

## ANALOG HABERLEŞME (FM)

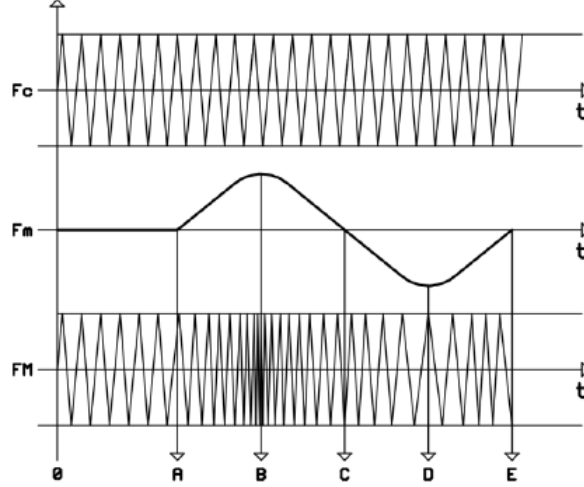
Taşıyıcı sinyal frekansının bilgi sinyaline bağlı değiştirilmesine frekans modülasyonu (**FM**) denir. Frekans modülasyonu yapılırken taşıyıcı sinyal , bilgi sinyali ve elde edilen modüleli sinyallerin tamamı sinüzoidal sinyallerdir.

Bildiğimiz gibi haberleşme sistemlerinde kullanılan sinyallerin en yüksek frekanslı taşıyıcı (**F<sub>c</sub>**) sinyaldir. Deney setimizde kullanılan taşıyıcı sinyallerin frekansları osiloskop ekranında rahat izlenebilmesi için olabildiğince küçük tutulmuştur. Buna rağmen değişken sinyallerin normal osiloskoplarda görülmesi çok zordur. Bu nedenle deneylerde en az 2x40MHz çift kanallı hafızalı (**storage**) osiloskop kullanılması gerekmektedir.

### DENEY: 3.1 VCO (VOLTAGE CONTROLLED OSCILLATOR) VOLTAJ KONTROLLÜ OSİLATÖRÜN İNCELENMESİ

#### HAZIRLIK BİLGİLERİ

Taşıyıcı sinyal frekansının bilgi sinyaline bağlı değiştirilmesine frekans modülasyonu (**FM**) denir. Bir frekans modülatöründeki sinyaller osiloskopta incelenirse şekil 3.1.1'deki dalga şekilleri görülür.



Şekil 3.1.1

Taşıyıcı sinyal ( $F_c$ ) genliği ve frekansı sabit sinüzoidal sinyaldir. Bilgi sinyali ( $F_m$ ) genliği ve frekansı belli sınırlar içinde değişen sinüzoidal sinyaldir. Zaman eksenini üzerindeki belli aralıklardaki frekans modülasyonlu sinyalin değişimini inceleyelim.

"O-A" noktaları arasında bilgi sinyali yoktur. "A" noktasına kadar modüleli sinyal taşıyıcı sinyalin aynısıdır.

"A-B" noktaları arası bilgi sinyalinin pozitif alternansının yükselme zamanıdır. Modüleli sinyalin genliği sabit olup frekansı bilgi sinyalinin genliğine bağlı artmaktadır. "B" noktası modüleli sinyal frekansının taşıyıcı sinyal frekansından en fazla olduğu noktadır.

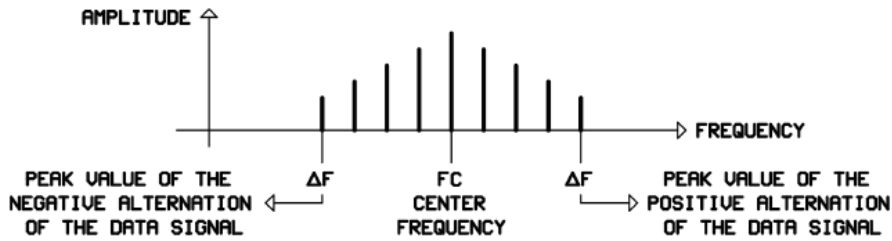
"B-C" noktaları arası bilgi sinyalinin pozitif alternansının azalma zamanıdır. Modüleli sinyalin genliği sabit olup , frekansı bilgi sinyalinin genliğine bağlı azalmıştır. "C" noktasında bilgi sinyali yoktur. Bu noktada modüleli sinyal taşıyıcı sinyalin aynısıdır.

