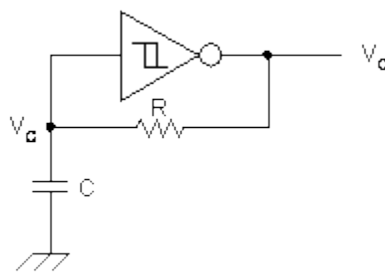


Pada beberapa rangkaian dibutuhkan sederetan pulsa clock dengan frekuensi tertentu. Deretan pulsa clock ini dapat dibangkitkan dengan menggunakan suatu osilator yang dibentuk dengan menggunakan gerbang logika ataupun dengan menggunakan piranti lain seperti LM555 yang pada awalnya dirancang untuk digunakan sebagai pewaktu (*timer*).

Pada beberapa pemakaian, seperti pada jam digital, frekuensi dari osilator ini harus sangat presisi karena ketepatan dari jam ini hanya ditentukan oleh ketepatan dari frekuensi clock. Untuk keperluan seperti ini biasanya digunakan osilator yang menggunakan kristal kwarsa yang memiliki ketepatan dan kestabilan frekuensi yang sangat tinggi.

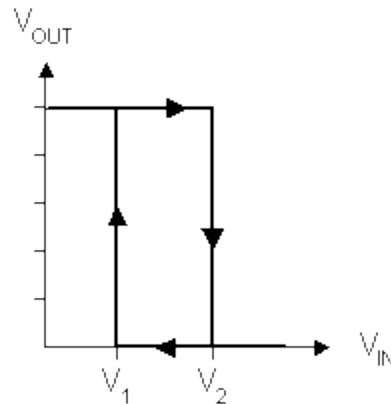
## Osilator RC

Osilator ini menggunakan tahanan dan kapasitor sebagai penentu frekuensinya. Osilator ini sangat mudah untuk dibangun namun memiliki ketelitian frekuensi yang rendah. Rangkaian osilator RC yang paling sederhana dapat dibangun dengan menggunakan satu gerbang seperti yang diperlihatkan pada Gambar



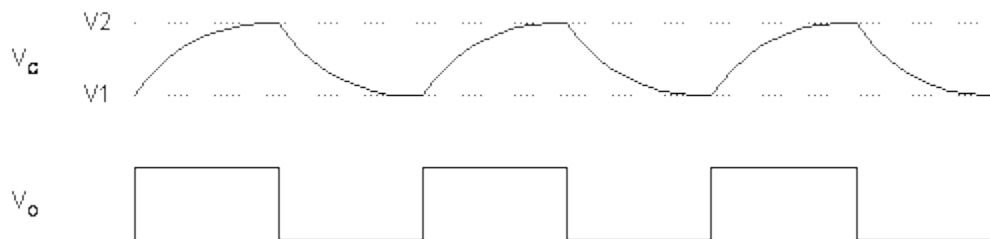
Gambar Rangkaian osilator RC dengan inverter

Inverter yang digunakan adalah inverter yang dilengkapi dengan Schmitt Trigger. Fungsi Schmitt Trigger disini adalah untuk mempercepat transisi tegangan keluaran dan memberi efek hysteresis pada tegangan masukan. Efek hysteresis ini dapat dilihat pada Gambar



