

INTERACTIVE ROBOTICS

WITH TECHNOLOGY, GET FUTURE MORE BETTER

MODULE BASIC ELEKTRONIKA ANALOG

WORKSHOP

**Jl. Sholeh Iskandar No.3C RT.09/01
Kedung badak, Tanah Sareal ,
Kota Bogor 16164**



+6287775593898



interactive.robotics



roboticsinteractive@gmail.com



www.interactiverobotics.club

Dasar-dasar komponen elektronik

1. Definisi
2. Resistor
3. Kapasitor
4. Dioda
5. Transistor
6. Transformator
7. Gerbang logika
8. Hukum Ohm
9. Hukum Kirchoff I
10. Hukum Kirchoff II
12. Hukum Seri dan Paralel



A. Definisi-definisi

Rangkaian listrik adalah suatu kumpulan elemen atau komponen listrik yang saling dihubungkan dengan cara-cara tertentu dan paling sedikit mempunyai satu lintasan tertutup. Elemen atau komponen yang akan dibahas pada rangkaian listrik ini terbatas pada elemen atau komponen yang memiliki dua buah terminal atau kutub pada kedua ujungnya. Untuk elemen atau komponen yang lebih dari dua terminal dibahas pada pelajaran elektronika dasar.

Elemen atau kompoen listrik yang dibicarakan disini adalah :

1. Elemen listrik dua terminal
 - a. Sumber tegangan
 - b. Sumber arus
 - c. Resistor (R)
 - d. Induktor (L)
 - e. Kapasitor (C)
2. Elemen listrik lebih dari dua terminal
 - a. Transistor
 - b. Op-amp

Berbicara mengenai Rangkaian Listrik, tentu tidak dapat dilepaskan dari pengertian dari rangkaian itu sendiri, dimana rangkaian adalah interkoneksi dari sekumpulan elemen atau komponen penyusunnya ditambah dengan rangkaian penghubungnya dimana disusun dengan cara-cara tertentu dan minimal memiliki satu lintasan tertutup. Dengan kata lain hanya dengan satu lintasan tertutup saja kita dapat menganalisis suatu rangkaian. Yang dimaksud dengan satu lintasan tertutup adalah satu lintasan saat kita mulai dari titik yang dimaksud akan kembali

lagi ketitik tersebut tanpa terputus dan tidak memandang seberapa jauh atau dekat lintasan yang kita tempuh. Rangkaian listrik merupakan dasar dari teori rangkaian pada teknik elektro yang menjadi dasar atas fundamental bagi ilmu-ilmu lainnya seperti elektronika, sistem daya, sistem computer, putaran mesin, dan teori control.

1. Arus Listrik

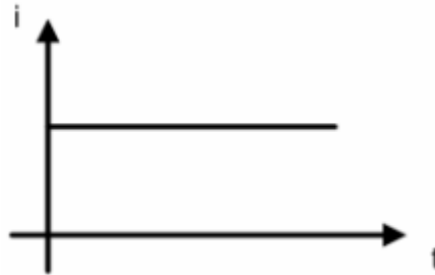
Pada pembahasan tentang rangkaian listrik, perlu kiranya kita mengetahui terlebih dahulu beberapa hal mengenai apa itu yang dimaksud dengan listrik. Untuk memahami tentang listrik, perlu kita ketahui terlebih dahulu pengertian dari arus. Arus merupakan perubahan kecepatan muatan terhadap waktu atau muatan yang mengalir dalam satuan waktu dengan simbol i (dari kata Perancis : intensite), dengan kata lain arus adalah muatan yang bergerak. Selama muatan tersebut bergerak maka akan muncul arus tetapi ketika muatan tersebut diam maka arus pun akan hilang.

Satuannya : Ampere (A)

Dalam teori rangkaian arus merupakan pergerakan muatan positif. Ketika terjadi beda potensial disuatu elemen atau komponen maka akan muncul arus dimana arah arus positif mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah dan arah arus negatif mengalir sebaliknya. Macam-macam arus :

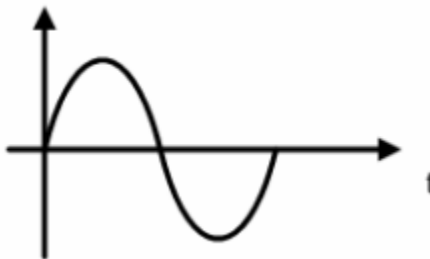
1. Arus searah (Direct Current/DC)

Arus DC adalah arus yang mempunyai nilai tetap atau konstan terhadap satuan waktu, artinya dimanapun kita meninjau arus tersebut pada waktu berbeda akan mendapatkan nilai yang sama.



2. Arus bolak-balik (Alternating Current/AC)

Arus AC adalah arus yang mempunyai nilai yang berubah terhadap satuan waktu dengan karakteristik akan selalu berulang untuk periode waktu tertentu (mempunyai periode waktu : T).

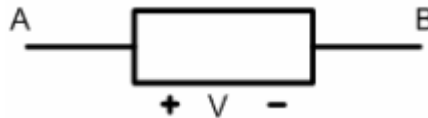


2. Tegangan

Tegangan atau seringkali orang menyebut dengan beda potensial dalam bahasa Inggris voltage adalah kerja yang dilakukan untuk menggerakkan satu muatan (sebesar satu coulomb) pada elemen atau komponen dari satu terminal/kutub ke terminal/kutub lainnya, atau pada kedua terminal/kutub akan mempunyai beda potensial jika kita menggerakkan/memindahkan muatan sebesar satu coulomb dari satu terminal ke terminal lainnya.

Keterkaitan antara kerja yang dilakukan sebenarnya adalah energi yang dikeluarkan, sehingga pengertian diatas dapat dipersingkat bahwa tegangan adalah energi per satuan muatan.

Satuannya : Volt (V)



Pada gambar diatas, jika terminal/kutub A mempunyai potensial lebih tinggi daripada potensial di terminal/kutub B. Maka ada dua istilah yang seringkali dipakai pada Rangkaian Listrik, yaitu :

1. Tegangan turun/ voltage drop

Jika dipandang dari potensial lebih tinggi ke potensial lebih rendah dalam hal ini dari terminal A ke terminal B.

2. Tegangan naik/ voltage rise

Jika dipandang dari potensial lebih rendah ke potensial lebih tinggi dalam hal ini dari terminal B ke terminal A. Pada buku ini istilah yang akan dipakai adalah pengertian pada item nomor 1 yaitu tegangan turun. Maka jika beda potensial antara kedua titik tersebut adalah sebesar 5 Volt, maka $V_{AB} = 5$ Volt dan $V_{BA} = -5$ Volt

3. Daya

Rata-rata kerja yang dilakukan

Satuannya : Watt (W)

4. Analisis Rangkaian

Mencari hubungan antara masukan dan keluaran pada rangkaian yang telah diketahui, misalkan mencari keluaran tegangan/ arus ataupun menentukan energi/ daya yang dikirim. Ada 2 cabang utama dari teori rangkaian (input, rangkaian, output) :

1. Analisa rangkaian (rangkaiannya dan input untuk mencari output)
2. Sintesa rangkaian/ desain (input dan output untuk mencari rangkaian)

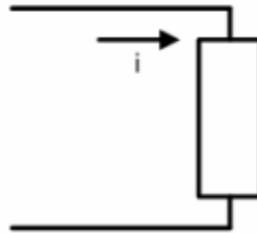
Prefix dalam SI (Sistem satuan Internasional)

Dalam SI untuk menyatakan bilangan yang lebih besar atau lebih kecil dari satu satuan dasar, dipergunakan notasi desimal (“standard decimal prefixes”) yang menyatakan pangkat dari sepuluh.

Notasi lengkap	Singkatan	Artinya (terhadap satuan)
atto	a	10^{-18}
femto	f	10^{-15}
pico	p	10^{-12}
nano	n	10^{-9}
mikro	μ	10^{-6}
milli	m	10^{-3}
centi	c	10^{-2}
deci	d	10^{-1}
deka	da	10^1
hekto	h	10^2
kilo	k	10^3
mega	M	10^6
giga	G	10^9
tera	T	10^{12}

Contoh latihan :

1. Jika arus 6 A, tentukan v jika elemen menyerap daya 18 W ?

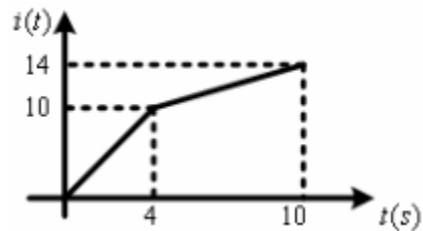


Formula :

$$P = V.I$$

2. Jika tegangan pada elemen adalah 8 V dan arus yang melewati terminal positifnya seperti diperlihatkan pada grafik disamping. Tentukan daya yang diserap elemen pada saat :

- $t = 4$ s
- $t = 7$ s



B. Resistor (R)

Sering juga disebut dengan tahanan, hambatan, penghantar, atau resistansi dimana resistor mempunyai fungsi sebagai penghambat arus, pembagi arus, dan pembagi tegangan. Nilai resistor tergantung dari hambatan jenis bahan resistor itu sendiri (tergantung dari bahan pembuatnya), panjang dari resistor itu sendiri dan luas penampang dari resistor itu sendiri.

Secara matematis :

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

dimana : ρ = hambatan jenis

l = panjang dari resistor

A = luas penampang

Satuan dari resistor : Ohm (Ω)

C. Kapasitor (C)

Sering juga disebut dengan kondensator atau kapasitansi. Mempunyai fungsi untuk membatasi arus DC yang mengalir pada kapasitor tersebut, dan dapat menyimpan energi dalam bentuk medan listrik. Nilai suatu kapasitor tergantung dari nilai permitivitas bahan pembuat kapasitor, luas penampang dari kapasitor tersebut dan jarak antara dua keping penyusun dari kapasitor tersebut.

Secara matematis :

$$C = \epsilon \frac{A}{d}$$

dimana : ϵ = permitivitas bahan

A = luas penampang bahan

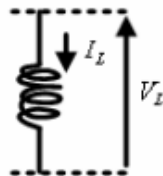
d = jarak dua keping

Satuan dari kapasitor : Farad (F)

D. Induktor (L)

Seringkali disebut sebagai induktansi, lilitan, kumparan, atau belitan. Pada induktor mempunyai sifat dapat menyimpan energi dalam bentuk medan magnet.

Satuan dari induktor : Henry (H)



Arus yang mengalir pada induktor akan menghasilkan fluksi magnetik (ϕ) yang membentuk loop yang melingkupi kumparan. Jika ada N lilitan, maka total fluksi adalah :

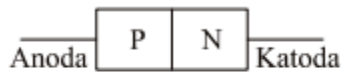
$$\lambda = LI$$

$$L = \frac{\lambda}{I}$$

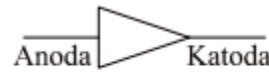
$$v = \frac{d\lambda}{dt} = L \frac{di}{dt}$$

E. Dioda

Dioda merupakan komponen elektronika yang mempunyai dua elektroda (terminal), dapat berfungsi sebagai penyearah arus listrik. Ada dua jenis dioda yaitu dioda tabung dan dioda semikonduktor. Dalam pembahasan ini hanya dibahas dioda semikonduktor saja sebab dioda tabung sekarang jarang dipakai. Dioda semikonduktor dibuat dari sambungan P-N ini. Terminal pada P disebut anoda, sedang terminal N disebut katoda. Gambar dibawah menunjukkan dioda semikonduktor tersebut. Gambar dibawah sebelah kiri menunjukkan sambungan P-N nya, sedang gambar dibawah sebelah kanan menunjukkan lambang atau simbolnya. Arah panah menunjukkan arah hole (arus listrik) jika diberi tegangan maju (prasikap maju).

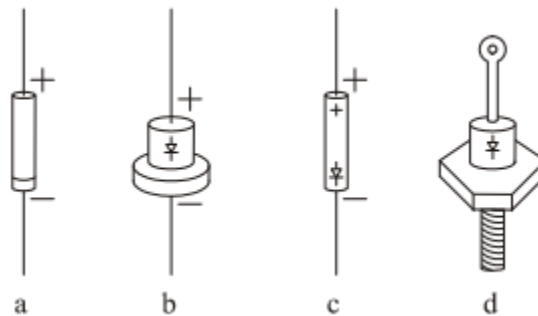


a. Sambungan P-N



b. Simbol

Dalam menunjukkan anoda dan katodanya pabrik memberikan tanda berupa simbol di atas atau gelang pada badannya seperti ditunjukkan pada gambar dibawah



Gambar paling kiri untuk arus kecil ≈ 100 mA dan dapat menahan tegangan balik 75 V tanpa dadal. Dua yang ditengah untuk arus maju sedang ≈ 500 mA dan dapat menahan tegangan balik 250 V tanpa dadal, sedang gambar paling kanan untuk arus maju besar sampai beberapa ampere dan tegangan balik sampai ratusan volt.

Disamping itu dioda harus dicek apakah rusak atau tidak. Cara pengecekan dapat dengan menggunakan multitester yang selektornya diletakkan pada posisi ohm meter. Maka pada arah maju (prasikap maju) tahanannya akan kecil, pada umumnya $< 100\Omega$. Sedang pada arah balik (prasikap balik) tahanannya $> 5000\Omega$. Perlu diingat bahwa colok + pada multitester justru terhubung dengan kutub – baterai, sedang colok – pada multitester justru terhubung dengan kutub + baterai. Jika hasil pengukuran menunjukkan :

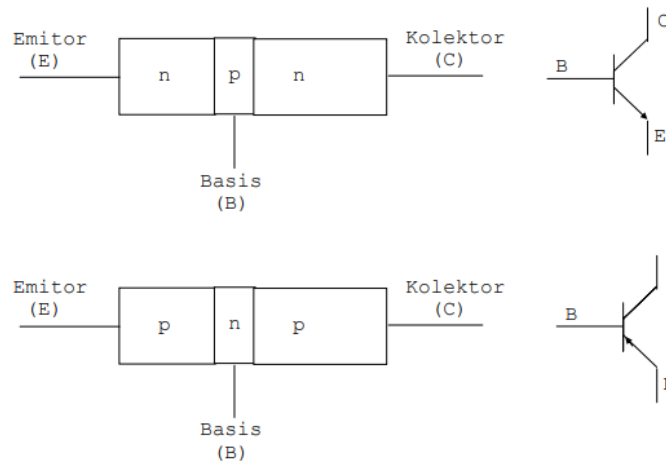
1. Kedua tahanannya (tahanan maju dan balik) sangat besar, maka dioda telah putus.
2. Kedua tahanannya sangat kecil, maka dioda terhubung singkat.
3. Pada satu arah (forward bias) tahanannya kecil dan pada arah yang lain (reverse biased) tahanannya besar, maka dioda baik.

F. Transistor

Transistor adalah komponen semikonduktor yang terdiri atas sebuah bahan tipe p dan diapit oleh dua bahan tipe n (transistor NPN) atau terdiri atas sebuah bahan tipe n dan diapit oleh dua bahan tipe p (transistor

PNP). Sehingga transistor mempunyai tiga terminal yang berasal dari masing-masing bahan tersebut. Struktur dan simbol transistor bipolar dapat dilihat pada gambar dibawah.

Ketiga terminal transistor tersebut dikenal dengan Emitor (E), Basis (B) dan Kolektor(C). Emitor merupakan bahan semikonduktor yang diberi tingkat doping sangat tinggi. Bahan kolektor diberi doping dengan tingkat yang sedang. Sedangkan basis adalah bahan dengan dengan doping yang sangat rendah. Perlu diingat bahwa semakin rendah tingkat doping suatu bahan, maka semakin kecil tingkat konduktivitasnya. Hal ini karena jumlah pembawa mayoritasnya (elektron untuk bahan n dan hole untuk bahan p) adalah sedikit.

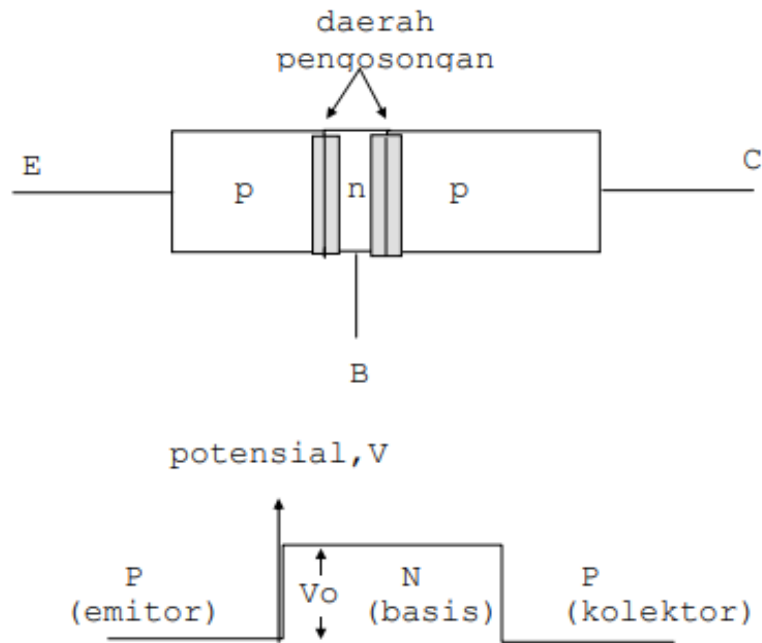


Disamping itu yang perlu diperhatikan adalah bahwa ukuran basis sangatlah tipis dibanding emitor dan kolektor. Perbandingan lebar basis ini dengan lebar emitor dan kolektor kurang lebih adalah 1 : 150. Sehingga ukuran basis yang sangat sempit ini nanti akan mempengaruhi kerja transistor.

Simbol transistor bipolar ditunjukkan pada gambar diatas. Pada kaki emitor terdapat tanda panah yang nanti bisa diketahui bahwa itu merupakan arah arus konvensional. Pada transistor npn tanda panahnya menuju keluar sedangkan pada transistor pnp tanda panahnya menuju ke dalam.

Cara kerja transistor (BD139)

Apabila pada terminal transistor tidak diberi tegangan bias dari luar, maka semua arus akan nol atau tidak ada arus yang mengalir. Sebagai mana terjadi pada persambungan dioda, maka pada persambungan emitor dan basis (JE) serta pada persambungan basis dan kolektor (IC) terdapat daerah pengosongan. Tegangan penghalang (barrier potensial) pada masing-masing persambungan dapat dilihat pada gambar dibawah. Penjelasan kerja berikut ini didasarkan pada transistor jenis PNP (bila NPN maka semua polaritasnya adalah sebaliknya).



Pada diagram potensial terlihat bahwa terdapat perbedaan potensial antara kaki emitor dan basis sebesar V_0 , juga antara kaki basis dan kolektor. Oleh karena potensial ini berlawanan dengan muatan pembawa pada masing-masing bahan tipe P dan N, maka arus rekombinasi hole-elektron tidak akan mengalir. Sehingga pada saat transistor tidak diberi tegangan bias, maka arus tidak akan mengalir.

Selanjutnya apabila antara terminal emitor dan basis diberi tegangan bias maju (emitor positif dan basis negatif) serta antara terminal basis dan kolektor diberi bias mundur (basis positif dan kolektor negatif), maka transistor disebut mendapat bias aktif.

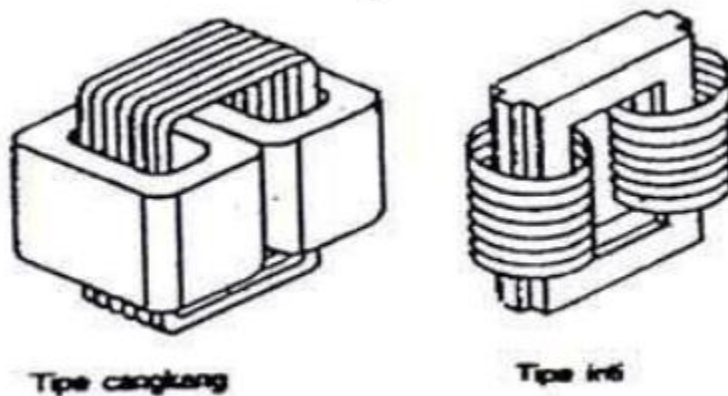
G. Transformator

Transformator merupakan peralatan listrik yang berfungsi untuk menyalurkan daya/tenaga dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya. Transformator menggunakan prinsip hukum induksi faraday dan hukum lorentz dalam menyalurkan daya, dimana arus bolak balik yang mengalir mengelilingi suatu inti besi maka inti besi itu akan berubah menjadi magnet.

Transformer atau trafo merupakan suatu peralatan yang dapat mengubah tenaga listrik dari suatu level tegangan ke level tegangan lainnya. Trafo biasanya terdiri atas dua bagian inti besi atau lebih yang dibungkus oleh belitan - belitan kawat tembaga. Prinsip pengubahan level tegangan dilakukan dengan memanfaatkan banyaknya jumlah belitan pada inti trafo. Bila salah satu kumpulan belitan, biasanya disebut belitan primer (N_1), diberikan suatu tegangan yang berubah-ubah, maka akan menghasilkan mutual flux yang berubah-ubah dengan besar amplitud yang tergantung pada tegangan, frekuensi tegangan, dan jumlah lilitan kawat tembaga di belitan primer. Mutual flux yang terjadi akan terhubung dengan belitan lain yang disebut sisi sekunder (N_2) dan akan menginduksi suatu tegangan yang berubah-ubah di dalamnya dengan nilai tegangan yang bergantung pada jumlah lilitan pada belitan sekunder. Dengan mengatur perbandingan jumlah lilitan antara sisi primer dan sekunder, maka akan dapat ditentukan rasio tegangan ataupun sering disebut rasio trafo.

Bentuk dan Konstruksi Transformator

Ada dua perbedaan bentuk inti transformator yang biasa digunakan yang dinamakan tipe inti (core type) dan tipe cangkang (eggshell type) seperti ditunjukkan pada gambar dibawah sebelah kiri, inti dari kedua tipe ini dibuat dari baja khusus berkerugian rendah dan dilaminasi untuk mengurangi kerugian inti. Pada konstruksi tipe ini yang ditunjukkan dalam gambar dibawah sebelah kanan, lilitan mengelilingi inti besi yang berlaminasi. Transformator komersial tidak dibentuk secara demikian karena sebagian besar fluksi yang dihasilkan lilitan primer tidak memotong lilitan sekunder, atau dikatakan bahwa transformator mempunyai kebocoran fluksi yang besar. Untuk menjaga agar kebocoran fluksi serendah mungkin, lilitan dibagi dua dan ditempatkan pada masing-masing kakinya. Transformator konstruksi tipe cangkang dinyatakan dalam gambar sebelah kiri, dalam konstruksi ini inti besi mengelilingi lilitan. Rakitan inti dan kumparan dari transformator tersebut biasanya dirancang untuk dicelupkan dalam minyak isolasi didalam tangki baja. Selain itu sifat isolasi ini, minyak juga menyalurkan panas dari inti dan kumparan kepermukaan tangki dan dibuang keudara disekitarnya

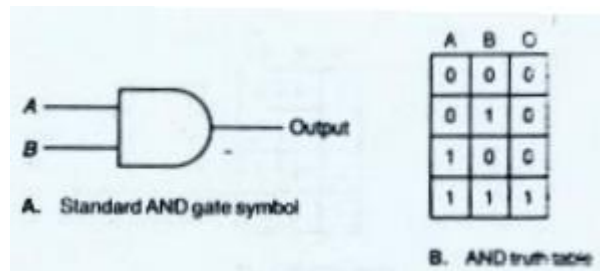
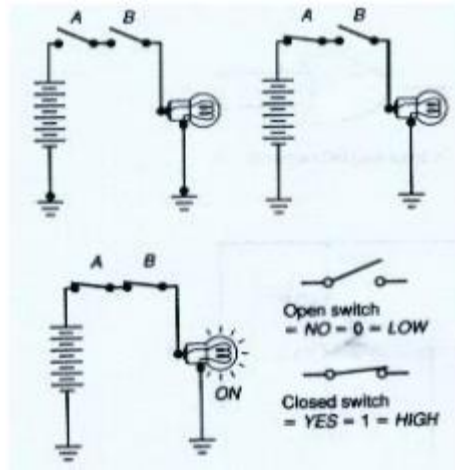


H. Gerbang Logika

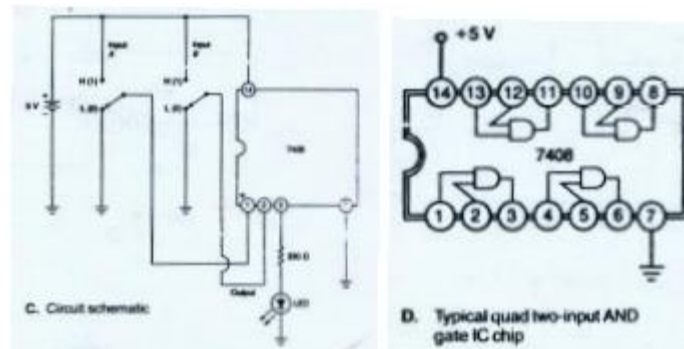
Gerbang logika dapat didefinisikan sebagai peralatan yang dapat menghasilkan suatu output hanya bila telah ditentukan sebelumnya kondisi input yang ada. Dalam hal ini digunakan istilah gerbang karena menunjukkan keadaan terbuka atau tertutup.

