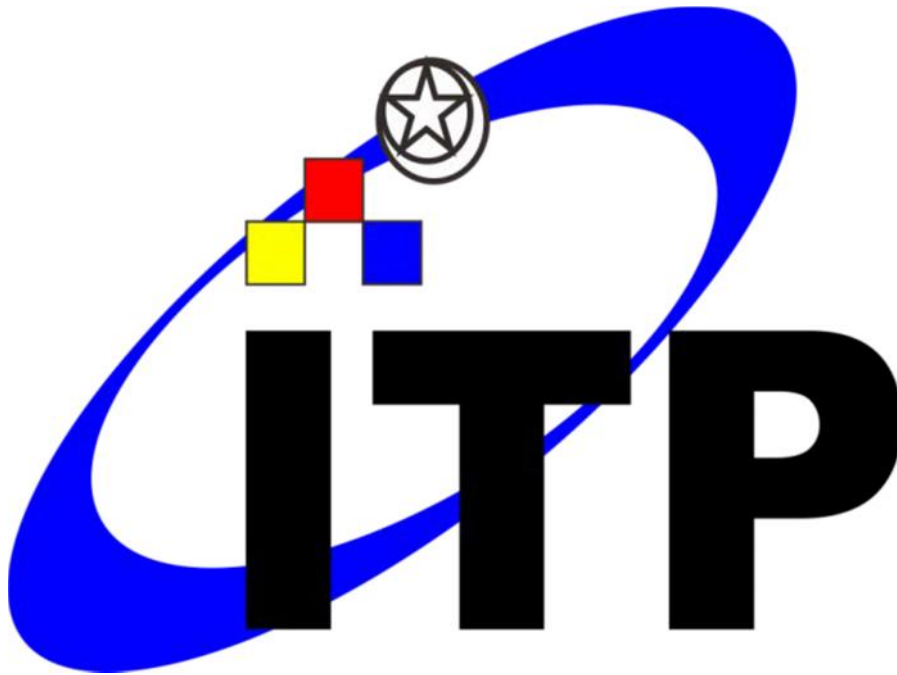


ADVANCED OPERATIONAL AMPLIFIER CIRCUIT



Nama kelompok:

1. Fajri Yanda
2. Wahyu Kusuma Wardana
3. Yusuf Agam Saputra

Prodi Teknologi Listrik Diploma 3

Fakultas Teknologi Industri

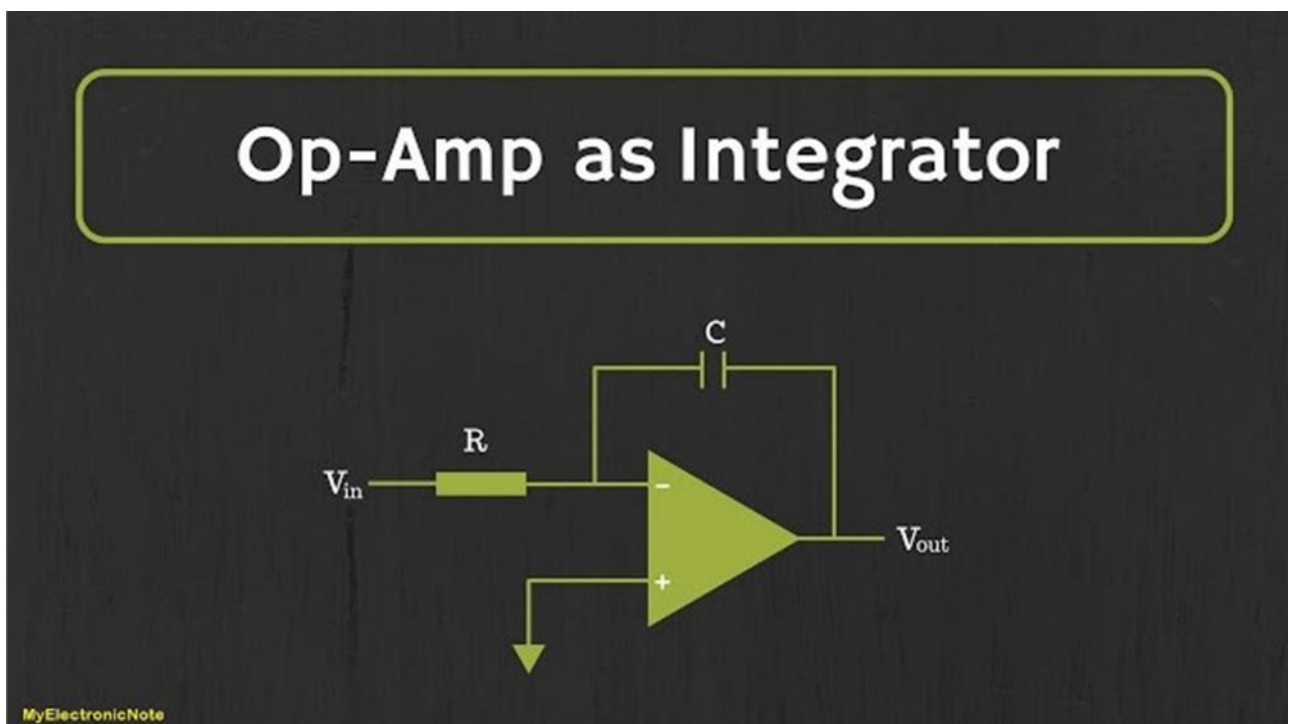
Institut Teknologi Padang

2019

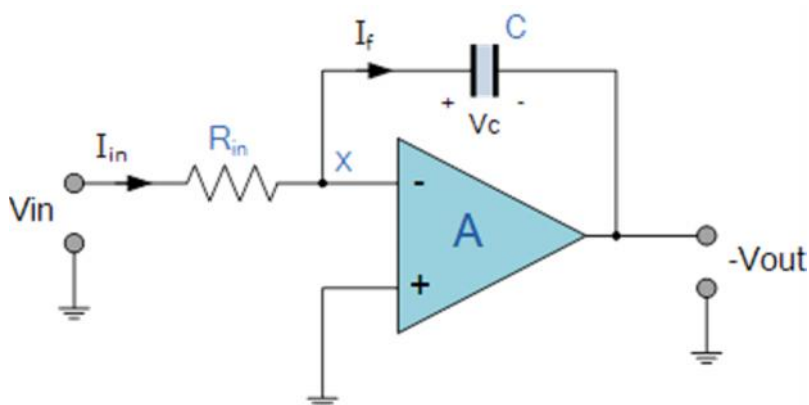
ADVANCED OPERATIONAL AMPLIFIER CIRCUIT (sirkuit penguat operasional canggih)

Rangkaian integrator

Rangkaian menghasilkan Output sebanding Integral dari tegangan inputnya terhadap waktu. Penguat Integrator Operasional Dasar terdiri dari Op-Amp dengan Kapasitor antara Output dan Input Pembalik dan Resistor dari Input Pembalik ke Input. Integrator Op-Amp Menghasilkan Tegangan Output yang Proporsional dengan Amplitudo dan Durasi Sinyal Input. Sebagai bagian penguat umpan balik Positif atau Negatif atau rangkaian penambah atau pengurang menggunakan resistensi murni pada masukan maupun umpan balik.