Gambar Efek hysteresis pada inverter

Dari Gambar terlihat bahwa keluaran baru akan turun jika masukan melampaui  $V_2$ , yaitu ambang tegangan atas (*upper threshold*). Selanjutnya jika tegangan masukan diturunkan maka keluaran baru akan naik jika masukan lebih rendah dari  $V_1$ , yaitu ambang tegangan bawah (*lower threshold*). Pada awalnya kapasitor belum bermuatan sehingga tegangan jepitnya adalah nol. Pada saat catu daya dinyalakan maka tegangan masukan inverter adalah rendah sehingga keluarannya tinggi. Oleh karena itu arus akan mengalir dari keluaran menuju ke kapasitor  $C$  melalui tahanan  $R$ . Arus ini akan mengisi kapasitor sehingga tegangan jepitnya akan naik perlahan-lahan secara eksponensial. Pada saat tegangan masukan melampaui  $V_2$  maka keluaran akan turun dengan cepat. Karena saat ini tegangan keluaran < tegangan kapasitor maka arus akan mengalir dari kapasitor menuju ke keluaran inverter sehingga kapasitor akan mengalami proses pengosongan. Karena mengalami pengosongan maka tegangan kapasitor akan turun secara perlahan sampai melampaui  $V_1$ , saat mana keluaran inverter akan kembali naik dan kapasitor akan mengalami proses pengisian. Hal ini akan terus berulang sehingga keluaran akan turun dan naik secara beraturan. Hubungan antara tegangan masukan dan keluaran inverter diperlihatkan pada Gambar 8.10.



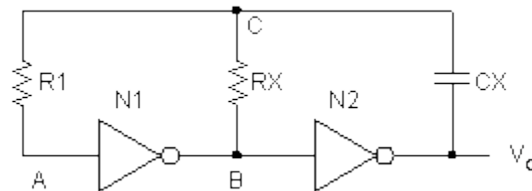
Gambar Bentuk gelombang tegangan masukan dan keluaran inverter

Frekuensi dari osilator ini ditentukan oleh tahanan  $R$ , kapasitor  $C$  dan impedansi masukan dari inverter yang digunakan. Secara umum dapat dikatakan bahwa frekuensi keluaran adalah :

$$f = k \times R \times C$$

dimana  $k$  adalah konstanta yang harus dicari dengan eksperimen. Gerbang TTL yang dapat digunakan pada osilator ini antara lain ialah SN7414 (Hex Schmitt Trigger Inverter) dan SN7413 (Dual 4-input Schmitt Trigger NAND Gate). MC40106 dari keluarga CMOS juga dapat digunakan untuk osilator ini.

Versi lain dari osilator RC adalah yang menggunakan dua gerbang seperti yang diperlihatkan pada Gambar



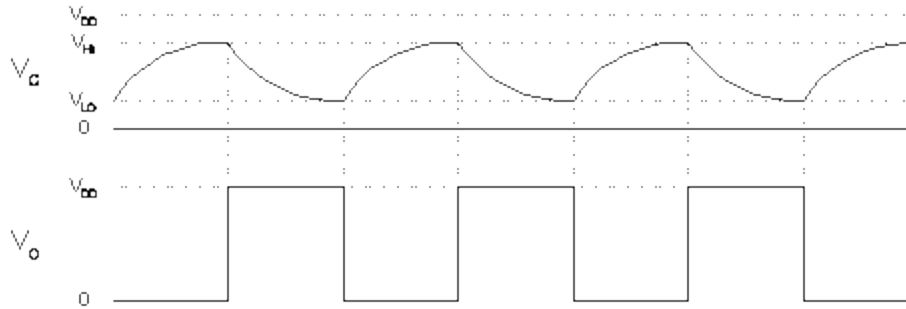
Gambar Rangkaian osilator versi kedua

Pada rangkaian ini gerbang yang digunakan harus gerbang CMOS untuk mendapatkan impedansi masukan yang besar agar arus masukan gerbang tidak mempengaruhi konstanta waktu dari RC. Cara kerja rangkaian ini adalah sebagai berikut :

