

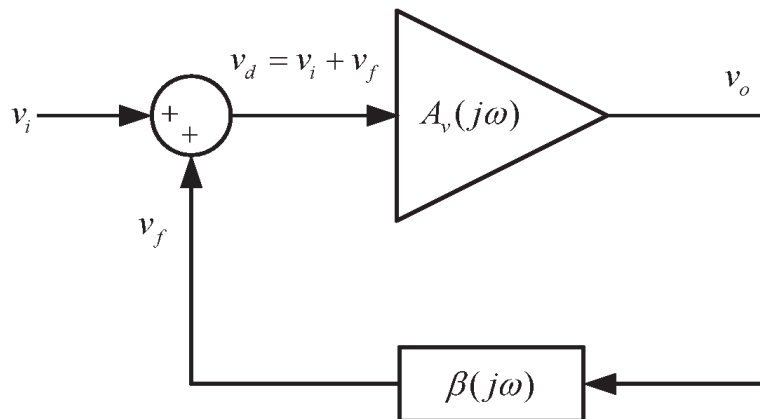
BAB II

Tinjauan Pustaka

II.3. Teori Pendukung

II.3.1. Osilator

Osilator adalah suatu rangkaian elektronik yang menghasilkan sinyal listrik secara periodic dengan amplitudo yang konstan. Gelombang sinyal yang dihasilkan dapat berbentuk gelombang sinusoidal, gelombang kotak, dan gelombang gigi gergaji.



Gambar II.1. Rangkaian feedback osilator [10]

Pada gambar II.1 terjadi penjumlahan antara input dan nilai *feedback* dari rangkaian.

Dari gambar II.1 diketahui persamaan :

$$v_o(j\omega) = A(j\omega)v_d(j\omega) \quad (2-1)$$

$$v_f(j\omega) = \beta(j\omega)v_o(j\omega) \quad (2-2)$$

Maka dengan persamaan (2.1) dan (2.2) maka diperoleh :

$$v_o(j\omega) = A(j\omega)\beta(j\omega)v_f(j\omega) \quad (2-3)$$

Agar V_0 konstan maka harus terpenuhi :

$$A(j\omega)\beta(j\omega) = 1 \angle n \cdot 360^\circ \quad (2-4)$$

Dimana $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

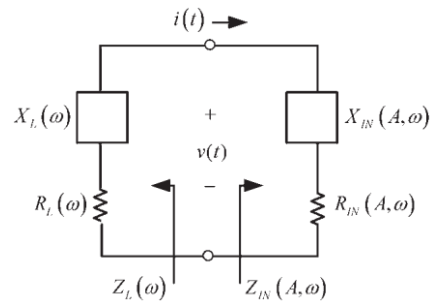
Persamaan (2-4) adalah kriteria Barkhausen [10], yaitu keadaan osilasi akan terpenuhi jika :

1. Pergeseran fasa lewat penguat dan rangkaian *feedback* harus sebesar 360° atau 2π radian.
2. Besarnya perolehan penguat dan rangkaian *feedback* harus sama dengan satu.

II.3.2. Osilator Resistansi Negatif

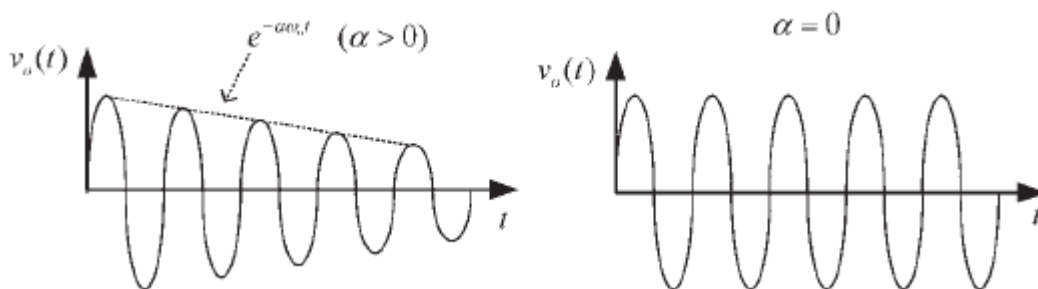
Salah satu metode yang sering digunakan untuk merancang osilator adalah metode resistansi negatif karena metode ini sering digunakan untuk analisa dan desain osilator *microwave*. Apabila sebuah perangkat aktif digunakan untuk menyuplai energi yang memiliki besar sama dengan disipasinya, maka pada rangkaian ini memungkinkan dibuat osilator [10].

