

BÖLÜM 4

AM-FM UYGULAMALARI

Bölümün Amacı

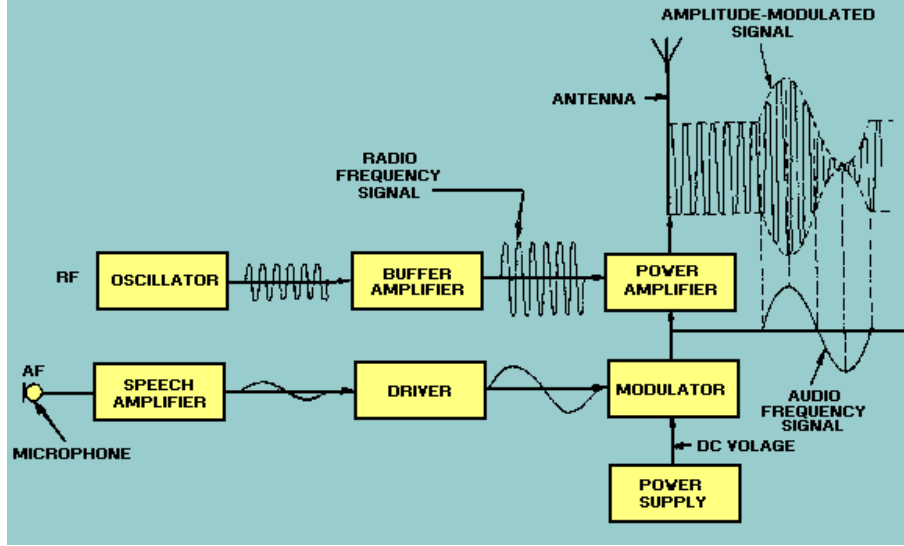
Genlik Modülasyonu (GM) ve Frekans Modülasyonu (FM) için verici ve alıcı blok şemalarını çizibilme ve tanımlayabilme,

Öğrenme Hedefleri

Öğrenci,

Genlik Modülasyonu için ve Frekans Modülasyonu için verici ve alıcı blok şemalarını çizer ve çalışmasını açıklar.

4.1. AM Alıcı-Verici Sistemler



Şekil 4.1. Genlik Modüleli verici blok şeması

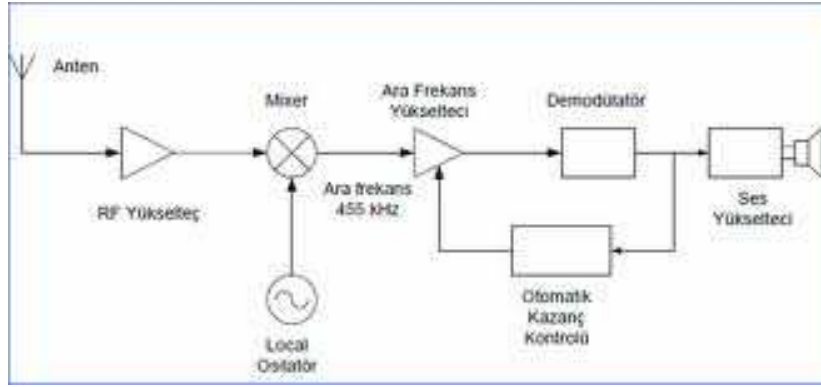
Şekil 4.1 de Genlik Modüleli vericinin blok şeması verilmiştir. Bir verici temel olarak 3 kısımdan oluşur.

- **Oscillator Katı:** Taşıyıcı dalgayı istenilen frekansta üretmeyi sağlayan kısımdır.
- **Buffer (tampon) Katı:** Osilatörün ürettiği dalgayı dış etkilerden ve güç katından izole ederek frekans kararlılığını sağlar.
- **Modulatör/Rf Amplifikatör Katı:** Taşıyıcı dalgayı ve ses sinyalini birleştirerek AM sinyalini üretip yükselttikten sonra antene gönderir.

Temel olarak AM alışı, AM iletişimin tersi süreçtir. Bir AM alıcı, genlik-modülasyonlu bir dalgayı başlangıçtaki kaynak bilgiye geri çevirir (yani AM dalgayı demodüle eder). Ancak, demodülasyon süreci demodülasyon süreci modülasyon sürecinden oldukça farklı olabilir. Demodülasyon sürecini anlamak için, alıcı ve alıcı devreleriyle ilgili terminoloji hakkında bilgiye sahip olmak gerekir.

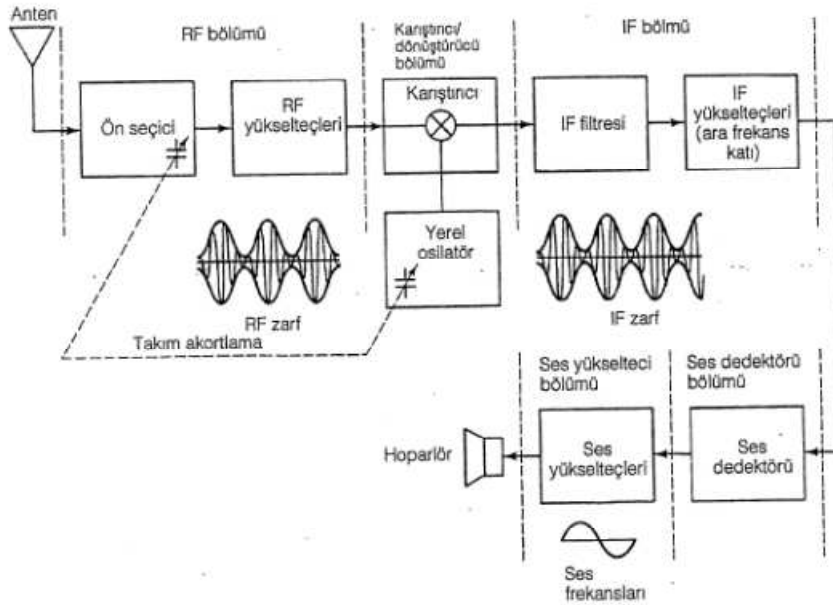
Şekil 4.2 bir AM alıcının basitleştirilmiş blok diyagramını göstermektedir. RF bölümü vericinin ilk kademesidir ve bu nedenle çoğunlukla vericinin ön ucu olarak adlandırılır. RF bölümünün ana işlevleri, bant sınırlaması uygulamak ve alınan RF sinyallerini yükseltmektir. RF bölümü şu devrelerden bir veya daha fazlasını içerir: anten, anten bağlama devresi, alıcı giriş filtresi(ön seçici) ve bir yada daha çok RF yükseltici. Karıştırıcı/dönüştürücü bölümü, alınan

RF frekanslarını alçağa dönüştürür; böylece radyo frekansları ara frekansa (IF) dönüştürülmüş olur. IF bölümü, kaskat bağlı yükselteciler ve bant geçiren filtreler içerir. IF bölümünün ana işlevi, yükseltme ve seçiciliktir. AM dedektör, AM dalgayı demodüle ederek zarftan başlangıçtaki bilgiyi elde eder. Ses bölümü yeniden elde edilen bilgi sinyalini kullanılabilir bir düzeye yükseltir.



Şekil 4.2. Genlik Modüleli alıcı blok şeması

4.1.1. Superheterodin AM Alıcı



Şekil 4.3. Genlik Modüleli süperheterodin radyo alıcısının blok şeması

Süperheterodin alıcıları 1920li yıllardan itibaren geliştirilmeye başlanmıştır. Süperheterodin alıcının kalitesi ilk tasarımından bu yana oldukça artırılmıştır ve günümüzde halen temel süperheterodin alıcı düzenlemesi radyo iletişimde yaygın olarak kullanılmaktadır. Süperheterodin alıcının hala kullanılmasının nedeni, kazanç, seçicilik ve duyarlık özelliklerinin diğer alıcı düzenlemelerinden üstün olmasıdır.

Heterodinleme, iki frekansı doğrusal olmayan bir aygıtta karıştırmak ya da doğrusal olmayan karıştırma kullanarak bir frekansı başka bir frekansa çevirmek demektir. Koherent olmayan süperheterodin bir alıcının blok diyagramı Şekil 4.3'de gösterilmiştir (koherent değildir çünkü yerel osilatör, vericinin taşıyıcı osilatöründen tamamen bağımsızdır). Temel olarak, Süperheterodin bir alıcıyı oluşturan beş ana bölüm vardır: RF bölümü, karıştırıcı/dönüştürücü bölümü, IF bölümü, dedektör bölümü ve ses yükseltici bölümü.

RF bölümü: RF bölümünün genelde bir ön seçici kademesi ve bir de RF yükseltici kademesi vardır. Bu iki kademe ayrı devreler halinde ya da tek bir devrede birleşmiş halde bulunabilirler. Ön seçici, ayarlanabilir orta frekansı arzu edilen RF taşıyıcısına akort edilmiş, geniş-akortlu, bant geçiren bir filtredir. Ön seçicinin temel amacı, hayal frekansı adı verilen ve arzu edilmeyen spesifik bir radyo frekansını engellemek üzere, başlangıçta yeterli bant sınırlaması sağlamaktır. Ön seçici aynı zamanda alıcının gürültü bant genişliğini azaltır ve toplam alıcı bant genişliğini, bilgi sinyalinin geçmesi için gerekli minimum bant genişliğine indirmek yolunda ilk adımı da atar. RF yükseltici, alıcının duyarlığını belirler (yani sinyal eşik değerini belirler).

Ayrıca RF yükseltici, alınan bir sinyalin karşılaştığı ilk etkin aygıt olduğu için önemli bir gürültü kaynağıdır; dolayısıyla RF yükseltici, alıcının gürültü faktörünün belirlenmesinde önde gelen unsurlardan biridir. Bir alıcıda, istenen duyarlığa bağlı olarak, bir veya daha fazla RF bulunabileceği gibi, hiçbir RF yükselticinin bulunmaması da mümkündür.

