

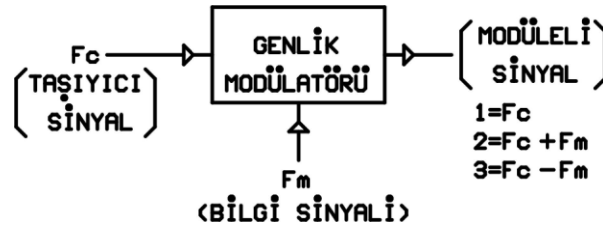
## DENEY: 2.1

### GENLİK MODÜLASYONUNUN İNCELENMESİ (GM)

#### HAZIRLIK BİLGİLERİ:

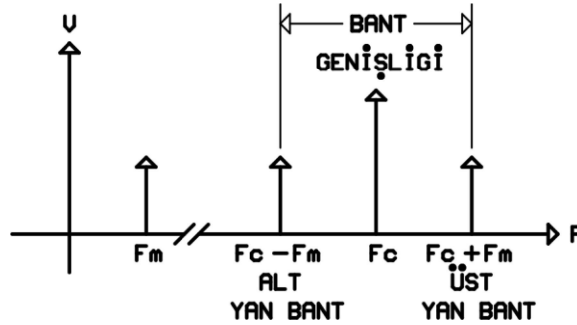
Taşıyıcı sinyal genliğinin bilgi sinyaline bağlı değiştirilmesine genlik modülasyonu denir. Taşıyıcı sinyal ve bilgi sinyali genlik modülatörüne aynı anda uygulandığında üç ayrı sinyal elde edilir.

1. Taşıyıcı sinyal ( $F_c$ )
2. Taşıyıcı sinyal + Bilgi sinyali ( $F_c + F_m$ )
3. Taşıyıcı sinyal - Bilgi sinyali ( $F_c - F_m$ )



Şekil 2.1.1

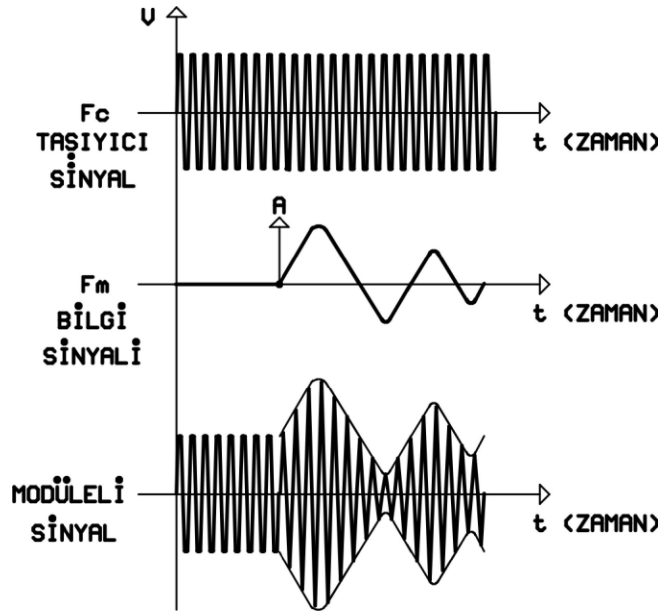
Genlik modülatörü çıkışında elde edilen ( $F_c + F_m$ ) sinyaline üst yan bant, ( $F_c - F_m$ ) sinyaline alt yan bant adı verilir. Bilgi sinyali her iki yan bantta vardır. İki yan bantın frekansı dışında tüm özellikleri aynıdır. Modüleli sinyal frekans ekseninde kapladığı bölgeye bant genişliği denir. Bu değer iki yan bant arasında kalan bölgedir. Şekil 2.1.2'deki frekans tayfında bant genişliği görülmektedir.



Şekil 2.1.2

Bant genişliği görüldüğü gibi bilgi sinyalinin iki katıdır. Bu değer telefon haberleşmesi için  $\pm 3\text{KHz}$ , radyo haberleşmesinde  $\pm 5\text{KHz}$  kadardır.

Modülasyon işlemi sonunda elde edilen sinyallerin içerisinde en büyük genlik, taşıyıcı sinyaldir. Taşıyıcı sinyal hiçbir bilgiye sahip değildir. Bu nedenle taşıyıcı sinyali göndermeden bilgi sinyali iletilir. Böylece az güç harcanır ve verim artar. Bu yöntem çift yan bant (**DSB Double Side Bant**) modülasyonu denir. Çift yan bant taşıyıcı bastırılarak yok edilir. Alt ve üst yan bantlar gönderilir. Alt ve üst yan bantlar frekansları dışında aynı özelliklere sahip olduğundan yan bantlardan birisi gönderilerek bilgi iletimi yapılabilir. Bu yöntem tek yan bant (**SSB Single Side Bant**) modülasyonu denir. Tek yan bant modülasyonunda taşıyıcı sinyal ve yan bantlardan birisi bastırılarak yok edilir. Genlik modülasyonu yapılırken taşıyıcı sinyal , bilgi sinyali ve elde edilen modüleli sinyal osiloskopta incelenirse Şekil 2.1.3'deki işaretler elde edilir.

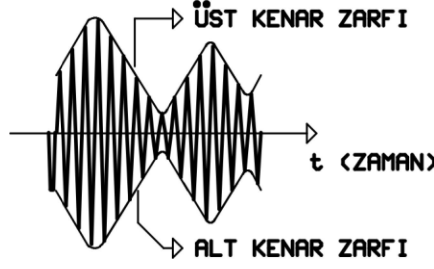


**Şekil 2.1.3**

**Taşıyıcı sinyal:** Genliği ve frekansı değişmeyen sinyaldir. Sistemde genliği ve frekansı en büyük işaret taşıyıcı işarettir.

**Bilgi sinyali:** İnsan kulağının duyduğu sesin ya da insan gözünün gördüğü resmin elektrikli işaretidir.

**Modüleli sinyal:** Şekil 2.1.3'de üç işaretin aynı "t" zamanındaki durumu görülmektedir. Zaman ekseninin "A" noktasına kadar bilgi sinyali yoktur. Bu noktaya kadar modüleli işaret taşıyıcı işaretin aynısıdır. Demek oluyor ki bilgi sinyalinin sıfır noktalarında modüleli sinyalin şekli taşıyıcı sinyalin aynısıdır. Modüleli sinyalin içinde bilgi sinyali yok iken verici tarafından gönderilmesi sistemin güç kaybını artırır. Bu yöntem klasik genlik modülasyonudur. Güç kaybının fazla olmasına karşılık klasik genlik modülasyonu çok kullanılır. Bilgi sinyalinin genliği pozitif yönde artarken modüleli sinyal , taşıyıcı sinyal ve bilgi sinyalinin genlikleri toplamı kadar pozitif ve negatif bölgede artar. Bilgi sinyalinin sıfır olduğu noktada bir an için modüleli sinyal taşıyıcı sinyalin aynısı olur. Bilgi sinyali negatif bölgede iken modüleli sinyalin genliği azalır. Bu azalma taşıyıcı sinyal genliğinden bilgi sinyali genliğinin çıkarılması kadardır. Bu azalma yine modüleli işaretin pozitif ve negatif bölgesinde simetrik olarak görülür. Genlik modülasyonlu sinyaldeki bu değişime modülasyon zarfı denir. Şekil 2.1.4'de görüldüğü üzere modüleli sinyalin iki zarfı vardır. Bunlar pozitif bölgede üst kenar zarfı, negatif bölgede alt kenar zarfı olarak isimlendirilir.



