



**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
REKTÖRLÜĞÜ**

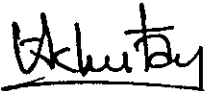
**SAYI :B.30.2.GÜN.0.00.01.00/Ü -23 - 8 247**  
**KONU: Yayın Talebiniz**

**ANKARA**  
**27.06.2002**

**TEKNİK EĞİTİM FAKÜLTESİ DEKANLIĞINA**

Basımı talep edilen materyalle ilgili olarak Üniversite Yayın Komisyonunda alınan ve Üniversite Yönetim Kurulunun 24.06.2002 tarih ve 06 sayılı toplantısında 2002/ 162 no ile kabul edilen karar aşağıda belirtilmiştir.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

  
**Prof.Dr.Ülker AKKUTAY**  
**Rektör Yardımcısı**  
**(Mer.Yayın Kom.Başkanı)**

**Merkez Yayın Komisyon Toplantı Tarihi : 21.06.2002**  
**Toplantı Sayısı :04**

1)G.Ü.Teknik Eğitim Fakültesi Dekanlığının 22.05.2002 tarih ve B.30.2.GÜN.0.38.00.00-15/333/1506 sayılı yazısı ve ekinde gönderilen öğretim üyelerinin hazırlamış oldukları kitaplar incelendi.

- b. Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü öğretim üyelerinden Doç.Dr.N.Fatma GÜLER, Arş.Görv.Uğur FİDAN ve Arş.Görv.Sabri KOÇER tarafından hazırlanan "Analog Haberleşme Deneyleri" adlı kitap incelendi, kitabın yazarların kendi imkanları ile yardımcı ders kitabı olarak basılmasının uygunluğuna,



- c. Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü öğretim üyelerinden **Doç.Dr.N.Fatma GÜLER, Öğr.Görv.S.Zeki ÖZGÜ, Arş.Görv.Uğur FİDAN ve Arş.Görv.Sabri KOÇER** tarafından hazırlanan **“Görüntü Sistemleri Deneyleri”** adlı kitap incelendi, kitabın yazarların kendi imkanları ile yardımcı ders kitabı olarak basılmasının uygunluğuna,
- d. Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü öğretim üyelerinden **Doç.Dr.N.Fatma GÜLER, Arş.Görv.Uğur FİDAN ve Arş.Görv.Sabri KOÇER** tarafından hazırlanan **“Sayısal Haberleşme Deneyleri”** adlı kitap incelendi, kitabın yazarların kendi imkanları ile yardımcı ders kitabı olarak basılmasının uygunluğuna,
- e. Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü öğretim üyelerinden **Doç.Dr.N.Fatma GÜLER, Yrd.Doç.Dr.Haldun GÖKTAŞ, Arş.Görv.Uğur FİDAN ve Arş.Görv.Sabri KOÇER** tarafından hazırlanan **“Telefon Şebekeleri Deneyleri”** adlı kitap incelendi, kitabın yazarların kendi imkanları ile yardımcı ders kitabı olarak basılmasının uygunluğuna,

2)Üniversitemizde eserler yayınlanması ile ilgili olarak uygulamada karşılaşılan aksaklıkların giderilmesi amacıyla Üniversitemiz Merkez Yayın Komisyonu Başkanlığı'na üniversitemiz imkanları veya yazarın kendi imkanlarıyla bastırılmak üzere Fakülte/Yüksekokullarımızdan gönderilen kitaplarla ilgili önerilerde aşağıdaki hususların yer alması gerekmektedir:

- a) Basım için önerilecek eserler, **Türk Standartları Enstitüsünün (TSE); TS 1060, TS 9829, TS 2143, TS 10220, TS 946** esaslarına uyulacak, dizgi, şekil, fotoğraf ve tabloları ile indeks, fihrist,kaynakça, iç kapak, dış kapak vb. unsurlar matbaaya hazır olarak verilecek şekilde sunulmalıdır,
- b) Kitabın türü ; Ders Kitabı, Yardımcı Ders Kitabı veya Ders Teksiri olarak öncelikle Bölüm/Anabilim Dalı Kurulunca belirlenmelidir,
- c) Önerilerin Fakülte/Yüksekokul Yayın Komisyonlarınca belirlenecek birisi kurum dışından olmak üzere konu uzmanı en az iki danışman tarafından **Merkez Yayın Komisyonu Kitap Değerlendirme Formuna** uygun olarak incelenmesi ve kitaplarla ilgili danışman raporlarının Fakülte/Yüksekokul Yayın Komisyonları ve Fakülte/Yüksekokul Yönetim Kurulu Kararları ile birlikte Üniversitemiz Merkez Yayın Komisyonuna iletilmesi sağlanmalıdır.
- d) Tercüme eserlerde izin alma şartları yerine getirilmeli ve gerekli belgeler eklenmelidir.
- e) Üniversitemiz Akademik Yükseltme ve Atama Kriterlerini Belirleme Komisyonunda değerlendirilmek üzere Merkez Yayın Komisyonuna gönderilen ve Üniversitemiz Merkez Yayın Komisyonunun 17.10.1997 tarih ve 88 nolu toplantısında alınan kararlardan önce bastırılmış olan kitaplar Üniversite, Milli Eğitim Bakanlığı, Kültür Bakanlığı gibi resmi kurumlar tarafından bastırılmış olması durumunda incelenmek üzere dikkate alınabilecek, Merkez Yayın Komisyon Kararlarından sonra ve Merkez Yayın Komisyonu onayı alınmadan bastırılmış olanlar ise dikkate alınmayacaktır.

**Yukarıdaki uygulama esaslarının gereği için Rektörlük Makamına arzına oybirliği ile karar verilmiştir.**



# **ANALOG HABERLEŞME DENEYLERİ**

**N. Fatma GÜLER**

**Uğur FİDAN**

**Sabri KOÇER**

**Gazi Üniversitesi**

**ANKARA, 2002**

## ÖNSÖZ

Bu kitap, Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümünde okutulmakta olan Telekomünikasyon - I dersine yardımcı kitap olarak hazırlanmıştır. Laboratuvar çalışmalarının, dersin içeriği ile paralelliği sağlanmış olup öğrencilerin derste öğrendikleri teorik bilgilerini uygulamasını yapabilmeleri hedeflenmiştir. Bu amaçla önce özet teorik bilgiler verilmiş daha sonra da işlem basamaklarına geçilmiştir. Her deneyde alınan sonuçlar, deneyler sonunda verilen ilgili tablolara kaydedilecek şekilde düzenlenmiştir. Böylece öğrencilerin yeniden bir deney raporu hazırlamasına gerek kalmamaktadır. Deney şemaları deney setindeki orijinal durumuna sadık kalınarak İngilizce olarak yazılmıştır.

Bu kitabın geleceğimizin güvencesi öğrencilerimize ve haberleşme ile ilgilenenlere yardımcı olmasını dileriz.

N.F. GÜLER

U. FİDAN

S. KOÇER

Gazi Üniversitesi

ANKARA, 2010

## İÇİNDEKİLER

Giriş .....	i
Harmonik Sentezleyici .....	1
Genlik Modülatörü .....	9
Diyot Modülatörü .....	13
Yan Bantlar .....	16
Transistör Modülatörü .....	18
Mikser .....	20
Zarf Dedektörü .....	23
DSB - SSB Temel Deneyleri .....	26
DSB Modülasyonu .....	28
SSB Modülasyonu .....	31
Demodüle Edilmiş Taşıyıcı Jeneratör .....	33
SSB Demodülasyonu .....	36
DSB Demodülasyonu .....	39
Artık Yan Bant .....	42
FM/PM Modülasyon ve Demodülasyon Deneyleri .....	46
Varikap Modülatörü .....	49
PM Modülatörü .....	52
FM Oran Dedektörü .....	55
PM Dedektörü .....	58
FM Bant Genişliği .....	62
Kaynaklar	
Dizin	

## GİRİŞ

Haberleşme konularının öğretiminde ve uygulamalarında temel bilgilerin verilmesi ve uygulamalarla gerçekleşmesi mesleğe başlayanlar, meslekte olanlar ve meraklılar için önemli bir basamaktır. Analog Haberleşme Deneyleri isimli bu kitap, analog haberleşmenin temellerini öğrenciye deneylerle öğretmek amacıyla hazırlanmıştır. Kitabın hazırlanmasındaki ana düşünce, teorik bilgilerin pratik uygulamasını, öğretim tekniğine uygun olarak, öğrencilerin ve ilgilenenlerin teori ile pratiği bir arada pekiştirmesini sağlamaktır. Her deney grubunun başında bu deneyle ilgili kısa bir teorik bilgi ve o deneyde kullanılacak olan deney setini tanıtıcı bilgiler verilmektedir. Deney setleri bölümümüze Dünya Bankası Endüstriyel Eğitim Projesi çerçevesinde alınan setler olduğundan deney kitabındaki deneylere ait bağlantı şemalarında setlerin üzerindeki İngilizce yazılı olan bağlantı noktası ve blokları temsil eden yazılar, bir karışıklığa meydan verilmemesi açısından değiştirilmeyip İngilizce olarak yazılmıştır. Deneyler, analog işaretin temel bileşenlerini incelemeye yarayan "Harmonik Sentezleyici" deneyi ile başlayıp, daha sonra genlik modülasyonu çeşitleri ve açı modülasyonunu oluşturan frekans ve faz modülasyonu deneyleri ile devam etmektedir. Analog modülasyonun temelleri bu şekilde sistematik bir yapıda öğrencilerimize en uygun ve verimli olacak şekilde verilmeye çalışılmıştır.



**DENEY NO: 1****DENEYİN ADI: HARMONİK SENTEZLEYİCİ****DENEYİN AMACI:**

Fourier analizini uygulayarak öğrenmek.

**TEORİK BİLGİ:**

B4112 Harmonik sentezleyici deney seti, frekansları 300, 600, 900, ... 2400 Hz. olan ve fazı EPROM hafıza tarafından kontrol edilen 8 ayrı sinüs dalgası sağlar. Sentezlenecek dalga şeklinin harmoniklerinin genlik seviyesi ayarlanır ve toplanır. B4112 deney seti ile kare dalga, üçgen dalga, doğrultulmuş yarım dalga sinüs ... vb gibi dalga şekilleri sentezlenebilir.

**FOURIER TEORİSİ:**

Periyodik fonksiyonların, sonsuz sayıda temel terim veya bileşenlerden oluştuğu kabul edilir. Her bir bileşen, periyodu orjinal fonksiyonun periyoduna eşit ve/veya katı olan farklı genlikli sinüsoidal fonksiyonlardır.

Herhangi bir dalga şekli  $f(t)$  aşağıdaki genel formda gösterilir.

$$F(t) = A_0/2 + \sum A_n \cos(n\omega t) + B_n \sin(n\omega t) \dots\dots\dots (1)$$

Burada  $A_n$  ve  $B_n$  sinüzoidal bileşenlerin genlik katsayısıdır.  $A_n$  ve  $B_n$  genlik ifadeleri aşağıdaki genel formda gösterilir.

$$A_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{+T/2} f(t) \cdot \cos(n\omega t) \cdot dt \dots\dots\dots (2)$$

$$B_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{+T/2} f(t) \cdot \sin(n\omega t) \cdot dt \dots\dots\dots (3)$$

Burada;

- \*  $n=0$  olan terim, fonksiyonun DC bileşenidir.
- \*  $n=1$  olan terim, orjinal dalga şekli ile aynı frekansa sahiptir ve ana (fundamental) terim olarak adlandırılır.  $n>1$  olan terimler harmonik olarak adlandırılır.
- \* Farklı terimlerin genlik katsayıları, her bir harmoniğin büyükten küçüğe doğru sıralaması için düşme eğilimi gösterir. Fourier serisinin, harmoniklerin genliği yavaş veya hızlı olarak azaldıkça, harmoniklerin daha hızlı veya daha yavaş birleştiği söylenir.
- \* Belirli bir sıranın ötesinde, harmonik bileşenlerin genlikleri pratik uygulamalarda göz ardı edilebilecek kadar düşük bir genliğe sahiptir. Bu harmonikler orjinal dalga şeklini  $[f(t)]$  oluşturmada çok az katkıda bulunurlar.