Untuk mengubah elemen umpan balik Resistif Murni (R_f) dari penguat pembalik ke yang dari reaktansi tergantung Frekuensi, (X) jenis elemen kompleks, seperti Kapasitor C



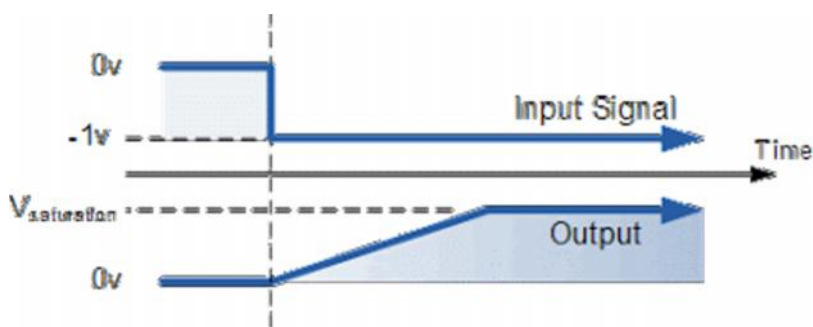
Dengan mengganti perlawanan umpan balik dengan kapasitor, memiliki Jaringan RC terhubung ke umpan balik penguat operasional, menghasilkan jenis rangkaian penguat operasional yang disebut **Op-Amp Integrator**.

Dasar Integrator.

Rangkaian Op-Amp, Umpan Balik yang digunakan bersifat Resistif dengan jalur Resistif langsung membentuk setidaknya sebagian jaringan. Namun untuk Integrator tidak terjadi - komponen menyediakan umpan balik antara output dan Input Op-Amp adalah Kapasitor.

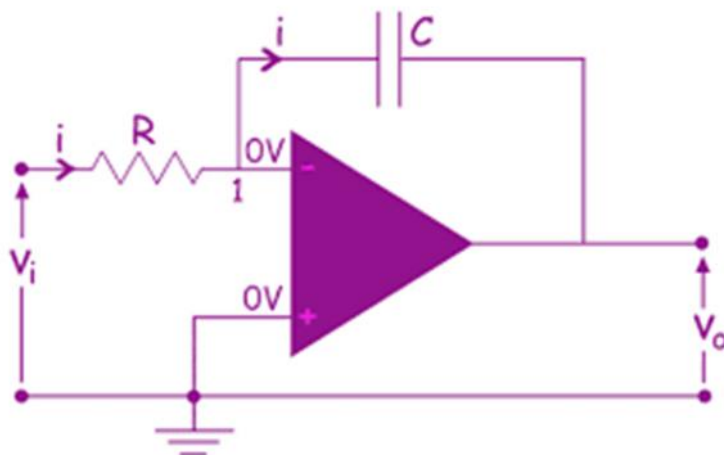
Integrator Op-Amp menyiratkan, melakukan fungsi yang setara elektronik dengan fungsi integrasi matematika. Bahkan sirkuit integrator elektronik dapat digunakan dalam Komputer Analog.

Rangkaian menghasilkan Output sebanding Integral dari tegangan inputnya terhadap waktu. Berarti Tegangan Output sewaktu-waktu ditentukan oleh Tegangan Keluaran Awal, lama waktu Tegangan Input dan Nilai Tegangan Input.

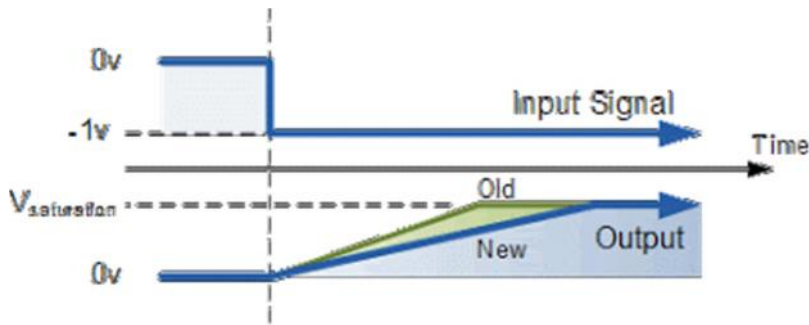


Operasi Penguat Integrator

Penguat Integrator Operasional Dasar terdiri dari Op-Amp dengan Kapasitor antara Output dan Input Pembalik dan Resistor dari Input Pembalik ke Input.



Ketika Sinyal diterapkan ke Input Pembalik, Output dari rangkaian adalah kebalikan dari Jaringan Integrator CR dasar.



Perhitungan utama diperlukan rangkaian untuk menentukan Tegangan Output untuk Tegangan Input yang diberikan untuk waktu tertentu. Tegangan output meningkat (Laju perubahan) ditentukan oleh nilai resistor dan kapasitor, "**RC waktu konstan**". Dengan mengubah nilai konstanta waktu RC.

$$V_{out} = -\int_0^t \frac{V_{in}}{RC} dt + c$$

Dimana.

V_{out} = Tegangan Output dari Op-Amp Integrator

V_{in} = Tegangan Input

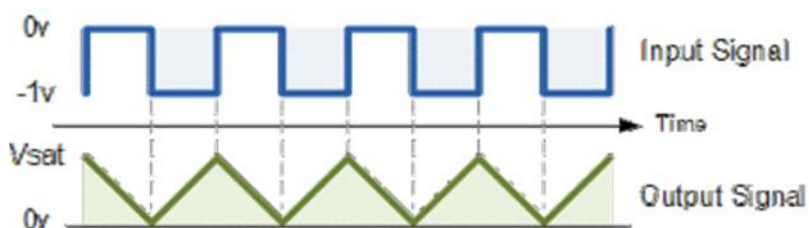
T = Waktu setelah mulai penerapan tegangan dalam hitungan detik

R = Nilai Resistor dalam Integrator dalam

C = Kapasitansi Kapasitor Integrator dalam Farads

c = Konstanta Integrasi dan adalah Tegangan Awal Output

Tanda Negatif persamaan mencerminkan Inversi dihasilkan dari penggunaan Input Pembalik Op-Amp. Jika menerapkan sinyal input yang terus berubah seperti gelombang persegi ke input dari Amplifier Integrator maka kapasitor akan mengisi dan debit sebagai tanggapan terhadap perubahan dalam Sinyal Input.



Sinyal Output menjadi bentuk gelombang gigi gergaji yang dipengaruhi oleh konstanta waktu RC dari resistor / kombinasi kapasitor pada frekuensi yang lebih tinggi, kapasitor memiliki lebih sedikit waktu untuk terisi penuh.