Şekil 2.1.4

## MODÜLASYON FAKTÖRÜ

Genlik modülasyonlu haberleşmede gürültüsüz bir haberleşme için bilgi sinyali genliği ile taşıyıcı sinyalin genliğinin uyumlu olması gerekir. Bu uyum modülasyon faktörünün matematiksel olarak hesaplanmasıyla sağlanır. Modülasyon faktörü "m" ile gösterilir. Kaliteli bir haberleşme için modülasyon faktörü yaklaşık olarak  $m=30\%$  olmalıdır. Modülasyon yüzdesini değiştiren bilgi sinyalinin genliğidir. Bu değişim doğru orantılıdır. Modülasyon faktörü formül olarak;

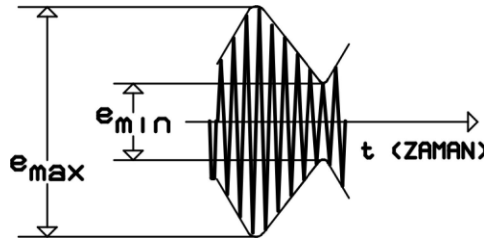
$$\%m = \frac{e_{\max} - e_{\min}}{e_{\max} + e_{\min}} \cdot 100 \text{ 'dür.}$$

Formülde;

**$e_{\max}$** : Modüleli sinyali tepeden tepeye maksimum genliği

**$e_{\min}$** : Modüleli sinyalin tepeden tepeye minimum genliği

Modülasyon yüzdesinin ölçümü osiloskop kullanılarak kolayca yapılır. Şekil 2.1.5'de modüleli sinyalin maksimum ve minimum noktaları görülmektedir.

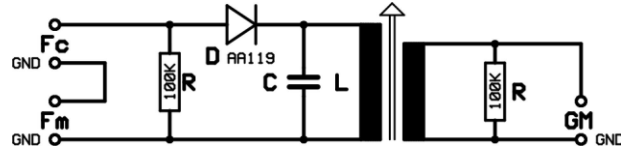


Şekil 2.1.5

**Örnek:** Osiloskop ekranında görülen modüleli sinyalin tepeden tepeye maksimum değeri 6V, tepeden tepeye minimum değeri 2V'tur. Modülasyon yüzdesini hesaplayınız.

$$\%m = \frac{e_{\max} - e_{\min}}{e_{\max} + e_{\min}} \cdot 100 = \frac{6 - 2}{6 + 2} = \frac{4}{8} \cdot 100$$

$\%m = 50$  'dir.



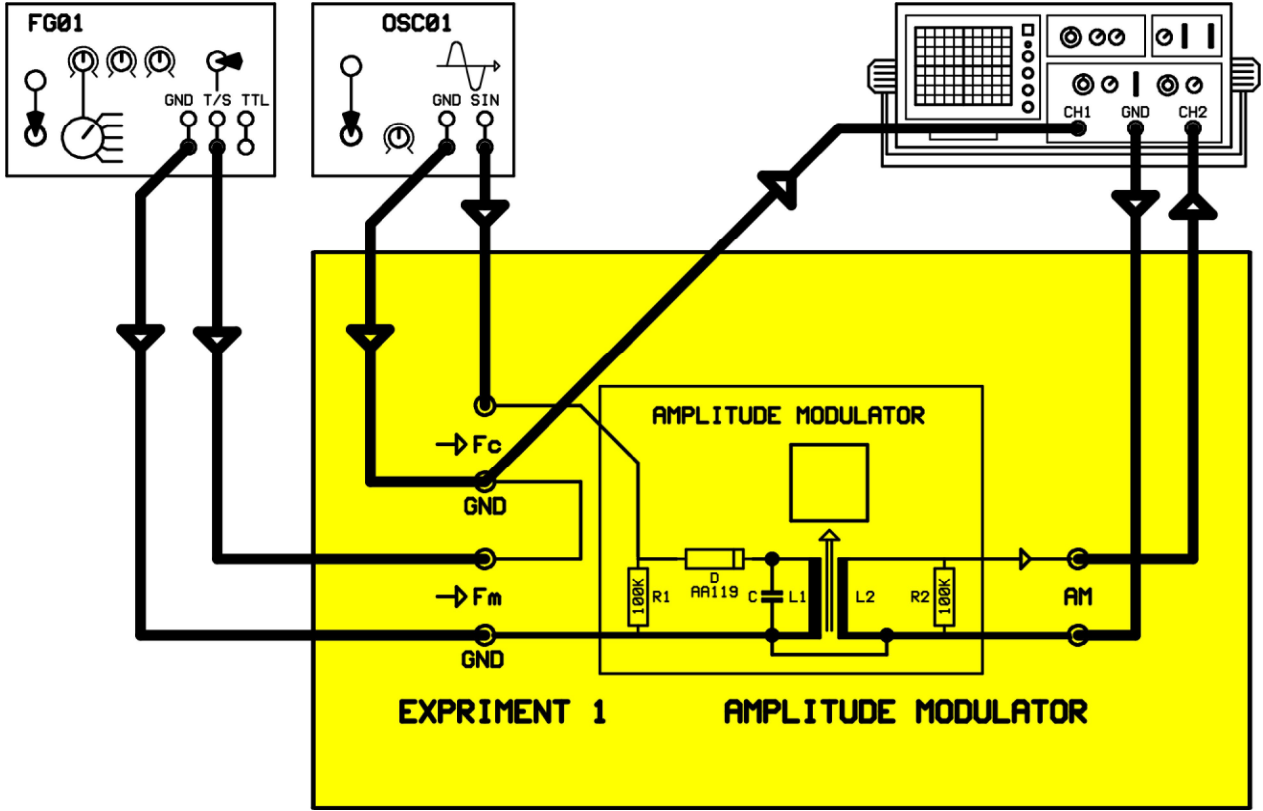
**Şekil 2.1.6**

Şekil 2.1.6'da bir germanyum diyot ve akortlu paralel rezonans devresinden oluşmuş en basit genlik modülatörü görülmektedir. Paralel rezonans devresinin rezonans frekansı 500KHz'dir. Bobin nüvesi ayarlanarak rezonans frekansı 450KHz-550KHz arasında ayarlanabilir. Taşıyıcı sinyal ve bilgi sinyali birbirine seri bağlanmış, taşıyıcı sinyal genliği bilgi sinyaline bağlı değiştirilmiştir. Deney modülümüzde bu basit devre ile modülasyon incelenmiştir.



