

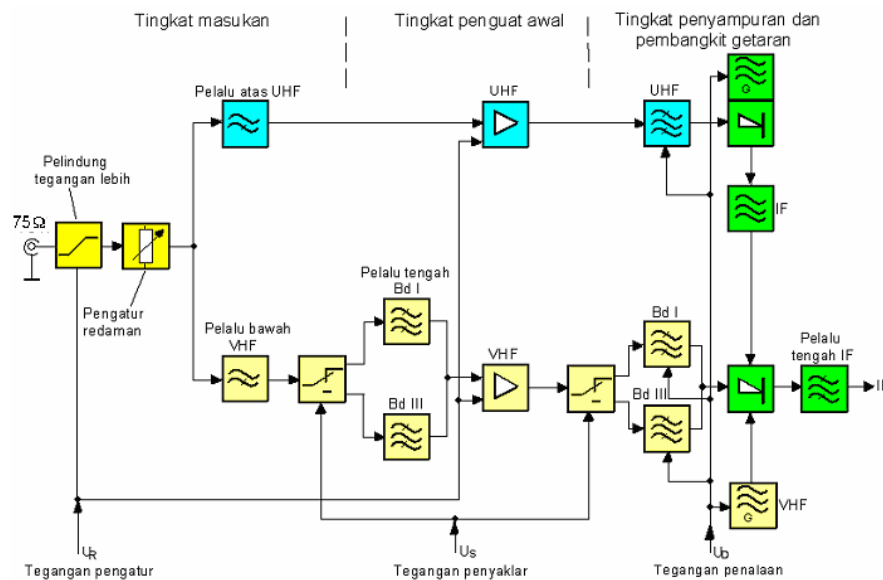
6.4 Rangkaian Televi

Pendahuluan

Rangkaian penerima televisi warna pada prinsipnya terdiri dari bagian pengolah gambar dan warna, bagian sinkronisasi dan pembelokan bintik elektron serta bagian pengolahan suara. Pengolahan gambar adalah pengolahan sinyal luminansi yang berupa efek lumen gelap terang, sedangkan warna adalah pengolahan warna primer merah, hijau dan biru dan menggabungkan warna-warna primer menjadi nuansa warna seperti warna aslinya. Untuk menampilkan gambar dipergunakan tabung gambar. Tabung gambar ada dua jenis yaitu tabung gambar dengan kedok bercelah dan tabung gambar dengan kedok berlubang.

6.4.1 Penala (Tuner)

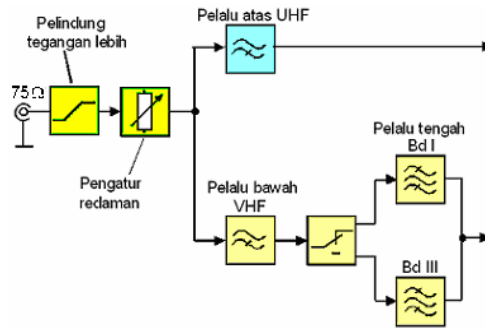
Untuk penerima televisi ditetapkan bahwa daerah VHF adalah pada band-I (47MHz - 68MHz) dan band III (174MHz - 233MHz), dan daerah UHF adalah band-IV/V (470MHz - 854MHz). Tugas penala adalah memilih salah satu dari frekuensi - frekuensi pada band dan merubahnya menjadi frekuensi 38,9MHz untuk pembawa gambar dan 33,4MHz untuk pembawa suara.



Gambar 6.63 Rangkaian Penala

Penala terdiri dari tiga bagian utama yaitu tingkat masukan, tingkat penguat awal, tingkat pencampur dan pembangkit getaran. Masing-masing bagian dijelaskan seperti berikut ini:

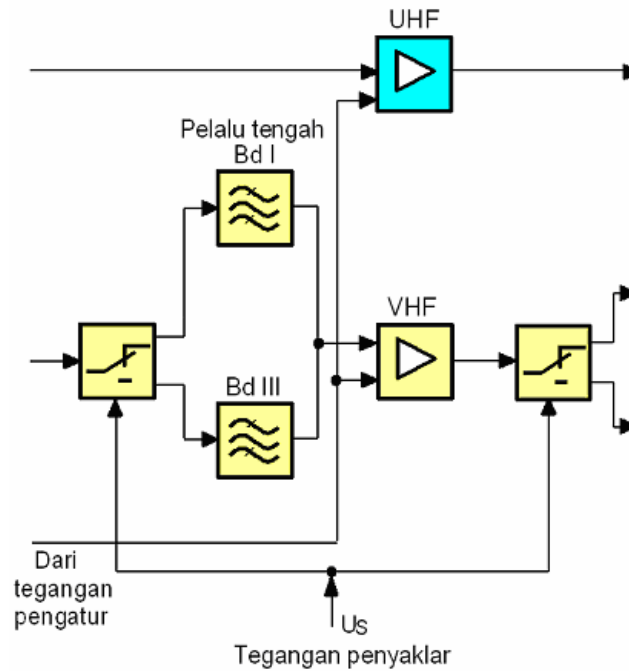
Tingkat Masukan



Gambar 6.64 Tingkat masukan penala

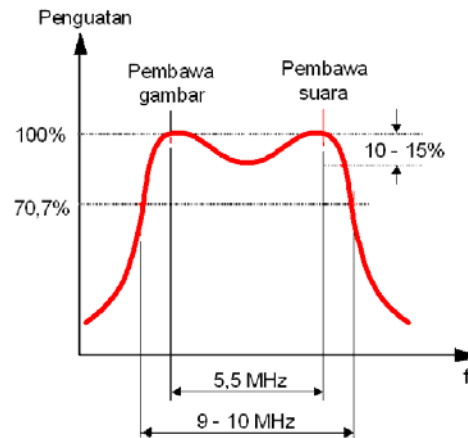
Sinyal antenna sampai pada masukan penala 75Ω tidak simetris. pelindung tegangan lebih pada masukan penala menghindari tegangan lebih, misalnya pada saat ada petir. Didalam pengatur redaman, jika perlu sinyal diperlemah untuk menghindari pengendalian lebih pada tingkat penguat berikutnya. Kemudian memasuki penyaring masukan. Sinyal dipisahkan dalam jangkauan frekuensi VHF dan UHF.

Tingkat Penguat Awal



Gambar 6.65 Tingkat penguat awal

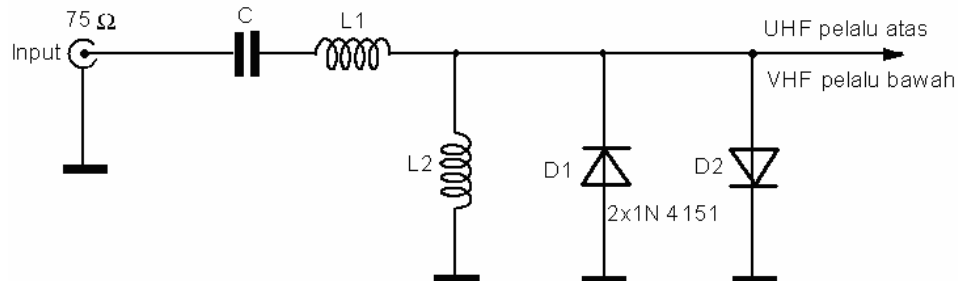
Dengan bantuan saklar elektronik dan pelalu tengah (band pass) jangkauan frekuensi VHF dipisah satu sama lain ke alam band I dan III.



Gambar 6.67 Kurva laluan rangkaian penala

Pelindung Tegangan Lebih (Kejut)

Pada saat badai petir dan pengosongan muatan di atmosfer, pulsa tegangan sangat tinggi dapat sampai ke dalam penala melalui antena. Tegangan ini dapat merusakkan komponen terutama transistor tingkat penguat awal.. Namun dengan rangkaian dibawah tegangan seperti ini dapat dikesampingkan.

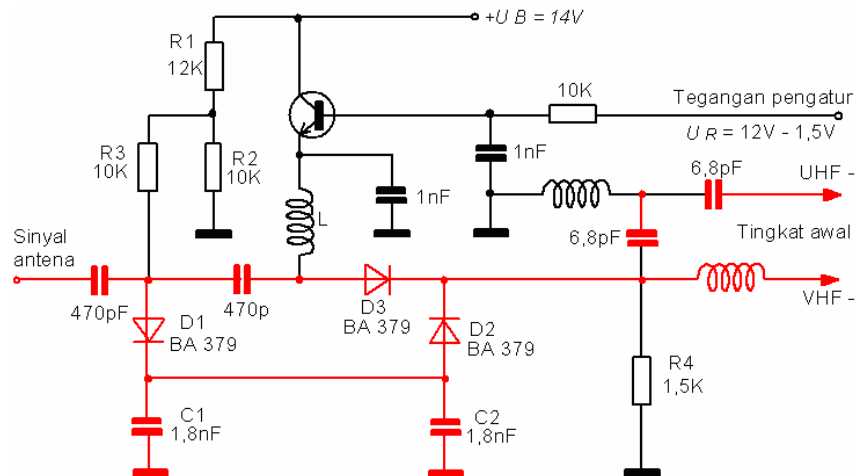


Gambar 6.68 Rangkaian pelindung tegangan lebih

D1 dan D2 mengalirkan arus tergantung polaritas tegangan pulsa. Kapasitor C mengisi muatan. Setelah itu kapasitor mengosongkan muatan melalui kumparan L1 dan L2.

Pengatur Redaman

Penala dilindungi dari pengendalian lebih melalui rangkaian peredam. Faktor redamnya sangat kecil pada tegangan antena kecil dan akan besar pada tegangan antena yang besar. Untuk ini digunakan dioda PIN. Dioda ini mempunyai tahanan pada arah maju sangat tergantung pada arus. Perubahannya antara 1Ω (10 mA) sampai $20k\Omega$ ($1\mu A$).

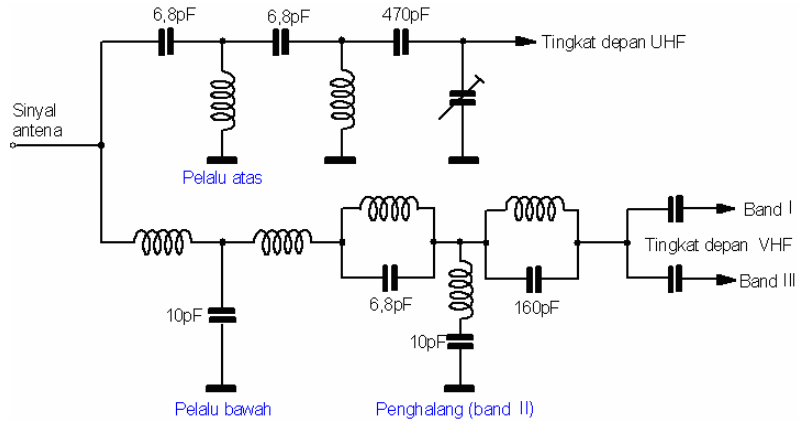


Gambar 6.69 Rangkaian pengatur redaman

Dioda PIN didalam rangkaian pengatur redaman membentuk rangkaian redaman dalam rangkaian π . Transistor dalam rangkaian ini bertugas sebagai pengubah impedansi antara pembangkit tegangan pengatur dan rangkaian pengatur dioda PIN. Jika pada basis transistor terdapat tegangan $U_R = +12V$, transistor menghantar, sehingga terjadi aliran arus dari $+U_B$ melalui transistor, kumparan L, dioda PIN D3 dan melalui R4. Pada R4 terdapat tegangan searah sehingga D1 dan D2 tidak menghantar. Karena D3 menghantar, maka faktor redaman rangkaian ini sangat kecil. Jika pada basis hanya terdapat tegangan pengatur yang kecil, misal $U_R = 1,5V$ transistor tidak menghantar. Sehingga lingkaran arus searahnya menjadi : dari $+U_B - R_1 - R_3 - D_1 - D_2 - R_4 - \text{ground}$. D3 tidak menghantar, D1 dan D2 menghantar sehingga sinyal antenna akan dialirkan ke ground melalui C1 dan C2. Dalam keadaan ini faktor redaman rangkaian ini sangat besar. Dengan bervariasinya tegangan pengatur dari 12V sampai 1,5V maka faktor redamannya juga akan bervariasi.

Penyaring Masukan

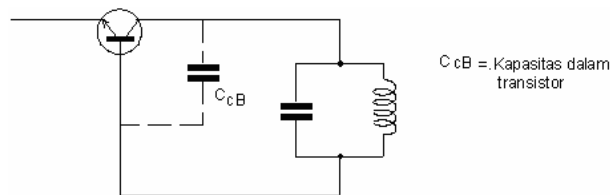
Setelah melalui rangkaian pelindung dan pengatur redaman sinyal antenna harus dipisahkan kedalam bagian VHF dan UHF. Pada Gambar 6.70 dibawah, sinyal antenna dengan Frekuensi diatas 430MHz akan sampai ditingkat depan UHF melalui pelalu atas UHF yang terdiri dari dua rangkaian C L dan pembagi kapasitip. Sinyal antenna VHF dengan frekuensi dibawah 230MHz akan melewati rangkaian pelalu bawah L C L. Untuk mengurangi gangguan dari bandII (siaran radio FM) diletakkan penghalang bandII didalam rangkaian VHF. Setelah itu sinyal VHF melalui pelalu band (bandpass) band I / III sampai pada tingkat depan VHF.



Gambar 6.70 Rangkaian penyaring masukan

Tingkat Penguat Depan

Tugas penguat depan adalah menguatkan sinyal yang datang dari penyaring masukan, karena yang harus diproses adalah frekuensi tinggi, rangkaian dasar transistor untuk penerapan frekuensi rendah tidak dapat digunakan lagi. Kapasitansi dalam transistor mempengaruhi rangkaian. Masalah utama adalah: osilasi yang tidak diinginkan dan desis. Untuk menghindari osilasi yang tidak diinginkan, rangkaian masukan dan keluaran dari penguat harus dipisahkan secara baik. Untuk mencapai itu sering digunakan rangkaian basis bersama.



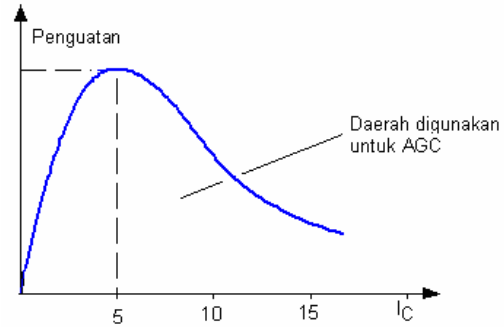
Gambar 6.71 Rangkaian basis bersama

Pada konfigurasi ini, kapasitor antara kolektor-basis tidak mengumpan balikkan sinyal keluaran ke masukan, sebab basis dihubungkan ke tanah.

Kebutuhan utama untuk tingkat masukan :

- Penguatan tinggi, Band I \cong 8 dB, Band II \cong 12 dB, UHF \cong 14 dB
- Desis rendah (kepekaan).

Jika tingkat penguat awal digunakan sebagai pengatur penguatan otomatis (AGC) maka pengaturan penguatan untuk arus kolektor yang lebih besar.

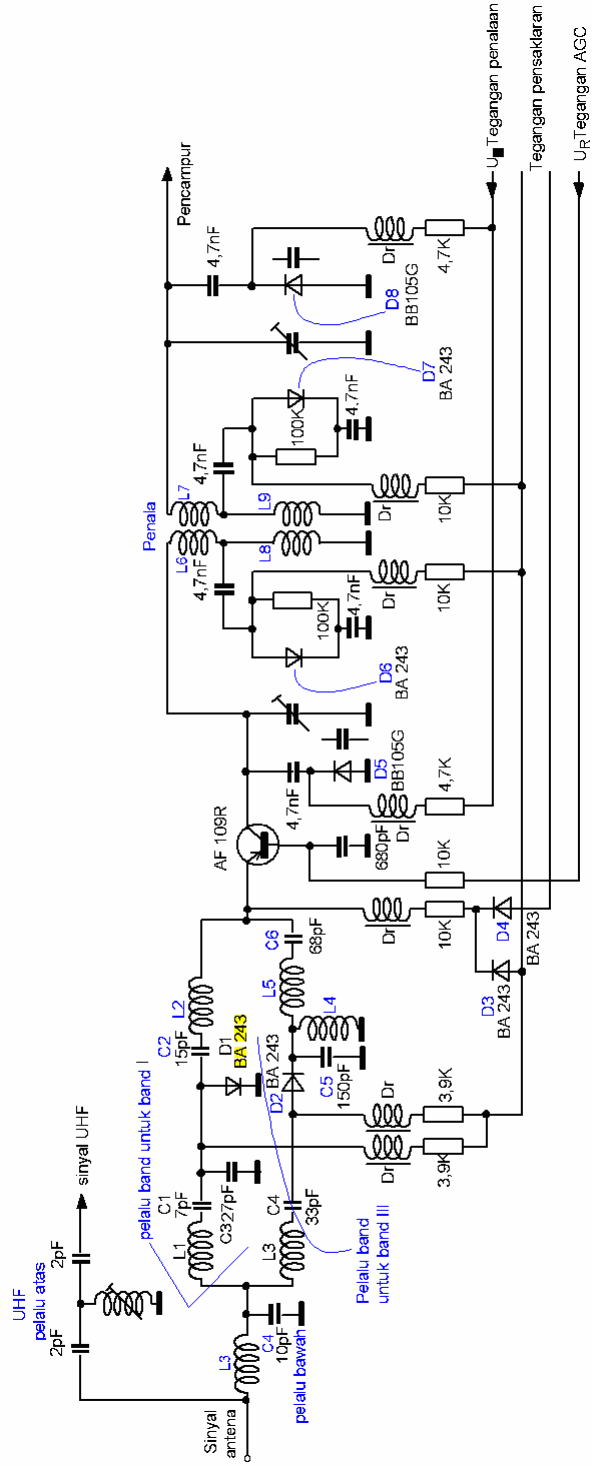


Gambar 6.72 Karakteristik penguat depan

Dalam konfigurasi ini, impedansi masukan dan keluaran dari transistor. Ketergantungannya rendah, dari arus kolektor. Itu berarti, karakteristik penyaring tetap sama untuk sinyal masukan antena rendah dan tinggi.

