

BAB II

TEORI-TEORI DASAR RANGKAIAN

II.1 UMUM

Sebelum tahun 1950, semua peralatan elektronika menggunakan tabung hampa (vacuum tubes), dan pada saat itu industri kita didominasi oleh bola-bola lampu dengan nyala yang redup (soft glow bulbs). Pemanas dari tabung hampa jenis ini membutuhkan daya beberapa watt. Oleh karena itu, peralatan yang menggunakan tabung hampa membutuhkan catudaya yang sangat besar dan menimbulkan banyak panas. Hal ini yang membuat para disainer khawatir.

Kemudian hal ini terjadi. Pada tahun 1951, Shockley menemukan transistor junction yang pertama. Ini merupakan salah satu penemuan yang besar, yang akan merubah segalanya. Pada saat itu tiap orang kagum dan meramalkan sesuatu yang besar akan terjadi. Kennyataannya, ramalan yang besar tersebut melampaui apa yang diharapkan.

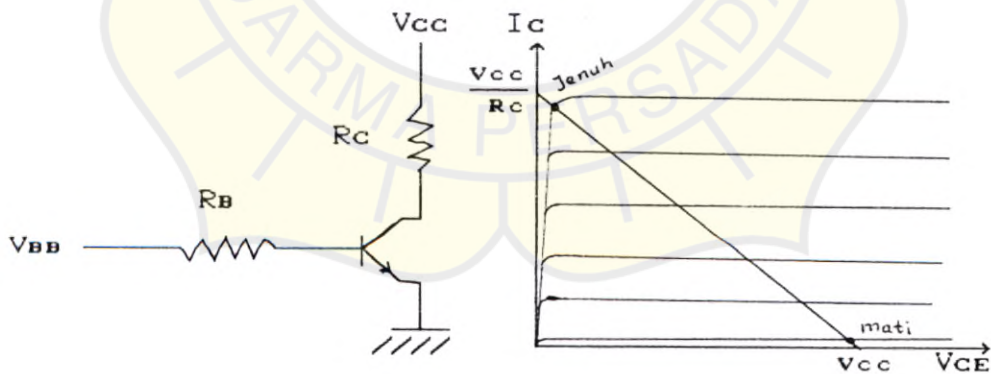
Dampak transistor pada elektronika demikian besarnya. Di samping dimulainya industri semikonduktor yang berharga multi milyar dollar, transistor pun telah merintis pada penemuan-penemuan seperti rangkaian terpadu (integrated circuit) (IC), peralatan optoelektronika dan mikroprosesor. Pada saat ini

hampir semua peralatan elektronika didisain menggunakan komponen semikonduktor.

II.2 TRANSISTOR SEBAGAI SAKELAR

Transistor akan beroperasi sebagai sakelar apabila dia berada pada dua kondisi. Kondisi *mati* ekuivalen dengan kondisi transistor sebagai sakelar terbuka. Kondisi *jenuh* ekuivalen dengan transistor sebagai sakelar tertutup.

Transistor akan mati apabila Basis dan Emiternya dihubungkan baik secara langsung maupun lewat sebuah tahanan. Sebaliknya transistor pada kondisi *jenuh* apabila tegangan V_{CE} dari transistor mendekati harga nol ($V_{CE} = 0$). Hal ini mungkin kalau arus I_c besar. Untuk mengetahui berapa besar harga dari arus I_c harus dicari lewat garis beban.



Gambar 2-1

Rangkaian dasar sakelar transistor

Besar arus $I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C} \cong \frac{V_{CC}}{R_C}$ (2-1)

Besar arus $I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{V_{CC}}{\beta R_C}$ (2-2)

Jika dicari lewat untai basis emiter arus Basis adalah

$$I_B = \frac{V_{BB} - 0,7}{R_B} \quad (2-3)$$

Agar transistor dalam kondisi *jenuh* haruslah

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_C} > \beta I_B$$

$$\frac{V_{CC}}{R_C} > \beta \frac{V_{BB} - 0,7}{R_B}$$

Catatan, pemilihan tahanan R_C dan R_B harus memenuhi keadaan persamaan diatas.

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} \quad (2-4)$$

Jika arus basis lebih besar atau sama dengan $I_{B(sat)}$, titik kerja Q berada pada ujung atas dari garis beban (Gambar 2-1b). Dalam hal ini, transistor kelihatan seperti sebuah switch yang tertutup. Sebaliknya, jika arus basis nol, transistor bekerja pada ujung bawah dari garis beban, dan transistor kelihatan seperti sebuah switch yang terbuka.