"C-D" noktaları arası bilgi sinyalinin negatif yönde yükselme zamanıdır. Modüleli sinyalin genliği yine sabit olup , frekansı bilgi sinyalinin genliğine bağlı azalmaktadır. "D" noktası modüleli sinyal frekansının taşıyıcı sinyal frekansından en az olduğu noktadır.

"D-E" noktaları arası bilgi sinyalinin negatif yönde azalma zamanıdır. Modüleli sinyalin genliği yine sabit olup frekansı bilgi sinyalinin genliğine bağlı artmaktadır. "E" noktasında bilgi sinyali yoktur. Bu noktada modüleli sinyal taşıyıcı sinyalin aynısıdır.

Özet olarak taşıyıcı sinyalin genliği her zaman sabittir. Bilgi sinyalinin pozitif alternanslarında taşıyıcı sinyalin frekansı bilgi sinyalinin genliğine bağlı artmıştır. Bu artma bilgi sinyalinin pozitif tepe değerinde en fazladır. Bilgi sinyalinin negatif alternansında taşıyıcı sinyalin frekansı bilgi sinyalinin genliğine bağlı azalmıştır. Bu azalma bilgi sinyalinin negatif tepe değerinde en fazladır.

Taşıyıcı sinyalin frekansına merkez frekans denir. Merkez frekansı " $F_C$ " ( $F_C = \text{CENTER FREQUENCY}$ ) ile gösterilir. Bilgi sinyalinin taşıyıcı frekansını değiştirmesine frekans sapması denir. Frekans sapması " $\Delta F$ " ile gösterilir. Frekans modülasyonlu işaretin frekans spektrumu şekil 3.1.2'de görülmektedir.



**Şekil 3.1.2**

Merkez frekansının altındaki  $\Delta F$  frekans modülasyonlu işaretin frekansının en küçük olduğu başka sözle bilgi sinyalinin negatif alternansının tepe noktası (PEAK VALUE OF THE NEGATIVE ALTERNATION OF THE DATA SIGNAL) dır. Merkez frekansının üstündeki  $\Delta F$  frekans modülasyonlu işaretin frekansının en büyük olduğu başka sözle bilgi sinyalinin pozitif alternansının tepe noktası (PEAK VALUE OF THE POSITIVE ALTERNATION OF THE DATA SIGNAL) dır.

Frekans modülasyonunda çok sayıda yan bant oluşur. Yan bantların etkili olması genliklerine bağlıdır. Genliği taşıyıcı genliğinin %1'inden küçük olan yan bantlar kullanılmaz. Kullanılan yan bantların frekans kapsamı frekans modülasyonlu işaretin bant genişliğini belirler. Bant genişliği formül olarak;

$$BG = 2.(\Delta F + F_m) \text{ 'dir.}$$

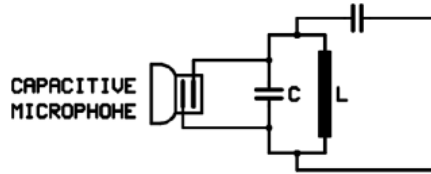
Müzik yayını yapan frekans modülasyonlu radyo vericilerinde (88MHz–108MHz) gerekli bant genişliği 100KHz'dir.

Frekans modülasyonu birçok yöntemle yapılır. Tüm yöntemlerin esası bir osilatör frekansının bilgi sinyali ile değiştirilmesidir. Aşağıda çok kullanılan frekans modülasyonu yöntemleri görülmektedir.

- 1- Kapasitif mikrofon yöntemi
- 2- Varikap diyotlu yöntem
- 3- Gerilim kontrollü osilatör (VCO) yöntemi

### KAPASİTİF MİKROFON YÖNTEMİ

Frekans modülasyonunun nasıl yapıldığını en kolay anlatan yöntemdir. Kapasitif mikrofonun özelliği çıkış uçlarında kondansatör özelliği göstermesi ve bu kondansatörün mikrofona gelen ses dalgalarına göre kapasitesini değiştirmesidir.