Tingkat penguat depan VHF dengan transistor

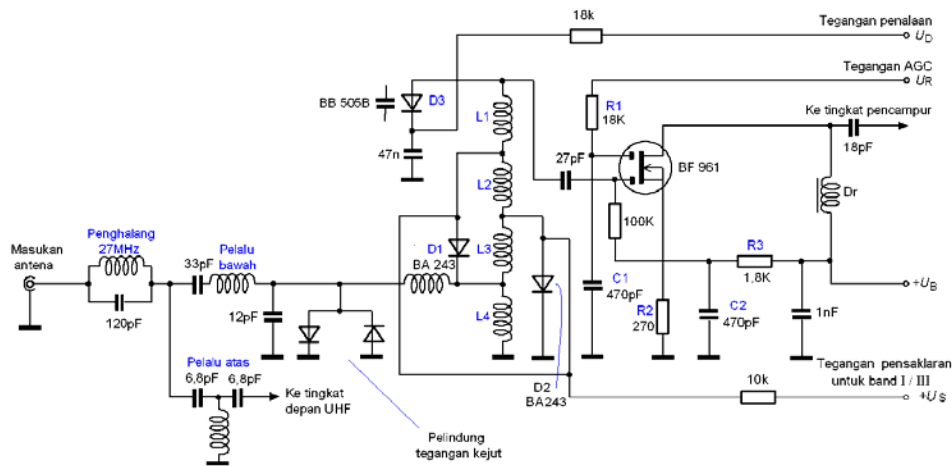
Sebuah contoh penguat depan VHF ditampilkan pada Gambar 6.73 dibawah, sinyal dengan frekuensi diatas 450MHz melewati pelalu atas



Gambar 6.73 Rangkaian penguat depan VHF dengan transistor

UHF menuju bagian UHF. Sinyal berfrekuensi dibawah 230MHz melalui pelu bawah VHF menuju pelu band (band pass) untuk band I/III. Jika Satu kanal dalam band I (kanal 2-4) ingin ditangkap, tegangan pensaklar $U_s I$ dan $U_s III$ harus rendah (0V). Dioda saklar D1 dan D2 tidak menghantar. Sinyal akan melalui rangkaian L1,C1, L2, C2 dan C3 (pelu band band I). Jika tegangan pensaklar $U_s III$ tinggi maka dioda saklar D1 dan D2 menghantar. Sinyal Band I akan hubung singkat ke masa lewat D1. Dioda D2 melewati sinyal band III melewati pelu band yang terdiri dari rangkaian seri L3, C4 dan L5, C6 dan rangkaian paralel L4,C5, sehingga dengan cara ini pada emitor transistor AF 109 R diterima sinyal HF yang telah diseleksi. Rangkaian ini menggunakan transistor AF 109R merupakan tingkat depan VHF transistor yang dapat diatur, yang bekerja dalam rangkaian basis. Transistor memperoleh tegangan emitor melalui dioda D4 untuk band I dan D3 untuk band III. Tegangan pengatur diletakkan pada basis transistor, pada tegangan antenna yang besar tegangan pengatur mengecilkan penguatan transistor, tegangan pengatur diperoleh dari sinyal video. Dengan ini pengendalian lebih pada tingkat berikutnya dihindari. Pada Kolektor transistor diletakkan pelu band yang dapat ditala..Dalam pelu band ini dilakukan penalaan. Saat tegangan penyaklar $U_s III$ rendah maka dioda D6 dan D7 tidak menghantar, maka kumparan L6, L8 dan L7, L9 masing-masing terhubung seri. Sehingga rangkaian resonansinya D5 (dioda kapasitor) paralel L6 + L8 dan D8 (dioda kapasitor) paralel L7 + L9.Jika tegangan penyaklar U_{sIII} tinggi maka dioda D6 dan D7 menghantar, maka kumparan L8 dan L9 hubung singkat dengan masa. Pada kondisi ini lingkaran resonansi terdiri dari D5 paralel L6 dan D8 paralel L7. Kapasitansi dari dioda kapasitor diatur oleh tegangan penala U_D .

Tingkat penguat dengan VHF dengan FET.



Gambar 6.74 Rangkaian penguat depan dengan FET

Selain penguat VHF dengan transistor terdapat pula yang menggunakan transistor efek medan (FET), seperti diperlihatkan pada Gambar 6.74.

Osilator Frekuensi Tinggi

Rangkaian osilator frekuensi tinggi bisa dibangun dengan 2 konfigurasi penguat yaitu:

1. *Common Base* (basis bersama)
2. *Common Emitter* (emitor bersama)

Kedua sistem tersebut sangat baik apabila menggunakan rangkaian tangki berupa LC Collpits. Demikian juga pada rangkaian pencampur. Tingkat pencampur dan osilator menurunkan sinyal pembawa suara pada frekuensi 33,4MHz dan sinyal pembawa gambar 38,9MHz.

Tingkat Osilator

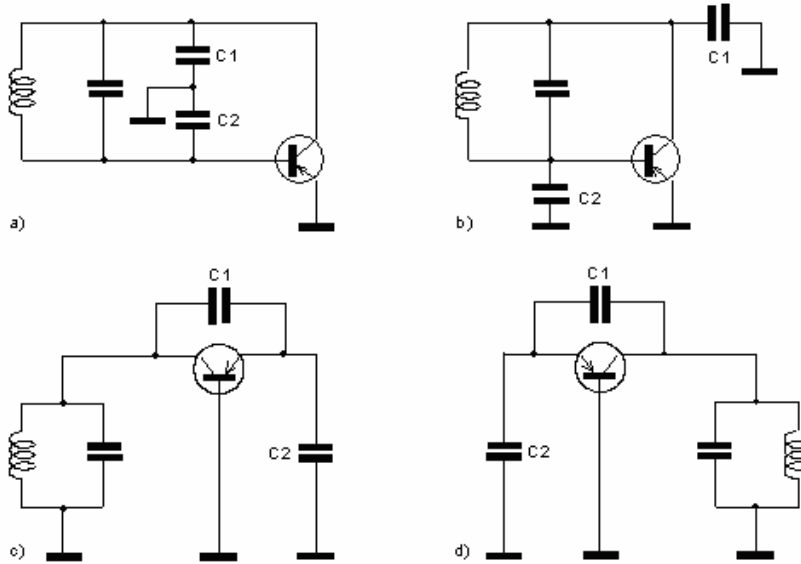
Osilator frekuensi tinggi dengan transistor pada konfigurasi emitor bersama mempunyai keterbatasan tanggapan frekuensi lebih rendah dari pada konfigurasi basis bersama.

$$f_{\infty} = \beta \cdot f_{\beta} \tag{6.37}$$

f_{∞} : batas frekuensi pada basis bersama.

β : penguatan arus.

f_{β} : batas frekuensi pada emitor bersama.



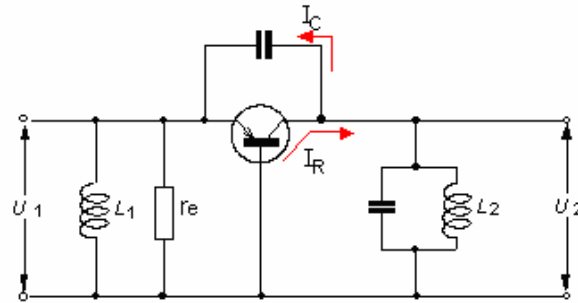
Gambar 6.75 Konfigurasi emitor bersama dan basis bersama dari osilator collpits frekuensi tinggi

Untuk menghasilkan osilasi diperlukan adanya umpan balik

$$k \cdot V = 1 \tag{6.38}$$

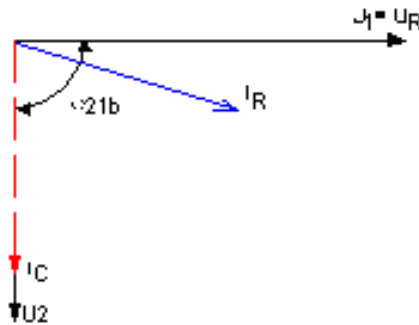
k : Faktor umpan balik
 V : Penguatan

Pada frekuensi yang tinggi arus kolektor tidak lagi sama dengan tegangan pengendalinya. U_1 antara basis-emitor terjadilah perbedaan fasa. Sehingga pada frekuensi tinggi diperlukan kompensasi selisih fasa.

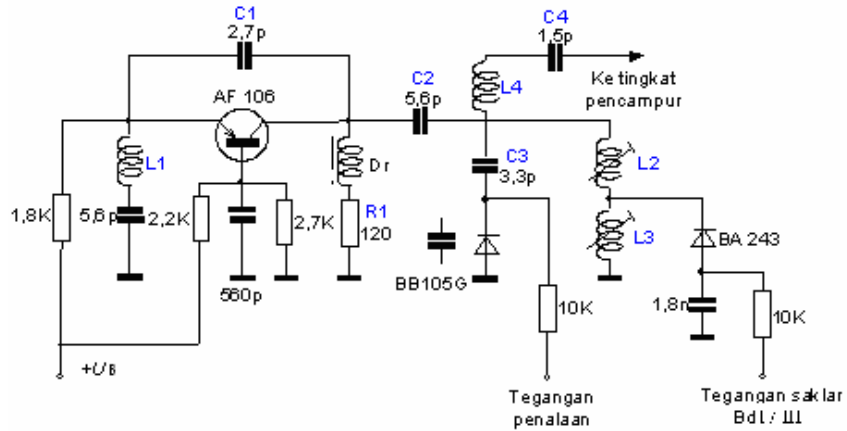


Gambar 6.76 Prinsip rangkaian osilator dengan kompensasi fasa

Tegangan pengendali U_1 antara basis-emitor menghasilkan arus kolektor putaran fasa trans konduktansi pada 100MHz , sampai -90° . Arus kolektor I_c menghasilkan U_2 pada saat resonansi. Sehingga pada kapasitor umpan balik menyebabkan arus bolak balik umpan balik I_R (Gambar 6.77). Ada reaktansi kapasitor dari C_R yang besar melawan resistansi arus bolak balik r_e transistor. Tetapi tegangan umpan balik yang terjangkit tidak se-fasa dengan U_1 , melalui induktifitas tambahan L dapat dicapai posisi yang benar antara tegangan umpan balik dan tegangan masukan. Biasanya L dibuat variabel untuk dapat menyamakan pengendalian fasa transkonduktansi dari transistor.



Gambar 6.77 Diagram arah dari osilator

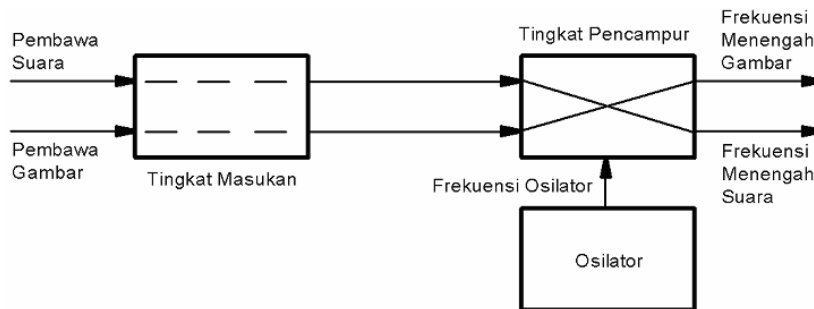


Gambar 6.78 Rangkaian osilator untuk band I dan II

Rangkaian band ditampilkan oleh Dioda saklar BA 243. Jika tegangan pengatur band besar, maka L_3 seperti terhubung singkat. Dan osilator bekerja pada Band III, demikian juga sebaliknya untuk band I pengaturan frekuensi dilakukan dengan mengatur tegangan bias dioda BB 105 G L_4 C_4 kopel ke pencampur. C_1 , L_1 rangkaian kompensasi.

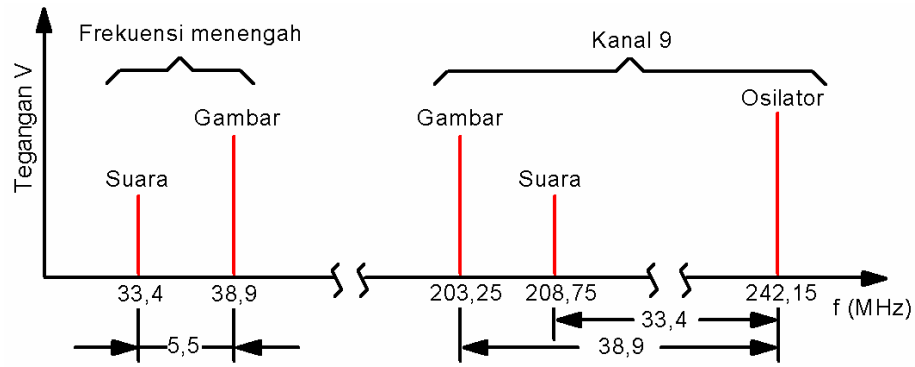
Tingkat Pencampur

Tingkat pencampur berfungsi untuk mendapatkan frekuensi 38,9MHz pada pembawa gambar dan 33,4MHz pada pembawa suara.

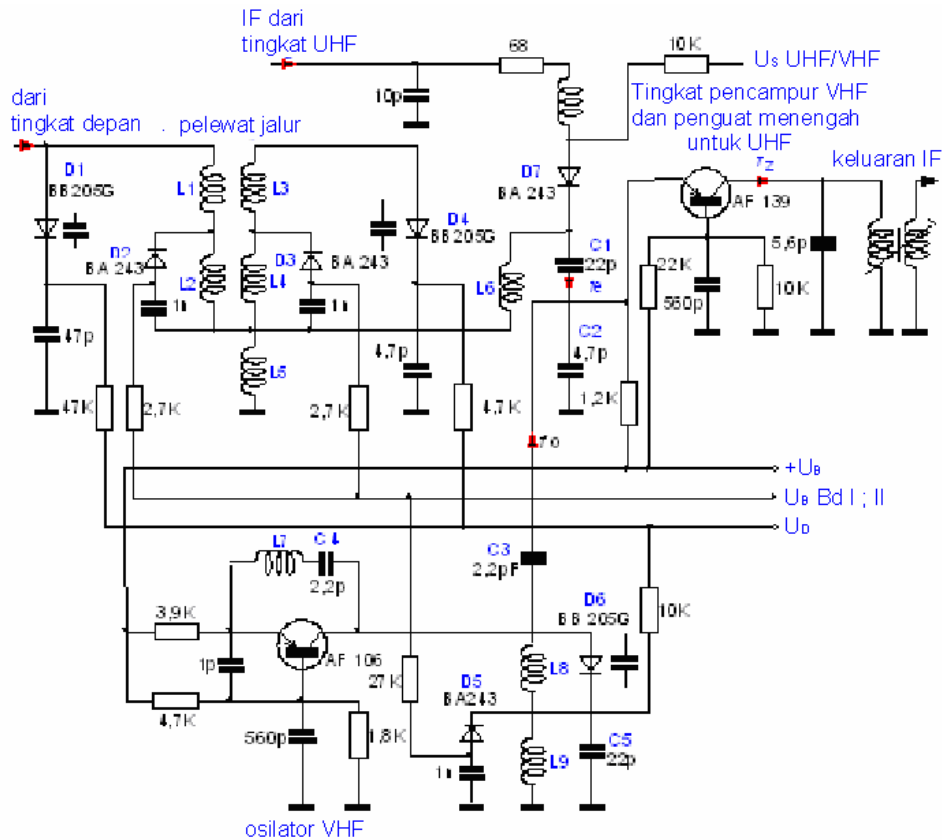


Gambar 6.79 Pergantian frekuensi dalam penala televisi

Sehingga : frekuensi osilator = frek. pembawa gambar + frek. menengah gambar, atau : frekuensi osilator = frek. pembawa suara + frek. menengah suara



Gambar 6.80 Respon frekuensi pada pencampuran



Gambar 6.81 Contoh rangkaian osilator dan pencampur

Transistor sebagai pencampur dan osilator sama-sama terpasang dengan konfigurasi basis bersama. Sinyal dari tingkat depan, melalui rangkaian penyaring pelewat jalur bersama dengan sinyal dari osilator masuk pada emitor transistor AF139. Disana terjadi pencampuran secara additif. Jika pencampur bekerja pada band I , U_s rendah. Penyaring pelewat jalur pada primernya terdiri dari L1,L2 dan D1 sedangkan pada

sekundernya adalah L₃, L₄, L₅, dan D₃. Jika pencampur bekerja pada band III, L₂ dan L₄ dihubung singkat dengan memberikan tegangan besar pada pensaklar band. D₁ dan D₄ merupakan kapasitor variabel yang bekerja dengan L₁, L₂, L₃, L₄, sebagai pelewat jalur, L₅ berfungsi sebagai kopling dari lingkaran primer ke sekunder, sinyal melewati L₆ dan pembagi tegangan C₁ - C₂. Sinyal masukan dari pencampur adalah sinyal antena dan sinyal osilator.

6.4.2 Penguat IF

Fungsi Penguat IF

Fungsi penguat IF gambar adalah :

- Menguatkan tegangan dari hasil tingkat pencampur yaitu tegangan IF, sampai pada batas yang dapat digunakan untuk mengendalikan tingkat akhir video (sekitar 3-4V), sehingga diperlukan 3 sampai 4 tingkat penguat baik berupa transistor atau berupa IC dengan penguatan kira-kira 6.000 kali.
- Menghasilkan selektifitas yang diperlukan, dengan bantuan perangkat yang sesuai.
- Menguatkan tegangan pembawa suara yang frekuensinya 33,4MHz.
- Untuk mengendalikan tabung gambar pada kondisi yang sama pada kuat sinyal yang berbeda dan untuk menyamakan goyangan kuat medan, untuk itu penguatan penguat IF gambar harus dapat diatur.

Kurva laluan

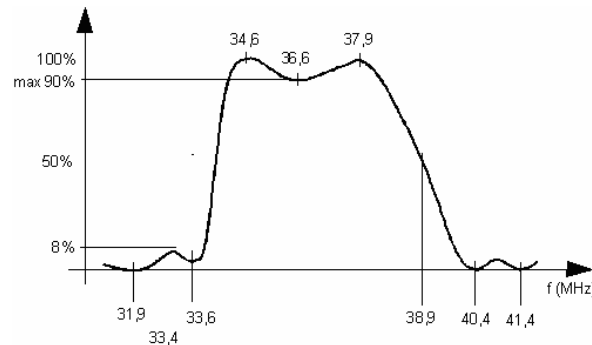
Pemancaran gelombang televisi adalah menggunakan sistim pemancaran Vestigial Side Band, untuk menghilangkan pengaruh cacat fasa penguat



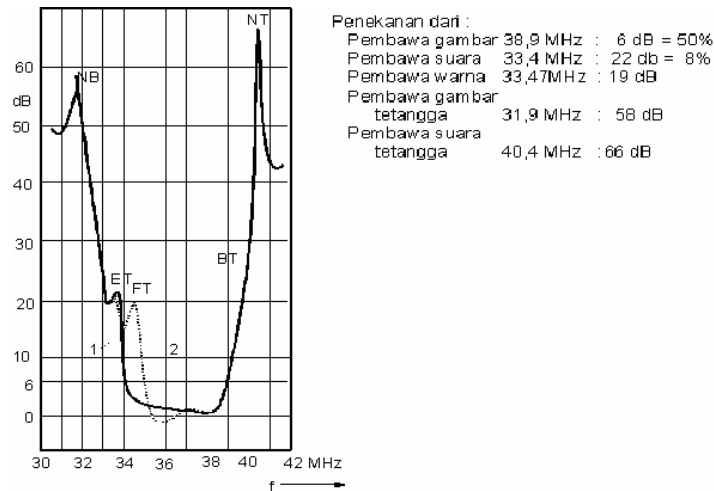
Gambar 6.82 Kurva laluan pemancaran gelombang televisi

Sinyal diatas tidak dapat langsung diperkuat dan di demodulasi dalam bentuk amplituo maupun frekuensi, sehingga diperlukan rangkaian penguat IF. Tingkat IF harus membentuk daerah frekuensi seperti tersebut diatas agar sesuai untuk pemodulasian, yaitu :

- a. Daerah sisi sisa akan memproduksi dua kali lipat amplitudo (kontras) untuk frekuensi 0 sampai 1,25MHz.
- b. Pembawa suara harus dikurangi secukupnya agar tidak ada sinyal suara terlihat dalam gambar.
- c. Pembawa gambar dan suara tetangga harus ditekan agar tidak masuk dalam tingkat IF.
- d. Untuk televisi hitam putih pembawa warna harus dikurangi agar tidak mengganggu gambar.