**Örnek:**

Kare dalga sinyalinin Fourier açılımını incelendiğinde fonksiyon aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$f(x) = \{1 \quad 0 < x < \pi \quad \text{ve} \quad -1 \quad -\pi < x < 0\}$$

$$\frac{4}{\pi} \left( \frac{\sin x}{1} + \frac{\sin 3x}{3} + \frac{\sin 5x}{5} + \dots \right) \quad \text{şeklinde verilen fonksiyon için;}$$

- DC komponenti = 0
- Asıl =  $4/\pi = 1.273$
- Üçüncü harmonik =  $4/3\pi = 0.424$
- Beşinci harmonik =  $4/5\pi = 0.254$
- Yedinci harmonik =  $4/7\pi = 0.182$

**DENEYİN YAPILIŞI****Deneyde Kullanılan Araç-Gereçler**

1. B4112 Harmonik sentezleyici deney seti
2. B4190 güç kaynağı
3. İki hatlı Osilaskop (20MHz. Bant genişliğine sahip)

**İşlem Basamakları:**

1. DC ayar potansiyometresini orta konuma getiriniz.
2. Level anahtarlarının tümünü HIGH konumuna getiriniz.
3. +/- anahtarlarının hepsini + konumuna getiriniz.
4. Sin/Cos anahtarlarını Sin konumuna alınız.
5. Panele simetrik güç kaynağını bağlayınız. Doğru bağladığınızdan emin olunuz.
6. Şekil 1'deki devreyi kurunuz.
7. Frekans ayar potansiyometrelerini orta konuma getirerek her bir çıkıştaki frekansları ( $f_0, f_1, \dots, f_8$ ) aşağıdaki tabloya kaydediniz. Aralarındaki ilişkiyi belirleyiniz.

	Sin1x	Sin2x	Sin3x	Sin4x	Sin5x	Sin6x	Sin7x	Sin8x
Frekans								
Genlik								

8. Harmonik sentezleyiciyi aşağıdaki şartlara uygun olacak şekilde ayarlayınız.

- DC komponenti = 0
- Asıl = 4 Vpp
- Üçüncü harmonik = 1.332 Vpp
- Beşinci harmonik = 0.798 Vpp
- Yedinci harmonik = 0.572 Vpp

9. ADDER çıkışından elde edilen sinyali osilaskopda görüntüledikten sonra aşağıdaki ayrılan tabloya kaydediniz.

Genlik							

Zaman

Vpp=.....

f:.....

10. Tablo 1'deki fonksiyonlardan birini harmonik sentezleyici ile elde ederek aşağıdaki tabloya kaydediniz.

Genlik							

Zaman

Vpp=.....

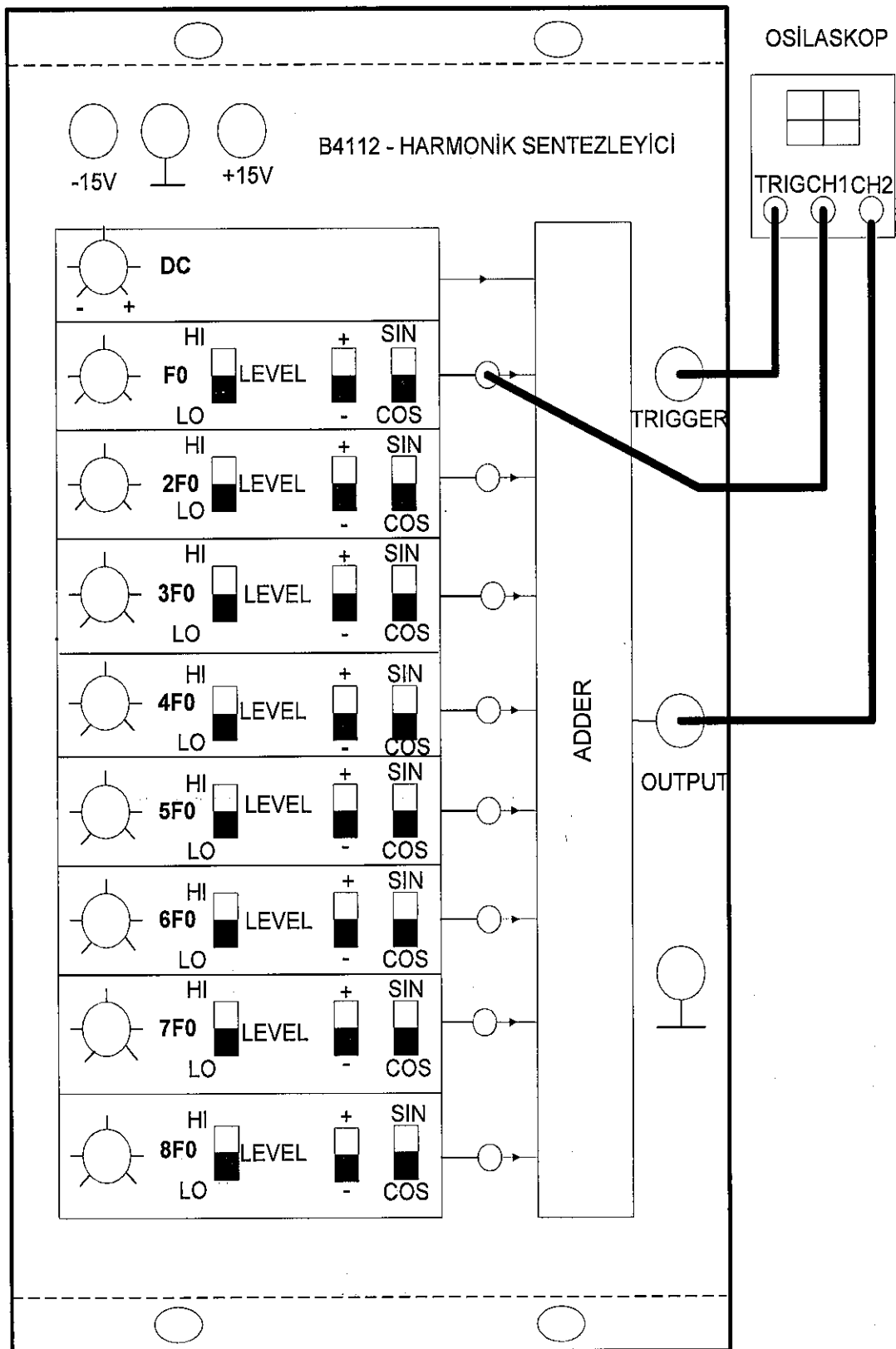
f:.....

#### SORULAR:

1. Fourier analizi hangi amaçla kullanılır?
2. Fourier analizinin analog haberleşmede kullanılması ne gibi avantajlar sağlar?

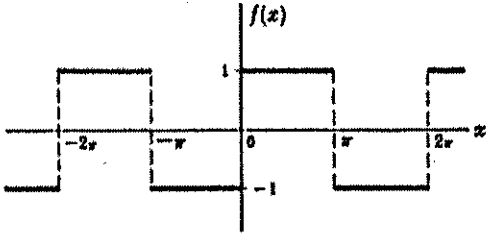
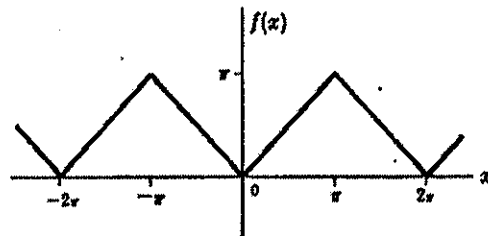
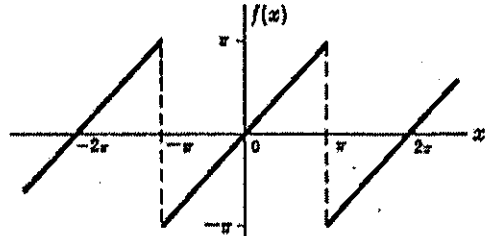
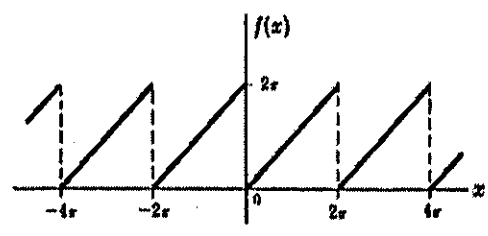
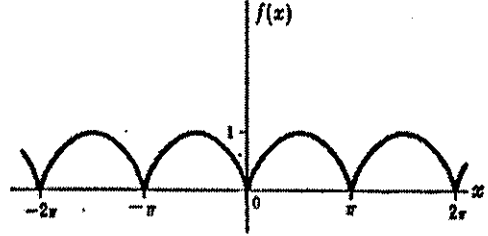
#### SONUÇ ve YORUM:



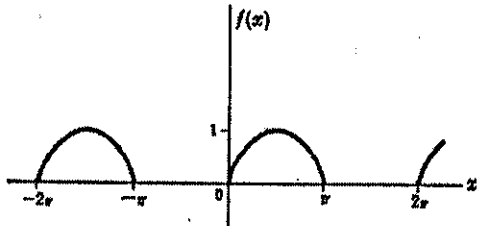
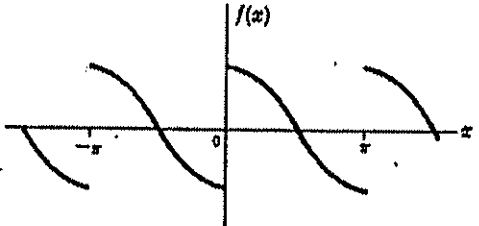
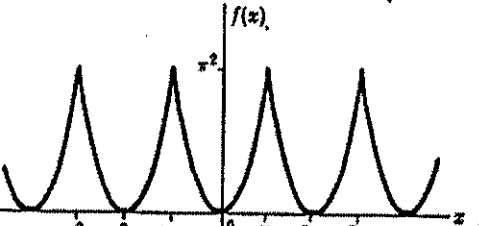
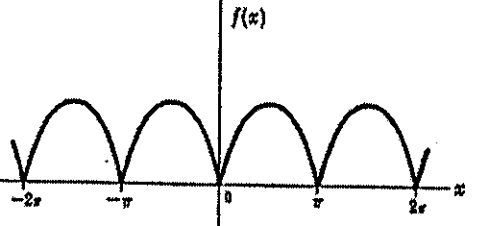
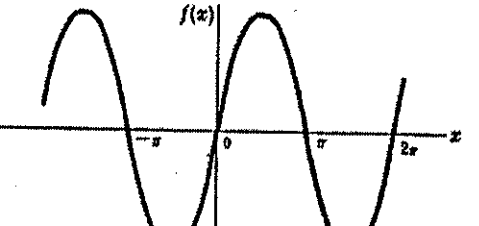