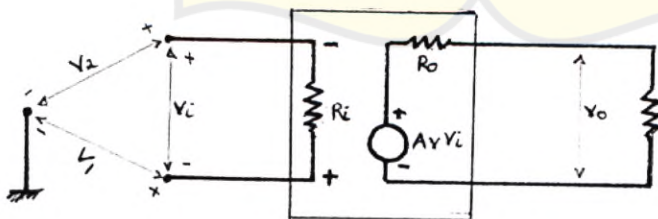
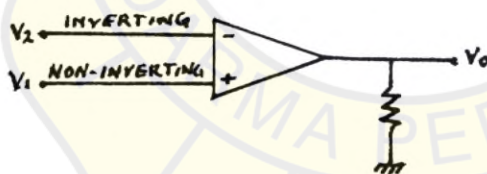
II.3 PENGUAT OPERASIONAL (OP AMP)

Penguat operasional disingkat OP AMP merupakan suatu penguat berperolehan-tinggi dikopel-langsung, ke

mana umpan-balik ditambahkan untuk mengendalikan karakteristik tanggapan keseluruhan. OP AMP digunakan untuk membentuk fungsi-fungsi linier yang bermacam-macam dan juga operasi-operasi tak-linier dan sering disebut sebagai rangkaian terpadu linier-dasar atau analog.

Penguat operasional terpadu telah memperoleh tanggapan yang luas sebagai blok pembangunan sistem yang andal, dapat diperkirakan dan ekonomis. Ia menjamin semua keuntungan dari rangkaian terpadu monolitik, yakni : ukuran kecil, keandalan tinggi, harga lebih murah, kebal temperatur, dan tegangan serta arus penggangutnya (offset) yang rendah.

II.3.1 Penguat Operasional Dasar



Gambar 2-2

Rangkaian penguat dasar

Dalam skematis dari OP AMP ditunjukkan dalam Gambar 2-2a dan rangkaian penggantinya pada Gambar 2-2b. Sejumlah besar penguat operasional mempunyai sebuah masukan diferensial, dengan tegangan V_2 dan V_1 , yang diberikan pada berturut-turut terminal pembalik (inverting) dan terminal bukan pembalik (noninverting). Perolehan antara V_o dan V_1 positif (bukan kebalikkan, noninverting) sedangkan penguatan antara V_o/V_2 negatif (kebalikkan, inverting). Suatu penguat dengan satu-ujung dapat dianggap sebagai peristiwa khusus, dimana salah satu terminal masuk dibumikan. Hampir semua OP AMP hanya mempunyai satu terminal keluaran.

Penguat Operasional Ideal memiliki sifat-sifat:

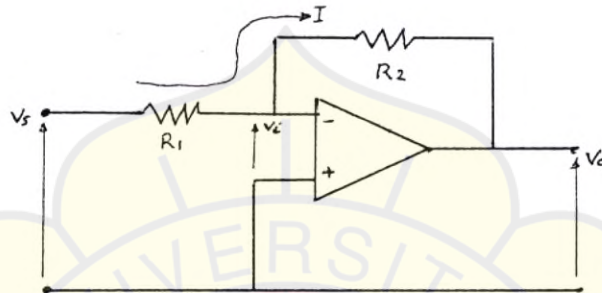
1. Resistansi masukan $R_i = \infty$
2. Resistansi keluaran $R_o = 0$
3. Perolehan tegangan $A_v = -\infty$
4. Lebar pita $= \infty$
5. $V_o = 0$ kalau $V_1 = V_2$ tidak tergantung pada besarnya V_1
6. Karakteristik tidak tergantung pada temperatur

Ringkasan untuk sebuah OP-AMP yang *ideal* :

1. Arus ketiap-tiap masukan sama dengan nol.
2. Tegangan antara kedua terminal masukan sama dengan nol (bumi semu).

II.3.2 Penkuat Pembalik (Inverting Amplifier)

Karena faktor perolehan A_v yang besar sekali, maka sebagai penguat-penguat operasional selalu dirangkaikan dalam konfigurasi umpan balik negatif.