Gambar 6.83 Kurva laluan penguat IF

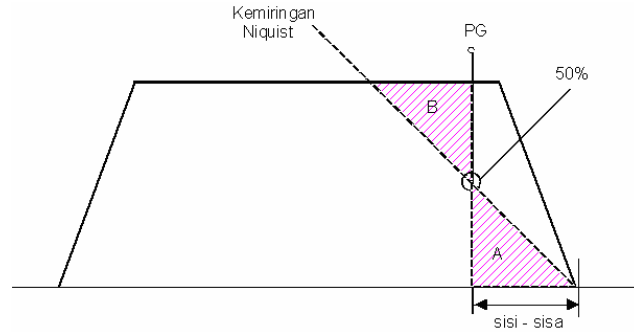


Gambar 6.84 Kurva penekanan sinyal

Kemiringan Niquist

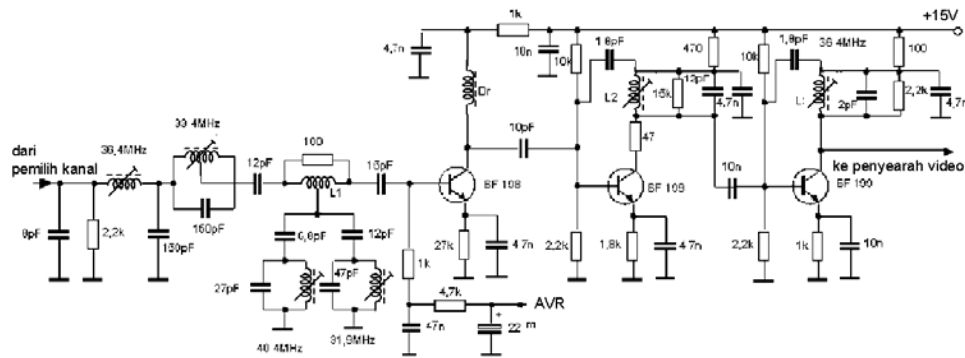
Untuk mengkompensasi daerah sisi sisa, digunakan sistim sesuai Niquist.

Kemiringan dari penyaring memotong pembawa gambar 50%. Bagian A dari daerah sisi sisa mengkompensasi bagian B dari daerah sisi yang lain dan tidak ada informasi yang hilang.



Gambar 6.85 Kemiringan Niquist

Penguat IF dengan penyaring LC

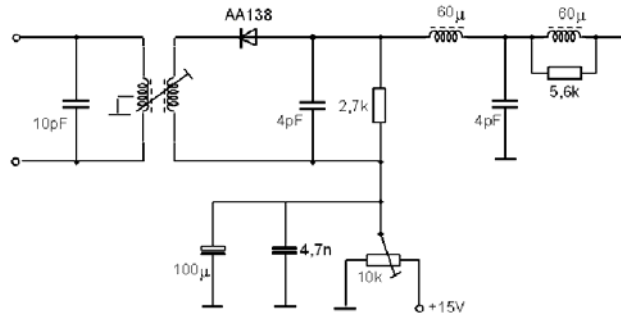


Gambar 6.86Rangkaian penguat IF dengan Penyaring LC

Sinyal dari rangkaian penala dihubungkan melalui penyaring pelau frekuensi 36,4MHz ke transistor pertama BF 198 yang juga bagian dari AGC. Semua penjebak yang dibutuhkan ditempatkan dalam masukan penyaring pelau frekuensi. Untuk mengurangi pembawa suara, penyaring penghalang frekuensi 33,4MHz dihubung secara seri terhadap sinyal. Untuk pembawa suara tetangga 40,4MHz dan pembawa gambar tetangga 31,9MHz dihubung singkat ke tanah oleh penjebak. Keuntungan dari penjebak ditempatkan pada masukan adalah sangat efisien dalam menekan sinyal. Penguat IF berikutnya harus diatur hanya untuk keluaran maksimum. Transistor BF 198 bekerja pada L yang kapasitas parasitnya berfungsi sebagai penyaring daerah. Untuk pemilihan selanjutnya, digunakan penyaring daerah L2 dan L3-CN digunakan untuk menghindari osilasi parasit

6.4.3 Demodulasi IF Gambar

Pendemodulasian sinyal gambar adalah untuk memisahkan sinyal gambar dari sinyal pembawanya. Demodulasi sinyal gambar adalah demodulator AM, ialah pendemodulasian dengan penyearahan dan penyaringan.

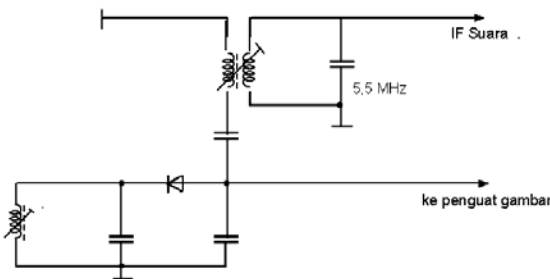


Gambar 6.87 Demodulator Sinyal Gambar

Demodulator sinyal gambar harus mempunyai karakteristik linieritas yang baik yaitu distorsinya harus sangat kecil. Biasanya dibuat dari dioda germanium. Untuk menstabilkan bekerjanya detektor, dioda diberikan tegangan bias maju kira-kira 1 volt dan juga distorsi dikurangi ke daerah level rendah. Adanya kapasitor $\approx 10 \text{ pF}$ yang terpasang shunt ke ground akan mengakibatkan turunnya tanggapan pada frekuensi tinggi. Agar demodulator mempunyai tanggapan yang sama sampai pada frekuensi 5MHz maka dipasang ($60 \mu\text{H}$) yang beresonansi dengan kapasitor liar pada frekuensi 5MHz, dengan demikian pengaruh kapasitor liar dapat dikurangi. L $60 \mu\text{H}$ dan C 4 pF meredam frekuensi diatas 5MHz. Dengan demikian hanya frekuensi dibawah 5MHz saja yang dilewatkan. Selain mendeteksi sinyal gambar 5MHz, demodulator juga berlaku sebagai pencampur antara sinyal pembawa suara 33,4MHz dan sinyal pembawa gambar 38,9MHz, dan pada lekuk kurva karakteristik dioda akan terjadi proses intercarrier sehingga didapatkan selisih frekuensi.

$$38,9\text{MHz} - 33,4\text{MHz} = 5,5\text{MHz}$$

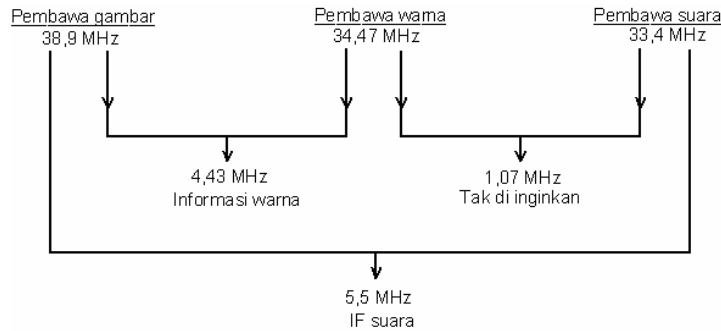
Hasil 5,5MHz adalah merupakan sinyal IF suara. Prinsip ini adalah prinsip pencampuran additive seperti umumnya sifat dari tingkat pencampur. Selanjutnya sinyal IF suara tersebut dengan bantuan lingkaran penyedot dan lingkaran penghalang yang sesuai dilakukan ke blok suara dihadang ke blok gambar.



Gambar 6.88 Demodulator gambar dengan penyaring IF suara

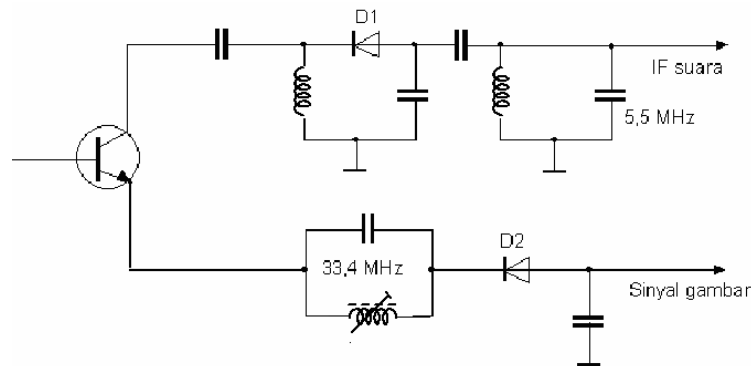
Pada sistem televisi warna tidak digunakan cara yang sama dengan cara diatas karena pada televisi warna ada 3 macam sinyal pembawa yaitu :

pembawa gambar, pembawa warna dan pembawa suara, sehingga 3 sinyal sebagai hasil pencampuran.



Gambar 6.89 Sistem demodulator pada televisi warna

Dari perbedaan frekuensi pembawa warna dan pembawa suara dihasilkan frekuensi 1,07MHz. Sinyal dengan frekuensi ini termasuk dalam sinyal gambar dan dapat mengakibatkan strip-strip hitam pada layar gambar. Untuk menghindari hal itu sinyal pembawa warna dan pembawa suara dipisahkan jauh-jauh. Maka pada penguat IF disediakan dua terminal yaitu : satu terminal menyediakan seluruh frekuensi (38,9MHz - 33,4MHz) yang selanjutnya dilengkapi dengan dioda demodulasi dan filter 5,5MHz untuk menghasilkan frekuensi IF suara 5,5MHz. Sedangkan terminal yang lain menyediakan frekuensi pada daerah gambar saja yaitu 38,9MHz - 33,9MHz dan dihubungkan ke demodulator gambar. Dengan cara ini pembawa suara dipisahkan dari frekuensi pembawa gambar dan pembawa warna. Sehingga pada demodulator gambar hanya ada sinyal gambar 5MHz dan informasi warna 4,43MHz.

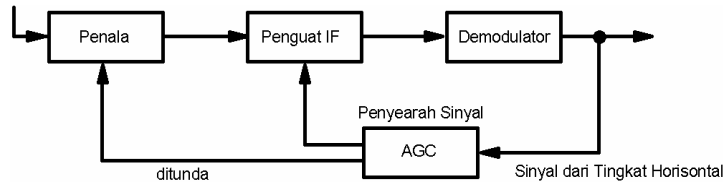


Gambar 6.90 Rangkaian demodulator televisi warna

6.4.4 Pengaturan Penguatan Otomatis

Pengaturan penguatan otomatis (*Automatic Gain Control / AGC*) mengontrol secara otomatis penguatan pada tingkat penala dan IF gambar dari pesawat penerima televisi, sehingga didapatkan tingkatan

sinyal gambar yang relatif tetap pada keluaran demodulator gambar. Bias AGC adalah tegangan DC yang didapatkan dari penyearah sinyal gambar.

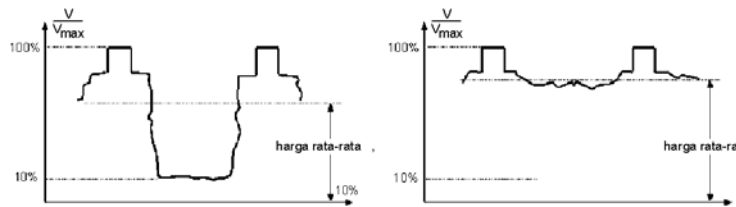


Gambar 6.91 Blok rangkaian A G C

Sinyal penyearahan dari demodulator gambar, ditera tingkat sinkronisasinya dengan bantuan dari sinyal horisontal. Tegangan hasil peneraan tersebut digunakan untuk mengontrol bias tingkat IF gambar dan penala. Pengontrolan tingkat penala dilakukan dengan sistem AGC tunda.

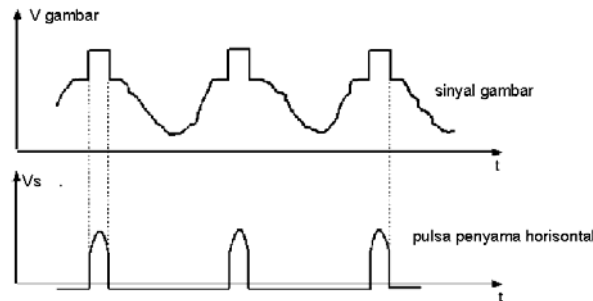
Prinsip kerja

Pengaturan penguatan otomatis (AGC) yang paling sederhana adalah dengan mendeteksi tingkat rata-rata sinyal gambar.

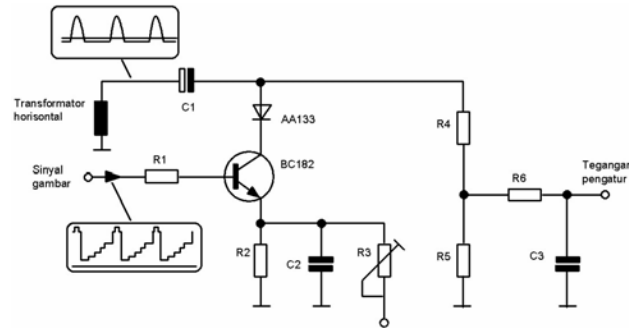


Gambar 6.92 Pencapaian harga rata-rata sinyal gambar

Pengaturan penguatan dengan harga rata-rata mempunyai kekurangan yaitu berubah terhadap sinyal pemodulasi dan kontras gambar juga dirubah. Prinsip ini sudah tidak dipakai lagi. Pengaturan yang lain ialah dengan tegangan pengontrol yang dihasilkan dari pendeteksian sinyal gambar pada saat ada pulsa sinkronisasi. Sistem ini disebut pengaturan penguatan otomatis terkunci (*Keyed AGC*).

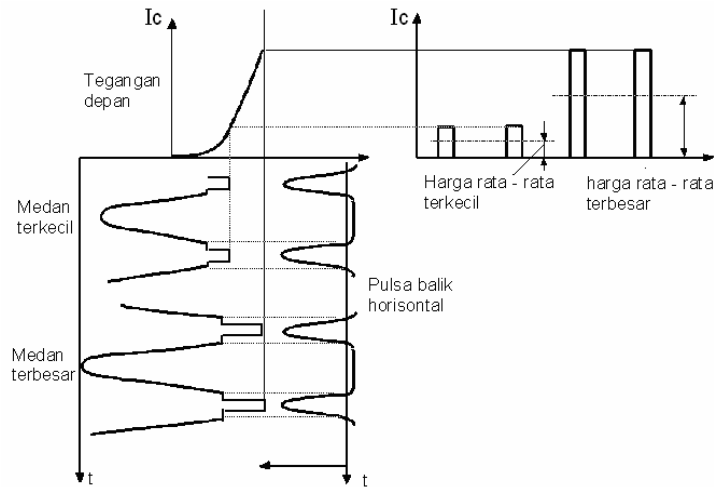


Gambar 6.93 Prinsip pendeteksian sinyal gambar pada saat ada pulsa penyama



Gambar 6.94 Prinsip rangkaian pencapaian tegangan pengontrol.

Gambar 6.95 menunjukkan prinsip pencapaian tegangan pengontrol oleh rangkaian AGC terkunci. Transistor mendapatkan tegangan sumber dari transformator horisontal melalui kapasitor C1. Tegangan kolektor transistor berhimpit dengan pulsa penyama / sinkronisasi horisontal dari sinyal gambar yang dikenakan pada basis. Arus kolektor hanya ada selama periode pulsa penyama horisontal dan besarnya tergantung pada besar sinyal gambar. Pada waktu tidak ada pulsa penyama horisontal, kapasitor C1 mengosongkan muatan melalui R4 dan R5 sehingga pada R5 timbul tegangan negatif yang sebanding dengan besar sinyal gambar. Melalui R6 dan C3 kemudian tegangan diratakan. Dioda AA 133 digunakan untuk melindungi transistor dari pulsa negatif yang besar dari tingkat horisontal. R3 digunakan untuk mengatur tegangan bias dari Transistor BC 182.



Gambar 6.95 Pengendalian transistor oleh sinyal gambar dan pulsa horisontal

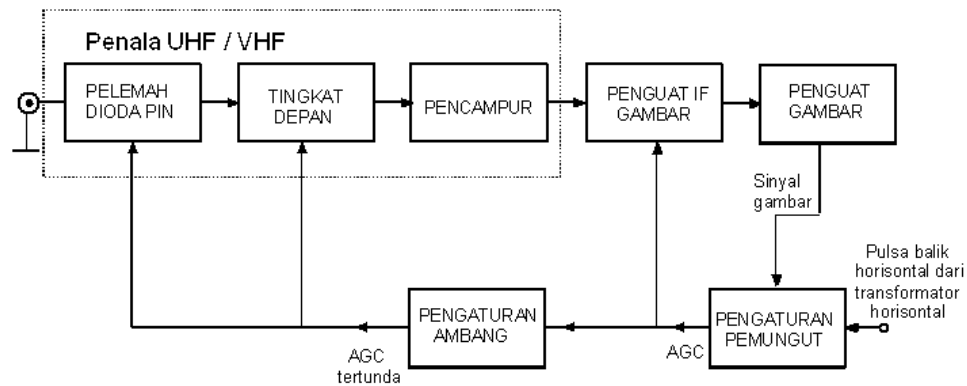
AGC Tunda (Delayed AGC)

Untuk pengaturan yang efisien, dikontrol pada tingkat IF dan penala. Untuk kualitas gambar yang baik, sinyal antena harus jauh lebih besar

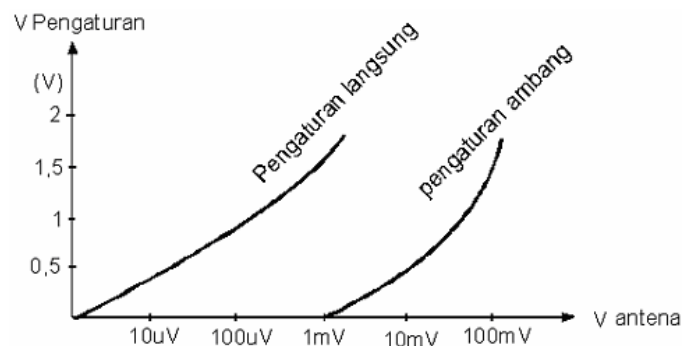
dari tingkat desis yang diproduksi oleh tingkat IF. Jika sinyal antenna yang rendah juga dikurangi dalam penala oleh AGC, dengan perbandingan

$$\frac{\text{Signal (S)}}{\text{Noise (N)}}$$

akan menjadi sangat rendah pada tingkat IF, dan desis akan terlihat dalam gambar. Untuk menghindari hal ini, AGC dari penala ditunda sampai dicapai sinyal masukan antenna tertentu. Pertama AGC hanya bekerja untuk tingkat IF.



Gambar 6.96 Blok rangkaian AGC tunda



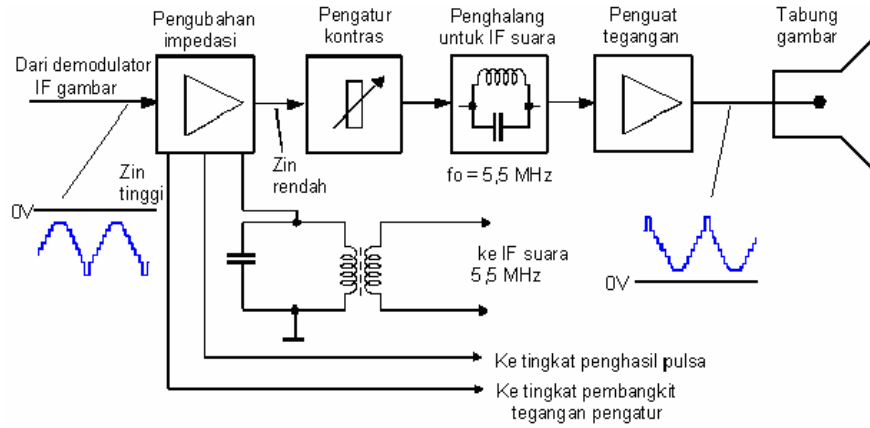
Gambar 6.97 Pengaturan tegangan secara langsung dan harga ambang.

6.4.5 Penguat Gambar

Penguat gambar mempunyai tugas memperkuat sinyal gambar dari demodulator dari tegangan $\approx 3 \text{ Vpp}$ menjadi $\approx 80 \text{ Vpp}$ pada katoda tabung gambar untuk mendapatkan kekontrasan gambar yang baik. Penguat gambar harus menguatkan sinyal gambar dengan frekuensi 0 - 5MHz secara rata, untuk itu umumnya penguat gambar dihubungkan langsung dari demodulator gambar ke tabung gambar agar tidak merubah sinyal searah untuk mendapatkan kecerahan yang benar.