1. Gerbang And

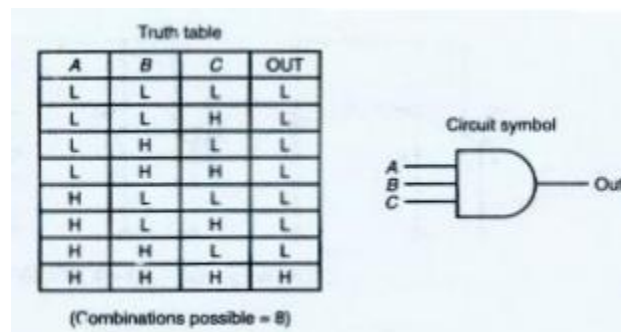
Rangkaian saklar sederhana dalam gambar 1 menunjukkan bahwa battery hanya dapat mensuplai lampu bila saklar A dan B dalam keadaan ON (1).



Gambar dibawah menunjukkan skematik rangkaian AND dan menunjukkan chip IC gerbang AND dua-input

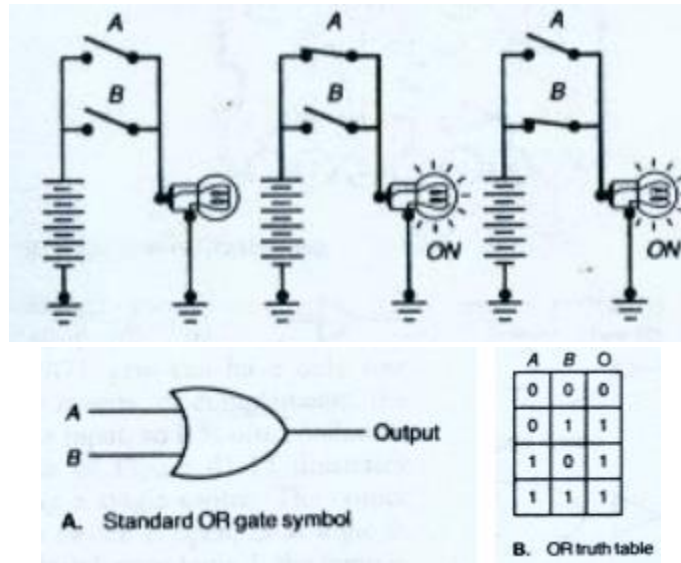


Selain itu Gerbang AND juga dapat memiliki lebih dari dua input, seperti yang ditunjukkan dalam gambar dibawah.



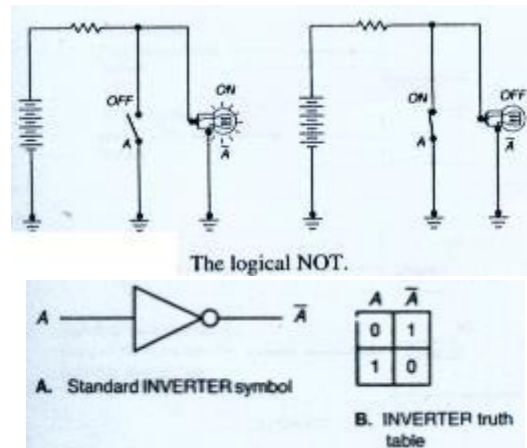
2. Gerbang OR

Rangkaian saklar sederhana dalam gambar dibawah menunjukkan bahwa battery dapat mensuplai lampu bila saklar A dan/atau saklar B dalam keadaan ON (1).



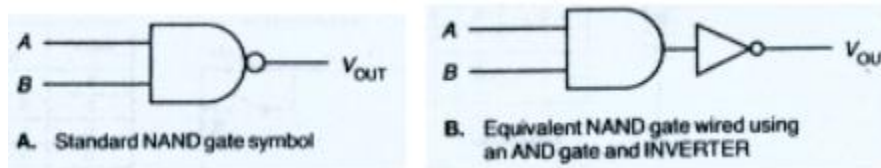
3. Gerbang NOT

Tidak seperti gerbang AND dan OR, gerbang NOT hanya memiliki satu input. Rangkaian saklar sederhana dalam gambar 11 menunjukkan bahwa baterai dapat mensuplai lampu bila saklar A dalam keadaan OFF (0), sedang bila saklar A dalam keadaan ON (1) arus listrik yang melewati lampu sangat kecil sehingga tidak dapat menyalakan lampu.



4. Gerbang NAND (NOT-AND)

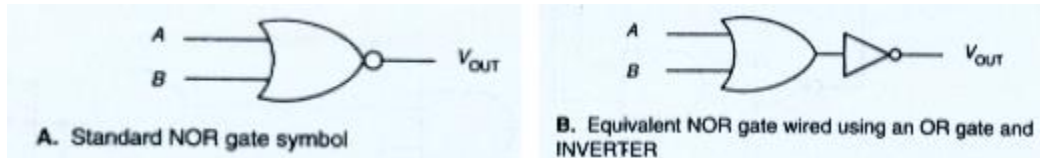
Gerbang NAND merupakan kombinasi gerbang AND dan INVERTER. Gambar 15 menunjukkan simbol standar gerbang NAND dan NAND equivalen yang dirangkai dari gerbang AND dan INVERTER.



A	B	V _{OUT}
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

5. Gerbang NOR (NOT-OR)

Gerbang NOR merupakan kombinasi gerbang OR dan INVERTER. Gambar 19 menunjukkan simbol standar gerbang NOR dan gerbang NOR equivalen yang dirangkai dari gerbang OR dan INVERTER.



A	B	V _{OUT}
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

I. Hukum Ohm

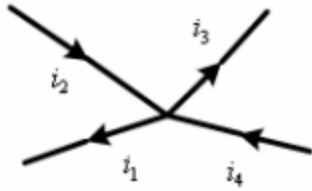
Jika sebuah penghantar atau resistansi atau hantaran dilewati oleh sebuah arus maka pada kedua ujung penghantar tersebut akan muncul beda potensial, atau Hukum Ohm menyatakan bahwa tegangan melintasi berbagai jenis bahan pengantar adalah berbanding lurus dengan arus yang mengalir melalui bahan tersebut.

Secara matematis : $V = I.R$

J. Hukum Kirchoff I

Jumlah arus yang memasuki suatu percabangan atau node atau simpul samadengan arus yang meninggalkan percabangan atau node atau simpul, dengan kata lain jumlah aljabar semua arus yang memasuki sebuah percabangan atau node atau simpul samadengan nol. Secara matematis : $\sum \text{Arus pada satu titik percabangan} = 0$ $\sum \text{Arus yang masuk percabangan} = \sum \text{Arus yang keluar percabangan}$ Dapat diilustrasikan bahwa arus yang mengalir samadengan aliran sungai, dimana pada saat menemui percabangan maka aliran sungai tersebut akan terbagi sesuai proporsinya pada percabangan tersebut. Artinya bahwa aliran sungai akan terbagi sesuai dengan jumlah percabangan yang ada, dimana tentunya jumlah debit air yang masuk akan samadengan jumlah debit air yang keluar dari percabangan tersebut.

Contoh :



$$\sum i = 0$$

$$i_2 + i_4 - i_1 - i_3 = 0$$

$$\sum \text{ arus } \cdot \text{ masuk } = \sum \text{ arus } \cdot \text{ keluar}$$

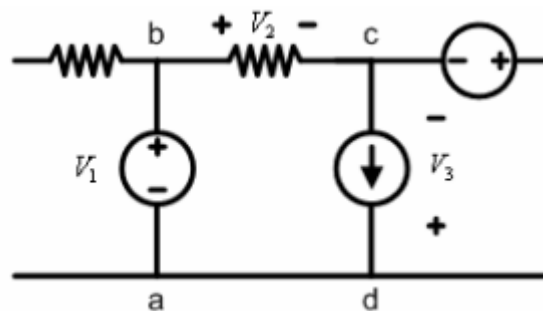
$$i_2 + i_4 = i_1 + i_3$$

K. Hukum Kirchoff II

Jumlah tegangan pada suatu lintasan tertutup samadengan nol, atau penjumlahan tegangan pada masing-masing komponen penyusunnya yang membentuk satu lintasan tertutup akan bernilai samadengan nol. Secara matematis :

$$\sum V = 0$$

Contoh :



Lintasan a-b-c-d-a :

$$V_{ab} + V_{bc} + V_{cd} + V_{da} = 0$$

$$-V_1 + V_2 - V_3 + 0 = 0$$

$$V_2 - V_1 - V_3 = 0$$

Lintasan a-d-c-b-a :

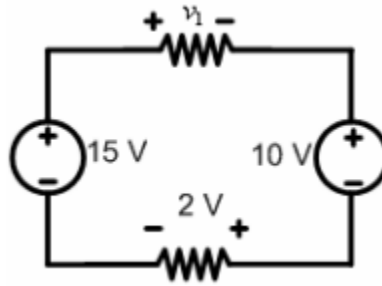
$$V_{ad} + V_{dc} + V_{cb} + V_{ba} = 0$$

$$V_3 - V_2 + V_1 + 0 = 0$$

$$V_3 - V_2 + V_1 = 0$$

Contoh Latihan :

1. Tentukan v_1 pada rangkaian tersebut !



Jawaban :

Hukum KVL :

$$\sum v = 0$$

□ searah jarum jam

$$+v_1 + 10 + 2 - 15 = 0$$

$$v_1 = 3V$$

□ berlawanan arah jarum jam

$$-v_1 - 10 - 2 + 15 = 0$$

$$v_1 = 3V$$

L. Hukum Seri dan Paralel

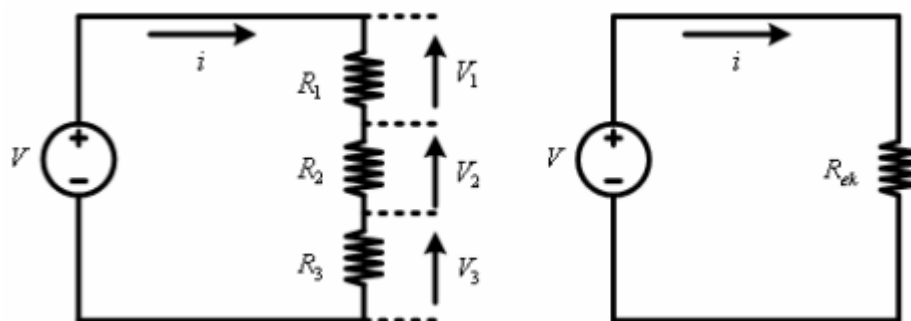
Secara umum digolongkan menjadi 2 :

1. Hubungan seri Jika salah satu terminal dari dua elemen tersambung, akibatnya arus yang lewat akan sama besar.

2. Hubungan paralel Jika semua terminal terhubung dengan elemen lain dan akibatnya tegangan diantaranya akan sama.

Resistor (R)

Hubungan seri :



$$KVL : \sum V = 0$$

$$V_1 + V_2 + V_3 - V = 0$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = iR_1 + iR_2 + iR_3$$

$$V = i(R_1 + R_2 + R_3)$$

$$\frac{V}{i} = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_{ek} = R_1 + R_2 + R_3$$

Pembagi tegangan :

$$V_1 = iR_1$$

$$V_2 = iR_2$$

$$V_3 = iR_3$$

dimana :

$$i = \frac{V}{R_1 + R_2 + R_3}$$

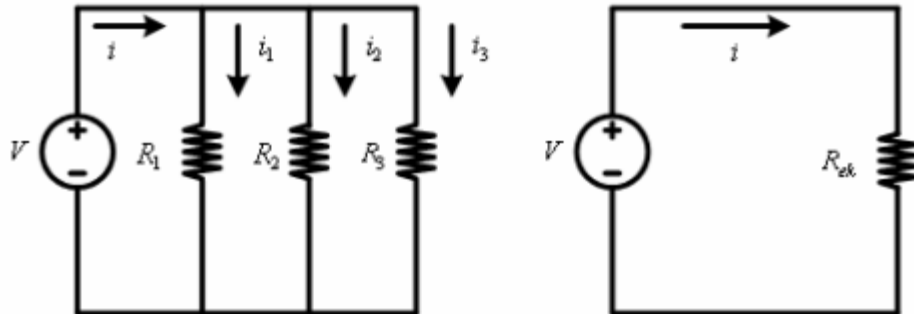
sehingga :

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3} V$$

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3} V$$

$$V_3 = \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} V$$

Hubungan paralel :



KCL :

$$\sum i = 0$$

$$i - i_1 - i_2 - i_3 = 0$$

$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

$$\frac{V}{R_{ek}} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_{ek}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Pembagi arus :

$$i_1 = \frac{V}{R_1}$$

$$i_2 = \frac{V}{R_2}$$

$$i_3 = \frac{V}{R_3}$$

dimana :

$$V = iR_{ek}$$

sehingga :

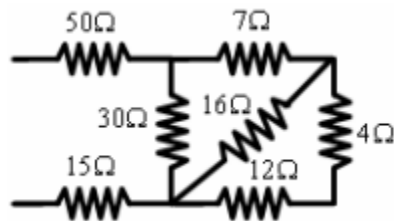
$$i_1 = \frac{R_{ek}}{R_1} i$$

$$i_2 = \frac{R_{ek}}{R_2} i$$

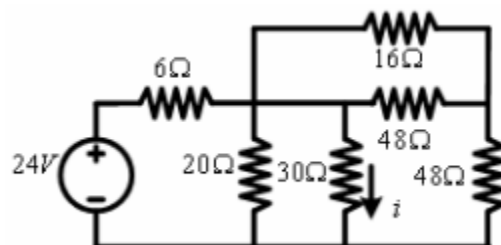
$$i_3 = \frac{R_{ek}}{R_3} i$$

Contoh latihan :

1. Tentukan nilai R total pada rangkaian tersebut!

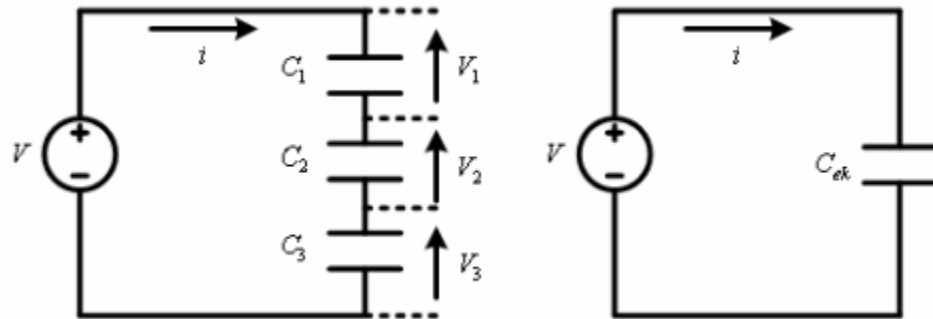


2. Tentukan nilai arus i !



Kapasitor (C)

Hubungan seri



$$KVL : \sum V = 0$$

$$V_1 + V_2 + V_3 - V = 0$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V = \frac{1}{C_1} \int idt + \frac{1}{C_2} \int idt + \frac{1}{C_3} \int idt$$

$$\frac{1}{C_{ek}} \int idt = \frac{1}{C_1} \int idt + \frac{1}{C_2} \int idt + \frac{1}{C_3} \int idt$$

$$\frac{1}{C_{ek}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

Pembagi tegangan :

$$V_1 = \frac{1}{C_1} \int idt$$

$$V_2 = \frac{1}{C_2} \int idt$$

$$V_3 = \frac{1}{C_3} \int idt$$

$$\text{dim ana} \rightarrow V = \frac{1}{C_{ek}} \int idt$$

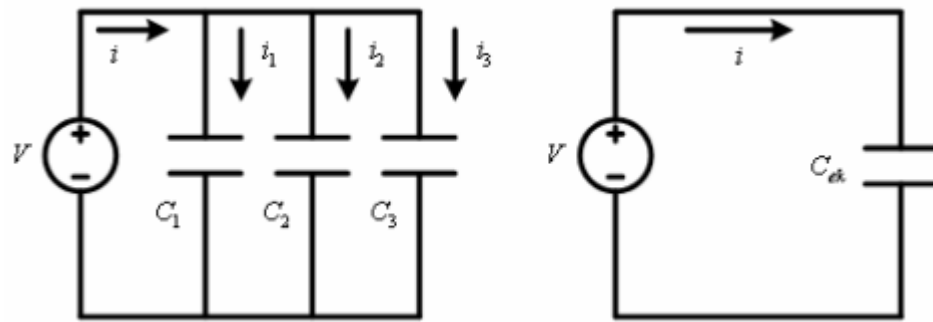
sehingga :

$$V_1 = \frac{C_{ek}}{C_1} V$$

$$V_2 = \frac{C_{ek}}{C_2} V$$

$$V_3 = \frac{C_{ek}}{C_3} V$$

Hubungan paralel :



KCL :

$$\sum i = 0$$

$$i - i_1 - i_2 - i_3 = 0$$

$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

$$C_{ek} \frac{dV}{dt} = C_1 \frac{dV}{dt} + C_2 \frac{dV}{dt} + C_3 \frac{dV}{dt}$$

$$C_{ek} = C_1 + C_2 + C_3$$

Pembagi arus :

$$i_1 = C_1 \frac{dV}{dt}$$

$$i_2 = C_2 \frac{dV}{dt}$$

$$i_3 = C_3 \frac{dV}{dt}$$

$$\text{dimana} \rightarrow i = C_{ek} \frac{dV}{dt} \rightarrow \frac{dV}{dt} = \frac{i}{C_{ek}}$$

sehingga :

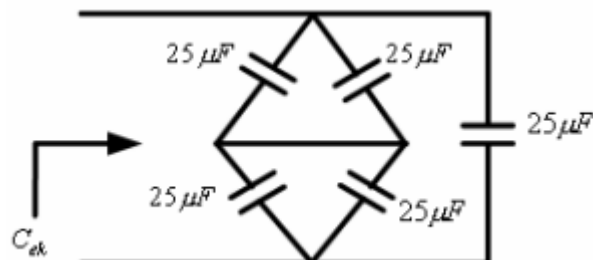
$$i_1 = \frac{C_1}{C_{ek}} i$$

$$i_2 = \frac{C_2}{C_{ek}} i$$

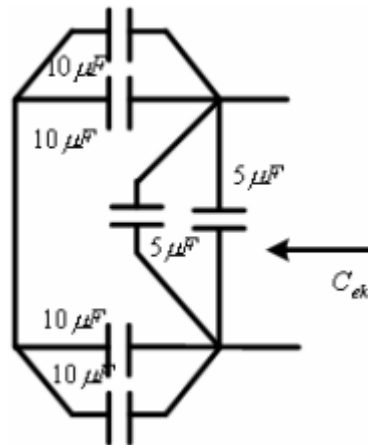
$$i_3 = \frac{C_3}{C_{ek}} i$$

Latihan :

1. Tentukan C total pada rangkaian tersebut!

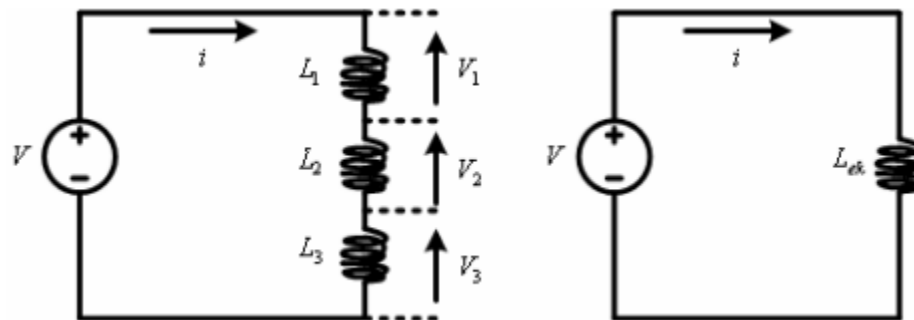


2. Tentukan C total !



Induktor (L)

Hubungan seri :



$$KVL : \sum V = 0$$

$$V_1 + V_2 + V_3 - V = 0$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V = L_1 \frac{di}{dt} + L_2 \frac{di}{dt} + L_3 \frac{di}{dt}$$

$$L_{ek} \frac{di}{dt} = L_1 \frac{di}{dt} + L_2 \frac{di}{dt} + L_3 \frac{di}{dt}$$

$$L_{ek} = L_1 + L_2 + L_3$$

Pembagi tegangan :

$$V_1 = L_1 \frac{di}{dt}$$

$$V_2 = L_2 \frac{di}{dt}$$

$$V_3 = L_3 \frac{di}{dt}$$

$$\text{dimana} \rightarrow V = L_{ek} \frac{di}{dt} \rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{V}{L_{ek}}$$

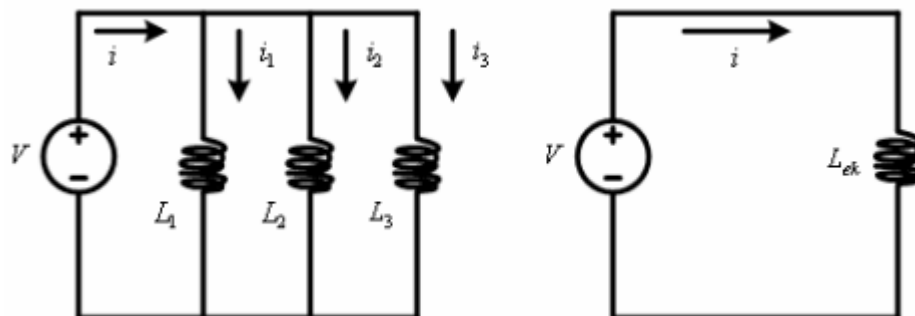
sehingga :

$$V_1 = \frac{L_1}{L_{ek}} V$$

$$V_2 = \frac{L_2}{L_{ek}} V$$

$$V_3 = \frac{L_3}{L_{ek}} V$$

Hubungan paralel :



KCL :

$$\sum i = 0$$

$$i - i_1 - i_2 - i_3 = 0$$

$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

$$\frac{1}{L_{ek}} \int V dt = \frac{1}{L_1} \int V dt + \frac{1}{L_2} \int V dt + \frac{1}{L_3} \int V dt$$

$$\frac{1}{L_{ek}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$$

Pembagi arus ;

$$i_1 = \frac{1}{L_1} \int V dt$$

$$i_2 = \frac{1}{L_2} \int V dt$$

$$i_3 = \frac{1}{L_3} \int V dt$$

$$\text{dimana} \rightarrow i = \frac{1}{L_{ek}} \int V dt \rightarrow \int V dt = L_{ek} i$$

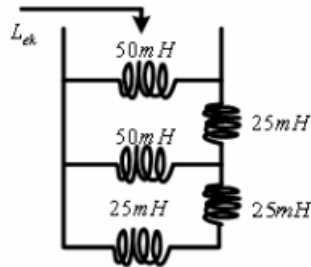
$$i_1 = \frac{L_{ek}}{L_1} i$$

$$i_2 = \frac{L_{ek}}{L_2} i$$

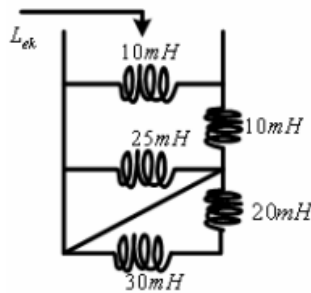
$$i_3 = \frac{L_{ek}}{L_3} i$$

Latihan

1. Tentukan nilai L total !



2. Tentukan nilai L total !



Penguat Tegangan

Atmel (intel)

1. Transistor sebagai penguat
2. Perencanaan alat

A. Transistor sebagai penguat

Transistor adalah komponen semikonduktor yang berfungsi sebagai penguat, saklar (switching), stabilisasi tegangan, modulasi sinyal. Transistor yang bekerja berdasarkan arus inputnya disebut transistor jenis Bipolar Junction Transistor (BJT), sedangkan yang bekerja berdasarkan tegangan inputnya, disebut Field Effect Transistor (FET).