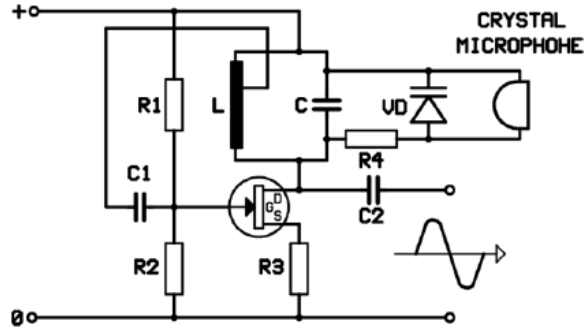


**Şekil 3.1.3**

Şekil 3.1.3'te "L" bobini ve "C" kondansatörü bir osilatörün tank devresidir. Kapasitif mikrofon tank devresinin kondansatörüne paralel bağlanmıştır. Kapasitif mikrofona gelen ses dalgaları kapasitif mikrofonun kapasitesini değiştirir. Bu kapasite değişimi osilatör tank devresinin toplam kapasitesini değiştirir ve buna bağlı osilatörün osilasyon frekansı değişmiş olur. Kapasitif mikrofona gelen ses dalgaları bilgi sinyalidir. Osilatör frekansının değişimi bilgi sinyalinin genliği ile doğru orantılıdır.

## VARİKAP DİYOTLU YÖNTEM

Varikap diyotlar yüzey birleşmeli silisyum diyotlardır. Varikap diyotların özelliği ters polarma altında çalışmaları ve uçlarında kondansatör özelliği göstermesidir. Varikap diyotların gösterdikleri kapasite uçlarına uygulanan gerilim ile ters orantılıdır.

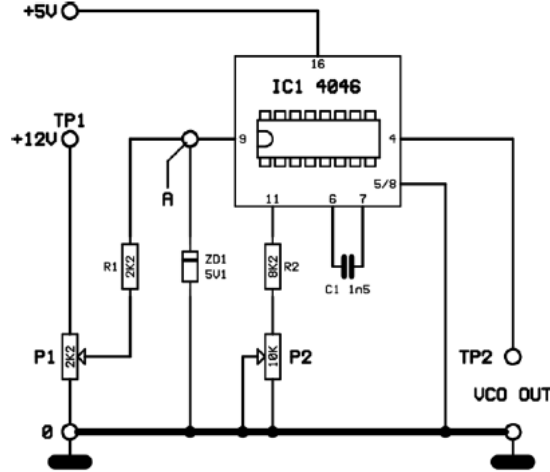


Şekil 3.1.4

Şekil 3.1.4’de seri hartley osilatörünün tank devresi kondansatörüne varikap diyot (VD) ve kristal mikrofon paralel bağlanmıştır. Varikap diyot ters polarma altındadır. Kristal mikrofonu gelen ses dalgaları kristal mikrofon uçlarında bir elektrik sinyali oluşturur. Bu sinyal gerilimi varikap diyot uçlarında olduğundan varikap diyotun kapasitesi değişir. Varikap diyotun kapasitesinin değişmesi tank devresi toplam kapasitesini değiştirir ve buna bağlı osilatörün osilasyon frekansı değişir. Ses dalgaları yine bilgi sinyalidir. Osilatör frekansının değişimi yine bilgi sinyalinin genliği ile doğru orantılıdır.

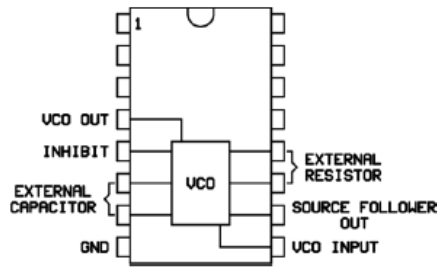
### GERİLİM KONTROLLÜ OSİLATÖR (VCO) YÖNTEMİ

Bu yöntemi anlayabilmek için gerilim kontrollü osilatörün (VCO= Voltage Controlled Oscillator) çalışma prensibini bilmek gerekir. 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. Şekil 3.1.5 te gerilim kontrollü osilatör görülmektedir.



Şekil 3.1.5

IC1=4046 entegresi içinde bir adet VCO ile iki adet faz karşılaştırıcı (PHASE COMPARATOR) bulunduran entegredir. Şekil 3.1.6 da 4046 nın VCO bölümü ve bu bölümün terminal bağlantısı görülmektedir.