Karıştırıcı / Dönüştürücü bölümü: Karıştırıcı / Dönüştürücü bölümünde, bir RF osilatörü kademesi (genelde yerel osilatör adı verilir) ve bir de karıştırıcı/dönüştürücü kademesi (genelde ilk dedektör adı verilir) bulunur. Yerel osilatör, herhangi bir osilatör devre olabilir; hangi osilatörün seçileceği arzu edilen kararlılığa ve kesinliğe bağlıdır. Karıştırıcı kademesi doğrusal olmayan bir aygıttır ve bu kademenin amacı RF'yi IF'ye dönüştürmektir. (yani, frekans

çevirme işlemidir). Heterodinleme (iki frekansın doğrusal olmayan aygıtta karıştırılması), karıştırıcı kademesinde gerçekleştirilir; bu kademede RF, IF' ye alçağa dönüştürülür. Taşıyıcı ve yanbant frekansları RF değerlerinden IF değerlerine dönüştürülse de, AM zarfın şekli aynı kalır; dolayısıyla, zarfta bulunan başlangıçtaki bilgi de değişmez şu önemli noktaya dikkat edin: heterodinleme süreci, taşıyıcı ile üst ve alt yanbant frekanslarını değiştirse de tayfın bant genişliği değiştirmez. AM yayın-bandı alıcılarında kullanılan en yaygın ara frekans 455 kHz' dir.

IF bölümü: IF bölümü bir dizi IF yükselteci içerir (bu diziyeye genelde orta frekans katı adı verilir). Alıcının kazanç ve seçiciliğinin büyük kısmı IF bölümünde gerçekleştirilir. IF tüm istasyonlar için sabittir ve frekans değeri, alınan RF sinyallerinin tümünden daha az olacak şekilde seçilmiştir. IF'nin her zaman RF' den daha düşük olmasının nedeni, IF için yüksek-kazançlı yükselteçler imal etmenin, aynı yükselteçleri RF için imal etmekten daha kolay ve daha ucuz olmasıdır. Ayrıca alçak-frekanslı IF yükselteçlerinin salınım yapma eğilimi RF benzerlerine göre daha azdır. Dolayısıyla beş ya da altı IF yükselteci ve yalnızca tek bir RF yükselteci bulunan, hatta hiçbir RF yükselteci bulunmayan bir alıcı görmek az rastlanan bir durum değildir.

Dedektör Bölümü: Dedektör bölümünün amacı, IF zarfını başlangıçtaki kaynak bilgiye dönüştürmektir ses detektörü, tek bir diyottan oluşacak kadar basit ya da faz-kilitlemeli döngü veya dengeli demodülatör içerecek kadar karmaşık olabilir.

Ses Bölümü: Ses bölümü, kaskat bağlanmış ses yükselteçleri içerir. Yükselteçlerin sayısı, arzu edilen ses sinyali gücüne bağlıdır.

4.1.2 Superheterodin Alıcının Çalışması

Süperheterodin bir alıcıda demodülasyon süreci sırasında, alınan sin yal iki frekans çevirme işlemine tabi tutulur: sinyal ilk olarak RF' den IF' ye , daha sonra ise IF' den sese dönüştürülür.

Frekans dönüştürme. Karıştırıcı/dönüştürücü kademesinde frekans dönüştürmesi, bir vericinin modülatör kademesindeki frekans dönüştürmesi ile tamamen aynıdır; aralarındaki tek fark alıcıda frekansların yükseğe değil, alçağa-dönüştürülmesidir. Karıştırıcı/dönüştürücüde, RF sinyalleri yerel osilatör frekansıyla doğrusal olmayan bir aygıtta karıştırılır. Karıştırıcının çıkışı, arzu edilen RF ile yerel osilatör frekansının toplam ve fark frekanslarını içeren sonsuz sayıda vektörel çarpım ve harmonik frekanslarını içerir.

IF filtreleri fark frekanslarını akort edilmiştir. Yerel osilatör salınma frekansı arzu edilen RF' nin IF kadar üstünde ya da IF kadar altında olacak şekilde tasarlanmıştır. Dolayısıyla, RF ile yerel osilatör frekansı arasındaki fark IF'dir. Ön seçicinin orta frekans ayarı ile yerel osilatör frekans ayarı takım-akortludur. Takım-akort etmek, tek bir ayarla ön seçicinin orta frekansı değiştirilirken aynı zamanda yerel osilatörün de frekansı değişecek şekilde iki ayarı mekanik olarak birbirine bağlamak demektir. Yerel osilatör frekansının, RF' den yüksek olan frekansa akort edilmesine, yüksek yan ya da yüksek vuru enjeksiyonu; RF' den düşük olan frekansa akort edilmesine ise alt yan ya da düşük vuru enjeksiyonu denir. AM yayın- bandı alıcılarında, her zaman yüksek yan enjeksiyonu kullanılır (bunun nedeni daha ileride açıklanmıştır). Yerel osilatörün frekansı matematiksel olarak şuna eşittir:

$$\text{Yüksek yan enjeksiyonunda} \quad F_{10} = F_{rf} + F_{if} \quad (4a)$$

$$\text{Alt yan enjeksiyonunda} \quad F_{10} = F_{rf} - F_{if} \quad (4b)$$

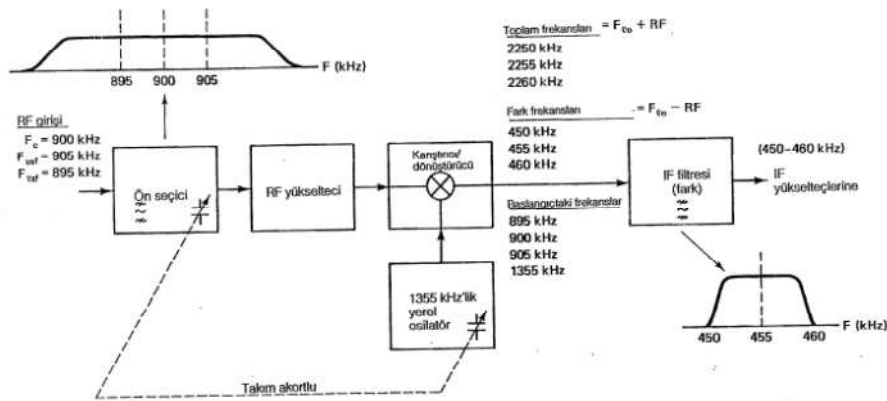
Burada

F_{10} = yerel osilatör frekansı

F_{rf} = radyo frekansı

F_{if} = ara frekans

ÖRNEK: Yüksek yan enjeksiyonu kullanan ve yerel osilatör frekansı 1355 kHz olan AM süperheterodin bir alıcıda; RF zarfı 900 kHz'lik taşıyıcı 905 kHz'lik üst yan frekans ve 895 kHz'lik alt yan frekanstan oluşuyorsa, IF taşıyıcı ile IF alt ve üst yan frekans değerleri ne olur?



Şekil 4.4. Örnek için şekil

ÇÖZÜM (Şekil 4-4)

Yüksek yan enjeksiyonu kullanıldığı için, IF, RF ile yerel osilatör frekansı arasındaki farka eşittir. 4a nolu denklemi yeniden düzenlersek şu sonucu elde ederiz:

$$F_{if}=F_{lo}-F_{rf}$$
$$= 1355 \text{ kHz} - 900 \text{ kHz} = 455 \text{ kHz}$$

IF üst ve alt yan frekans değerleri şuna eşittir:

$$IF \text{ (usf)}=F_{lo}-F_{rf} \text{ (lsf)}$$
$$= 1355 \text{ kHz} - 895 \text{ kHz} = 460 \text{ kHz}$$

$$If \text{ (lsf)} = F_{lo}-F_{rf} \text{ (usf)}$$
$$= 1355 \text{ kHz} - 905 \text{ kHz} = 450 \text{ kHz}$$

Heterodinleme süreci sırasında yan frekansların ters döndüğünde dikkat edin (yani, RF üst yan frekansı IF alt yan frekansına, Rf alt yan frekansı ise IF üst yan frekansına dönüştürülür-buna genelde yanbant terlemesi denir).