II.3.2.1. One-Port Osilator Resistansi Negatif



Gambar II.2 Model rangkaian resistansi negatif [10]

Dari gambar II.2 terdapat tiga kemungkinan yang dapat terjadi. Kemungkinan pertama terjadi osilasi yang tidak stabil dengan amplitudo yang semakin membesar, kedua tidak akan terjadi osilasi, dan ketiga akan terjadi osilasi [10] seperti pada gambar II.3.



Gambar II.3 Respon osilator [10]

Impedansi input akan memenuhi persamaan :

$$Z_{in}(A, \omega) = R_{in}(A, \omega) + jX_{in}(A, \omega) \quad (2-5)$$

A adalah amplitudo dari $i(t)$ dan nilai :

$$R_{in}(A, \omega) < 0 \quad (2-6)$$

Sedangkan impedansi beban :

$$Z_L(\omega) = R_L(\omega) + jX_L(\omega) \quad (2-7)$$

Keadaan yang dapat terjadi diantaranya :

- Tidak akan terjadi osilasi apabila resistansi total tidak sama dengan nol, tetapi bernilai positif :

$$R_L(\omega) + R_{in}(A, \omega) > 0 \quad (2-8)$$

b. Akan terjadi osilasi bila memenuhi persamaan :

$$Z_{in}(A_0, \omega_0) + Z_L(\omega_0) = 0 \quad (2-9)$$

Jika persamaan (2-6) dan persamaan (2-7) disubstitusikan ke persamaan (2-9) maka diperoleh :

$$R_L(\omega_0) + R_{in}(A_0, \omega_0) > 0 \quad (2-10)$$

Dan

$$X_{in}(A_0, \omega_0) + X_L(\omega_0) = 0 \quad (2-11)$$

c. Akan terjadi osilasi yang tidak stabil dengan amplitudo yang semakin membesar, keadaan tersebut terjadi apabila :

$$R_L(\omega) + R_{in}(A, \omega) < 0 \quad (2-12)$$

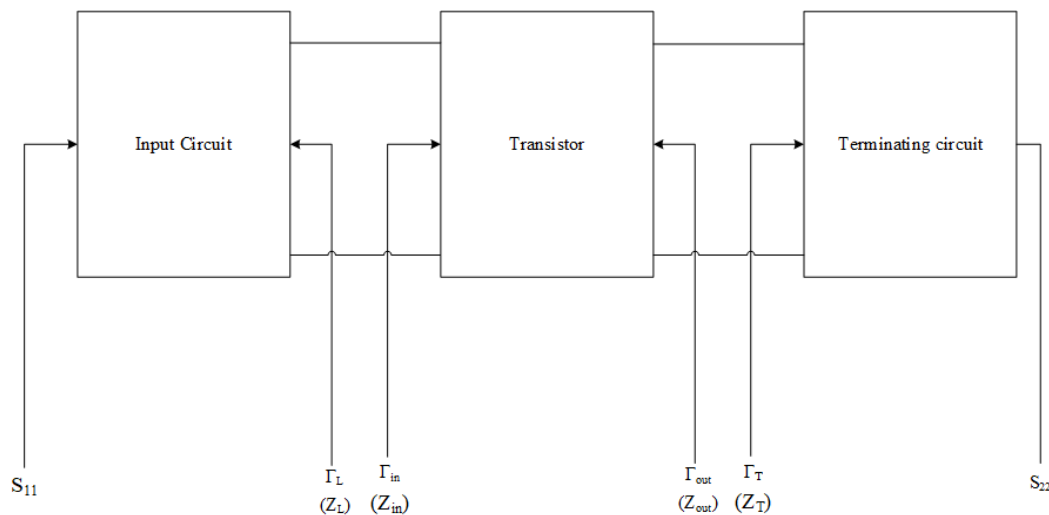
Karena nilai :

