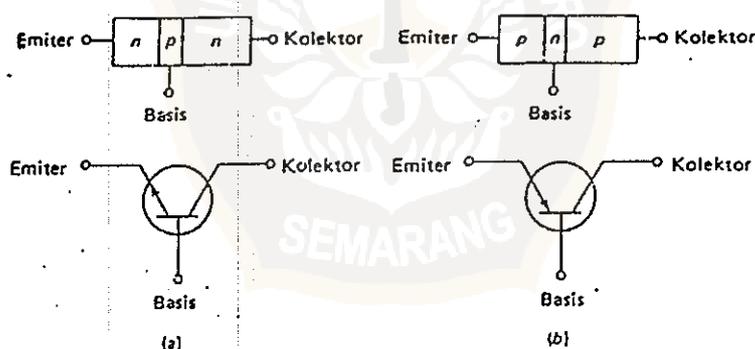
Nilai R untuk arus dioda 22 mA :

$$R = V_R / I = 3,3V / 22 \text{ mA} = 150 \text{ ohm}$$

nilai standar untuk R adalah 150 ohm. (Aschomers, 1992)

2.5 Transistor

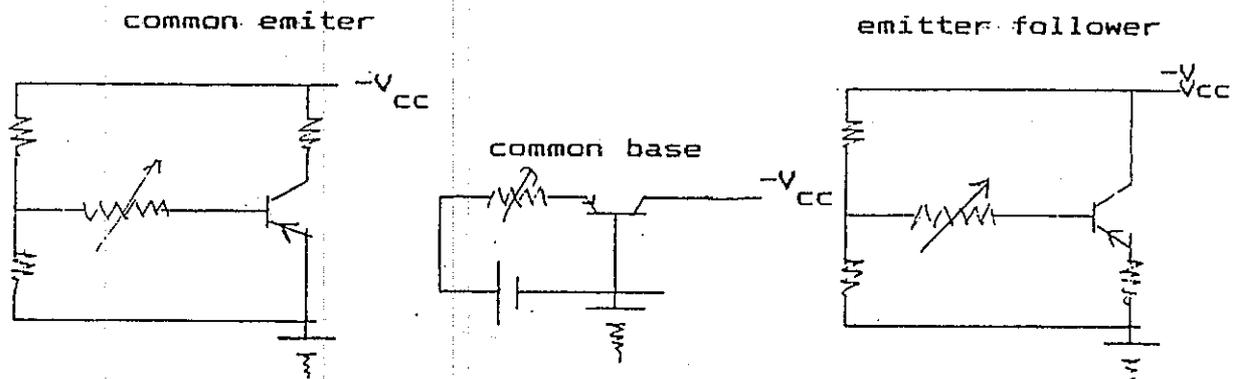
Persambungan tiga lapisan semikonduktor jenis P dan N menghasilkan komponen elektronika yang disebut transistor. Persambungan tersebut terdiri atas lapisan NPN atau PNP sekaligus merupakan klasifikasi transistor berdasarkan persambungannya. Lapisan pertama dinamakan emitor yang berfungsi sebagai penyalur atau penyuntik elektron ke lapisan tengah yaitu lapisan semikonduktor tipis yang disebut basis. Tugas dari basis adalah meneruskan elektron-elektron yang disuntikkan emitor ke lapisan ketiga yaitu lapisan kolektor. Lapisan kolektor merupakan lapisan terbesar pada transistor karena harus mengalami disipasi energi yang besar dari dua lapisan lainnya. (H.C. Yohanes, 1989)



Gambar 2.5 Persambungan dan lambang-lambang transistor (a) jenis NPN dan (b) jenis PNP (H.C. Yohanes 1989)

Berdasarkan penggunaannya, transistor dapat dirangkai dalam konfigurasi common emiter (emitor yang ditanahkan), Common base (base yang

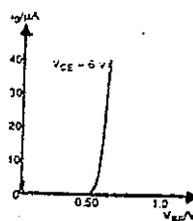
ditanahkan) dan common collector (sering dikenal dengan emiter follower).
Dibawah ini adalah contoh-contoh skema transistor PNP yang dipasang pada ketiga konfigurasi tersebut.



Gambar 2.6 Skema dari transistor PNP yang dipasang pada ketiga konfigurasi: common emiter, common base, emiter follower

2.5.1 Karakteristik Transistor

Transistor memiliki dua macam kurva karakteristik yaitu karakteristik masukan dan karakteristik keluaran. Kurva karakteristik masukan menunjukkan hubungan antara masukan dan tegangan masukan sedangkan kurva karakteristik keluaran menunjukkan hubungan antara arus masukan, arus keluaran dengan tegangan keluaran. (H.C. Yohanes, 1989)



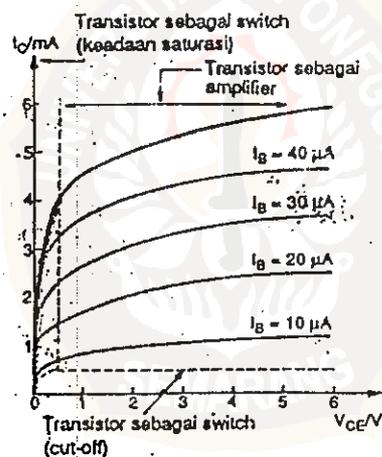
Gambar 2.7 Kurva karakteristik masukan transistor common emitor (H.C. Yohanes, 1989)

Gambar 2.7 merupakan contoh dari kurva karakteristik masukan transistor silikon yang mendapat tegangan bias maju basis-emitor V_{BE} . Hubungan arus masukan basis I_B dengan tegangan V_{BE} secara matematis dituliskan :

$$I_B = f(V_{BE}), \quad V_{CE} = \text{tetap (H.C. Yohanes, 1989)} \dots \dots \dots (2.1)$$

Kurva karakteristik transistor untuk hubungan basis-emitor yang diberikan tegangan bias maju V_{BE} dengan arus keluaran kolektor I_C tergantung pada pengaturan titik kerja arus I_B sehingga pada keluaran diperoleh harga tegangan V_{CE} , secara matematis dituliskan :

$$I_C = f (V_{CE}), \quad I_B = \text{tetap (H.C. Yohanes, 1989)} \dots \dots \dots (2.2)$$

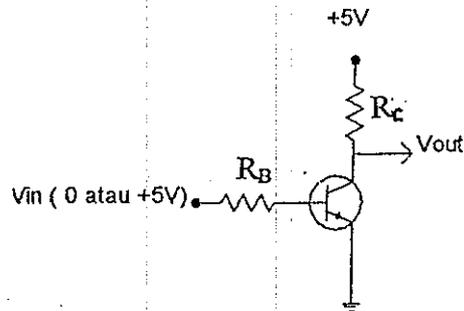


Gambar 2.8 Kurva karakteristik keluaran transistor common emitor. (H.C. Yohanes, 1989)

2.5.2 Transistor sebagai Saklar dan Gerbang NOT

Transistor difungsikan sebagai saklar dengan mengoperasikan pada dua keadaan yang dimiliki yaitu keadaan saturasi (jenuh) dan keadaan putus (*cut-off*).