B. Perencanaan Alat

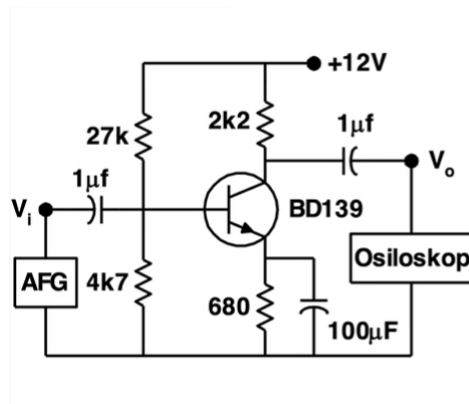
Sebelum merancang rangkaian transistor sebagai penguat, maka terlebih dahulu mengetahui beberapa persamaan yang sangat penting dalam mendesain suatu rangkaian amplifier. Persamaan yang paling umum digunakan dalam mendesain adalah persamaan hukum Ohm, persamaan yang berhubungan dengan Gain Transistor seperti nilai h_{fe} yang merupakan rasio arus kolektor terhadap arus basis dari transistor, yang nilai typicallynya antara 50 – 100.

Dalam melakukan desain penguat audio kelas A common emitter dengan spesifikasi yang diinginkan sbb.

:

- Suplay tegangan 12 Vdc.
- Amplitudo sinyal input (V_i) 50 mVpp dengan frekuensi 1 KHz.
- Bandwidth = 100 Hz – 20 KHz (min).

Berdasarkan spesifikasi desain yang diinginkan, maka dibuat terlebih dahulu rangkaian penguat audio kelas A seperti gambar di atas.



Rangkaian Power Supply

1. Pengertian Catu Daya
2. Jenis-jenis catu daya
3. Bagian-bagian catu daya
4. Komponen pendukung catu daya
5. Rangkaian Catu Daya



1. Pengertian Catu Daya

Catu Daya adalah suatu alat listrik yang dapat menyediakan energi listrik untuk perangkat listrik ataupun elektronika lainnya. Pada dasarnya catu daya ini memerlukan sumber energi listrik yang kemudian mengubahnya menjadi energi listrik yang dibutuhkan oleh perangkat elektronika lainnya. Oleh karena itu, *Power Supply* kadang-kadang disebut juga dengan istilah *Electric Power Converter*.

Berdasarkan fungsinya, *Power Supply* dapat dibedakan menjadi *Regulated Power Supply*, *Unregulated Power Supply* dan *Adjustable Power Supply*.

- a. ***Regulated Power Supply*** adalah Catu Daya yang dapat menjaga kestabilan tegangan dan arus listrik meskipun terdapat perubahan atau variasi pada beban atau sumber listrik (Tegangan dan Arus).
- b. ***Unregulated Power Supply*** adalah Catu Daya tegangan ataupun arus listriknya dapat berubah ketika beban berubah atau sumber listriknya mengalami perubahan.
- c. ***Adjustable Power Supply*** adalah Catu Daya yang tegangan atau Arusnya dapat diatur sesuai kebutuhan dengan menggunakan Knob Mekanik. Terdapat 2 jenis *Adjustable Power Supply* yaitu *Regulated Adjustable Power Supply* dan *Unregulated Adjustable Power Supply*.

2. Jenis- Jenis Catu Daya

Selain pengklasifikasian diatas, Catu Daya juga dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, diantaranya adalah *DC Power Supply*, *AC Power Supply*, *Switch Mode Power Supply*, *Programmable Power Supply*, *Uninterruptible Power Supply*, *High Voltage Power Supply*. Berikut ini adalah penjelasan singkat mengenai jenis-jenis Catu Daya.



A. Catu Daya DC

Catu Daya DC adalah pencatu daya yang menyediakan tegangan maupun arus listrik dalam bentuk DC (Direct Current) dan memiliki polaritas yang tetap yaitu positif dan negatif untuk bebannya. Terdapat 2 jenis Catu Daya DC yaitu :

1. Catu Daya AC ke DC

Catu Daya AC ke DC, yaitu Catu Daya DC yang mengubah sumber tegangan listrik AC menjadi tegangan DC yang dibutuhkan oleh peralatan elektronika. *Catu Daya AC ke DC* pada umumnya memiliki sebuah Transformator yang menurunkan tegangan, dioda sebagai penyearah dan kapasitor sebagai penyaring.

2. Linear Regulator

Linear Regulator berfungsi untuk mengubah tegangan DC yang berfluktuasi menjadi stabil dan biasanya menurunkan tegangan DC masukan.

B. Catu Daya AC

Catu Daya AC adalah Catu Daya yang mengubah suatu taraf tegangan AC ke taraf tegangan lainnya. Contohnya Catu Daya AC yang menurunkan tegangan AC 220V ke 110V untuk peralatan yang membutuhkan tegangan 110VAC atau sebaliknya dari tegangan AC 110V ke 220V.

C. Switch-Mode Power Supply

Switch-Mode Power Supply (SMPS) adalah jenis catu daya yang langsung menyearahkan (*rectify*) dan menyaring (*filter*) tegangan masukan AC untuk mendapatkan tegangan DC. Tegangan DC tersebut kemudian di-*switch ON* dan *OFF* pada frekuensi tinggi dengan sirkuit frekuensi tinggi sehingga menghasilkan arus AC yang dapat melewati Transformator frekuensi tinggi.

D. Programmable Power Supply

Programmable Power Supply adalah jenis catu daya yang pengoperasiannya dapat dikendalikan oleh *Remote Control* melalui antarmuka (*interface*) masukan analog maupun digital seperti RS232 dan GPIB.

E. Uninterruptible Power Supply

Uninterruptible Power Supply atau sering disebut dengan UPS adalah Catu Daya yang memiliki 2 sumber listrik yaitu arus listrik yang langsung berasal dari tegangan masukan AC dan Baterai yang terdapat didalamnya. Saat listrik normal, tegangan masukan akan secara simultan mengisi Baterai dan menyediakan arus listrik untuk beban (peralatan listrik). Tetapi jika terjadi kegagalan pada sumber tegangan AC seperti matinya listrik, maka Baterai akan mengambil alih untuk menyediakan tegangan untuk peralatan listrik/elektronika yang bersangkutan.

F. Catu Daya Tegangan Tinggi

Catu Daya Tegangan Tinggi adalah Catu Daya yang dapat menghasilkan tegangan tinggi hingga ratusan bahkan ribuan volt. catu daya tegangan tinggi biasanya digunakan pada mesin *X-ray* ataupun alat-alat yang memerlukan tegangan tinggi.

G. Bagian – Bagian Catu Daya

Meskipun catu daya memiliki bermacam jenis, namun pada dasarnya catu daya tersusun atas bagian- bagian seperti berikut ini.



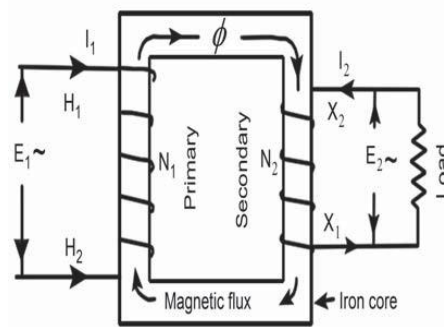
1. Transformator



Transformator atau sering disingkat dengan istilah **Trafo** adalah suatu alat listrik yang dapat mengubah taraf suatu tegangan AC ke taraf yang lain. Maksud dari pengubahan taraf tersebut diantaranya seperti menurunkan Tegangan AC dari 220VAC ke 12 VAC ataupun menaikkan Tegangan dari 110VAC ke 220 VAC. Transformator atau Trafo ini bekerja berdasarkan prinsip Induksi Elektromagnet dan hanya dapat bekerja pada tegangan yang

berarus bolak balik (AC). Transformator (Trafo) memegang peranan yang sangat penting dalam pendistribusian tenaga listrik. Transformator menaikkan listrik yang berasal dari pembangkit listrik PLN hingga ratusan kilo Volt untuk di distribusikan, dan kemudian Transformator lainnya menurunkan tegangan listrik tersebut ke tegangan yang diperlukan oleh setiap rumah tangga maupun perkantoran yang pada umumnya menggunakan Tegangan AC 220Volt. Pada trafo yang dipakai untuk catu daya ini yaitu dari tegangan AC 220 volt, menjadi tegangan AC 50 volt

Seperti perputaran tegangan arus bolak balik (AC). Lebih detailnya tentang cara kerja ini adalah ketika lilitan primer dihubungkan dengan tegangan arus bolak balik maka menimbulkan perubahan arus listrik pada lilitan primer yang mempengaruhi medan magnet. Medan magnet yang telah berubah ini semakin diperkuat dengan adanya inti besi dan inti besi tersebut menghantarkannya ke lilitan sekunder. Hal ini akan mengakibatkan timbulnya ggl induksi pada masing-masing ujung lilitan sekunder. Efek dari peristiwa ini dinamakan induktansi timbal balik (mutual inductance). Prinsip kerja ini sama dengan induksi elektromagnetik dimana kesamaan ini adalah terdapat penghubung magnetik diantara sisi primer dan sisi sekunder.



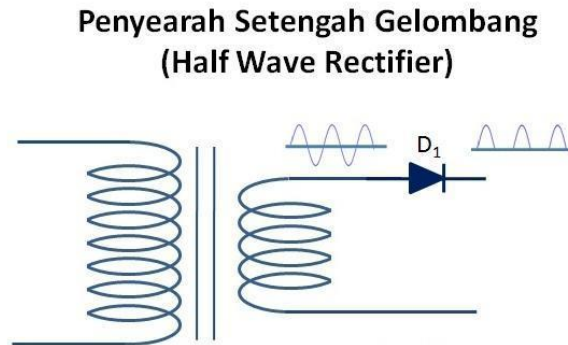
Seperti yang telah diungkapkan pada paragraf pertama bahwa terdapat dua prinsip hukum dalam sebuah cara kerja transformator yaitu hukum induksi faraday dan hukum Lorentz. Dalam hukum induksi faraday menjelaskan bahwa gaya listrik melalui garis lengkung yang tertutup berbanding lurus dengan perubahan persatuan waktu dimana arus induksi dilingkari oleh lengkungan itu. Sedangkan hukum Lorentz menjelaskan bahwasanya arus bolak balik yang beredar mengelilingi inti besi berakibat pada berubahnya inti besi tersebut menjadi magnet. Kemudian apabila magnet tersebut dikelilingi oleh suatu lilitan, maka lilitan tersebut akan mempunyai perbedaan tegangan pada kedua ujung lilitannya. Dari kedua hukum ini dapat disimpulkan bahwa baik hukum induksi faraday maupun hukum Lorentz diterapkan dalam bagaimana transformator bekerja.

H. Komponen Pendukung Catu Daya

1. Penyearah

a. Penyearah Setengah Gelombang (Half Wave Rectifier)

Half Wave Rectifier atau Penyearah Setengah Gelombang merupakan Penyearah yang paling sederhana karena hanya menggunakan 1 buah Dioda untuk menghambat sisi sinyal negatif dari gelombang AC dari catu daya dan melewatkan sisi sinyal Positif-nya.



Pada prinsipnya, arus AC terdiri dari 2 sisi gelombang yakni sisi positif dan sisi negatif yang bolak-balik. Sisi Positif gelombang dari arus AC yang masuk ke Dioda akan menyebabkan Dioda menjadi bias maju (Forward Bias) sehingga melewatkannya, sedangkan sisi Negatif gelombang arus AC yang masuk akan menjadikan Dioda dalam posisi Reverse Bias (Bias Terbalik) sehingga menghambat sinyal negatif tersebut.

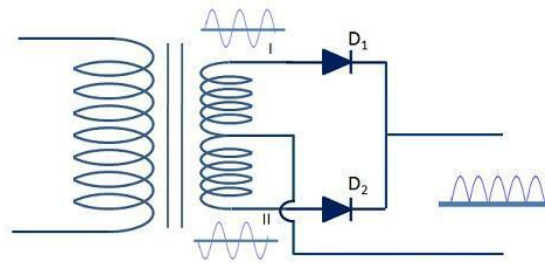
b. Penyearah Gelombang Penuh (Full Wave Rectifier)

Terdapat 2 cara untuk membentuk Full Wave Rectifier atau Penyearah Gelombang Penuh. Kedua cara tersebut tetap menggunakan Dioda sebagai Penyearahnya namun dengan jumlah Dioda yang berbeda yaitu dengan menggunakan 2 Dioda dan 4 Dioda. Penyearah Gelombang Penuh dengan 2 Dioda harus menggunakan Transformer CT sedangkan Penyearah 4 Dioda tidak perlu menggunakan Transformer CT, Penyearah 4 Dioda sering disebut juga dengan Full Wave Bridge Rectifier.

c. Penyearah Gelombang Penuh 2 Dioda

Penyearah Gelombang Penuh 2 Dioda memerlukan Transformer khusus yang dinamakan dengan Transformer CT (Centre Tapped). Transformer CT memberikan keluaran Tegangan yang berbeda fasa 180° melalui kedua Terminal sekunder keluarannya. Perbedaan Fase 180° tersebut dapat dilihat seperti pada gambar dibawah ini :

Penyearah Gelombang Penuh 2 Dioda (Full Wave Rectifier)



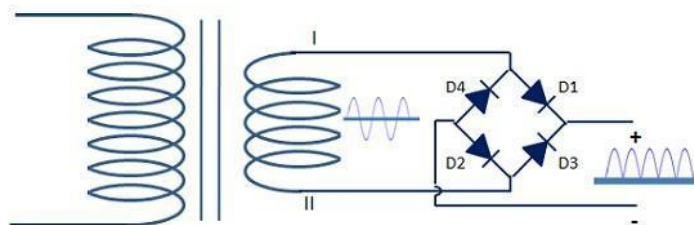
Di saat keluaran Transformer CT pada Terminal Pertama memberikan sinyal Positif pada D1, maka Terminal kedua pada Transformer CT akan memberikan sinyal Negatif (-) yang berbeda fasa 180° dengan Terminal Pertama. D1 yang mendapatkan sinyal Positif (+) akan berada dalam kondisi Forward Bias (Bias Maju) dan melewati sisi sinyal Positif (+) tersebut sedangkan D2 yang mendapatkan sinyal Negatif (-) akan berada dalam kondisi Reverse Bias (Bias Terbalik) sehingga menghambat sisi sinyal Negatifnya.

Sebaliknya, pada saat gelombang AC pada Terminal Pertama berubah menjadi sinyal Negatif maka D1 akan berada dalam kondisi Reverse Bias dan menghambatnya. Terminal Kedua yang berbeda fasa 180° akan berubah menjadi sinyal Positif sehingga D2 berubah menjadi kondisi Forward Bias yang melewati sisi sinyal Positif tersebut.

d. Penyearah Gelombang Penuh 4 Dioda (Bridge Rectifier)

Penyearah Gelombang Penuh dengan menggunakan 4 Dioda adalah jenis penyearah yang paling sering digunakan dalam rangkaian catu daya karena memberikan kinerja yang lebih baik dari jenis penyearah lainnya. Penyearah Gelombang Penuh 4 Dioda ini juga sering disebut dengan *Bridge Rectifier* atau Penyearah Jembatan.

Penyearah Gelombang Penuh – 4 Dioda (Full Wave Rectifier – 4 Diode)



Berdasarkan gambar diatas, jika Transformer mengeluarkan keluaran sisi sinyal Positif (+) maka keluaran D1 dan D2 akan berada dalam kondisi *Forward Bias* sehingga melewati sinyal positif tersebut sedangkan D3 dan D4 akan menghambat sinyal sisi negatifnya. Kemudian pada saat keluaran transformer berubah menjadi sisi sinyal negatif (-) maka D3 dan D4 akan berada dalam kondisi *forward bias* sehingga melewati sinyal sisi positif (+) tersebut sedangkan D1 dan D2 akan menghambat sinyal negatifnya.

Pada catu daya yang dibuat menggunakan penyearah gelombang penuh 4 Dioda karena pada trafo hanya memiliki titik keluaran positif dan negatif (tanpa CT).

2. Pengatur Tegangan



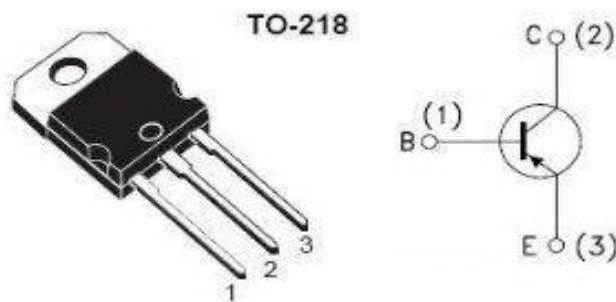
Pengatur Tegangan adalah salah satu rangkaian yang sering dipakai dalam peralatan elektronika. Fungsi regulator tegangan adalah untuk mempertahankan atau memastikan Tegangan pada level tertentu secara otomatis. Artinya, tegangan keluaran DC pada regulator tegangan tidak dipengaruhi oleh perubahan tegangan masukan, beban pada keluaran dan juga suhu. tegangan stabil yang bebas dari segala gangguan seperti *noise* ataupun fluktuasi (naik turun) sangat dibutuhkan untuk mengoperasikan peralatan elektronika terutama pada peralatan elektronika yang sifatnya digital seperti *microcontroller* ataupun *mikroprosesor*.

3. Kipas Pendingin



Colling fan adalah kipas pendingin yang digunakan pada penyearag. Kipas ini berfungsi untuk mengurangi panas yang ada ketika catu daya sedang bekerja. Kipas ini langsung dihubungkan dengan tegangan AC pln 220 volt

4. Penguat Arus



Transistor adalah alat semikonduktor yang dipakai sebagai penguat pemotong (switching), stabilisasi tegangan, modulasi sinyal atau fungsi lainnya. Transistor dapat berfungsi semacam kran listrik, dimana berdasarkan arus inutnya (BJT) atau tegangan masukannya (FET), memungkinkan pengaliran listrik yang sangat akurat dari sirkuit sumber listriknya. Pada umumnya, Transistor memiliki 3 terminal. Tegangan atau arus yang dipasang si satu terminalnya mengatur arus yang lenih besar yang melalui 2 terminal lainnya. Transistor adalah komponen yang sangat penting dalam dunia elektronik modern. Dalam rangkaian analog, transistor digunakan dalam amplifier (penguat). Rangkaian analog melingkupi pengeras suara, sumber listrik stabil, dan penguat sinyal radio. Dalam rangkaian-rangkaian digital, transistor digunakan sebagai saklar berkecepatan tinggi. Beberapa transistor juga dapat dirangkai sedemikian rupa sehingga berfungsi sebagai logic gate, memori, dan komponen-komponen lainnya.

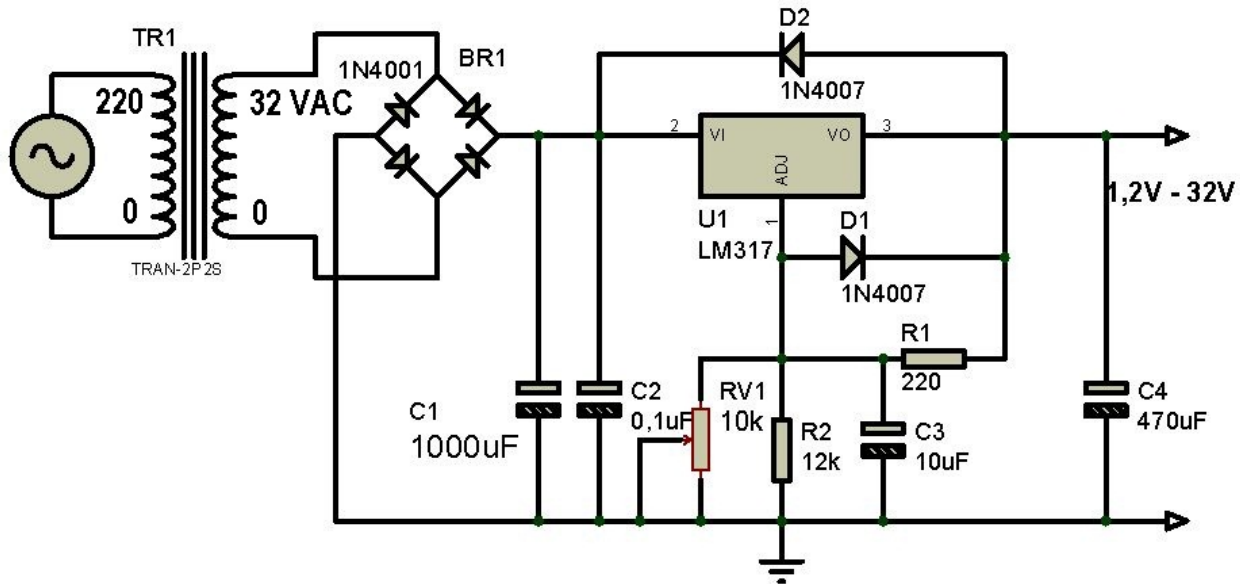
Prinsip yang dipakai didalam transistor sebagai enguat yaitu arus kecil pada basis dipakai untuk mengontrol arus yang lebih besar yang diberikan ke kolektor melalui transistor tersebut. Dari sinilah dapat dilihat bahwa fungsi dari transistor adalah hanya sebagai penguat ketika arus basis akan berubah. Perubahan arus kecil pada basis inilah yang dinamakan dengan perubahan besar pada arus yang mengalir dari kolektor ke emitter

5. Sekering



Fuse atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan sekering adalah komponen yang berfungsi sebagai pengaman dalam Rangkaian Elektronika maupun perangkat listrik. Sekering pada dasarnya terdiri dari sebuah kawat halus pendek yang akan meleleh dan terputus jika dialiri oleh arus listrik yang berlebihan ataupun terjadinya hubungan arus pendek (short circuit) dalam sebuah peralatan listrik / elektronika. Dengan putusnya sekering tersebut, arus listrik yang berlebihan tersebut tidak dapat masuk ke dalam rangkaian elektronika sehingga tidak merusak komponen-komponen yang terdapat dalam rangkaian elektronika yang bersangkutan. Karena fungsinya yang dapat melindungi peralatan listrik dan peralatan elektronika dari kerusakan akibat arus listrik yang berlebihan, *Fuse* atau sekering juga sering disebut sebagai pengaman listrik.