Prinsip Kerja

Penguat gambar mempunyai prinsip rangkaian seperti Gambar 6.98 berikut.



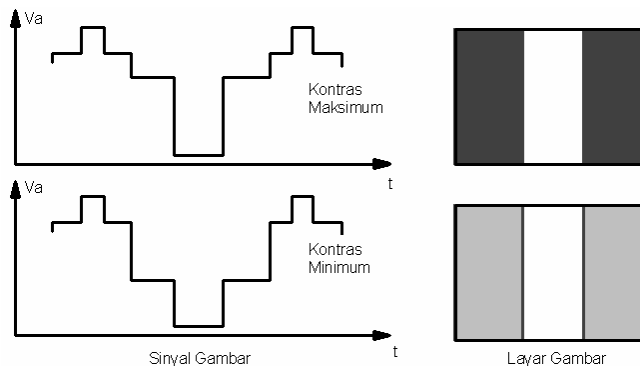
Gambar 6.98 Diagram blok rangkaian penguat gambar

Pengubah impedansi

Pengubah impedansi bertindak mengisolasi pembebanan oleh penguat gambar pada demodulator gambar. Untuk itu pengubah impedansi harus mempunyai impedansi masukan tinggi dan impedansi keluaran rendah.

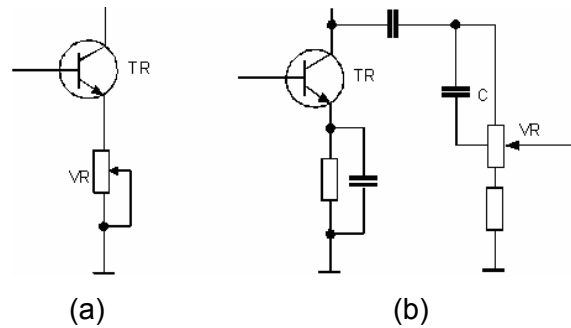
Pengaturan kontras

Amplitudo sinyal gambar menghasilkan kekontrasan. Perbedaan amplitudo maksimum dan minimum akan menghasilkan perbedaan terang dan gelap pada layar. Pengontrol yang mengubah-ubah amplitudo sinyal gambar disebut sebagai pengatur kontras. Pengatur kontras harus diselenggarakan dipenguat gambar karena pada setiap penerima ditingkat sebelumnya (IF , RF) dilengkapi dengan pengatur penguatan otomatis (AGC). Prinsip pengaturan kontras dapat dilihat pada Gambar 6.99.



Gambar 6.99 Pengaturan Kontras

Amplitudo sinyal gambar menghasilkan kekontrasan. Perbedaan amplitudo maksimum. Metoda yang paling digunakan pada pengaturan kontras pada penguat gambar ditunjukkan pada Gambar 6.100

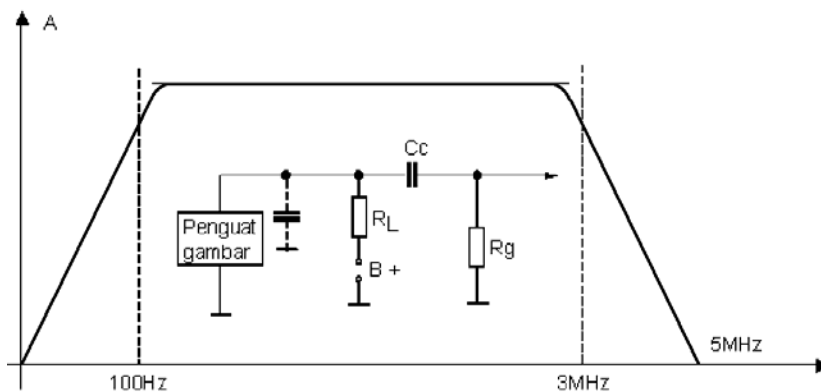


Gambar 6.100 Prinsip rangkaian pengaturan kontras

Metoda resistansi emitor variabel (Gambar 6.100a) ialah dengan mengubah bias penguat gambar. Maka pembangkitan sinyal gambar sesuai dengan variasi bias penguat. Pengaturan kontras dengan metoda ini mempunyai kelemahan yaitu merubah titik kerja penguat yang dapat menyebabkan cacat pada sinyal. Untuk mengurangi itu dapat dipakai metoda Gambar 6.100b yaitu metoda pengaturan tegangan sinyal dengan tahanan variabel (potensiometer). Metoda ini tidak merubah titik kerja penguat dan mempunyai prinsip yang sama dengan pengaturan volume pada sinyal audio. Fungsi kapasitor C adalah untuk mengurangi pengaruh kapasitor liar pada pemasangan potensiometer VR agar didapat tanggapan frekuensi yang sama pada penetapan pengontrol kontras yang berbeda.

Karakteristik Frekuensi Penguat Gambar

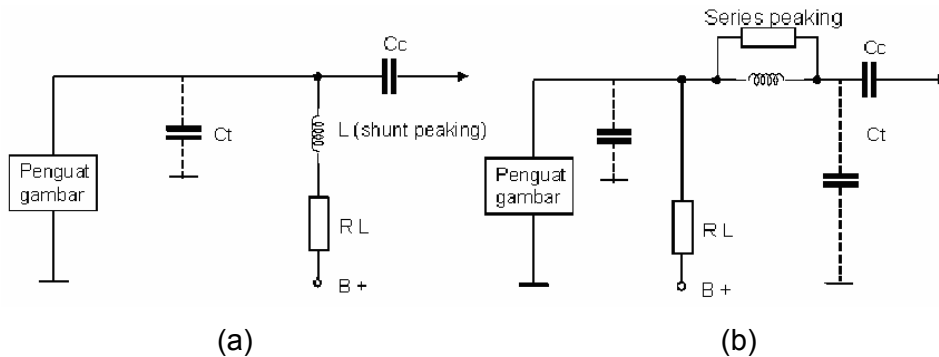
Penguat gambar harus mampu menguatkan sinyal dengan frekuensi dari 0-5MHz dengan penguatan yang sama. Namun kenyataannya penguatan pada frekuensi rendah dan tinggi menurun (Gambar 6.101).



Gambar 6.101 Karakteristik frekuensi penguat gambar

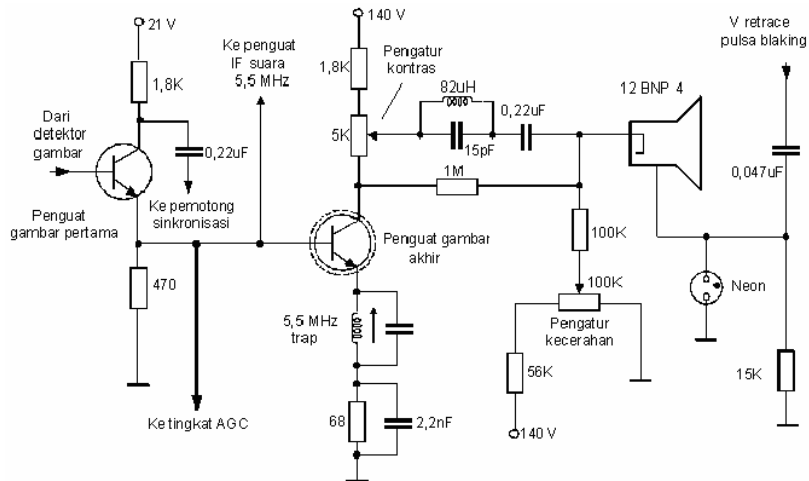
Keadaan ini menyebabkan gambar akan kehilangan frekuensi rendah dan tinggi. Turunnya penguatan pada frekuensi rendah dikarenakan oleh naiknya reaktansi kapasitor kopling (C_c) sehingga perlu dipasang filter RC dekopling. Turunnya penguatan pada frekuensi tinggi dikarenakan oleh adanya kapasitor liar yang timbul terparalel ke chassis dengan RL (C_t). Kapasitor ini akan menurunkan amplitudo pada frekuensi tinggi.

Untuk itu perlu dipasang rangkaian kompensasi shunt peaking atau series peaking (Gambar 6.102).



Gambar 6.102 Rangkaian Kompensasi

L akan beresonansi dengan C_t pada frekuensi tinggi dan menaikkan tegangan diujung kaki-kaki C.



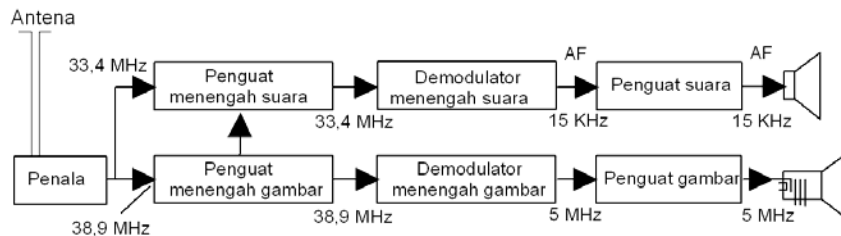
Gambar 6.103 Contoh rangkaian penguat gambar

6.4.6 Penerima Pembawa Suara

Penerima Pembawa Suara Terpisah

Penerima pembawa suara terpisah, kanal suara terletak sejajar dengan kanal gambar. Cara ini penting untuk pesawat dengan norma banyak. Misal untuk menangkap TV Perancis dan Belgia. Dimana pemancar ini

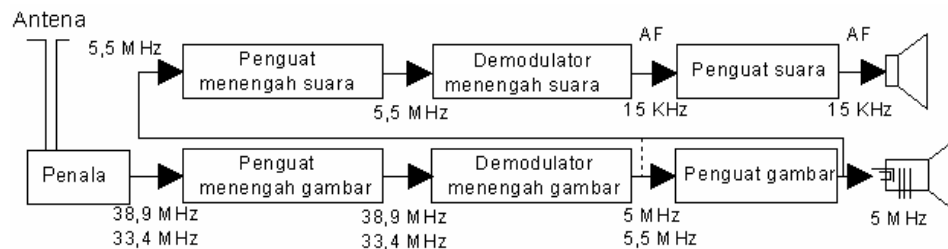
suara dimodulasi secara AM pula. Cara pembawa suara tercampur disini tak dapat digunakan.



Gambar 6.104 Blok diagram penerima pembawa suara terpisah

Pada pencampuran dari dua pembawa dengan AM akan memberikan campuran suara yang kering (*waste*). Sinyal IF pembawa suara langsung dipisahkan dari penala menggunakan penyaring 33,4MHz dan selanjutnya diambil sinyal dari IF gambar 38,9MHz. Dicampurkan dengan 33,4MHz pada IF suara agar didapatkan frekuensi 5,5MHz.

Penerima Pembawa Suara Tercampur

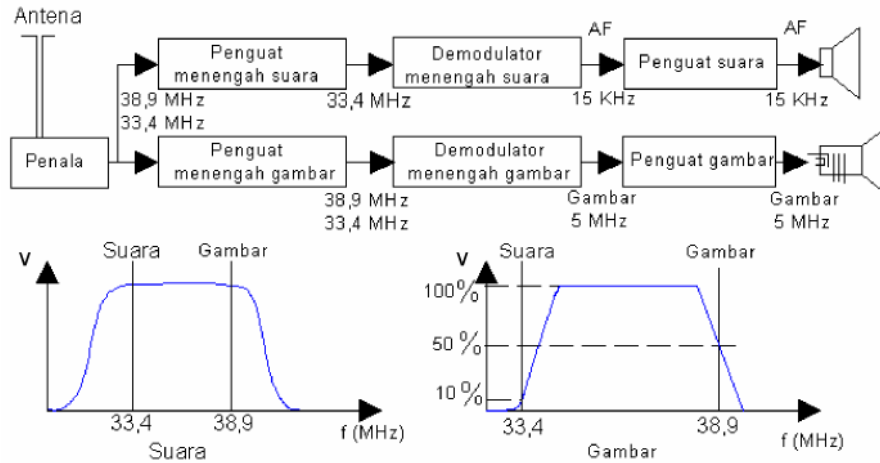


Gambar 6.105 Diagram penerima pembawa suara tercampur

Penerima pembawa suara tercampur mempunyai kelebihan bahwa kualitas suara hampir tidak tergantung dari penalaan pesawat penerima. Penerima ini juga menghemat tingkat penguat, bagian IF keseluruhan dan kadang-kadang juga penguat gambar menunjang untuk penguatan suara. Sinyal suara dipisahkan pada demodulator gambar dengan mencampur sinyal pembawa gambar 38,9MHz dan pembawa suara 33,4MHz (proses *Inter carrier*). Agar pembawa suara tidak mempengaruhi gambar, maka pembawa suara ditekan dibawah level putih ($< 10\%$ dari pembawa gambar).

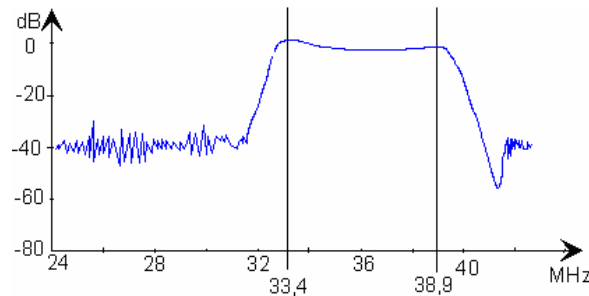
Penerima Pembawa Suara Terpisah Palsu

Melihat dari kelemahan-kelemahan pemakaian penerima pembawa suara terpisah dan penerima pembawa tercampur, dikembangkan penerima pembawa terpisah palsu. Prinsip pembawa suara terpisah palsu ini adalah sama dengan pembawa suara tercampur ; yaitu dengan mencampurkan kedua pembawa gambar dan suara sehingga diperoleh frekuensi menengah suara 5,5MHz, dengan demikian pemborosan dapat dikurangi.



Gambar 6.106 Penerima pembawa suara terpisah palsu

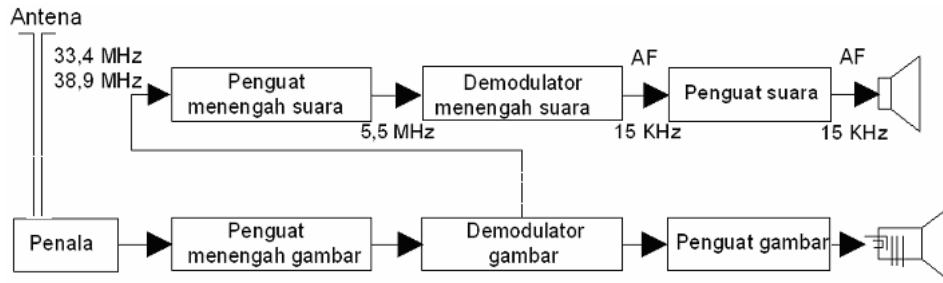
Dengan penerima pembawa suara terpisah palsu, kedua pembawa (38,9MHz dan 33,4MHz) diseleksi dengan filter gelombang permukaan sehingga dapat diambil amplitudo yang sama pada pencampuran suara dan dengan pengaturan harga puncak pembawa suara dapat diredam pada penguat menengah gambar.



Gambar 6.107 Kurva laluan filter menengah suara

Pada gambar diatas ditunjukkan bahwa frekuensi menengah suara dinaikkan 20 dB, agar didapatkan harga yang sama dari kedua pembawa. Pada tingkat pencampur diperoleh frekuensi menengah suara yang lebih besar 20 dB. Dengan naiknya level itu pembatasan akan dimungkinkan menjadi lebih efektif. Dengan demikian sinyal gangguan karena amplitudo yang tidak rata (sinyal gangguan berupa modulasi amplitudo) tidak akan muncul lagi. Dengan demikian penguat frekuensi menengah suara hanya berlaku sebagai pembatas. Dan perbandingan sinyal dengan noise dapat dinaikkan 50 dB. Pada total modulasi lebih pemancar (sisa pembawa 1 %) dan dengan pencampuran tulisan pada gambar berwarna didapat bandingan sinyal dan noise masih 40 dB, tetapi pada penerima pembawa suara tercampur didapatkan bandingan sinyal dan noise 0 dB.

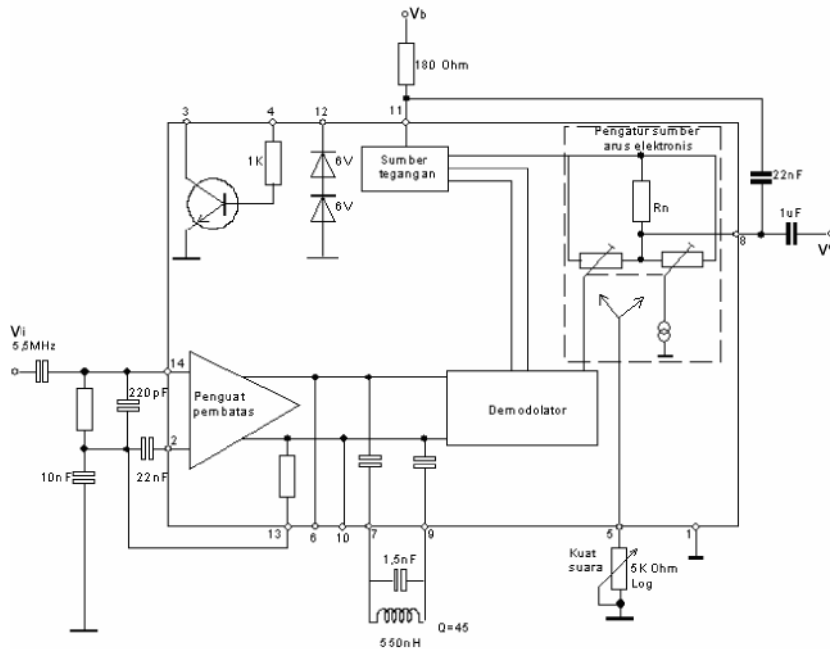
Pengiriman Suara Satu kanal



Gambar 6.108 Blok diagram pengiriman suara satu kanal

Pembawa suara tercampur

Dalam demodulator gambar diperoleh perbedaan frekuensi 5,5 MH. Semua daerah diantara frekuensi ini digunakan untuk frekuensi suara yang tegangannya berubah-ubah seperti termodulasi amplitudo. Pada pemancar sinyal suara hanya dimodulasi frekuensi, sehingga penguat frekuensi antara tidak hanya berfungsi sebagai penguat, terutama sebagai pembatas amplitudo, yang didalam gambar tidak terjadi perubahan amplitudo dari sinyal suara yang dapat mengakibatkan gangguan.

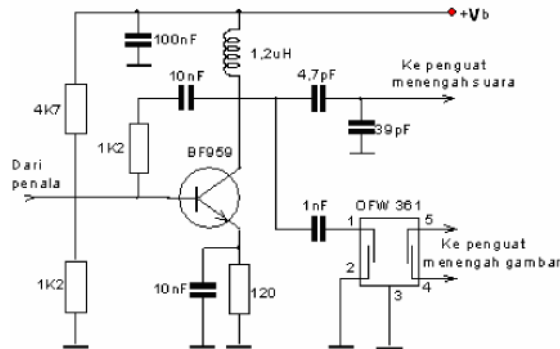


Gambar 6.109 Diagram blok rangkaian suara dengan IC TBA 120 S

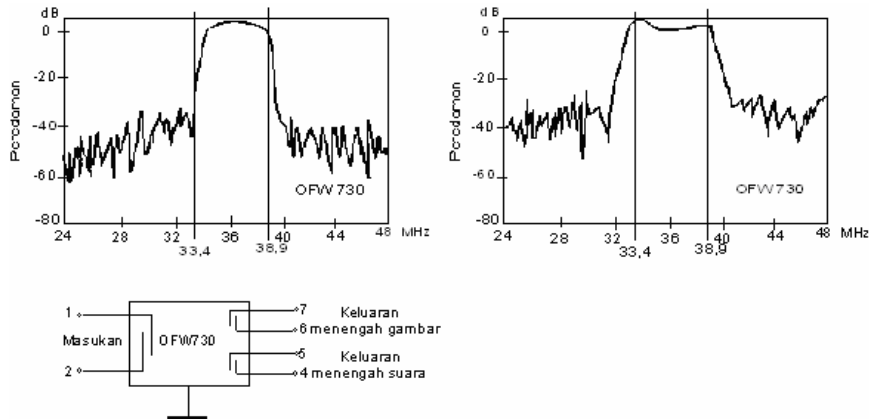
Penguat pembatas membatasi sinyal FM agar tidak berubah amplitudonya. Dan selanjutnya dimodulasi pada modulator.