Gambar 2-9
Penguat pembalik (Inverting Amplifier)

Kalau $V_i = 0$, maka terminal inverting (-) = 0 ini menyebabkan

$$I = \frac{V_s}{R_1} \quad (2-5)$$

dari untai keluaran :

$$I \cdot R_2 + V_o = 0$$

$$I = - \frac{V_o}{R_2} \quad (2-6)$$

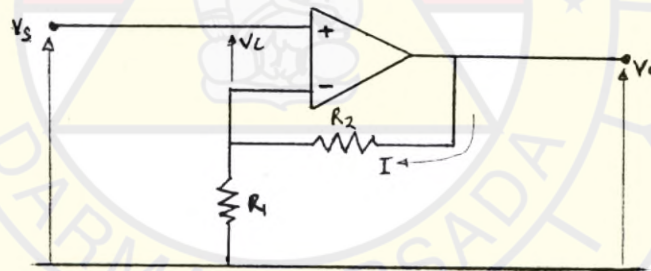
Jadi
$$\frac{V_s}{R_1} = - \frac{V_o}{R_2} \quad (2-7)$$

Faktor penguatan tegangannya adalah :

$$A_v = \frac{V_o}{V_s} = - \frac{R_2}{R_1} \quad (2-8)$$

II.3.3 Penguat Bukan-pembalikan (Noninverting Amplifier)

Sangat sering diperlukan untuk sebuah penguat yang mempunyai keluaran yang sama dan sefasa dengan masukan, dan ditambahkan $R_i = \infty$ dan $R_o = 0$, sehingga sumber dan beban kenyataannya terisolasi. Pengikut emiter sangat mendekati ketentuan-ketentuan tersebut. Karakteristik yang lebih ideal didapatkan dengan menggunakan sebuah penguat operasional yang memiliki terminal-bukan-pembalikan (noninverting) untuk sinyal dan terminal-pembalikan untuk umpan-balik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2-4.



Gambar 2-4

Penguat non-inverting

Karena $V_i = 0$ (bumi semu), maka tegangan pada $R_1 = V_s$

$$\text{jadi} \quad I = \frac{V_s}{R_1} \quad (2-9)$$

dari untai keluaran

$$I = \frac{V_o}{R_1 + R_2} \quad (2-10)$$

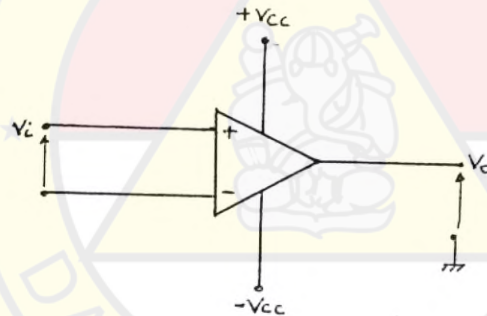
$$\text{jadi } \frac{V_s}{R_1} = \frac{V_o}{R_1 + R_2} \quad (2-11)$$

Faktor penguatan tegangan :

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{V_o}{V_s} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \\ &= 1 + \frac{R_2}{R_1} \end{aligned} \quad (2-12)$$

II.3.4 Komparator

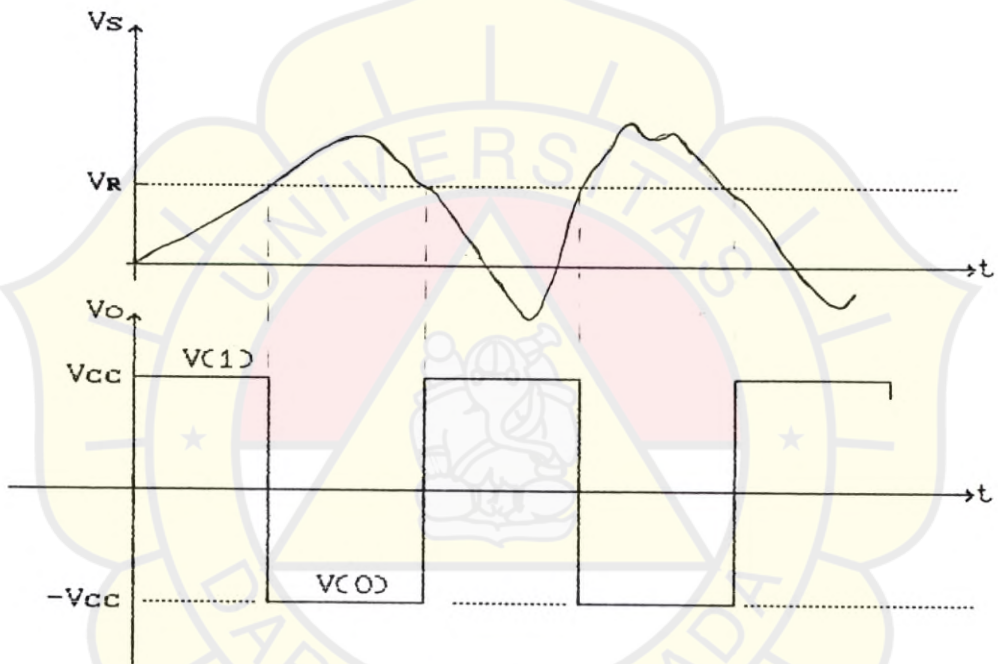
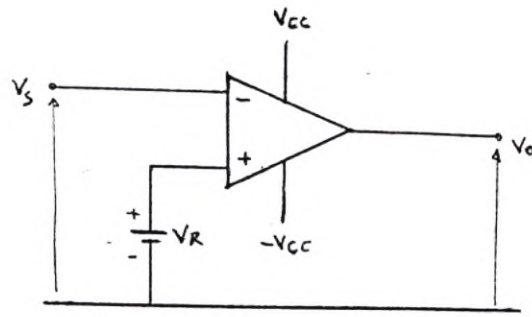
Karena $V_i = 0$ (bumi semu), apabila $V_+ > V_-$ penguat operasional akan jenuh sehingga $V_o = +V_{cc}$. Dan sebaliknya jika $V_+ < V_-$, keluaran $V_o = -V_{cc}$.