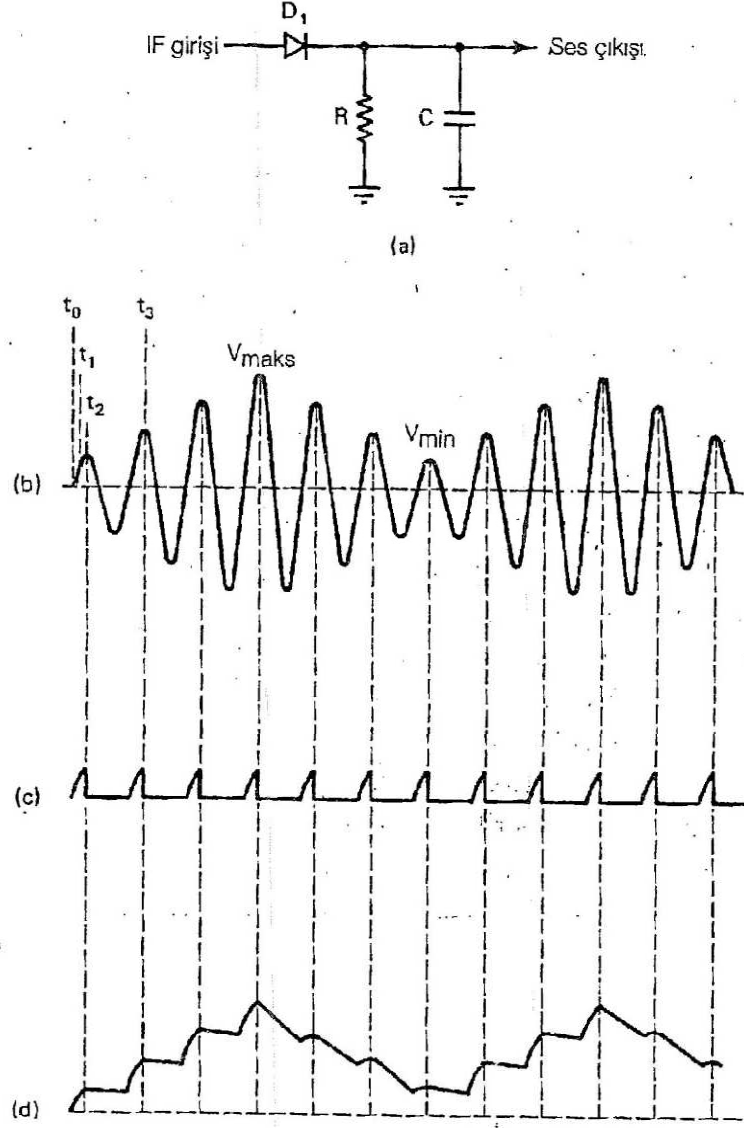
4.1.3 AM Dedektör Devreleri

AM dedektörün işlevi, IF frekanslı AM zarfı demodüle etmek ve başlangıçtaki kaynak bilgiyi bu zarftan elde etmek ya da yeniden üretmektir. Elde edilen sinyal, başlangıçtaki modüle edici sinyalle aynı frekansları içermeli ve aynı nispi genlik özelliklerine sahip olmalıdır.

4.1.3.1 Tepe Dedektörü

Şekil 4.5-a, genelde tepe dedektörü denilen basit koherent olmayan bir AM demodülatörü göstermektedir. Diyot doğrusal olmayan bir aygıt olduğu için D1'in girişine iki ya da daha fazla frekans verildiğinde, doğrusal olmayan toplama meydana gelir. Dolayısıyla çıkış, başlangıçtaki giriş frekanslarını, bu frekansların harmoniklerini ve vektörel çarpımlarını (toplam ve fark frekanslarını) içerir. 300 kHz'lik bir taşıyıcıya 2 kHz'lik bir sinüs dalgası tarafından genlik modülasyonu uygulanırsa, modülasyonlu dalga 298 kHz'lik LSF, 300 kHz'lik taşıyıcı ve 302 kHz'lik USF'den oluşur. Eğer oluşan zarf Şekil 4-5a'da gösterilen AM dedektörün girişine verilirse, çıkış şu frekansları içerir: üç giriş frekansı üç frekansın da harmonikleri ve üç. frekansın olası tüm birleşimlerinin ve harmoniklerin vektörel çarpımları. Çıkış matematiksel olarak şöyle ifade edilir:

$V_{\text{çıkış}} = \text{giriş frekansları} + \text{harmonikler} + \text{toplamlar ve farklar}$



Şekil 4.5.Tepe Dedektörü a)şematik diyagram b) AM giriş dalga biçimi c)diyot akım dalga biçimi d)çıkış gerilim dalga biçimi

RC ağı alçak geçiren bir filtre olduğundan dolayı, yalnızca fark frekansları ses bölümüne geçer Dolayısıyla, çıkış sadece şuna eşit olur: $V_{\text{çıkış}} = 300 - 298 = 2 \text{ kHz}$

$$302 - 300 = 2 \text{ kHz}$$

$$302-298=4 \text{ kHz}$$

Dolayısıyla,

$$V_{\text{çıkış}}=2 \text{ kHz ve } 4 \text{ kHz}$$

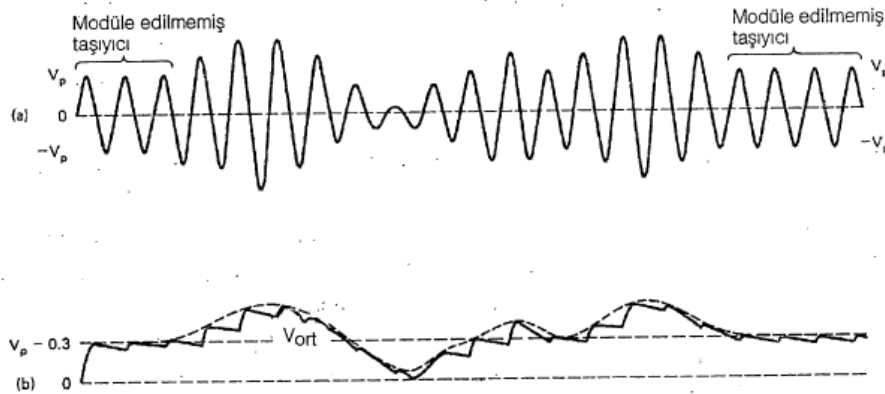
LSF taşıyıcı ve USF arasındaki nispi genlik özelliklerinden dolayı, en önemli çıkış sinyali taşıyıcı ile üst yan frekans ya da taşıyıcı ile alt yan frekans arasındaki fark frekansıdır. Dolayısıyla tepe dedektörü, zarftan başlangıçtaki modüle edici sinyali (2 kHz'lik bir sinüs dalgası) elde etmiş olur.

Yukarıdaki analizde, diyotlu dedektör basit bir karıştırıcı olarak kabul edilmiştir; zaten öyledir. Temel olarak, AM modülatör ile AM demodülatör arasındaki fark, modülatörün çıkışının toplam frekansına akort edilmesi (yükseğe-dönüştürücü), demodülatörün çıkışının ise fark frekansına akort edilmesidir (alçağa-dönüştürücü). Şekil 4-5a'da gösterilen demodülatöre genel olarak diyotlu dedektör (çünkü doğrusal olmayan aygıt tek bir diyottur), tepe dedektörü (çünkü giriş zarfının tepelerini algılar), ya da biçim veya zarf dedektörü (çünkü zarfın şeklini algılar) denir. Temel olarak, taşıyıcı diyodu “ yakalar” ve eşzamanlı olarak (hem faz hem de frekans) açık ve kapalı duruma geçmeye (doğrultma) zorlar. Dolayısıyla yanbantların taşıyıcı ile karışması ve başlangıçtaki temel bant sinyalleri yeniden elde edilebilmesi mümkündür.

Şekil 4.5-b bir dedektörün giriş gerilimi dalga biçimini; Şekil 4.5-c, buna denk gelen diyot akımının dalga biçimini, Şekil 4.5-d ise dedektörün çıkış gerilim dalga biçimini göstermektedir. $T=0$ zamanında diyot ters ön gerilimlidir ve kapalı durumdadır ($i_d = 0 \text{ A}$) kondansatör tamamen boştur ($V_c = 0 \text{ V}$) ve dolayısıyla çıkış 0 V 'tur. Giriş gerilimi D_1 'in engel potansiyelini aşana kadar (yaklaşık $0,3 \text{ V}$) diyot kapalı durumda kalır. $V_{\text{giriş}} 0,3 \text{ V}$ 'a ulaştığında ($t= 1$), diyot açık duruma geçer ve diyot akımı akarak kondansatörü yüklemeye başlar. Kondansatör gerilimi, $V_{\text{giriş}}$ tepe değerine ulaşincaya kadar giriş geriliminin $0,3 \text{ V}$ altında kalır. Giriş gerilimi azalmaya başladığında, diyot kapalı duruma geçer ve $i_d 0 \text{ A}$ olur ($t= 2$). Kondansatör direnç üzerinden boşalmaya başlar; ancak RC zaman sabiti yeteri kadar uzun tutulduğundan, kondansatör $V_{\text{giriş}}$ 'in azaldığı çubuklukta boşalamaz. Diyot, bir sonraki çevrimde $V_{\text{giriş}} V_c$ 'nin $0,3 \text{ V}$ üzerine. çıkana kadar kapalı durumda kalır ($t=3$). $V_{\text{giriş}} V_c$ 'nin $0,3 \text{ V}$ üzerine çıktığında diyot açılır, akım akar ve kondansatörü yine yüklemeye başlar.

Kondansatörün yeni gerilim değerine ulaşması nispeten kolaydır çünkü RC yükleme zaman sabiti $R_d C$ 'dir ve R_d oldukça düşük bir değere sahip olan diyodun "açık" durum direncidir. Bu süre, $V_{giriş}$ 'in birbirini izleyen her pozitif tepesinde kendini tekrar eder ve kondansatör gerilimi, $V_{giriş}$ 'in pozitif tepelerini izler ("tepe dedektörü" ismi buradan gelmektedir). Çıkış dalga biçimi, giriş zarfının şekline benzemektedir ("biçim dedektörü" ismi buradan gelmektedir). Çıkış dalga biçiminin, taşıyıcı frekansına eşit yüksek, frekanslı bir dalgacığı vardır. Bunun nedeni diyodun, zarfın pozitif tepelerinde açık duruma geçmesidir. Dalgacık ses yükselteçleri tarafından kolayca kesilir, çünkü taşıyıcı frekansı en yüksek ses frekansından bile çok daha yüksektir. Şekil 4.5.'de gösterilen devre, $V_{giriş}$ 'in yalnızca pozitif tepelerine yanıt verir ; bu nedenle devreye pozitif tepe dedektörü adı verilir. Sadece diyodun yönünü ters çevirerek, devreyi negatif tepe dedektörü yapmak mümkündür. Çıkış gerilimi pozitif tepe genlik değerine, giriş zarf maksimum pozitif değerine (V_{maks}) ulaştığında varır; çıkış gerilimi minimum tepe değerine ise, giriş gerilimi minimum değerine (V_{min}) ulaştığında varır. %100 modülasyonda, $V_{çıkış}$ salınması $=V$ ile ($V_{maks}-0,3V$) arası olur.