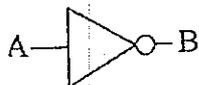
Keadaan saturasi dianggap sebagai saklar yang tertutup dan keadaan putus dianggap sebagai saklar yang terbuka. (A.P. Malvino, 1994)



Gambar 2.9 Transistor sebagai saklar (A.P. Malvino, 1994)

Jika tegangan masukan V_i pada basis sama dengan nol maka transistor berada pada keadaan cut-off, sehingga tegangan yang dikeluarkan transistor pada kolektor mendekati V_{cc} . Keadaan ini transistor dianggap sebagai saklar terbuka. Jika tegangan masukan V_i pada basis dinaikkan maka transistor menuju ke keadaan saturasi sehingga tegangan pada kolektor mendekati nol. Keadaan ini transistor dianggap sebagai saklar yang tertutup. (A.P. Malvino, 1994)

Pengoperasian transistor pada keadaan jenuh dan putus merupakan dasar dari operasi gerbang logika NOT. Gerbang logika NOT mempunyai sebuah masukan dan sebuah keluaran. Keluaran dari gerbang NOT merupakan kebalikan dari masukannya sehingga gerbang ini disebut juga *penjungkir* atau *inverter*. (A.P. Malvino, 1994)



Gambar 2.10 Simbol gerbang logika digital NOT (A.P. Malvino, 1994)

Tabel 2.1 Tabel Kebenaran Gerbang NOT_(A.P. Malvino,1994)

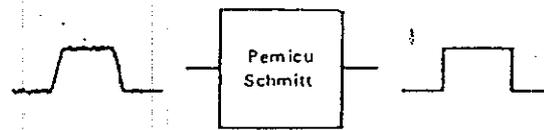
A	B
1	0
0	1

A merupakan logika masukan yang mengakibatkan transistor dalam keadaan jenuh atau putus. Jika masukan 1 berarti pada basis dimasukkan tegangan 5 volt yang mengakibatkan saturasi (jenuh) dan jika masukan berlogika 0 berarti tegangan masukan pada basis 0 volt dan transistor dalam keadaan putus._(A.P. Malvino)

2.6 Pembalik Pemicu Schmitt Hex

Bila sinyal digital dikirimkan dan kemudian diterima oleh pihak lain, maka seringkali sinyal tersebut akan terganggu oleh derau, atenuasi, atau faktor yang lain, dan berakhir dalam bentuk gelombang gerigis. Jika kita menggunakan sinyal-sinyal yang tidak berbentuk persegi itu untuk menjalankan gerbang atau piranti lain, maka kita akan menemui operasi yang tidak dapat diandalkan. Di sinilah masuknya peranan pemicu schmitt (schmitt trigger), yang dapat membersihkan gerigi antara keadaan rendah dan tinggi, dan sebaliknya. Dengan

perkataan lain pemacu schmitt menghasilkan keluaran berbentuk persegi, lepas dari bentuk gelombang masukannya. (A.P. Malvino, 1994)



Gambar 2.11 Pemacu schmitt Hex yang menghasilkan keluaran persegi.

(A.P. Malvino, 1994)

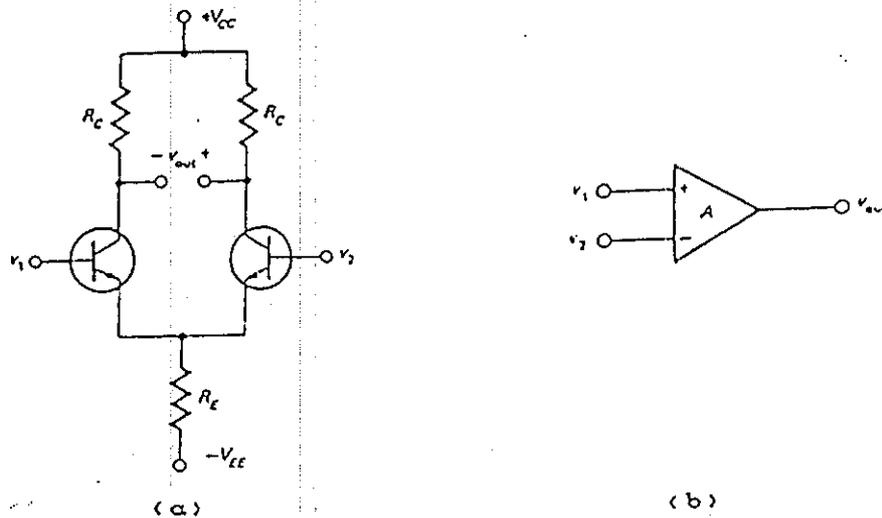
Sebagai contoh gerbang dari Pemacu Schmitt adalah pembalik pemacu schmitt hex. Piranti ini berfungsi sebagai pembalik sinyal digital sekaligus berfungsi membersihkan sinyal-sinyal yang berbentuk gerigi menjadi sinyal yang hampir vertikal antara keadaan rendah dan tinggi.

2.7 Penguat Operasional (Op-amp)

Penguat operasional (*operational amplifier*) atau disingkat Op-amp merupakan rangkaian terintegrasi yang di dalamnya terdapat transistor, dioda dan kapasitor. Komponen ini memiliki dua buah masukan V_1 dan V_2 dan satu keluaran dari keluaran tegangan kolektor transistor di dalamnya. (A.P. Malvino, 1994)

Sifat-sifat ideal yang dimiliki oleh penguat operasional diantaranya :

- impedansi input Z_{in} tak berhingga.
- impedansi output Z_{out} nol.
- penguatan tegangan (*voltage gain*) tak berhingga.
- seimbang sempurna, misalnya $V_1 = V_2$ maka $V_{out} = nol$.
- karakteristik tidak berubah oleh suhu.