I. Rangkaian Catu Daya



J. Daftar Komponen

1. Trafo CT / non-CT	1 buah
2. Dioda 1n4001	4 buah
3. IC LM317	1 buah
4. ELCO 1000uF/50V	1 buah
5. ELCO 0,1uF/50V	1 buah
6. ELCO 10uF/50V	1 buah
7. ELCO 470uF/50V	1 buah
8. Dioda 1n4007	2 buah
9. Resistor 220	1 buah
10. Resistor 12k	
11. Potentiometer 10K	1 buah

K. Latihan

1. Buat power supply sesuai pada rangkaian diatas!
2. Buat analisa setiap fungsi komponen-komponen diatas!

Power Step up

Power Step down

1. Pengertian Step up
2. Rangkaian step up
3. Pengertian Step down
4. Rangkaian step down

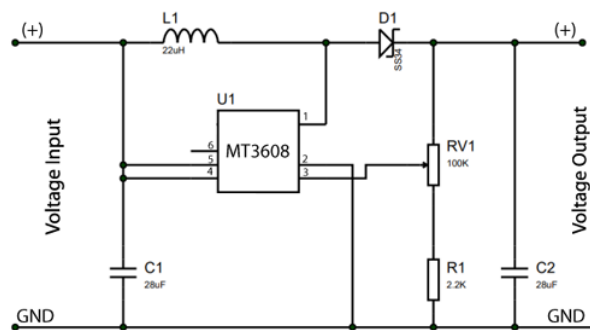


A. Power Step Up

1. Pengertian Step up

Step up dc to dc converter adalah rangkaian yang dapat menaikkan tegangan masuk menjadi lebih tinggi. Tegangan masukan akan selalu lebih kecil di banding tegangan keluaran. Rangkaian step up ini dimasukan tegangan DC dan keluarannya juga tegangan DC, maka rangkaian ini disebut sebagai Step Up DC TO DC converter. Hal yang paling penting dari rangkaian ini adalah MT3608 yang merupakan micro power step up dc to dc converter dimana tegangan masukan dimulai dari 2 Volt DC hingga 24 Volt DC dan tegangan keluarannya bisa dari 5 Volt DC hingga maksimum 28 Volt. Step up dc to dc converter MT3608 dapat stabil dan bekerja maksimal dengan arus output sekitar 2 ampere. Penggunaan MT3608 yang memiliki frekuensi switching tinggi 1,2MHz. Frekuensi switching yang lebih tinggi juga membuka kemungkinan untuk menggunakan indikator yang lebih kecil membuat modul ini kompak dan juga memberikan output daya tinggi secara bersamaan.

2. Rangkaian Power step up MT3608



Setiap kali arus melewati induktor (L1) itu menginduksi beberapa medan magnet dan mengubah level arus yang melewatinya, medan magnet menghasilkan lonjakan tegangan tinggi. Memiliki IC frekuensi switching yang tinggi (MT3608) memungkinkan prinsip ini terjadi dengan menghasilkan dan meruntuhkan medan magnet yang diinduksi oleh induktor.

Ketika modul switching mati, lonjakan tegangan (level tegangan tinggi) melewati dioda Schottky (D1) dan disimpan di kapasitor (C2) sehingga meningkatkan tegangan kapasitor dan kami memperoleh output level tegangan yang lebih tinggi melintasi kapasitor. Dioda Schottky (D1) memainkan peran penting dalam memblokir arus balik ke rangkaian.

3. Latihan

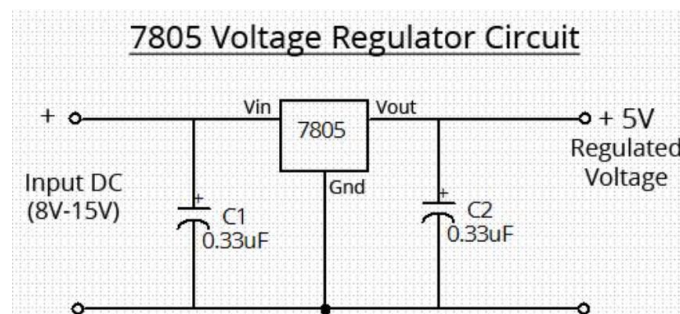
- Buat analisa mengenai rangkaian diatas!
- Buat rangkaian diatas dan diukur hasil tegangan keluarannya!

B. Power Step Down

1. Pengertian Step down

Step down dc to dc converter adalah rangkaian yang dapat menurunkan tegangan masuk menjadi lebih kecil. Tegangan masukan akan selalu lebih besar di banding tegangan keluaran. Rangkaian step down ini dimasukan tegangan DC dan keluarannya juga tegangan DC, maka rangkaian ini disebut sebagai Step Down DC TO DC converter. Pada rangkaian step down ini menggunakan IC LM7805, maka tegangan akan diturunkan menjadi 5 volt, apabila ingin diturunkan menjadi 9 volt maka menggunakan IC LM7809. Bisa dilihat pada kode terakhir menunjukan output menjadi tegangan yang akan diturunkan.

2. Rangkaian Power step down LM7805



3. Latihan

- Buat analisa dari rangkaian diatas!
- Buat rangkaian power step down diatas, lalu ukur tegangan keluarannya!

Operasional Amplifier

Op-AMP

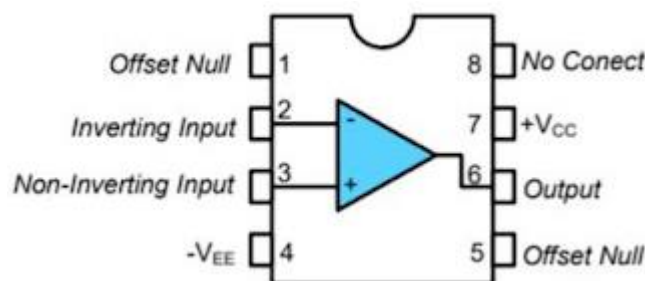
1. Operasional Op-AMP
2. Parameter Op-AMP ideal
3. Op-Amp sebagai penguat inverting
4. Op-Amp sebagai penguat non-inverting
5. Op-Amp sebagai penguat Adder
5. Op-Amp sebagai komparator

Atmel

(intel)

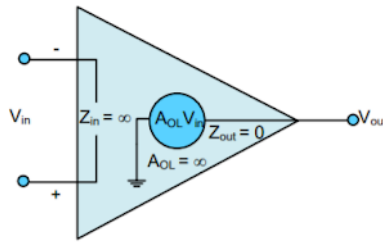
1. Operasional Amplifier (OP-Amp)

Penguat operasional (Op-Amp) adalah suatu blok penguat yang mempunyai dua masukan dan satu keluaran. Penguat operasional (Op-Amp) dikemas dalam suatu rangkaian terpadu (integrated circuit-IC). Salah satu tipe operasional amplifier (Op-Amp) yang populer adalah LM741. IC LM741 merupakan operasional amplifier yang dikemas dalam bentuk dual in-line package (DIP). Kemasan IC jenis DIP memiliki tanda bulatan atau strip pada salah satu sudutnya untuk menandai arah pin atau kaki nomor 1 dari IC tersebut. Penomoran IC dalam kemasan DIP adalah berlawanan arah jarum jam dimulai dari pin yang terletak paling dekat dengan tanda bulat atau strip pada kemasan DIP tersebut. IC LM741 memiliki kemasan DIP 8 pin seperti terlihat pada gambar berikut.



2. Parameter Op-Amp Ideal

Op-amp pada dasarnya adalah sebuah differential amplifier (penguat diferensial) yang memiliki dua masukan. Input (masukan) op-amp seperti yang telah dimaklumi ada yang dinamakan input inverting dan non-inverting. Op-amp ideal memiliki open loop gain (penguatan loop terbuka) yang tak terhingga besarnya.



a. Penguatan tegangan open loop ($A_{OL} = \infty$)

Penguat tegangan open loop merupakan perbandingan antara tegangan keluaran (V_{out}) terhadap tegangan masukan (V_{in}) dari komponen Op-Amp tanpa menggunakan rangkaian umpan balik (feedback). Dalam kondisi ideal penguatan tegangan open loop pada Op-Amp sangat besar (tak terhingga), sehingga dengan adanya selisih tegangan dari kedua masukannya maka tegangan keluaran yang dihasilkan sangat besar juga. Dalam kondisi praktik, penguatan nilai tegangan open loop pada Op-Amp bergantung pada tipe komponen tipe komponen Op-Amp. Misalnya pada OpAmp tipe LM741 memiliki nilai penguatan tegangan open loop sebesar 100.000 kaki atau 100 dB, serta tegangan keluaran dari Op-Amp terbatas yaitu nilai terbesar mendekati nilai sumber tegangan yang diberikan (VCC atau VEE).

b. Impedansi input ($Z_{IN} = \infty$)

Dalam kondisi ideal, impedansi input yang dimiliki oleh Op-Amp sangat besar (tak terhingga). Impedansi input yang besar dapat dianalogikan sebagai rangkaian terbuka, sehingga tidak akan ada arus yang masuk ke dalam komponen Op-Amp ($I_{in} \approx 0$ A) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Impedansi input yang besar menandakan karakteristik Op-Amp yang baik, karena dengan semakin besar impedansi input maka komponen Op-Amp tidak akan menarik arus dari sumber terlalu banyak. Tetapi dalam praktiknya, nilai impedansi input pada Op-Amp bergantung pada tipe komponen Op-Amp yang digunakan. Misalnya pada Op-Amp tipe LM741 memiliki impedansi input sebesar 2 M Ω .

c. Impedansi output ($Z_{OUT} = 0$)

Dalam kondisi ideal, impedansi output yang dimiliki oleh Op-Amp sangat kecil (nol). Impedansi output yang kecil dapat dianalogikan sebagai kabel penghantar tanpa hambatan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Impedansi output yang kecil menandakan karakteristik Op-Amp yang baik, karena dengan semakin kecil impedansi output maka tegangan yang dihasilkan oleh komponen Op-Amp akan timbul pada beban saja, tanpa

adanya pembagian tegangan dengan impedansi output. Tetapi dalam praktiknya, nilai impedansi output pada Op-Amp bergantung pada tipe komponen Op-Amp yang digunakan. Misalnya pada Op-Amp tipe LM741 memiliki impedansi output sebesar 75Ω .

d. Tegangan offset (V_{IO}) = 0

Sebuah Op-Amp ideal akan menghasilkan tegangan keluaran 0 V ketika selisih tegangan masukan bernilai 0 V, hal ini dikarenakan Op-Amp merupakan penguat differensial yang menguatkan selisih tegangan masukannya. Tetapi dalam praktiknya, terdapat ketidakseimbangan pada rangkaian internal Op-Amp yang menyebabkan timbulnya sejumlah kecil tegangan pada keluarannya. Tegangan yang timbul pada keluaran Op-Amp disebut dengan tegangan offset. Misalnya pada Op-Amp tipe LM741 memiliki tegangan offset sebesar 1 mV. Efek dari tegangan offset seharusnya tidak menjadi masalah serius jika Op-Amp diatur dengan penguatan yang rendah. Namun apabila Op-Amp diatur dengan penguatan yang tinggi maka tegangan offset perlu diperhitungkan, karena dengan penguatan 10 kali akan didapatkan pula 10 kali nilai tegangan offset yang timbul pada keluaran. Untuk mengatasi permasalahan tegangan offset, beberapa tipe Op-Amp seperti LM741 telah dilengkapi dua kaki tambahan yang disebut dengan offset null.

e. Bandwidth (BW) = ∞

Bandwidth (atau lebar pita) merupakan rentang frekuensi yang dimiliki oleh Op-Amp dimana sinyal input masih dapat dilewatkan atau dikuatkan. Dalam kondisi ideal, bandwidth yang dimiliki oleh Op-Amp sangat besar (tak terhingga). Bandwidth yang besar menandakan bahwa komponen Op-Amp.

dapat melewatkan atau menguatkan sebuah sinyal dalam rentang frekuensi berapapun. Tetapi dalam praktiknya, nilai bandwidth pada Op-Amp terbatas bergantung pada tipe komponen Op-Amp yang digunakan. Misalnya pada OpAmp tipe 741 memiliki bandwidth sebesar 1 MHz yang artinya sinyal diatas rentang frekuensi tersebut akan diredam atau dilemahkan. Nilai bandwidth sendiri diperoleh dari selisih nilai antara frekuensi cut-off tinggi dan frekuensi cut-off rendah ($f_H - f_L$). Frekuensi cut-off merupakan batas frekuensi dimana sinyal akan dikuatkan atau dilemahkan. Dalam kondisi praktik, frekuensi cut-off akan terjadi ketika daya output telah turun sebesar 50% dari nilai awal, atau ketika penguatan tegangan (A_v) telah turun mencapai nilai 0,707 (−3 dB) dari nilai awal.

f. Common Mode Rejection Ratio (CMRR) = ∞

Pada dasarnya Op-Amp merupakan penguat differensial yang hanya menguatkan selisih dari kedua masukannya, tetapi karena Op-Amp tidak ideal maka penguatan common mode (mode bersama) juga mengalami penguatan sehingga menimbulkan tegangan offset yang tidak diinginkan. Common mode merupakan penguatan yang terjadi ketika kedua masukan Op-Amp diberi sinyal yang nilainya sama, sehingga keluaran yang dihasilkan harusnya bernilai nol. Namun karena ketidakseimbangan rangkaian internal dari komponen Op-Amp maka nilai keluaran yang dihasilkan tidak sama dengan nol.

Common mode rejection ratio atau CMRR merupakan rasio antara penguatan differensial dan penguatan common mode. CMRR menyatakan seberapa besar kemampuan Op-Amp untuk menekan penguatan common mode. Dalam kondisi ideal nilai dari penguatan differensial (A_d) adalah sangat besar sama dengan nilai penguatan tegangan open loop, dan penguatan common mode adalah sangat kecil (nol), sehingga dengan membandingkan kedua penguat didapatkan nilai CMRR yang sangat besar (tak terhingga).

Nilai dari CMRR yang besar sangat menandakan karakteristik komponen Op-Amp yang baik, karena dengan semakin besar nilai CMRR maka penguatan common mode akan dapat ditekan sekecil-kecilnya. Tetapi dalam praktiknya, nilai CMRR pada Op-Amp bergantung pada tipe komponen Op-Amp yang digunakan. Contoh pada Op-Amp tipe 741 memiliki nilai CMRR sebesar 90 dB

g. Slew Rate (SR) = ∞

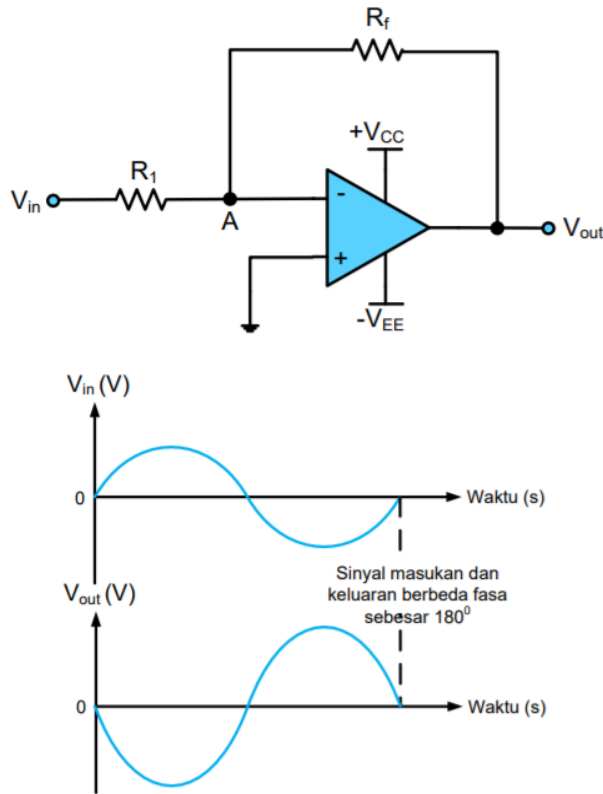
Rangkaian internal Op-Amp terkadang diberi tambahan komponen kapasitor yang berfungsi untuk mereduksi noise, tetapi penambahan kapasitor ini menimbulkan kerugian berupa lambatnya respon sinyal output terhadap sinyal input. Slew rate menyatakan seberapa cepat sinyal output dapat merespon perubahan sinyal input. Slew rate dinyatakan dalam V/s. Dalam kondisi ideal, slew rate yang dimiliki oleh komponen Op-Amp sangat besar (tak terhingga), sehingga sinyal output akan langsung berubah ketika sinyal input berubah. Tetapi dalam praktiknya, nilai slew rate pada OpAmp bergantung pada tipe komponen Op-Amp yang digunakan. Contoh pada Op-Amp tipe LM741 memiliki nilai slew rate sebesar 0,5 V/us, yang artinya perubahan sinyal output tidak dapat lebih besar dari 0,5 V per 1 mikro second.

h. Tidak terpengaruh oleh perubahan suhu

Suatu bahan semikonduktor akan mengalami perubahan karakteristik menjadi konduktor apabila terjadi perubahan suhu yang cukup besar. Hal ini disebabkan dengan meningkatnya suhu maka elektron bebas dalam bahan semikonduktor akan semakin banyak. Dalam kondisi ideal, karakteristik Op-Amp tidak akan terpengaruh oleh perubahan suhu. Tetapi dalam praktiknya, karakteristik Op-Amp akan sedikit berubah jika terjadi perubahan suhu karena pada dasarnya Op-Amp juga dibuat dari bahan semikonduktor. Misalnya pada Op-Amp tipe LM741 memiliki operasi kerja pada rentang suhu -500 sampai 1250 Celcius, di luar rentang suhu tersebut karakteristik Op-Amp akan berubah.

3. Op-Amp Sebagai Penguat Inverting

Penguat Inverting adalah suatu rangkaian penguat yang berfungsi menguatkan sinyal akan tetapi sinyal yang dikuatkan akan berbanding terbalik 180 derajat dengan dinyal masukannya. Bentuk sinyal input output rangkaian inverting dapat dilihat pada gambar dibawah. Pada dasarnya penguat inverting digunakan sebagai pengkondisi sinyal inputan sensor yang terlalu kecil sehingga dibutuhkan penguatan untuk diproses.



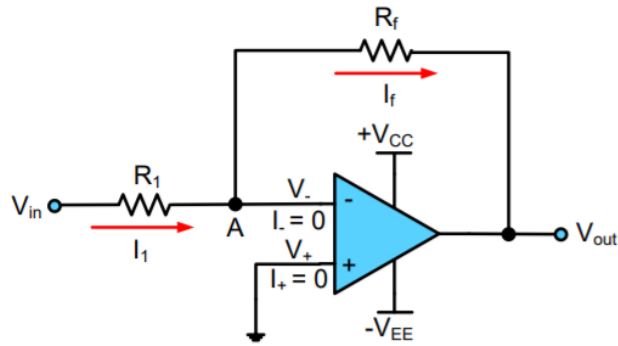
Salah satu fungsi pemasangan resistor umpan balik (feedback) atau pada gambar **R2** dan resistor input **R1** adalah untuk mengatur faktor penguatan inverting amplifier (penguat membalik) tersebut. Dengan dipasangnya resistor feedback (R_f) dan resistor input (R_1) maka faktor penguatan dari penguat membalik dapat diatur dari 1 sampai 100.000 kali.

a. Fungsi Penguat Inverting

Keluaran sensor dan transduser pada umumnya mempunyai tegangan yang sangat kecil hingga mikro volt, sehingga diperlukan penguat dengan impedansi masukan rendah. Rangkaian penguat inverting merupakan rangkaian penguat pembalik dengan impedansi masukan sangat rendah. Rangkaian penguat inverting akan menerima arus atau tegangan dari transduser sangat kecil dan akan membangkitkan arus atau tegangan yang lebih besar

b. Analisis Penguatan Op Amp Inverting

Untuk memulai analisis rangkaian penguat inverting, terapkan hukum Kirchhoff arus pada titik cabang A dan asumsi $I_+ = I_- = 0$, sehingga gambar rangkaian penguat inverting menjadi seperti gambar dibawah.



Dari diatas. didapatkan persamaan arus yang mengalir pada titik cabang A, sebagai berikut:

Persamaan 1 :

$$I_1 = I_f$$

Dengan menggunakan teori tegangan titik simpul, persamaan (1) dapat dijabarkan menjadi:

Persamaan 2 :

$$\frac{V_{in} - V_A}{R_1} = \frac{V_A - V_{out}}{R_f}$$

Karena $V_+ = 0$ dan $V_- = V_A$, serta asumsi nilai $V_+ = V_-$ maka dapat dituliskan nilai $V_A = 0$. Sehingga persamaan (2) menjadi:

Persamaan 3 :

$$\begin{aligned} \frac{V_{in} - 0}{R_1} &= \frac{0 - V_{out}}{R_f} \\ \frac{V_{in}}{R_1} &= -\frac{V_{out}}{R_f} \end{aligned}$$

Dengan menyederhanakan persamaan (3), dapat diperoleh persamaan tegangan keluaran dari penguat inverting:

Persamaan 4 :

$$\begin{aligned} \frac{V_{in}}{R_1} &= -\frac{V_{out}}{R_f} \\ -R_f \left(\frac{V_{in}}{R_1} \right) &= V_{out} \end{aligned}$$

$$V_{out} = -\left(\frac{R_f}{R_1} \right) V_{in}$$

Jika penguatan merupakan perbandingan antara tegangan keluaran dan tegangan masukan, maka dari persamaan (4) dapat diperoleh penguatan dari penguat inverting yaitu:

Persamaan 5 :

$$A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_f}{R_1}$$

Keterangan:

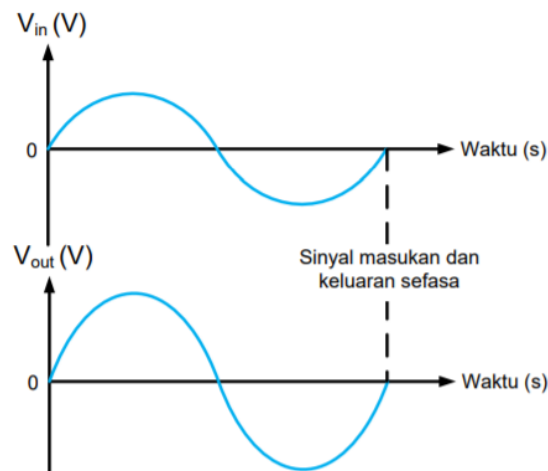
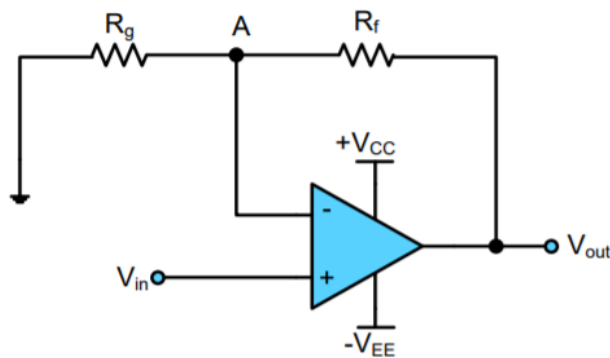
A_V = penguatan tegangan

V_{in} = tegangan masukan

V_{out} = Tegangan Keluaran

4. Op-Amp sebagai penguat non-inverting

Penguat Non Inverting adalah suatu rangkaian penguat yang berfungsi menguatkan sinyal dan hasil sinyal yang dikuatkan tetap sefasa dengan sinyal inputannya, hasil dari sinyal input dan output rangkaian non inverting dapat dilihat pada gambar dibawah. Pada dasarnya penguat non inverting digunakan sebagai pengkondisi sinyal inputan sensor yang terlalu kecil sehingga dibutuhkan penguatan untuk diproses. intinya penguat non inverting kebalikan dari penguat inverting.



a. Fungsi Penguat Non Inverting

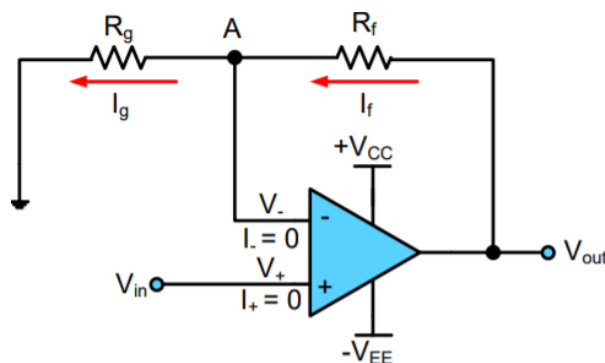
Fungsi dari penguat non inverting kurang lebih sama dengan penguat inverting hanya saja polaritas output yang dihasilkan sama dengan sinyal inputnya. Keluaran sensor dan transduser pada umumnya mempunyai tegangan yang sangat kecil hingga mikro volt, sehingga diperlukan penguat dengan impedansi masukan rendah. Rangkaian penguat non inverting akan menerima arus atau tegangan dari transduser sangat kecil dan akan membangkitkan arus atau tegangan yang lebih besar

b. Analisis Penguatan Op Amp Non Inverting

Dalam menganalisis rangkaian Op-Amp sebagai penguat terdapat dua aturan penting yang perlu diperhatikan. Kedua aturan tersebut menggunakan karakteristik Op-Amp ideal. Aturan ini dalam beberapa literatur dinamakan golden rule, yang berisi :

1. Perbedaan tegangan antara kedua masukan Op-Amp adalah nol ($V_+ - V_- = 0$ atau $V_+ = V_-$), hal ini bertujuan menghindari adanya tegangan offset. Aturan pertama ini sering disebut dengan virtual ground.
2. Arus yang mengalir pada kedua masukan Op-Amp adalah nol ($I_+ = I_- = 0$), hal ini dikarenakan impedansi input pada Op-Amp sangat besar ($Z_{in} = \infty$). Dengan memahami kedua aturan tersebut, analisis dari rangkaian Op-Amp akan menjadi lebih mudah.