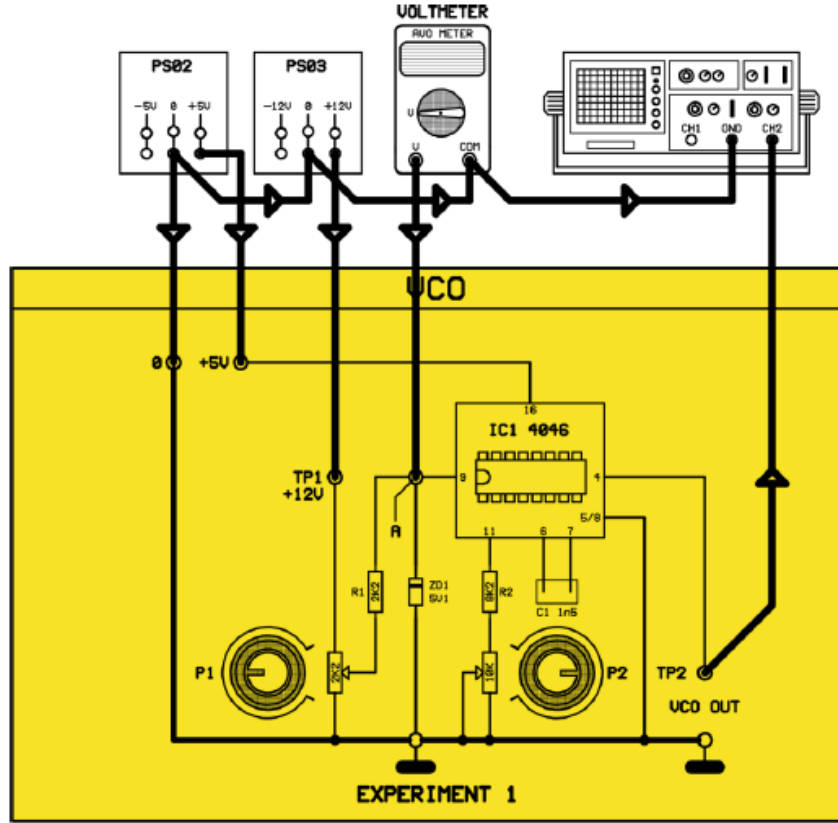


Şekil 3.1.6

Şekil 3.1.5 te VCO girişini (4046 nın 9 nolu terminali) büyüklüğü P1 potansiyometresi ile 0 / +5Volt arasında ayarlanabilen gerilim uygulanmıştır. VCO nun çıkışında (4046 nın 4 nolu terminali), girişindeki gerilim değeri ne olursa olsun şekli kare dalga olan sabit genlikli bir işaret oluşur. Bu işaretin frekansı VCO girişindeki gerilim değeri ile değişir. Bu değişim 4046 da doğru orantılıdır. Başka sözle girişindeki gerilim değeri artırılırsa çıkış işaretinin frekansıda artar. Girişindeki gerilim değeri azaltılırsa, çıkış işaretinin frekansı da azalır. Giriş gerilimi ile çıkış işaretinin frekansı ters oranlı değişen VCO larda vardır. Çıkış işaretinin frekansı giriş ucundaki gerilimden başka C1 kondansatörü, R3 direnci ve P1 potansiyometresinin değerleri ile belli aralıkta ayarlanabilir. R1 direnci ve ZD1 zener diyodu VCO yu aşırı giriş geriliminden korumak için kullanılmıştır.

## DENEYİN YAPILIŞI

Y-0024/003 modülünü yerine takınız. Devre bağlantılarını Şekil 3.1.7'deki gibi yapınız. Devreye enerji uygulayınız.



Şekil 3.1.7

1. P1 potansiyometresini ayarlayınız A soketinde 1,5 Volt görünüz. P2 potansiyometresi ile çıkış işaretinin frekansını 10KHz e ayarlayınız.

2. P2 potansiyometresinin konumunu bozmadan A soketindeki gerilimi P1 potansiyometresi ile şekil 3.1.8 de görülen tablodaki değerlere ayarlayınız, her basamaktaki çıkış işareti frekansını yazınız. Çıkış işaretindeki değişimi yorumlayınız.