$$|R_{in}(A, \omega)| > R_L(\omega) \quad (2-13)$$

Untuk mendesain sebuah osilator dengan resistansi negatif, maka keadaan awal yang harus terpenuhi adalah :

$$|R_{in}(0, \omega)| > R_L(\omega) \quad (2-14)$$

II.3.2.2. Two-Port Osilator Resistansi Negatif dan Rangkaian Terminasi



Gambar II.4 Two-Port Osilator model

Osilator dengan penguat transistor dapat dimodelkan dengan rangkaian *two-port* seperti gambar II.4. Saat *input port* berosilasi maka *terminating port* juga ikut berosilasi. *Input port* akan berosilasi jika memenuhi keadaan :

$$\Gamma_{in}\Gamma_L = 1 \quad (2-15)$$

Dengan nilai

$$\Gamma_{in} = \frac{S_{11} - \Delta\Gamma_T}{1 - S_{22}\Gamma_T} \quad (2-16)$$

$$\Gamma_L = \frac{1}{\Gamma_{in}} = \frac{1 - S_{22}\Gamma_T}{S_{11} - \Delta\Gamma_T} \quad (2-17)$$

Saat terjadi osilasi :

$$\Gamma_{out} = \frac{S_{22} - \Delta\Gamma_T}{1 - S_{11}\Gamma_T} \quad (2-18)$$

Dan memenuhi persamaan :

$$\Gamma_{out}\Gamma_T = 1 \quad (2-19)$$

Dengan :

$$\Gamma_{out} = \frac{1}{\Gamma_T} \frac{S_{22} - \Delta\Gamma_T}{1 - S_{11}\Gamma_T} \quad (2-20)$$

Terdapat beberapa langkah dasar dalam merancang osilator dengan model *two-port*, yaitu [10] :

1. Penggunaan *potential unstable* transistor pada frekuensi yang diinginkan
2. Desain *terminating network* untuk membuat $|\Gamma_{in}| > 1$. Seri atau *shunt feedback* dapat digunakan untuk meningkatkan $|\Gamma_{in}|$.
3. Desain load network untuk meresonansi Z_{in} , pastikan bahwa osilator bekerja pada kondisi stabil.

Pergunakan persamaan :

$$X_L(\omega_0) = -X_{in}(\omega_0) \quad (2-21)$$

Sedangkan nilai resistansi beban yaitu :

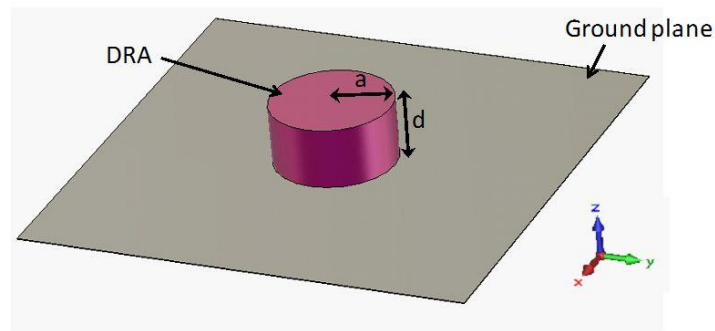
$$R_L = \frac{|R_{in}(0, \omega)|}{3} \quad (2-22)$$

II.3.3. Dielektrik Resonator Osilator

Dielektrik resonator adalah sepotong bahan dengan konstanta dielektrik tinggi, biasanya berbentuk *disk*, yang berfungsi sebagai resonator *microwave*. Frekuensi resonansinya ditentukan oleh dimensi fisik keseluruhan dari resonator dan konstanta dielektrik material.