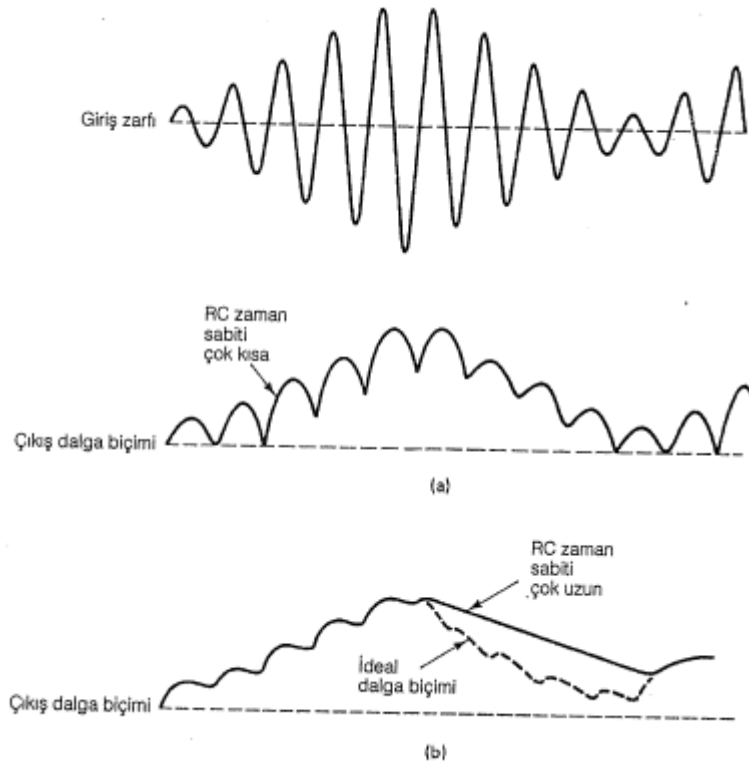
Şekil 4.6 değişik modülasyon yüzdelerinde bir tepe dedektörünün giriş ve çıkış dalga biçimlerini göstermektedir. Modülasyon yokken, tepe dedektörü sadece bir yarımdalga dorultucudur ve çıkış gerilimi yaklaşık olarak tepe giriş gerilimine eşittir. Modülasyon yüzdesi değiştikçe, çıkış gerilimindeki değişimler de modülasyon yüzdesine uygun olarak artar ya da azalır; çıkış dalga biçimi AM zarfın şeklini izler



Şekil 4.6 Pozitif tepe dedektörü a)giriş dalga biçimi b)çıkış dalga biçimi

Ancak modülasyon olup olmamasından bağımsız olarak, çıkış geriliminin ortalama değeri, yaklaşık olarak modülasyonsuz dalganın tepe değerine eşittir. Dolayısıyla çıkış gerilimindeki değişimler, yalnızca zarftaki değişiklikleri yansıtır (yani, dedektör ses bilgisini zarftan çıkarır). Modüle edici sinyal olmadığında dedektörün çıkışı, yaklaşık olarak modülasyonsuz taşıyıcı tepe genliğine eşit sabit bir dc gerilimdir.

4.1.3.2 Dedektör bozulması



Şekil 4.7 Dedektör bozulması a)doğrultucu bozulması b)köşegenel kırpma

Giriş dalga biçiminin pozitif tepeleri artarken kondansatörün birbirini izleyen tepeler arasında yükünü tutması önemlidir (yani, nispeten uzun bir RC zaman sabiti gereklidir). Buna Karşın, pozitif tepelerin genliği azalırken, iki tepe arasında kondansatörün bir sonraki tepede ulaşacağı değerden daha düşük bir değere varacak şekilde boşalması önemlidir (yani, kısa bir RC zaman sabiti gereklidir). Kısa zaman sabiti ya da uzun zaman sabiti seçmenin getirdikleri ve götördükleri vardır. Eğer RC zaman sabiti çok kısaysa, çıkış dalga biçimi yarım dalga doğrultulmuş bir sinyale benzer. Buna bazen

doğrultucu bozulması da denir; doğrultucu bozulması Şekil 4.7-a'da gösterilmiştir. Eğer RC zaman sabiti çok uzunsa, çıkış dalga biçiminin eğimi zarfın arka eğimini izleyemez. Bu tür bozulmaya köşegenel kırpma denir; köşegenel kırpma Şekil 4.7-b'de gösterilmiştir.

Bir tepe dedektöründe, diyodu izleyen RC devresi alçak geçiren bir filtredir. Zarfın eğimi, hem modüle edici sinyal frekansına hem de modülasyon katsayısına (m) bağlıdır. Dolayısıyla maksimum eğim (en hızlı değişme oranı) zarf negatif gerilim yönüne giderken x eksenini kestiğinde (yani sıfır volt değerine ulaştığında) gerçekleşir. Zayıflamaya meydan vermeden demodüle edilebilecek maksimum modüle edici sinyal frekansı şöyle bulunur;

$$F_{a(maks)} = \frac{\sqrt{(1/m^2)-1}}{2\pi RC} \quad (4-a)$$

Burada

$F_{a(maks)}$ = maksimum modüle edici sinyal frekansı

m = modülasyon katsayısı

RC = RC zaman sabiti

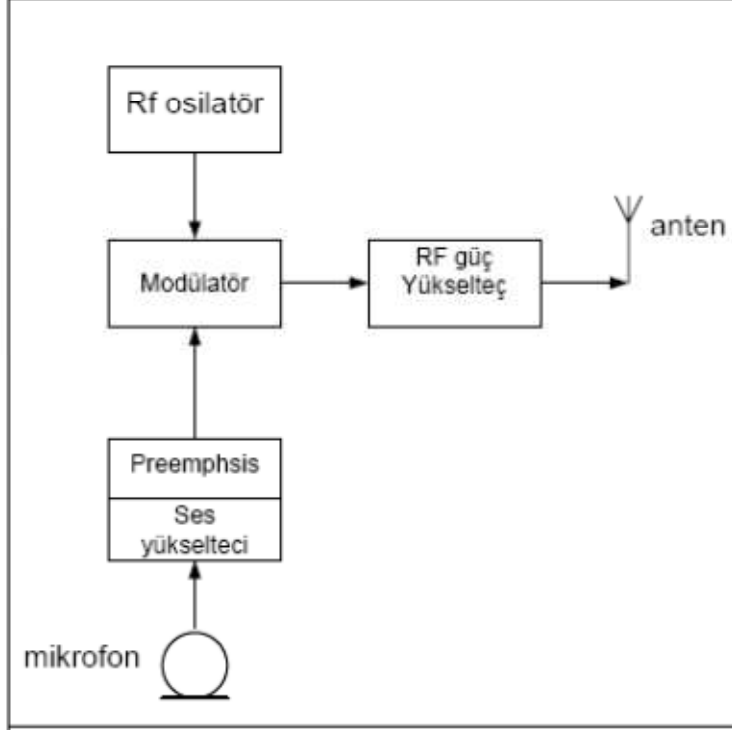
%100 modülasyonda, 4-a Denklemindeki pay sıfır olur; bunun anlamı, demodüle olurken tüm modüle edici sinyal frekanslarının zayıflamasıdır. Çoğunlukla bir vericide maksimum modüle edici sinyal, gerçekleştirebilir maksimum modülasyon yaklaşık %90 olacak şekilde sınırlanır ya da sıkıştırılır. %70,7 modülasyonda, 4-a Denklemi şu basit hale dönüşür ;

$$F_{a(maks)} = \frac{1}{2\pi RC}$$

Bu denklem, tepe dedektörleri tasarımı yapılırken, yaklaşık olarak maksimum modüle edici bir sinyal frekansı bulmada yaygın olarak kullanılır.

4.2. FM Alıcı-Verici Sistemler

4.2.1. Basit FM Verici

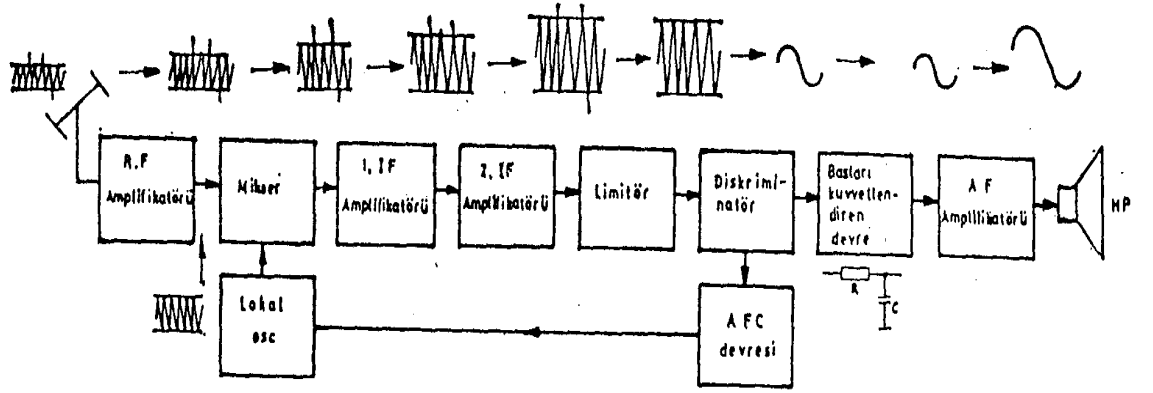


Şekil 4.8. Basit bir FM Verici Blok Şeması

Doğrudan FM, taşıyıcının frekansının modüle edici sinyal tarafından doğrudan değiştirildiği (saptırıldığı) bir açı modülasyonudur. Doğrudan FM’de anlık frekans sapması, modüle edici sinyalin genliği ile doğru orantılıdır. Şekil 4.8, basit bir doğrudan FM üreticini göstermektedir. RF osilatör standart bir LC osilatörün frekans-belirleyici bölümüdür. Kondansatörlü mikrofon, akustik enerjiyi mekanik enerjiye çeviren bir dönüştürücüdür; mekanik enerji kondansatörün plakaları arasındaki mesafeyi, dolayısıyla kondansatörün kapasitansını değiştirmekte kullanılır. Kapasitans değiştikçe, rezonans frekansı da değişir. Dolayısıyla, osilatörün çıkış frekansı, doğrudan harici ses kaynağından gelen girişle değişir. Bu doğrudan FM üretimidir, çünkü osilatör frekansı modüle edici sinyal tarafından doğrudan değiştirilir ve frekans değişikliğinin büyüklüğü, modüle edici sinyalin genliğiyle doğru orantılıdır.