Untuk memulai analisis rangkaian penguat non-inverting, terapkan hukum Kirchhoff arus pada titik cabang A dan asumsi $I_+ = I_- = 0$, sehingga gambar rangkaian penguat non-inverting menjadi seperti pada gambar dibawah.



Berikut penjabaran penurunan rumus op-amp non inverting berdasarkan gambar 3 didapatkan persamaan arus yang mengalir pada titik cabang A, sebagai berikut:

Persamaan 1

$$I_f = I_g$$

Dengan menggunakan teori tegangan titik simpul, persamaan (1) dapat dijabarkan menjadi:

Persamaan 2

$$\frac{V_{out} - V_A}{R_f} = \frac{V_A - 0}{R_g}$$

Karena $V_+ = V_{in}$ dan $V_- = V_A$, serta asumsi nilai $V_+ = V_-$ maka dapat dituliskan nilai $V_{in} = V_A$. Sehingga persamaan (2) menjadi:

Persamaan 3

$$\frac{V_{out} - V_{in}}{R_f} = \frac{V_{in}}{R_g}$$

Dengan menyederhanakan persamaan (3), dapat diperoleh persamaan tegangan keluaran dari penguat non-inverting:

Persamaan 4

$$\begin{aligned}\frac{V_{out}}{R_f} - \frac{V_{in}}{R_f} &= \frac{V_{in}}{R_g} \\ \frac{V_{out}}{R_f} &= \frac{V_{in}}{R_g} + \frac{V_{in}}{R_f} \\ V_{out} &= R_f \left(\frac{V_{in}}{R_g} + \frac{V_{in}}{R_f} \right) \\ V_{out} &= R_f \left(\frac{1}{R_g} + \frac{1}{R_f} \right) V_{in} \\ V_{out} &= \left(\frac{R_f}{R_g} + \frac{R_f}{R_f} \right) V_{in} \\ V_{out} &= \left(\frac{R_f}{R_g} + 1 \right) V_{in}\end{aligned}$$

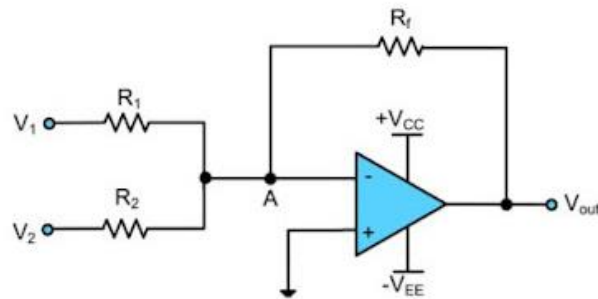
Jika penguatan merupakan perbandingan antara tegangan keluaran dan tegangan masukan, maka dari persamaan (4) dapat diperoleh penguatan dari penguat non-inverting yaitu:

Persamaan 5

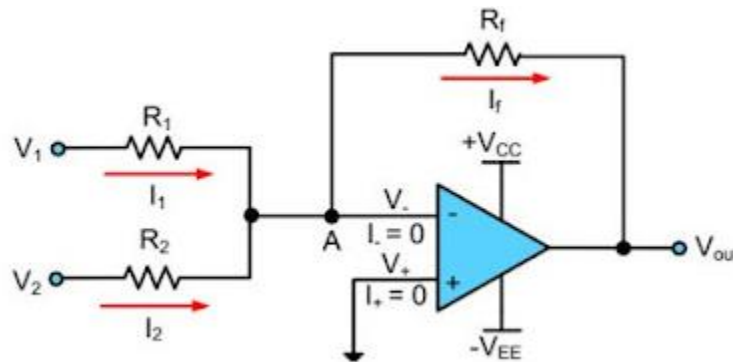
$$A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_f}{R_g} + 1$$

5. Op-Amp sebagai penguat Adder

Op-Amp sebagai penguat dapat difungsikan untuk melakukan operasi matematik seperti penjumlahan dan pengurangan terhadap sinyal masukan yang diberikan. Penguat adder berfungsi untuk menguatkan hasil operasi penjumlahan dari dua atau lebih sinyal masukan yang diberikan. Penguat adder juga sering disebut sebagai penguat summing. Rangkaian dari penguat adder pada dasarnya berupa penguat inverting yang diberi tambahan resistor untuk beberapa sinyal pada masukannya. Gambar dibawah menunjukkan rangkaian penguat adder dengan dua sinyal masukan.



analisis dari rangkaian Op-Amp akan menjadi lebih mudah. Untuk memulai analisis rangkaian penguat adder, terapkan hukum Kirchoff arus pada titik cabang A dan asumsi $I_+ = I_- = 0$, sehingga gambar rangkaian penguat adder menjadi seperti gambar dibawah.



Dari Gambar diatas didapatkan persamaan arus yang mengalir pada titik cabang A, sebagai berikut:

Persamaan (1):

$$I_1 + I_2 = I_f$$

Dengan menggunakan teori tegangan titik simpul, persamaan diatas dapat dijabarkan menjadi :

persamaan (2):

$$\frac{V_1 - V_A}{R_1} + \frac{V_2 - V_A}{R_2} = \frac{V_A - V_{out}}{R_f}$$

Karena $V_+ = 0$ dan $V_- = V_A$, serta asumsi nilai $V_+ = V_-$ maka dapat dituliskan nilai $V_A = 0$. Sehingga menjadi:
persamaan (3):

$$\frac{V_1 - 0}{R_1} + \frac{V_2 - 0}{R_2} = \frac{0 - V_{out}}{R_f}$$

$$\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} = -\frac{V_{out}}{R_f}$$

Dengan menyederhanakan persamaan diatas, dapat diperoleh persamaan tegangan keluaran dari penguat adder:

$$\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} = -\frac{V_{out}}{R_f}$$

$$-R_f \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} \right) = V_{out}$$

$$-R_f \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} \right) = V_{out}$$

persamaan (4):

$$V_{out} = - \left(\frac{R_f}{R_1} V_1 + \frac{R_f}{R_2} V_2 \right)$$

Jika penguatan merupakan perbandingan antara tegangan keluaran dan tegangan masukan, maka dari persamaan 4 dapat diperoleh penguatan masing-masing sinyal masukan dari penguat adder yaitu:

persamaan (5):

$$A_{V1} = \frac{V_{out}}{V_1} = -\frac{R_f}{R_1} \text{ dan } A_{V2} = \frac{V_{out}}{V_2} = -\frac{R_f}{R_2}$$

Jika nilai hambatan R_1 dan R_2 sama ($R_1 = R_2$), maka persamaan (4) dapat disederhanakan menjadi:

persamaan (6):

$$V_{out} = - \left(\frac{R_f}{R_1} V_1 + \frac{R_f}{R_1} V_2 \right)$$

$$V_{out} = - \frac{R_f}{R_1} (V_1 + V_2)$$

Dengan menjabarkan persamaan (6), dapat diketahui penguatan total dari penguat adder yaitu:

persamaan (7):

$$V_{out} = -\frac{R_f}{R_1}(V_1 + V_2)$$

$$A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{V_{out}}{(V_1 + V_2)} = -\frac{R_f}{R_1}$$

Untuk mencari tegangan keluaran dari penguat adder yang memiliki sinyal masukan lebih dari dua, dapat dilakukan dengan menambahkan kombinasi tegangan dan resistor ke n, sehingga persamaan (4) menjadi persamaan (8):

$$V_{out} = -\left(\frac{R_f}{R_1}V_1 + \frac{R_f}{R_2}V_2 + \dots + \frac{R_f}{R_n}V_n\right)$$

Keterangan:

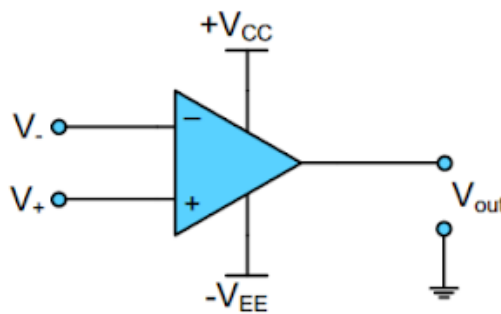
A_V = penguatan tegangan

V_{in} = tegangan masukan

V_{out} = Tegangan Keluaran

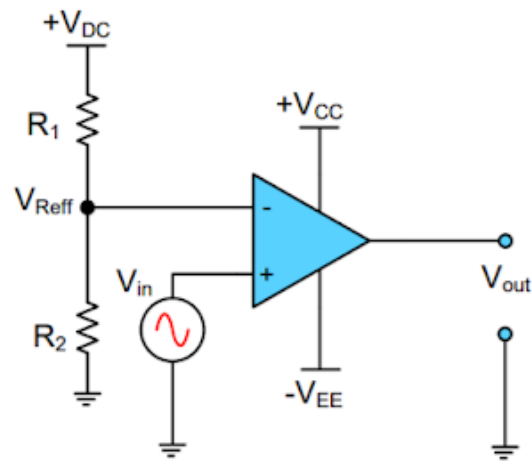
6. Op-Amp sebagai komparator

Komparator merupakan salah satu konfigurasi Op-Amp yang paling sederhana. Komparator berfungsi untuk membandingkan nilai dari kedua masukannya dengan memanfaatkan penguatan tegangan open loop Op-Amp yang nilainya sangat besar. Dengan demikian, apabila terdapat selisih atau perbedaan nilai dari kedua masukan Op-Amp, akan membuat tegangan keluaran menjadi saturasi atau mendekati nilai dari sumber tegangan yang diberikan. Rangkaian komparator dapat dilihat pada gambar



Tetapi pada praktiknya $V_{out} \neq 0$ akibat adanya tegangan offset. Dengan kemampuan tersebut, komparator dapat digunakan sebagai pengkondisi sinyal yang umumnya membandingkan sinyal keluaran dari sensor dan tegangan referensi. Tegangan referensi merupakan tegangan yang nilainya tetap. Tegangan referensi dapat diperoleh dengan cara memberikan supply tegangan DC pada salah satu kaki Op-

Amp sehingga didapatkan nilai yang tetap. Kemudian untuk mengatur nilai dari tegangan DC yang diberikan dapat digunakan rangkaian pembagi tegangan. berikut contoh penerapan komparator menggunakan rangkaian pembagi tegangan dapat dilihat pada gambar dibawah



Pembangkit Sinyal

Osilator

1. Pengertian Osilator
2. Macam-macam osilator
3. Osilator Jembatan Wien
4. Osilator Collpits

1. Pengertian Osilator

Osilator (Oscillator) adalah suatu rangkaian elektronika yang menghasilkan sejumlah getaran atau sinyal listrik secara periodik dengan amplitudo yang konstan. Gelombang sinyal yang dihasilkan ada yang berbentuk Gelombang Sinus (*Sinusoid Wave*), Gelombang Kotak (*Square Wave*) dan Gelombang Gigi Gergaji (*Saw Tooth Wave*). Pada dasarnya sinyal arus searah atau DC dari pencatu daya (*power supply*) dikonversikan oleh Rangkaian Osilator menjadi sinyal arus bolak-balik atau AC sehingga menghasilkan sinyal listrik yang periodik dengan amplitudo konstan.

Tiga istilah yang berkaitan erat dengan rangkaian Osilator adalah “Periodik”, “Amplitudo” dan “Frekuensi”. Berikut ini adalah pengertian dari ketiga istilah penting tersebut.

- **Periodik** adalah waktu yang dibutuhkan untuk menempuh 1 kali getaran atau waktu yang dibutuhkan pada 1 siklus gelombang bolak-balik, biasanya dilambangkan dengan t dengan satuan detik (second).
- **Amplitudo** adalah simpangan terjauh yang diukur dari titik keseimbangan dalam suatu getaran.
- **Frekuensi** adalah sejumlah getaran yang dihasilkan selama 1 detik, satuan frekuensi adalah Hertz.

2. Macam-macam osilator

Ada dua jenis dasar osilator elektronik yaitu osilator linier dan non-linier. Osilator linear memberikan input sinusoidal. Osilator linear terdiri dari massa m dan kekuatannya dalam linear dalam kesetimbangan. Dengan menerapkan hukum hooke, pegas menciptakan gaya yang linier untuk perpindahan kecil.

Sebenarnya masih banyak sekali jenis-jenis dari Osilator itu sendiri dalam aplikasinya, namun pada modul kali ini kita akan mempelajari pada dua rangkaian Osilator saja yaitu Osilator Jembatan Wien dan Osilator Collpits

a. Osilator Jembatan Wien

Penggunaan Osilator Jembatan Wien menggunakan dua Jaringan RC yang terhubung bersama untuk menghasilkan osilator sinusoidal. Salah satu osilator gelombang sinusoidal sederhana yang menggunakan jaringan RC sebagai pengganti rangkaian LC konvensional untuk menghasilkan bentuk gelombang output sinusoidal, disebut Osilator Jembatan Wien.

Osilator Jembatan Wien disebut demikian karena rangkaian didasarkan pada bentuk frekuensi-selektif rangkaian **Jembatan Wheatstone**. Osilator Jembatan Wien adalah rangkaian penguat ditambah dua tahap RC yang memiliki stabilitas yang baik pada frekuensi resonan, distorsi rendah dan sangat mudah disetel menjadikannya rangkaian yang populer sebagai osilator frekuensi audio tetapi perubahan fasa dari sinyal output jauh berbeda dengan pergeseran fasa Osilator RC sebelumnya.

Osilator Jembatan Wien menggunakan rangkaian umpan balik yang terdiri dari serangkaian rangkaian RC terhubung dengan paralel RC dari nilai-nilai komponen yang sama menghasilkan rangkaian fasa delay atau fasa advanced tergantung pada frekuensi. Pada frekuensi resonansi atau pergeseran fasa adalah 0° .

Frekuensi Osilator Jembatan Wien

$$f_r = \frac{1}{2\pi RC}$$

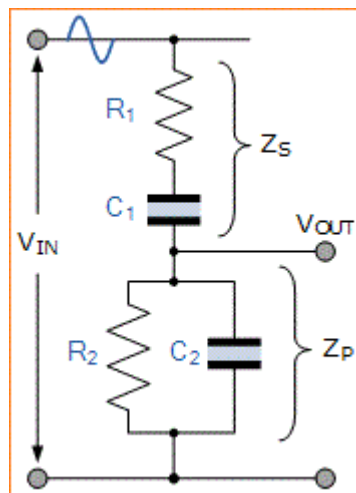
Dimana:

f_r adalah Frekuensi Resonan dalam Hertz

R adalah Resistansi dalam Ohm

C adalah Kapasitansi dalam Farad

1. Jaringan RC



Jika kita menggambar ulang jaringan RC di atas seperti yang ditunjukkan, kita dapat dengan jelas melihat bahwa itu terdiri dari dua rangkaian RC yang terhubung bersama dengan output yang diambil dari persimpangan mereka. Resistor R1 dan kapasitor C1 membentuk jaringan seri atas, sedangkan resistor R2 dan kapasitor C2 membentuk jaringan paralel bawah.

Oleh karena itu total impedansi DC dari kombinasi seri (R1 C1) kita dapat memanggil, ZS dan impedansi total kombinasi paralel (R2 C2) kita dapat memanggil, ZP. Sebagai ZS dan ZP secara efektif dihubungkan bersama dalam seri di input, VIN, mereka membentuk jaringan pembagi tegangan dengan output diambil dari seberang ZP seperti yang ditunjukkan.

Mari kita berasumsi kemudian bahwa nilai-nilai komponen R1 dan R2 adalah sama di: 12kΩ, kapasitor C1 dan C2 adalah sama di: 3.9nF dan frekuensi pasokan, f adalah 3.4kHz.

2. Rangkaian Seri

Impedansi total kombinasi seri dengan resistor, R1 dan kapasitor, C1 adalah sederhana:

$$R = 12\text{k}\Omega, \text{ tapi } X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$\therefore X_C = \frac{1}{2\pi \times 3.4\text{kHz} \times 3.9\text{nF}} = 12\text{k}\Omega$$

$$Z_S = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{12000^2 + 12000^2}$$

$$\therefore Z_S = 16.970\Omega \text{ atau } 17\text{k}\Omega$$

Kita sekarang tahu bahwa dengan frekuensi supply 3.4 kHz, reaktansi kapasitor sama dengan resistansi resistor pada 12 kΩ. Ini kemudian memberi kita impedansi seri atas ZS dari 17kΩ.

Untuk lebih rendah paralel impedansi ZP, sebagai dua komponen yang secara paralel, kita harus memperlakukan ini berbeda karena impedansi dari rangkaian paralel dipengaruhi oleh kombinasi paralel ini.

3. Rangkaian Paralel

Total impedansi dari kombinasi paralel lebih rendah dengan resistor, R2 dan kapasitor, C2 diberikan sebagai:

$$R = 12\text{k}\Omega, \text{ dan } X_C = 12\text{k}\Omega$$

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{R} + \frac{1}{X_C} = \frac{1}{12000} + \frac{1}{12000}$$

$$\therefore Z = 6000\Omega \text{ atau } 6\text{k}\Omega$$

Pada frekuensi supply 3400Hz, atau 3.4 kHz, impedansi DC gabungan dari rangkaian RC paralel menjadi $6k\Omega$ ($R||X_C$) dengan jumlah vektor impedansi paralel ini dihitung sebagai:

$$R = 6k\Omega, \text{ dan } X_C = 6k \text{ (paralel)}$$

$$Z_P = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{6000^2 + 6000^2}$$

$$\therefore Z_P = 8485\Omega \text{ atau } 8.5k\Omega$$

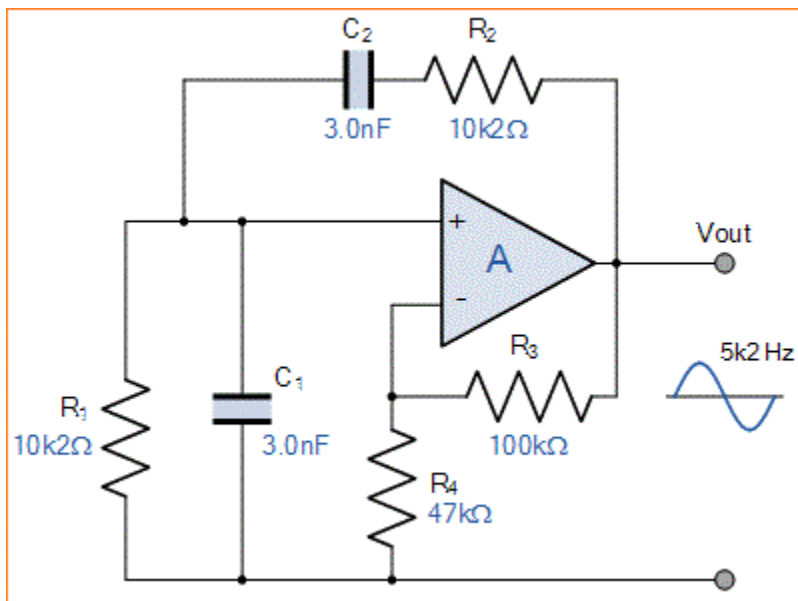
Jadi kita sekarang memiliki nilai untuk jumlah vektor dari impedansi seri: $17k\Omega$, ($Z_S = 17k\Omega$) dan untuk impedansi paralel: $8.5k\Omega$, ($Z_P = 8.5k\Omega$). Oleh karena itu total impedansi output, Z_{out} dari jaringan pembagi tegangan pada frekuensi yang diberikan adalah:

$$Z_{OUT} = \frac{Z_P}{Z_P + Z_S} = \frac{8.5k\Omega}{8.5k\Omega + 17k\Omega} = 0.333 \text{ atau } \frac{1}{3}$$

Kemudian pada frekuensi osilasi, besarnya tegangan output, V_{out} akan sama dengan $Z_{out} \times V_{in}$ yang seperti ditunjukkan sama dengan sepertiga ($1/3$) dari tegangan input, V_{in} dan itu adalah jaringan RC selektif frekuensi ini yang membentuk dasar dari rangkaian **Osilator Jembatan Wien**.

Jika sekarang kita menempatkan Jaringan RC ini pada Penguat Non-Inverting yang memiliki gain $1 + R_1/R_2$, rangkaian osilator jembatan Wien dasar berikut ini diproduksi.

4. Rangkaian Osilator Jembatan Wien



5. Ringkasan Osilator Jembatan Wien

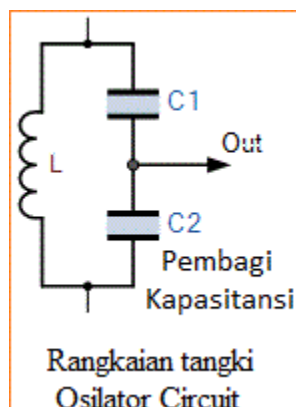
Kemudian agar osilasi terjadi dalam rangkaian **Osilator Jembatan Wien**, kondisi berikut harus berlaku.

- Tanpa sinyal input, Osilator Jembatan Wien menghasilkan osilasi output kontinu.
- Osilator Jembatan Wien dapat menghasilkan berbagai frekuensi.
- Gain Tegangan penguat amplifier harus lebih besar dari 3.
- Jaringan RC dapat digunakan dengan Op-amp Non-Inverting.
- Resistansi input penguat (amplifier) harus tinggi dibandingkan dengan R sehingga Jaringan RC tidak kelebihan beban dan mengubah kondisi yang diperlukan.
- Resistansi output penguat harus rendah sehingga efek pembebanan eksternal diminimalkan.
- Beberapa metode untuk menstabilkan amplitudo osilasi harus disediakan. Jika kenaikan tegangan penguat terlalu kecil osilasi yang diinginkan akan membusuk dan berhenti. Jika terlalu besar output akan memenuhi nilai rel dan distorsi supply.
- Dengan stabilisasi amplitudo dalam bentuk dioda feedback (umpan-balik), osilasi dari Osilator Jembatan Wien dapat berlanjut tanpa batas waktu.

b. Osilator Collpits

Desain Osilator Colpitts menggunakan dua kapasitor yang disadap pusat secara seri dengan induktor paralel untuk membentuk rangkaian tangki resonansinya yang menghasilkan osilasi sinusoidal.

Osilator Colpitts menggunakan jaringan pembagi tegangan kapasitif sebagai sumber umpan baliknya. Dua Kapasitor, C1 dan C2 ditempatkan di satu Induktor tunggal, L seperti yang ditunjukkan. Kemudian C1, C2 dan L membentuk rangkaian tangki yang disetel dengan syarat osilasi adalah: $X_{C1} + X_{C2} = X_L$, sama seperti untuk rangkaian osilator Hartley.