Memperoleh Output Tegangan Ideal untuk **Op-Amp Integrator** sebagai:

$$V_{out} = -\frac{1}{R_{in} \cdot C} \int_0^t V_{in} dt = -\int_0^t V_{in} \frac{dt}{R_{in} \cdot C}$$

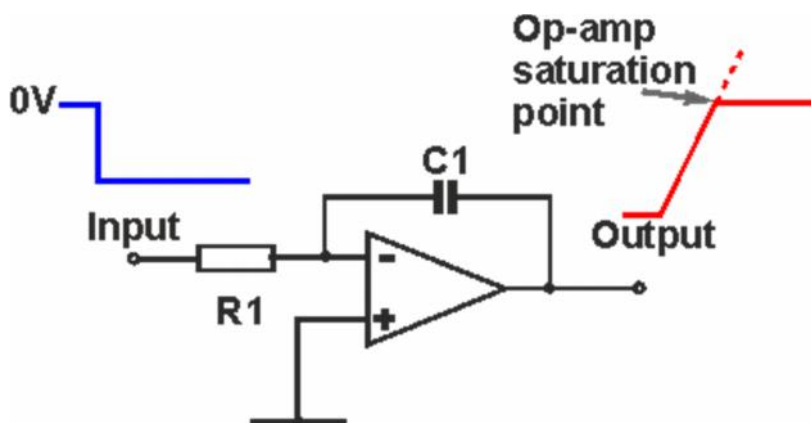
Dimana:

$$= 2 f$$

Tegangan Output V_{out} adalah konstan $1/RC$ kali integral dari tegangan input V_{in} sehubungan dengan waktu. Tanda minus (-) menunjukkan pergeseran fasa 180o karena sinyal input terhubung langsung ke Input pembalik op-amp.

Kejenuhan

Output dari integrator tidak dapat meningkat tanpa batas waktu karena output akan terbatas. Output Op-Amp Integrator dibatasi oleh suplai dan kejenuhan Op-Amp itu sendiri, yaitu seberapa dekat dengan rel output dapat berayun.



Mendesain, perlu untuk membatasi penguatan atau meningkatkan tegangan rel untuk mengakomodasi kemungkinan ayunan tegangan output. Sementara tegangan input kecil dan untuk waktu yang singkat dapat diterima, perawatan harus diambil ketika merancang sirkuit di mana tegangan input dipertahankan selama periode waktu yang lebih lama.

DIFFERENTIATOR.

Rangkaian differensiator adalah rangkaian aplikasi dari rumusan matematika yang dapat dimainkan (dipengaruhi) dari kerja kapasitor. Rangkaian differensiator aktif dapat dilihat pada gambar dibawah, dengan rangkaian sederhana dari differensiator tersebut. Untuk mendapatkan rumus differensiator, urutannya adalah sebagai berikut : $i_C = i_B + i_F$ dan selama nilai $i_B = 0$ maka $i_C = i_F$ selisih dari inverting input dan noninverting input (v_1 dan v_2) adalah nol dan penguatan tegangannya sangat besar, sehingga didapat persamaan pengisian kapasitor sebagai berikut :

$$C_1 \frac{d}{dt}(V_{in} - V_2) = \frac{V_2 - V_o}{R_F}$$

Menjadi:

$$C_1 \frac{dV_{in}}{dt} = -\frac{V_o}{R_F}$$

Sehingga diperoleh

$$V_o = -R_F C_1 \frac{dV_{in}}{dt}$$

Rangkaian Dasar Differensiator Aktif

Pada rangkaian aplikasi rangkaian differensiator op-amp ini ada sedikit perubahan yaitu penambahan tahanan dan kapasitor yang fungsinya untuk menfilter sinyal masukan. Seperti tampak pada gambar dibawah adalah rangkaian differensiator yang dimaksud. Dengan demikian maka ada batasan input dari frekuensi yang masuk, batasan tersebut adalah.

$$f_a = \frac{1}{2\pi R_F C_1}$$

sedangkan nilai frekuensi yang diakibatkan oleh R_F dan C_1 adalah sebagai berikut :

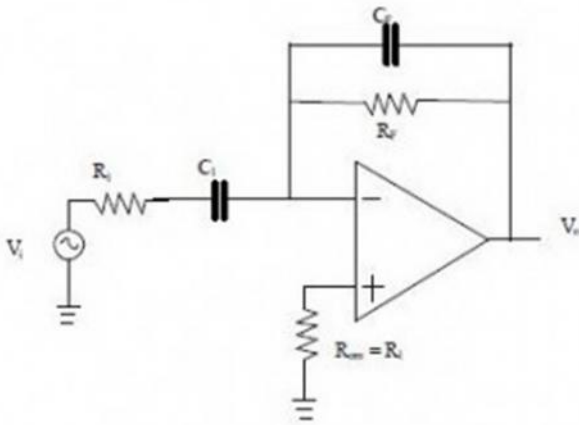
$$f_b = \frac{1}{2\pi R_F C_F} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

Bila sinyal input melebihi frekuensi f_a maka hasil output akan sama dengan hasil input, alias fungsi rangkaian tersebut tidak lagi differensiator lagi tapi sebagai pelewat biasa. Sedangkan untuk gambar dibawah biasanya digunakan untuk rangkaian aplikasi yang di integrasikan dengan rangkaian lain. Syarat perhitungan nilai nilai R_1 , C_1 , R_F , C_F adalah sesuai dengan syarat sebagai berikut :

$$f_a < f_b$$

Sehingga frekuensi input dilewatkan terlebih dahulu ke R_1 , C_1 , R_F , kemudian lewat ke R_1 , C_1 , C_F bila frekuensinya melebihi f_a .

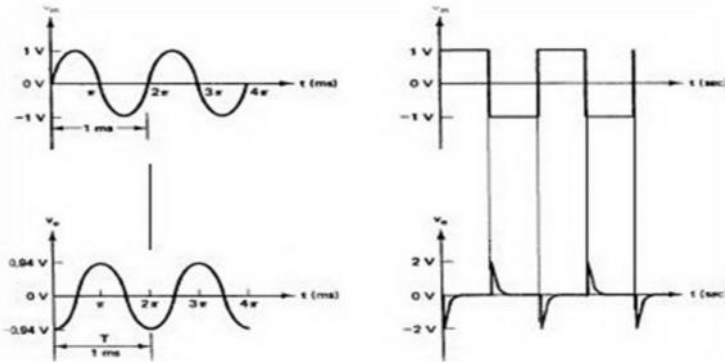
Rangkaian Aplikasi Differensiator Dengan Op-Amp



Untuk menentukan nilai C_f dan R_f pada differensiator op-amp ini ditentukan dari f_a dan f_b dengan hubungan sebagai berikut :

$$f_b = 20 f_a$$

Sinyal Output Rangkaian Differensiator Op-Amp



FEEDBACK

Pendahuluan

Definisi: pengembalian sebagian keluaran ke bagian masukannya.