Gambar 2.12 (a) Penguat operasional terdiri dari resistor dan transistor;

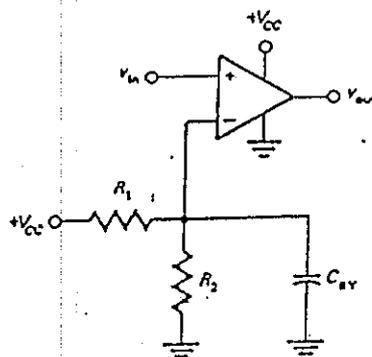
(b) Simbol Op-amp (A.P. Malvino, 1986)

V_1 = tegangan input tidak membalik (*non-inverting input*)

V_2 = tegangan input yang menyebabkan output membalik (*inverting input*)

V_{out} = tegangan keluaran

Salah satu jenis penggunaan Op-Amp adalah komparator. Komparator adalah pembanding dari suatu tegangan dengan tegangan lain untuk diketahui tegangan yang lebih besar. Rangkaian komparator dengan Op-amp membandingkan dua masukan tegangan pada *input inverting* dan *non inverting*. Hasil pembandingan dikeluarkan pada tegangan keluaran.



Gambar 2.13 Op-amp sebagai komparator (A.P Malvino - 1986)

Tegangan acuan yang dimasukkan pada masukan *inverting* besarnya adalah :

$$V_{ref} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC} \dots \dots \dots (2.3)$$

Bila $V_{in} < V_{ref}$ maka tegangan defleksinya negatif dan keluaran rendah, sedangkan bila $V_{in} > V_{ref}$ maka tegangan kesalahannya positif dan keluarannya tinggi. Dari pernyataan tersebut maka Op-amp sebagai komparator hanya memiliki dua besar tegangan yaitu rendah dan tinggi. Kondisi ini sering dimanfaatkan pada rangkaian elektronika digital (A.P.Malvino, 1986)

2.8 Rangkaian Logika

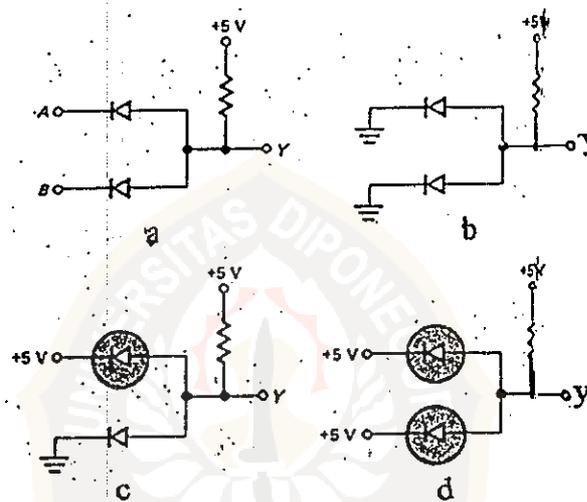
Rangkaian logika disebut juga rangkaian pintu, setiap rangkaian logika mempunyai 1 atau lebih jalan masuk sedangkan jalan keluaranya hanya satu saja. Rangkaian logika diterapkan untuk dua taraf tegangan yaitu : taraf rendah dan

taraf tinggi. Taraf rendah dinyatakan dengan 0 dan taraf tinggi dinyatakan dengan

1. Rangkaian logika ini sudah tersedia dalam bentuk I.C. (Wasito S, 1992)

2.8.1 Gerbang AND

Gerbang AND mempunyai dua atau lebih sinyal masukan tetapi hanya satu sinyal keluaran. Semua masukan harus dalam keadaan tinggi untuk mendapatkan keluaran tinggi.



Gambar 2.14 Gambar gerbang AND dioda 2-masukan. (a) rangkaiannya; (b) kedua masukannya rendah; (c) salah satu masukannya rendah, yang lain tinggi; (d) kedua masukan tinggi (A.P. Malvino, 1994)

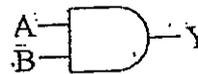
Dari gambar diatas terlihat, jika kedua masukan rendah semua, kedua dioda akan menghantar dan menurunkan tegangan keluar menjadi tegangan rendah. Jika salah satu masukan rendah dan yang lain tinggi, dioda yang mendapat tegangan masuk rendah akan menghantar dan menyebabkan keluarannya bertegangan rendah. Sedangkan dioda dengan masukan tinggi akan mendapat

prategangan-mundur atau berada dalam daerah pancung . Jika kedua masukannya tinggi, semua dioda akan terputus operasinya, karena tidak ada arus pada resistor, maka tegangan catu akan menahan keluaran pada tegangan tinggi (5 volt). (A.P.

Malvino,1994)

Tabel 2.2 Tabel kebenaran gerbang AND (Rizkiawan R, 1996)

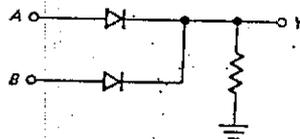
A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



Gambar2.15 Simbol gerbang AND (Rizkiawan R,1996)

2.8.2 Gerbang OR

Gerbang OR memiliki dua atau lebih dari dua sinyal masukan tetapi hanya satu sinyal keluaran. Jika salah satu dari sinyal masukannya tinggi, maka sinyal keluaran akan menjadi tinggi. (A.P Malvino ,1994)

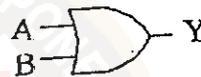


Gambar 2.16 Gerbang OR dioda 2-masukan (A.P. Malvino,1994)

Gambar diatas menunjukkan satu cara untuk membuat sebuah gerbang OR. Bila kedua masukan dalam keadaan rendah, keluarannya akan menjadi rendah. Bila salah satu masukannya tinggi, maka dioda yang mendapat tegangan masuk tinggi akan menghantar dan keluarannya menjadi tinggi. Karena mempunyai dua masukan, rangkaian ini disebut gerbang OR dua-masukan. (A.P.Malvino, 1994)

Tabel 2.3 Tabel kebenaran Gerbang OR (Rizkiawan R, 1996)

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



Gambar 2.17 Simbol Gerbang OR (Rizkiawan R, 1996)

2.8.3 Gerbang NOR

Gerbang NOR adalah gerbang yang keluaran akan bernilai 1, bila semua masukan 0. Gerbang NOR merupakan gabungan dari sebuah gerbang OR dengan sebuah inverter. Dengan susunan tersebut, keluaran akhir dari gerbang bersangkutan adalah keluaran NOT dari hasil operasi OR pada masukan-masukannya. semula gerbang ini dinamakan gerbang NOT-OR, tetapi kini lebih dikenal sebagai gerbang NOR. Menurut aljabar Boole, fungsi NOR ditulis sebagai

$$Y = \overline{A + B} \quad (\text{A.P.Malvino, 1994})$$

Tabel 2.4 Tabel kebenaran gerbang NOR_(A.P.Malvino, 1994)