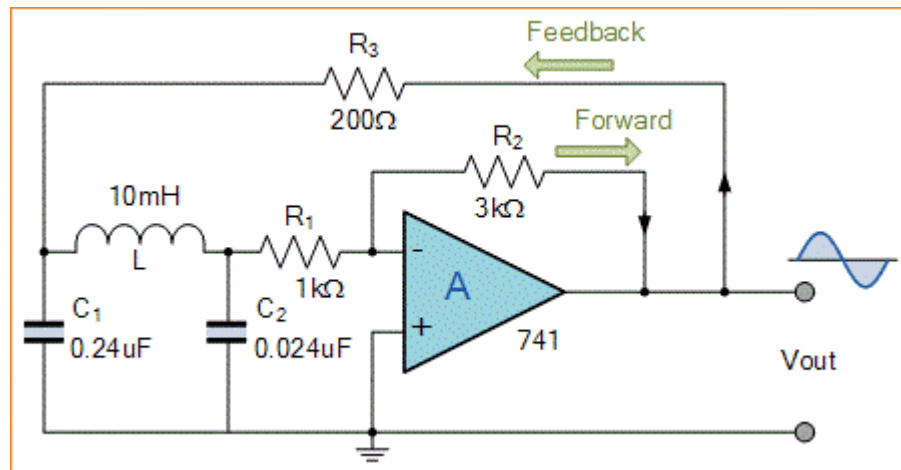
Kelebihan dari jenis konfigurasi rangkaian kapasitif ini adalah bahwa dengan induktansi diri dan timbal balik yang lebih sedikit dalam rangkaian tangki, stabilitas frekuensi osilator ditingkatkan seiring dengan desain yang lebih sederhana.

Seperti halnya osilator Hartley, osilator Colpitts menggunakan penguat transistor satu tahap sebagai gain elemen yang menghasilkan output sinusoidal.

Osilator Colpitts menggunakan Op-amp

Sama seperti Osilator Hartley sebelumnya, serta menggunakan transistor bipolar (BJT) sebagai tahap aktif osilator, kita juga bisa menjadi penguat operasional, (Op-amp). Pengoperasian Op-amp Osilator Colpitts persis sama dengan versi transistorized dengan frekuensi operasi yang dihitung dengan cara yang sama. Pertimbangkan rangkaian di bawah ini.

Rangkaian Op-amp Osilator Colpitts



Perhatikan bahwa sebagai konfigurasi Penguat Inverting, rasio R_2/R_1 menentukan gain penguat. Gain minimum 2.9 diperlukan untuk memulai osilasi. Resistor R_3 memberikan umpan balik yang diperlukan ke rangkaian tangki LC.

Kelebihan dari Osilator Colpitts dibandingkan dengan osilator Hartley adalah bahwa osilator Colpitts menghasilkan bentuk gelombang sinusoidal yang lebih murni karena jalur impedansi rendah kapasitor pada frekuensi tinggi.

Juga karena sifat Reaktansi Kapasitif ini osilator Colpitts berbasis FET dapat beroperasi pada frekuensi yang sangat tinggi. Tentu saja Op-amp atau FET apa pun yang digunakan sebagai perangkat penguat harus dapat beroperasi pada frekuensi tinggi yang diperlukan.

Filter Aktif

1. Pengertian filter aktif
2. Low Pass Filter
3. High Pass Filter
4. Band Pass Filter
5. Band Stop Filter

Atmel

(intel)

1. Pengertian Filter Aktif

Filter adalah rangkaian yang berfungsi untuk melewatkan sinyal masukan dengan frekuensi tertentu dan meredam sinyal masukan dengan frekuensi lainnya. Daerah frekuensi sinyal masukan yang dilewatkan disebut dengan pass band dan daerah frekuensi sinyal masukan yang diredam disebut stop band, titik peralihan antara pass band dan stop band disebut dengan frekuensi cut-off.

Pada bidang elektronika khususnya elektronika analog, filter dibagi menjadi dua jenis yaitu filter pasif dan filter aktif. Filter pasif merupakan rangkaian filter yang disusun dari komponen pasif seperti resistor, kapasitor, dan induktor. Dengan hanya menggunakan komponen pasif, sinyal keluaran nilainya akan lebih kecil dari pada sinyal masukan.

Sementara filter aktif merupakan filter pasif yang diberi tambahan penguat berupa komponen aktif seperti transistor atau Op-Amp. Dengan menggunakan penguat, nilai sinyal masukan akan dapat dipertahankan hingga menuju keluaran. Filter aktif lebih banyak digunakan daripada filter pasif, hal ini dikarenakan filter aktif memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan filter pasif, yaitu:

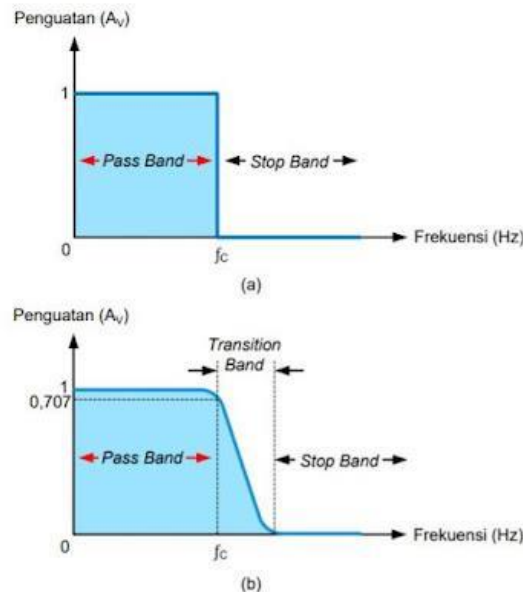
- Tidak ada sinyal yang hilang, hal ini disebabkan karena komponen Op-Amp mampu menyediakan penguatan yang besar, sehingga sinyal tidak akan mengalami pelemahan.
- Biaya dan kemudahan, biaya pembuatan filter aktif lebih murah karena tidak menggunakan komponen induktor yang harganya relatif mahal, serta kemudahan peletakan rangkaian juga lebih minimalis karena tanpa induktor yang ukurannya besar.
- Mudah diatur, tanggapan frekuensi dari filter aktif lebih mudah diatur.
- Terhindar dari efek pembebanan, pada penerapan dalam suatu rangkaian, filter aktif tidak akan membebani rangkaian tersebut karena komponen OpAmp menyediakan impedansi input yang tinggi dan impedansi output yang rendah.

Berdasarkan tanggapan frekuensinya, filter pasif maupun filter aktif dapat dikelompokkan menjadi empat jenis, yaitu:

- a. Filter lolos bawah/ Low Pass Filter (LPF)
- b. Filter lolos atas/ High Pass Filter (HPF)
- c. Filter lolos pita/ Band Pass Filter (BPF)
- d. Filter tolak pita/ Band Stop Filter (BSF)

2. Low Pass Filter (LPF)

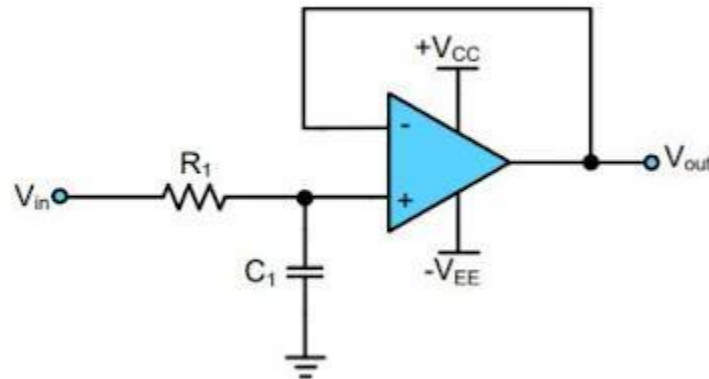
Low Pass Filter (LPF) adalah filter yang melewatkan sinyal masukan dengan frekuensi yang lebih rendah dari frekuensi cut-off (f_c), dan melemahkan sinyal masukan dengan frekuensi di atas frekuensi cut-off. Gambar 1.a menunjukkan tanggapan frekuensi ideal. Gambar 1.b. menunjukkan tanggapan frekuensi praktik dari Low Pass Filter



Pada tanggapan frekuensi Low Pass Filter ideal, sinyal yang berada di atas frekuensi cut-off tidak akan dilewatkan. Sementara pada tanggapan frekuensi Low Pass Filter praktik, sinyal di atas frekuensi cut-off akan dilemahkan, sehingga membentuk suatu daerah yang disebut dengan transition band (pita transisi), yang nilai kemiringannya dinyatakan dalam dB/oktav atau dB/dekade. Nilai kemiringan dari pita transisi dipengaruhi oleh orde filter, dimana semakin besar orde filter akan membuat nilai kemiringan dari pita transisi semakin besar dan bentuknya akan semakin curam (mendekati bentuk tanggapan frekuensi ideal). Pada tanggapan frekuensi praktik, juga diketahui nilai penguatan dari frekuensi cut-off yaitu sebesar 0,707 (atau -3 dB).

Rangkaian Low Pass Filter Orde 1

Low Pass Filter orde 1 merupakan filter yang memiliki pita transisi sebesar -6 dB/oktav atau -20 dB/decade. Low Pass Filter orde 1 disusun dari sepasang komponen resistor dan kapasitor (R-C). Kemudian pada bagian depannya, dihubungkan dengan komponen Op-Amp yang berfungsi sebagai penguat buffer. Rangkaian buffer berfungsi untuk mempertahankan nilai sinyal masukan sampai menuju keluaran, gambar dibawah menunjukkan rangkaian Low Pass Filter orde 1.



Untuk dapat melewatkan frekuensi rendah, Low Pass Filter menggunakan prinsip rangkaian pembagi tegangan antara komponen resistor dan kapasitor seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Rumus dari pembagi tegangan antara komponen resistor dan kapasitor dapat dilihat pada persamaan (1).

persamaan (1)

$$V_{out} = \frac{X_{C1}}{\sqrt{R_1^2 + X_{C1}^2}} V_{in}$$

Dimana X_{C1} merupakan reaktansi kapasitif dari kapasitor yang nilainya dinyatakan pada persamaan (2).

persamaan (2)

$$X_{C1} = \frac{1}{\omega C_1} = \frac{1}{2\pi f C_1}$$

Keterangan:

X_{C1} = reaktansi kapasitif (Ω)

$\omega = 2\pi f$ = frekuensi radian (rad/s)

$$\pi = 3,14$$

f = frekuensi (Hz)

C_1 = Kapasitor umpan balik (F)

Dengan menggunakan persamaan (2) dan persamaan (1), didapatkan prinsip kerja dari Low Pass Filter, yaitu:

a. Jika Low Pass Filter diterapkan pada frekuensi yang rendah (0 Hz)

$$X_{C1} = \frac{1}{2\pi f C_1} = \frac{1}{0} = \infty$$

$$V_{out} = \frac{X_{C1}}{\sqrt{R_1^2 + X_{C1}^2}} V_{in}$$

$$V_{out} = \frac{\infty}{\sqrt{R_1^2 + \infty^2}} V_{in}$$

$$V_{out} = \frac{\infty}{\infty} V_{in}$$

$$V_{out} = V_{in}$$

b. Jika Low Pass Filter diterapkan pada frekuensi yang tinggi (∞ Hz)

$$X_{C1} = \frac{1}{2\pi f C_1} = \frac{1}{\infty} = 0$$

$$V_{out} = \frac{X_{C1}}{\sqrt{R_1^2 + X_{C1}^2}} V_{in}$$

$$V_{out} = \frac{0}{\sqrt{R_1^2 + 0^2}} V_{in}$$

$$V_{out} = \frac{0}{R_1} V_{in}$$

$$V_{out} = 0 \times V_{in}$$

$$V_{out} = 0 V$$

Dari prinsip kerja Low Pass Filter tersebut, dapat diketahui bahwa pada saat LPF diterapkan pada frekuensi rendah, nilai reaktansi kapasitif sangat besar yang membuat nilai tegangan keluaran sama dengan tegangan masukan. Sementara pada saat LPF diterapkan pada frekuensi tinggi, nilai reaktansi kapasitif dari kapasitor sangat kecil ($= 0$) yang membuat nilai tegangan keluaran juga $= 0 V$

Frekuensi cut-off pada Low Pass Filter akan terjadi ketika nilai $R_1 = X_{C1}$, persamaan dari frekuensi cut-off Low Pass Filter orde 1 yaitu dapat dilihat pada persamaan (3):

persamaan (3)

$$\begin{aligned}R_1 &= X_{C1} \\R_1 &= \frac{1}{2\pi f C_1} \\f &= \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \\f_c &= \frac{1}{2\pi R_1 C_1}\end{aligned}$$

Keterangan:

f_c = frekuensi cut-off (Hz)

Contoh 1:

Suatu rangkaian Low Pass Filter orde 1 memiliki nilai $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ dan $C_1 = 1 \text{ uF}$. Tentukan frekuensi cut-off dari Low Pass Filter tersebut!

Jawab :

Untuk menghitung nilai frekuensi cut-off dari Low Pass Filter orde 1 dapat dilakukan menggunakan persamaan (3):

$$\begin{aligned}f_c &= \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \\f_c &= \frac{1}{2 \times 3,14 \times (1 \times 10^3)(1 \times 10^{-6})} \\f_c &= \frac{1}{6,28 \times 1000 \times 0,000001} \\f_c &= \frac{1}{0,00628} \\f_c &= 159,24 \text{ Hz}\end{aligned}$$

Ketika frekuensi cut-off, nilai penguatan tegangan (A_v) akan turun menjadi 0,707(atau -3 dB) dari nilai awal yaitu 1, Hal ini dapat dibuktikan dengan menggunakan persamaan (1):

$$V_{out} = \frac{X_{C1}}{\sqrt{R_1^2 + X_{C1}^2}} V_{in}$$

$$V_{out} = \frac{X_{C1}}{\sqrt{X_{C1}^2 + X_{C1}^2}} V_{in}$$

$$V_{out} = \frac{X_{C1}}{\sqrt{2X_{C1}^2}} V_{in}$$

$$V_{out} = \frac{X_{C1}}{X_{C1}\sqrt{2}} V_{in}$$

$$V_{out} = \frac{1}{\sqrt{2}} V_{in}$$

$$V_{out} = 0,707 V_{in}$$

Jika penguatan merupakan perbandingan antara tegangan keluaran dan tegangan masukan, maka dari persamaan (4) dapat diperoleh penguatan dari penguat LPF yaitu:
persamaan (4)

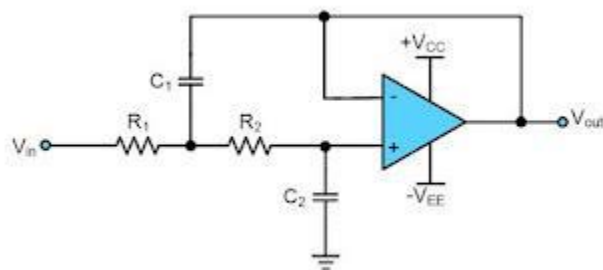
$$A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}} = 0,707$$

Jika dinyatakan dalam desibel maka penguatan dari LPF menjadi:

$$A_V = 20 \log \left(\frac{V_{out}}{V_{in}} \right) = 20 \log (0,707) = -3 \text{ dB}$$

Rangkaian Low Pass Filter Orde 2

Low Pass Filter orde 2 merupakan filter yang memiliki pita transisi sebesar -12 dB/oktav atau -40 dB/decade. Low Pass Filter orde 2 disusun dari dua pasang komponen resistor dan kapasitor (R-C). Kemudian pada bagian depannya, dihubungkan dengan komponen Op-Amp yang berfungsi sebagai penguat buffer. Gambar 3. menunjukkan rangkaian Low Pass Filter orde 2.



Dengan menggunakan dua pasang komponen resistor dan kapasitor. Frekuensi cut-off pada Low Pass Filter orde 2 dapat diperoleh dengan cara mengalikan frekuensi cut-off dari tiap pasang komponen R-C. persamaan (5)

$$f_c \times f_c = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \times \frac{1}{2\pi R_2 C_2}$$

$$f_c^2 = \frac{1}{4\pi^2 R_1 C_1 R_2 C_2}$$

$$f_c = \sqrt{\frac{1}{4\pi^2 R_1 C_1 R_2 C_2}}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_1 C_1 R_2 C_2}}$$

Keterangan:

f_c = frekuensi cut-off (Hz)

Contoh 2:

Suatu rangkaian Low Pass Filter orde 2 memiliki nilai $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$, $C_1 = 2 \text{ }\mu\text{F}$, dan $C_2 = 1 \text{ }\mu\text{F}$. Tentukan frekuensi cut-off dari Low Pass Filter tersebut!

Jawab :

Untuk menghitung nilai frekuensi cut-off dari Low Pass Filter orde 2 dapat dilakukan menggunakan persamaan (5):

$$f_c = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_1 C_1 R_2 C_2}}$$

$$f_c = \frac{1}{2 \times 3,14 \times \sqrt{(1 \times 10^3)(2 \times 10^{-6})(2 \times 10^3)(1 \times 10^{-6})}}$$

$$f_c = \frac{1}{6,28 \times \sqrt{(1000)(0,000002)(2000)(0,000001)}}$$

$$f_c = \frac{1}{6,28 \times \sqrt{0,000004}}$$

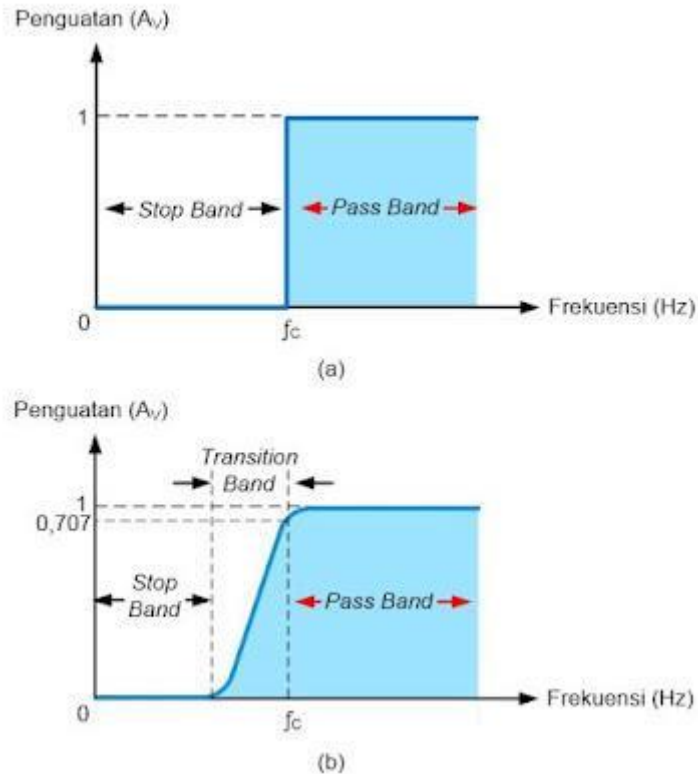
$$f_c = \frac{1}{6,28 \times 0,002}$$

$$f_c = \frac{1}{0,01256}$$

$$f_c = 79,62 \text{ Hz}$$

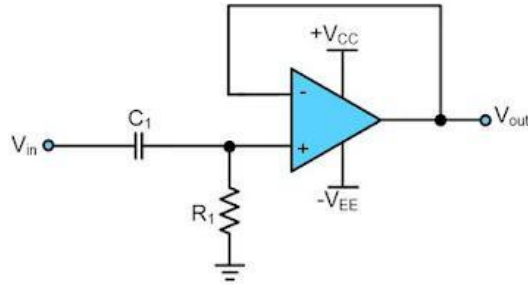
3. High Pass Filter (HPH)

High Pass Filter (HPF) adalah filter yang melewatkan sinyal masukan dengan frekuensi yang di atas frekuensi cut-off (f_c), dan melemahkan sinyal masukan dengan frekuensi lebih rendah dari frekuensi cut-off (idealnya tidak ada). Gambar 1.a. menunjukkan tanggapan frekuensi ideal. Gambar 1.b. menunjukkan tanggapan frekuensi praktik dari High Pass Filter.



Rangkaian High Pass Filter Orde 1

High Pass Filter orde 1 merupakan filter yang memiliki pita transisi sebesar -6 dB/oktav atau -20 dB/decade. Rangkaian High Pass Filter orde 1 sebenarnya hampir sama dengan rangkaian Low Pass Filter orde 1 yaitu disusun dari sepasang komponen resistor dan kapasitor (R-C), hanya saja posisi dari komponen resistor dan kapasitor ditukar tempatnya. Kemudian filter pasif tersebut dihubungkan dengan komponen Op-Amp yang berfungsi sebagai penguat buffer gambar dibawah menunjukkan rangkaian High Pass Filter orde 1.



Untuk dapat melewatkan frekuensi tinggi, High Pass Filter menggunakan prinsip rangkaian pembagi tegangan antara komponen resistor dan kapasitor seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Rumus dari pembagi tegangan antara komponen resistor dan kapasitor dapat dilihat pada persamaan (1).

persamaan (1)

$$V_{out} = \frac{R_1}{\sqrt{X_{C1}^2 + R_1^2}} V_{in}$$

Dengan menggunakan persamaan (1), didapatkan prinsip kerja dari High pass Filter, yaitu:

a. Jika High Pass Filter diterapkan pada frekuensi yang rendah (0 Hz)

$$X_{C1} = \frac{1}{2\pi f C_1} = \frac{1}{0} = \infty$$

$$V_{out} = \frac{R_1}{\sqrt{X_{C1}^2 + R_1^2}} V_{in}$$

$$V_{out} = \frac{R_1}{\sqrt{\infty^2 + R_1^2}} V_{in}$$

$$V_{out} = \frac{R_1}{\infty} V_{in}$$

$$V_{out} = 0 V$$

b. Jika Low Pass Filter diterapkan pada frekuensi yang tinggi (∞ Hz)

$$X_{C1} = \frac{1}{2\pi f C_1} = \frac{1}{\infty} = 0$$
$$V_{out} = \frac{R_1}{\sqrt{X_{C1}^2 + R_1^2}} V_{in}$$
$$V_{out} = \frac{R_1}{\sqrt{0^2 + R_1^2}} V_{in}$$
$$V_{out} = \frac{R_1}{R_1} V_{in}$$
$$V_{out} = V_{in}$$

Dari prinsip kerja High Pass Filter tersebut, dapat diketahui bahwa pada saat HPF diterapkan pada frekuensi rendah, nilai reaktansi kapasitif dari kapasitor sangat besar yang membuat nilai tegangan keluaran = 0 V. Sementara pada saat LPF diterapkan pada frekuensi tinggi, nilai reaktansi kapasitif dari kapasitor sangat kecil (0) yang membuat nilai tegangan keluaran sama dengan tegangan masukan.. Frekuensi cut-off pada High Pass Filter juga terjadi ketika nilai X_{C1} dan R_1 bernilai sama, dengan demikian dapat diperoleh persamaan dari frekuensi cutoff High Pass Filter orde 1 yaitu:

persamaan (2)

$$X_{C1} = R_1$$
$$\frac{1}{2\pi f C_1} = R_1$$
$$\frac{1}{2\pi R_1 C_1} = f$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

Keterangan:

f_c = frekuensi cut-off (Hz)

Contoh 1:

Suatu rangkaian High pass Filter orde 1 memiliki nilai $C_1 = 2 \mu\text{F}$, dan frekuensi cut-off = 3 kHz. Tentukan nilai dari R_1 pada High Pass Filter tersebut!

Jawab :

Untuk menghitung nilai R_1 pada High Pass Filter orde 1 dapat dilakukan menggunakan persamaan (2):

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

$$(3 \times 10^3) = \frac{1}{2 \times 3,14 \times R_1 \times (2 \times 10^{-6})}$$

$$3000 = \frac{1}{6,28 \times R_1 \times 0,000002}$$

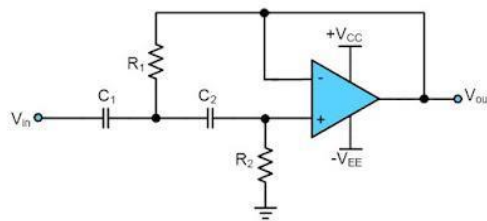
$$R_1 = \frac{1}{6,28 \times 3000 \times 0,000002}$$

$$R_1 = \frac{1}{0,03768}$$

$$R_1 = 26,53 \, \Omega$$

Rangkaian High Pass Filter Orde 2

High Pass Filter orde 2 merupakan filter yang memiliki pita transisi sebesar -12 dB/oktav atau -40 dB/decade. High Pass Filter orde 2 disusun dari dua pasang komponen resistor dan kapasitor (R-C). Kemudian pada bagian depannya, dihubungkan dengan komponen Op-Amp yang berfungsi sebagai penguat buffer. Gambar dibawah. menunjukan rangkaian High Pass Filter orde 2.