Ada 2 jenis umpan balik berdasar polaritas: UB negatif & UB positif

UB negatif: memiliki faktor penguatan yang relatif kecil, tetapi mampu memperbaiki parameter penguatannya.

UB positif: lebih banyak diaplikasikan untuk rangkaian osilator (pembangkit sinyal)

Jenis rangkaian UB: tegangan-seri, tegangan-paralel, arus-seri & arus paralel.

Umpan Balik Negatif

Keuntungan:

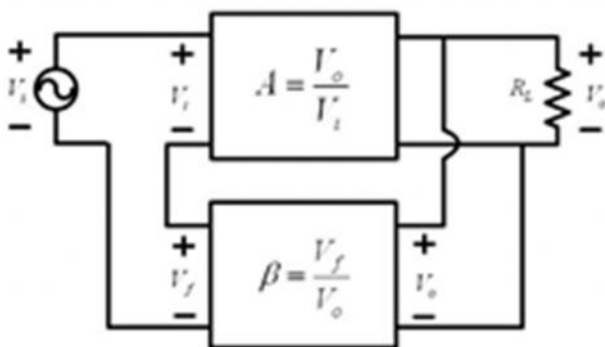
- penguatan tdk tergantung pd komponen penguat
- resistansi input & output dpt terkendali
- bandwidth bertambah lebar (memperbaiki respon frek.)
- non linieritas & distorsi menurun
- noise (derau) dpt dikurangi (reduksi)

Kekurangan:

- faktor penguatan dpt menjadi lebih kecil

Umpan Balik Tegangan-Seri

Skema sistemnya:



Skema sistem UB Tegangan seri ($A_f = V_o / V_s$)

Jika pada skema diatas nilai “feedback tidak ada”, maka nilai penguatan sistem diperoleh sebesar:

$$A = \frac{V_o}{V_s} = \frac{V_o}{V_i}$$

Sebaliknya, jika digunakan feedback diperoleh penguatan sistem sebesar:

$$A_f = \frac{V_o}{V_s} = \frac{A}{1 + \beta A}$$

Note: nilai penguatan sebuah penguat dapat dikendalikan besarnya oleh faktor:

faktor ini juga berpengaruh terhadap nilai Zin & Zo antar rangkaian satu dengan rangkaian lainnya.

$$(1 + \beta A)$$

Impedansi *input*-nya diperoleh sebesar:

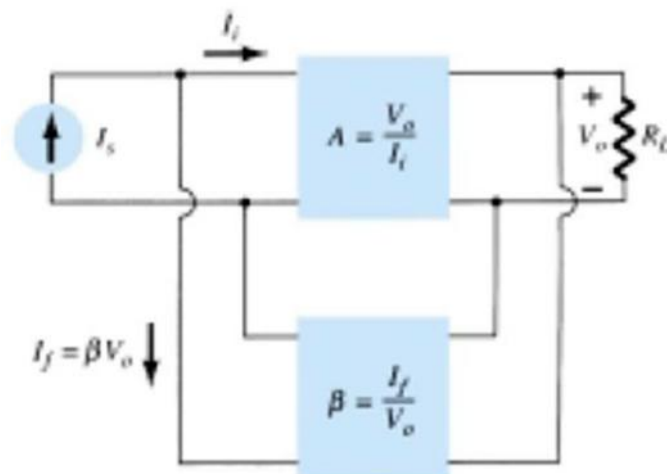
$$Z_{if} = \frac{Z_i}{1 + \beta A}$$

Impedansi *output*-nya diperoleh sebesar:

$$Z_{of} = \frac{V}{I} = \frac{Z_o}{1 + \beta A}$$

Umpan Balik tegangan-Paralel

Skema sistemnya:



Nilai penguatan umpan baliknya diperoleh sebesar:

$$A_f = \frac{A}{1 + \beta A}$$

Impedansi input-nya dinyatakan sebesar:

$$Z_{if} = \frac{Z_i}{1 + \beta A}$$

Impedansi output-nya diperoleh sebesar:

$$Z_{of} = \frac{V}{I} = \frac{Z_o}{1 + \beta A}$$

OSCILLATORS

Pengertian Osilator dan Prinsip Kerjanya – 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 (*Sinusoidal 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.

Penggolongan Oscilator

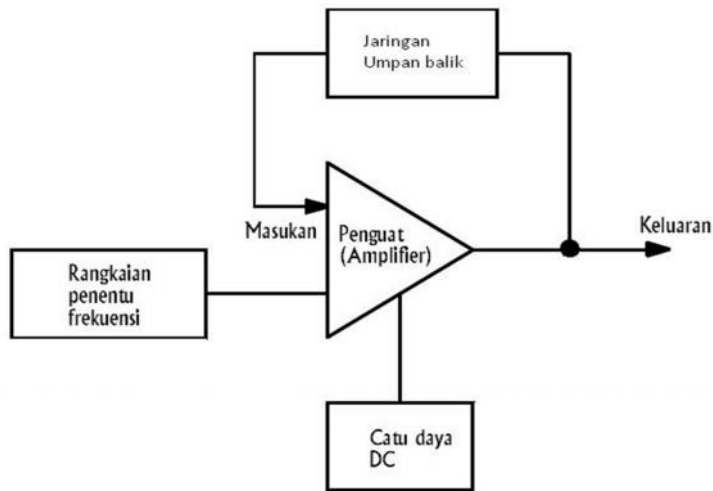
Penggolongan Osilator biasanya dilakukan berdasarkan Karakteristik Frekuensi keluaran yang dihasilkannya. Berikut dibawah ini adalah Penggolongan Osilator berdasarkan Frekuensi keluaran.

- Osilator Frekuensi Rendah (Low Frequency Oscilator), yaitu Osilator yang dapat membangkitkan frekuensi rendah dibawah 20Hz.
- Osilator Audio (Audio Oscilator), yaitu Osilator yang dapat membangkitkan frekuensi Audio diantara 16Hz hingga 20kHz.
- Osilator Frequency Radio (Radio Oscilator), yaitu Osilator yang dapat membangkitkan Frekuensi Radio diantara 100kHz hingga 100GHz.

Rangkaian Osilator banyak digunakan dalam perangkat-perangkat Elektronika seperti Pemancar Radio, Pemancar Televisi, Jam, Beeper dan Konsol video Games.

Prinsip Kerja Osilator

Sebuah Rangkaian Osilator sederhana terdiri dari Dua bagian utama, yaitu Penguat (Amplifier) dan Umpan Balik (Feedback). Berikut ini Blok Diagram dasar sebuah Rangkaian Osilator.