Gambar 2-5

Rangkaian dasar komparator

Sifat ini dapat dipakai untuk membuat rangkaian komparator analog, jadi dengan memasang masukan pada terminal Inverting (-), sedangkan pada terminal non-Inverting (+) diberi tegangan reverensi (VR) maka keluaran V_o akan berbentuk pulsa-pulsa.



Gambar 2-6

Bentuk keluaran komparator

Pada sistem digital $V_o = +V_{cc}$ dikatakan sebagai $V(1)$, sedangkan $V_o = -V_{cc}$ dikatakan sebagai $V(0)$.

Suatu komparator atau detektor analog mempunyai dua masukan, satu biasa tegangan acuan V_R konstan dan yang lain merupakan sinyal yang mempunyai perubahan menurut waktu V_- dan satu keluaran V_o . Komparator ideal, yang karakteristiknya ditunjukkan pada Gambar

2-6 mempunyai sebuah keluaran yang konstan dengan $V_o = V(0)$ jika $V_- < V_R$, dan mempunyai harga konstan lain $V_o = V(1)$ jika $V_- > V_R$. Jelas masukkan dibandingkan dengan suatu acuan dan keluaran didigitalkan menurut dua harga kemungkinan yaitu : pada tingkat nol (0) dari tegangan $V(0)$ dan pada tingkat satu (1) dari tegangan $V(1)$. Dengan kata lain komparator bertindak seperti sebuah pengubah analog-ke-digit 1-bit. Tegangan $V(0)$ dan $V(1)$ yang dapat dipertukarkan dengan TTL, ECL atau logika MOS.

Catatan, bahwa komparator merupakan pembentuk gelombang yang sangat tidak linier sebab keluaran tidak sama seperti bentuk gelombang masuk. Ini sering digunakan untuk memindahkan sinyal V_- yang berubah-ubah dengan lambat menuju V_o lain, yang memperlihatkan suatu perubahan tajam ketika V_- mencapai harga amplitudo V_R yang tertentu.

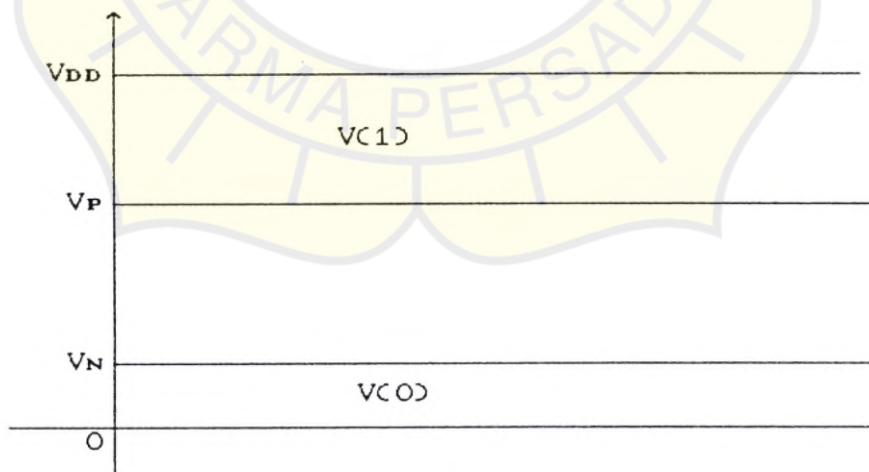
Sejumlah penguat operasional telah dirancang khusus untuk penggunaan detektor dan diberi tanda dalam lembaran spesifikasi sebagai komparator tegangan penyangga (buffer) sebagai pengganti OP AMP.