A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



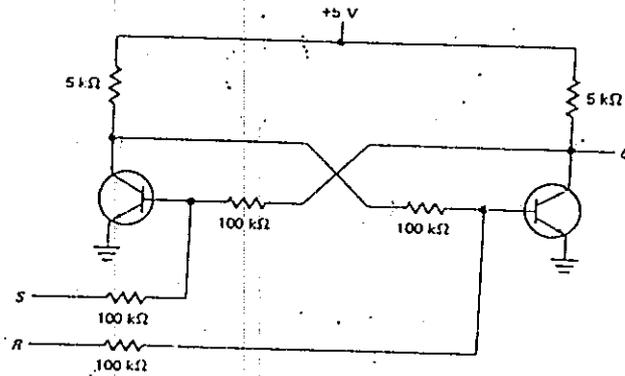
Gambar 2.18 Simbol gerbang NOR_(A.P. Malvino, 1994)

2.9 Flip-flop

Flip-flop adalah rangkaian digit yang mempunyai 2 jalan keluar, sinyal-sinyal yang ada di jalan keluar ini berlawanan satu dari yang lain. (kalau yang satu =1, yang lain akan =0). Flip-flop diterapkan terutama sebagai unsur ingatan (memory) dan sebagai pembagi dua. (Wasito S, 1992)

2.9.1 Flip-flop RS

Flip-flop RS adalah sebuah rangkaian yang dapat memasang (set) keluaran Q menjadi tinggi atau mengosongkan (reset) keluaran Q menjadi rendah. (A.P.Malvino, 1994)



Gambar 2.19 Rangkaian flip-flop RS (A.P. Malvino, 1994)

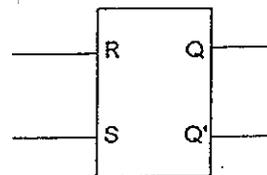
Masukan *set* yang tinggi yaitu S , akan menyebabkan transistor menjadi jenuh. Begitu keadaan tersebut tercapai, maka seluruh rangkaian akan bertahan pada keadaan itu dan $Q = 1$. Sekali keadaan ini terpasang (*set*), keluaran rangkaian akan tetap bertahan pada 1 bahkan sekalipun masukan S telah kembali ke 0 volt. (A.P. Malvino, 1994)

Masukan reset R yang tinggi akan mendorong transistor kanan kedalam kejenuhan. Bilamana hal ini terjadi, rangkaian akan bertahan pada keadaan tersebut dan $Q = 0$. Keluaran tetap bertahan pada keadaan 0, sekalipun masukan R telah kembali ke 0 volt. (A.P. Malvino, 1994)

Pada gambar diatas keluaran Q mengungkapkan nilai bit yang disimpan. Keluaran ini bisa digunakan maupun tidak, tergantung pada pemakaiannya.

Tabel 2.5 Tabel kebenaran flip-flop RS (A.P. Malvino, 1994)

R	S	Q	Komentar
0	0	NC	tetap
0	1	1	set
1	0	0	reset
1	1	*	pacu

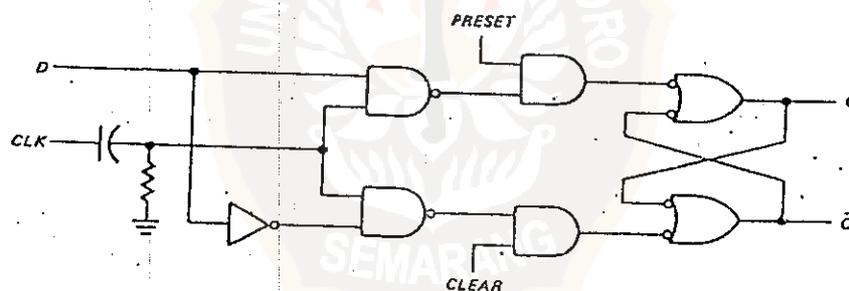


Gambar 2.20 Simbol flip-flop RS (A.P. Malvino, 1994)

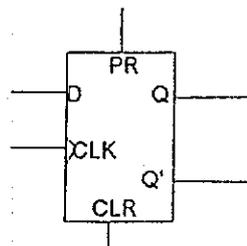
Pada penahan transistor, R:1 dan S:1 merupakan keadaan pacu, sebab kembalinya R dan S secara serentak menuju ke 0 mendorong Q memasuki keadaan rambang. Cara mengenali keadaan pacu adalah sebagai berikut : Bila perubahan serentak dari masukan masukan suatu elemen memori memberikan keluaran yang tak dapat diramalkan, maka ini berarti kita menjumpai suatu keadaan pacu. (A.P Malvino, 1994)

2.9.2 D- flip-flop

D-flip-flop termasuk flip-flop pemicu tepi positif, hal ini disebabkan informasi akan dioper, hanya apabila ada denyut sedang berlangsung pada tepi positif. (A.P.Malvino, 1994)



Gambar 2.21 D-flip-flop dengan pemicuan tepi positif (A.P. Malvino, 1994)



Gambar 2.22 Simbol D-flip-flop (A.P. Malvino, 1994)

Tabel 2.6 Tabel kebenaran D flip-flop (A.P.Malvino, 1994)

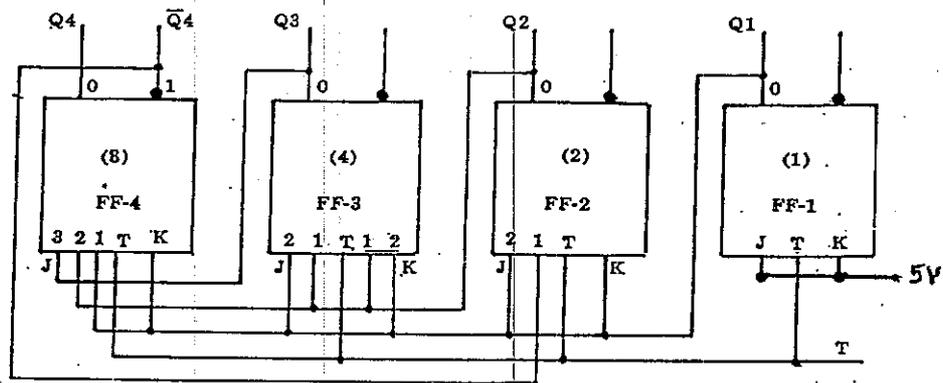
PRESET	CLEAR	CLK	D	Q
0	0	X	X	*
0	1	X	X	1
1	0	X	X	0
1	1	0	X	NC
1	1	1	X	NC
1	1	↓	X	NC
1	1	↑	0	0
1	1	↑	1	1