Pada dasarnya, Osilator menggunakan sinyal kecil atau desahan kecil yang berasal dari Penguat itu sendiri. Pada saat Penguat atau Amplifier diberikan arus listrik, desah kecil akan terjadi, desah kecil tersebut kemudian diumpanbalik ke Penguat sehingga terjadi penguatan sinyal, jika keluaran (output) penguat sefase dengan sinyal yang diumpanbalik (masukan) tersebut, maka Osilasi akan terjadi.

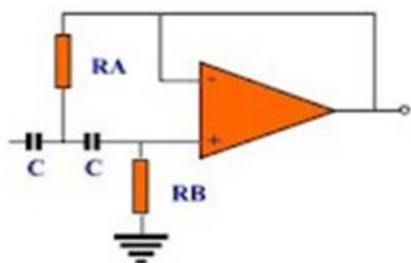
ACTIVE FILTERS

Filter Aktif yaitu filter yang menggunakan komponen aktif, biasanya transistor atau penguat operasi (op-amp). Kelebihan filter ini antara lain:

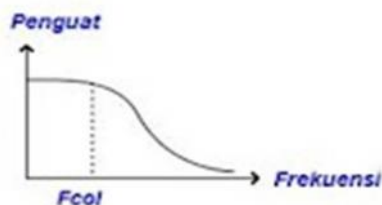
1. untuk frekuensi kurang dari 100 kHz, penggunaan induktor (L) dapat dihindari
2. relatif lebih murah untuk kualitas yang cukup baik, karena komponen pasif yang presisi harganya cukup mahal

Beberapa macam filter yang termasuk ke dalam filter aktif adalah :

1. Filter Lolos Bawah (Low Pass Filter)



Rangkaian low pass filter



Frekuensi respon low pass filter

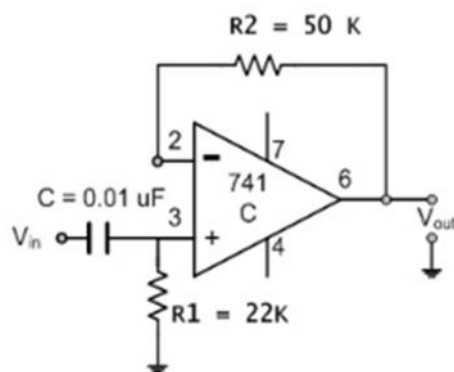
Tapis pelewat rendah atau **tapis lolos rendah** (*low-pass filter*) digunakan untuk meneruskan sinyal berfrekuensi rendah dan meredam sinyal berfrekuensi tinggi. Sinyal dapat

berupa sinyal listrik seperti perubahan tegangan maupun data-data digital seperti citra dan suara.

Untuk sinyal listrik, low-pass filter direalisasikan dengan meletakkan kumparan secara seri dengan sumber sinyal atau dengan meletakkan kapasitor secara paralel dengan sumber sinyal. Contoh penggunaan filter ini adalah pada aplikasi audio, yaitu pada peredaman frekuensi tinggi (yang biasa digunakan pada tweeter) sebelum masuk speaker bass atau *subwoofer* (frekuensi rendah). Kumparan yang diletakkan secara seri dengan sumber tegangan akan meredam frekuensi tinggi dan meneruskan frekuensi rendah, sedangkan sebaliknya kapasitor yang diletakkan seri akan meredam frekuensi rendah dan meneruskan frekuensi tinggi.

Suatu filter lolos bawah orde satu dapat dibuat dari satu tahanan dan satu kapasitor. Filter orde satu ini mempunyai pita transisi dengan kemiringan -20 dB/dekade atau -6 dB/oktav. Penguatan tegangan untuk frekuensi lebih rendah dari frekuensi cut off adalah: $A_v = -R_2 / R_1$ sementara besarnya frekuensi cut off didapat dari: $f_c = 1 / (2 \cdot R_2 C_1)$

2. Filter Lolos Atas (High Pass Filter)



Gb.2 High Pass Filter

High pass filter adalah jenis filter yang melewatkan frekuensi tinggi, tetapi mengurangi amplitudo frekuensi yang lebih rendah daripada frekuensi cutoff. Nilai-nilai pengurangan untuk frekuensi berbeda-beda untuk tiap-tiap filter ini. Terkadang filter ini disebut **low cut filter**, **bass cut filter** atau **rumble filter** yang juga sering digunakan dalam aplikasi audio. High pass filter adalah lawan dari low pass filter, dan **band pass filter** adalah kombinasi dari high pass filter dan low pass filter.

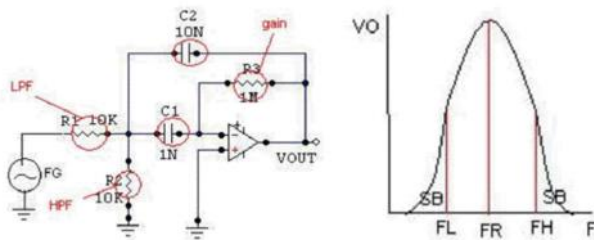
Filter ini sangat berguna sebagai filter yang dapat memblokir component frekuensi rendah yang tidak diinginkan dari sebuah sinyal kompleks saat melewati frekuensi tertinggi.

High pass filter yang paling simple terdiri dari kapasitor yang terhubung secara paralel dengan resistor, dimana resistansi dikali dengan kapasitor (RXC) adalah time constant ().

Suatu filter lolos bawah orde satu dapat dibuat dari satu tahanan dan satu kapasitor. Filter orde satu ini mempunyai pita transisi dengan kemiringan 20 dB/dekade atau 6 dB/oktav.

Penguatan tegangan untuk frekuensi lebih tinggi dari frekuensi cut off adalah: $A_v = -R_2 / R_1$ sementara besarnya frekuensi cut off didapat dari: $f_C = 1 / (2.R_1C_1)$