Dengan menggunakan dua pasang komponen resistor dan kapasitor. Frekuensi cut-off pada High Pass Filter orde 2 dapat diperoleh dengan cara mengalikan frekuensi cut-off dari tiap pasang komponen R-C.

persamaan (3)

$$f_c \times f_c = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \times \frac{1}{2\pi R_2 C_2}$$

$$f_c^2 = \frac{1}{4\pi^2 R_1 C_1 R_2 C_2}$$

$$f_c = \sqrt{\frac{1}{4\pi^2 R_1 C_1 R_2 C_2}}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_1 C_1 R_2 C_2}}$$

Keterangan:

f_c = frekuensi cut-off (Hz)

Contoh 2 :

Suatu rangkaian High Pass Filter orde 2 memiliki nilai $R_1 = 200 \, \Omega$, $R_2 = 100 \, \Omega$, $C_1 = 4 \, \mu\text{F}$, dan $C_2 = 2 \, \mu\text{F}$ tentukan frekuensi cut-off dari High Pass Filter tersebut!

Jawab :

Untuk menghitung nilai frekuensi cut-off dari High Pass Filter orde 2 dapat dilakukan menggunakan persamaan (3):

$$f_c = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_1 C_1 R_2 C_2}}$$

$$f_c = \frac{1}{2 \times 3,14 \times \sqrt{(200)(4 \times 10^{-6})(100)(2 \times 10^{-6})}}$$

$$f_c = \frac{1}{6,28 \times \sqrt{(200)(0,000004)(100)(0,000002)}}$$

$$f_c = \frac{1}{6,28 \times \sqrt{0,00000016}}$$

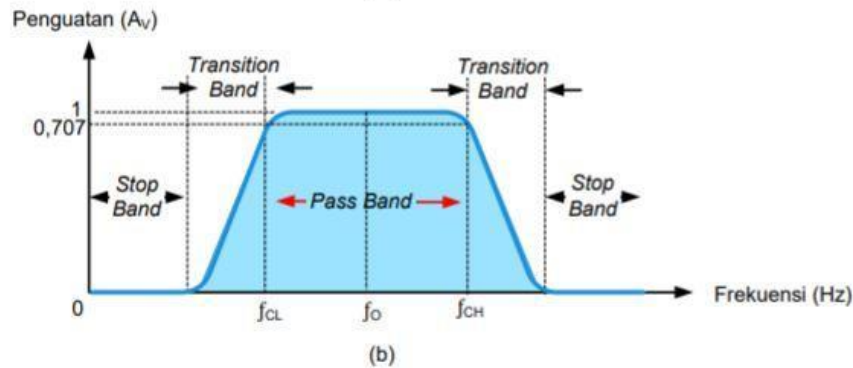
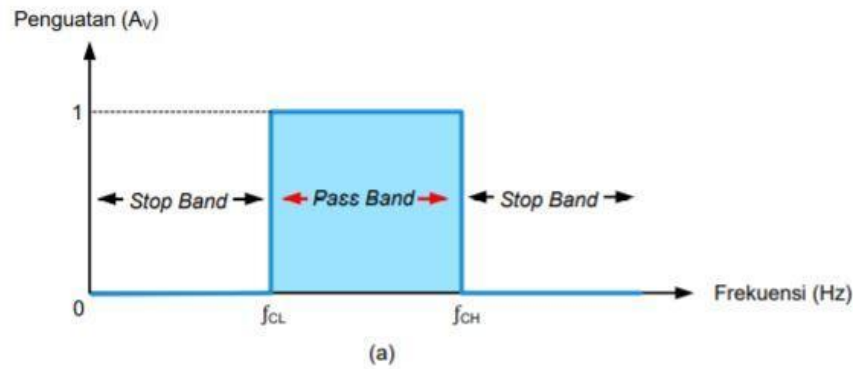
$$f_c = \frac{1}{6,28 \times 0,0004}$$

$$f_c = \frac{1}{0,002512}$$

$$f_c = 398,09 \, \text{Hz}$$

4. Band Pass Filter (BPH)

Band Pass Filter (BPF) adalah filter yang melewatkan sinyal dengan frekuensi tertentu yang dibatasi oleh frekuensi cut-off rendah (f_{CL}) dan frekuensi cut-off tinggi (f_{CH}), dan meredam sinyal yang berada di bawah frekuensi cut-off rendah dan di atas frekuensi cut-off tinggi. Gambar 1.a. menunjukkan tanggapan frekuensi ideal, dan Gambar 1.b. menunjukkan tanggapan frekuensi praktik dari Band Pass Filter.



Pada tanggapan frekuensi Band Pass Filter, terdapat istilah bandwidth dan faktor kualitas. Bandwidth (atau lebar pita) merupakan rentang frekuensi dimana sinyal masih dapat dilewatkan. Nilai dari bandwidth diperoleh dari selisih nilai antara frekuensi cut-off tinggi dan frekuensi cut-off rendah, seperti yang ditunjukkan pada persamaan (1).

persamaan (1)

$$BW = f_{CH} - f_{CL}$$

Keterangan:

BW = bandwidth (Hz)

f_{CH} = frekuensi cut-off tinggi (Hz)

f_{CL} = frekuensi cut-off rendah (Hz)

Faktor kualitas (Q) merupakan perbandingan antara frekuensi tengah dengan bandwidth. Frekuensi tengah (f_0) sendiri merupakan frekuensi puncak dimana nilai penguatan tertinggi dari Band Pass Filter yang diperoleh dari akar kuadrat antara frekuensi cut-off rendah dan frekuensi cut-off tinggi.

persamaan (2)

$$f_o = \sqrt{f_{CL} \times f_{CH}}$$

Dari persamaan (2) didapatkan faktor kualitas (Q) dari Band Pass Filter, yaitu:

persamaan (3)

$$Q = \frac{f_o}{BW}$$

Keterangan:

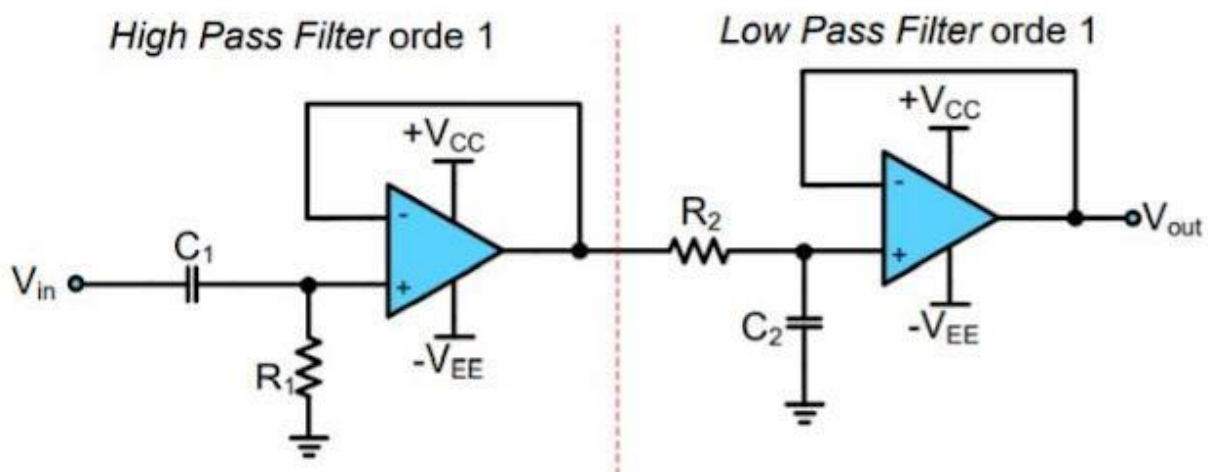
Q = faktor kualitas

f_o = frekuensi tengah dari Band Pass Filter (Hz)

Band Pass Filter dapat dikatakan baik jika memiliki bandwidth yang sempit, dan nilai faktor kualitas yang tinggi. Karena semakin sempit bandwidth menandakan Band Pass Filter semakin baik dalam menyeleksi frekuensi yang akan dilewatkan.

Rangkaian Band Pass Filter Orde 1

Band Pass Filter orde 1 merupakan filter yang memiliki pita transisi sebesar -6 dB/oktav atau -20 dB/decade. Band Pass Filter orde 1 disusun dari rangkaian High Pass Filter dan Low Pass Filter orde satu yang keduanya dihubungkan secara seri. Gambar 2 menunjukkan rangkaian Band Pass Filter orde 1.



Pada Band Pass Filter terdapat dua frekuensi cut-off yaitu frekuensi cutoff rendah (f_{CL}) yang diperoleh dari rangkaian High Pass Filter dan frekuensi cut-off tinggi (f_{CH}) yang diperoleh dari rangkaian Low Pass Filter. Frekuensi cutoff dari Band Pass Filter orde 1 dapat dilihat pada persamaan (4) dan (5).

persamaan (4) & persamaan (5)

$$f_{CL} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

$$f_{CH} = \frac{1}{2\pi R_2 C_2}$$

Keterangan:

f_{CL} = frekuensi cut-off rendah (Hz)

f_{CH} = frekuensi cut-off tinggi (Hz)

Contoh 1:

Suatu rangkaian Band Pass Filter orde 1 disusun dari rangkaian High Pass Filter orde 1 dengan nilai $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, dan $C_1 = 20 \text{ uF}$, dan dan Low Pass Filter orde 1 dengan nilai $R_2 = 500 \Omega$, dan $C_2 = 8 \text{ uF}$. Tentukan nilai faktor kualitas dari Band pass Filter tersebut!

Jawab :

Untuk menghitung nilai faktor kualitas perlu dicari terlebih dahulu nilai dari frekuensi cut-off rendah dan frekuensi cut-off tinggi dari Band Pass Filter menggunakan persamaan (4 dan (5) :

$$\begin{aligned} f_{CL} &= \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \\ f_{CL} &= \frac{1}{2 \times 3,14 \times (1 \times 10^3)(20 \times 10^{-6})} \\ f_{CL} &= \frac{1}{6,28 \times (1000)(0,00002)} \\ f_{CL} &= \frac{1}{0,1256} \\ f_{CL} &= 7,96 \text{ Hz} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{CH} &= \frac{1}{2\pi R_2 C_2} \\ f_{CH} &= \frac{1}{2 \times 3,14 \times (500)(8 \times 10^{-6})} \\ f_{CH} &= \frac{1}{6,28 \times (500)(0,000008)} \\ f_{CH} &= \frac{1}{0,02512} \\ f_{CH} &= 39,8 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Setelah diketahui frekuensi cut-off rendah dan frekuensi cut-off tinggi, selanjutnya mencari nilai bandwidth dan frekuensi tengah dari Band Pass Filter menggunakan persamaan (1) dan (2) :

$$BW = f_{CH} - f_{CL}$$

$$BW = 39,8 - 7,96$$

$$BW = 31,84 \text{ Hz}$$

$$f_o = \sqrt{f_{CL} \times f_{CH}}$$

$$f_o = \sqrt{7,96 \times 39,8}$$

$$f_o = \sqrt{316,808}$$

$$f_o = 17,8 \text{ Hz}$$

Setelah diketahui bandwidth dan frekuensi tengah, dapat dicari faktor kualitas dari Band Pass Filter menggunakan persamaan (3):

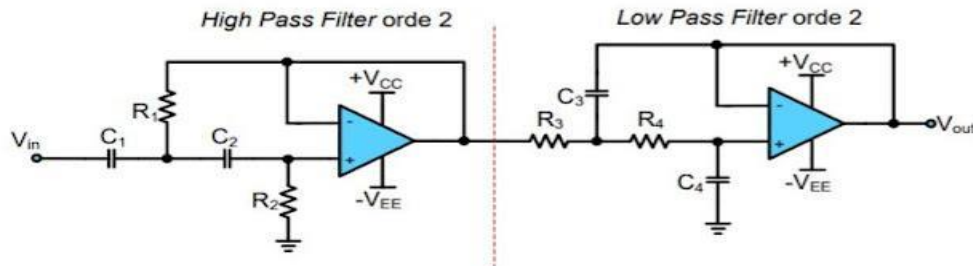
$$Q = \frac{f_o}{BW}$$

$$Q = \frac{17,8}{31,84}$$

$$Q = 0,559$$

Rangkaian Band Pass Filter Orde 2

Band Pass Filter orde 2 merupakan filter yang memiliki pita transisi sebesar -12 dB/oktav atau -40 dB/decade. Band Pass Filter orde 2 disusun dari rangkaian High Pass Filter dan Low Pass Filter orde dua yang keduanya dihubungkan secara seri. Gambar 3. menunjukan rangkaian Band Pass Filter orde 2.



Pada Band Pass Filter terdapat dua frekuensi cut-off yaitu frekuensi cutoff rendah (f_{CL}) yang diperoleh dari rangkaian High Pass Filter dan frekuensi cut-off tinggi (f_{CH}) yang diperoleh dari rangkaian Low Pass Filter. Frekuensi cutoff dari Band Pass Filter orde 2 dapat dilihat pada persamaan (6) dan (7).

persamaan (6) & persamaan (7)

$$f_{CL} = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 C_1 R_2 C_2}}$$

$$f_{CH} = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_3 C_3 R_4 C_4}}$$

Keterangan:

f_{CL} = frekuensi cut-off rendah (Hz)

f_{CH} = frekuensi cut-off tinggi (Hz)

Contoh 2:

Suatu rangkaian Band Pass Filter orde 2 disusun dari High Pass Filter orde 2 dengan nilai $R_1 = 300 \Omega$, $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$, $C_1 = 1 \text{ uF}$, dan $C_2 = 30 \text{ uF}$, dan Low Pass Filter orde 2 dengan nilai $R_3 = 8 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 4 \text{ k}\Omega$, $C_3 = 20 \text{ uF}$, dan $C_4 = 10 \text{ uF}$. Tentukan nilai dari frekuensi cut-off rendah dan frekuensi cut-off tinggi dari Band Pass Filter tersebut!

Jawab :

Untuk menghitung nilai frekuensi cut-off rendah dan frekuensi cut-off tinggi dari Band Pass Filter orde 2 dapat dilakukan menggunakan persamaan (6) dan (7):

$$f_{CL} = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1C_1R_2C_2}}$$

$$f_{CL} = \frac{1}{2 \times 3,14 \times \sqrt{(8 \times 10^3)(20 \times 10^{-6})(4 \times 10^3)(10 \times 10^{-6})}}$$

$$f_{CL} = \frac{1}{6,28 \times \sqrt{(8000)(0,00002)(4000)(0,00001)}}$$

$$f_{CL} = \frac{1}{6,28 \times \sqrt{0,0064}}$$

$$f_{CL} = \frac{1}{6,28 \times 0,08}$$

$$f_{CL} = \frac{1}{0,5024}$$

$$f_{CL} = 1,99 \text{ Hz}$$

$$f_{CH} = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_3C_3R_4C_4}}$$

$$f_{CH} = \frac{1}{2 \times 3,14 \times \sqrt{(300)(1 \times 10^{-6})(1 \times 10^3)(30 \times 10^{-6})}}$$

$$f_{CH} = \frac{1}{6,28 \times \sqrt{(300)(0,000001)(1000)(0,00003)}}$$

$$f_{CH} = \frac{1}{6,28 \times \sqrt{0,000009}}$$

$$f_{CH} = \frac{1}{6,28 \times 0,003}$$

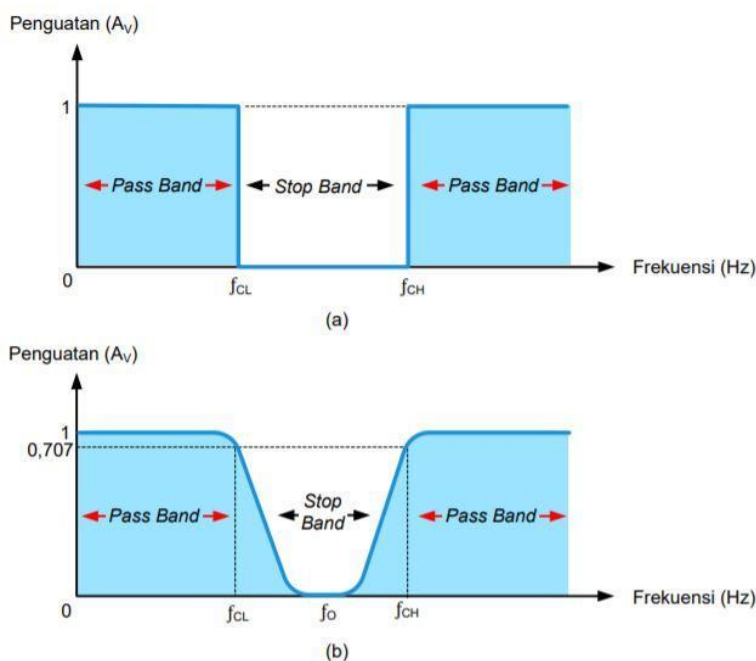
$$f_{CH} = \frac{1}{0,01884}$$

$$f_{CH} = 53 \text{ Hz}$$

5. Band Stop Filter

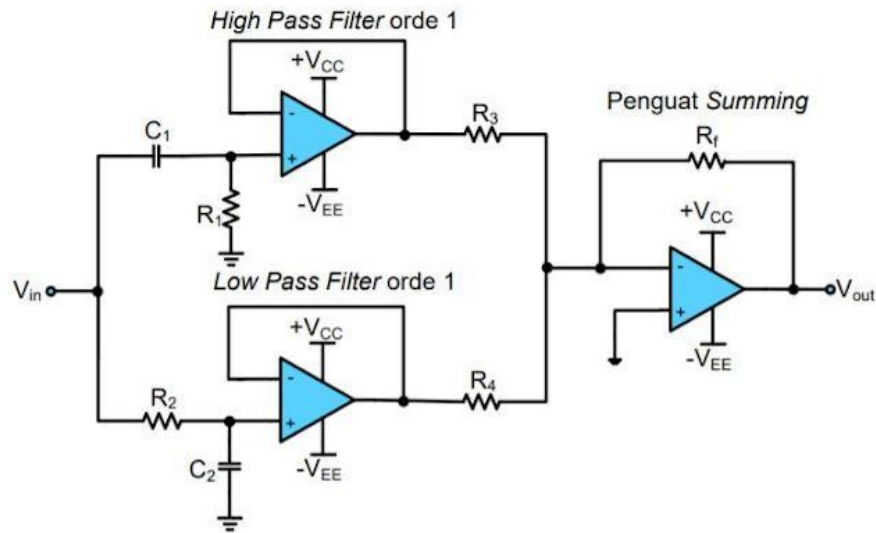
Band Stop Filter (BSF) adalah filter yang meredam sinyal dengan lebar pita (bandwidth) tertentu yang dibatasi oleh frekuensi cut-off rendah (f_{CL}) dan frekuensi cut-off tinggi (f_{CH}), dan melewatkan sinyal yang berada di bawah frekuensi cut-off rendah dan di atas frekuensi cut-off tinggi. Band Stop Filter sering disebut juga sebagai Band Notch Filter atau Band Rejection Filter. Pada tanggapan frekuensi Band Stop Filter, juga terdapat istilah bandwidth dan faktor kualitas. Dimana nilai bandwidth dinyatakan dalam persamaan (1) dan faktor kualitas dinyatakan dalam persamaan (2).

Suatu Band Stop Filter dapat dikatakan baik jika memiliki bandwidth yang sempit, dan nilai faktor kualitas yang tinggi. Karena semakin sempit bandwidth menandakan Band Stop Filter semakin baik dalam menyeleksi frekuensi yang akan diredam. Gambar 1.a. menunjukkan tanggapan frekuensi ideal, dan Gambar 1.b. menunjukkan tanggapan frekuensi praktik dari Band Stop Filter



Rangkaian Band Stop Filter Orde 1

Band Stop Filter orde 1 merupakan filter yang memiliki pita transisi sebesar -6 dB/oktav atau -20 dB/decade. Band Stop Filter orde 1 disusun dari rangkaian High Pass Filter dan Low Pass Filter orde satu yang keduanya dihubungkan secara parallel. Kemudian pada outputnya diberi tambahan penguat summing gambar dibawah menunjukkan rangkaian Band Stop Filter orde 1.



Seperti halnya Band Pass Filter, pada Band Stop Filter terdapat dua frekuensi cut-off. Perbedaannya yaitu frekuensi cut-off rendah (f_{CL}) pada Band Stop Filter diperoleh dari rangkaian Low Pass Filter dan frekuensi cut-off tinggi (f_{CH}) diperoleh dari rangkaian High Pass Filter. Frekuensi cut-off dari Band Stop Filter orde 1 dapat dilihat pada persamaan (1) dan (2).

persamaan (1) dan (2)

$$f_{CL} = \frac{1}{2\pi R_2 C_2}$$

$$f_{CH} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

Keterangan:

f_{CL} = frekuensi cut-off rendah (Hz)

f_{CH} = frekuensi cut-off tinggi (Hz)

Contoh 1:

Suatu rangkaian Band Stop Filter orde 1 disusun dari High Pass Filter orde 1 dengan nilai $R_1 = 420 \, \Omega$, $C_1 = 20 \, \mu\text{F}$, dan Low Pass Filter orde 1 dengan nilai $R_2 = 2 \, \text{k}\Omega$, $C_2 = 50 \, \mu\text{F}$. Tentukan nilai dari frekuensi cut-off rendah dan frekuensi cut-off tinggi dari Band Stop Filter tersebut!

Jawab :

Untuk menghitung nilai frekuensi cut-off rendah dan frekuensi cut-off tinggi dari Band Stop Filter orde 1 dapat dilakukan menggunakan persamaan (1) dan (2):

$$f_{CL} = \frac{1}{2\pi R_2 C_2} \quad f_{CH} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

$$f_{CL} = \frac{1}{2 \times 3,14 \times (2 \times 10^3)(50 \times 10^{-6})} \quad f_{CH} = \frac{1}{2 \times 3,14 \times (420)(20 \times 10^{-6})}$$

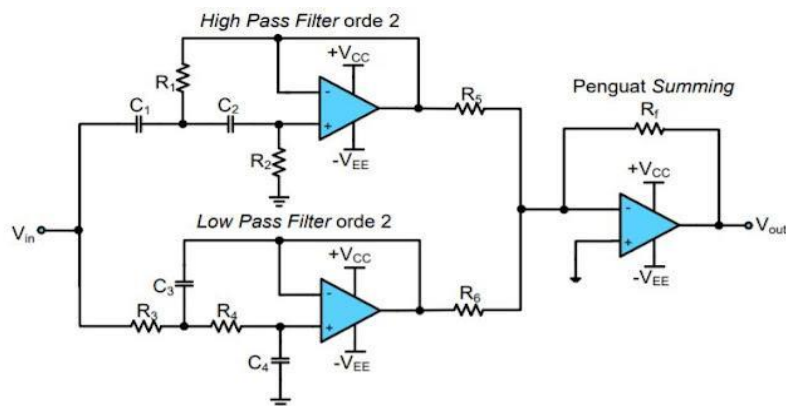
$$f_{CL} = \frac{1}{6,28 \times (2000)(0,00005)} \quad f_{CH} = \frac{1}{6,28 \times (420)(0,00002)}$$

$$f_{CL} = \frac{1}{0,628} \quad f_{CH} = \frac{1}{0,052752}$$

$$f_{CL} = 1,59 \text{ Hz} \quad f_{CH} = 18,96 \text{ Hz}$$

Rangkaian Band Stop Filter Orde 2

Band Stop Filter orde 2 merupakan filter yang memiliki pita transisi sebesar -12 dB/oktav atau -40 dB/decade. Band Stop Filter orde 2 disusun dari rangkaian High Pass Filter dan Low Pass Filter orde dua yang keduanya dihubungkan secara parallel. Kemudian pada outputnya diberi tambahan penguat summing gambar dibawah menunjukan rangkaian Band Stop Filter orde 2.