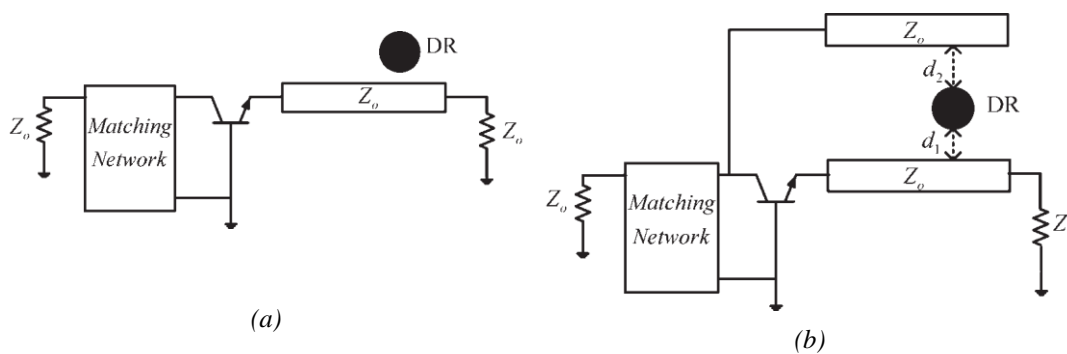
$$f_{GHz} = \frac{34}{\alpha_{mm} + \sqrt{\epsilon_r}} \left(\frac{\alpha}{L} + 3.45 \right) \quad (2-23)$$

Dielektrik resonator digunakan karena Q tinggi jika dibandingkan dengan *lumped element*, Q yang dihasilkan hingga orde ribuan. Material ini *compact* dan lebih mudah diintegrasikan dengan sirkuit planar dan memiliki stabilitas suhu yang sangat baik.



Gambar II.5 Penempatan Dielektrik Resonator di mikrostrip

Ada banyak konfigurasi osilator menggunakan *common source (emitter)*, *common gate (base)*, atau *common drain (collector)* baik menggunakan transistor BJT atau FET, selain penggunaan opsional seri atau *shunt element* untuk meningkatkan ketidakstabilan perangkat. Sebuah resonator dielektrik dapat dimasukkan ke dalam sirkuit untuk memberikan stabilitas frekuensi baik menggunakan konfigurasi paralel atau seri seperti pada gambar II.6



Gambar II.6 (a) DRO menggunakan umpan balik seri (b) DRO menggunakan umpan balik paralel

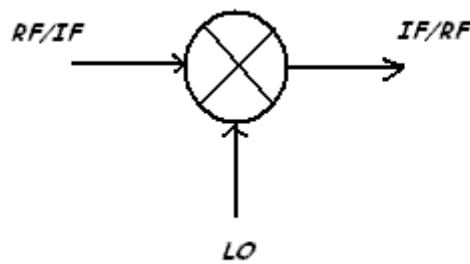
Konfigurasi paralel menggunakan resonator digabungkan ke dua baris mikrostrip, berfungsi sebagai filter *high-Q bandpass* yang mengkopel sebagian dari output transistor kembali ke input. Jumlah kopling dikendalikan oleh jarak antara resonator dan garis, dan fase dikendalikan oleh panjang garis. Konfigurasi umpan balik seri sederhana, hanya menggunakan mikrostrip *feedline* tunggal, tapi biasanya tidak mempunyai berbagai tuning selebar yang diperoleh dengan umpan balik paralel. Desain osilator menggunakan umpan balik paralel paling mudah dilakukan dengan menggunakan software, tapi DRO menggunakan umpan balik seri dapat dirancang dengan menggunakan prosedur yang sama dengan *two-port oscillator*.