2.10 Pencacah Pembagi 10

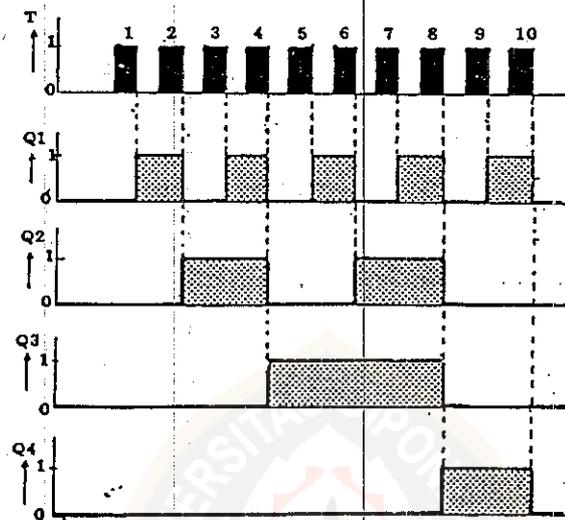
Mencacah berarti menghitung, hampir semua sistem logika menerapkan pencacah. Komputer digit menerapkan pencacah untuk mengemudikan urutan dan pelaksanaan langkah-langkah dalam suatu program. (Wasito S, 1992)

Untuk membangun pencacah pembagi sepuluh dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa pembagi-dua. Dalam bangunan ini perlu kita usahakan, agar pada denyut cacah yang ke-10 rangkaian di-reset-ulang(kembali ke 0 lagi), hal ini dapat dilaksanakan dengan menerapkan rangkaian seperti dalam gambar

2.14. (Wasito S, 1992)



a



b

Gambar 2.23 (a) Pembagi-10 yang dibangun dari 4 flip-flop pembagi-dua; (b) Tingkah sinyal-sinyal yang berlaku untuk rangkaian diatas. (Wasito S, 1992)

Tabel 2.7 Tabel kebenaran pencacah pembagi 10 (Wasito s, 1992)

T	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1	Dasan
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1
2	0	0	1	0	2
3	0	0	1	1	3
4	0	1	0	0	4
5	0	1	0	1	5
6	0	1	1	0	6
7	0	1	1	1	7
8	1	0	0	0	8
9	1	0	0	1	9
10	0	0	0	0	0

2.11 Dekoder BCD ke-7 segmen

2.11.1 Sandi BCD atau Sandi 8421

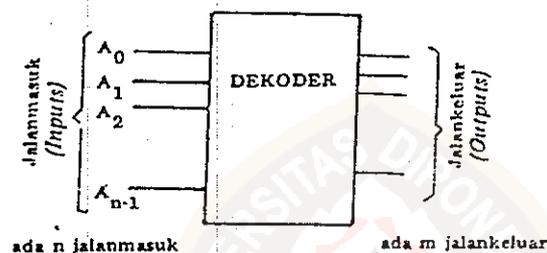
Mengubah bilangan biner yang panjang ke dalam bilangan dasan akan menyita banyak waktu dan usaha. Contoh: mengubah $11000011011_{(2)}$ menjadi bilangan dasan. Dengan menerapkan sandi-BCD, maka pekerjaan menyandi akan sangat mudah. BCD adalah Dasan yang disandikan ke dalam biner. Setiap angka dasan dari 09 disandikan dalam 1 aksara yang terdiri dari 4 bit, karena untuk setiap angka dipakai 4 bit, maka bilangan yang terdiri atas n angka akan terdiri dari $4.n$ b. (Wasito S, 1992)-

Tabel 2.8 Tabel kebenaran BCD (WASITO S, 1992)

Dasan	BCD
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001

2.11.2 Dekoder

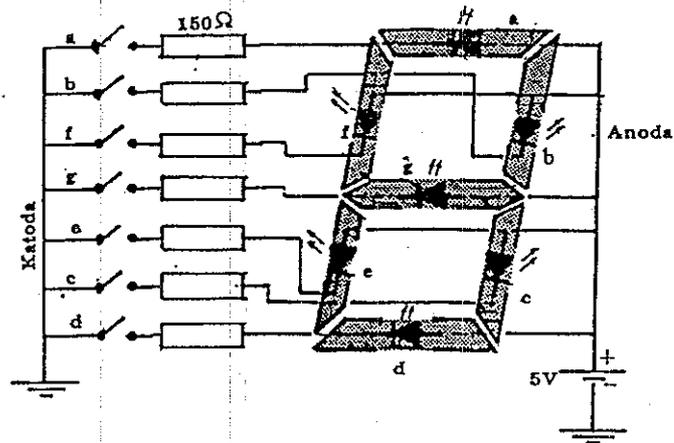
Pemecah sandi (Dekoder) adalah rangkaian pintu-pintu yang berguna untuk menampilkan kode-kode biner menjadi tanda-tanda yang mudah dikenali. Secara umum, dekoder mempunyai jalan masuk sebanyak n , dan mempunyai jalan keluar sebanyak m . Kalau jalan masuk -jalan masuk dimasuki sesuatu kombinasi masukan, maka jalan keluar yang di-aktifkan adalah 0 (rendah). Jalan keluar yang lain mendapat sinyal 1 (tinggi). Dekoder biasanya sudah terbentuk I.C, dan terdiri dari pintu-pintu NAND. (Wasito S, 1992)



Gambar 2.24 Simbol dari dekoder. (Wasito S, 1992)

2.11.3 Seven Segmen

Untuk menampilkan bilangan dasan yang dikeluarkan oleh dekoder akan dapat dipakai sebuah penampil 7-segmen. Penampil ini terdiri dari 7 segmen yang tersusun membentuk angka 8. Penampil yang banyak dipakai adalah yang menerapkan LED. Untuk menyalakan LED diterapkan sirkit seperti gambar 2.25. $R = 150$ ohm berguna untuk membatasi arus, agar bertahan pada 20 mA. Tanpa R , LED akan terbakar, Pada LED terdapat tegangan kira-kira 1,7 volt. (Wasito S, 1992)