[illegible]

--

3. A soketindeki gerilimi P1 potansiyometresi ile şekil 3.1.9 da görülen tablodaki değerlere ayarlayınız, P2 potansiyometresinin orta ucunu önce alta, sonra üste getiriniz. Her basamaktaki frekans değerlerini yazınız.

[illegible]



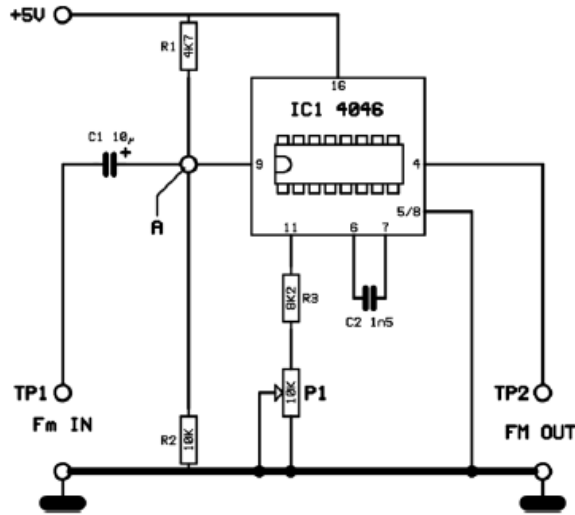
## **DENEY: 3.2**

### **VCO (VOLTAGE CONTROLLED OSCILLATOR)**

### **İLE YAPILAN FREKANS MODÜLASYONUNUN İNCELENMESİ**

#### **HAZIRLIK BİLGİLERİ**

Şekil 3.2.1 de gerilim kontrollü osilatör (VCO=VOLTAGE CONTROLLED OSCILLATOR) ile yapılmış frekans modülatörü görülmektedir.