II.3.4. Mixer

Mixer adalah sebuah perangkat tiga port yang terdiri dari port *Local Oscillator (LO)*, *Radio Frequency (RF)*, dan *Intermediate Frequency (IF)*. Port LO dikendalikan oleh sebuah osilator

lokal yang memiliki sinyal tinggi dengan amplitudo yang tetap [1]. Rangkaian mixer adalah rangkaian yang berfungsi untuk mencampur beberapa sinyal masukan, yaitu sinyal informasi dan sinyal *carrier* dan menghasilkan sinyal baru. Output dari mixer dapat berupa :

- Penjumlahan frekuensi dari kedua input tersebut (proses *up-conversion*)
- Selisih frekuensi dari kedua input tersebut (proses *down-conversion*)
- Kedua input tersebut
- Sinyal yang tidak diinginkan (frekuensi harmonisa)



Gambar II.7 Mixer

Proses pencampuran kedua sinyal dapat dijelaskan secara matematis seperti dibawah ini:

$$v_i(t) = A_i \sin 2\pi f_i t \quad (2-24)$$

begitu pula dengan sinyal pembawa lokal (f_c)

$$v_c(t) = A_c \sin 2\pi f_c t \quad (2-25)$$

proses pencampuran dihasilkan dengan proses pengkalian kedua input tersebut sesuai dengan rumus :

$$v_c(t)v_i(t) = \frac{A_i A_c}{2} (\cos 2\pi(f_i - f_c)t - \cos 2\pi(f_i + f_c)t) \quad (2-26)$$

Ada dua proses yang terjadi yaitu penjumlahan frekuensi atau *up-conversion* dan pengurangan frekuensi atau *down-conversion*. Untuk merealisasikan proses pencampuran tersebut, dibutuhkan suatu rangkaian yang dapat mengalikan kedua input masukan. Setidaknya ada 3 teknik yang dapat dipertimbangkan untuk merancang, yaitu :

- Menggunakan Gilbert cell active mixer,
- Menggunakan rangkaian yang berbasis pada nonlinier komponen berupa dioda-Schottky, dan
- FET sebagai *transconductance mixer*.

II.3.4.1. Mixer pasif dan mixer aktif

Mixer dapat diklasifikasin berdasarkan catu daya DC yang digunakan :

- Mixer Pasif

Mixer pasif yang juga dikenal sebagai *switching mixer* memiliki konstruksi sederhana. Mixer ini tidak memerlukan daya DC. Mixer ini menghasilkan *conversion loss* dan bukan *conversion gain* dikarenakan tidak adanya bagian *transconductance*.

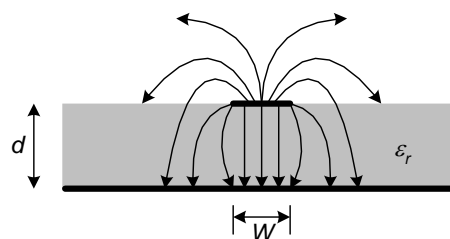
Mixer pasif memerlukan *switching* yang baik dengan resistansi minimum untuk mengecilkan *conversion loss*. Sama halnya dengan *switch* harus memiliki resistansi tinggi ketika matik. Salah satu kekurangan mixer ini adalah dibutuhkan sinyal drive LO untuk membuat switch on atau off. Transistor MOS merupakan switch yang sangat bagus untuk aplikasi frekuensi tinggi. Saat MOS on, transistor ini beroperasi dalam daerah triode dan ketika off bekerja pada daerah *cutoff*.

b. Mixer Aktif

Mixer aktif terdiri dari 2 proses, proses *switching* dan proses *transconductance* serta membutuhkan catu daya DC. Mixer aktif bisa dalam bentuk *single ended* maupun *double ended*. Mixer aktif yang biasa dirancang adalah mixer Gilbert Cell. Karena rangkaian ini aktif, maka proses *transconductance* memberikan voltage gain namun *noise figure* yang dihasilkan semakin besar. Karakteristik non-linier pada proses *transconductance* menurunkan semua kelinieritas mixer aktif.