Misalkan mula-mula kapasitor tidak bermuatan sehingga tegangan jepitnya adalah nol. Jika pada saat catu daya dinyalakan  $V_O = 0$  maka  $V_A$  juga  $= 0$  sehingga  $V_B = V_{DD}$ . Akibatnya kapasitor akan mengalami pengisian dari keluaran N1 melalui RX sehingga tegangan jepit kapasitor dan  $V_C$  akan naik secara perlahan. Karena impedansi masukan dari N1 sangat besar maka tegangan jatuh pada  $R1 \approx 0$  sehingga  $V_A \approx V_C$ . Pada saat  $V_A$  melampaui ambang logika-1 maka  $V_B$  akan turun ke logika-0 sehingga  $V_B \approx 0$  dan  $V_O$  naik ke logika-1 sehingga  $V_O \approx V_{DD}$ . Akibatnya kapasitor akan mengalami proses pengosongan melalui RX. Tegangan jepit kapasitor dipantau oleh N1 melalui R1. Pada saat tegangan ini turun melampaui ambang logika-0 maka keluaran N1 akan beralih ke logika-1 sehingga  $V_B \approx V_{DD}$  dan kapasitor akan mengalami proses pengisian kembali. Hal ini akan terus berulang sehingga  $V_O$  akan merupakan tegangan persegi dengan frekuensi :

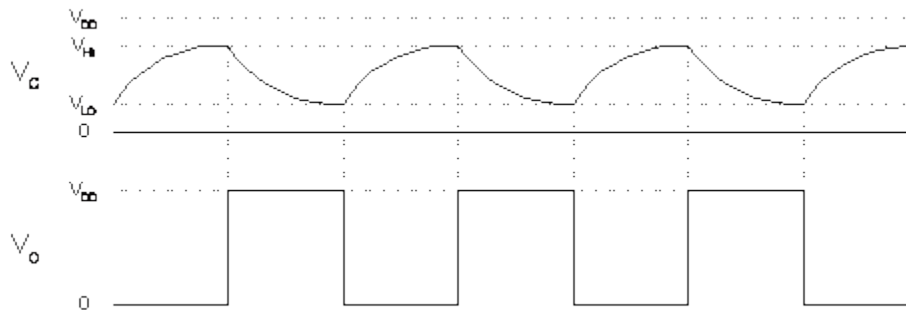
$$f = \frac{1}{2.2 \cdot R_X \cdot C_X}$$

Hubungan antara tegangan kapasitor dengan tegangan keluaran adalah seperti yang diperlihatkan pada Gambar 8.12.



Gambar Hubungan antara tegangan kapasitor dengan tegangan keluaran

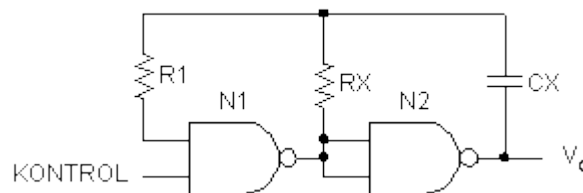
Dengan mengganti gerbang NOT dengan gerbang NAND atau NOR maka rangkaian osilator dapat dikontrol. Dengan adanya kontrol ini maka osilator dapat dinyalakan atau dipadamkan dengan mengatur nilai logika dari satu masukan gerbang. Contoh rangkaian ini adalah seperti yang diperlihatkan pada Gambar 8.13.



Gambar Osilator dengan gerbang NAND

Pada rangkaian ini, gerbang NOT digantikan dengan gerbang NAND. Jika masukan KONTROL diberi logika-1 maka gerbang N1 akan di-*enable* sehingga osilator akan bekerja. Jika kontrol diberi logika-0 maka N1 di-*disable* sehingga keluarannya akan selalu tinggi sehingga osilator tidak bekerja.

Apabila diinginkan, maka rangkaian ini dapat juga diimplementasikan dengan menggunakan gerbang NOR seperti yang diperlihatkan pada Gambar 8.14.

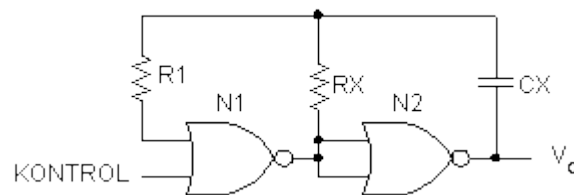


Gambar Osilator dengan gerbang NOR

Pada rangkaian ini, osilator akan bekerja jika masukan kontrol berlogika-0. Jika kontrol berlogika-1 maka keluaran N1 akan selalu rendah sehingga osilator tidak bekerja.