Şekil 1. Harmonik Sentezleyici Bağlantı Şeması

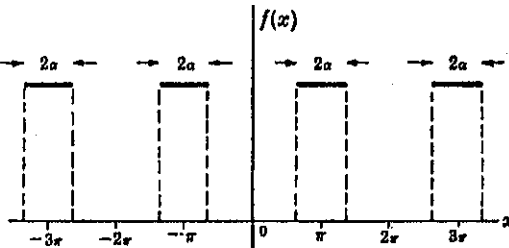
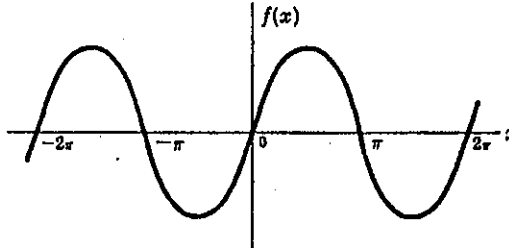
Tablo1. Fourier Analizi Uygulama Örnekleri

<b>B-1</b> $f(x) = \begin{cases} 1 & 0 < x < \pi \\ -1 & -\pi < x < 0 \end{cases}$	
$\frac{4}{\pi} \left( \frac{\sin x}{1} + \frac{\sin 3x}{3} + \frac{\sin 5x}{5} + \dots \right)$	<p style="text-align: center;">Fig. B-1</p>
<b>B-2</b> $f(x) =  x  = \begin{cases} x & 0 < x < \pi \\ -x & -\pi < x < 0 \end{cases}$	
$\frac{\pi}{2} - \frac{4}{\pi} \left( \frac{\cos x}{1^2} + \frac{\cos 3x}{3^2} + \frac{\cos 5x}{5^2} + \dots \right)$	<p style="text-align: center;">Fig. B-2</p>
<b>B-3</b> $f(x) = x, -\pi < x < \pi$	
$2 \left( \frac{\sin x}{1} - \frac{\sin 2x}{2} + \frac{\sin 3x}{3} - \dots \right)$	<p style="text-align: center;">Fig. B-3</p>
<b>B-4</b> $f(x) = x, 0 < x < 2\pi$	
$\pi - 2 \left( \frac{\sin x}{1} + \frac{\sin 2x}{2} + \frac{\sin 3x}{3} + \dots \right)$	<p style="text-align: center;">Fig. B-4</p>
<b>B-5</b> $f(x) =  \sin x , -\pi < x < \pi$	
$\frac{2}{\pi} = \frac{4}{\pi} \left( \frac{\cos 2x}{1 \cdot 3} + \frac{\cos 4x}{3 \cdot 5} + \frac{\cos 6x}{5 \cdot 7} + \dots \right)$	<p style="text-align: center;">Fig. B-5</p>



<p><b>B-6</b> <math>f(x) = \begin{cases} \sin x &amp; 0 &lt; x &lt; \pi \\ 0 &amp; \pi &lt; x &lt; 2\pi \end{cases}</math></p>	 <p style="text-align: center;">Fig. B-6</p>
$\frac{1}{\pi} + \frac{1}{2} \sin x - \frac{2}{\pi} \left( \frac{\cos 2x}{1 \cdot 3} + \frac{\cos 4x}{3 \cdot 5} + \frac{\cos 6x}{5 \cdot 7} + \dots \right)$	
<p><b>B-7</b> <math>f(x) = \begin{cases} \cos x &amp; 0 &lt; x &lt; \pi \\ -\cos x &amp; -\pi &lt; x &lt; 0 \end{cases}</math></p>	 <p style="text-align: center;">Fig. B-7</p>
$\frac{8}{\pi} \left( \frac{\sin 2x}{1 \cdot 3} + \frac{2 \sin 4x}{3 \cdot 5} + \frac{3 \sin 6x}{5 \cdot 7} + \dots \right)$	
<p><b>B-8</b> <math>f(x) = x^2, -\pi &lt; x &lt; \pi</math></p>	 <p style="text-align: center;">Fig. B-8</p>
$\frac{\pi^2}{3} - 4 \left( \frac{\cos x}{1^2} - \frac{\cos 2x}{2^2} + \frac{\cos 3x}{3^2} - \dots \right)$	
<p><b>B-9</b> <math>f(x) = x(\pi - x), 0 &lt; x &lt; \pi</math></p>	 <p style="text-align: center;">Fig. B-9</p>
$\frac{\pi^2}{6} - \left( \frac{\cos 2x}{1^2} + \frac{\cos 4x}{2^2} + \frac{\cos 6x}{3^2} + \dots \right)$	
<p><b>B-10</b> <math>f(x) = x(\pi - x)(\pi + x), -\pi &lt; x &lt; \pi</math></p>	 <p style="text-align: center;">Fig. B-10</p>
$12 \left( \frac{\sin x}{1^3} - \frac{\sin 2x}{2^3} + \frac{\sin 3x}{3^3} - \dots \right)$	



<b>B-11</b> $f(x) = \begin{cases} 0 & 0 < x < \pi - \alpha \\ 1 & \pi - \alpha < x < \pi + \alpha \\ 0 & \pi + \alpha < x < 2\pi \end{cases}$	 <p style="text-align: center;">Fig. B-11</p>
$\frac{\alpha}{\pi} - \frac{2}{\pi} \left( \frac{\sin \alpha \cos x}{1} - \frac{\sin 2\alpha \cos 2x}{2} + \frac{\sin 3\alpha \cos 3x}{3} - \dots \right)$	
<b>B-12</b> $f(x) = \begin{cases} x(\pi - x) & 0 < x < \pi \\ -x(\pi - x) & -\pi < x < 0 \end{cases}$	 <p style="text-align: center;">Fig. B-12</p>
$\frac{8}{\pi} \left( \frac{\sin x}{1^3} + \frac{\sin 3x}{3^3} + \frac{\sin 5x}{5^3} + \dots \right)$	
<b>B-13</b> $f(x) = \sin \mu x, \quad -\pi < x < \pi, \quad \mu \neq \text{intero}$ $\frac{2 \sin \mu \pi}{\pi} \left( \frac{\sin x}{1^2 - \mu^2} - \frac{2 \sin 2x}{2^2 - \mu^2} + \frac{3 \sin 3x}{3^2 - \mu^2} - \dots \right)$	
<b>B-14</b> $f(x) = \cos \mu x, \quad -\pi < x < \pi, \quad \mu \neq \text{intero}$ $\frac{2\mu \sin \mu \pi}{\pi} \left( \frac{1}{2\mu^2} + \frac{\cos x}{1^2 - \mu^2} - \frac{\cos 2x}{2^2 - \mu^2} + \frac{\cos 3x}{3^2 - \mu^2} - \dots \right)$	
<b>B-15</b> $f(x) = \tan^{-1} [(a \sin x)/(1 - a \cos x)], \quad -\pi < x < \pi, \quad  a  < 1$ $a \sin x + \frac{a^2}{2} \sin 2x + \frac{a^3}{3} \sin 3x + \dots$	
<b>B-16</b> $f(x) = \ln(1 - 2a \cos x + a^2), \quad -\pi < x < \pi, \quad  a  < 1$ $-2 \left( a \cos x + \frac{a^2}{2} \cos 2x + \frac{a^3}{3} \cos 3x + \dots \right)$	
<b>B-17</b> $f(x) = \frac{1}{2} \tan^{-1} [(2a \sin x)/(1 - a^2)], \quad -\pi < x < \pi, \quad  a  < 1$ $a \sin x + \frac{a^3}{3} \sin 3x + \frac{a^5}{5} \sin 5x + \dots$	
<b>B-18</b> $f(x) = \frac{1}{2} \tan^{-1} [(2a \cos x)/(1 - a^2)], \quad -\pi < x < \pi, \quad  a  < 1$ $a \cos x - \frac{a^3}{3} \cos 3x + \frac{a^5}{5} \cos 5x - \dots$	

B-19	$f(x) = e^{\mu x}, \quad -\pi < x < \pi$ $\frac{2 \sinh \mu \pi}{\pi} \left( \frac{1}{2\mu} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n (\mu \cos nx - n \sin nx)}{\mu^2 + n^2} \right)$
B-20	$f(x) = \sinh \mu x, \quad -\pi < x < \pi$ $\frac{2 \sinh \mu \pi}{\pi} \left( \frac{\sin x}{1^2 + \mu^2} - \frac{2 \sin 2x}{2^2 + \mu^2} + \frac{3 \sin 3x}{3^2 + \mu^2} - \dots \right)$
B-21	$f(x) = \cosh \mu x, \quad -\pi < x < \pi$ $\frac{2\mu \sinh \mu \pi}{\pi} \left( \frac{1}{2\mu^2} - \frac{\cos x}{1^2 + \mu^2} + \frac{\cos 2x}{2^2 + \mu^2} - \frac{\cos 3x}{3^2 + \mu^2} + \dots \right)$
B-22	$f(x) = \ln  \sin \frac{1}{2}x , \quad -\pi < x < \pi$ $-\left( \ln 2 + \frac{\cos x}{1} + \frac{\cos 2x}{2} + \frac{\cos 3x}{3} + \dots \right)$
B-23	$f(x) = \ln  \cos \frac{1}{2}x , \quad -\pi < x < \pi$ $-\left( \ln 2 - \frac{\cos x}{1} + \frac{\cos 2x}{2} - \frac{\cos 3x}{3} + \dots \right)$
B-24	$f(x) = \frac{1}{6}\pi^2 - \frac{1}{2}\pi x + \frac{1}{2}x^2, \quad 0 \leq x \leq 2\pi$ $\frac{\cos x}{1^2} + \frac{\cos 2x}{2^2} + \frac{\cos 3x}{3^2} + \dots$
B-25	$f(x) = \frac{1}{12}\pi^2 x(x-\pi)(x-2\pi), \quad 0 \leq x \leq 2\pi$ $\frac{\sin x}{1^3} + \frac{\sin 2x}{2^3} + \frac{\sin 3x}{3^3} + \dots$
B-26	$f(x) = \frac{1}{60}\pi^4 - \frac{1}{12}\pi^2 x^2 + \frac{1}{12}\pi x^3 - \frac{1}{48}x^4, \quad 0 \leq x \leq 2\pi$ $\frac{\cos x}{1^4} + \frac{\cos 2x}{2^4} + \frac{\cos 3x}{3^4} + \dots$

**DENEY NO: 2****DENEYİN ADI: GENLİK MODÜLASYONU / DEMODÜLASYONU****DENEYİN AMACI:**

Genlik modülasyonlu alıcı ve vericilerin çalışma prensiplerini öğrenmek.

**TEORİK BİLGİ:**

Haberleşmede iletilen bilgi işaretleri genellikle alçak frekanslıdır. Alçak frekanslı işaretler için atmosferik girişimlerin fazla olması ve dalga boylarının büyük olması nedeni ile bilgi işaretlerinin iletiminde modülasyon işlemi yapılmaktadır. Modülasyonda; alçak frekanslı bilgi işaretleri yüksek frekanslı taşıyıcı işaretine bindirilir. Radyo dalgası olarak bilinen taşıyıcı işaret, uzayda az bir zayıflama ile yayılabilecek kadar yüksek frekanslı bir işaret olmalıdır. Alçak frekanslı bilgi işareti, modülasyon veya ses işareti olarak da isimlendirilir. Bilgi işaretinin taşıyıcı işarete yüklenmesi analog olarak iki şekilde yapılmaktadır. Bunlar; genlik ve açı modülasyonudur.

**Genlik Modülasyonunun Temelleri**

Genlik modülasyonlu işaretin elde edilmesinde lineer olmayan bir eleman veya devre kullanılır. Taşıyıcı ve işaret bu devreden geçirilir. Farklı frekanslı iki sinüsoidal işaretin lineer olmayan bir devreden geçirilmesi halinde, devre çıkışında aşağıdaki bileşenler elde edilir.