Pembawa Suara Terpisah Palsu

Pembawa suara terpisah palsu memproses sinyal suara dan gambar secara terpisah. Dibandingkan dengan pembawa suara tercampur pembawa suara terpisah palsu mempunyai jarak gangguan antara pembawa gambar dan suara lebih jauh, sehingga gangguan gambar dihindarkan. Untuk itu, pada pencampur dikeluarkan perbedaan pembawa gambar dan suara, dan diperlukan pengkopel-keluaran seperti Gambar 6.110.



Gambar 6.110 Pemisahan sinyal menengah suara dan gambar



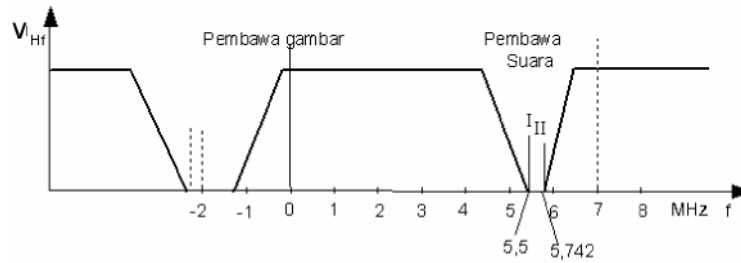
Gambar 6.111 Kurva laluan dari penyaring gelombang permukaan tipe OFW 730

Pengirim Suara Dua Kanal

Untuk mempertahankan keaslian suara suatu gambar (mis : film) diperlukan juga dua kanal atau suara stereo. Pengiriman dua kanal suara dapat dilakukan dengan tiga macam cara

Dua Pembawa Suara

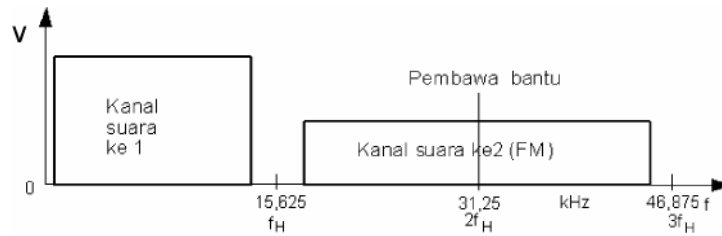
Pengiriman dengan dua pembawa suara adalah teknik pengiriman dua kanal yang paling mudah. Proses ini mempunyai dua pembawa suara yang dipancarkan bersama-sama. Pembawa suara pertama pada frekuensi 5,5Mhz dan pembawa suara kedua pada 5,742Mhz.



Gambar 6.112 Proses dua pembawa suara

Multiplexs Frekuensi

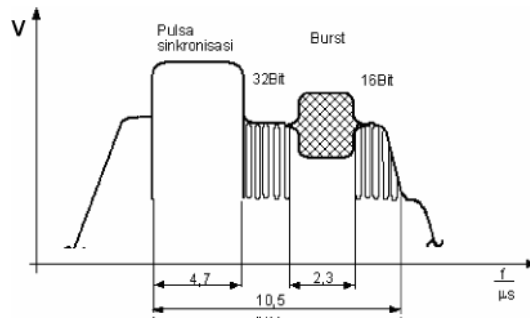
Sama dengan proses multiplex stereo pada radio, dua sinyal suara dimodulasi pada pembawa bantu.



Gambar 6.113 Multiplex frekuensi

Multiplexs Waktu

Pada cara ini dua informasi suara melalui modulasi kode pulsa (PCM) dirubah dalam suatu informasi digital. Informasi dalam bentuk digital ini ditransformasikan dalam multifleksi waktu pada daerah sinyal gambar dan warna, dalam bagian waktu yang tidak ditempati sinyal gambar (Gambar 6.114).



Gambar 6.114 Proses multipleksi waktu

Pada saat ini digunakan pengiriman dua pembawa suara, yang juga dinamakan pengiriman suara multi kanal. Dalam pengiriman sinyal suara dikirim dengan dua pembawa

- Pembawa I pada frekuensi $352 \cdot f_H = 5,5\text{MHz}$
- Pembawa II pada frekuensi $367,5 \cdot f_H = 5,742\text{MHz}$.

Sistem ini memberikan tiga macam pengerjakan.:

- Mono Phonie : Pengiriman suara mono
- Stereo Phonie : Pengiriman suara stereo
- Pengiriman Dua Suara : Pengiriman dua informasi suara yang terpisah dalam waktu yang bersamaan. Mis : Pembicaraan dan musik , suara asli dan Sinkronisasi

Pada Pembawa suara II juga dimodulasi frekuensi dengan informasi suara yang sama. pemandu suara 54 Khz tak dimodulasi. Pada pengerjaan stereo pembawa suara I dimodulasi frekuensi dengan informasi suara kanal kiri dan kanan, pembawa suara II dengan pemandu suara 54 Khz, dimana 54 Khz adalah sebagai pembawa bantu dimodulasi amplitudo dengan sinyal pengenalan stereo 117 Khz. Pada pengerjaan dua suara, dimodulasi frekuensi pembawa suara I dengan informasi suara I dan suara II dengan informasi suara II.

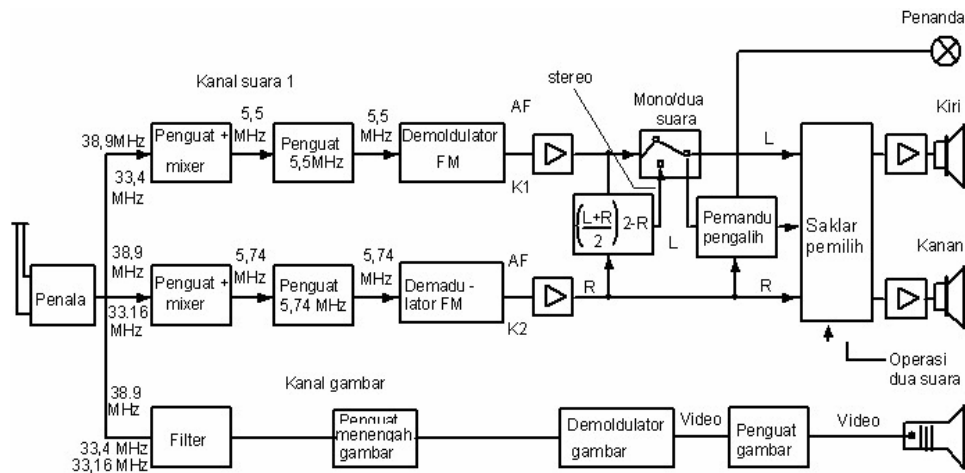
Pembawa bantu 54 Khz dimodulasi frekuensi dengan frekuensi pengenalan dua suara 274 Hz.

Tabel 6.1 Proses Pembawa Dua Suara

DATA UMUM	KANAL I	KANAL II
Frekuensi	BT+5,5MHz (± 500 Hz)	BT + 5,74MHz (± 500 Hz)
Bandingan daya gambar / suara	13 dB	20 dB
Band frekuensi rendah	40 Hz .. 15 KHz	40 Hz.... 15 k Hz
Penyimpangan frekuensi pada 500 Hz untuk pengendalian pemula	± 30 kHz	± 30 kHz
Penyimpangan frekuensi melalui pemandu suara tak termodulasi	-	$\pm 2,5$ kHz ($\pm 0,5$ kHz)
Pre - Emphasis	50 μ s -	50 μ s -
Pengenalan jenis operasi	-	-
Frekuensi pemandu pembawa	-	3,5.fH = 54,6875 kHz (± 5 hz)
Pemodulasian pemandu suara	-	AM
Derajat modulasi	-	50 %
Frekuensi pengenalan	-	0Hz/117,5Hz/270,1 Hz

Tabel 6.2 Penempatan Sinyal

Jenis Pengoperasian	Kanal I	Kanal II	Pemodulasi Pemandu Suara
Mono	Mono (M1)	Mono (M1)	0 Hz
Stereo	$\frac{L + R}{2} = M$	R	$f H/133 = 117,5 \text{ Hz}$
Dua Suara	Mono 1	Mono 2	$f H/57 = 274,1 \text{ Hz}$



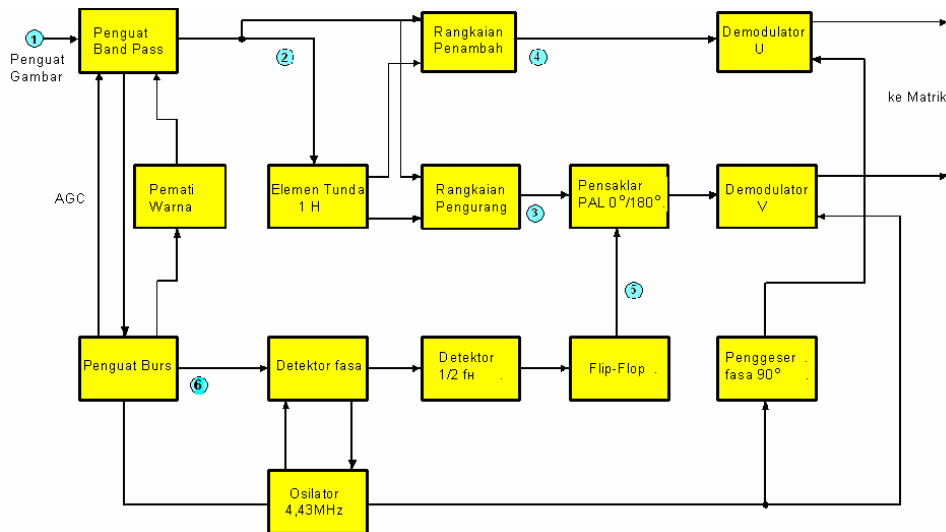
Gambar 6.115 Diagram blok sistem dua pembawa suara penerima suara terpisah palsu.

Dalam kanal suara I pada rangkaian stereo berisi informasi $L + R$, sedangkan dalam kanal 2 berisi informasi R dan pemandu suara 54kHz dengan frekuensi pengenalan 117Hz, sehingga keluaran $L + R$ dan R dalam matriks diperoleh sinyal L dan R . Sinyal pemandu suara memberi tanda bahwa sinyal yang masuk penerima adalah sinyal stereo. Dua suara yang dimodulasi diperoleh suara 1 dalam kanal suara 1 dan suara 2 dalam kanal suara 2 dengan pemandu suara dengan frekuensi pengenalnya 274Hz. Pemandu suara dan frekuensi pengenalnya mensaklar penerima operasi dua suara.

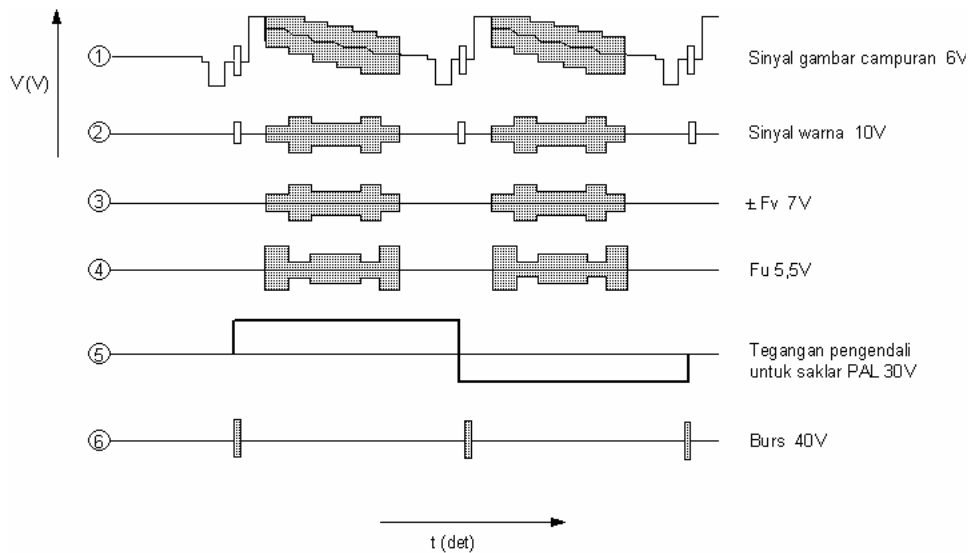
6.4.7 Kelompok Warna

Penguat bandpass (pelalu tengah) memisahkan sinyal macam warna (2) dari sinyal gambar lengkap (1). Sinyal macam warna oleh penguat burs dipisahkan sinyal bursnya (6). Untuk mengendalikan oscilator pembawa warna rangkaian penambah dan pengurang membedakan sinyal U (4) dan sinyal V (3) yang merupakan sinyal perbedaan warna biru dan

merah. Flip-flop menghasilkan sinyal pensaklar (5) untuk merubah polaritas sinyal V yang selalu berganti pada setiap catu periode horisontal menjadi polaritas konstan



Gambar 6.116 Blok diagram kelompok warna

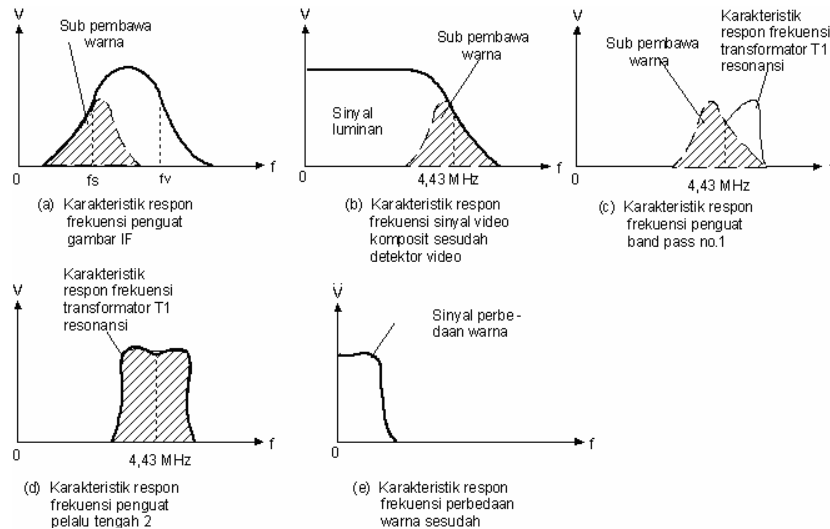


Gambar 6.117 Sinyal-sinyal pada kelompok warna

6.4.8 Penguat Macam Warna

Penguat macam warna adalah penguat resonansi yang melewatkan frekuensi sub pembawa warna $4,43 \pm 0,5\text{MHz}$, dan bertugas menaikkan

Pada Gambar 6.119. rangkaian yang dibangun oleh TR1 adalah penguat pelalu tengah 1 dan TR4 adalah rangkaian ACC nya. Penguatan TR₁ diatur oleh TR4 yang tergantung pada amplitudo sinyal burs yang dideteksi oleh detektor ACC. Jika amplitudo sinyal burs kecil, penguatan TR1 naik. Transformator TR1 mengkoreksi cacat amplitudo frekuensi dari sinyal sub pembawa warna pada penguat IF gambar.

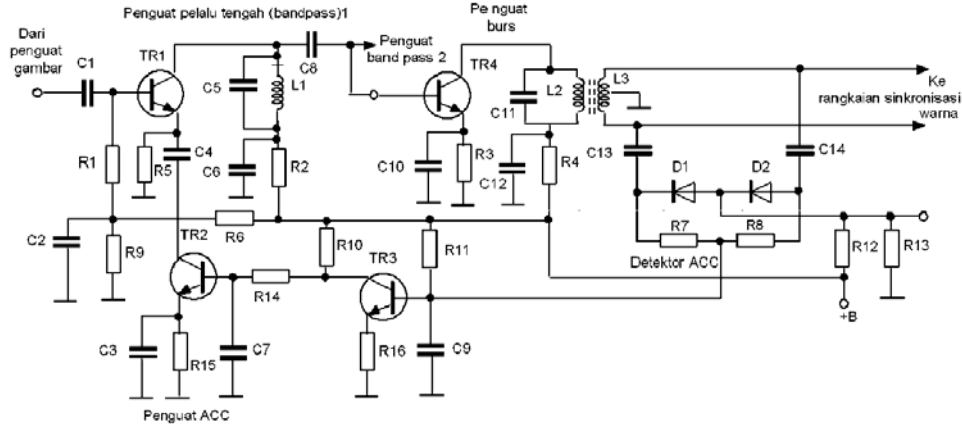


Gambar 6.120 Distribusi karakteristik respon frekuensi amplitudo komponen sub pembawa warna

TR2 adalah rangkaian *buffer* untuk mengurangi pengaruh panjangnya kabel penghubung ke potensiometer pengatur kejenuhan kroma. TR3 adalah penguat pelalu tengah 2. Pada televisi warna jika menerima sinyal, tegangan searah dari rangkaian pemati warna diberikan pada basisnya. Dan jika menerima sinyal hitam putih, bias basis hilang dan TR3 mendapat bias mundur dari pembagi tegangan R1 dan R2.

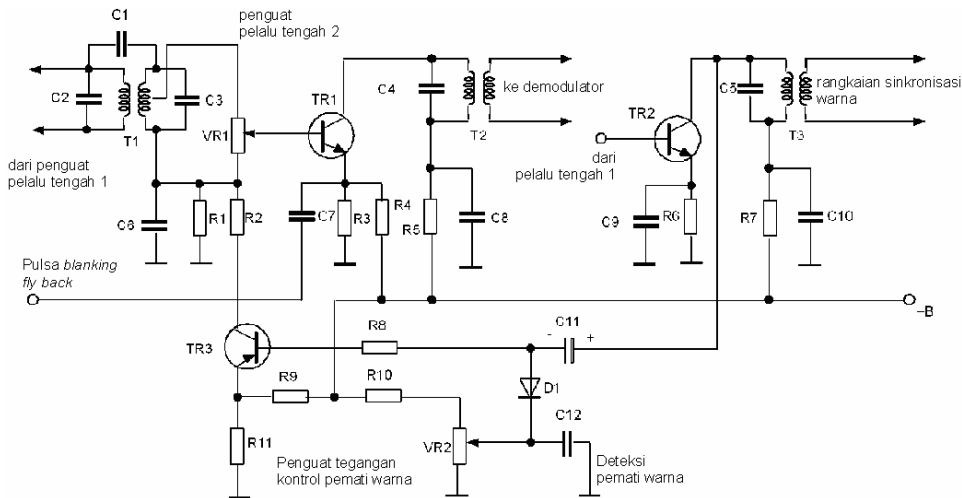
Rangkaian ACC (Pengatur Warna Otomatis)

Rangkaian ACC terdiri dari detektor ACC dan penguat ACC. Detektor ACC memakai rangkaian deteksi fasa frekuensi burs warna dan sub pembawa warna 4,43MHz disinkronkan dan harganya dibuat tepat sama dengan memakai rangkaian sinkronisasi warna. Bila perbedaan fasa kedua sinyal 90^0 tegangan keluaran nol. Dan bila perbedaan fasa 0^0 atau 180^0 tegangan keluaran adalah maksimum dengan polaritas negatif atau positif. Karena kedua sinyal diberikan sefasa, maka keluaran detektor ACC akan naik bila sinyal burs naik. Dengan demikian maka resistansi TR2 dapat diatur oleh sinyal burs dan penguatan TR1 berubah.