Pada ketiga rangkaian osilator ini, R1 berfungsi agar gelombang tegangan keluaran memiliki  $duty\ cycle = 50\%$ . Yang dimaksud dengan  $duty\ cycle$  adalah perbandingan antara lamanya keluaran berlogika-1 dengan lama satu siklus lengkap. Sebagai contoh, suatu gelombang tegangan dikatakan memiliki  $duty\ cycle$  jika dalam satu siklus selama 1 detik, gelombang tersebut berlogika-1 hanya selama 0,5 detik. Apabila  $duty\ cycle$  sebesar 50% tidak diperlukan maka tahanan R1 dapat diabaikan.

Selain gerbang-gerbang logika, LM555 juga dapat dioperasikan sebagai osilator. Pada penggunaannya sebagai osilator IC ini dirangkai sedemikian rupa agar mampu untuk men-trigger dirinya sendiri. Contoh rangkaiannya adalah seperti yang diperlihatkan pada Gambar 8.15.



Gambar Osilator dengan LM555

Pada osilator ini perioda pengisian kapasitor adalah :

$$T1 = 0,693 \times (R_A + R_B) \times C$$

sedangkan perioda pengosongan kapasitor adalah :

$$T1 = 0,693 \times R_B \times C$$

Frekuensi keluaran dari osilator adalah :

$$f = 1,44 / (R_A + 2R_B) \cdot C$$

sedangkan duty cycle adalah :

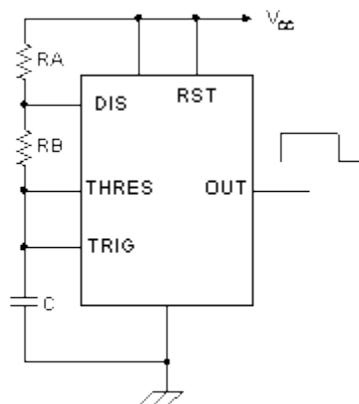
$$D = (R_A + R_B) / (R_A + 2R_B)$$

## Osilator Kristal

Seperti telah dinyatakan sebelumnya, pada beberapa aplikasi dibutuhkan clock dengan frekuensi yang sangat teliti. Clock seperti ini tidak dapat dibangkitkan dengan menggunakan osilator RC karena tingkat ketelitian osilator ini sangat rendah. Sebagai gantinya digunakan osilator kristal. Disebut osilator kristal karena osilator ini menggunakan kristal kwarsa sebagai komponen penentu frekuensinya. Kristal kwarsa memiliki frekuensi resonan yang ditentukan oleh ketebalannya. Umumnya frekuensi resonannya berbanding terbalik dengan ketebalannya.

Kelebihan dari kristal ini ialah frekuensi resonannya sangat akurat dan hanya sedikit terpengaruh oleh suhu ataupun komponen eksternal. Oleh karena itu kristal ini sangat banyak digunakan pada peralatan yang membutuhkan osilator dengan frekuensi yang teliti. Salah satu alat yang paling sering menggunakan osilator kristal adalah jam. Ketelitian dari jam ditentukan oleh ketelitian frekuensi clock yang meng-increment-nya. Jika frekuensi clock keitnggian maka jam akan menjadi terlalu cepat. Sebaliknya jika frekuensi clock terlalu rendah maka jam akan terlalu lambat. Oleh karena itu dibutuhkan osilator yang dapat membangkitkan pulsa clock yang sangat teliti agar jam tidak terlalu cepat atau terlalu lambat.