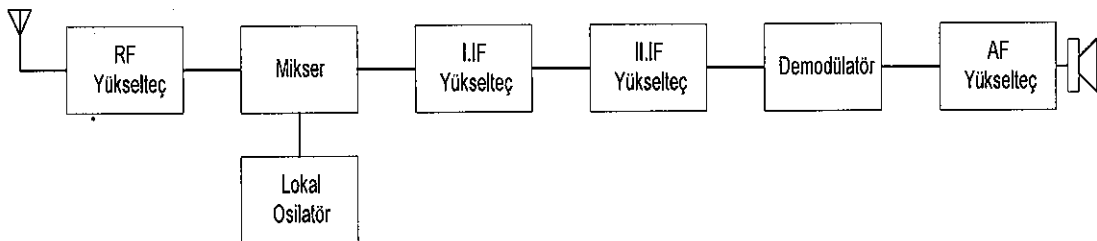
- DC bileşen
- Taşıyıcı ve işaretin kendi frekanslarına ait temel bileşenler
- Taşıyıcı ve işaretin frekanslarının toplam ve farklarına ait bileşenler
- Her iki işaretin harmonikleri

**Genlik Modülasyonlu İşaretlerin Demodülasyonu**

AM alıcıların temel karakteristiklerini açıklayabilmek için, alıcıya gelen işaretlerin durumunu göz önüne almak ve orijinal bilgi işaretinin elde edilebilmesi için ne gibi işlemlere tabi tutulması gerektiğini düşünmek gerekir.

Antene gelen işaret çok küçük genliklidir. Bundan dolayı burada yükselteç bulunur. Bu yükselteç katı düşük gürültü karakterine sahip olmalıdır. Alıcı yalnız akort edildiği istasyonun taşıyıcı frekansını ve bunun yan bantlarını alabilmelidir ki, komşu istasyonlardan herhangi bir girişim olmasın. A-M işareti yeterince kuvvetlendikten sonra bundan bilgi işaretinin elde edilmesi için bir dedektör devresine gerek vardır. Deteksiyondan sonra, bilgi işareti tekrar kuvvetlendirilir. Bu kuvvetlendirme miktarı bir hoparlörü sürebilecek güçte olmalıdır.

Yukarıda belirtilen özelliklere sahip olan basit bir radyo alıcısının blok diyagramı Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. AM Süperheterodin Alıcının Blok Diyagramı

Böyle bir devre en basit AM alıcısı olup, akortlu radyo frekans alıcısı veya kısaca TRF alıcısı olarak bilinir. Bu tip alıcılarda genellikle üç tane RF katı vardır. Her birinde değişken akortlu devreler bulunur.

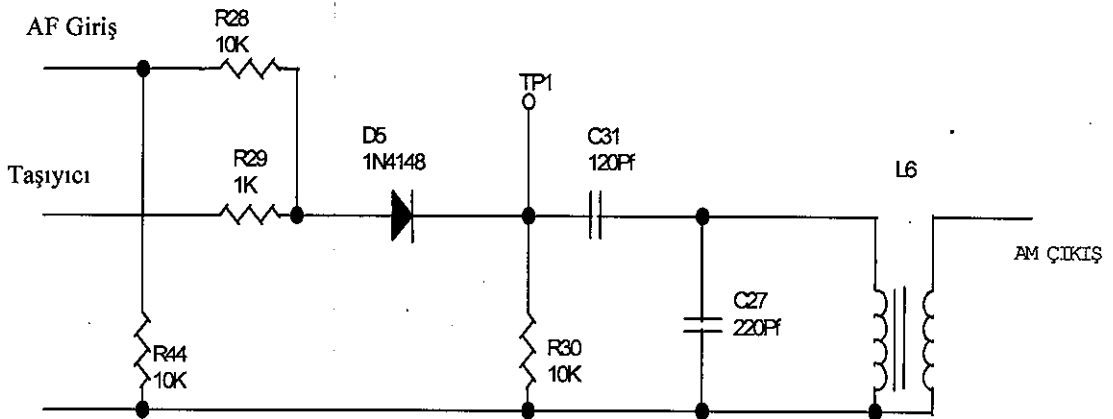
### AM Alıcıların Karakteristikleri

Duyarlılık ve seçicilik alıcıların iki temel karakteristiğidir. Bir alıcının duyarlılığı; çıkışındaki hoparlör veya dönüştürücüyü sürebilecek minimum seviyedeki alıcı girişindeki işaret gerilimidir. Basit alıcılardaki duyarlılık mV seviyesinde iken, kaliteli alıcılarda nV seviyesine kadar düşer. Duyarlılık, alıcının kazancı ve gürültü durumuna bağlıdır. Alıcının girişindeki işaret seviyesinin, gürültü seviyesinden yukarıda olması gerekir. Aralarındaki fark fazla değil ise, kazancın çok fazla olması uygun değildir.

Seçicilik ise; alıcının ayarlandığı istasyonu iyi alması ve diğer istasyonları iyi zayıflatması şeklinde tanımlanır. AM alıcılarda alt ve üst yan bantların genişliği 5'er KHz olup, toplam bant genişliği 10KHz'dir. Seçiciliği iyi olan bir alıcı 10KHz'lik bant genişliği geçirecek nitelikte olmalıdır.

### 1. Diyot Modülatörü:

Genlik modülasyonu elde etmek için gerekli olan modülatör devresi Şekil.2'de verilmiştir. Modüle edici sinyal (ses sinyali) R28'in bir ucuna uygulanırken, taşıyıcı R29'un ucuna bağlanır. R28 ve R29 bağlantısındaki sinyal taşıyıcı ve sesin toplamıdır. Bu noktada taşıyıcının genlik modülasyonlu olmadığına ancak ses sinyaline eklendiğine dikkat edin. Diyot D5, anot sinyalinin pozitif salınımları sırasında, R30 üzerinden iletme geçer ancak sinyal negatif olarak salındığı zaman D5 kapanır. R30 üzerinde sinyal pozitif değerler içerir. Pozitif darbelerin genliği, ses sinyal genliği ile uyumlu olarak değişmektedir. Bu işlemin test edilmesinin sağlanması amacı ile devrede bir test noktası (TP1) sağlanmıştır. TP1, D5 diyodunun anodu ile C28 ve L6 çıkış tank devresi arasına yerleştirilmiştir. Taşıyıcı frekansına ayarlanmış tank devresinin amacı, D5 her iletim geçtiğinde akım darbesi tanka gelir ve tankın çalışması her bir pozitif darbe için negatif bir yarım devir üretir. Her bir negatif yarım devir pozitif yarım devirle aynı genliğe sahiptir. Çıktı bir AM dalgasıdır ve sonuç olarak bu basit devre genlik modülasyonu sağlar. Diyot modülatörü doğrusal olmayan bir mikser örneğidir. Bu modülasyon işleminin sonucu toplam ve fark sinyalleridir. Yani taşıyıcı 670 KHz ve ses sinyali 2 KHz ise fark 668 KHz dir. Bunlar yan bant frekanslarıdır. Harmonik sinyallerinin yanı sıra, 670 KHz taşıyıcı ve 2 KHz ses de aynı zamanda mevcuttur.



Şekil 2. Diyot Modülatör Devresi

## 2. Modülasyon Yüzdesi:

$$\%Mod = \frac{E_{max} - E_{min}}{E_{max} + E_{min}} * 100$$

İyi bir iletim için modülasyon yüzdesinin yüksek olması tercih edilir. Verilen bir verici gücü için, yüksek modülasyon yüzdesi alıcıda daha güçlü bir ses tonu üretir. Ancak çok yüksek olan modülasyon, aşırı modülasyon (overmodulation) durumuna sebep olur. Aşırı modülasyon, modüle edici sinyalin genliği modüle edilmemiş taşıyıcının genliğine göre daha yüksek olduğu durumlarda meydana gelir.

## 3. Yan Bantlar:

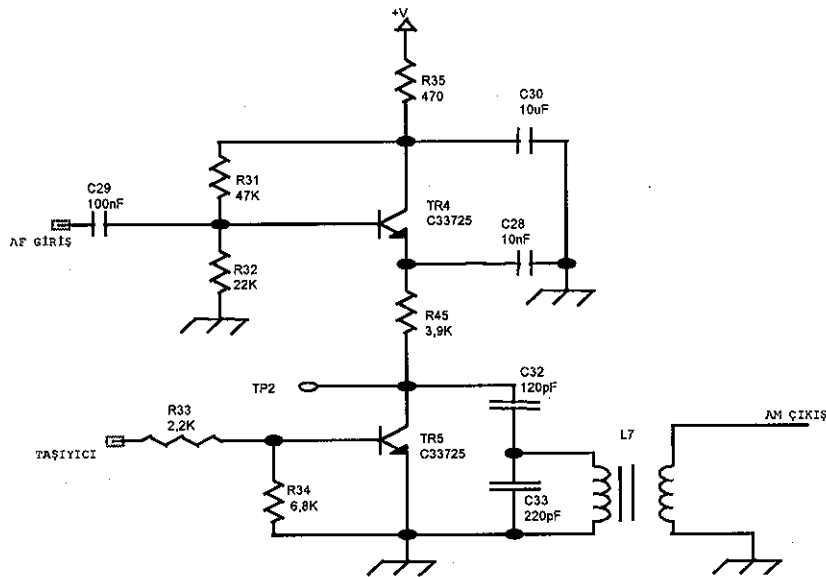
Herhangi kompleks bir dalga formu kendisini oluşturan sinüs dalgalara bölünebilir. Aynı durum genlik modülasyonlu bir dalga formu için de geçerlidir. Ayarlanabilir bir band geçiren filtre veya bir spektrum analizörü ile, spektrumu inceleyebilir ve modüle edilmiş sinyalin hangi frekanslardan oluştuğunu görebiliriz. Örnek olarak, 600 KHz'deki taşıyıcı sinyaline ek olarak, 598 ve 602 KHz'de de sinyalleri de görebiliriz. Bu iki sinyal yan bantlar (side bands) olarak adlandırılır; sırası ile üst ve alt yan bantlar olarak isimlendirilir.

## 4. Transistör Modülatörü:

Şekil.3'de B4130-P deney modülü içerisinde kullanılan transistörlü modülatör devresi gösterilmiştir. Şekil 3'deki devrenin besleme gerilimi, beyzine modüle edici sinyal uygulanan TR4 transistörü tarafından kontrol edilir. TR4 transistörü TR5 transistörünün besleme gerilimini modüle edici sinyal ile bağlantılı olarak değiştirir. Yeterli genliğe sahip taşıyıcı bir sinyal TR5'in transistörünün beyzine uygulandığı zaman, TR5 transistörü taşıyıcının pozitif tepelerini iletir. Bu sinyal TR4 transistörünün emiterine tekrar uygulandığında devrenin çıkışında genlik modülasyonlu dalga şekli oluşur.

## 5. Transistör Mikser/Dönüştürücü:

Bir A-M mikseri, A-M dalgasının frekans dönüşümünü sağlamak için, A-M modüleli bir dalga lokal osilatörün ürettiği sinyal ile karıştırıldığı doğrusal olmayan bir çarpım devresidir. Karıştırma işlemi heterodin (girişim) olarak adlandırılır. Bir mikser, A-M dalgasını



Şekil 3. Transistörlü Modülatör Devresi

daha yüksek veya daha düşük frekanslara dönüştürmek hatta bir A-M dalgasını modüle veya demodüle etmek için düzenlenir. AM dalgalarını demodüle etmek veya frekans dönüşümünü yapmak için uygulanan doğrusal olmayan karıştırma işlemlerinin prensibinde farklılık yoktur. A-M alıcı, transistörün beyz girişine A-M modüle edilmiş bir dalga uygulanmış bir yükselteç içerirken ve lokal osilatörden gelen sinyal transistörün emitörüne uygulanarak transistörün doğrusal olmayan özelliğinden faydalanılır. Karıştırıcının toplayıcı devresi 470KHz merkez frekans çevresinde ayarlanabilen seçici bir transformatör içerir. Bu transformatör yardımıyla frekans dönüşümü sağlanır.