Gambar 6.121 Pengatur warna otomatis (ACC)

Pemati Warna (Color Killer)



Gambar 6.122 Rangkaian pemati warna

Dalam Gambar 6.122, dioda D1 mendeteksi sinyal burs warna. Bila ada burs warna arus mengalir melalui D1 pada waktu setengah periode positif burs warna dan C1 dimuati dengan polaritas seperti pada Gambar 6.122. TR3 bekerja karena adanya tegangan tadi dan penguat peluru tengah 2 (TR2) hidup.

6.4.9 PAL Decoder

Pada PAL decoder, sinyal macam warna dibagi dalam dua komponen: F_U dan $\pm F_V$. Pencapaian F_U dan F_V mempunyai cara yang berbeda antara sistem PAL dan sistem NTSC. Pada sistem PAL diperlukan penundaan waktu satu baris horisontal atau $64 \mu S$.

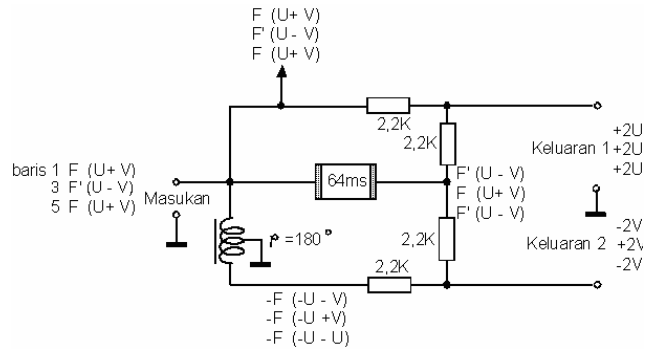
Pada pemancar, sinyal V diputar 180 ° setiap satu baris horisontal, untuk itu pada dua baris horisontal di penerima didapatkan +V dan -V.

Dalam penerima diperlukan rangkaian yang dapat:

- a) Memperlambat sinyal warna selama 64 μ S.
- b) Sinyal warna dari baris yang telah ditunda dan yang tidak ditunda harus disaklarkan bersama-sama.
- c) Menyaklarkan sinyal yang berpolaritas ± dari baris perbaris

Prinsip rangkaian PAL decoder

Gambar rangkaian PAL decoder pada Gambar 6.123 dapat dibagi menjadi 3 rangkaian yaitu: penunda, pengurang dan penambah.



Gambar 6.123 Prinsip rangkaian PAL decoder

Rangkaian penambah menjumlahkan sinyal macam warna saat itu dengan sinyal macam warna sebelumnya (karena ditunda 1 H).

Contoh :

Baris : $F (U + V)$

Sinyal penundaan = sinyal baris 3 : $F' (U - V)$

Jika : $F = U \sin \omega f . t + V \cos \omega f t$

maka : $F = U \sin \omega f t + V \cos \omega f t$

$+F' = U \sin \omega f t - V \cos \omega f t$

$F+F' = 2 U \sin \omega f t + 0$

Rangkaian pengurang menyelisihkan sinyal macam warna saat itu yang dibalik polaritasnya dengan sinyal macam warna sebelumnya..

Contoh :

baris 1 = $-F = - U \sin \omega f t - V \cos \omega f t$

sinyal penundaan : $F' = U \sin \omega f t - V \cos \omega f t$

Maka : $-F = -U \sin \omega t - V \cos \omega t$

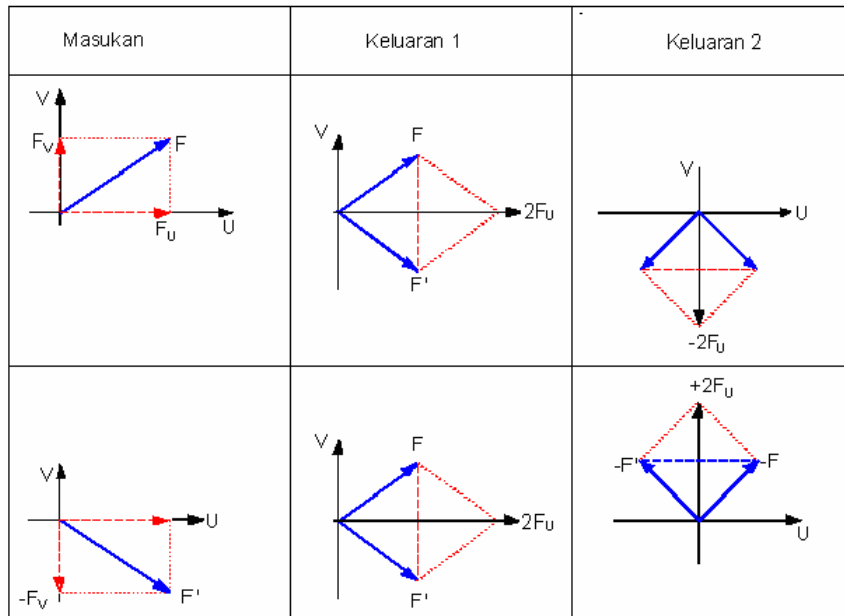
$+F' = U \sin \omega t - V \cos \omega t$

$-F + F' = 0 - 2V \cos \omega t$

dengan cara yang sama, pada baris 3 didapatkan :

$-F + F' = 0 + 2V \cos \omega t$

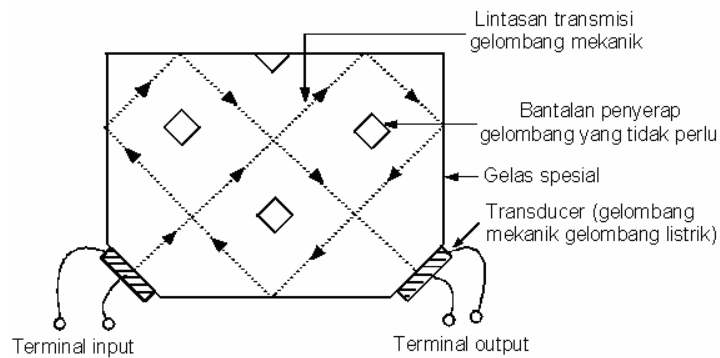
Dengan begitu melalui PAL decoder didapatkan sinyal U dan $\pm V$.



Gambar 6.124 Bagian dari sinyal warna dan komponen-komponennya

Elemen penunda 1 H

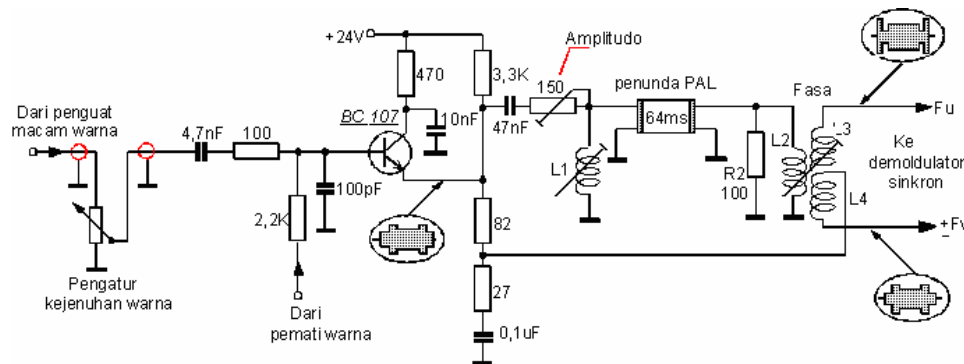
Elemen penunda 1H adalah elemen mekanis elektronik. Prinsip konstruksi elemen penunda 1 H ditunjukkan dalam Gambar 6.125.



Gambar 6.125 Konstruksi dalam elemen tunda 1 H

Sinyal sub pembawa warna diberikan pada terminal masukan dan dirubah menjadi getaran mekanik. Dengan menggunakan transducer dan dipancarkan sebagai gelombang supersonik dalam kaca, dan pada keluaran oleh transducer dirubah kembali menjadi sinyal listrik. Dengan menggunakan landasan absorpsi; gelombang supersonik pengganggu yang datang melalui jalan yang salah akan diserap, dan hanya sinyal yang dibutuhkan yang muncul pada terminal keluaran.

Rangkaian PAL Decoder



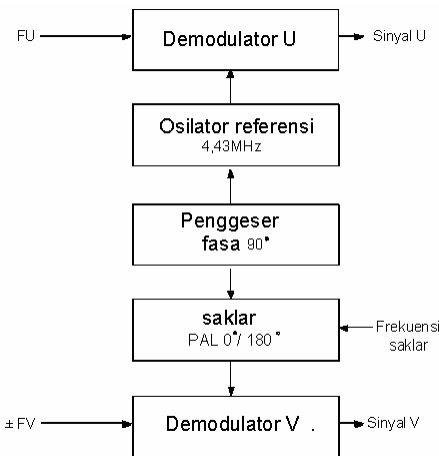
Gambar 6.126 Rangkaian lengkap PAL decoder

Gambar diatas adalah rangkaian lengkap PAL decoder dengan penguat masukan. Penguat masukan PAL mendapat masukan sinyal macam warna dari penguat macam warna, dan basisnya dikontrol oleh pemati warna. Penguat masukan mempergunakan konfigurasi kolektor bersama untuk menyesuaikan dengan resistansi masukan elemen tunda, kira-kira 400Ω . Lilitan L1 dan kapasitansi masukan elemen tunda kira-kira 2 nF , dan resonansi mekanis dari transducer membentuk pelewat daerah (Band filter) 4.43MHz . Sinyal yang ditunda dan yang tidak ditunda dicampur bersama-sama. Pada L3 sinyal-sinyal tersebut dijumlahkan dan didapatkan sinyal $2 F_U$. Pada L4 sinyal-sinyal tersebut dikurangkan dengan membalik 180° dan didapatkan sinyal $\pm 2 F_V$. Untuk mendapatkan amplitudo dan fasa yang benar dari sinyal yang ditunda dan tidak ditunda, dilakukan dengan mengatur potensiometer dan lilitan keluaran.

6.4.10 Demodulator Sinkron

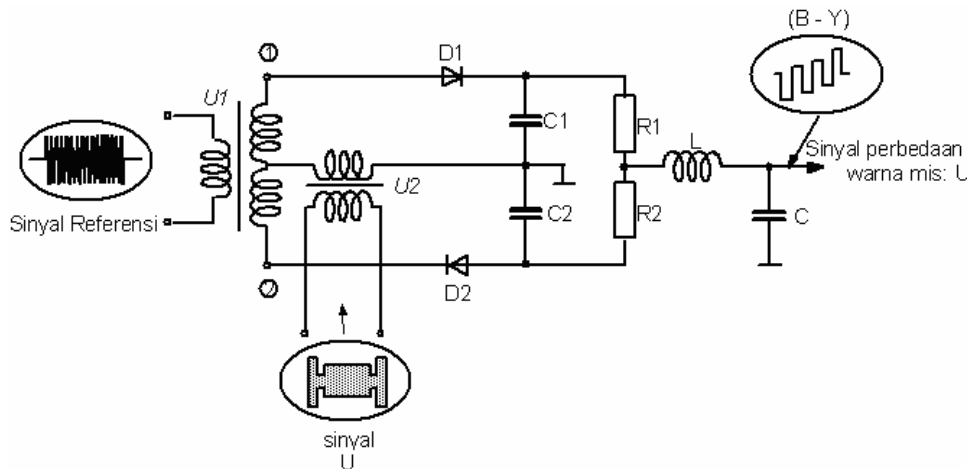
Demodulator sinkron adalah demodulator sinyal macam warna atau demodulator sinyal krominan. Sinyal sub pembawa warna yang mengandung sinyal U dan V didapatkan sinyal warnanya. Pada demodulator V sinyal dari osilator digeser 90° , dengan tujuan untuk mengembalikan pergeseran sinyal pembawa V pada pemancar sebesar 90° . Perlu dibangkitkan kembali sinyal pembawa 4.43MHz untuk pemodulasian yaitu untuk mengembalikan sinyal pembawa yang ditekan

pada pemancar. Sinyal F_V polaritasnya harus ditukar 180° setiap satu garis horisontal yaitu untuk mengembalikan polaritasnya sehingga konstan.



Gambar 6.9127 Diagram blok demodulator U dan V

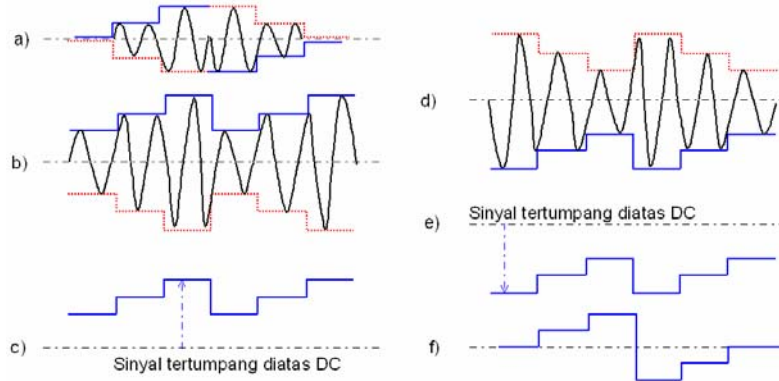
Prinsip rangkaian demodulator sinkron



Gambar 6.128 Prinsip rangkaian demodulator sinkron

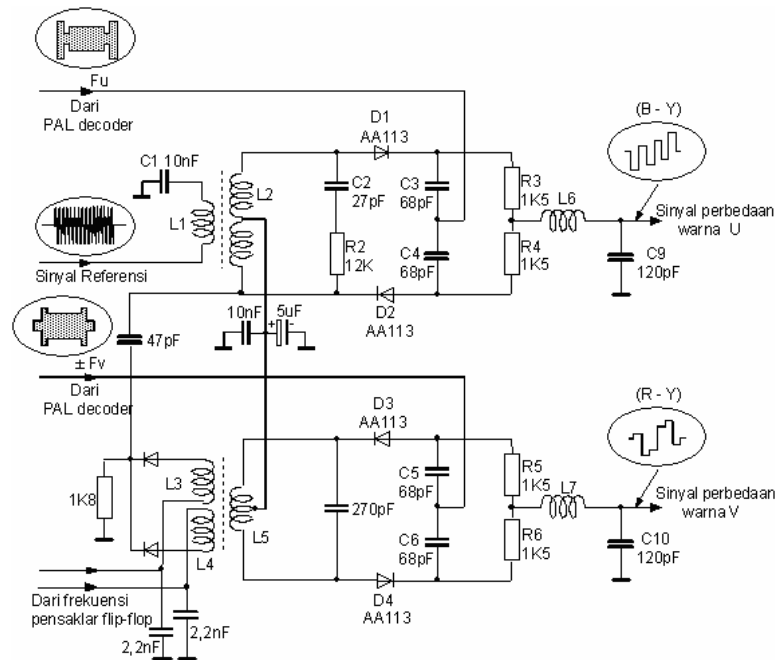
Gambar diatas adalah contoh rangkaian demodulator sinkron untuk sinyal U. Pemindah U1 mendapatkan sinyal dari osilator pembawa, dan U2 mendapatkan sinyal dari sinyal macam warna termodulasi, contoh FU; Sekunder U1 mempunyai titik tengah (center tap). Referensi pembawa pada titik ① (terhadap titik tengah) berfase 0° dan pada titik 2 berbeda 180° , tetapi mempunyai amplitudo yang sama. Tegangan pada sekunder U2 dan titik tengah U1 dijumlahkan. Pada titik 1 dihasilkan penjumlahan FU dan referensi pembawa. Pada titik 2 terjadi penjumlahan FU dan referensi pembawa dengan sinyal terbalik dan amplitudo pada titik ini

terbalik. Oleh kedua dioda D1 dan D2, kedua sinyal tersebut disearahkan dan mengisi kapasitor C1 dan C2. R1 dan R2 menjumlahkan kedua tegangan tersebut dan dihasilkan sinyal warna. L dan C adalah rangkaian pelatu frekuensi rendah, yang berfungsi untuk menghadang sinyal pembawa yang masih tersisa.



Gambar 6.129 Perlakuan sinyal dalam demodulator sinkron

Rangkaian demodulator sinkron



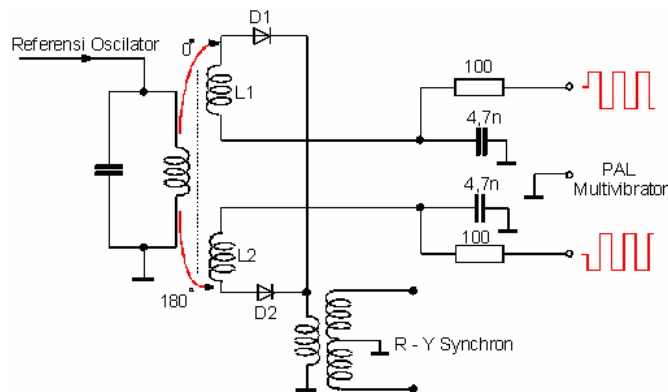
Gambar 6.130 Rangkaian demodulator sinkron dengan saklar PAL

Pada pemancar sinyal macam warna dikirimkan dengan perbedaan fasa 90°, maka dalam penerima perbedaan fasa itu harus dikembalikan. Sinyal pembawa warna dihubungkan pada lingkaran resonansi L1, C1 dan melalui L1/L2 masuk pada demodulator sinkron melalui R2 dan L2

sinyal pembawa warna diberikan pada demodulator U dengan digeser 90° . Dengan kapasitor 47 pF diberikan pada pensaklar PAL. Oleh pensaklar PAL, sinyal pembawa warna disaklarkan 0° dan 180° dari baris ke baris. Sinyal pembawa warna untuk demodulator V diberikan oleh pemindah L3, L4, L5. Sinyal F_U dimasukkan melewati pertemuan C3 dan C4, sedangkan sinyal $\pm F_V$ dimasukkan melewati pertemuan C5 dan C6. Sinyal pembawa warna terletak di L2 yang titik tengahnya oleh C 10nF dan C $5\mu\text{F}$ dihubungkan ke ground. Dioda D1, D2, dan D3, D4 terpasang serie dan berfungsi sebagai penyearah. Selama setengah gelombang pembawa, dioda terhubung dan mengisi kondensator C3 dan C6 dengan penjumlahan tegangan dari pembawa F_U atau F_V . Dalam waktu menghadang, dioda mengosongkan kondensator melalui R3 dan R4 juga R5 dan R6. Sinyal searah dan juga sinyal U_u atau U_v yang sudah direduksi pembawanya dapat diambil dari diagonal jembatan antara pertemuan R3, R4 juga R5 dan R6. dengan titik tengah L2 juga L5. Pada keluaran dipasang pelalu frekuensi rendah L6 - C9 juga L7 - C10 untuk membuang sisa-sisa frekuensi pembawa.

Saklar PAL

Pada pemancar PAL, fasa dari sinyal V_{R-Y} disaklarkan $0^\circ - 180^\circ$ setiap baris perbaris. Didalam penerima PAL, beda fasa itu harus dikembalikan. Supaya fasa V_{R-Y} bisa dikembalikan, fasa dari sinyal referensi $4,43\text{MHz}$ harus disaklarkan. Keluaran referensi pembawa dikopel dengan dua induktor L1 dan L2, dan tegangannya pada hubungan dalamnya digeser berlawanan 180° .