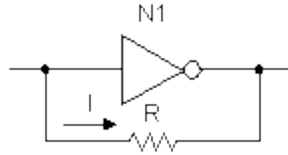
Osilator kristal dapat dibangun dengan menggunakan gerbang TTL ataupun CMOS. Pada penggunaannya sebagai osilator kristal, gerbang-gerbang yang digunakan dipaksa untuk bekerja didaerah liniernya yang umumnya harus dihindari jika gerbang-gerbang ini digunakan sebagai perangkat logika. Agar dapat berosilasi gerbang-gerbang ini harus bersifat sebagai penguat linier. Hal ini dapat dicapai dengan memberikan umpanbalik dari keluaran ke masukan suatu gerbang melalui sebuah tahanan, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 8.16.



Gambar Contoh penggunaan umpanbalik pada suatu inverter

Jika keluaran inverter rendah maka arus akan mengalir dari masukan ke keluaran melalui R sehingga memaksa masukan untuk turun ke logika-0. Sebaliknya jika keluaran tinggi maka arus akan mengalir dari keluaran ke masukan melalui R sehingga memaksa masukan untuk naik ke logika-1. Demikian seterusnya sampai tercapai keadaan steady state dimana masukan tidak rendah dan tidak tinggi, sehingga gerbang bekerja pada daerah liniernya.

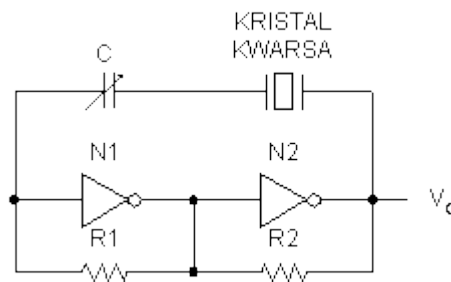
Nilai tahanan umpanbalik harus disesuaikan dengan jenis gerbang yang digunakan. Nilai ini harus dipilih agar tegangan keluaran gerbang kira-kira setengah tegangan catu. Dengan demikian maka kisar naik dari tegangan keluaran akan sama dengan kisar turunnya. Contoh rangkaian osilator kristal dengan gerbang TTL dapat dilihat pada Gambar 8.17.



Gambar Osilator kristal dengan gerbang TTL

Pada contoh ini digunakan dua buah inverter untuk mendapatkan umpanbalik positif. Masing-masing inverter diberi umpanbalik negatif melalui sebuah tahanan. Kristal kwarsa dihubungkan seri dengan sebuah kapasitor variabel antara keluaran dengan masukan osilator. Fungsi kapasitor variabel disini ialah untuk menala frekuensi agar benar-benar sesuai dengan yang diinginkan dan sekaligus membatasi arus eksitasi dari kristal.

Jika menggunakan gerbang CMOS maka umumnya rangkaian osilator yang digunakan adalah osilator Collpits, dimana kapasitor digunakan pembagi tegangan kapasitip. Contoh rangkaian ini dapat dilihat pada Gambar 8.18.



Gambar Osilator kristal dengan gerbang CMOS

Inverter N1 dioperasikan sebagai penguat linier dengan memberi umpanbalik negatif melalui tahanan R. Kapasitor C1 dan C2 berfungsi sebagai pembagi tegangan kapasitip. Inverter N2 berfungsi sebagai penyangga agar N1 tidak dibebani oleh beban osilator.

Agar dapat beresilasi maka tegangan masukan atau umpanbalik dari osilator ini harus :

$$V_{IN} \approx V_O / A_V$$

dimana  $A_V$  : adalah faktor penguatan tegangan dari gerbang

Jika  $A_V = 1$  maka  $V_{IN} \approx V_O$

Agar  $V_{IN} = V_O$  maka  $C1 = C2$

Fungsi kapasitor variabel C adalah untuk menala osilator dan membatasi arus eksitasi dari kristal. Pada rangkaian osilator ini nilai C1 dan C2 biasanya lebih kecil dari 47 pF agar tidak mempengaruhi frekuensi resonan dari kristal. Nilai tahanan R harus dipilih sedemikian rupa agar

tegangan keluaran mendekati  $V_{DD}/2$  pada saat osilator tidak bekerja. Dengan demikian maka tegangan keluaran dapat naik dan turun dengan simpangan yang sama.