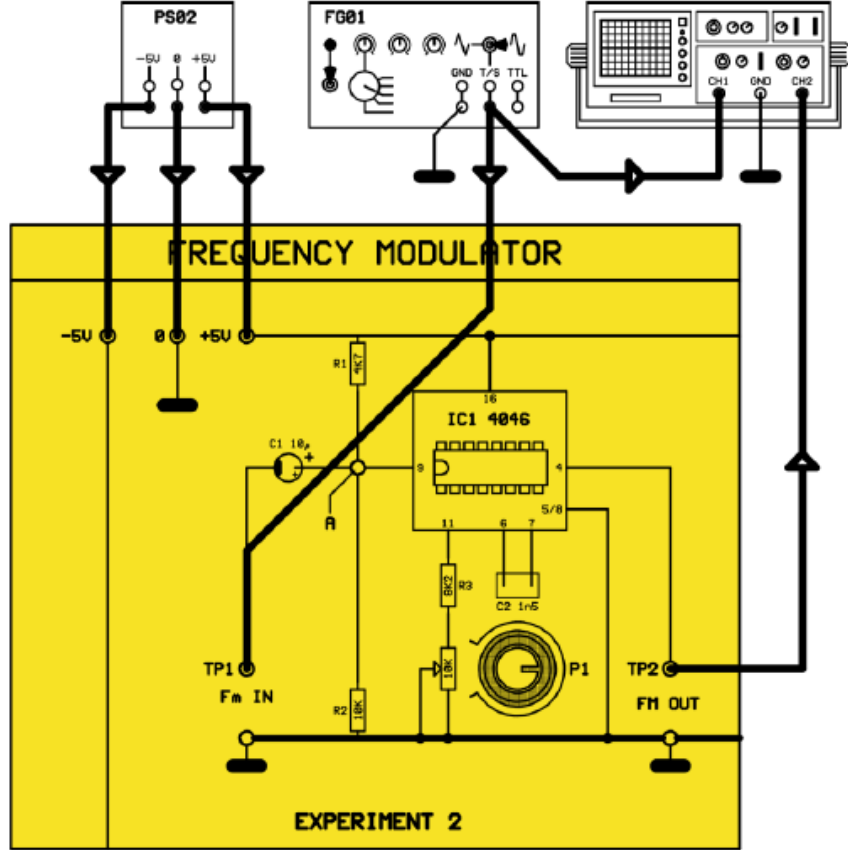
**Şekil 3.2.1**

Bilgi sinyali 4046'nın VCO giriş terminaline uygulanmış çıkış işareti VCO çıkış terminalinden alınmıştır. VCO giriş terminalinde bir sinyal yok iken VCO çıkış ucunda frekansı C1 kondansatörü, R3 direnci ve P1 potansiyometresinin değerleri ile belirlenen kare dalga sinyal oluşur. Bu sinyalin frekansına "serbest çalışma frekansı" denir. Bu sinyal frekans modülatörünün taşıyıcı sinyali ( $F_c$ ) olarak kullanılır. Bu sinyalin frekansı P1 potansiyometresi ile belli aralıkta ayarlanabilir. Ayarlanan bu frekansa merkez frekansı ( $F_o$ ) denir. Devreye bilgi sinyali ( $F_m$ ) uygulanırsa, bilgi sinyalinin pozitif alternanslarında VCO'nun çıkış ucundaki sinyalin frekansı artar. Bu artma bilgi sinyalinin genliği ile doğru orantılıdır. Bilgi sinyalinin negatif alternanslarında VCO'nun çıkış ucundaki sinyalin frekansı azalır. Bu azalma yine bilgi sinyalinin genliği ile doğru orantılıdır.



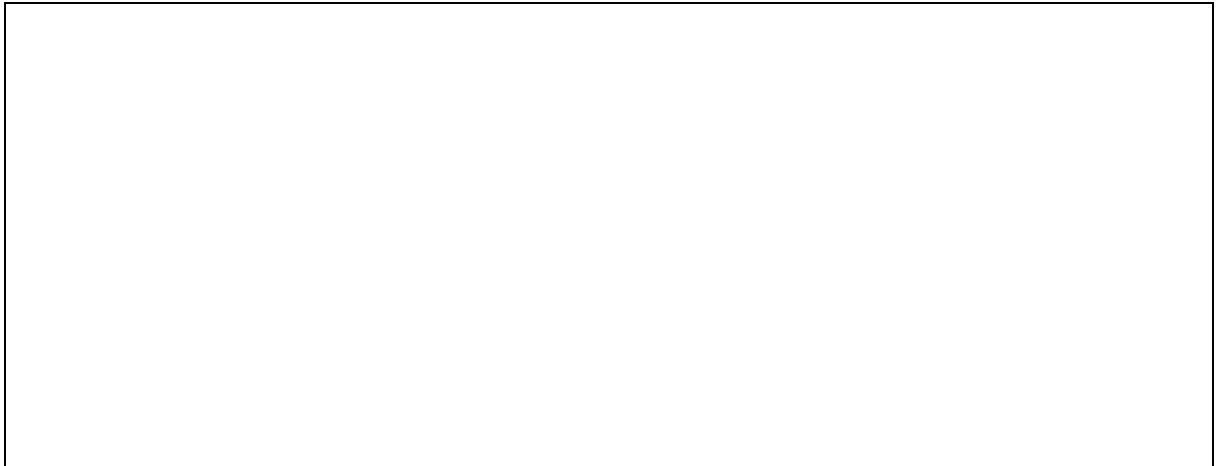
## DENEYİN YAPILIŞI

Y-0024/003 modülünü yerine takınız. Devre bağlantılarını Şekil 3.2.2'deki gibi yapınız. Devreye enerji uygulayınız.