Ketidakstabilan daerah A_v boleh jadi kecil sekitar $15\mu V$ dan waktu tanggapan (interval yang diperlukan oleh komparator untuk merubah kedudukan) daerahnya kira-kira 20-200ndetik.

II.4 PEMICU SCHMITT JENIS 4093

Pemicu schmitt akan menghasilkan keluaran V_o berbentuk pulsa-pulsa persegi tidak tergantung dengan bentuk masukannya, yang penting masukan V_s harus bervariasi (bukan tegangan dc).

Salah satu pemicu schmitt yang populer yaitu jenis IC 4093. IC ini adalah gerbang NAND dengan dua jalan masuk. Jalan masuk pertama digunakan untuk sinyal masukan, sedangkan jalan masukan kedua dipakai sebagai tegangan referensi. IC ini adalah dari keluarga CMOS, dimana bahwa tegangan masukan tinggi minimum atau tegangan ambang positif (V_P) dan tegangan masukan rendah maksimum atau tegangan ambang negatif (V_N). Arti dari V_P dan V_N dapat dijelaskan lewat Gambar 2-7.



Gambar 2-7

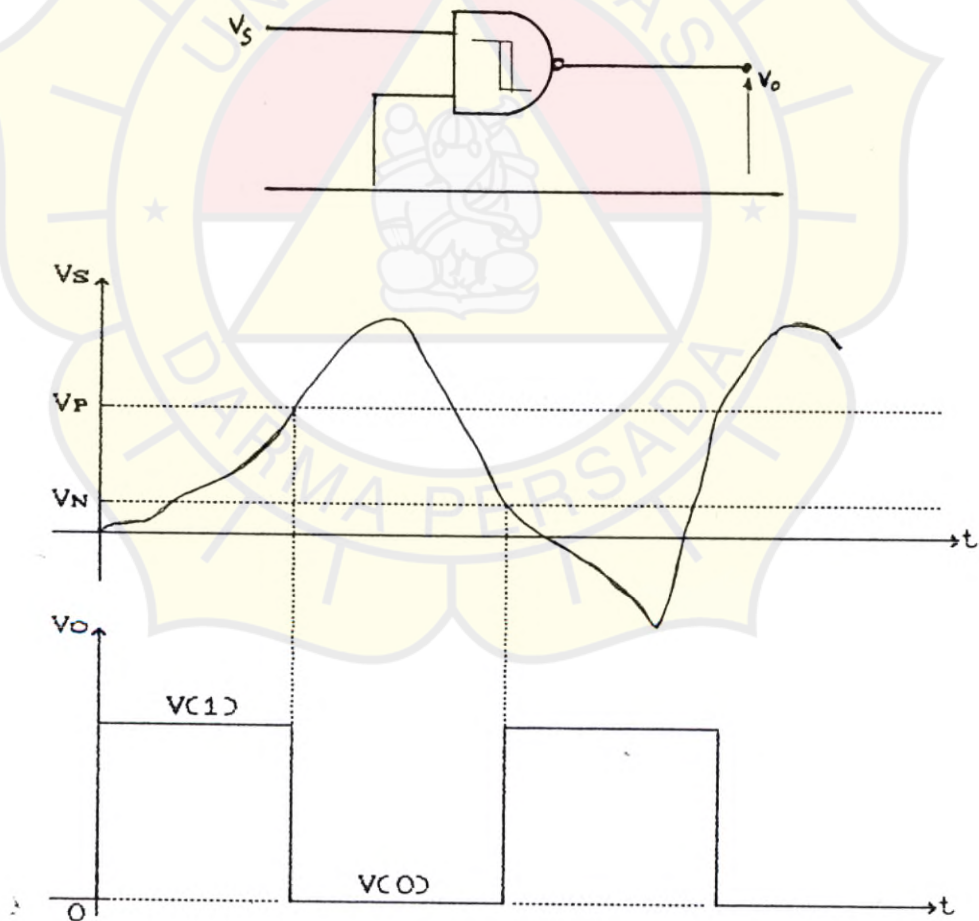
Grafik ambang tegangan CMOS

Besar kedua tegangan ambang ini sangat tergantung pada pabrik pembuatannya, tetapi pada umumnya nilainya berkisar sekitar :

$$V_P \cong 70\% \times V_{DD} \quad (2-13)$$

$$V_N \cong 30\% \times V_{DD} \quad (2-14)$$

Dari Gambar 2-7 dapat diketahui $V_H = V_P - V_N$, V_H dinamakan tegangan histerisis. Sebagai contoh korelasi antara V_o dan V_s dapat dilihat pada rangkaian berikut:



Gambar 2-8

Bentuk keluaran NAND schmitt

Perbedaan tegangan V_P dan V_N dinamakan tegangan hysteresis V_H .

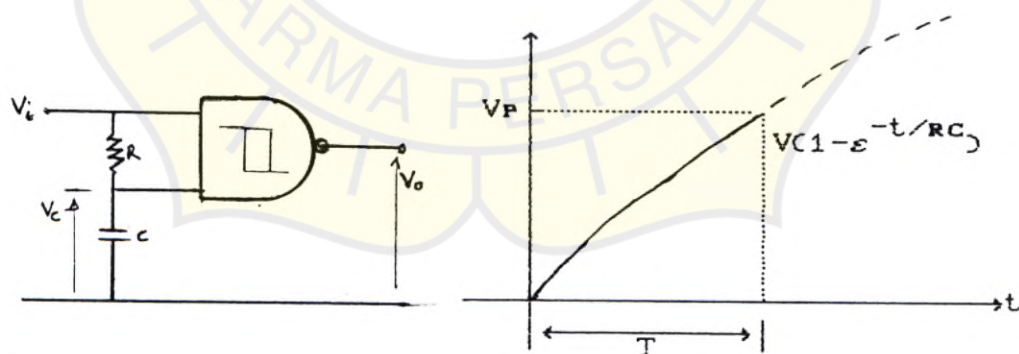
$$V_H = V_P - V_N \quad (2-15)$$

Perlu diingat, akibat adanya hysteresis, rangkaian penyulut pada tegangan yang tinggi lebih cepat untuk menaikkan sinyal dari pada menurunkan sinyal.

Penggunaan penyulut Schmitt adalah untuk mengubah tegangan masuk dengan perubahan yang sangat lambat kedalam keluaran yang berubah tajam.

II.4.1 Pemicu schmitt jenis 4093 sebagai pewaktu

Pemicu schmitt ini dapat dipakai sebagai pewaktu dengan jalan salah satu masukan diberi suatu tegangan tetap V_i , sedangkan masukan yang lainnya dipasang rangkaian pewaktu R-C.



Gambar 2-9

Rangkaian pewaktu

Cara kerja rangkaian ini adalah sebagai berikut, Kondensator C akan diisi lewat R sehingga tegangannya naik secara eksponensial menuju V_i . Apabila $V_c = V_P$, maka V_o akan berubah polaritasnya. Lama waktunya dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$V_c = V_i (1 - e^{-t/RC}) \quad (2-16)$$