4.2.2. F-M Mono Alıcı

Bir FM (frekans modülasyonu) mono süperheterodin alıcının blok diyagramı ve katlarındaki sinyal dalga şekilleri Şekil 4.9'da görülmektedir. Anten üzerinde indüklenen elektromanyetik dalga yani frekans modülüleri radyo frekans sinyali RF amplifikatörünün girişine uygulanır. Radyo frekans amplifikatörü, girişine uygulanan FM sinyalini frekansta değişiklik yapmadan yükseltir. R-F amplifikatöründe yükseltile FM sinyali mikser girişine verilir. Diğer taraftan, lokal osilatör tarafından sabit genlikli RF sinyali de miksere verilir. Lokal osilatörünün ürettiği R-F'lı enerjinin frekansı daima anten sinyalinin frekansından 10,7 MHz (I-F frekansı) kadar daha büyüktür. Anten sinyali lokal osilatör sinyali ile mikser katında karıştırılarak ara frekans (IF) sinyali elde edilir. Frekans modülasyonu I-f sinyali, anten sinyalinin tüm özelliklerini taşır. Ara frekans sinyali istenilen seviyeye çıkarılıncaya kadar. 1. ve 2. I-F amplifikatörlerinde yükseltile. Birçok FM alıcıda daha fazla sayıda I-F amplifikatörü kullanılmaktadır.



Şekil 4.9. Basit bir FM Verici Blok Şeması

Yükseltile IF sinyali dedekte edilmek için diskriminatöre uygulanmadan önce limitör (sınırlayıcı) katından geçilir. Çünkü, diskriminatör devresi parazitlere karşı duyarlıdır ve bunları aynen A-F katlarına iletir.

Vericiden yayımlanan F-M modüleli sinyal alıcıya ulaşınca kadar atmosferik olayların ya da çeşitli görüntülerin etkisiyle genlik değişimine uğrayabilir. Değiştirme uğramış FM sinyali limitleme işlemine tabi tutulmazsa parazitler hoparlörden duyulabilir. Bu sakıncanın önüne geçebilmek için, F-M sinyali limitörde genlik bakımından belirli sınırlar içerisinde tutularak parazitlerden arıtılır. Limitör çıkışından alınan sabit genlikli frekans modülasyonlu sinyal diskriminatöre uygulanır. Frekans modülasyonlu sinyalin diskriminatörde dedekte edilmesi sonucunda elde edilen alçak frekans sinyali basları kuvvetlendiren devreye verilir. Basları kuvvetlendiren devre, sinyale, vericide tizleri kuvvetlendirme işlemi yapılmadan önceki frekans bileşenlerinin genliğini tekrara kazandırır. Diğer bir deyimle düşük frekansları yüksek frekanslardan daha çok şiddetlendirir. Basları kuvvetlendiren devre çıkışından alınan alçak frekans sinyali A-F katlarında yükseldikten sonra hoparlöre uygulanır. Hoparlör de bu sinyalleri sese çevirir.

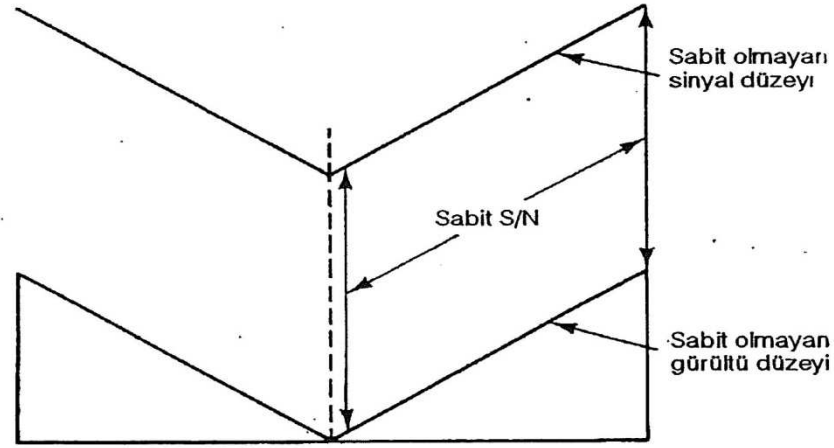
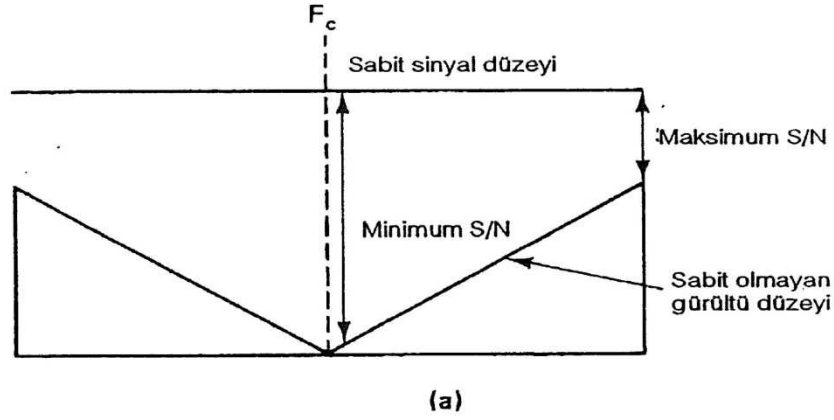
AFC (otomatik frekans kontrolü) devresi ise lokal osilatörde veya vericide meydana gelebilecek herhangi bir frekans yamasını karşılamaya çalışır. IF amplifikatörleri ve diskriminatör belli bir ara frekansa ayarlandıklarından lokal osilatör frekansındaki kayma alıcı duyarlılığını çok etkiler. Böyle bir durum ortaya çıkarsa, AFC devresi IF frekansında meydana gelecek değişmeden etkilenir ve frekans kayması ile orantılı olarak D.C gerilim yaratır. Bu D.C. gerilim, lokal osilatöre uygulanarak osilatörün doğru frekansta osilasyon yapması sağlanır.

4.2.2.1. Otomatik Frekans Kontrolü (A.F.C)

Otomatik frekans kontrolüne bazen otomatik frekans düzeltme denilmektedir. AFC döngüsünün amacı, gönderme taşıyıcı frekansında, ana osilatör olarak kristal kullanmadan kristalinkine yakın kararlılık sağlamaktır. AFC’de, taşıyıcı, kristalli bir kaynakla bir karıştırıcıda karıştırılır, alçağa dönüştürülür, daha sonra bir frekans ayırt-edicinin girişine geri beslenir. Ayırt-edici, çıkışı, kendi rezonans frekansı ile giriş frekansı arasındaki farkla orantılı bir dc gerilimi olan, frekans-seçici bir aygıttır.

4.2.3. Ön Vurgulama ve Vurgu Kaldırma

FM’de, yüksek modüle edici frekanslardaki gürültünün genliği yapısı gereği, daha düşük frekanslardaki gürültünün genliğinden daha büyüktür. Bu özellik, hem-frekanslı gürültüyü hem de rastgele gürültüyü içerir. Dolayısıyla, tüm bilgi sinyallerinin genliklerinin eşit olduğunu varsayarsak, S/N oranının sabit olmayacağı açıkça görülür; yüksek modüle edici frekanslar, S/N bozulmasından olumsuz yönde daha fazla etkilenir. Bu durum Şekil 7.10-a’ da gösterilmiştir. S/N’nın, üçgenin yüksek-frekans uçlarında daha düşük olduğu görülebilir. Ön vurgulama, yüksek-frekanslı modüle edici sinyallerin genliklerini modülasyondan önce yapay olarak yükseltmektir; vurgu kaldırma ise bunun tersi eylemdir; vurgu kaldırma alıcıda demodülasyon sonrası, başlangıçtaki modüle edici sinyal gerilim tayfını tekrar elde etmek üzere gerçekleştirilir. Şekil 7.10-b, ön vurgulama ve vurgu kaldırma uygulamanın, gürültü-sinyal oranı üzerindeki etkilerini göstermektedir. Şekil, ön vurgulama ve vurgu kaldırmanın, modüle edici sinyal tayfında sabit bit S/N oranı oluşturduğunu göstermektedir.