#### **6. IF Yükselteçleri:**

Herhangi bir A-M alıcıda mikseri takip eden bölüm IF yükselteçidir. Bu otomatik kazanç kontrolü özelliğine ve bir çıkış zarf (envelope) dedektörüne sahip iki bölümlü bir yükselteçtir. DC sinyal aynı zamanda yükseltecin *otomatik kazanç kontrolü* (AGC- Automatic Gain Control) için de kullanılır. Taşıyıcı frekansı IF değerinde tepeye ulaştığı için değiştirilmez. Çıkış geriliminin giriş gerilimine oranına *kazanç* denir ve dB cinsinden ifade edilir. Kazanç, otomatik kazanç kontrol gerilimini, verilen bir değerde bloke ederek ölçülebilir. Bu durumda elde edilen *açık loop* IF kazancıdır. Bu değişken gerilim IF transistörüne verilen AGC gerilimini belirler ve sonuç olarak AGC geri beslemesi olmadan kazancın belirlenmesini sağlar.

**DENEY NO: 2A****DENEYİN ADI: DİYOT MODÜLATÖRÜ****DENEYİN AMACI:**

Diodyot modülatör ve GM'lu işaretinin oluşumunu incelemek.

**DENEYİN YAPILIŞI****Deneyde Kullanılan Araç-Gereçler**

1. B4130 Genlik Modülasyon deney seti
2. Osilaskop
3. Frekansmetre

**İşlem Basamakları**

1. Şekil.4'te görülen deney düzeneğini kurunuz.
2. Osilaskobun CH1'ini  $V_{FOUT}$  CH2'yi de A-M OUT çıkışına bağlayınız.
3. Taşıyıcı frekansın genliğini P3 ile orta noktaya ayarlayın. Modüle edici sinyalin genliğini de P1 yardımıyla 0'a ayarlayınız.
4. A-M OUT çıkışındaki dalga şeklini yorumlayınız.
5. Modüle edici sinyali genliğini 0 ile max arasında değiştirerek A-M OUT çıkışa olan etkisini belirleyiniz.
6. Modüle edici sinyalin genliğini orta noktaya ayarlayarak A-M OUT çıkışını aşağıdaki tabloya çiziniz.

Genlik


Zaman

 $V_{pp}$ =.....

f:.....

- 7..Modüle edici sinyal genliğini 3  $V_{pp}$  değere ayarlayın.  $E_{max}$ ,  $E_{min}$  değerlerini ölçerek %m'nu bulunuz. Modüle edici sinyal ile %m arasındaki ilişkiyi belirleyiniz.

8. 7. basamaktaki işlemi %m ile taşıyıcı frekansı için tekrarlayıp aşağıdaki tabloyu doldurunuz.

Genlik


Zaman

E<sub>max</sub>=.....

E<sub>min</sub>=.....

%m=.....

9. %m'nunu lisajı yöntemi (AM dalgası osilaskobun düşey girişine ve bilgi işareti ise yatay girişe bağlanıp osilaskop X-Y moduna alınır. ) kullanarak belirleyiniz.

Genlik


Zaman

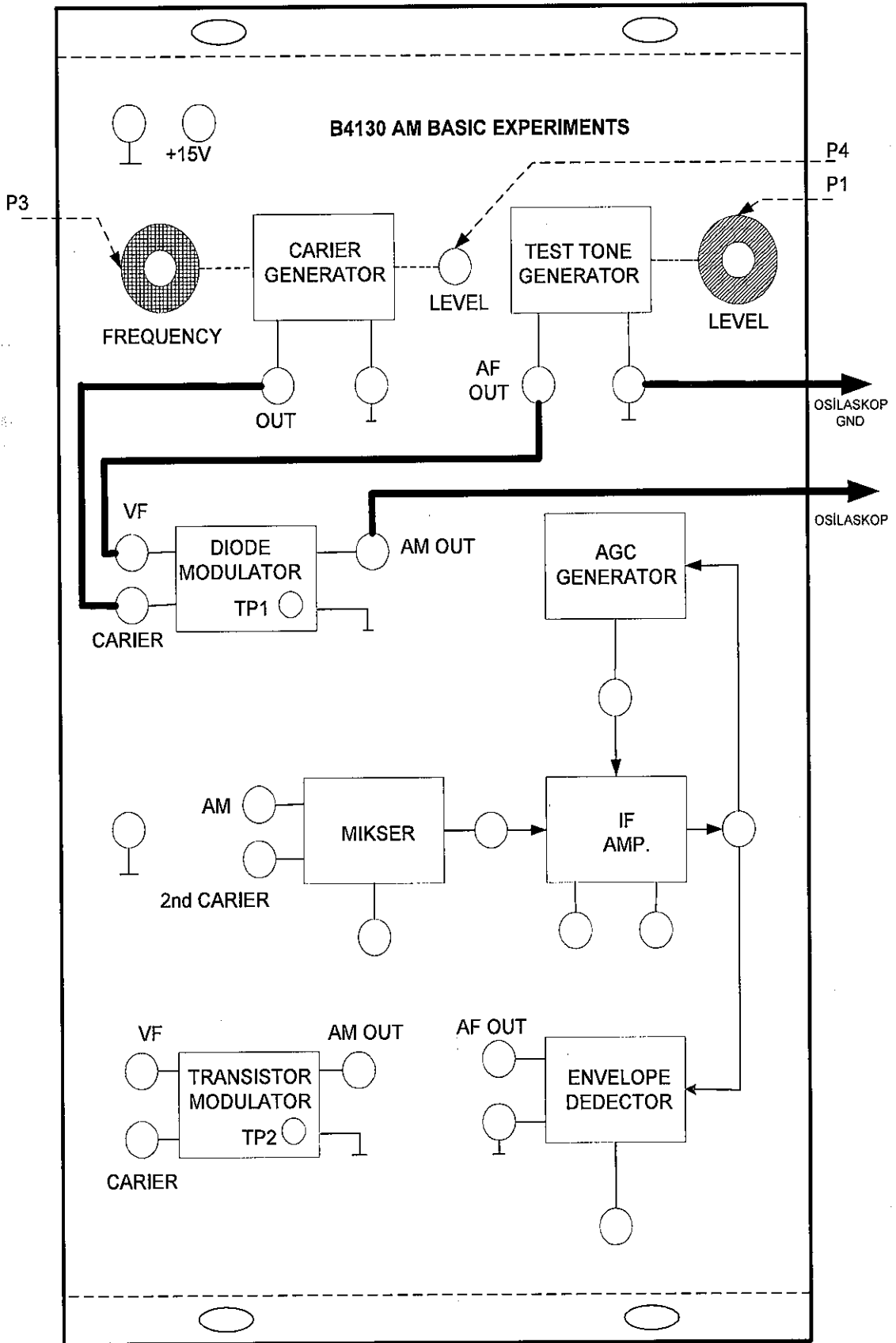
%m=.....

#### Sorular:

1. Modülasyon nedir?
2. Genlik modülasyonunun haberleşme açısından getirdiği faydalar nelerdir?

#### Sonuç ve Yorum:





Şekil 4. Diyot Modülör Deneyinin Bağlantı Şeması

**DENEY NO: 2B****DENEYİN ADI: YAN BANTLAR****DENEYİN AMACI:**

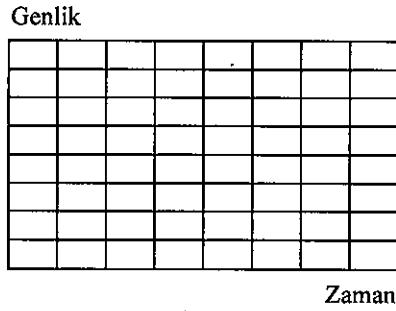
Genlik modülasyonunda yan bantların incelenmesi.

**DENEYİN YAPILIŞI****Deneyde Kullanılan Araç-Gereçler**

1. B4130 Genlik Modülasyon deney seti
2. Osilaskop
3. Spektrum analizörü

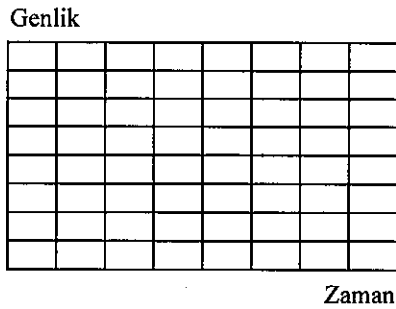
**İşlem Basamakları:**

1. Şekil 4'deki deney devresini kurunuz.
2. Modüle edici sinyal jeneratörünün seviyesini P1 ile yarıya ayarlayınız. Frekansını ve genliğini ölçünüz.

V<sub>pp</sub>=.....

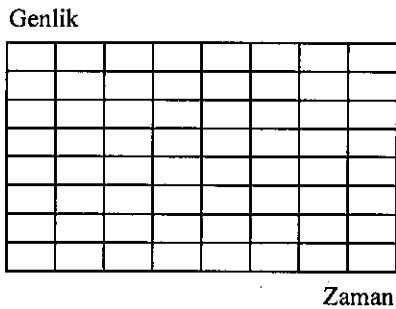
f=.....

2. Taşıyıcı jeneratörün frekansını ölçünüz ve kaydediniz.

V<sub>pp</sub>=.....

f=.....

3. Spektrum analizörü ile modüle edilmiş dalganın spektrumunu görüntüleyiniz. Gösterilen üç frekans bileşeninin frekans ve genliğini kaydediniz.

V<sub>pp</sub>=.....

f=.....

5. Modüle edici sinyalin genliğini 0'dan maximum değere getiriniz ve dalga analizöründe buna bağlı olarak meydana gelen değişmeyi gözlemleyiniz. Yan frekans genliğinin modüle edici frekans genliğine bağlı olarak değiştiğine dikkat ediniz.

**Sorular:**

1. Yan bantların genliği nelere bağlı olarak değişir?
2. Yan bant ile modülasyon indeksi arasındaki ilişki nasıldır?

**Sonuç ve Yorum:**

**DENEY NO: 2C****DENEYİN ADI: TRANSİSTÖR MODÜLATÖRÜ****DENEYİN AMACI:**

Transistör modülatörü ile AM'lu işaretinin oluşumunu incelemek

**DENEYİN YAPILIŞI****Deneyde Kullanılan Araç-Gereçler**

1. B4130 Genlik Modülasyon deney seti
2. Osilaskop

**İşlem Basamakları:**

1. Şekil.5'deki devreyi kurunuz.
2. Taşıyıcı genliğini 4 Vpp'e ayarlayınız.
3. %m=60 olacak şekilde modüle edici sinyalin genliğini ayarlayınız. Osilaskopta gördüğünüz AM OUT dalga şeklini aşağıdaki tabloya orantılı olarak çiziniz.

Genlik


Zaman

Vpp=.....