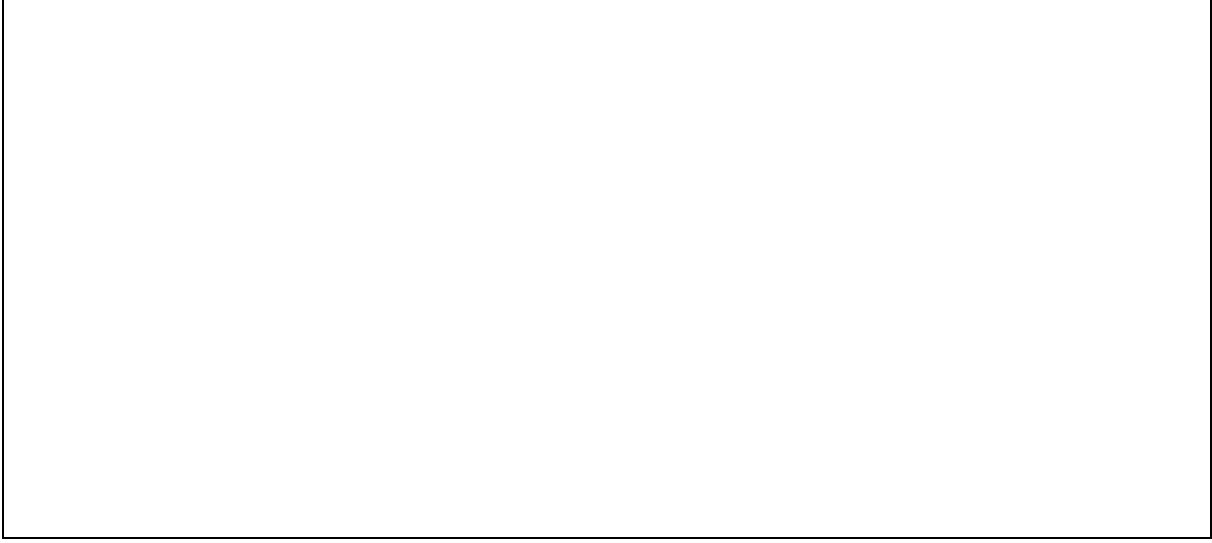


Şekil 3.2.2

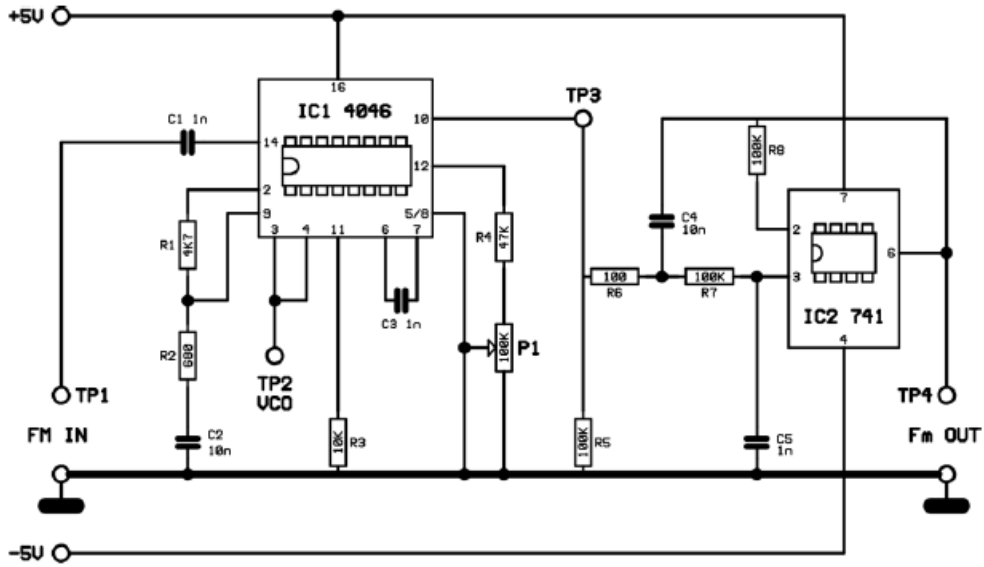
1. Fonksiyon jeneratörü çıkış işaretini sinüs, frekansını  $F_m=400\text{Hz}$ , genliğini  $1\text{Vpp}$ , ayarlayınız.  $F_m$  IN (TP1) soketinden sinyal girişini ayırınız. Bu durumda P1 potansiyometresini FM OUT (TP2) soketinde  $40\text{KHz}$  görünceye kadar ayarlayınız iki işaretin şekillerini görünüz.