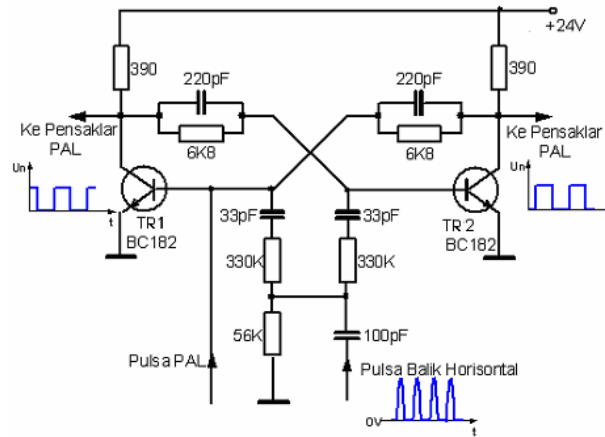
Gambar 6.131 Rangkaian Pensaklar PAL

Gelombang pembawa dari lilitan-lilitan ini melalui dioda sampai pada demodulator sinkron R-Y. Dioda-dioda melewati sinyal kotak dari PAL-Multivibrator. Pada saat D1 mendapat pulsa kotak positif, D1 menghantar dan sinyal pembawa mengalir dari L1 dengan fasa 0° . Pada saat itu D2 mati. Pada saat D2 menghantar sinyal pembawa mengalir melalui L2 pada demodulator sinkron dengan pergeseran fasa 180° .

Kapasitor yang terletak pada titik kaki L1 dan L2 harus cukup kecil supaya proses saklar dilaksanakan kalau baris baru mulai, tetapi jika kapasitor cukup besar, tidak ada tegangan sinyal referensi yang jatuh.

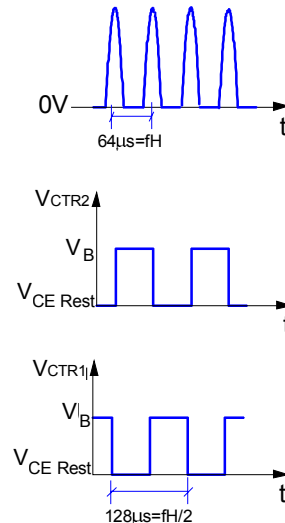
PAL Flip-Flop

Dengan saklar PAL fasa pembawa referensi dapat diputar baris perbaris, untuk melaksanakan itu diperlukan tegangan kotak sebagai pengemudinya yang berasal dari PAL FLIP-FLOP . Pulsa pengemudi ini diutamakan sebagai pulsa PAL.



Gambar 6.132 Rangkaian PAL Flip-Flop

Pada Gambar 6.132 dimisalkan transistor TR1 menghubungkan, maka tegangan pada kolektor praktis nol, dan tegangan basis TR2 yang didapat dari kolektor TR1 melalui R1 adalah Nol, dan TR2 menyumbat. Pada saat

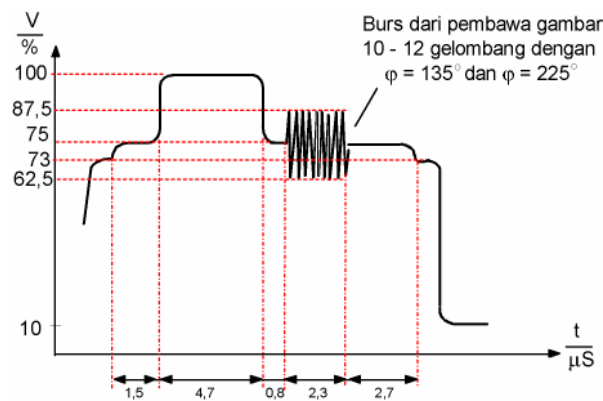


Gambar 6.133 Keluaran PAL Flip-Flop oleh pengendalian arah balik horisontal

ada pulsa balik horisontal, TR2 mendapat tegangan positif dan TR2 menghubungkan. Keadaan ini menyebabkan TR1 menyumbat. Keadaan stabil ini akan terus bertahan sampai datang pulsa balik horisontal berikutnya.

6.4.11 Regenerasi Pembawa Warna

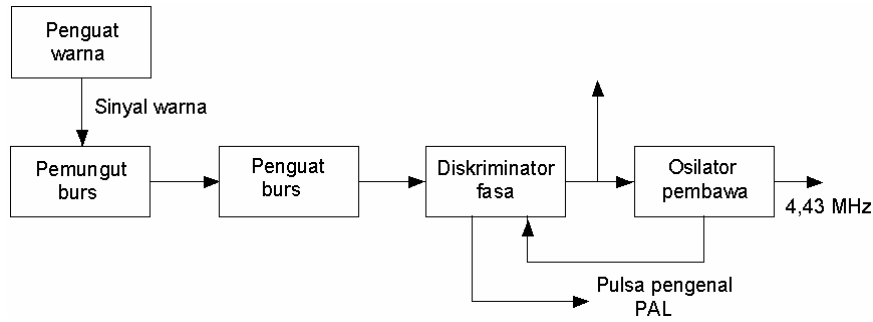
Sinyal warna dikirimkan dengan dimodulasi pada sub pembawa dengan cara modulasi dua sisi, pembawa ditekan (*DSB Suppressed Carrier*). Untuk menghasilkan kembali sinyal warna, maka perlu dibangkitkan kembali sinyal pembawanya. Agar pembangkitan kembali sinyal pembawa warna tepat seperti asalnya, maka perlu diinformasikan, contoh sinyal pembawa warna dari pemancar. Sinyal pembawa tersebut diikutkan pada sinyal sinkronisasi horisontal.



Gambar 6.134 Sinyal Burs

Amplitudo sinyal burs harus dijaga agar masih dibawah tingkatan hitam. Jumlah gelombang yang dikirimkan adalah antara 10 sampai 12 gelombang, dengan fasa ditukar pada 135° dan 225° pada setiap garis horisontal. Sinyal burs harus memenuhi persyaratan penerima televisi warna sebagai berikut :

- Frekuensi dan pasanya adalah frekuensi dan patokan dari osilator referensi.
- Melalui pertukaran hubungan fasanya dari baris ke baris, sinyal burs menyinkronkan dengan PAL Flip - Flop
- Burs menggambarkan keadaan pembawa warna.
- Amplitudo burs harus dapat diketahui, untuk mengendalikan penguat warna dan mengendalikan ACC (Pematil Warna).

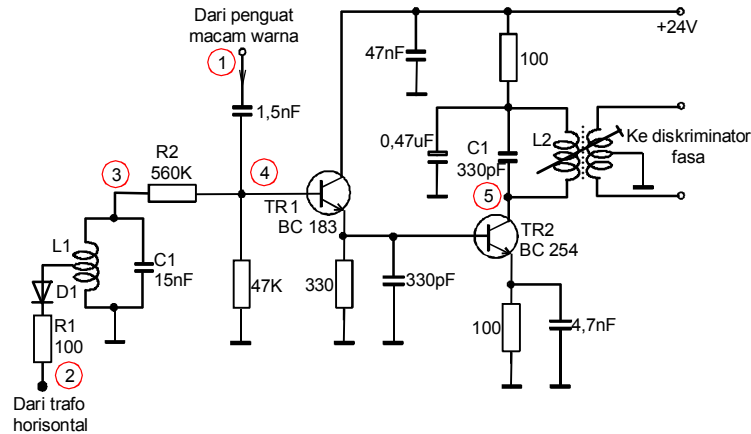


Gambar 6.135 Blok diagram pembangkitan pembawa warna

Pembangkitan kembali pembawa warna mempunyai hubungan seperti Gambar 6.135 Osilator menghasilkan frekuensi bebas $\pm 4,43\text{MHz}$. Frekuensi bebas dikontrol oleh rangkaian diskriminator fasa yang menghasilkan tegangan pengatur dengan membandingkan fasa dan frekuensi sinyal osilator dengan burs.

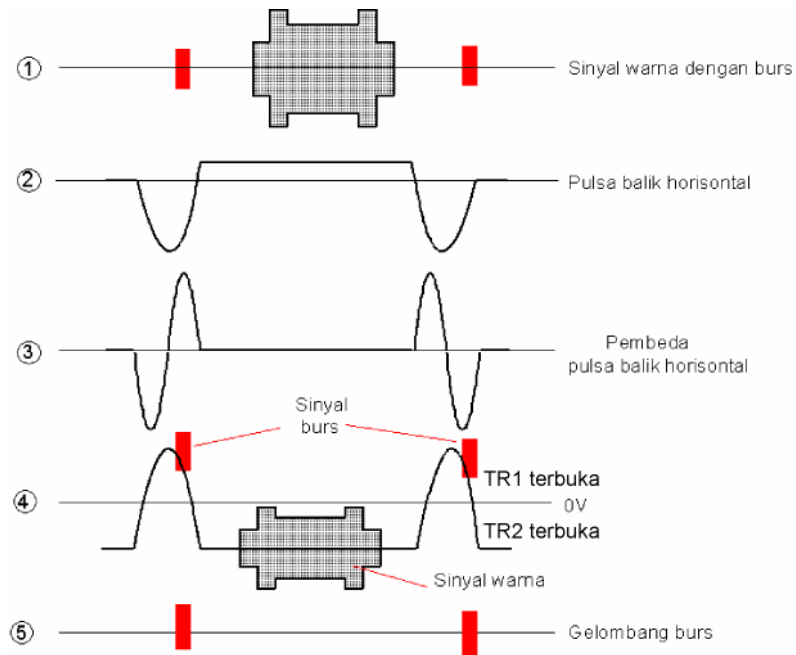
Penguat Burs

Penguat burs dapat juga berfungsi ganda yaitu sebagai penguat daya memisahkan sinyal burs dari sinyal gambar seperti pada Gambar 6.136.



Gambar 6.136 Rangkaian Penguat burs

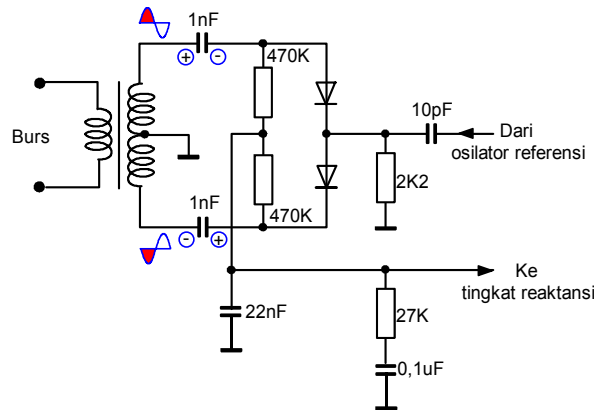
Melalui basis dari transistor TR1 yang bekerja dengan kolektor bersama, Transistor TR1 di catu dalam keadaan menutup. Sinyal burs dan sinyal gambar diberikan pada TR1 melalui kapasitor penghubung. Pada basis TR1 melalui R2 diberikan sinyal arah balik horisontal. Sinyal arah balik horisontal yang diberikan adalah sinyal negatip, maka D1 dipasang seperti gambar. Oleh L1 sinyal arah balik horisontal yang datang menjadi seperti pada titik 3. Oleh karena itu TR1 akan terbuka pada saat arah balik horisontal. Dengan demikian sinyal burs dapat dipisahkan dan diperkuat oleh TR2. Oleh L2, C2, sinyal burs diberikan pada diskriminator fasa.



Gambar 6.137 Perlakuan sinyal pada penguat Burs

Diskriminator Fasa

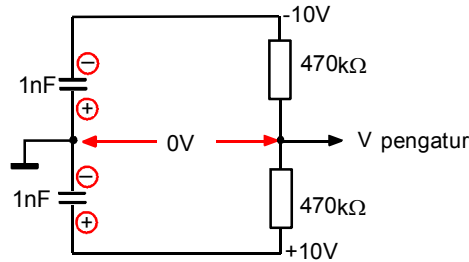
Pembangkitan pembawa referensi 4,43MHz harus disinkronkan fasa dan frekuensinya dengan sinyal pembawa yang dibawakan dari pemancar. Rangkaian diskriminator fasa mengenali pertukaran fasa dari sinyal R - Y.



Gambar 6.138 Rangkaian diskriminator fasa

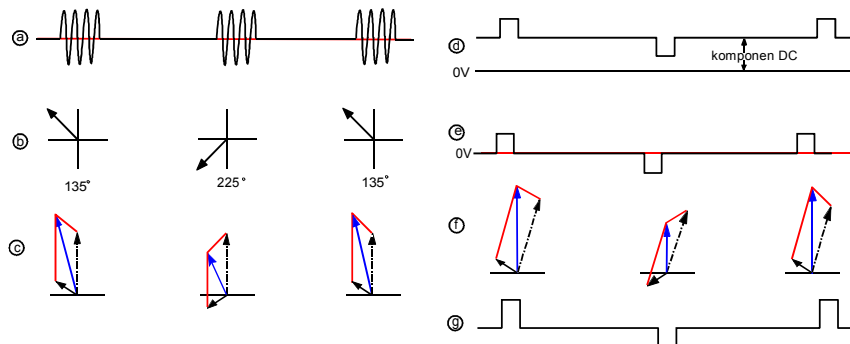
Sinyal burs dari penguat dan pemisah burs diberikan pada diskriminator fasa. Dari pengaman sinyal burs dan sinyal osilator dihasilkan tegangan pengontrol pada tingkat reaktansi untuk menghasilkan sinyal dengan frekuensi dan fasa yang benar. Osilator kuarsa (*Quarz*) sekarang mengemudikan demodulator sinkron (B-Y) dan melalui saklar PAL

mengemudikan demodulator sinkron (R-Y). Penyinkronan itu dihasilkan dengan cara: Diskriminator fasa, selain menyediakan tegangan atur juga pulsa, frekuensinya setengah dari frekuensi horisontal (baris). Pulsa ini mempengaruhi resonator. Resonator itu ditala pada frekuensi setengah horisontal. Dengan sinyal keluaran, tingkat resonator dapat digunakan untuk mengendalikan multivibrator dan untuk menyediakan pulsa penyaklar untuk saklar PAL. Pada Gambar 6.110 digambarkan rangkaian dasar diskriminator fasa. Pemisah burs melewati transformator diberikan pada diskriminator fasa simetris. Transformator mengeluarkan dua gelombang sinus 4,43MHz yang berlawanan terhadap potensial tengah, atau 180°. Melalui kapasitor 1 nF sinyal tersebut diberikan pada dioda. Dengan demikian sinyal-sinyal tersebut disearahkan dan kedua kapasitor 1 nF mengisi muatan dengan polaritas seperti pada Gambar 6.139. Titik tengah dari kedua dioda adalah jalan masuk tegangan penyama dari osilator pembawa referensi. Dengan demikian pada rangkaian jembatan pengganti polaritas diagonal jembatan dari tegangan pengisian kedua kapasitor dan tegangan dari kedua Resistor 47 KΩ adalah 0 Volt.



Gambar 6.139 Rangkaian pengganti jembatan dari rangkaian diskriminator fasa

Pada gambardibawah ini ditampilkan perlakuan sinyal dalam sebuah diskriminator fasa.



Gambar 6.140 Perlakuan sinyal dalam sebuah diskriminator fasa

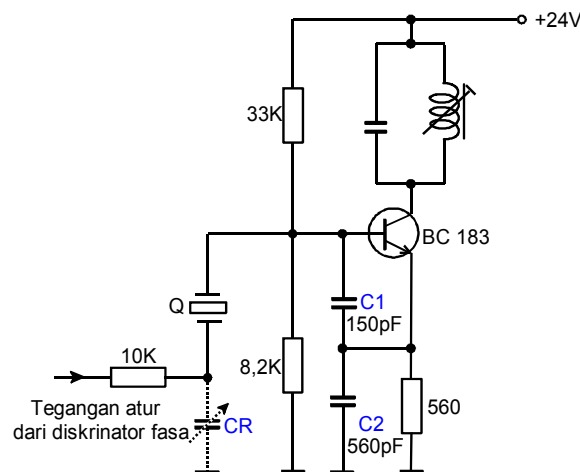
Pada Gambar 6.140a dan 6.140b, ditampakkkan sinyal burs yang berisi 10 - 12 gelombang dengan perubahan fasanya pada setiap garis horisontal. Pada Gambar 6.140c ditampakkkan penjumlahan posisi fasa

dari sinyal referensi pembawa dan sinyal burs untuk didapatkan sinyal koreksi. Jika osilator bergoyang lebih lambat dari burs, maka pada keluaran diskriminator fasa akan mempunyai pulsa positif yang lebih tinggi dibanding pulsa negatifnya dan tegangan itu digunakan untuk mengontrol osilator.

Osilator Referensi

Untuk pendemodulasian penerima dengan fasa yang benar, diperlukan persyaratan osilator sebagai berikut :

1. Osilator harus dapat ditala pada frekuensi semestinya.
2. Harus bebas harmonisa, sehingga tidak ada sinyal tambahan pada keluaran demodulator sinkron.
3. Kopling antara kuarsa penggetar dan transistor osilator harus cukup leluasa, dengan begitu perubahan dari parameter transistor khususnya kapasitansi, tidak mempengaruhi frekuensi.
4. Osilator dapat bergetar bebas, dan mengendalikan demodulator sinkron.



Gambar 6.141 Rangkaian osilator pembawa referensi dengan kuarsa (*Quarz*)

Osilator pembawa referensi dengan transistor dioperasikan dalam rangkaian kolektor untuk pengkopelan sefasa.. Osilator ini juga dinamakan osilator CLAPP. Frekuensi resonansi ditentukan oleh kuarsa yang disini beroperasi sebagai induktor, yang ditala bersama dengan kapasitansi dioda kapasitor CR, C1 dan C2. Karena dituntut frekuensi pembawa referensi sepasti mungkin maka komponen-komponen reaktansi yang lain selain penentu frekuensi tidak boleh ikut mempengaruhi.. Oleh sebab itu parameter C masukan dan C_{cb} melalui perubahan temperatur dan tegangannya mempunyai pengaruh mendasar. Besar kapasitansi masukan C_e .

$$C_e = \frac{I_c}{V_r \beta \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \beta} \quad (6.39)$$

V_r = tegangan temperatur

β = penguatan

$f\beta$ = frekuensi batas

Besar kapasitansi basis kolektor

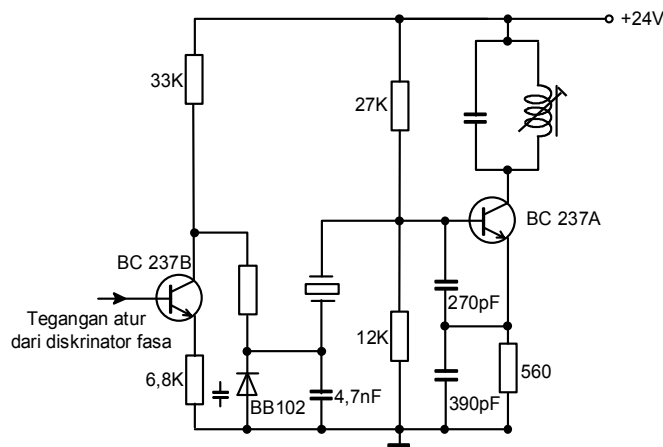
$$C_{CB} = \frac{1}{\sqrt{V_{CB}}} \quad (6.40)$$

Dari kesimpulan diatas dapat disimpulkan :

1. Diperlukan transistor silikon, karena pengaruh suhu terhadap arus bocor kecil.
2. Diperlukan transistor yang perkuatannya (β) besar dan frekuensi batas $f\beta$ yang tinggi, sehingga pengaruh dari perubahan arus kolektor terhadap kapasitansi masukan sangat kecil.

Jika temperatur transistor naik maka kapasitansi masukan dan C_{CB} akan berubah besar frekuensi osilator, untuk itu diperlukan rangkaian penyalisir untuk mengembalikan frekuensi pada besar frekuensi semula.

Untuk itu diperlukan CR variabel yang dapat mengkompensasi perubahan C_E dan C_{CB} .