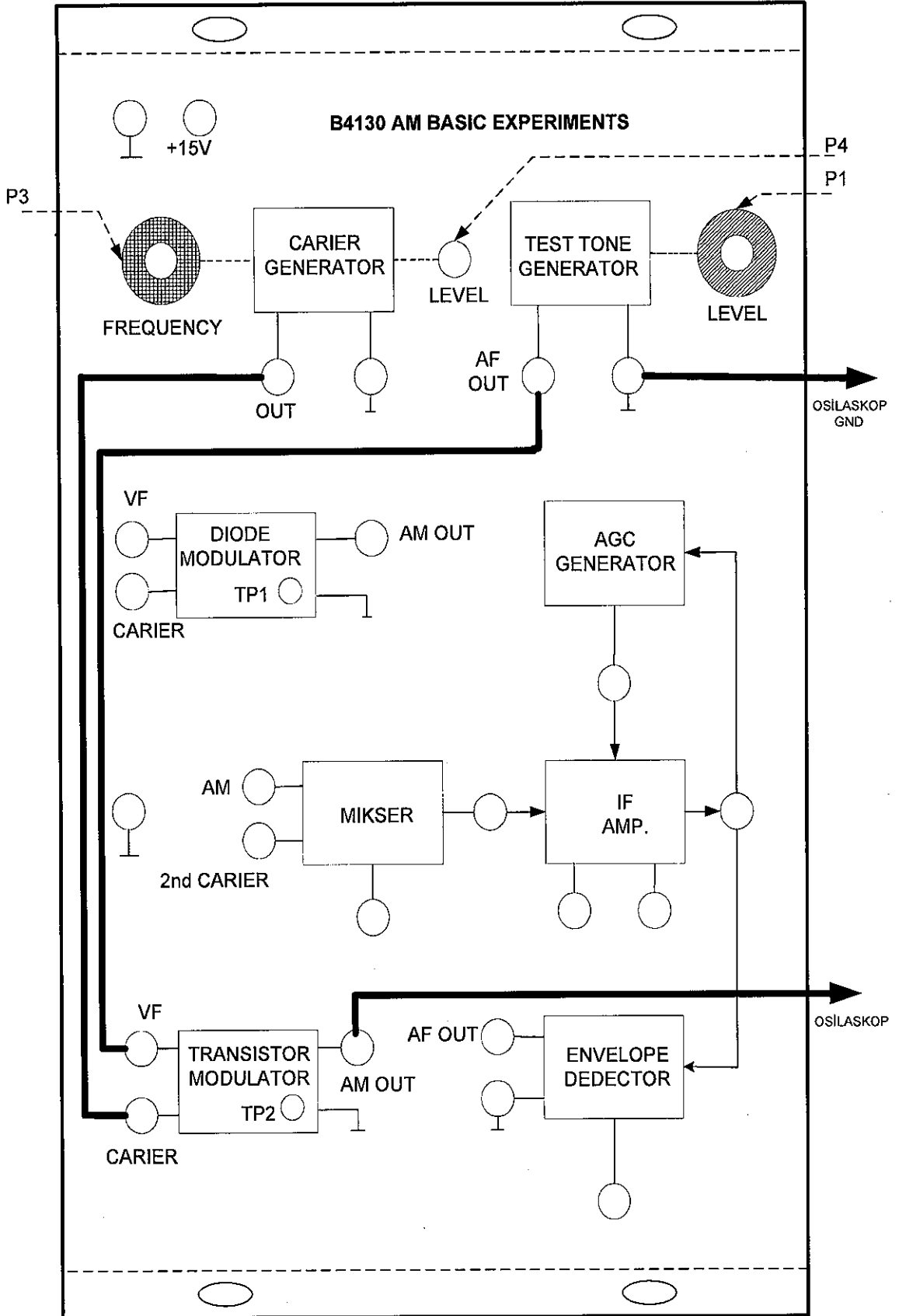
f:.....

4. A ve B değerlerini bulunuz ve modülasyon yüzdesinin (%m) %60 olduğunu ispatlayınız.

**Soru:**

1. Diyot modülatörü ile transistör modülatörü arasındaki farklar nelerdir?

**Sonuç ve Yorum:**



Şekil 5, Transistör Modülör Deneyinin Bağlantı Şeması

**DENEY NO: 2D**

**DENEYİN ADI: MİKSER**

**DENEYİN AMACI:**

Ara frekansın (IF) elde edilişi ve IF ayarlarının öğrenilmesi.

**DENEYİN YAPILIŞI**

**Deneyde Kullanılan Araç-Gereçler**

1. B4130 Genlik Modülasyon deney seti
2. Osilaskop
3. Sinyal jeneratörü

**İşlem Basamakları:**

1. Şekil.6'daki deney devresini kurunuz.
2. Osilaskobun CH1 kanalını mixer çıkışına, CH2 kanalında VF OUT çıkışını bağlayınız.
3. Frekans jeneratörünü 200 KHz ile 300 KHz aralığında ayarlayarak mixer çıkışında genliğin en büyük olduğu düzgün bir sinyal elde ediniz. Ölçüm sonucunu aşağıdaki tabloya kaydediniz.

Genlik


Zaman

f:.....

Vpp:.....

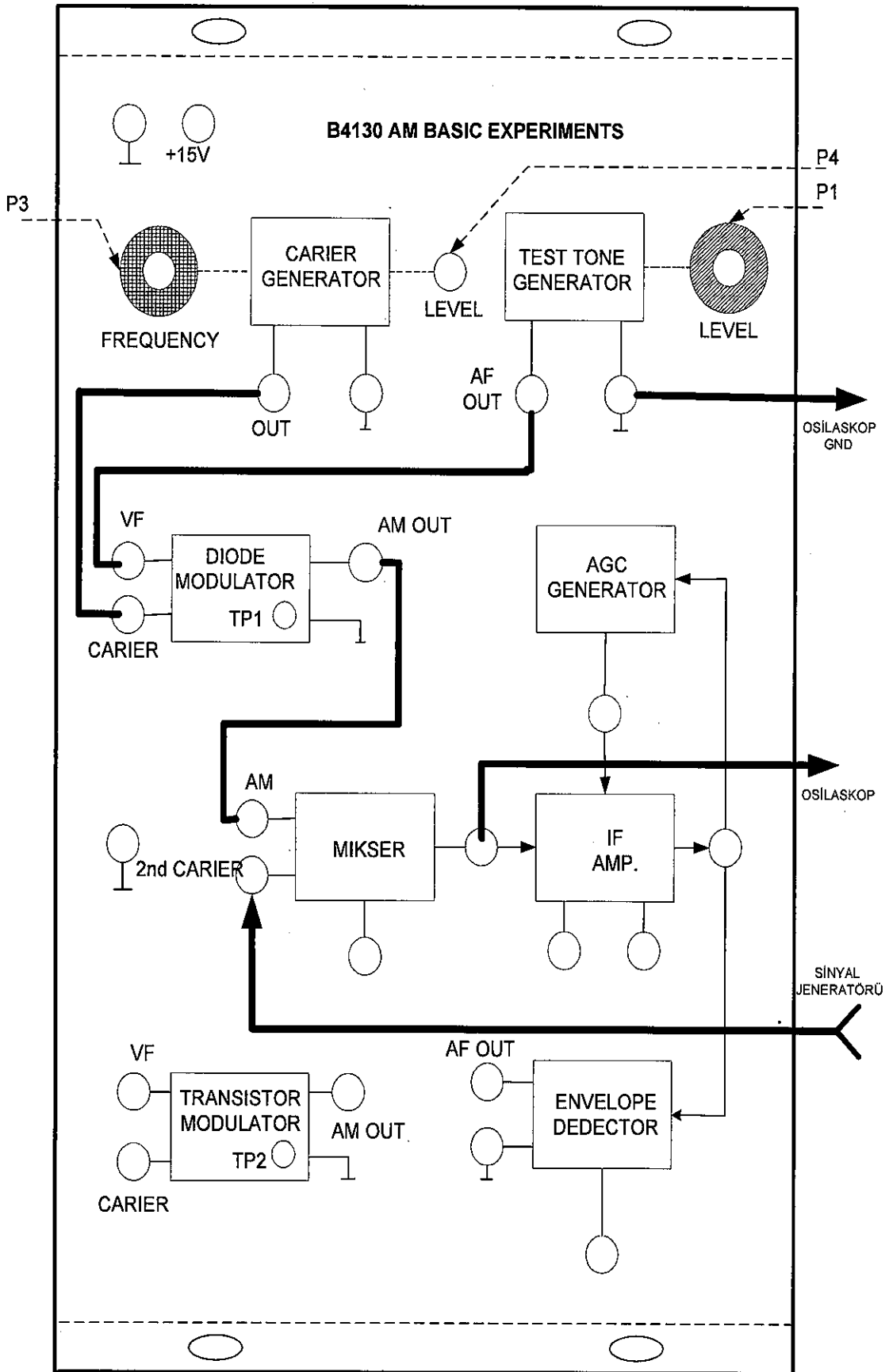
4. Taşıyıcı frekans ile frekans jeneratörünün frekanslarını ölçünüz. Mixer çıkışındaki sinyalin frekansının ne olması gerektiğini belirleyiniz.

5. 3. ve 4. İşlem Basamaklarının sonuçları arasındaki ilişkiyi kısaca yorumlayınız.

**Sorular:**

1. Mikser devresinin görevi nedir?
2. İkinci taşıyıcı olarak kullanılan sinyal jeneratörü ayarlandığında tek bir mikser devresinin çıkışı maksimum oluyor. Neden?

**Sonuç ve Yorum:**



Şekil 6. Mikser Deneyinin Bağlantı Şeması



**DENEY NO: 2E**

**DENEYİN ADI: ZARF DEDEKTÖRÜ**

**DENEYİN AMACI:**

Genlik modülasyonlu işaretlerin demodülasyonunun incelenmesi.

**DENEYİN YAPILIŞI**

**Deneyde Kullanılan Araç-Gereçler**

1. B4130 Genlik Modülasyon deney seti
2. Osilaskop
3. Sinyal jeneratörü

**İşlem Basamakları:**

1. Şekil.7'deki deney devresini kurunuz.
2. Osilaskobun CH1 kanalına AM OUT çıkışını CH2' kanalına da VF OUT'u bağlayınız. Çıkış sinyalini %70 modüleli olacak şekilde ayarlayınız.
3. Osilaskobun CH1 kanalına AF OUT'u bağlayıp VF OUT çıkışına benzeyen bir dalga şeklini görünceye kadar frekans jeneratörünü (200 KHz – 300 KHz) ayarlayınız. Gördüğünüz dalga şeklini aşağıdaki tabloya kaydediniz.

Genlik


Zaman

V<sub>pp</sub>=.....