2. Fonksiyon jeneratörü çıkışını Fm IN (TP1) soketine bağlayınız iki işaretin şekillerini görünüz ve yorumlayınız.

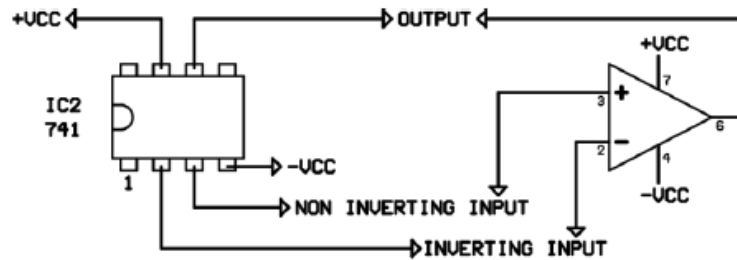


**DENEY: 3.4**  
**FM (FM DEMODULATION)**  
**FREKANS DEMODÜLASYONUNUN İNCELENMESİ**



**Şekil 3.4.1**

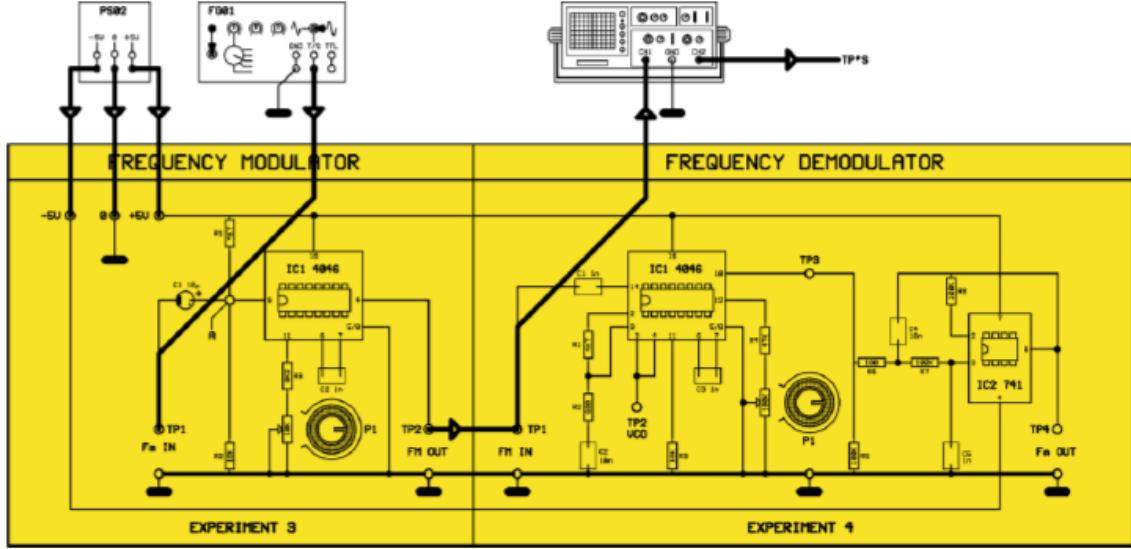
741 entegresi çok kullanılan işlemsel yükselteçlerden biridir. Şekil 3.4.2 de 741 in terminal bağlantısı ve elektronik devre şemalarında kullanılan sembolü görülmektedir.



### Şekil 3.4.2

## DENEYİN YAPILIŞI

Y-0024/003 modülünü yerine takınız. Frekans modülasyonlu işaret olarak deney 3.2 nin çıkış işareti kullanılacaktır. Devre bağlantılarını şekil 3.4.3' deki gibi yapınız. Devreye enerji veriniz.



Şekil 3.4.3

1. Osilaskobun CH1 kanalını FM Demodülatörün (TP1) soketine, CH2 kanalını (TP2) VCO soketine bağlayınız. Oluşan şekilleri yorumlayınız.



**2.** Osilaskobun CH1 kanalını FM Demod lat r n (TP1) soketine, CH2 kanalını (TP3) soketine bağlayınız. Demod lat r n P1 potansiyometresi ile (TP3) soketinde sinüs işareti görünceye kadar ayarlayınız. Yaptığınız işlemi açıklayınız.



**3.** Osilaskobun CH1 kanalını FM Demod lat r n (TP1) soketine, CH2 kanalını demod lat r n Fm OUT (TP4) soketine bağlayınız. İki işareti aynı anda görünüz ve yorumlayınız.



4. Osilaskobun CH1 kanalını modölatörün (TP1) soketine, CH2 kanalını demodölatörün Fm OUT (TP4) soketine bağlayınız. İki işareti aynı anda görünüz ve yorumlayınız.