## DENEYİN YAPILIŞI:

Y-0024/002 modülünü yerine takınız. Devre bağlantılarını şekil 2.1.7'deki gibi yapınız. (**Not: Bu deneyde güç devresi kullanılmamıştır. Deneyde RF osilatör ile fonksiyon jeneratörü seri bağlanmıştır.**)



Şekil 2.1.7

**1-** OS1 RF osilatörünün çıkış işaretinin (**F<sub>c</sub>**) genliğini 5Vpp , fonksiyon jeneratörünün çıkış işaretini (**F<sub>m</sub>**) sinüs , frekansını 1KHz ve genliğini 1Vpp ayarlayınız. Çıkış işaretini osiloskopta görünüz. Bobinin nüvesini ayarlayınız ve maksimum genliği elde ediniz. Bu işaretin genliğini çiziniz. İşareti tanımlayınız. (**Not: Çıkış işaretini rahat görmek için osiloskopta ATIME/DIV'i 0.2msn, 0.5 msn , 1.0 msn ve VOLT/DIV'i 200mV yapınız.**)

Şekil -----

Çıkış işareti modüledi sinyaldir.

**2-** Fonksiyon jeneratörünün çıkış işareti (**Fm**) frekansını 2KHz'e kadar arttırınız. Bu işlem yapılırken modüleli çıkış işaretindeki değişim nedir?

*Modüleli çıkış sinyalinin üst kenar zarfında bilgi sinyali (**Fm**) aynı değişim, modüleli sinyalin alt kenar zarfında simetrik olarak yine aynı değişim izleniyor.*

**3-** Fonksiyon jeneratörünün çıkış işareti (**Fm**) frekansını 1KHz'e getiriniz. Bu kez işaretin genliğini yavaş yavaş 2Vpp'e yükseltiniz. Bu işlem yapılırken modüleli çıkış işaretindeki değişim nedir?

*Modüleli çıkış sinyalinde modülasyon yüzdesi değişiyor.*

**4-** Fonksiyon jeneratörünün çıkış işareti (**Fm**) frekansını 1KHz,genliğini 2Vpp'ye getiriniz. Modülasyon yüzdesini hesaplayınız.

*emin 0.6Vpp , emax 1.0Vpp'dir.*

$$\%m = \frac{e_{\max} - e_{\min}}{e_{\max} + e_{\min}} = \frac{1.0 - 0.6}{1.0 + 0.6} \cdot 100 = \frac{0.4}{1.6} \cdot 100$$

*%m = 25 'tir.*

**5-** Bilgi sinyalinin genliğini sıfır yapınız. Çıkıştaki işaret nedir? Bu durumu yorumlayınız.

*Çıkıştaki işaret taşıyıcı işarettir. Bu klasik genlik modülasyonunun en kötü yanıdır. Bilgi sinyali yokken sistemde güç harcamaktadır.*

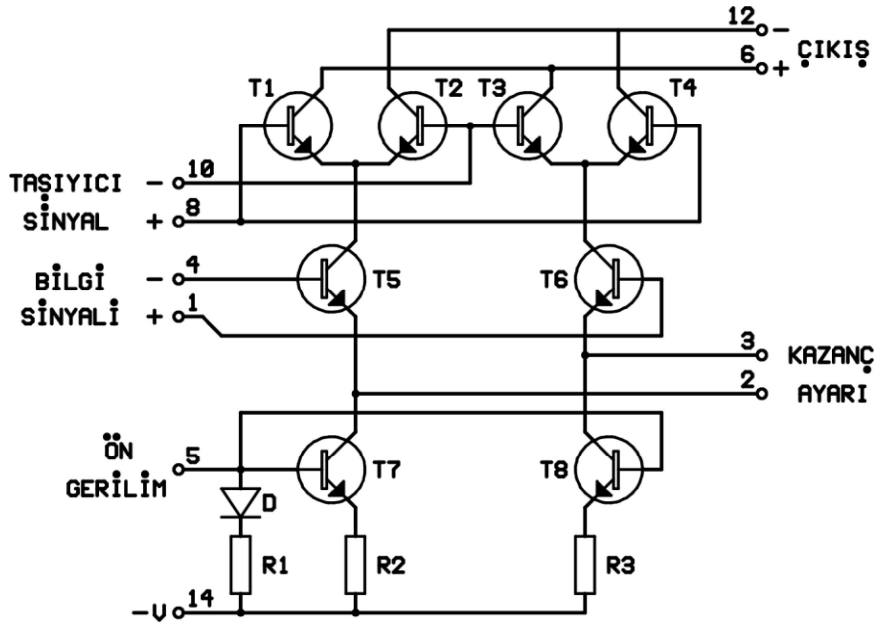
## DENEY: 2.3 GENLİK MODÜLASYONUNUN İNCELENMESİ (DSB)

### HAZIRLIK BİLGİLERİ:

Genlik modülasyonlu sinyalde modülasyonun olmadığı durumlarda taşıyıcı iletilmektedir. Taşıyıcıda harcanan güç sistem gücünün üçte ikisi (%66) kadardır. Bildiğimiz gibi taşıyıcı sinyalde bilgi yoktur. Sistemin verimliliği bilgi sinyali yok iken taşıyıcı sinyal gönderilmezse artar.

Bu işlem taşıyıcısı bastırılmış çift yan bant (**DSB Double Side Band**) modülasyonu yapılarak sağlanır. Çift yan bant bastırılmış genlik modülasyonlu devreler genellikle karışık ve fazla çevre elemanlı devrelerdir.

Günümüzde haberleşmede kullanılmak üzere üretilmiş entegre devreler kullanılmaktadır. MC1496 entegresi klasik genlik yapabilen hem de giriş sinyallerinin (**F<sub>c</sub> ve F<sub>m</sub>**) çarpımı ile oranlı çıkış sinyali üreten çift dengeli modülatör ve demodülatör entegresidir. MC1496 entegresi çok iyi taşıyıcı bastırması yapan (**65 dB**), ayarlanabilir kazanç ve sinyal sağlayan, dengeli giriş ve çıkışlara sahip entegredir.



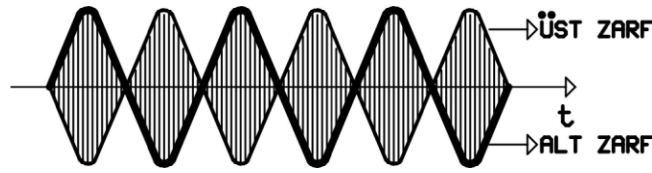
Şekil 2.3.1

Şekil 2.3.1'de MC1496 entegresinin iç yapısı görülmektedir. D1 diyotu R1,R2,R3 dirençleri ve T7,T8 transistörleri; T5 ve T6 transistörlerinin DC polarmalarını sağlar. T5 ve T6 transistörleri; T1,T2,T3,T4 transistörlerinin oluşturduğu çapraz bağlı fark yükseltecinin giriş fark birleşimini sağlar. 2 ve 3 nolu ayaklar arasına bağlanacak bir direnç dengeli modülatörün kazancını kontrol eder. 5 nolu ayak ile toprak (**GND**) arasına bağlanacak bir direnç ile yükselteç için gerekli polarma akımının büyüklüğü ayarlanır. 1 ve 4 nolu ayaklardaki DC seviyesi fark yükselteçlerinin ön gerilimlerini dengeler ve bu denge taşıyıcı sinyali (**F<sub>c</sub>**) bastırır. 6 ve 12 nolu ayaklar yan bantların çıkış ayaklarıdır.