pada $t = T \dots \dots V_c = V_P$

$$V_P = V_i (1 - e^{-T/RC}) \quad (2-17)$$

$$\frac{V_P}{V_i} = 1 - e^{-T/RC} \quad (2-18)$$

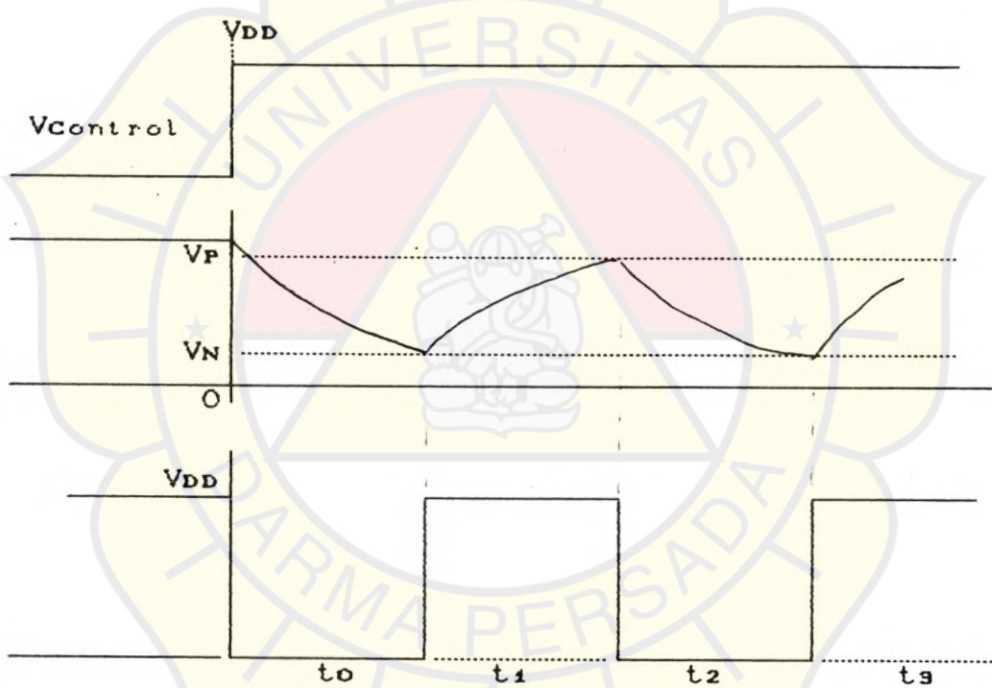
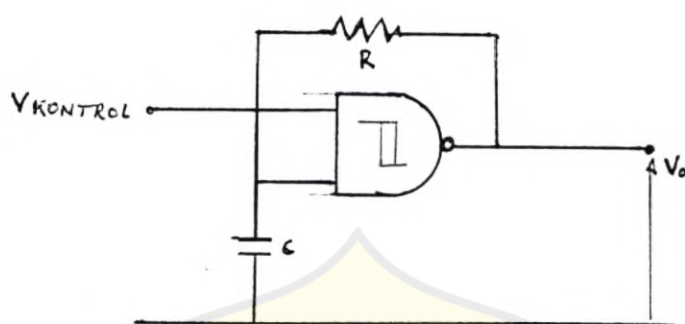
$$\frac{1}{e^{-T/RC}} = \frac{V_i - V_P}{V_i} \quad (2-19)$$

$$e^{-T/RC} = \frac{V_i - V_P}{V_i} \quad (2-20)$$

$$T = R \times C \ln \frac{V_i}{V_i - V_P} \quad (2-21)$$

II.4.2 Pemicu schmitt 4093 sebagai osilator

Apabila dikonfigurasi sebagai umpan balik, maka akan kita peroleh osilator. Tetapi keluarannya tidak berbentuk sinusoidal melainkan pulsa-pulsa persegi.



Gambar 2-10

Rangkaian osilator dan bentuk keluarannya

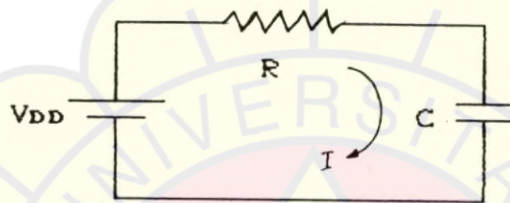
Cara kerja dari rangkaian osilator dapat diterangkan sebagai berikut :

Misal $V_o = V_{DD} = V(1)$.

Kapasitor C akan diisi lewat tahanan R menuju ke $V(1)$

secara exponential. Pada saat $V_c = V_P$ tegangan keluaran akan berubah menjadi $V(O)$. Sehingga kapasitor C akan membuang muatannya lewat tahanan R ke $-V(O)$. Pada saat $V_c = V_N$ tegangan keluaran berubah lagi menjadi $V(1)$. Demikian seterusnya. Frekuensi osilasinya dapat diturunkan sebagai berikut:

pada saat pengisian kapasitor C



Gambar 2-11

Gambar pengisian kapasitor

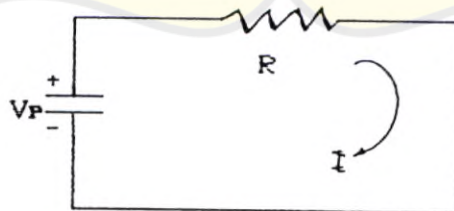
$$V_c = V_{DD} (1 - e^{-t/RC})$$

$$\text{pada } t = t_1 \longrightarrow V_c = V_P$$

$$V_P = V_{DD} (1 - e^{-t_1/RC})$$

$$t_1 = RC \ln \frac{V_{DD}}{V_{DD} - V_P} \quad (2-22)$$

pada saat pengosongan kapasitor C



Gambar 2-12

Gambar pengosongan kapasitor

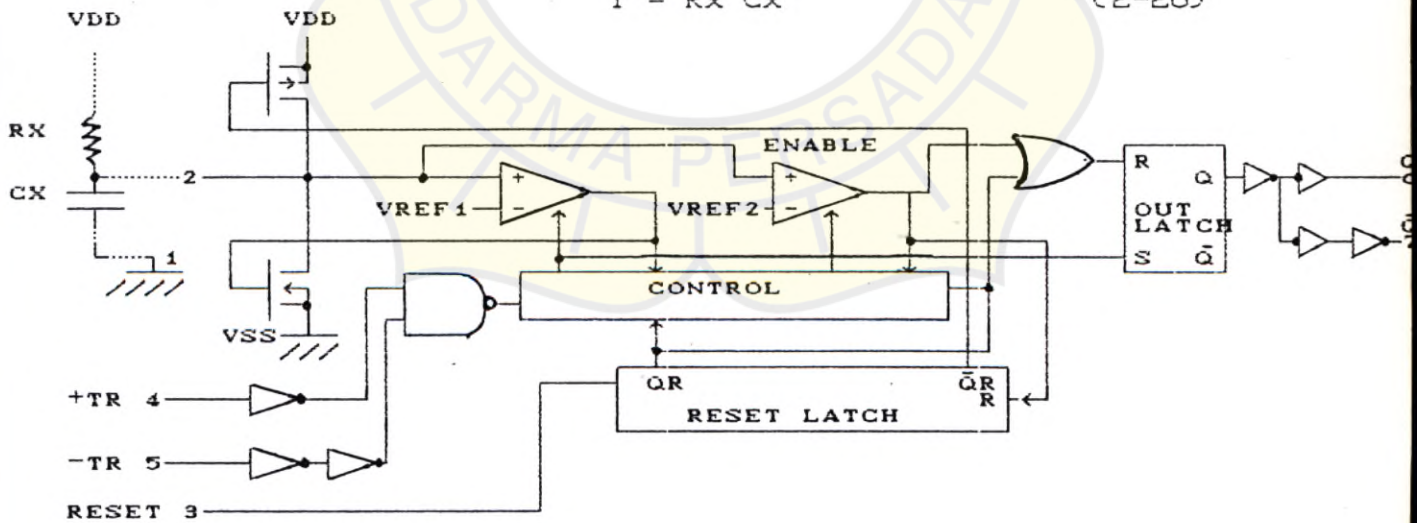
membangkitkan denyut positif di jalan keluar Q dan denyut negatif di jalan keluar \bar{Q} , kalau jalan masuk reset (\bar{R}) adalah Tinggi. Rendah di jalan masuk reset memaksakan jalan keluar \bar{Q} Rendah, jalan keluar Q Tinggi dan melarang sembarang denyut berikutnya sampai jalan masuk reset menjadi Tinggi.

CATATAN :

1. Penggetarganda monostabil yang dapat disulut-ulang memiliki lebar denyut yang merentang satu periode penuh (T) setelah dikenakannya denyut sulut yang terakhir.
2. untuk meminimkan kesulitan desa, dianjurkan menghubungkan pena 1 dan 15 secara ekstern kepada Vss.

Besar perioda T didapat

$$T = R_x C_x \quad (2-26)$$



Gambar 2-13

Rangkaian dasar monostabil

IC 4538 adalah dari keluarga CMOS yang dioperasikan sebagai multi monostabil dengan mengalirnya suatu pulsa penyulut negatif yang sempit melewati komparator 2 ke terminal bukan-pembalik. Triger-triger satu tembakkan output pada kaki 6 menuju tinggi dalam periode waktu T.

Seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2-13, kapasitor akan mulai mengisi secara eksponensial dengan konstanta waktu $\tau = RC$. Sekarang kapasitor mulai mengisi sampai $+V_o$ melewati R, selama kapasitor mengisi output tetap tinggi. Ketika tegangan menyilang kapasitor mengosong pada daerah threshold level atau ambang $2/3 V_{cc}$, kemudian mentrigger flip-flop dengan output menjadi rendah.

Lebar pulsa penyulut T_p harus lebih kecil dari lama waktu T dari pulsa yang dibangkitkan.

Dimisalkan, bahwa lebar pulsa T_p adalah cukup besar sehingga $v_c \equiv 0$ pada akhir sinyal masuk. Maka, pada $t = T_p$, kapasitor mengisi secara eksponensial dengan konstanta waktu hingga mencapai tegangan V. Komparator menyambung lagi dan tetapi membangkitkan bentuk-gelombang penggerbang positif dengan lebar T.