Gambar 2.25 Asas menyalakan LED (Wasito S, 1992)

Setiap segmen didalam penampil di gambar 2.25 berisi satu LED. Adapun asas LED bisa menyala adalah : Anoda -anoda disatukan dan diberi potensial $V_{CC} = 5$ volt. Katoda-lah yang diberi sinyal (0 atau 1) dari dekoder lewat $R = 150$ ohm. Jikalau sakelar menutup, maka katoda yang bersangkutan beroleh sinyal 0 (dibumikan) dan LED pun menyala, sebab sirkit baterai menutup. (Wasito S, 1992)

Kemungkinan angka-angka yang ditampilkan, apabila ada LED yang menyala, dikemukakan dalam gambar 2.26

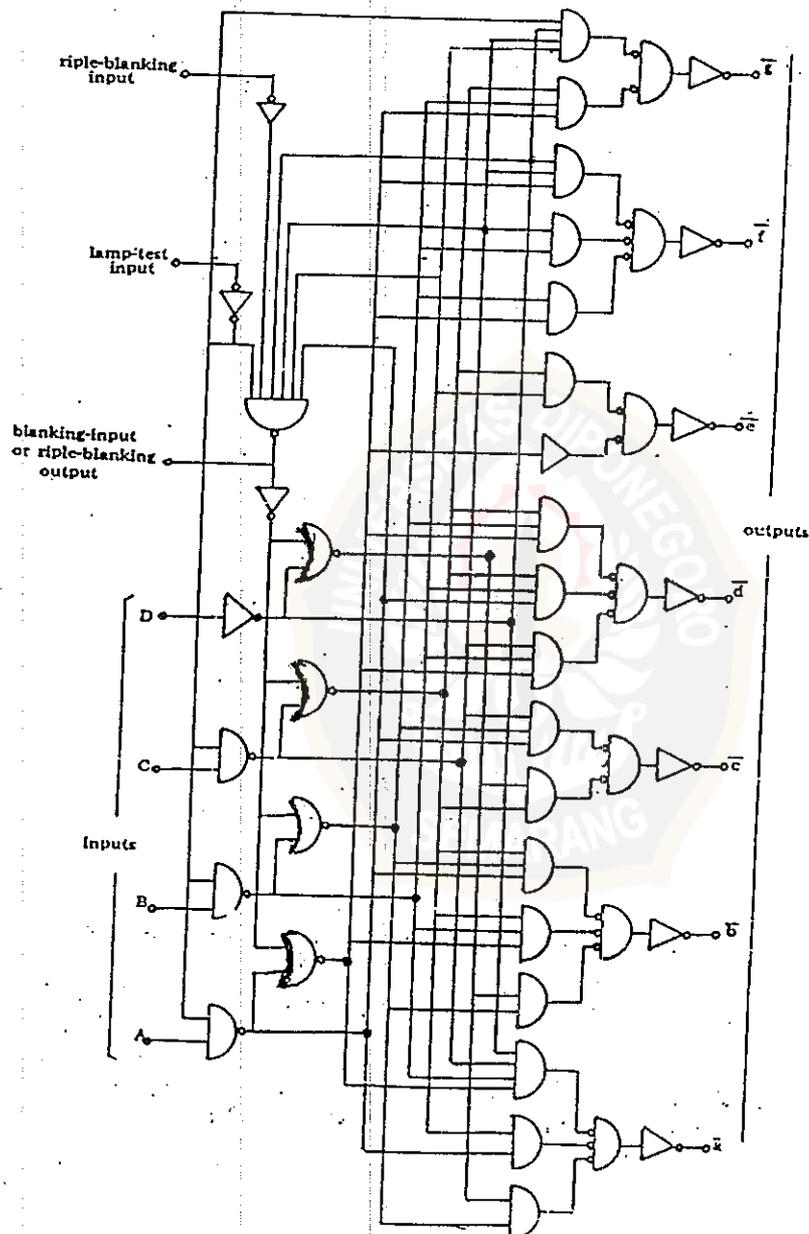


Gambar 2.26 Angka -angka dasan dan tanda tanda lain yang akan dapat ditampilkan oleh penampil 7-segmen. (Wasito S, 1992)

Contoh : Untuk menyalakan angka dasan 6, saklar-saklar f,e,c,d,dan g perlu menutup, sehingga segmen f,e,c,d, dan g menyala. (Wasito S, 1992)

2.11.4 Dekoder BCD ke-7 segmen

Untuk menampilkan bilangan dasan yang dikeluarkan oleh dekoder dapat digunakan sebuah penampil 7-segmen. Dibawah ini adalah rangkaian serta tabel kebenaran dari decoder BCD ke 7-segmen. (Wasito S, 1992)



Gambar 2.27 Rangkaian Dekoder BCD ke 7-segmen. (Wasito S, 1992)

Tabel 2.9 Tabel kebenaran dari dekoder BCD ke 7-segmen. (Wasito S, 1992)

Desimal atau Fungsi	masukan					keluaran								
	\overline{LT}	\overline{RBI}	D	C	B	A	$\overline{BI/RBO}$	\overline{a}	\overline{b}	\overline{c}	\overline{d}	\overline{e}	\overline{f}	\overline{g}
0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
1	1	X	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
2	1	X	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0
3	1	X	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0
4	1	X	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
5	1	X	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0
6	1	X	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
7	1	X	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
8	1	X	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
9	1	X	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0
10	1	X	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0
11	1	X	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0
12	1	X	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0
13	1	X	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0
14	1	X	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0
15	1	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
\overline{BI}	X	X	X	X	X	X	0	1	1	1	1	1	1	1
\overline{RBI}	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
\overline{LT}	0	X	X	X	X	X	1	0	0	0	0	0	0	0

Dari tabel diatas dapat ditarik kesimpulan (Wasito S, 1992) :