MC1496 entegresinin metal kılıflı ve plastik kılıflı iki ayrı tipte üretimi vardır.

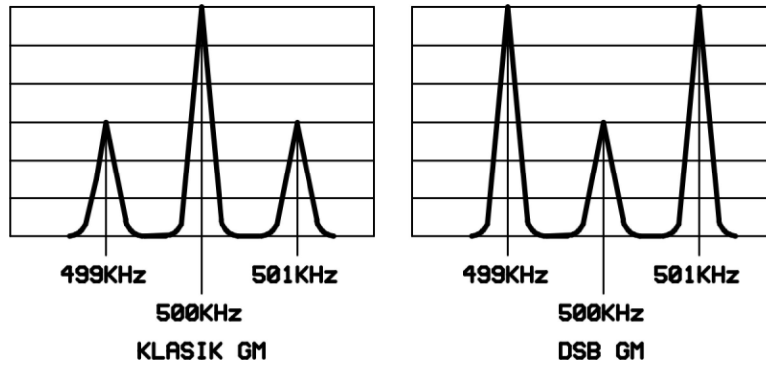
Taşıyıcının giriş gerilim seviyesi taşıyıcı bastırma işleminde çok önemlidir. Düşük gerilim seviyeli taşıyıcı işaretlerde entegre gerekli anahtarlama işlemlerini yapamaz. Bu durumda taşıyıcı iyice bastırılamaz ve kayıp güç artar. MC1496 entegresi RMS 60mV sinüs giriş işaretine göre tasarlanmıştır. En uygun taşıyıcı frekansı 500KHz ve yakınlarıdır. Bu frekans değerlerinde MC1496 en iyi taşıyıcı bastırma işlemini yapar.

Taşıyıcı bastırılmış genlik modülasyonlu DSB işaret osiloskopta incelenirse şekil 2.3.2'de görüldüğü gibi görülür.



**Şekil 2.3.2**

Dikkat edilirse bilgi işaretini taşıyan üst ve alt zarf tam olarak birbirinin içindedir. Spektrum analizörde klasik genlik modülasyonlu işaret ve taşıyıcısı bastırılmış genlik modülasyonlu DSB işaretin spektrumu şekil 2.3.3'de görülmektedir.

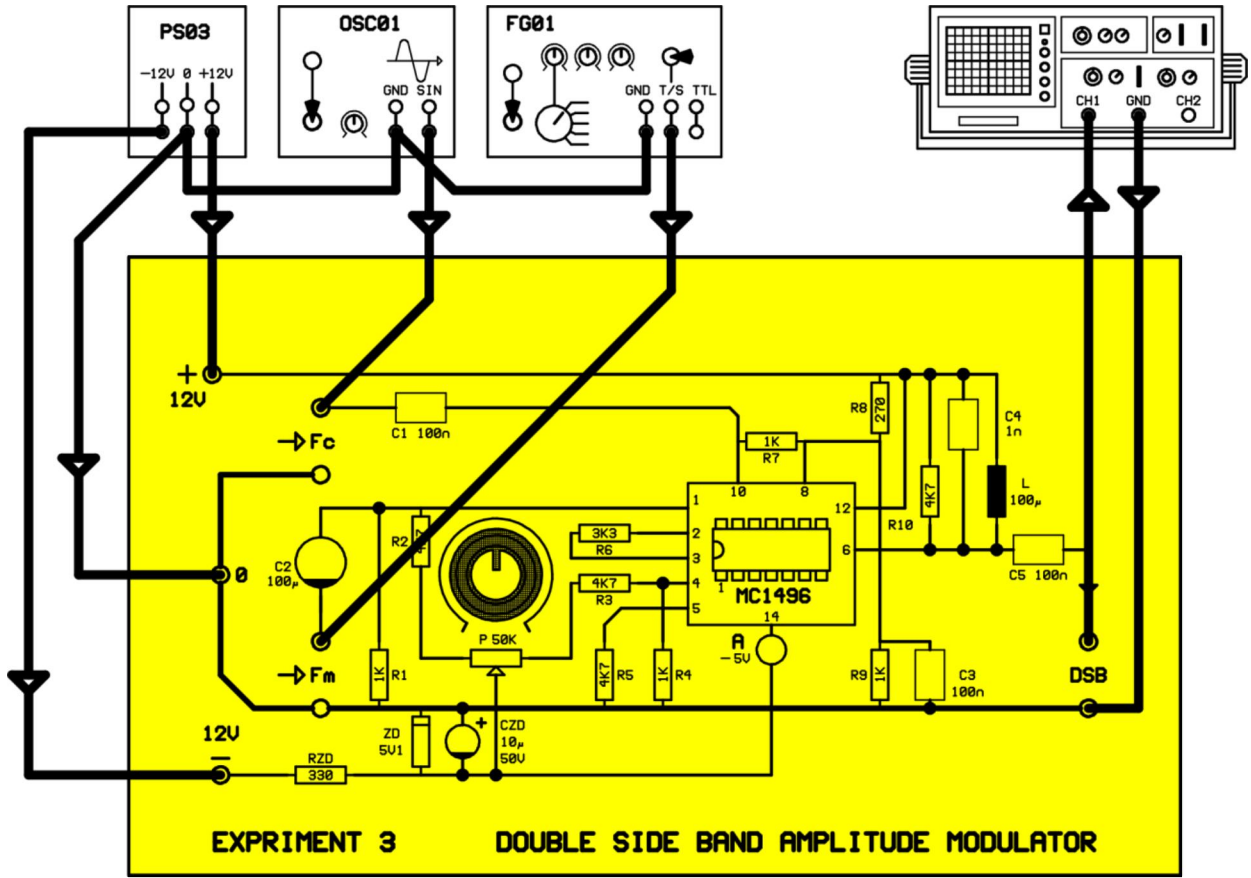


**Şekil 2.3.3**

İki modülasyonda da taşıyıcı sinyal ve bilgi sinyali aynı özellikte kullanılmıştır. Klasik genlik modülasyonunda taşıyıcı sinyal genliği yan bant genliklerinin iki katıdır. Sistemde kayıp güç fazladır. Genlik modülasyonlu DSB işaretle durum tam tersidir. Sistemde güç kaybı çok azdır.

## DENEYİN YAPILIŞI:

Y-0024/002 modülünü yerine takınız. Devre bağlantılarını şekil 2.3.4'deki gibi yapınız.



Şekil 2.3.4

**1.** OS1 RF osilatörünün çıkış işaretinin (**F<sub>c</sub>**) genliğini 1Vpp , fonksiyon jeneratörünün çıkış işaretini (**F<sub>m</sub>**) sinüs , frekansını 1KHz ve genliğini 0 (**sıfır**) yapınız. Devreye gücü uygulayınız. Osiloskopta görülen işaretin genliğini P potansiyometresi ile 0 (**sıfır**) yapınız. Bu durumu nasıl açıklarsınız?