3. Filter Lolos Pita (Band Pass Filter)

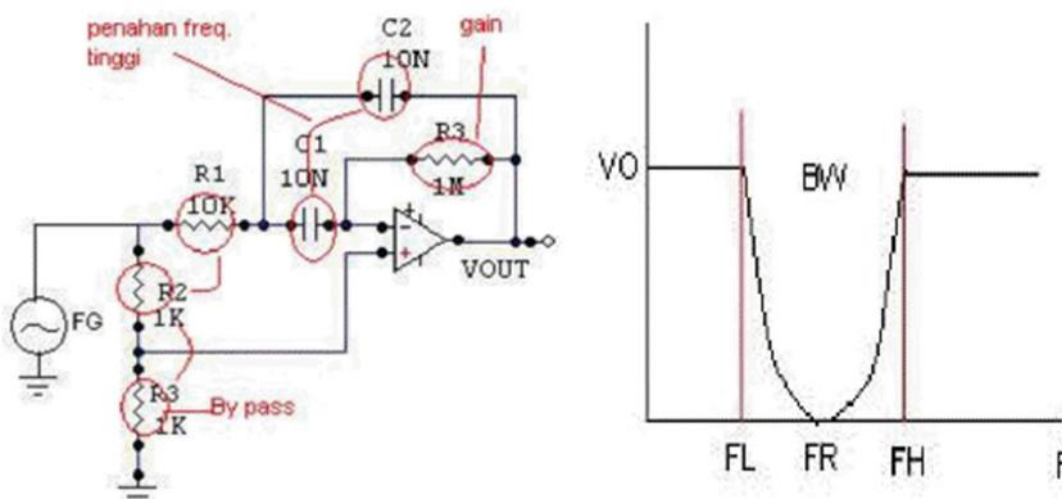


Sebuah band-passfilter merupakan perangkat yang melewati [frekuensi](#) dalam kisaran tertentu dan menolak ([attenuates](#)) frekuensi di luar kisaran tersebut. Contoh dari [analog](#) elektronik band pass [filter](#) adalah [sirkuit RLC](#) (a [resistor-induktor-kapasitor](#) sirkuit). Filter ini juga dapat dibuat dengan menggabungkan [-pass filter rendah](#) dengan [-pass filter tinggi](#).

Band pass filter digunakan terutama di nirkabel pemancar dan penerima. Fungsi utama filter seperti di pemancar adalah untuk membatasi bandwidth sinyal output minimum yang diperlukan untuk menyampaikan data pada kecepatan yang diinginkan dan dalam bentuk yang diinginkan. Pada *receiver* Sebuah band pass filter memungkinkan sinyal dalam rentang frekuensi yang dipilih untuk didengarkan, sementara mencegah sinyal pada frekuensi yang tidak diinginkan.

Penguatan tegangan untuk pita lolos adalah: $A_v = (-R_2 / R_1) (-R_4 / R_3)$ Besarnya frekuensi cut off atas didapat dari: $f_{CH} = 1 / (2.R_1C_1)$ Besarnya frekuensi cut off bawah didapat dari: $f_{CL} = 1 / (2.R_4C_2)$.

4. Filter Tolak Rendah (Band Stop Filter)



Dalam pemrosesan sinyal, filter band-stop atau band-penolakan filter adalah filter yang melewati frekuensi paling tidak berubah, tetapi attenuates mereka dalam rentang tertentu ke tingkat yang sangat rendah. Ini adalah kebalikan dari filter band-pass. Sebuah filter takik adalah filter band-stop dengan stopband sempit (tinggi faktor Q). Notch filter digunakan dalam reproduksi suara hidup (Public Address sistem, juga dikenal sebagai sistem PA) dan instrumen penguat (terutama amplifier atau preamplifiers untuk instrumen akustik seperti gitar akustik, mandolin, bass instrumen amplifier, dll) untuk mengurangi atau mencegah umpan balik, sedangkan yang berpengaruh nyata kecil di seluruh spektrum frekuensi. band filter membatasi 'nama lain termasuk', 'Filter T-takik', 'band-eliminasi filter', dan 'menolak band-filter'. Biasanya, lebar stopband kurang dari 1-2 dekade (yaitu, frekuensi tertinggi dilemahkan kurang dari 10 sampai 100 kali frekuensi terendah dilemahkan). Dalam pita suara, filter takik menggunakan frekuensi tinggi dan rendah yang mungkin hanya semitone terpisah.

Filter aktif mempunyai keuntungan dibandingkan filter pasif yaitu :

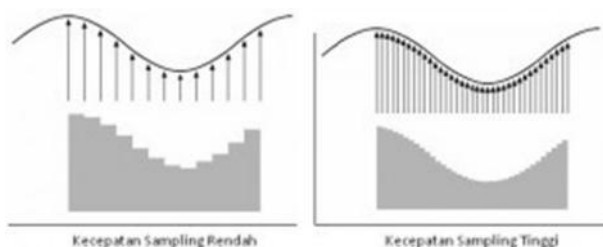
1. Penguatan dan frekuensinya mudah diatur, selama op-amp masih memberikan penguatan dan sinyal input tidak sekaku seperti pada filter pasif. Pada dasarnya filter aktif lebih gampang diatur.
2. Tidak ada masalah beban, karena tahanan inputtinggi dan tahanan output rendah. Filter aktif tidak membebani sumber input.²⁰
3. Harga, umumnya filter aktif lebih ekonomis dari pada filter pasif, karena pemilihan variasiai dari op-amp yang murah dan tanpa induktor yang biasanya harganya mahal.

ADC (Analog To Digital Conversion)

Analog To Digital Converter (ADC) adalah pengubah input analog menjadi kode – kode digital. ADC banyak digunakan sebagai pengatur proses industri, komunikasi digital dan rangkaian pengukuran/pengujian. Umumnya ADC digunakan sebagai perantara antara sensor yang kebanyakan analog dengan sistim komputer seperti sensor suhu, cahaya, tekanan/berat, aliran dan sebagainya kemudian diukur dengan menggunakan sistim digital (komputer).

ADC (Analog to Digital Converter) memiliki 2 karakter prinsip, yaitu kecepatan sampling dan resolusi. Kecepatan sampling suatu ADC menyatakan seberapa sering sinyal analog dikonversikan ke bentuk sinyal digital pada selang waktu tertentu. Kecepatan sampling biasanya dinyatakan dalam sample per second (SPS).

Pengaruh Kecepatan Sampling ADC



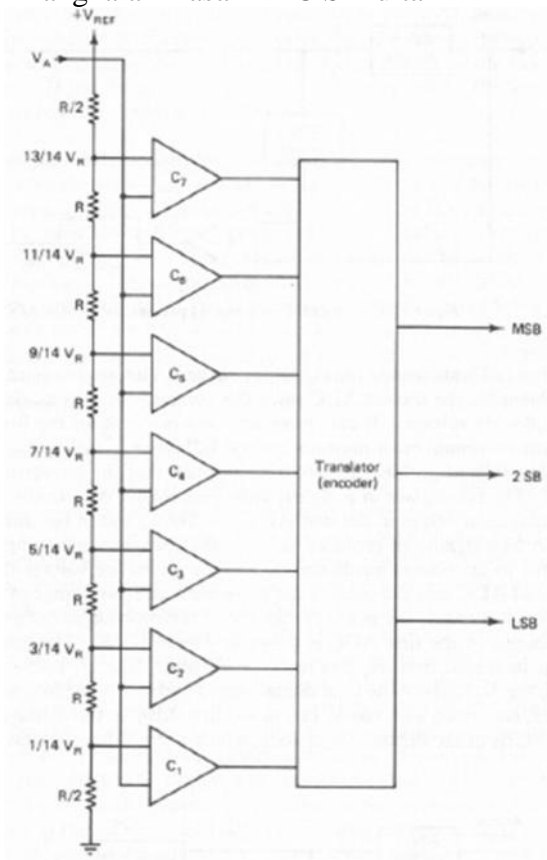
Resolusi ADC menentukan ketelitian nilai hasil konversi ADC. Sebagai contoh: ADC 8 bit akan memiliki output 8 bit, data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 255 ($2^n - 1$) nilai diskrit. ADC 12 bit memiliki 12 bit output data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 4096 nilai diskrit. Dari contoh diatas ADC 12 bit akan memberikan ketelitian nilai hasil konversi yang jauh lebih baik daripada ADC 8 bit.