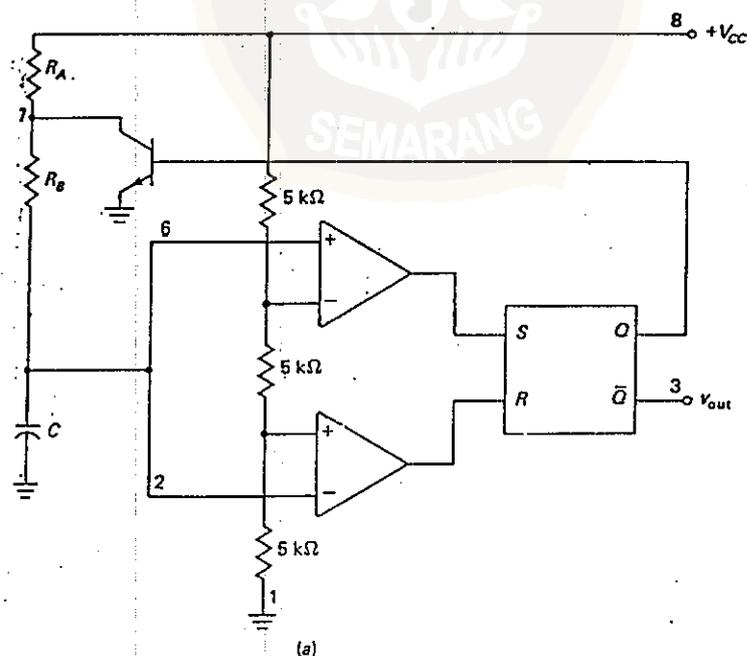
1. Jika jalan masuk BI (*Blanking input*) atau jalan keluar RBO (*Ripple Blanking Output*) diberi sinyal rendah, maka semua jalan keluar dari pada semua segmen-segmen mendapat sinyal tinggi tidak memandang kondisi dari sembarang jalan masuk lainnya.
2. Jika jalan masuk RBI, A, B, C, D dan BI atau jalan keluar RBO diberi sinyal rendah, sementara itu jalan masuk LT (*Lamp Test*) diberi sinyal tinggi, maka semua jalan keluar dari segmen-segmen mendapat sinyal tinggi.
3. Jika jalan masuk BI atau jalan keluar RBO terbuka atau diberi sinyal tinggi, sementara jalan masuk *lamp test* diberi sinyal rendah, maka jalan keluar dari semua segmen menjadi rendah.

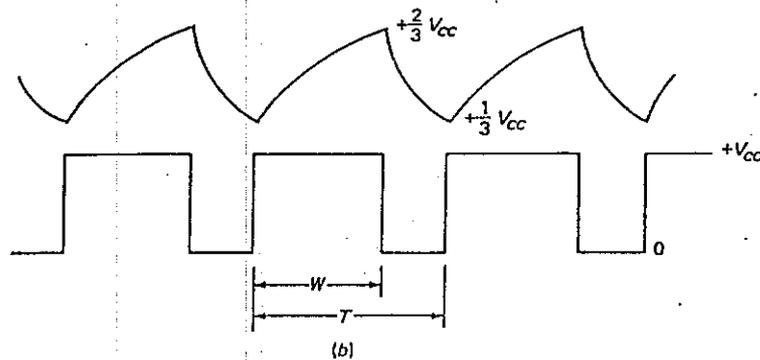
2.12 Pewaktu 555

Pewaktu 555 menggabungkan sebuah osilator relaksasi, dua pembanding, flip-flop RS, dan sebuah transistor pembuang (Malvino, 1991). IC serbaguna ini mempunyai banyak manfaat sehingga telah menjadi standar industri. Alat ini digunakan untuk pembangkit denyut, adapun sifat-sifat dari pewaktu 555 adalah sebagai berikut :

1. Frekuensi operasi mencapai 500 kHz.
2. Pewaktuan (timing) dari mikrodetik sampai beberapa jam.
3. Serba cocok dengan TTL
4. Beroperasi dalam ragam monostabil dan takstabil.

Untuk pembuatan alat ini digunakan pewaktu 555 yang beroperasi tak stabil, atau sering disebut juga multivibrator astabil, karena menghasilkan pulsa-pulsa persegi yang keluar terus-menerus. Adapun cara kerja dari alat ini adalah :



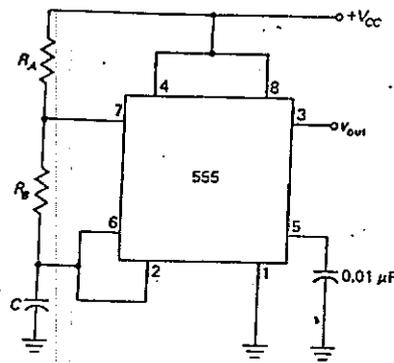


Gambar 2.28 (a) Pewaktu 555 yang dipasang sebagai multivibrator astabil ;

(b) Bentuk gelombang kapasitor dan keluaran. (Malvino, 1991)

Bila Q rendah, transistor putus dan kapasitor diisi melalui resistansi total $R_A + R_B$. Oleh karenanya, tetapan waktu pengisian adalah $(R_A + R_B)C$. Pada saat kapasitor diisi, tegangan ambang naik. Akhirnya tegangan ambang melebihi $2V_{CC}/3$; maka pembanding atas mempunyai keluaran tinggi, dan menset flip-flop. Dengan Q tinggi, transistor jenuh dan mentanahkan penyemat 7. Sekarang kapasitor dikosongkan melalui R_B . Dengan demikian, tetapan waktu pengosongannya adalah $R_B C$. Bila tegangan kapasitor sudah turun sedikit dibawah $V_{CC}/3$, pembanding bawah mempunyai keluaran tinggi dan mereset flip-flop. (Malvino, 1991)

Gambar 2.28 (b) menggambarkan bentuk-bentuk gelombangnya. Pewaktu mempunyai tegangan yang naik dan turun secara eksponensial. Keluarannya berbentuk gelombang segiempat. Karena tetapan waktu pengisian lebih lama daripada tetapan waktu pengosongan, keluarannya tidak simetri; keadaan keluaran yang tinggi lebih lama daripada keadaan keluaran yang rendah. (Malvino, 1991)



Gambar 2.29 Rangkaian pewaktu astabil 555. (A.P. Malvino, 1991)

frekuensi keluarannya adalah:

$$f = \frac{1,44}{(R_A + 2R_B)C} \text{ Hz} \quad (\text{A.P. Malvino, 1991}) \dots\dots\dots (2.4)$$

2.13 Transistor Transistor Logic

Merupakan rangkaian terpadu bipolar dengan memakai transistor-transistor untuk melaksanakan fungsi logikanya. Transistor-transistor bekerja antara keadaan pancung dan jenuh, Sehingga TTL standart menerapkan prinsip logika pancung dan jenuh.