*Devreye taşıyıcı sinyal uygulanmış , bilgi sinyali uygulanmamıştır. Çıkışta herhangi bir işaretin olmaması taşıyıcının bastırıldığını gösterir.*

**2.** Bilgi işaretinin genliğini sırayla 400mV , 600mV, 800mV yapınız. Her durum için osiloskoptaki çıkış işaretini inceleyiniz. Bu durum için ne söylenebilir?

*Devreye bilgi sinyali uygulandığında çıkışta modüledi işaret elde edilmektedir. Bilgi sinyalinin genliği arttırılınca çıkıştaki modüledi işaretin bilgi sinyali taşıyan zarflarında genliği artmaktadır.*

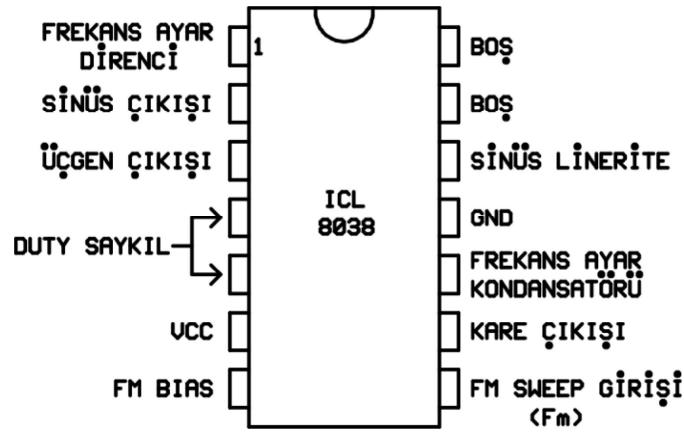
**3.** Devreyi eski konumuna alınız. P potansiyometresini ayarlayıp çıkış işaretinin modülasyon yüzdesini  $m = \%50$  yapınız. Yaptığınız işlemi tanımlayınız.

*MC1496 entegresi ile klasik genlik modülasyonu yapılabilir. İşlem bunu göstermiştir.*

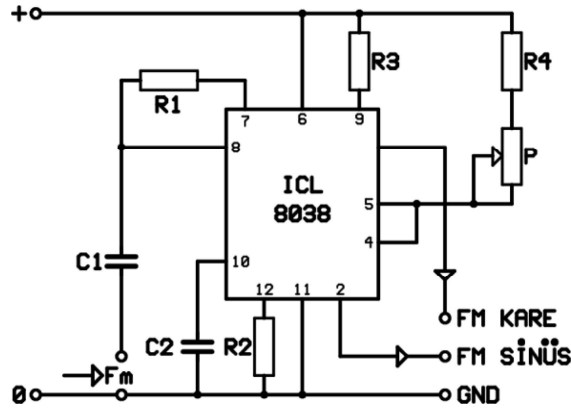
# GERİLİM KONTROLLÜ OSİLATÖR (VCO) İLE YAPILAN FREKANS MODÜLASYONU

Gerilim kontrollü osilatörler günümüzde en çok kullanılan osilatörlerdir. Bunun nedeni montajlarının kolay , çevre elemanlarının az olmasıdır. Gerilim kontrollü osilatörler entegre devrelerdir. Çıkış işaretleri aynı anda kare, üçgen ve sinüs olan gerilim kontrollü osilatörler vardır. Gerilim kontrollü osilatörlerin birçoğu yalnız bilgi sinyalinin uygulanması ile analog ve dijital haberleşmede kullanılan modülasyon çeşitlerini yaparlar.

ICL8038 entegresi sinüs, üçgen ve kare çıkış işareti üreten gerilim kontrollü osilatördür. Şekil 3.1.5'de ICL8038 entegresinin yapısı, şekil 3.1.6'da ICL8038 entegresinin ile yapılmış frekans modülatörü görülmektedir.



Şekil 3.1.5



Şekil 3.1.6

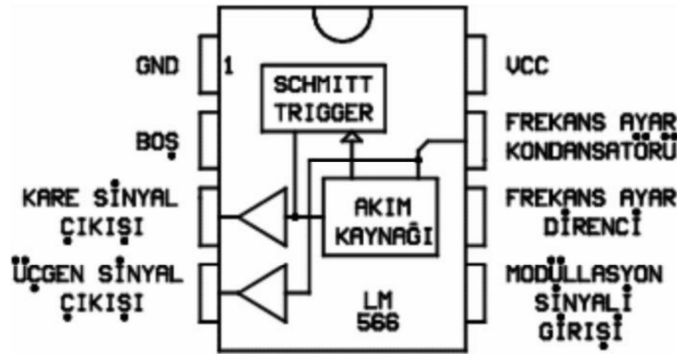
Bilgi sinyali uygulanmadığı zaman devre osilatör devresidir. Devrenin çıkış frekansı (**F**) 10 nolu ayaktaki "C2" kondansatörü ve 4 ile 5 nolu ayaklardaki R4 ve P seri direnç toplam değerine bağlıdır.

$$F = \frac{0.33}{R.C}$$

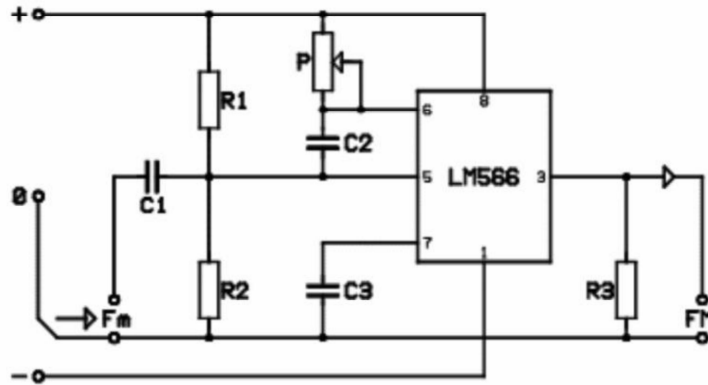
Devrenin frekans modülatörü olarak kullanılırsa devre çıkış frekansı (**F**), taşıyıcı frekansı (**Fc**) olur. P potansiyometresi ayarlanarak taşıyıcı işaretin merkez frekansı belirlenir. "8" nolu ayağın DC seviyesi merkez frekansını değiştirir.

Bilgi sinyali "8" nolu ayağa uygulandığından bilgi sinyalinin DC seviyesi çıkış frekansında sapma yaratır ve devre çıkışında frekans modülasyonlu işaret elde edilir. Devrede frekans modülasyonlu işaretin taşıyıcısı sinüs ya da kare olarak seçilebilir. 7 ve 8 nolu ayaklar arasındaki R1 direnci devrenin giriş empedansını belirler. Bu iki ayak kısa devre edilirse giriş empedansı 8k olur. Giriş empedansı bağlanacak R1 direnç değeri kadar artar.

LM566 entegresi frekans modülasyonu için çok kullanılan çok az çevre elemanı gerektiren entegredir. LM566 entegresinin çıkış işareti karedir. LM566 frekans modülatör entegresi LM565 frekans demodülatör entegresi ile çok uyumlu çalışır. Sistemdeki sinyallerin osiloskopta rahat görülmesi nedeniyle bu iki entegre deney setimizde kullanılmıştır. Şekil 3.1.7'de LM566 entegresinin iç yapısı , şekil 3.1.8'de LM566 entegresi ile yapılmış frekans modülatörü görülmektedir.