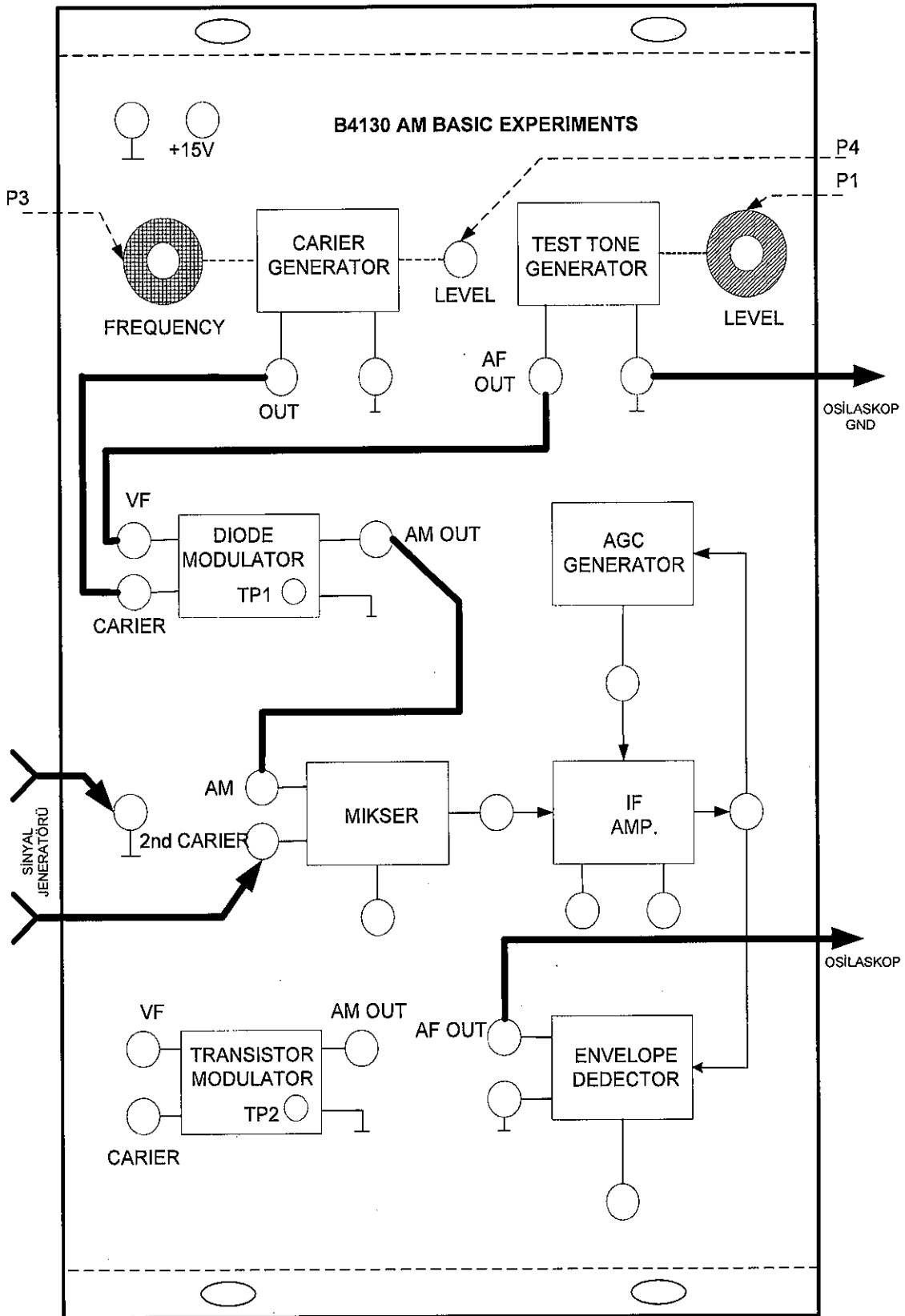
f:.....

4. VF OUT'un genliğini değiştirerek AF OUT'daki değişimi gözleyiniz. Aralarındaki ilişkiyi belirleyiniz.

**Sorular:**

1. IF ayarı nasıl yapılır?
2. Zarf dedektörünün çalışmasını kısaca açıklayınız?

**Sonuç ve Yorum :**



Şekil 7. Zarf Dedektörü Deneyinin Bağlantı Şeması

**DENEY NO: 3****DENEYİN ADI: DSB - SSB TEMEL DENEYLERİ****DENEYİN AMACI:**

Tek ve çift yan bant modülasyonunun incelenmesi.

**TEORİK BİLGİ:****Tek Yan Bant Çeşitleri**

Birkaç çeşit tek yan bant sistemi vardır. Bu sistemler ve özellikleri aşağıdaki gibidir;

- Vericide taşıyıcı ve tek yan bant elenip, alt ve üst yan bantlardan biri iletilir. Bu standart tek yan bant veya kısa olarak SSB şeklinde bilinir. Amatör radyolarda çok kullanılır. Bu sistemde minimum güç ile maksimum işaret iletilir.
- Diğer bir sistem ise bir yan bantın tamamen yok edilmesi ve taşıyıcının biraz zayıflatılması şeklindedir. Bastırılmış taşıyıcı alıcı tarafa otomatik kazanç kontrolü (AGC) ve otomatik frekans kontrolü (AFC) için referans olarak kullanılır. Bu tip bilgi iletimi taşıyıcısı bastırılmış tek yan bant veya kısacası SSC şeklinde ifade edilir. Bastırılmış taşıyıcı, pilot taşıyıcı olarak da ifade edilir.
- Özellikle askeri haberleşmede tercih edilen diğer bir sistem ise, yalnız taşıyıcı belli bir oranda bastırılır ve iki yan bant iletilir. Buna bağımsız yan bant iletimi (ISB) adı verilir.
- Diğer bir yan bant sistemi ise televizyonda resim işaretlerinin iletiminde kullanılan sistemdir. Burada, yan bantlardan birinin belli bir miktarı elenir. Taşıyıcı ve diğer yan bant tamamen iletilir. Bu yan bant artık yan bant (VSB) adı verilir.

**Tek Yan Bant Haberleşmesinin Faydaları**

- SSB'nin en önemli faydası; kullandığı frekans bandının dar olmasıdır. Halbuki standart bir AM haberleşmesinde iki yan bant genişliğindeki bir frekans bandı kullanılmaktadır. Dolayısı ile tek yan bant sistemleri çok sayıda istasyonun bulunduğu bölgelerde tercih edilir.
- Tek yan bant haberleşmesinin ikinci faydası; seçicilik fazla problem olmaz. Çünkü, standart A-M'de olduğu gibi yan bantlar ile taşıyıcı arasındaki faz ilişkisi burada söz konusu değildir.
- SSB sisteminin bir diğer avantajı ise yayılan gücün büyük bir kısmının bilgi işaretine ait olmasıdır. Dolayısıyla daha az güçlerde çalışmak mümkündür. Güce bağlı olarak boyut ve ağırlıkların küçülmesi özellikle mobil haberleşme sistemlerinde çok büyük faydalar sağlamaktadır.
- SSB sistemlerinde bant genişliği azaldığı için gürültüde aynı oranda azalır. Seçicilik artması ve gücün azalması ile SSB sistemleri standart A-M sistemlerine göre 10-12dB'lik bir avantaj sağlar. Yani, aynı verimliliği elde etmek için A-M sisteminde 10-12dB daha fazla güç bir güç gerekmektedir. Güç olarak 10W'lık bir SSB işareti ile 100W'lık bir A-M işareti aynı olmaktadır.

**Deney Setini Oluşturan Elemanlar:****1) Ses Frekans Yardımcı Jeneratörü:**

Ses frekans jeneratörü, modülasyonda kullanılmak için gerekli olan alçak frekanslı sinyallerin (bilgi sinyali veya ses sinyali) üretilmesinde kullanılmaktadır. Alçak frekanslı işaretin tepeden tepeye gerilimi P7 level potansiyometresi ile ayarlanır.

**2) Taşıyıcı Jeneratörü:**

Taşıyıcı jeneratörü taşıyıcı olarak kullanılan radyo frekanslı (RF) sinyallerin üretilmesinde kullanılmaktadır. RF sinyallerinin frekansı P1 potansiyometresi ile ayarlanabilmektedir.

**3) Dengelenmiş Modülatör:**

Dengelenmiş modülatör; bilgi sinyali ile taşıyıcıyı sinyali karıştırıp taşıyıcısı bastırılmış genlik modülasyonlu işaretin (çift yan bant modülasyonu) üretilmesini sağlar.

**4) SSB Filtresi:**

Dengeli modülatör (DSB) ile taşıyıcısı bastırılmış sinyal üretmek ve bunun iki yan banttan birini bastırarak kalan bir tanesinin iletimi sağlamaktır. Bu yolla elde edilen sinyale Tek Yan Bant (Single Side Band:SSB) sinyali denir.

**5) Demodüle Edici Taşıyıcı Osilatör:**

Frekansı P5 potansiyometresi ile ayarlanan RF sinyal üreticidir. Bu osilatör, demodülasyon taşıyıcısının modülasyon için kullanılan taşıyıcı üzerinde olmasını sağlayan bir senkronizasyon girişine sahiptir. Bu SSB/DSB demodülasyonunun belirli özelliklerini göstermek içindir.

**6) SSB / DSB Demodülasyonu:**

SSB ve DSB işaretlerin demodülasyonu için doğrusal olmayan mikser devresi kullanılır. Mikser devresine gelen modülasyonlu işaretle lokal osilatör frekansları karıştırılarak asıl işaretlerle beraber bu işaretlerin harmonikleri ve fark sinyalleri meydana gelir. Mikser çıkışına kullanılan alçak geçiren filtre yardımıyla bilgi işareti ayrılır.

**DENEY NO: 3A****DENEYİN ADI: DSB MODÜLASYONU****DENEYİN AMACI:**

Çift yan bant modülasyonlu işaretin üretilmesi.

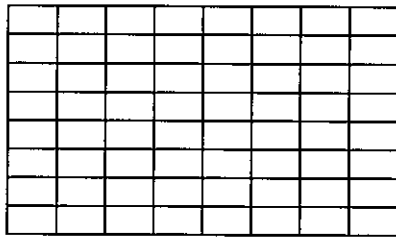
**DENEYİN YAPILIŞI****Deneyde Kullanılan Araç-Gereçler**

1. B4150 DSB/SSB deney seti
2. Osilaskop
3. Sinyal jeneratörü

**İşlem Basamakları:**

1. Test ton jeneratörünün çıkış sinyalini görüntüleyiniz.

Genlik



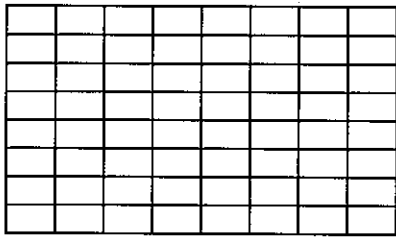
Zaman

V<sub>pp</sub>=.....

f:.....

2. Taşıyıcı jeneratörünün çıkış sinyalini görüntüleyiniz.

Genlik



Zaman

V<sub>pp</sub>=.....

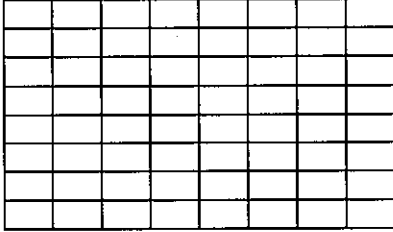
f:.....

3. Şekil 8'deki devreyi kurunuz.

4. Osilaskopta sabit bir sinyal almak için osilaskobun trigger girişine test ton jeneratörünün çıkışını bağlayınız.

5. Dengelenmiş modülatör çıkışı çiziniz.

Genlik



Zaman

$V_{pp}$ =.....