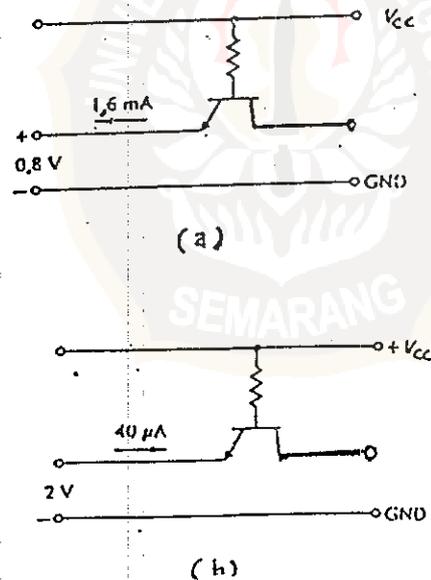
2.13.1 Karakteristik TTL (A.P. Malvino, 1994)

Piranti-piranti seri 7400 dijamin untuk beroperasi secara handal pada daerah suhu dari 0° sampai 70° C dan catu tegangan antara 4,75 sampai 5,25 V. Pembahasan berikut ini meliputi : kasus terburuk yang berarti bahwa semua parameter (karakteristik seperti arus masukan maksimum, tegangan keluaran minimum, dan sebagainya) diukur dalam keadaan suhu maksimum dan tegangan

minimum untuk beberapa parameter, suhu minimum dan tegangan minimum untuk beberapa parameter, suhu minimum dan tegangan maksimum untuk beberapa parameter yang lain, atau kombinasi keadaan lain yang menghasilkan harga terburuk.

2.13.1.1 Tegangan dan Arus masukan kasus terburuk (Malvino Leach, 1981)

Untuk seri 7400, setiap tegangan masukan antara 0 dan 0,8 volt dianggap sebagai masukan rendah karena akan menjenuhkan transistor masukan. Tegangan masukan rendah atau V_{IL} dengan subskrip yang berarti input low. Nilai keadaan terburuk $V_{IL} = 0,8$ Volt dan arus yang berkaitan $I_{IL} = 1,6$ mA. Gambar 2.30.a menggambarkan V_{IL} dan I_{IL} .

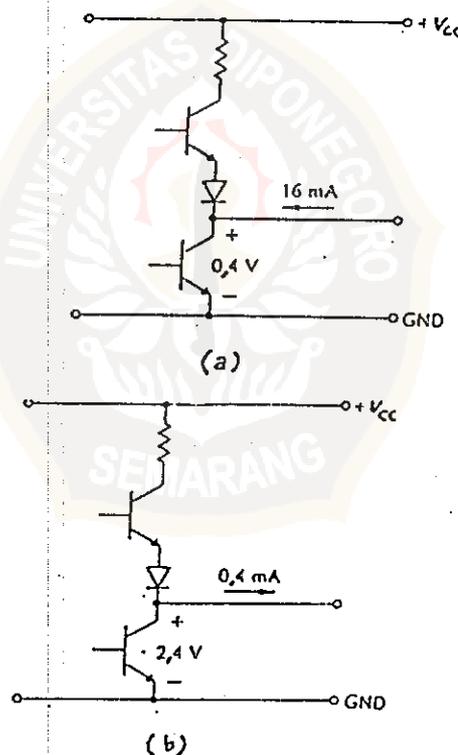


Gambar 2.30 Tegangan dan arus masukan untuk kasus terburuk (a) logika rendah
(b) logika tinggi

Setiap tegangan masukan antara 2 sampai 5 Volt dianggap sebagai masukan tinggi karena dapat mendorong keluaran untuk berubah keadaan. Nilai keadaan terburuk $V_{IH} = 2$ Volt dan arus masukan yang bersangkutan $I_{IH} = 40$ mikro Amper, ini merupakan arus balik melalui emiter. Hal ini ditunjukkan oleh gambar 2.30.b.

2.13.1.2 Tegangan dan Arus keluaran kasus terburuk (Malvino Leach, 1981)

Tegangan keluaran bisa bernilai 0 sampai 0,4 volt. Nilai keadaan terburuknya $V_{OL} = 0,4$ Volt dan $I_{OL} = 16$ mili Ampere. Pada saat keluaran rendah transistor bagian bawah jenuh, Transistor mengalirkan arus maksimum ke tanah.

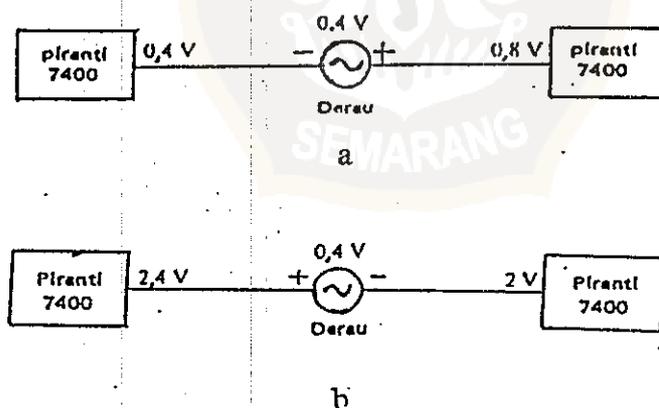


Gambar 2.1 Tegangan dan arus keluaran kasus terburuk (a) logika rendah
(b) logika tinggi

Pada keadaan tinggi, keluaran dapat bernilai 2,4 sampai 5 Volt. Dengan kata lain 2,4 Volt dianggap sebagai keluaran tinggi karena cukup untuk menggerakkan rangkaian-rangkaian TTL lain. Keadaan terburuk untuk $V_{OH} = 2,4$ Volt. Pada keadaan tinggi, transistor bagian atas berlaku sebagai pengikut emiter dan dapat mengeluarkan arus sampai 0,4 mA. Keadaan terburuk $I_{OH} = 0,4$ mA.

2.13.2 Batas Derau (A.P Malvino, 1994)

Dalam keadaan yang terburuk akan terdapat perbedaan sebesar 0,4V antar TTL penggerak dan TTL beban. Perbedaan ini disebut batas derau (*noise margin*), yang merupakan perlindungan terhadap derau. Dengan kata lain, kawat sambungan antara TTL penggerak dan TTL beban dapat merasakan adanya tegangan derau liar tersebut. Sepanjang tegangan imbas ini kurang dari 0,4 volt, TTL beban tidak akan mengalami pemicuan semu (*false triggering*). Di bawah ini adalah gambar dari piranti yang mengalami derau sehingga menghasilkan pemicuan yang salah.



Gambar 2.32 Derau yang menghasilkan pemicuan yang salah (a) keadaan rendah

(b) keadaan tinggi