II.3.5. Saluran Mikrostrip

Saluran mikrostrip terdiri dari konduktor strip (*line*) dan sebuah konduktor bidang tanah yang dipisahkan oleh medium dielektrik dengan konstanta dielektrik. Di atas strip adalah udara sehingga jika tanpa shielding sebagian medan elektromagnetik akan meradiasi, sebagian lagi ada yang masuk kembali ke dalam substrat dielektrik. Jadi ada dua dielektrik yang melingkupi strip: udara dengan konstanta dielektrik satu dan substrat dengan konstanta dielektrik $\epsilon_r > 1$. Dengan demikian saluran mikrostrip, secara keseluruhan, dapat dipandang sebagai sebuah saluran dengan dielektrik homogen yang lebih besar dari satu tapi lebih kecil dari ϵ_r . Konstanta dielektrik ini disebut konstanta dielektrik efektif [11].



Gambar II.8 Pola medan listrik pada saluran mikrostrip [11]

Pendekatan yang mudah untuk menganalisis karakteristik saluran, adalah dengan, mula-mula, menganggap medium yang memisahkan kedua konduktor adalah udara. Pada kasus ini

bidang tanah bertindak sebagai cermin sehingga kita punya saluran yang lebarnya sama dan berjarak $2d$ satu sama lain. Kemudian dicari kapasitansi terdistribusi antara kedua saluran ini, kita sebut C_0 . Konstanta dielektrik efektif adalah perbandingan antara kapasitansi terdistribusi saluran dengan dielektrik terhadap C_0 . Jadi konstanta dielektrik efektif,

$$1 < \varepsilon_e = \frac{C}{C_0} < \varepsilon_r \quad (2-27)$$

Pada frekuensi rendah, kapasitansi terdistribusi C_0 , dicari dengan teknik pemetaan konformal, yaitu

$$C_0 = \begin{cases} \frac{2\pi\varepsilon_0}{\ln\left(\frac{8d}{W} + \frac{W}{4d}\right)} & W/d \leq 1 \\ \varepsilon_0 \left[\frac{W}{d} + 1,393 + 0,667 \ln\left(\frac{W}{d} + 1,444\right) \right] & W/d > 1 \end{cases} \quad (2-28)$$

Konstanta dielektrik efektif

$$\varepsilon_e = \begin{cases} \frac{\varepsilon_r + 1}{2} + \frac{\varepsilon_r - 1}{2} \left(\left[1 + \frac{12d}{W} \right]^{-1/2} + 0,04 \left[1 - \frac{W}{d} \right]^2 \right) & W/d \leq 1 \\ \frac{\varepsilon_r + 1}{2} + \frac{\varepsilon_r - 1}{2} \left[1 + \frac{12d}{W} \right]^{-1/2} & W/d > 1 \end{cases} \quad (2-29)$$

dan impedansi karakteristik

$$Z_0 = \begin{cases} \frac{60}{\sqrt{\varepsilon_e}} \ln\left(\frac{8d}{W} + \frac{W}{4d}\right) & W/d \leq 1 \\ \frac{120\pi/\sqrt{\varepsilon_e}}{W/d + 1,393 + 0,667 \ln(W/d + 1,444)} & W/d > 1 \end{cases} \quad (2-30)$$

Untuk keperluan perancangan, jika diketahui impedansi karakteristik Z_0 dan konstanta dielektrik ε_r , lebar strip dapat dicari dari

$$\frac{W}{d} = \begin{cases} \frac{8e^A}{e^{2A} - 2} & W/d < 2 \\ \frac{2}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\varepsilon_r - 1}{2\varepsilon_r} \left(\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\varepsilon_r} \right) \right] & W/d > 2 \end{cases} \quad (2-31)$$

dengan

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\varepsilon_r + 1}{2}} + \frac{\varepsilon_r - 1}{\varepsilon_r + 1} \left(0,23 + \frac{0,11}{\varepsilon_r} \right) \quad (2-32)$$

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\varepsilon_r}} \quad (2-33)$$