Şekil 3.1.7

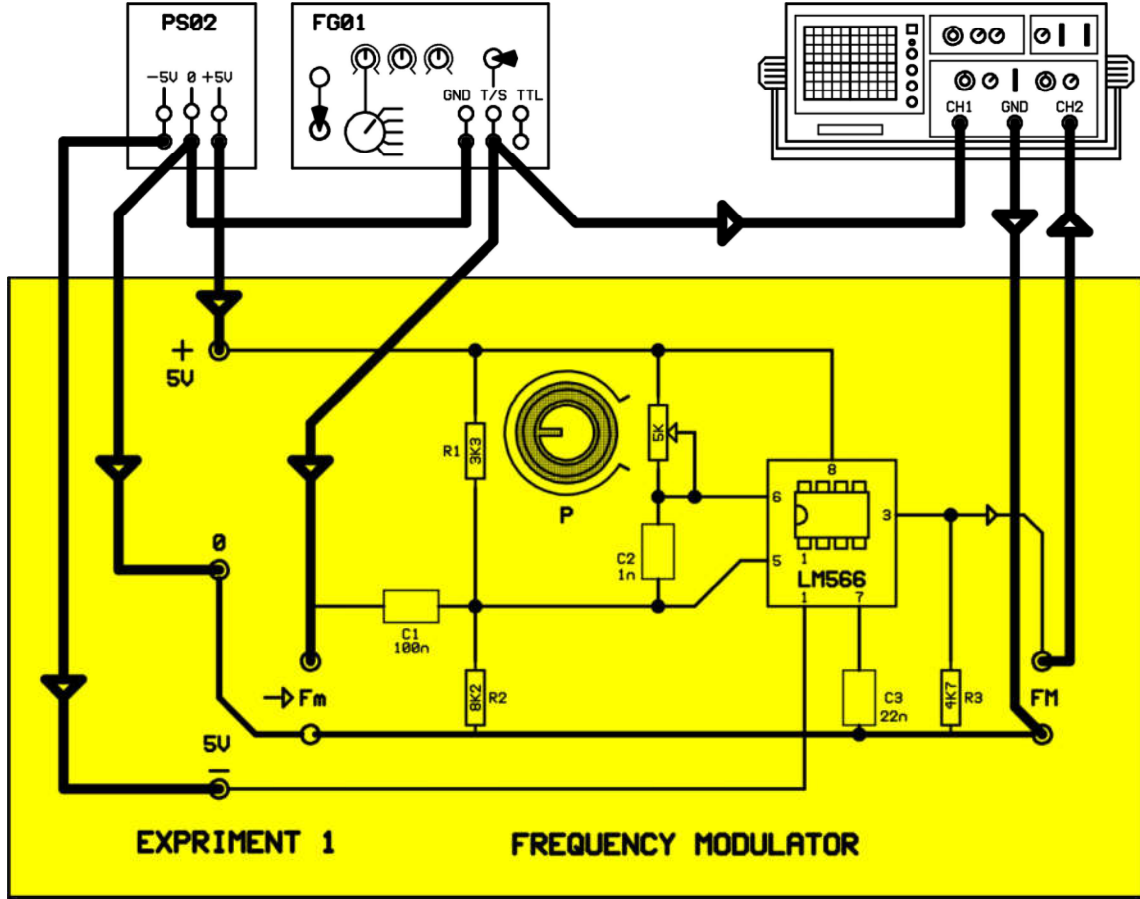


Şekil 3.1.8

Devre gerilim kontrollü osilatör ile yapılmış frekans modülatörüdür. Bilgi sinyali yok iken "C3" kondansatörü ve "P" potansiyometresi çıkış işaretinin frekansını ayarlar. Bu işaret frekans modülatörünün taşıyıcı sinyal frekansı ( $F_c$ ), başka bir deyişle merkez frekansıdır. Taşıyıcı dalga frekansını, 5 ve 8 nolu ayaklar arasındaki gerilim farkı da belirler. Bilgi sinyali ( $F_m$ ) 5 nolu ayağa uygulanmıştır. Bilgi sinyalinin pozitif alternansında 5 ve 8 nolu ayaklar arasındaki gerilim farkı azalır ve doğru orantılı olarak çıkış sinyalinin frekansı azalır. Bilgi sinyalinin negatif alternansında 5 ve 8 nolu ayaklar arasındaki gerilim farkı artar ve çıkış sinyalinin frekansı ters orantılı olarak artar. Dikkat edilirse frekans modülasyonunda anlatılan teorideki bilgi sinyali ile taşıyıcı sinyal ilişkisi tam tersine olmaktadır. Bu durum haberleşme sistemi için sorun yaratmaz. Bilgi sinyalinin, bilgi içeren tüm özellikleri aynı olup yalnız fazı  $180^\circ$  kaymış olur.

## DENEYİN YAPILIŞI:

Y-0024/003 modülünü yerine takınız. Devre bağlantılarını şekil 3.1.9'daki gibi yapınız.



Şekil 3.1.9

1. Devreye bilgi sinyali ( $F_m$ ) uygulamadan P potansiyometresi ile modülesiz çıkış sinyali frekansını 20KHz'e ayarlayınız. Devrenin konumunu bozmadan bilgi sinyalini sinüs, frekansını 1KHz ve genliğini  $V_{pp}=200mV$  yapınız ve girişe uygulayınız. Osiloskopta gördüğünüz çıkış işaretini çizin ve tanımlayınız.



**2.** Bilgi sinyalinin frekansını 2KHz'e ayarlayınız. Çıkış işaretindeki değişimi yazınız.

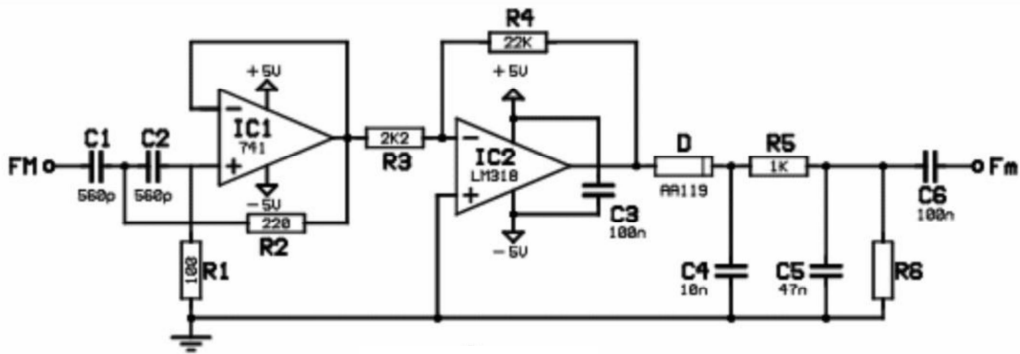
## DENEY: 3.2 FREKANS DEMODÜLASYONUNUN İNCELENMESİ (FM)

### HAZIRLIK BİLGİLERİ:

Frekans modüleli bir işarette genlik sabit olup frekans bilgi sinyaline bağlı değişmektedir. Frekans demodülatörleri girişteki işaretin frekans değişimini lineer (**doğrusal**) gerilim değişimine çeviren devrelerdir. Frekans demodülasyonu için iki yöntem kullanılır.