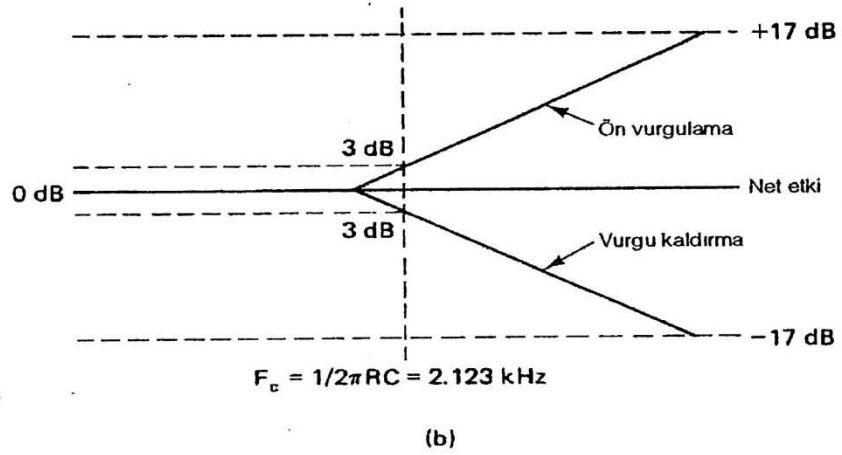
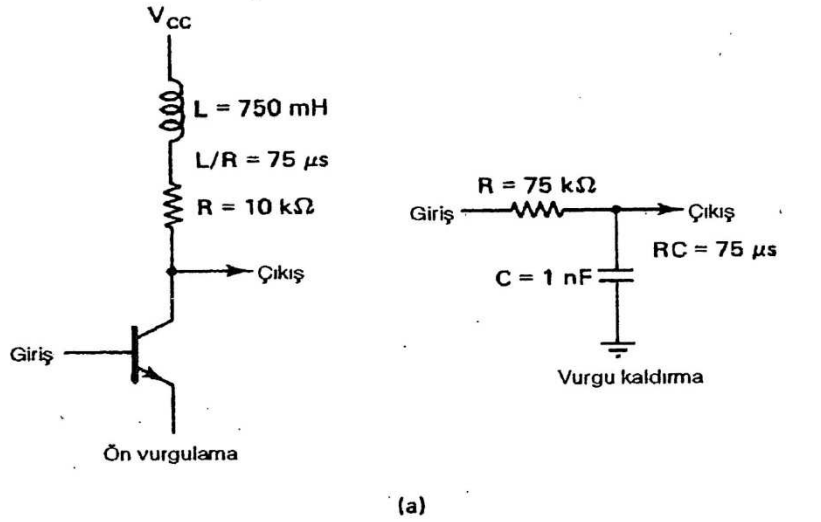
Şekil 7.10 FM Sinyal-Gürültü oranı: a)ön vurgulama olmadan; b)ön vurgulama yapılarak

Ön vurgulama devresi, yüksekgeçiren bir filtre (yani, bir türev-alıcı); vurgu kaldırma devresi ise alçakgeçiren bir filtredir (yani,bir integral-alıcı). Şekil 7.11-a, etkin bir ön vurgulama devresi ile pasif bir vurgu kaldırma devresinin şematik diyagramlarını göstermektedir. Bu devrelerin frekans yanıt eğrileri Şekil 7.11-b'de gösterilmiştir. Ön vurgulama devresi, modüle edici sinyalin genliğinde, modüle edici frekansın artışı ile birlikte sabit bir artış sağlar. FM'de, ön vurgulama ve vurgu kaldırma kullanılarak gürültü performansında yaklaşık 12 dB'lik bir iyileştirme meydana getirebilir. Kesme frekansı (ön vurgulama ve vurgu kaldırmanın başladığı

frekans) devrenin RC ya da L/R zaman sabiti tarafından belirlenir. Kesme frekansı matematiksel olarak şuna eşittir.

$$F = \frac{1}{2\pi RC} \text{ ya da } \frac{1}{2\pi L/R} \quad (7.10)$$

Şekil 7.11'de gösterilen ağlar, $75\mu s$ ' lik bir zaman sabiti kullanan FM yayın bandı içindir; dolayısıyla, kesme frekansı yaklaşık 2.12 kHz ' dir.



Şekil 7.11 Ön vurgulama ve vurgu kaldırma; a)şematik diyagramlar, b)zayıflama eğrileri

Ticari televizyon yayının ses kısmının FM iletimi, 50 μ s' lik bir zaman sabiti kullanır. PM demodülatörün çıkışındaki gürültü, frekans değiştiğinde sabit kaldığı için, faz modülatörleri ön vurgulama devresi gerektirmez.

4.2.4. Stereo Verici ve Alıcılar

1961 yılına kadar tüm ticari FM yayın bandı iletimleri tek sesliydi (monofonikti). Yani, 50 Hz'den 15 kHz'e kadar olan tek bir ses kanalı, tüm ses ve müzik bilgi tayfını oluşturuyordu. Bu tek ses kanalı, yüksek-frekanslı bir taşıyıcı modüle etmekte ve 200 kHz bant genişliğinde bir FM kanaldan iletilmekteydi. Mono iletimde, alıcıdaki her hoparlörün tekrar ürettiği bilgi, tamamen aynıdır. Bilgiyi, frekans domeninde bas hoparlörleri ya da tiz hoparlörleri gibi özel hoparlörle ayırmak mümkündür. Ancak tek sesi uzayda ayırmak imkânsızdır. Tüm bilgi sinyali, sanki aynı yönden (yani aynı nokta kaynaktan-سته yönlülük yoktur) geliyormuş gibi duyulur. 1961 yılında FCC, ticari yayın bandı için stereofonik (iki sesli) iletime izin verdi. Stereofonik iletimde, bilgi sinyali uzayda iki tane 50 Hz ile 15 kHz arası ses kanalına (bir sol ve bir sağ) bölünmüştür. Sol tarafta üretilmiş olan müzik yalnızca sol hoparlörde yeniden oluşturulur; sağda üretilmiş olan müzikse yalnızca sağ hoparlörde yeniden oluşturulur. Dolayısıyla stereofonik iletimde, eskiden yalnızca canlı müzikte (yani, uzayda yayılmış olan bir kaynaktan yayılan müzikte) mümkün olan yönlülüğü ve uzaysal boyutu elde etmek mümkündür. Ayrıca, stereofonik iletimde müziği ya da sesi vurmali, yayli, nefesli çalgılarda olduğu gibi tonal özelliğe göre ayırmak mümkündür.

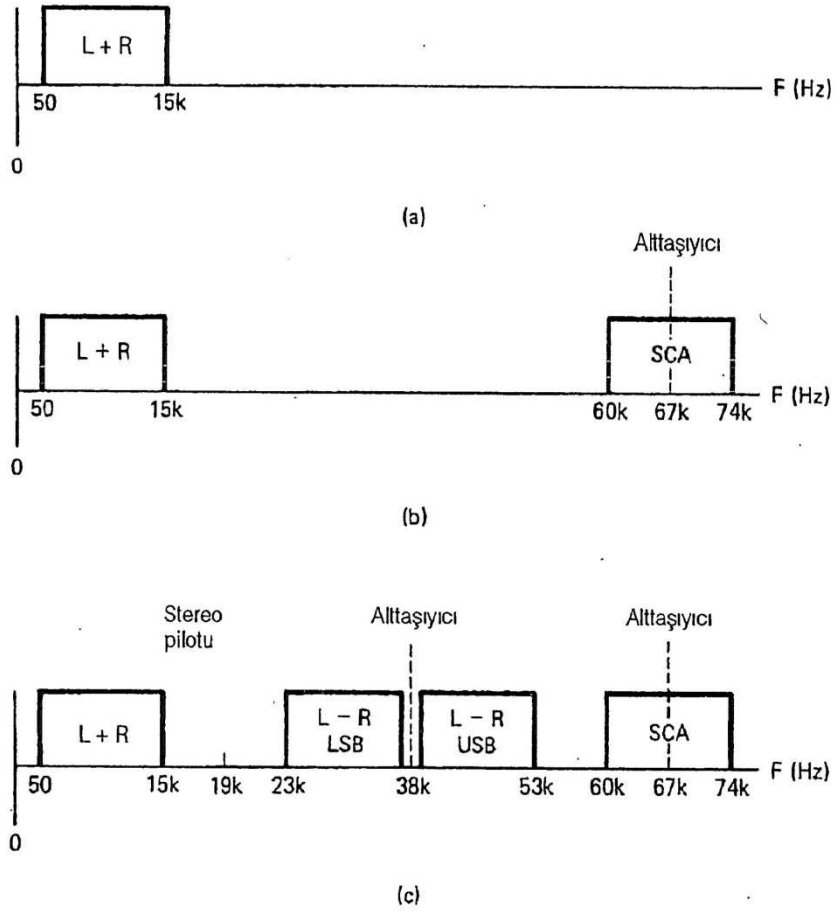
Stereofonik iletime izin verirken FCC' yi en çok düşündüren, tek sesli (mono) alıcılarla olan uyumdu. Stereo iletim, mono alışı etkilememeliydi. Ayrıca, tek sesli alıcılar stereo iletimi tek sesli olarak, program kalitesi fark edilir herhangi bir düşüş olmadan alabilmeliydiler. Üstelik, stereofonik alıcılar, sol ve sağ kanallar arasında, stereo programı hemen hemen kusursuz bir ayırma (40 dB ya da daha fazla) ile almalıydılar.