Prinsip kerja ADC adalah mengkonversi sinyal analog ke dalam bentuk besaran yang merupakan rasio perbandingan sinyal input dan tegangan referensi. Sebagai contoh, bila tegangan referensi (V_{ref}) 5 volt, tegangan input 3 volt, rasio input terhadap referensi adalah 60%. Jadi, jika menggunakan ADC 8 bit dengan skala maksimum 255, akan didapatkan sinyal digital sebesar $60\% \times 255 = 153$ (bentuk decimal) atau 10011001 (bentuk biner).

ADC Simultan

ADC Simultan atau biasa disebut flash converter atau parallel converter. Input analog V_i yang akan diubah ke bentuk digital diberikan secara simultan pada sisi + pada komparator tersebut, dan input pada sisi - tergantung pada ukuran bit converter. Ketika V_i melebihi tegangan input - dari suatu komparator, maka output komparator adalah high, sebaliknya akan memberikan output low.

Rangkaian Dasar ADC Simultan



Bila V_{ref} diset pada nilai 5 Volt, maka dari gambar rangkaian ADC Simultan diatas didapatkan :

$$V(-) \text{ untuk } C7 = V_{ref} * (13/14) = 4,64$$

$$V(-) \text{ untuk } C6 = V_{ref} * (11/14) = 3,93$$

V(-) untuk C5 = $V_{ref} * (9/14) = 3,21 \text{ V(-)}$

) untuk C4 = $V_{ref} * (7/14) = 2,5 \text{ V(-)}$

untuk C3 = $V_{ref} * (5/14) = 1,78 \text{ V(-)}$

untuk C2 = $V_{ref} * (3/14) = 1,07 \text{ V(-)}$

untuk C1 = $V_{ref} * (1/14) = 0,36$

Sebagai contoh V_{in} diberi sinyal analog 3 Volt, maka output dari C7=0, C6=0, C5=0, C4=1, C3=1, C2=1, C1=1, sehingga didapatkan output ADC yaitu 100 biner, sehingga diperoleh tabel berikut :

Output Comparator							Output Translator		
C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	2^2	2^1	2^0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
0	0	0	0	1	1	1	0	1	1
0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
0	0	1	1	1	1	1	1	0	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

DAC (Digital To Analog Converter)

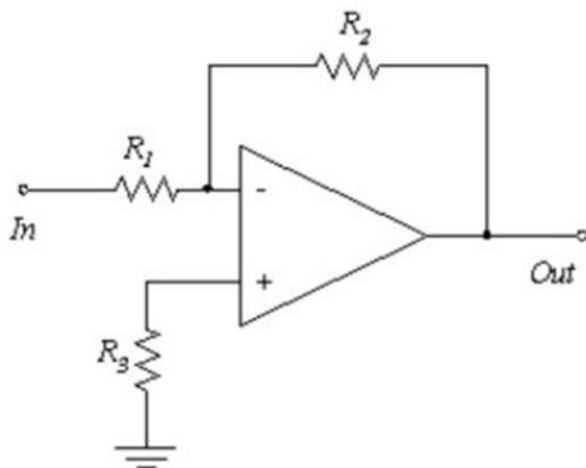
DAC (Digital To Analog Converter) adalah perangkat elektronika yang berfungsi untuk mengubah sinyal digital (*diskrit*) menjadi sinyal analog (kontinyu). Aplikasi **DAC (Digital To Analog Converter)** adalah sebagai antarmuka (*interface*) antara perangkat yang bekerja dengan sistem digital dan perangkat pemroses sinyal analog. Perangkat **DAC (Digital To Analog Converter)** dapat berupa rangkaian elektronika dan chip **IC DAC**.

Konsep Dasar DAC (Digital To Analog Converter)

Pada dasarnya rangkaian penjumlah op-amp (*summing amplifier*) dapat digunakan untuk menyusun suatu konverter D/A (DAC "*Digital To Analog Converter*") dengan memakai sejumlah hambatan masukan yang diberi bobot dalam deret biner.

Penguat Inverting

Rangkaian untuk penguat inverting adalah seperti yang ditunjukkan gambar dibawah. Penguat ini memiliki ciri khusus yaitu sinyal keluaran memiliki beda fasa sebesar 180° .

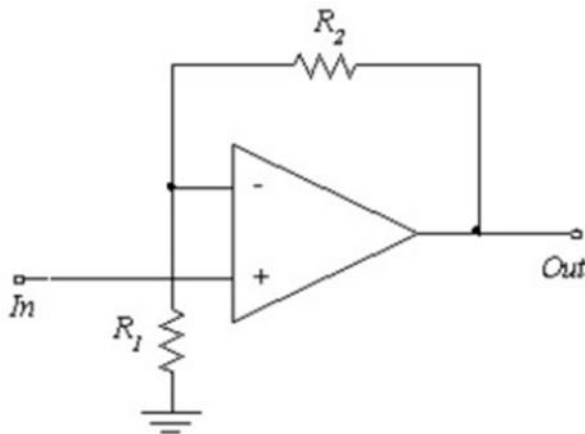


enguatan rangkaian penguat inverting adalah berdasar pada persamaan berikut :

$$\underline{V_{out} = -V_{in}(R2/R1)}$$

Penguat Non-Inverting

Penguat non-inverting memiliki ciri khusus yaitu sinyal output adalah sefasa dengan sinyal masukan. Rangkaian ini ditunjukkan oleh gambar berikut.

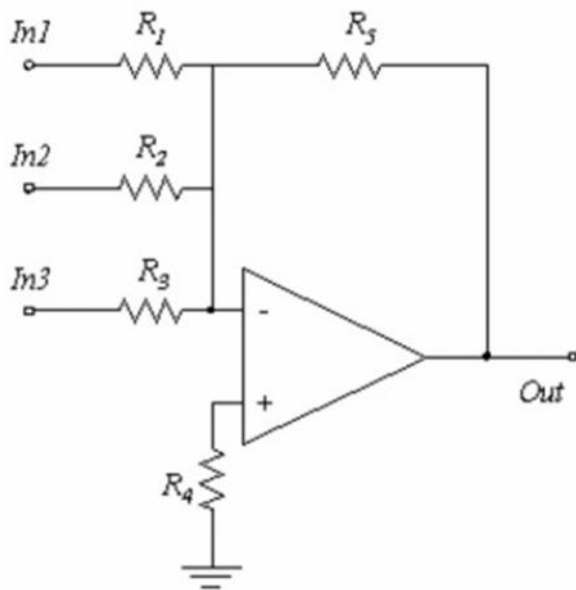


Penguatan dari rangkaian penguat jenis ini

$$V_{out} = V_{in} \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1} \right)$$

Penguat Penjumlah (Dasar DAC)

Penguat penjumlah memiliki ciri khusus yaitu sinyal keluaran merupakan hasil penguatan dari penjumlahan sinyal masukannya. Pada bagian ini dicontohkan penguat penjumlah berdasarkan rangkaian penguat inverteng. Sehingga sinyal keluaran adalah berbeda fasa sebesar 180°. Rangkaian penguat penjumlah merupakan konsep dasar dari rangkaian DAC (Digital To Analog Converter).