### DİSKRİMİNATÖRLÜ YÖNTEM

Frekans modülasyonlu işaretin genlik modülasyonlu işarete çevrilip sonra diyotlu ya da transistörlü genlik modülatöründen geçirilerek tekrar bilgi sinyalinin elde edildiği devrelerdir.



Şekil 3.2.1

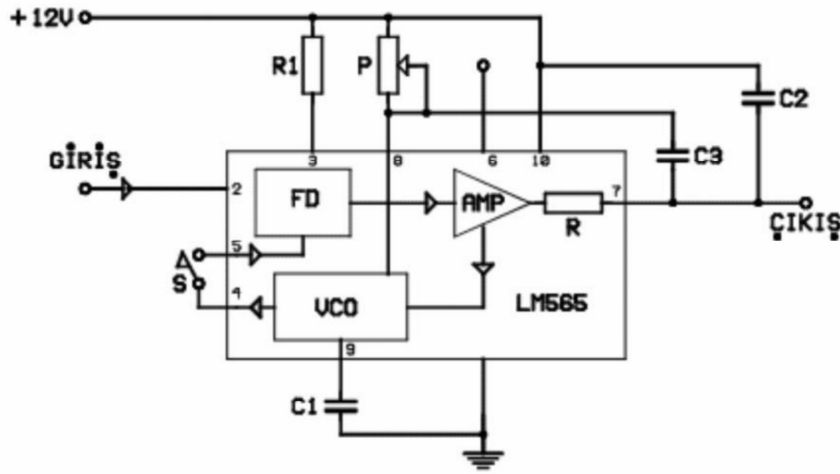
Şekil 3.2.1'de IC1, C1, C2, C3 ve R2 türev alıcı devredir. Frekans modülasyonlu işaretin türevi alınırsa genlik modülasyonlu işarete dönüşür. IC2, R3 ve R4 eviren yükselteç devresidir. Eviren yükselteç çıkışında genlik modülasyonlu işaretin genliği yükseltilmiş olarak elde edilir. D, R5, R6, C4 ve C5 diyotlu genlik modülatördür. Genlik modülasyonlu işaretin pozitif zarfı algılanarak bilgi sinyali burada tekrar elde edilir. C6 kondansatörü DC ofset gerilimini sıfırlamak için kullanılmıştır. Diskriminatörlü yöntem pek kullanılmaz.

### FAZ KİLİTLEMELİ ÇEVİRİM (PLL) YÖNTEMİ

Faz kilitlemeli çevrim devresi bir geri besleme devresidir. Devre geri beslenen sinyalin frekansını ve fazını değerlendirir. Faz kilitlemeli çevrim üç aşamada yapılır.

1. Faz dedektörü (**FD**)
2. Gerilim kontrollü osilatör (**VCO**)
3. Alçak geçiren filtre (**LPF**)

Haberleşme sistemlerinde kullanılmak üzere üretilmiş faz kilitlemeli çevrim yöntemi ile demodülasyon yapan entegreler vardır. Örnek olarak LM565 entegresi böyle bir entegredir.



**Şekil 3.2.2**

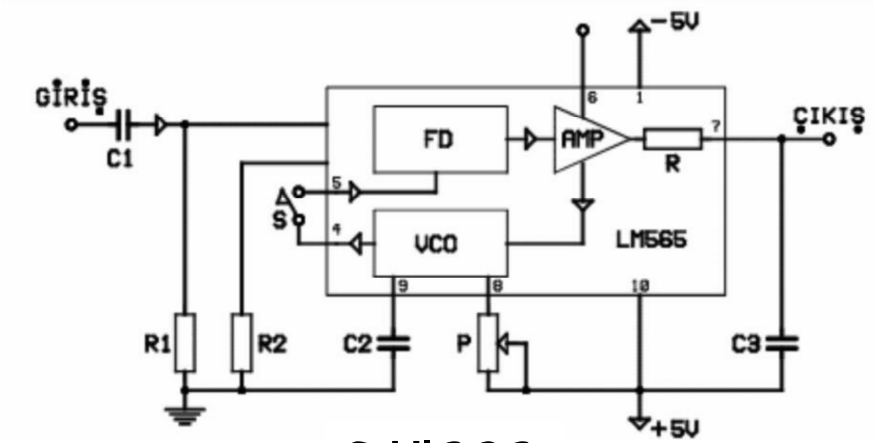
Şekil 3.2.2’de LM565 entegresinin iç yapısı ve faz kilitlemeli çevrimin devre şeması görülmektedir. Devrede giriş sinyal frekansı artarsa çıkış sinyal gerilimi azalır. Giriş sinyal frekansı azalır ise çıkış sinyal gerilimi artar. Anlaşıldığı gibi giriş işareti frekansı ile çıkış sinyal genliği ters orantılı değişir. Giriş ucuna sinyal uygulanmadığı zaman gerilim kontrollü osilatör (**VCO**) C1 kondansatörü ve P potansiyometresinin belirlediği frekansta sinyal üretir. Bu frekans değerine serbest çalışma frekansı denir. Gerilim kontrollü osilatör çıkışında elde edilen bu işaret faz dedektörüne uygulanır. Faz dedektörü girişine giriş sinyali de uygulanınca faz dedektörü iki sinyali kıyaslar ve pals dizisinden oluşmuş üçüncü bir sinyal elde eder. Bu üç sinyal entegre çıkışına (**7 nolu ayak**) sürülür. Çıkış ucundaki **“R”** direnci ve **“C2”** kondansatörü alçak geçiren filtrenin kesim frekansını belirler. Filtre çıkışında elde edilen işaret bilgi sinyalinin aynısıdır. Çıkış ucu ile **“8”** nolu ayak arasındaki **“C3”** kondansatörü parazit osilasyonları yok etmek için kullanılır.

Devrenin çalışması gerilim kontrollü osilatör frekansının giriş sinyal frekansına eşitlenmesiyle gerçekleşir. Gerilim kontrollü osilatörün serbest çalışma frekansının 1KHz ve kontrol geriliminin 2V olduğunu kabul edelim. Giriş sinyal frekansı 1KHz’den daha küçük ise gerilim kontrollü osilatörün kontrol gerilimi azalır. Buna bağlı gerilim kontrollü osilatörün çıkış frekansı da azalır. Bu azalma giriş sinyal frekansına eşitleninceye kadar olur. Giriş sinyali frekansı 1KHz’den büyük ise gerilim kontrollü osilatörün çıkış frekansı artar. Bu artma yine giriş sinyal frekansına eşitleninceye kadar sürer. Gerilim kontrollü osilatör frekansının giriş sinyal frekansına eşit olduğu duruma kilitleme adı verilir. Çalışma anında kilitleme için geçen zaman çok kısadır.