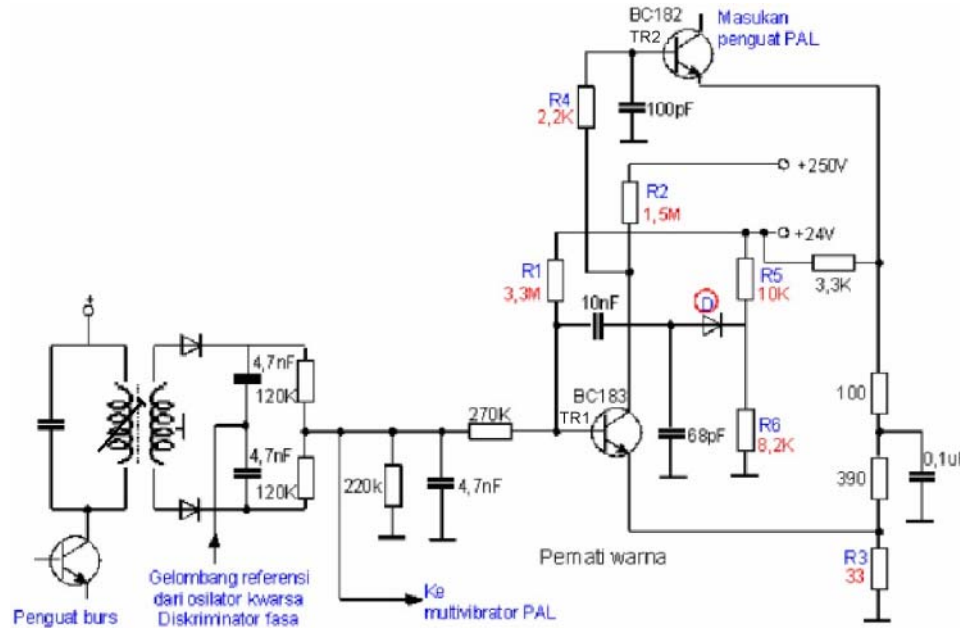


Gambar 6.142 Rangkaian dioda kapasitor paralel dengan kapasitor beban

Pada Gambar 6.142 dioda kapasitor BB102 berfungsi untuk mengembalikan kembali perubahan frekuensi osilator pada frekuensi yang benar. Jika frekuensi osilator berubah, maka tegangan pengatur yang dihasilkan oleh diskriminator fasa akan ikut berubah. Dengan demikian besar kapasitansi dioda BB 102 akan ikut berubah sebanding dengan perubahan tegangan pengatur.

6.4.12 Pemati Warna (Color Killer)

Pemati warna dinamakan juga colour killer, digunakan untuk menutup kanal warna, jika yang diterima adalah sinyal hitam putih atau sinyal desis melebihi sinyal warna. Sinyal gambar Y diatas 3,5MHz akan dapat sampai pada demodulator sinkron tanpa melewati pemblokiran penguat sinyal macam warna , disana akan didemodulasi dan mengendalikan tabung gambar dengan informasi warna yang tidak terdefinisi dan sangat mengganggu gambar hitam putih. Karena sinyal burs hanya ada selama pengiriman sinyal warna, maka ia dapat digunakan untuk mendeteksi ada tidaknya warna.



Gambar 6.143 Rangkaian lengkap pemati warna

Tegangan keluaran dari diskriminator fasa diberikan pada basis transistor pemati warna TR1, yang menyediakan tegangan depan basis transistor penguat sinyal macam warna TR2. Pada penerimaan sinyal hitam putih atau pada amplitudo burs sangat kecil, atau pada perbedaan fasa antara burs dan gelombang pembawa referensi, diskriminator fasa memberikan sinyal keluaran positif. Tegangan positif tersebut membuat TR1 menjadi menghantar penuh. Keadaan ini menyebabkan basis TR2 melalui R4 dan TR1 yang terhubung ke tanah berpolaritas 0V. TR2 dalam keadaan menyumbat, dan tidak melakukan penguatan sinyal warna. Pada pengiriman gambar dengan amplitudo burs yang besar, bebas dari desis dan mempunyai hubungan fasa yang benar, diskriminator fasa memberikan tegangan negatif. Tegangan negatif pada basis TR1 menyebabkan TR1 menyumbat. Basis TR2 melalui R2 dan R4 mendapat tegangan depan yang besar. Dengan demikian TR2 bekerja memperkuat

sinyal warna. Dioda (D) bersama R5 dan R6 membatasi tegangan basis dari TR2.

6.4.13 Pengendalian Tabung Gambar Warna

Keluaran dari demodulator sinkron didapatkan pelemahan pada kedua sinyal perbedaan warna.

$$V_V = \frac{V_R - Y}{1,14} \quad \text{dan} \quad V_U = \frac{V_B - Y}{2,03} \quad (6.41)$$

Ada tiga tugas dalam perbedaan tabung gambar warna yaitu:

- Dikeluarkan sinyal perbedaan warna hijau dari pencampuran kedua sinyal perbedaan warna, yang disebut sebagai V_{G-Y}
- Perbedaan sinyal V_{B-Y} dan V_{R-Y} dari pemancar yang berubah, harus deikembalikan.
- Ketiga sinyal perbedaan warna bersama sinyal luminasi mengendalikan tabung gambar sebagai V_R , V_G dan V_B .

Mendapatkan kembali U_{G-Y}

Untuk mendapatkan kembali U_{G-Y} melalui penambahan dua sinyal perbedaan warna U_{R-Y} dan U_{B-Y} .

$$V_Y = 0,299 V_R + 0,587 V_G + 0,114 V_B \quad (6.42)$$

sehingga

$$(0,299 + 0,587 + 0,114) + V_Y = 0,299 V_R + 0,587 V_G + 0,114 V_B$$

$$0,299 (V_R - V_Y) + 0,587 (V_G - V_Y) + 0,114 (V_B - V_Y) = 0$$

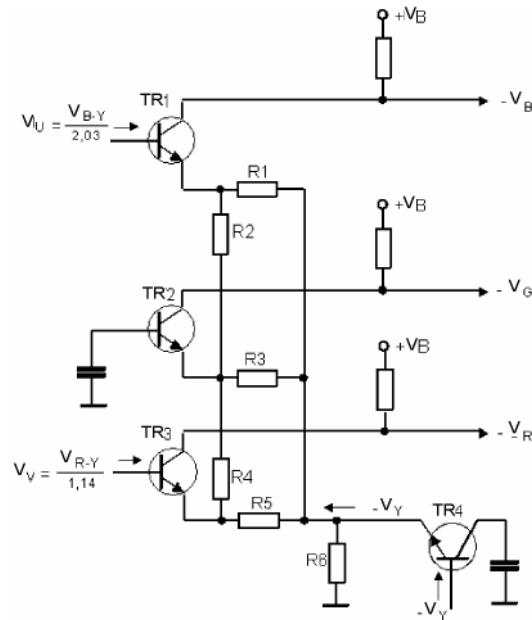
didapatkan

$$V_G - V_Y = -0,51 (V_R - V_Y) - 0,19 (V_B - V_Y)$$

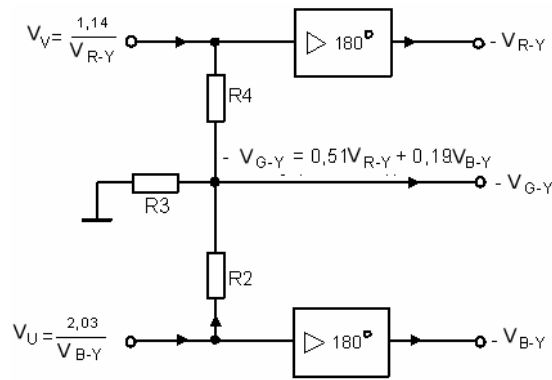
atau :

$$-V_{G-Y} = 0,51 V_{R-Y} + 0,19 U_{B-Y}$$

Atau dengan kata lain, jika kita menjumlahkan sinyal sebesar 51% dari V_{R-Y} dan 19% dari V_{B-Y} akan didapatkan sinyal perbedaan warna hijau V_{G-Y} (Yang terbalik fasanya).



(a) Prinsip rangkaian matrik



(b) Blok prinsip rangkaian matrik

Gambar 6.144 Skema rangkaian matrik dan blok diagram

Gambar 6.144a adalah prinsip rangkaian matrik untuk mendapatkan kembali sinyal warna. TR1 dan TR3 bekerja dengan konfigurasi kolektor bersama dengan penguatan kira-kira 1X untuk menghasilkan kembali sinyal G - Y. Selain dari pada itu fasa sinyal yang diberikan ke TR2 juga sama dari emitor TR1 sinyal B - Y. Kedua sinyal tersebut melalui R₂ dan R₄ diberi kepada emitor TR2 dengan perbandingan yang tepat yaitu 51:19. Dengan sinyal-sinyal itu transistor TR2 bekerja dengan konfigurasi basis bersama dan sinyal keluarannya adalah untuk TR1 dan TR3, karena keluarannya terpasang dengan konfigurasi emitor bersama sehingga sinyal keluarannya berbalikan fasa dengan sinyal masukannya

yaitu $-V_R$ dan $-V_B$. Pada Gambar 6.144b adalah matrik dengan keluaran sinyal perbedaan warna. Pada setiap emitor dari TR1 sampai TR3 diberi sinyal UY dari sinyal perbedaan warna Reduksi sinyal UY dari sinyal perbedaan warna.

$$\text{Ditentukan bahwa } U = \frac{B - Y}{2,03} \quad \text{dan} \quad V = \frac{R - Y}{1,14}$$

$$\text{Sehingga :} \quad B - Y = 2,03 U$$

$$R - Y = 1,14 Y$$

$$\text{dan :} \quad \frac{B - Y}{R - Y} = \frac{2,03 U}{1,12 V} = 1,78$$

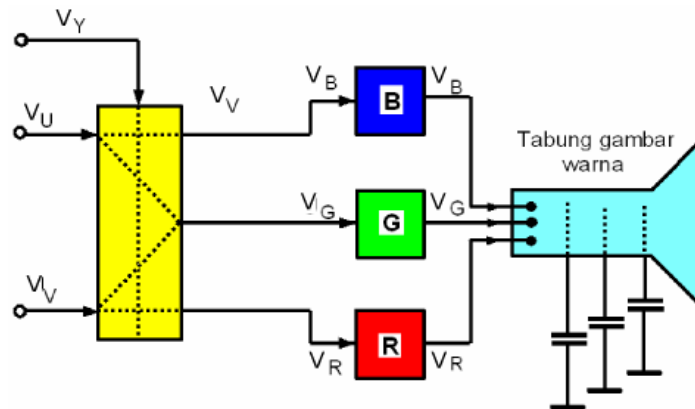
Dengan ibegitu maka penguatan sinyal U harus 1,78 kali lebih besar dari sinyal V.

Pada Gambar 6.144 ditampakkan bahwa perbedaan penguatan tersebut terletak pada RE dari TR1 dan TR3.

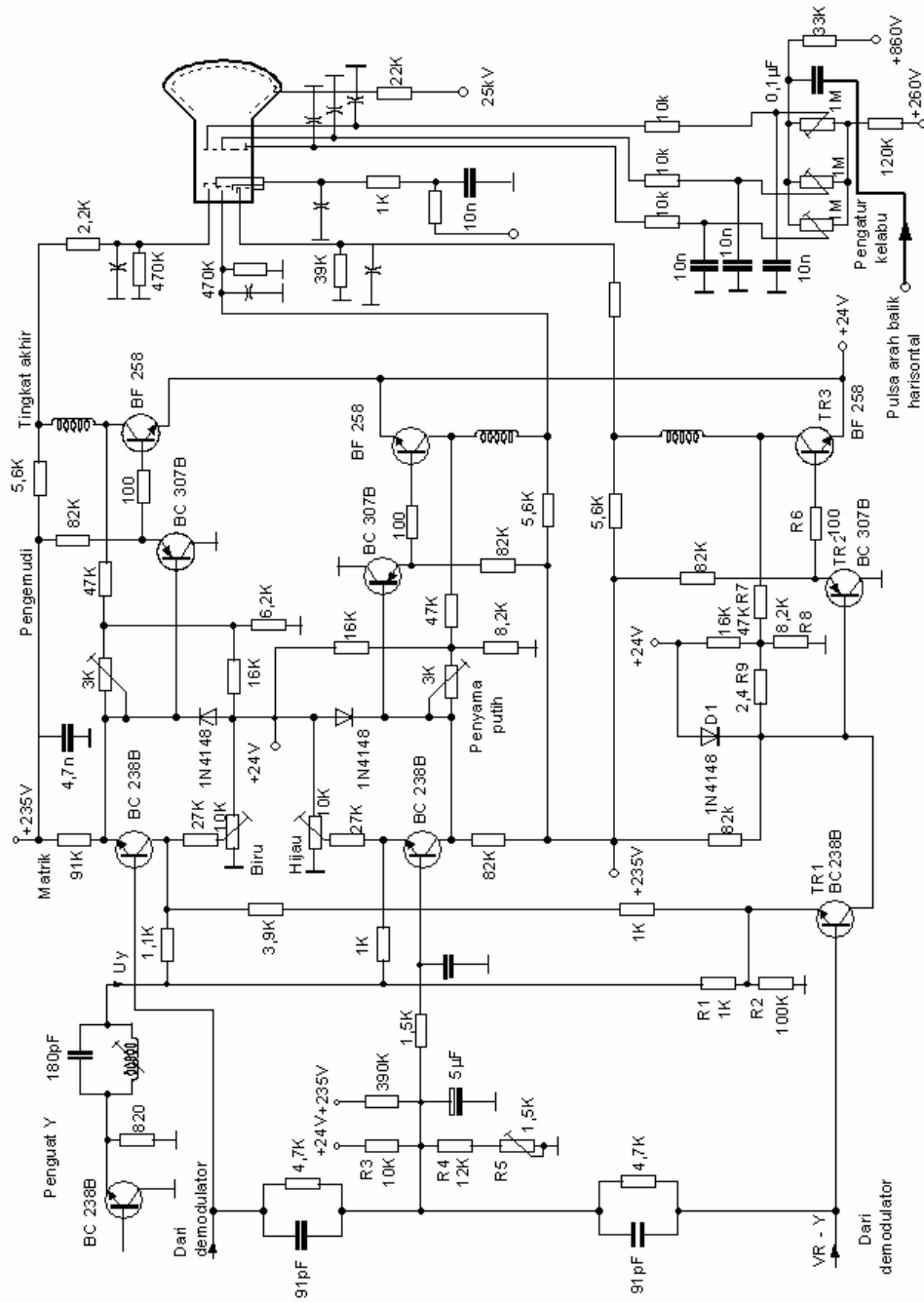
Pengendalian Tabung gambar Berwarna

Ada dua macam pengendalian tabung gambar berwarna, yaitu pengendalian dengan sinyal warna primer dan sinyal perbedaan warna . Pengendalian tabung gambar warna dengan sinyal warna primer. ialah pengendalian katoda tabung gambar dengan sinyal R, G, B yang mempunyai perbandingan.

$$V_R = 0,3 \cdot V_Y \quad , \quad V_G = 0,59 \cdot V_Y \quad , \quad V_B = 0,11 \cdot V_Y.$$



Gambar 6.145 Prinsip pengendalian tabung gambar warna dengan warna primer.



Gambar 6.146 Rangkaian lengkap pengendalian tabung gambar warna dengan tiga warna primer.

Rangkuman

Untuk penerima televisi ditetapkan bahwa daerah VHF adalah pada band-I (47MHz - 68MHz) dan band III (174MHz - 233MHz), dan daerah UHF adalah band-IV/V (470MHz - 854MHz). Tugas penala adalah memilih salah satu dari frekuensi - frekuensi pada band dan merubahnya menjadi frekuensi 38,9MHz untuk pembawa gambar dan 33,4MHz untuk pembawa suara.

Fungsi penguat IF gambar adalah untuk menguatkan tegangan dari hasil tingkat pencampur sampai pada batas yang dapat digunakan untuk mengendalikan tingkat akhir video (sekitar 3-4V), sehingga diperlukan 3 sampai 4 tingkat penguat baik berupa transistor atau berupa IC dengan penguatan kira-kira 6.000 kali, menghasilkan selektifitas yang diperlukan, menguatkan tegangan pembawa suara yang frekuensinya 33,4MHz serta mengendalikan tabung gambar pada kondisi yang sama pada kuat sinyal yang berbeda dan untuk menyamakan goyangan kuat medan, untuk itu penguatan penguat IF gambar harus dapat diatur.

Pendemodulasian sinyal gambar adalah untuk memisahkan sinyal gambar dari sinyal pembawanya. Demodulasi sinyal gambar adalah demodulator AM.

Pengaturan penguatan otomatis (*Automatic Gain Control / AGC*) mengontrol secara otomatis penguatan pada tingkat penala dan IF gambar dari pesawat penerima televisi, sehingga didapatkan tingkatan sinyal gambar yang relatif tetap pada keluaran demodulator gambar. Bias AGC adalah tegangan DC yang didapatkan dari penyearah sinyal gambar.

Penguat gambar memperkuat sinyal gambar dari demodulator dari tegangan ≈ 3 Vpp menjadi ≈ 80 Vpp pada katoda tabung gambar untuk mendapatkan kekontrasan gambar yang baik. Penguat gambar harus menguatkan sinyal gambar dengan frekuensi 0 - 5MHz secara rata, untuk itu umumnya penguat gambar dihubungkan langsung dari demodulator gambar ke tabung gambar agar tidak merubah sinyal searah untuk mendapatkan kecerahan yang benar.

Penguat macam warna adalah penguat resonansi yang melewatkan frekuensi sub pembawa warna $4,43 \pm 0,5$ MHz, dan bertugas menaikkan tingkatan sinyal pembawa warna menjadi 100% dari 50% yang ditekan pada penguat IF gambar. Penekanan sub pembawa warna sampai 50% pada tingkat IF dengan maksud mencegah sinyal pembawa warna sampai pada penguat Y.

Ada dua macam pengendalian tabung gambar berwarna, yaitu pengendalian dengan sinyal warna primer dan sinyal perbedaan warna

Tugas Mandiri

1. Jelaskan fungsi umum penala penerima televisi !
2. Jelaskan prinsip kerja rangkaian pelindung tegangan lebih
3. Sebutkan sifat-sifat dasar yang harus dimiliki oleh penguat IF gambar
4. Jelaskan fungsi dari demodulator gambar
5. Jelaskan fungsi rangkaian pengaturan penguatan otomatis (AGC) !
6. Jelaskan fungsi dari penguat gambar (video)
7. Pada penerima pembawa suara terpisah , suara dimodulasi secara ...
8. Apa keuntungan penerima pembawa suara tercampur ?
9. Apa kerugian pembawa suara terpisah palsu ?
10. Bagaimana pembawa suara terpisah palsu memproses sinyal suara dan gambar ?
11. Jelaskan fungsi dari penguat macam warna !
12. Jelaskan fungsi dari pengkode PAL !
13. Jelaskan apa fungsi pensaklar PAL dalam rangkaian penerima televisi warna !
14. Apakah kegunaan sinyal burs pada penerima televisi ?
Jelaskan !
15. Sebutkan tugas rangkaian pengendalian tabung gambar warna !
16. Jelaskan prinsip mendapatkan kembali sinyal U_{G-Y} !
17. Jelaskan ciri khusus dari layar depan tabung gambar warna dengan kedok berlubang !
18. Sebutkan keuntungan dari tabung warna dengan kedok celah-celah ?
19. Jika gambar pada televisi hanya berbentuk garis terang horisontal perkiraan pada bagian mana terjadi gangguan !
20. Sebutkan fungsi rangkaian tingkat akhir horisontal ?