İlk Fm ses tayfi, Şekil 8.12-a'da gösterilmiştir. Ses kanalı 50 Hz ile 15 kHz arası uzanıyordu. 1955 yılında FCC, Ek İletişim Yetkisi'yle (SCA) alttaşıyıcı iletime izin verdi. SCA, dükkânlar,

restoranlar, tıp muayenehaneler gibi özel SCA alıcıları olan özel abonelere sürekli müzik yayını yapıyordu. Başlangıçta SCA alttaşıyıcısı, 25 kHz ile 75 kHz arasında olabiliyordu, ancak sonra 67 kHz'lik standart bir değere sabitlendi. Alttaşıyıcı ve ilgili yanbantları, ana taşıyıcı modüle eden toplam sinyalin bir parçasını oluştururlar. Alıcıda, ilk kanalla birlikte alttaşıyıcı da demodüle edilir, ancak yüksek frekansı nedeniyle tabii ki duyulamaz. İki ya da daha fazla bağımsız kanalı frekans domeninde üst üste yığma ve daha sonra tek bir taşıyıcıyı modüle etme sürecine, frekans-bölmeli çoğullama denir FM stereo yanında, üç ses ya da müzik kanalı, tek bir FM taşıyıcıya frekans-bölmeli çoğullanır. Şekil 8-12b, 1961 yılından önceki FM temelbant tayfını göstermektedir (temelbant tüm modüle edici sinyal tayfını içerir). İlk ses kanalı 50 Hz ile 15 kHz aralığında tüm modüle edici sinyal tayfını içerir). İlk ses kanalı 50 Hz ile 15 kHz aralığında kaldı, ancak ek bir SCA ses kanalı 60 ile 74 kHz arası geniş bandına çevrildi. SCA alttaşıyıcısı, AM tek-yanbant ya da çift-yanbant iletimi veya 7 kHz'lik maksimum modüle edici sinyal frekansı olan FM olabilir. Ancak, ana taşıyıcının SCA modülasyonu, düşük-indeksli darbantlı FM' dir ve dolayısıyla ilk FM kanalından çok daha düşük kaliteli bir iletimdir. Toplam frekans sapması 75 kHz kalırken, bunun %90' ı (67.5 kHz) ilk kanala %10'u (7.5 kHz) ise SCA' ya ayrıldı.

Şekil 8.12-c, 1961 yılından bu yana FM temelbant tayfını göstermektedir. İlk 50 Hz ile 15 kHz arası ses kanalı ve bileşik bir temelbant sinyale frekans-bölmeli çoğullanmış iki ses kanalı içermektedir. Üç kanal şunlardır; (1) sol (L) artı sağ (R) ses kanalları (yani L+R stereo kanal) (2) sol artı terslenmiş sağ ses kanalları (yani L-R stereo kanal) ve (3) SCA alttaşıyıcı ve ilgili yanbantları. L+R stereo kanal, 0 ile 15 kHz arası geçiş bandını işgal eder; 23 kHz ile 53 kHz arası geçiş bandı stereo yayında L-R stereo kanalı taşımak için kullanılır. L-R sinyal, 38 kHz' lik bir alt taşıyıcıyı genlik modülasyonuna tabi tutar ve 23 kHz ile 53 kHz arası geçiş bandında, çift yanbant bastırılmış taşıyıcı bir sinyal oluşturur. SCA iletimleri 60 kHz ile 74 kHz arası tayfı kullanılır. L+R ile L-R stereo kanallarda içerilen bilgi, fazları dışında özdeştir. Bu Şekilde yapılan iletimde, mono alıcılar tüm temelbant tayfını modüle edebilirler, ama yalnızca 50 Hz ile 15 kHz arası L+R stereo kanal yükseltilir ve hoparlöre

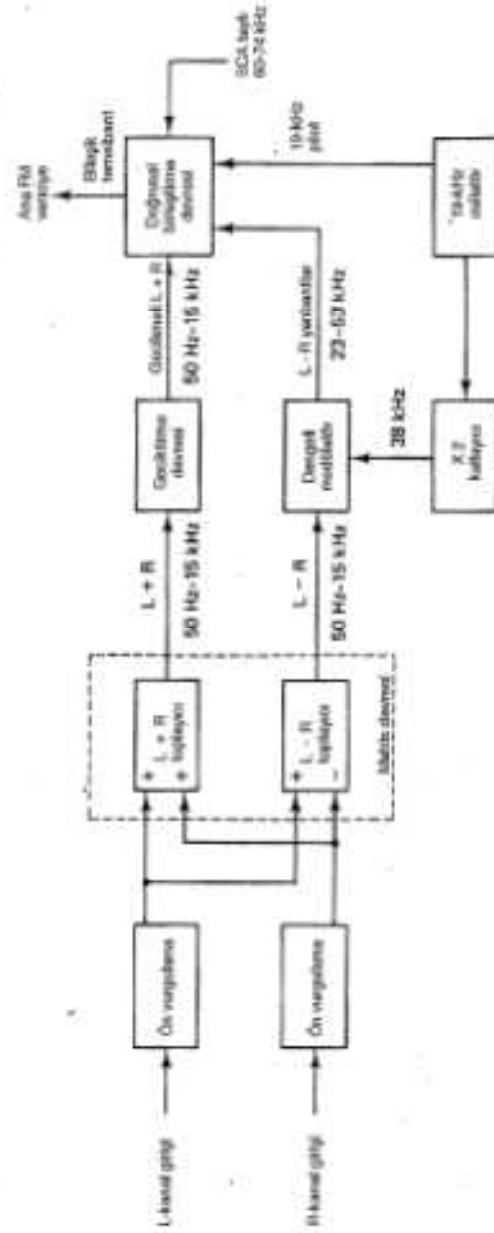
beslenir. Stereofonik alıcılar, 23 kHz ile 53 kHz arası L-R stereo kanalı da demodüle etmek, sonra sol ve sağ ses bilgisini ayırmak ve sol bilgiyi sol hoparlöre, sağ bilgiyi de sağ hoparlöre beslemek zorundadır. SCA alt taşıyıcıyı da tüm FM alıcılarda demodüle edilir, ancak yalnızca özel SCA donanımı olan alıcılar alttaşıyıcıyı demodüle ederek sese dönüştürür.



Şekil 7.12 FM temelbant tayfı a)1955'ten önce, b)1961'den önce, c)1961'den sonra

Stereo iletimde, maksimum frekans sapması hala 75 kHz'dir ; 7.5 kHz (% 10) SCA iletimine diğer bir 7.5 kHz (10) ise 19 kHz'lik bir stereo pilota ayrılmıştır; stereo pilot bir sonraki başlıkta anlatılmıştır. L+R ve L-R stereo kanalların stereofonik iletimi için geriye 60 kHz'lik frekans sapması kalır. Ancak L+R ve L-R kanallarından her birinin

30 kHz' lik sapmayla sınırlanması gerekmez. Nispeten basit ancak çok iyi bir yöntem, iki kanalı, belli zamanlarda L+R (ya da L-R) tek başına ana taşıyıcıyı 60 kHz saptıracak şekilde geçmeli hale dönüştürmektedir.

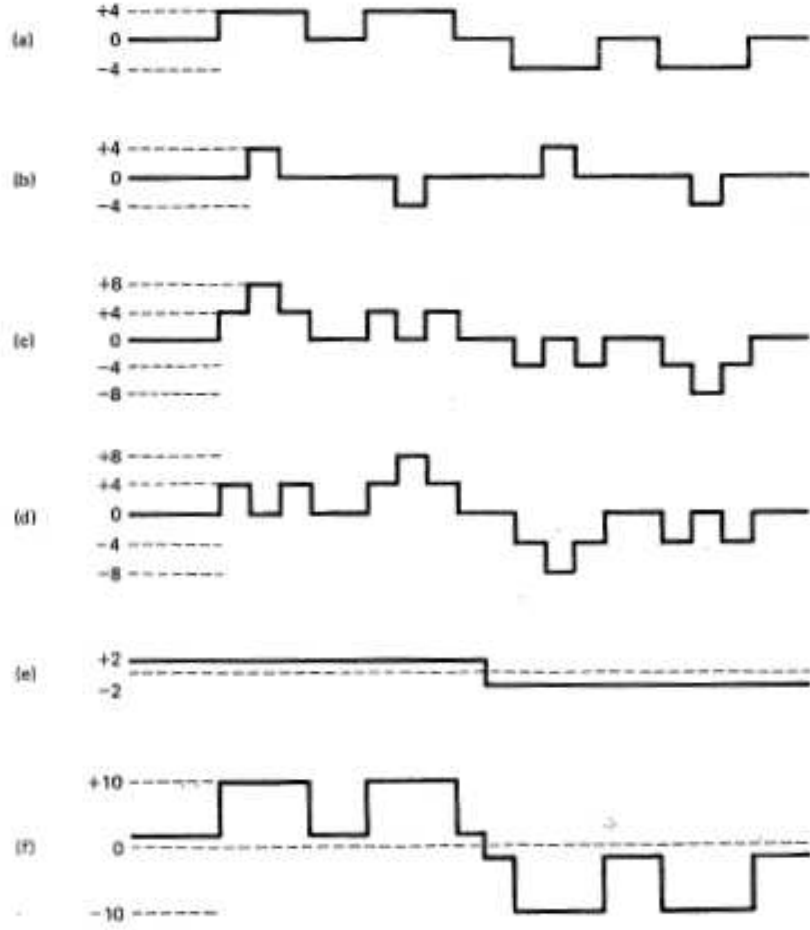


Şekil 7.13 Frekans bölmeli çoğullama kullanan Stereo FM verici

FM Stereo Üretimi: Şekil 7.13, bir stereo FM vericinin basitleştirilmiş blok diyagramını göstermektedir. L ve R ses kanalları, L+R ve L-R stereo kanalları oluşturmak üzere bir matris ağda birleşirler. L-R ses kanalı, 38 kHz'lik bir alt taşıyıcı modüle eder ve 23 kHz ile 53 kHz arası bir L-R stereo kanal oluşturur. L-R sinyal, dengeli modülatörde yayılırken bir zaman gecikmesine uğradığı için L+R kanal, demodülasyon için L-R ile faz bütünlüğü sağlansın diye yapay olarak geciktirilir. Ayrıca, yine demodülasyon süreci için, temelbant sinyale 38 kHz bastırılmış taşıyıcının 19 kHz'lik bir altharmoniği eklenir. 38 kHz taşıyıcı yerine 19 kHz pilot iletilir, çünkü alıcıda 38 kHz taşıyıcıyı elde etmek çok daha zordur. Bileşik temelbant sinyal, FM vericiye beslenerek burada ana taşıyıcıyı modüle eder.