Giriş sinyalinin frekans değişimi alçak geçiren filtre çıkışında değeri değişen doğru gerilim olarak görülür. Frekans gerilim ilişkisi ters orantılıdır.

Deney devremizde LM565 entegre çıkışındaki bilgi sinyali üzerinde taşıyıcı etkisini tamamen yok etmek için R3,R4 ve R5 dirençlerinden ve C4 ,C5 ve C6 kondansatörlerinden yapılmış tepe (**zarf**) dedektörü kullanılmıştır.

Şekil 3.2.3'de simetrik besleme ile çalışan frekans demodülatörü görülmektedir.



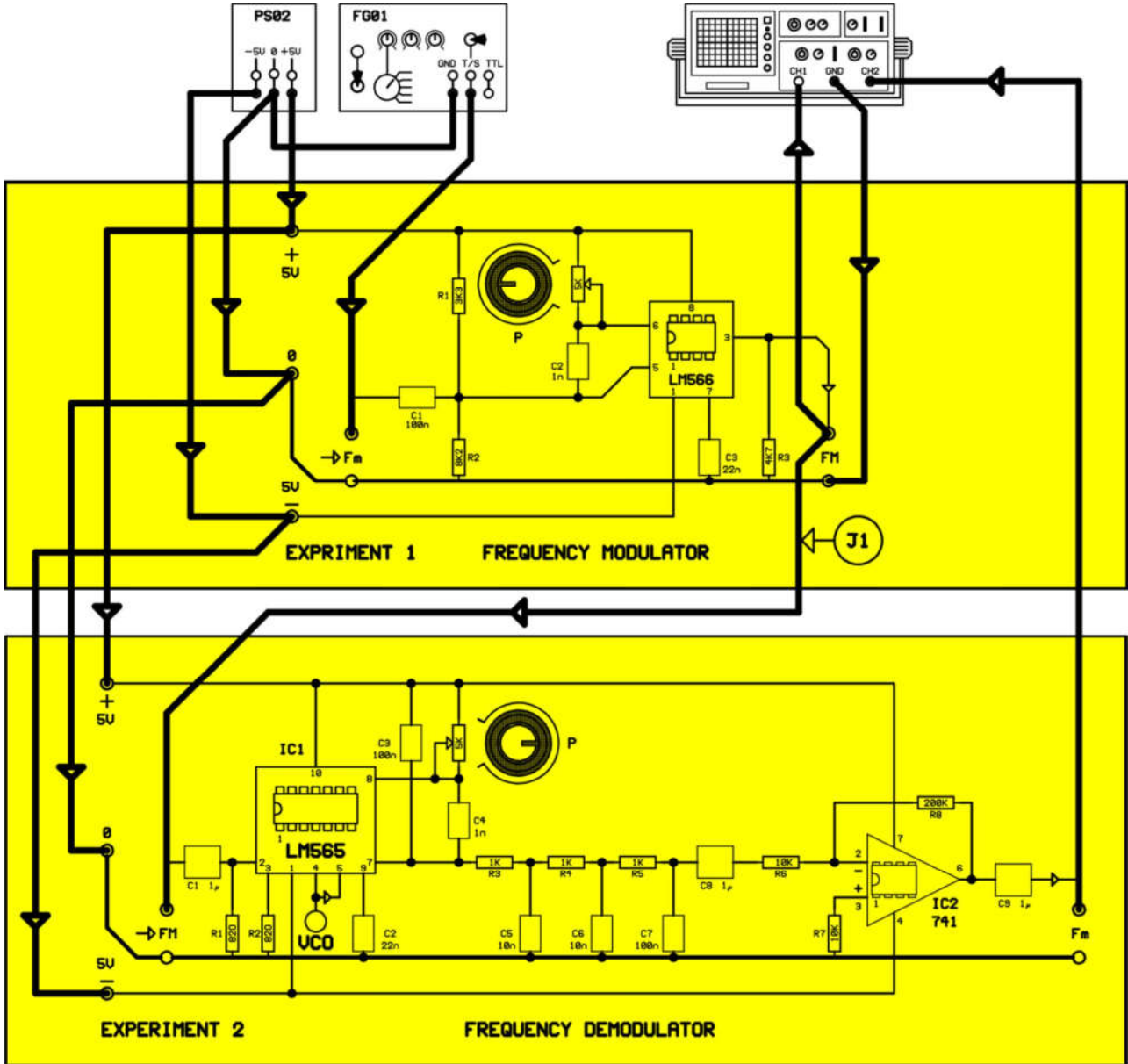
Şekil 3.2.3

Frekans demodülasyonu yapılır iken modülatör ve demodülatör frekans ve faz olarak senkronlu (**uyumlu hareketli**) olursa çıkışta elde edilen bilgi sinyali girişe uygulanan bilgi sinyali ile daha benzer şekilde elde edilir. LM566 entegresi ile yapılmış frekans modülatörü LM565 entegresi ile yapılmış frekans demodülatörü ile birlikte kullanılırsa daha geniş frekans aralığında düzgün çalışma sağlanır. Deneyimizde taşıyıcı frekansı ,frekans modülatörü ve demodülatöründe  $F_c=20\text{KHz}$  alınarak yapılmıştır.

## DENEYİN YAPILIŞI:

Deneyde frekans modülasyonlu işaret olarak Deney 1'in çıkış işareti kullanılacaktır. Deney 1 ve Deney 2'nin besleme kaynağı aynı kaynaktır.

Y-0024/003 modülünü yerine takınız. Devre bağlantılarını şekil 3.2.4'deki gibi yapınız.



Şekil 3.2.4

1- J1 bağlantısını (Deney 1'in FM çıkışı ile Deney 2'nin FM girişi) açınız. Deney 1 girişine bilgi sinyali uygulamadan çıkış ucunda "P" potansiyometresi ile  $F_c=20\text{KHz}$ 'e ayarlayınız. Devrenin konumunu bozmadan bilgi sinyalini  $F_m=1\text{KHz}$  ve  $V_{pp}=200\text{mV}$  olarak uygulayınız. Osiloskop ile Deney 1'in çıkış ucunda modüleli işareti görünüz.

**2-** J1 bağlantısını yapmadan Deney 2'deki LM565 entegresinin VCO ayağındaki serbest çalışma frekans aralığını "P" potansiyometresini minimum ve maksimuma getirerek bulunuz.

**3-** Deney 2'deki VCO frekansını  $F_c=20\text{KHz}$ 'e ayarlayınız. Devre bağlantılarını şekil 3.2.4'deki durumuna getiriniz. Deney 2 giriş ucundaki bilgi sinyali (**Fm**) ile Deney 2 çıkışındaki işareti aynı anda osiloskopta inceleyiniz ve çizin. Çıkış işaretini frekans , genlik ve şekil olarak kıyaslayınız.

**4-** Bilgi sinyali frekansını FJ0X fonksiyon jeneratöründen sırayla 1.5KHz-2KHz-2.5KHz-3KHz yapınız. Her basamakta giriş işareti genliğinin  $V_{pp}=200\text{mV}$  olmasına dikkat ediniz. Her basamak için çıkış işaretini frekans ve genlik olarak yazınız.