Pada Band Stop Filter terdapat dua frekuensi cut-off yaitu frekuensi cutoff rendah (f_{CL}) yang diperoleh dari rangkaian Low Pass Filter dan frekuensi cut-off tinggi (f_{CH}) yang diperoleh dari rangkaian High Pass Filter. Frekuensi cut-off dari Band Stop Filter orde 2 dapat dilihat pada persamaan (3) dan (4)

persamaan (3) dan (4)

$$f_{CL} = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_3 C_3 R_4 C_4}}$$

$$f_{CH} = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 C_1 R_2 C_2}}$$

Keterangan:

f_{CL} = frekuensi cut-off rendah (Hz)

f_{CH} = frekuensi cut-off tinggi (Hz)

Contoh 2:

Suatu rangkaian Band Stop Filter orde 2 disusun dari High Pass Filter orde 2 dengan nilai $R_1 = 500 \Omega$, $R_2 = 100 \Omega$, $C_1 = 1 \mu F$, dan $C_2 = 5 \mu F$, dan Low Pass Filter orde 2 dengan nilai $R_3 = 1 k\Omega$, $R_4 = 2 k\Omega$, $C_3 = 10 \mu F$, dan $C_4 = 20 \mu F$. Tentukan nilai dari frekuensi cut-off rendah dan frekuensi cut-off tinggi dari Band Stop Filter tersebut!

Jawab :

Untuk menghitung nilai frekuensi cut-off rendah dan frekuensi cut-off tinggi dari Band Pass Filter orde 2 dapat dilakukan menggunakan persamaan (3) dan (4):

$$f_{CL} = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_3C_3R_4C_4}}$$

$$f_{CL} = \frac{1}{2 \times 3,14 \times \sqrt{(1 \times 10^3)(10 \times 10^{-6})(2 \times 10^3)(20 \times 10^{-6})}}$$

$$f_{CL} = \frac{1}{6,28 \times \sqrt{(1000)(0,00001)(2000)(0,00002)}}$$

$$f_{CL} = \frac{1}{6,28 \times \sqrt{0,00004}}$$

$$f_{CL} = \frac{1}{6,28 \times 0,02}$$

$$f_{CL} = \frac{1}{0,1256}$$

$$f_{CL} = 7,96 \text{ Hz}$$

$$f_{CH} = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1C_1R_2C_2}}$$

$$f_{CH} = \frac{1}{2 \times 3,14 \times \sqrt{(500)(1 \times 10^{-6})(100)(5 \times 10^{-6})}}$$

$$f_{CH} = \frac{1}{6,28 \times \sqrt{(500)(0,000001)(100)(0,000005)}}$$

$$f_{CH} = \frac{1}{6,28 \times \sqrt{0,00000025}}$$

$$f_{CH} = \frac{1}{6,28 \times 0,0005}$$

$$f_{CH} = \frac{1}{0,00314}$$

$$f_{CH} = 318,47 \text{ Hz}$$

Analog Digital Converter

1. Pengertian ADC

2. Perhitungan Analog Digital Converter



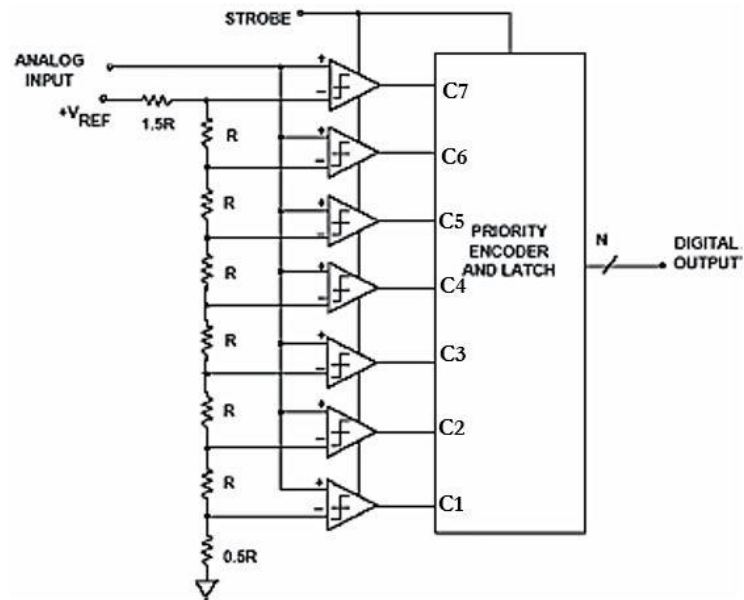
1. Pengertian ADC

ADC adalah istilah untuk rangkaian pengubah input sinyal analog (sinyal kontinyu) menjadi sinyal output digital (sinyal distrik). Umumnya sinyal analog dalam kehidupan sehari-hari dapat dijumpai berupa suhu, kecepatan, kelembagaan, dan sebagainya. Sinyal digital yang dihasilkan berupa bilangan biner, yaitu hanya terdiri dari logika 1 dan 0. Besaran analog yang dimasukkan diubah menjadi besaran listrik (nilai tegangan atau arus) dalam rangkaian ADC untuk diubah menjadi sinyal digital. Proses konversi ADC ditunjukkan pada gambar dibawah.



Berdasarkan konversinya ADC memiliki beberapa jenis antara lain ADC jenis Ramp (Digital Ramp), Flash, SAR (Successive-Approximation). Karena keterbatasan ketersediaan komponen dipasar dan berdasarkan waktu konversinya, maka pada modul 3 ini hanya akan membahas 2 jenis konverter ADC yaitu flash dan SAR. ADC jenis flash akan dibahas lebih menyeluruh pada kegiatan pembelajaran.

ADC Flash dapat disebut sebagai paralel ADC karena proses konversi dilakukan secara langsung. ADC tipe flash merupakan jenis ADC yang memiliki waktu tercepat dalam mengubah sinyal analog ke digital. Hal ini disebabkan ADC flash memiliki jumlah input $2^n - 1$ dari bit outputnya. Contohnya pada aplikasi 4 bit, input ADC yang dibutuhkan adalah $2^4 - 1$ atau 15 komparator. Sehingga untuk menaikkan resolusi menjadi lebih tinggi dibutuhkan komparator sangat banyak yang berakibat harga semakin mahal dan konsumsi. Perhatikan gambar dibawah. yang menunjukkan rangkaian ADC Flash 3 bit.



2. Perhitungan Analog Digital Converter

$V_{in(-)}$ untuk (C7) komparator paling atas = $V_{ref} \times 7/8 = 8 \times 0,875 = 7V$

$V_{in(-)}$ untuk (C6) = $V_{ref} \times 6/8 = 8 \times 0,75 = 6V$

$V_{in(-)}$ untuk (C5) = $V_{ref} \times 5/8 = 8 \times 0,625 = 5V$

$V_{in(-)}$ untuk (C4) = $V_{ref} \times 4/8 = 8 \times 0,5 = 4V$

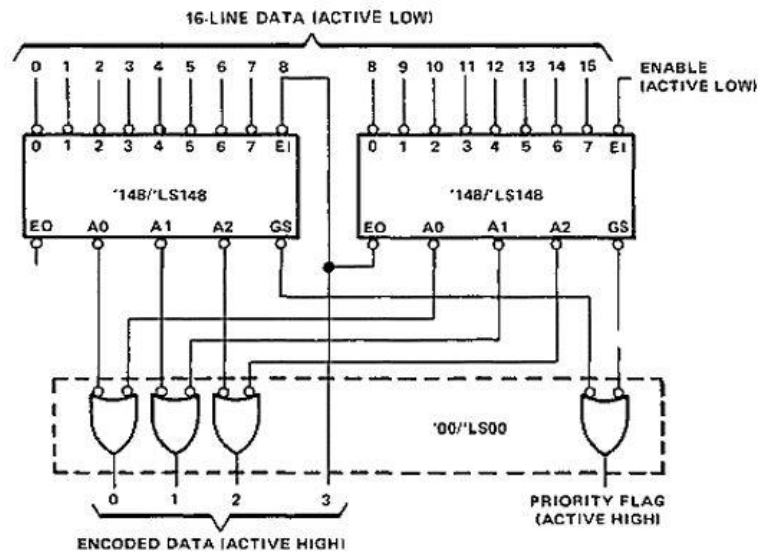
$V_{in(-)}$ untuk (C3) = $V_{ref} \times 3/8 = 8 \times 0,375 = 3V$

$V_{in(-)}$ untuk (C2) = $V_{ref} \times 2/8 = 8 \times 0,25 = 2V$

$V_{in(-)}$ untuk (C1) komparator paling bawah = $V_{ref} \times 1/8 = 8 \times 0,125 = 1V$

Dari hasil perhitungan setiap $V_{in(-)}$ akan menentukan hasil output ADC. Jika $V_{in(+)}$ diberi 4,7V maka output yang dihasilkan adalah 1002 (410). Dan jika tegangan input diberi 4,7V dapat dipresentasikan $C7=0$, $C6=0$, $C5=0$, $C4=1$, $C3=1$, $C2=1$, $C1=1$, sehingga didapatkan output ADC adalah 0100.

Waktu yang dibutuhkan rangkaian untuk mengkonversi menjadi nilai digital sangat cepat. Hampir tidak ada waktu tunda karena begitu input analog dimasukkan maka output ADC langsung berubah. Output setiap hasil komparator akan dijadikan sebagai input encoder untuk diterjemahkan menjadi bilangan biner sehingga menghasilkan output digital.



Input analog (V_{in}) sama dengan selisih antara tegangan yang dihubungkan dengan ke dua pin input yaitu $V_{in} = V_{in(+)} - V_{in(-)}$. Sehingga dalam operasi normal, ADC flash menggunakan V_{ref} yang sama nilainya dengan V_{cc} untuk menjangkau input analog mulai dari 0V sampai input skala penuh (nilai V_{cc}). Penentuan resolusi dinyatakan dengan rumus berikut.

$$\text{Resolusi} = \left(\frac{\text{tegangan skala penuh}}{2^n - 1} \right)$$

Pada percobaan postingan ini akan menggunakan rangkaian ADC jenis Flash 4 bit. Rangkaian ADC flash 4 bit dibangun dengan menggunakan IC komparator 324 dan IC encoder 74148, sedangkan catu daya rangkaian menggunakan $V_{cc} +5V$ dan $V_{ref} +5V$ (tegangan skala penuh). Karena pada rangkaian ADC Flash ini dirancang dengan output 4 bit, maka memiliki rentang skala 16. Sehingga resolusi yang didapatkan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Resolusi} &= \left(\frac{\text{tegangan skala penuh}}{2^n - 1} \right) \\ &= \frac{5V}{15} \\ &= 0,33V \end{aligned}$$

Vin(-) komparator diperoleh sebagai berikut:

$$V_{in(-)} \text{ untuk komparator 2} = V_{ref} \times 0,66V/5 = 5 \times 0,132 = 0,66V$$

$$V_{in(-)} \text{ untuk komparator 4} = V_{ref} \times 1,32V/5 = 5 \times 0,264 = 1,32V$$

$$V_{in(-)} \text{ untuk komparator 6} = V_{ref} \times 1,98V/5 = 5 \times 0,396 = 1,98V$$

$$V_{in(-)} \text{ untuk komparator } 8 = V_{ref} \times 2,64V/5 = 5 \times 0,528 = 2,64V$$

$$V_{in(-)} \text{ untuk komparator } 10 = V_{ref} \times 3,3V/5 = 5 \times 0,66 = 3,3V$$

$$V_{in(-)} \text{ untuk komparator } 12 = V_{ref} \times 3,96V/5 = 5 \times 0,792 = 3,96V$$

$$V_{in(-)} \text{ untuk komparator } 14 = V_{ref} \times 4,62V/5 = 5 \times 0,924 = 4,62V$$

$$V_{in(-)} \text{ untuk komparator } 15 = V_{ref} \times 4,95V/5 = 5 \times 0,99 = 4,95V$$

[illegible]

Penggunaan Osiloskop

1. Pengertian Osiloskop
2. Fungsi Osiloskop
3. Bagian-bagian osiloskop
4. Mengukur tegangan AC dengan Osiloskop
5. Menghitung frekuensi dengan Osiloskop



1. Pengertian Osiloskop

Oscilloscope/osiloskop adalah alat ukur elektronika yang berfungsi memproyeksikan bentuk sinyal listrik agar dapat dilihat dan dipelajari. Osiloskop dilengkapi dengan tabung sinar katode. Peranti pemancar elektron memproyeksikan sorotan elektron ke layar tabung sinar katode. Sorotan elektron membekas pada layar. Suatu rangkaian khusus dalam osiloskop menyebabkan sorotan bergerak berulang-ulang dari kiri ke kanan. Pengulangan ini menyebabkan bentuk sinyal kontinyu sehingga dapat dipelajari.

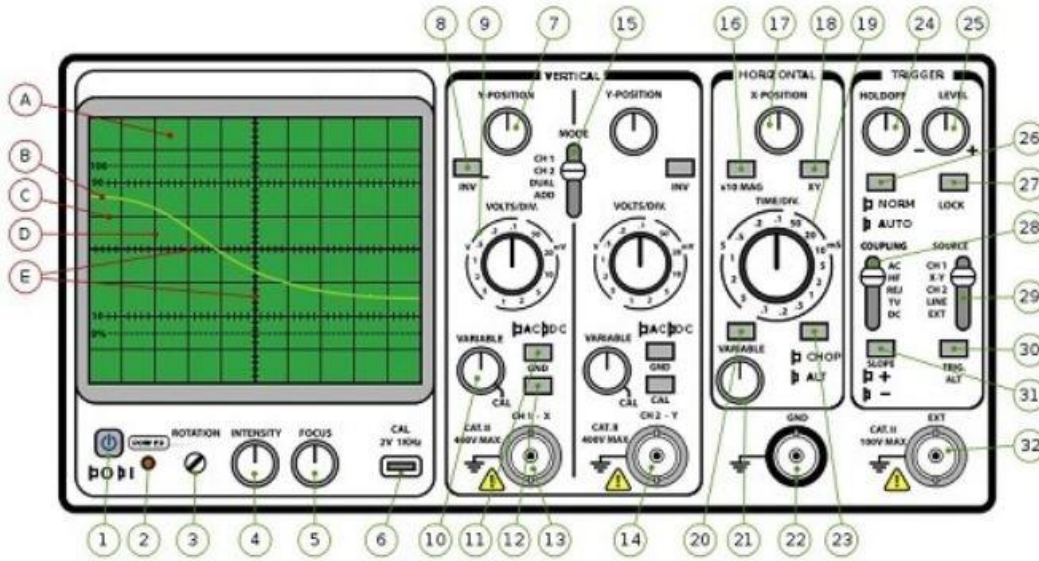


2. Fungsi Osiloskop

- a. Untuk menyelidiki gejala yang bersifat periodik.
- b. Untuk melihat bentuk gelombang kotak dari tegangan.
- c. Untuk menganalisis gelombang dan fenomena lain dalam rangkaian elektronika.
- d. Dapat melihat amplitudo tegangan, periode, frekuensi dari sinyal yang tidak diketahui.
- e. Untuk melihat harga-harga momen tegangan dalam bentuk sinus maupun bukan sinus.
- f. Digunakan untuk menganalisa tingkah laku besaran yang berubah-ubah terhadap waktu, yang ditampilkan pada layar.

- g. Mengetahui beda fasa antara sinyal masukan dan sinyal keluaran.
- h. Mengukur keadaan perubahan aliran (phase) dari sinyal input.
- i. Mengukur Amplitudo Modulasi yang dihasilkan oleh pemancar radio dan generator pembangkit sinyal.
- j. Mengukur tegangan AC/DC dan menghitung frekuensi.

3. Bagian-bagian Osiloskop



- a. Tombol Power ON/OFF
Tombol Power ON/OFF berfungsi untuk menghidupkan dan mematikan Osiloskop
- b. Lampu Indikator
Lampu Indikator berfungsi sebagai Indikasi Osiloskop dalam keadaan ON (lampu Hidup) atau OFF (Lampu Mati)
- c. ROTATION
Rotation pada Osiloskop berfungsi untuk mengatur posisi tampilan garis pada layar agar tetap berada pada posisi horizontal. Untuk mengatur rotation ini, biasanya harus menggunakan obeng untuk memutarinya.
- d. INTENSITY
Intensity digunakan untuk mengatur kecerahan tampilan bentuk gelombang agar mudah dilihat.
- e. FOCUS
Focus digunakan untuk mengatur penampilan bentuk gelombang sehingga tidak kabur
- f. CAL
CAL digunakan untuk Kalibrasi tegangan peak to peak (VP-P) atau Tegangan puncak ke puncak.

g. POSITION

Position digunakan untuk mengatur posisi Vertikal (masing-masing Saluran/Channel memiliki pengatur POSITION).

h. INV (INVERT)

Saat tombol INV ditekan, sinyal Input yang bersangkutan akan dibalikan.

i. Sakelar VOLT/DIV

Sakelar yang digunakan untuk memilih besarnya tegangan per sentimeter (Volt/Div) pada layar Osiloskop. Umumnya, Osiloskop memiliki dua saluran (dual channel) dengan dua Sakelar VOLT/DIV. Biasanya tersedia pilihan 0,01V/Div hingga 20V/Div.

j. VARIABLE

Fungsi Variable pada Osiloskop adalah untuk mengatur kepekaan (sensitivitas) arah vertikal pada saluran atau Channel yang bersangkutan. Putaran Maksimum Variable adalah CAL yang berfungsi untuk melakukan kalibrasi Tegangan 1 Volt tepat pada 1cm di Layar Osiloskop.

k. AC – DC

Pilihan AC digunakan untuk mengukur sinyal AC, sinyal input yang mengandung DC akan ditahan/diblokir oleh sebuah Kapasitor. Sedangkan pada pilihan posisi DC maka Input Terminal akan terhubung langsung dengan Penguat yang ada di dalam Osiloskop dan seluruh sinyal input akan ditampilkan pada layar Osiloskop.

l. GND

Jika tombol GND diaktifkan, maka Terminal INPUT akan terbuka, Input yang bersumber dari penguatan Internal Osiloskop akan ditanahkan (Grounded).

m. VERTICAL INPUT CH-1

Sebagai VERTICAL INPUT untuk Saluran 1 (Channel 1)

n. VERTICAL INPUT CH-2

Sebagai VERTICAL INPUT untuk Saluran 2 (Channel 2)

o. Sakelar MODE

Sakelar MODE pada umumnya terdiri dari 4 pilihan yaitu CH1, CH2, DUAL dan ADD.

CH1 = Untuk tampilan bentuk gelombang Saluran 1 (Channel 1).

CH2 = Untuk tampilan bentuk gelombang Saluran 2 (Channel 2).

DUAL = Untuk menampilkan bentuk gelombang Saluran 1 (CH1) dan Saluran 2 (CH2) secara bersamaan.

ADD = Untuk menjumlahkan kedua masukan saluran/saluran secara aljabar. Hasil penjumlahannya akan menjadi satu gambar bentuk gelombang pada layar.

- p. x10 MAG
Untuk pembesaran (Magnification) frekuensi hingga 10 kali lipat
- q. POSITION
Untuk penyetelan tampilan kiri-kanan pada layar.
- r. XY
Pada fungsi XY ini digunakan, Input Saluran 1 akan menjadi Axis X dan Input Saluran 2 akan menjadi Axis Y.
- s. Sakelar TIME/DIV
Sakelar TIME/DIV digunakan untuk memilih skala besaran waktu dari suatu periode atau per satu kotak cm pada layar Osiloskop.
- t. Tombol CAL (TIME/DIV)
ini berfungsi untuk kalibrasi TIME/DIV
- u. VARIABLE
Fungsi Variable pada bagian Horizontal adalah untuk mengatur kepekaan (sensitivitas) TIME/DIV.
- v. GND
GND merupakan Konektor yang dihubungkan ke Ground (Tanah).
- w. Tombol CHOP dan ALT
CHOP adalah menggunakan potongan dari saluran 1 dan saluran 2.
ALT atau Alternate adalah menggunakan saluran 1 dan saluran 2 secara bergantian.
- x. HOLD OFF
HOLD OFF untuk mendiamkan gambar pada layar osiloskop.
- y. LEVEL
LEVEL atau TRIGGER LEVEL digunakan untuk mengatur gambar yang diperoleh menjadi diam atau tidak bergerak.
- z. Tombol NORM dan AUTO
- aa. Tombol LOCK
- bb. Sakelar COUPLING
Menunjukkan hubungan dengan sinyal searah (DC) atau bolak balik (AC).
- cc. Sakelar SOURCE
Penyesuai pemilihan sinyal.
- dd. TRIGGER ALT
- ee. SLOPE

ff. EXT

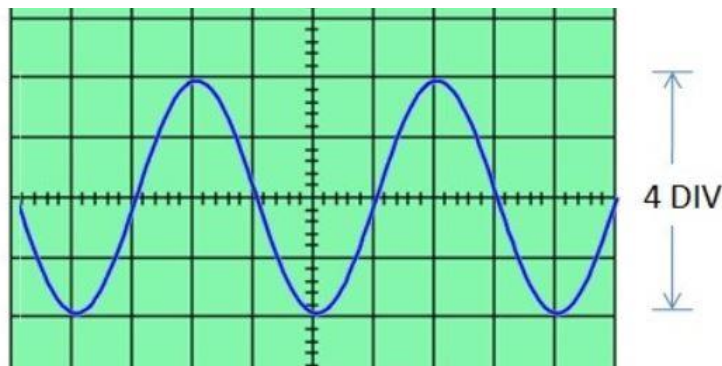
Trigger yang dikendalikan dari rangkaian di luar Osiloskop.

4. Mengukur tegangan AC dengan Osiloskop

Tegangan AC (Alternating Current) sering dikenal juga dengan Tegangan Bolak Balik merupakan listrik yang arah arusnya selalu berubah-ubah atau bolak-balik. Pada umumnya Tegangan AC berbentuk gelombang Sinus. Dengan menggunakan Osiloskop, kita dapat mengukur Tegangan AC tersebut dan juga dapat melihat tampilan gelombang AC-nya.

Sebelum melakukan pengukuran Tegangan AC pada Osiloskop, lakukan persiapan dengan mengatur berikut ini :

- ON-kan Osiloskop.
- Sakelar TIME/DIV diputar ke 5msec (5 mili detik).
- Sakelar VOLT/DIV diputar ke 5 Volt (artinya 1 kotak atau 1 Div pada layar Osiloskop adalah 5 Volt).
- Pasangkan Probe pada terminal yang ingin diukur.
- Hitung Tegangan AC berdasarkan gelombang yang ditampilkan. Contoh seperti gelombang dibawah ini :



Tegangan puncak adalah 2 kotak atau 2 DIV, Sakelar VOLT/DIV yang kita setting adalah 5 Volt maka hasil perhitungannya adalah 10 Volt (2 DIV x 5 Volt = 10 Volt).

Sedangkan Tegangan puncak ke puncaknya adalah 20 Volt dengan perhitungan sebagai berikut : 4 DIV x 5 Volt = 20 Volt

Maka hasil pengukuran tegangan AC tersebut adalah 20 Volt.

5. Menghitung frekuensi dengan Osiloskop

Pada dasarnya Frekuensi adalah jumlah siklus gelombang dalam satu detik yang biasanya dilambangkan dengan simbol “f”. Satuan dari Frekuensi adalah Hertz (Hz). Untuk mengukur Frekuensi pada Osiloskop, kita perlu mengetahui Perioda sebuah gelombang Sinus dengan cara melihatnya dari layar Osiloskop. Yang dimaksud dengan Perioda adalah Waktu yang dibutuhkan satu siklus pengulangan secara lengkap. Perioda biasanya

dilambangkan dengan “T”, satuan Perioda adalah detik (second). Dari gelombang sinus yang ditampilkan osiloskop seperti pada gambar diatas ini, kita dapat menghitung Frekuensinya.

Rumus Menghitung Frekuensi : $f = 1 / T$

Dimana :

f = Frekuensi (dalam satuan Hz)

T = Periode (dalam satuan second atau detik),

Cara perhitungan Perioda (T) adalah mengalikan jumlah divisi satu siklus gelombang dengan nilai waktu yang disetting pada sakelar TIME/DIV.

$$f = 1 / ((5\text{ms} \times 4 \text{ div}))$$

$$f = 1 / (20\text{ms (harus dikonversi ke second)})$$

$$f = 1 / 0,02\text{second}$$

$$f = 50\text{Hz}$$