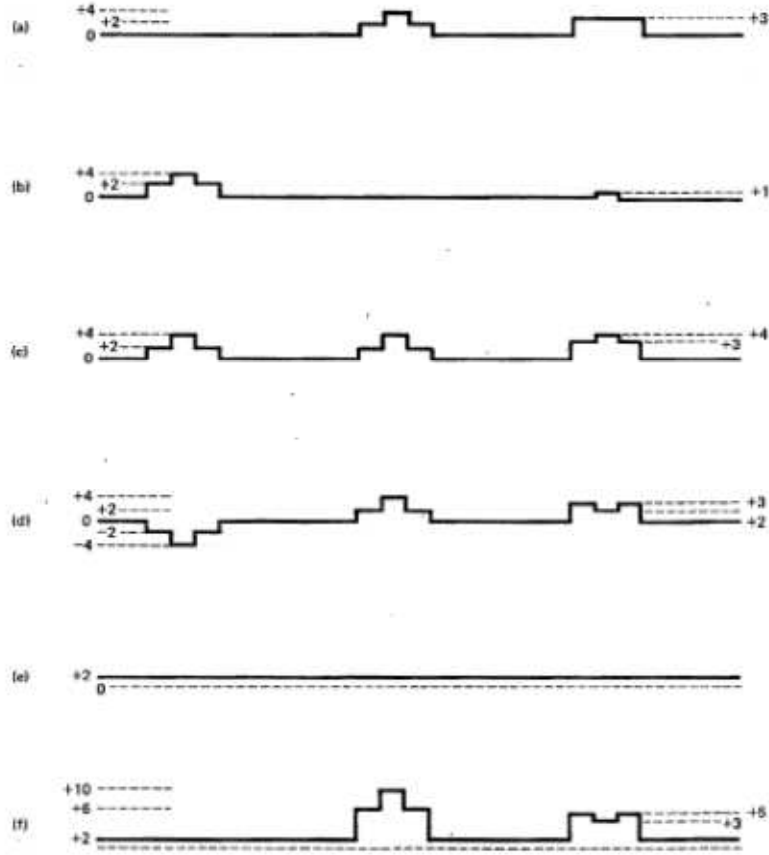
L+R ve L-R Kanalları Geçmeli Hale Dönüştürme: Şekil 7.14 eşit genlikli L ve R kanal sinyalleri için bileşik stereo sinyalin oluşmasını göstermektedir. Süreci daha iyi gösterebilmek için, dikdörtgen dalga biçimleri seçilmiştir. Tablo 8-1 Şekil 7.14'deki tek tek ve toplam sinyal gerilimlerini sıralamaktadır. L-R ses kanalının bileşik dalga biçiminde ortaya çıkmadığına dikkat edin L-R kanal, 38 kHz'lik alt taşıyıcıyı modüle ederek L-R yanbantları oluşturur; bu yanbantlar bileşik tayfın bir parçasını oluştururlar.

Bu örnekteki FM modülatörde, 10 V' luk bir temelbant sinyalin 75 kHz'lik bir ana taşıyıcı frekans sapması oluşturduğu varsayılmaktadır; gösterilen SCA ve 19 kHz pilot polariteleri, maksimum frekans sapması içindir. L ve R kanalların her biri 4 V' luk maksimum bir değerde sınırlanır; SCA'nın gerilimi ve 19 kHz pilotun gerilimi 1'er voltur. Dolayısıyla, L+R ve L-R stereo kanallar için 8 V kalır. Şekil 7.14, L, R, L+R, L-R kanallar, SCA ve 19 kHz pilotu ve bileşik stereo dalga biçimini göstermektedir. L+R ve L-R stereo kanalların geçmeli hale dönüştükleri, hiçbir zaman 8 V' un üzerinde toplam genlik oluşturmadıkları ve dolayısıyla hiçbir zaman 60 kHz üzerinde frekans sapması oluşturmadıkları görülmektedir. Toplam bileşik temelbant, hiçbir zaman 10 V' u (75 kHz sapmayı) aşmaz.



Şekil 7.14 Eşit genlikli L ve R sinyaller için, bileşik stereo sinyalin oluşması: a) L ses sinyali, b) R ses sinyali, c) L+R Stereo kanal, d) L-R Stereo kanal Frekans, e) SCA + 19 kHz pilo, f) bileşik temelbant biçimi

Şekil 7.15 eşit olmayan L ve R sinyal değerleri için bileşik stereo dalga biçiminin oluşmasını göstermektedir. Burada da bileşik stereo dalga biçiminin hiçbir zaman 10 V'ya ya da 75 kHz'lik frekans sapmasını aşmadığı görülmektedir. İlk sinyaller kümesi için, L+R ve L-R dalga biçimlerinin toplamı tamamen sıfıra eşitlenir gibi görülmektedir. Aslında bu doğru değildir; böyle görülmemesinin nedeni bu örnekte dikdörtgen dalga biçimlerinin kullanılmış olmasıdır.

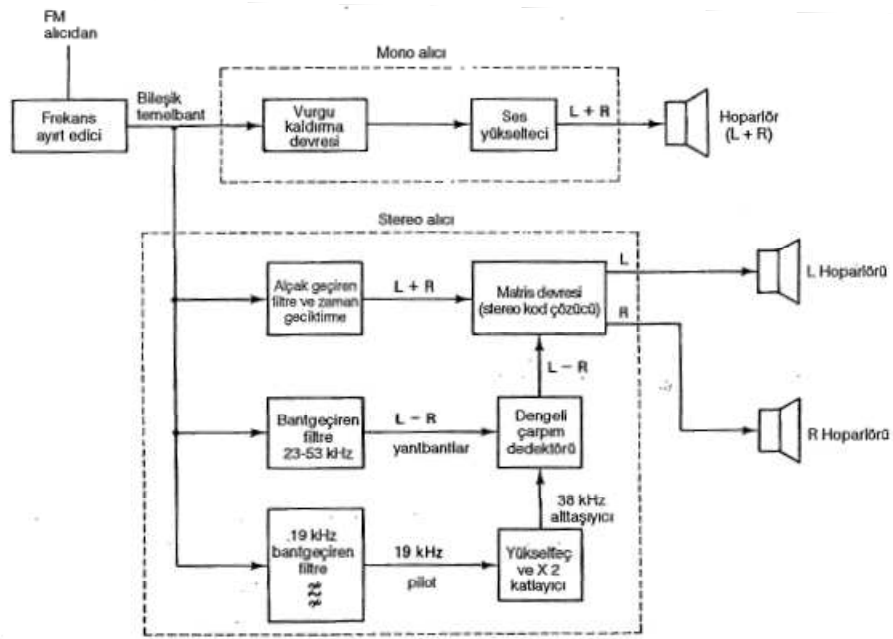


Şekil 7.15 Farklı genlikte L ve R sinyaller için, bileşik stereo sinyalin oluşması:a) L ses sinyali, b) R ses sinyali, c) L+R Stereo kanal, d) L-R Stereo kanal Frekans, e) SCA + 19 kHz pilo, f) bileşik temelbant biçimi

FM Stereo Alış: Fm stereo alıcıları, ses dedektörü kademesinin çıkışına kadar standart FM alıcılarıyla özdeştir. Ayırtedicinin çıkışı, Şekil 7.12-c’de gösterilen toplam temelbant tayfidır.

Şekil 7.16, hem mono hem de sterefonik ses çıkışları veren bir FM vericinin basitleştirilmiş blok diyagramını göstermektedir. Mono sinyal işleminde, hem L hem de R ses kanallarının başlangıçtaki tüm bilgisini içeren L+R stereo kanalı filtrelenir, yükseltilir ve sonra da hem L hem de R hoparlörlere beslenir. Sinyal işlemcinin stereo kısmında, temelbant sinyal bir stereo demodülatörüne beslenir; burada L ve R kanallar ayrılır ve sırasıyla L ve R hoparlöre beslenir. L+R ve L-R stereo kanallar ile 19 kHz’lik pilot, bileşik temelbant sinyalden

filtreler kullanmak suretiyle ayrılır. 19 kHz pilot, yüksek Q' lu bir bant geçiren filtre ile çıkarılır, iki ile katlanır, yükseltilir ve sonra L-R demodülatörüne beslenir. L+R stereo kanal, üst kesim frekansı 15 kHz olan alçakgeçiren bir filtre ile ayrılır, sonra tekrar elde edilmiş 38 kHz taşıyıcı ile dengeli bir modülatörde karıştırılarak L-R ses bilgisi elde edilir. Matris ağı, L+R ile L-R sinyalleri, L ve R ses bilgi sinyallerini ayıracak şekilde birleştirir; ayrılan L ve R ses bilgi sinyalleri, vurgu kaldırma devrelerine ve hoparlöre beslenir.



Şekil 7.15 FM stereo ve mono alıcı

| L | L | L+R | L-R | SCA ve Pilot | Toplam |
|----|----|-----|-----|--------------|--------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| 4 | 0 | 4 | 4 | 2 | 10 |
| 0 | 4 | 4 | -4 | 2 | 2 |
| 4 | 4 | 8 | 0 | 2 | 10 |
| 4 | -4 | 0 | 8 | 2 | 10 |
| -4 | 4 | 0 | -8 | 2 | -10 |
| -4 | -4 | -8 | 0 | 2 | -10 |

Tablo 7.1 Bileşik FM Gerilimleri