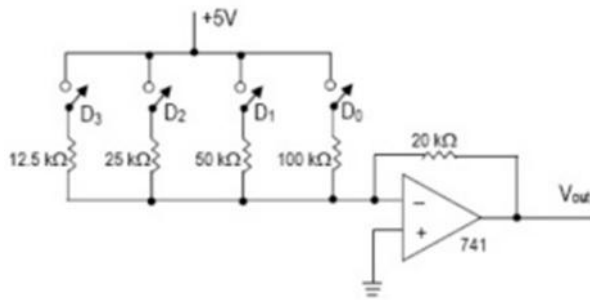
Penguatan dari rangkaian ini dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$V_{out} = (-V_{in1} \frac{R_5}{R_1}) + (-V_{in2} \frac{R_5}{R_2}) + (-V_{in3} \frac{R_5}{R_3})$$

Jenis-Jenis DAC (Digital To Analog Converter)

Binary-Weighted DAC (Digital To Analog Converter)

Suatu rangkaian *Binary-weighted DAC* dapat disusun dari beberapa Resistor dan Operational Amplifier (Op-Amp) seperti gambar berikut.



Rangkaian Binary Weighted DAC

Secara prinsip rangkaian DAC diatas dapat dijelaskan sebagai berikut. Resistor 20 k menjumlahkan arus yang dihasilkan dari penutupan switch-switch D_0 sampai D_3 . Resistor-resistor ini diberi skala nilai sedemikian rupa sehingga memenuhi bobot biner (*binary-weighted*) dari arus yang selanjutnya akan dijumlahkan oleh resistor 20 k . Dengan menutup D_0 menyebabkan arus $50 \mu\text{A}$ mengalir melalui resistor 20 k , menghasilkan tegangan 1111 -1 V pada V_{out} . Penutupan masing-masing switch menyebabkan penggandaan nilai arus yang dihasilkan dari switch sebelumnya. Nilai konversi dari kombinasi penutupan switch ditunjukkan pada tabel berikut.

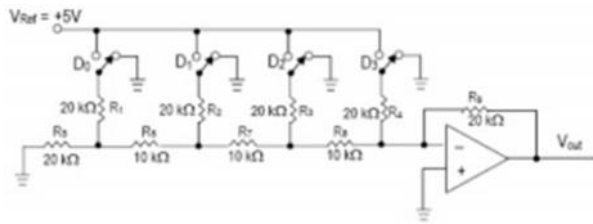
Tabel Output *Binary-Weighted DAC*

Konversi dari nilai digital ke nilai analog berdasarkan rangkaian *Binary Weighted DAC* diatas

D_3	D_2	D_1	D_0	$V_{out} (-V)$
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	0	0	0	8
1	0	0	1	9
1	0	1	0	10
1	0	1	1	11
1	1	0	0	12
1	1	0	1	13
1	1	1	0	14
1	1	1	1	15

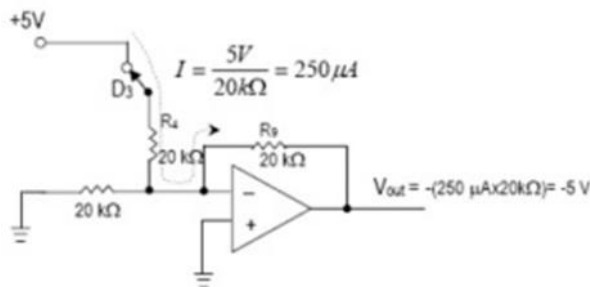
R/2R Ladder DAC (Digital To Analog Converter)

Metode lain dari konversi Digital to Analog adalah R/2R Ladder. Metode ini banyak digunakan dalam IC-IC DAC. Pada rangkaian R/2R Ladder, hanya dua nilai resistor yang diperlukan, yang dapat diaplikasikan untuk IC DAC dengan resolusi 8,10 atau 12 bit. Rangkaian R/2R Ladder ditunjukkan pada gambar berikut.



Rangkaian R/2R Ladder DAC

Prinsip kerja dari rangkaian R/2R Ladder DAC adalah sebagai berikut : informasi digital 4 bit masuk ke switch D₀ sampai D₃. Switch ini mempunyai kondisi “1” (sekitar 5 V) atau “0” (sekitar 0 V). Dengan pengaturan switch akan menyebabkan perubahan arus yang mengalir melalui R₉ sesuai dengan nilai ekivalen biner-nya Sebagai contoh, jika D₀ = 0, D₁ = 0, D₂ = 0 dan D₃ = 1, maka R₁ akan paralel dengan R₅ menghasilkan 10 k . Selanjutnya 10 k ini seri dengan R₆ = 10 k menghasilkan 20 k . 20 k ini paralel dengan R₂ menghasilkan 10 k , dan seterusnya sampai R₇, R₃ dan R₈. Rangkaian ekivalennya ditunjukkan pada gambar 6. V_{out} yang dihasilkan dari kombinasi switch ini adalah -5V.



Rangkaian Ekivalen R/2R Ladder DAC

Untuk mendapatkan V_{out} analog dari rangkaian R/2R Ladder DAC diatas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$V_{out} = (-V_{ref}(R_9/R)) * ((D_0/16) + (D_1/8) + (D_2/4) + (D_3/2))$$

Tabel Output Rangkaian R/2R Ladder DAC

Nilai kombinasi dan hasil konversi rangkaian R/2R Ladder DAC ditunjukkan pada tabel dibawah.

D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	V _{out} (-V)
0	0	0	0	0.000
0	0	0	1	0.625
0	0	1	0	1.250
0	0	1	1	1.875
0	1	0	0	2.500
0	1	0	1	3.125
0	1	1	0	3.750
0	1	1	1	4.375
1	0	0	0	5.000
1	0	0	1	5.625
1	0	1	0	6.250
1	0	1	1	6.875
1	1	0	0	7.500
1	1	0	1	8.125
1	1	1	0	8.750
1	1	1	1	9.375

Tabel diatas merupakan hasil konversi dari nilai digital ke nilai analog berdasarkan rangkaian R/2R Ladder DAC (Digital To Analog Converter).