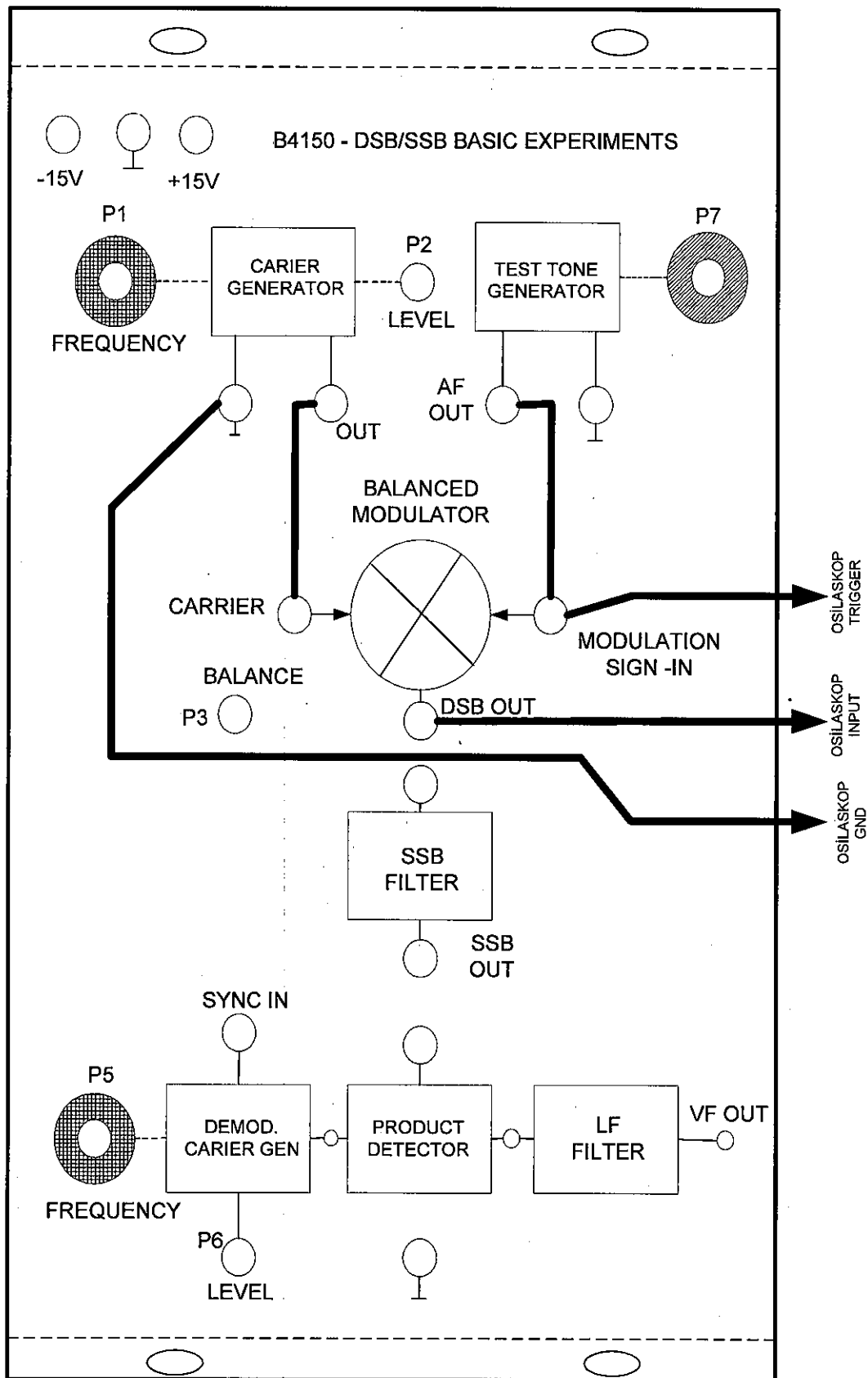
$f$ :.....

6. Test ton jeneratörün genliğini azaltıp çoğaltarak çıkışta ne gibi değişiklikler olduğunu gözleyiniz.

**Sorular:**

1. DSB'yi kısaca tanımlayıp, modülasyon indeksinin neden %100 olduğunu açıklayınız?
2. B4150 deney setindeki balans ayarı neyi değiştirmektedir. Balans ayarının bozukluğu alıcıya nasıl etki etmektedir?

**Sonuç ve Yorum:**



Şekil 8. DSB Modülasyon Deneyi Bağlantı Şeması



**DENEY NO: 3B****DENEYİN ADI: SSB MODÜLASYONU****DENEYİN AMACI:**

Tek yan bant modülasyonlu işaretin üretilmesi.

**DENEYİN YAPILIŞI****Deneyde Kullanılan Araç-Gereçler**

1. B4150 DSB/SSB deney seti
2. Osilaskop
3. Sinyal jeneratörü

**İşlem Basamakları:**

1. Şekil 9'daki devreyi kurunuz.
2. Deneye P1'i saat yönünün tam tersi ayarlanmış olarak başlayınız ve osilaskopta beliren sinyalin genliğini takip ederek P1 saat yönünde artırarak SSB out 'da çıkış elde edinceye kadar ayarlayıp aşağıdaki yere bulduğunuz dalga şeklini çiziniz.

Genlik


Zaman

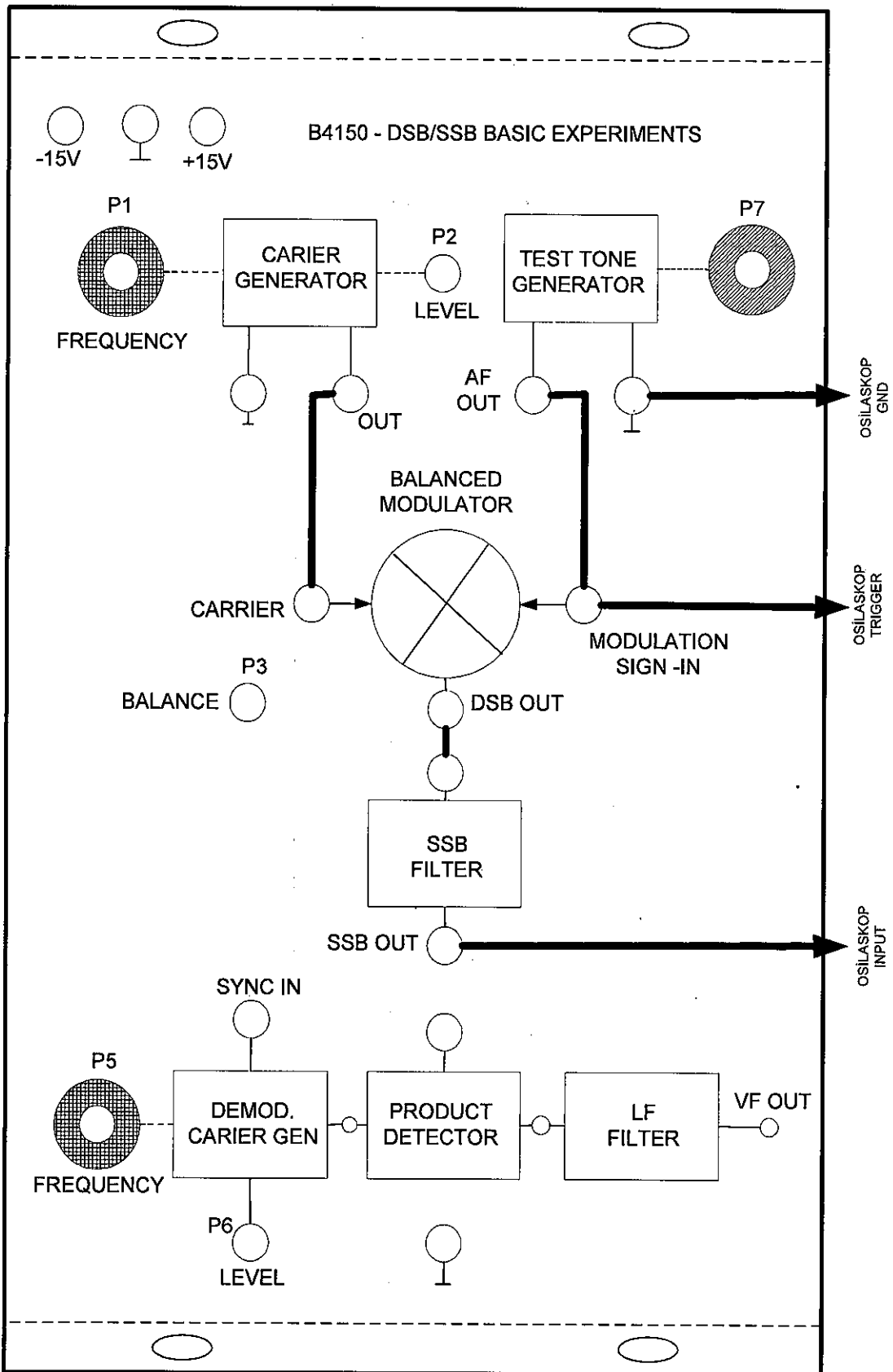
$V_{pp}$ =.....

f:.....

**Sorular:**

1. SSB ile DSB arasındaki farklar nelerdir?
2. Deneyde taşıyıcı frekans ayarlandığında tek bir noktada SSB sinyali alınmaktadır. Neden?

**Sonuç ve Yorum:**



Şekil 9. SSB Modülasyon Deneyi Bağlantı Şeması

**DENEY NO: 3C****DENEYİN ADI: DEMODÜLE EDİLMİŞ TAŞIYICI JENERATÖR****DENEYİN AMACI:**

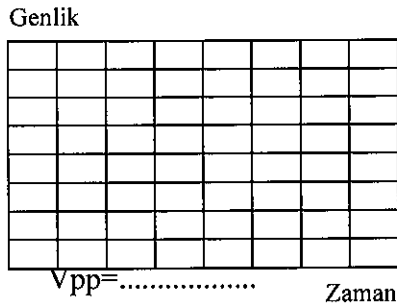
DSB/SSB işaretlerinin demodülasyonunda senkranizasyon işaretinin görevinin incelenmesi.

**DENEYİN YAPILIŞI****Deneyde Kullanılan Araç-Gereçler**

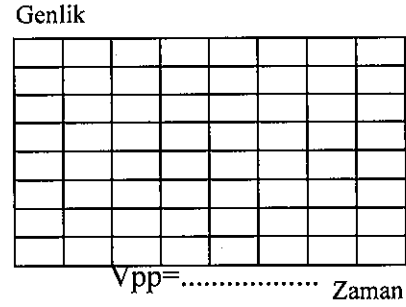
1. B4150 DSB/SSB deney seti
2. Osilaskop

**İşlem Basamakları:**

1. Şekil 10'da görülen devreyi kurunuz.
2. Jumper'ı (taşıyıcı osilatör ile demodüle edici taşıyıcı osilatör arasındaki kablo bağlantısı) takmadan önce taşıyıcı osilatör ile demodüle edici taşıyıcı osilatöre ait dalga şekillerini aynı anda gözleyiniz. Aralarında nasıl bir ilişki vardır? Açıklayınız.

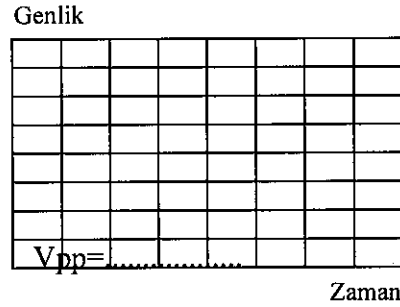
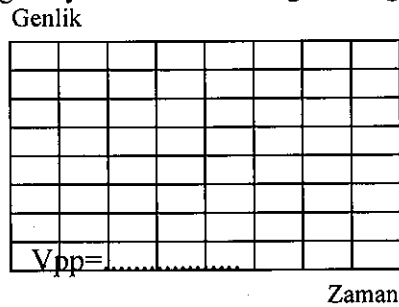


Taşıyıcı osilatör



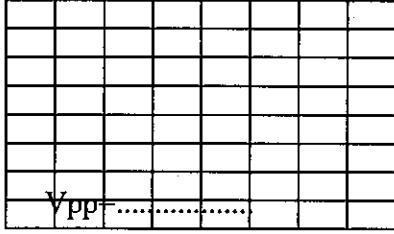
Demodüle edici taşıyıcı osilatör

3. Demodüle edici taşıyıcı osilatöre ait potansiyometreyi ayarlayarak değişiklikleri gözleyiniz. Gözlemlediğiniz değişimin nedeni nedir?



- Taşıyıcı osilatör Demodüle edici taşıyıcı osilatör
4. Jumper'ı takınız ve taşıyıcı osilatör ile demodüle edici taşıyıcı osilatöre ait dalga şekillerini gözleyiniz

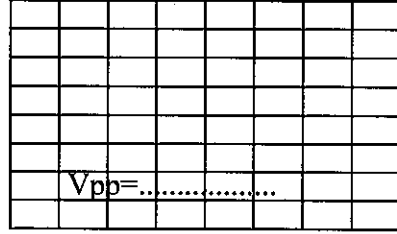
Genlik



f:.....

Zaman

Genlik



f:.....

Zaman

Taşıyıcı osilatör

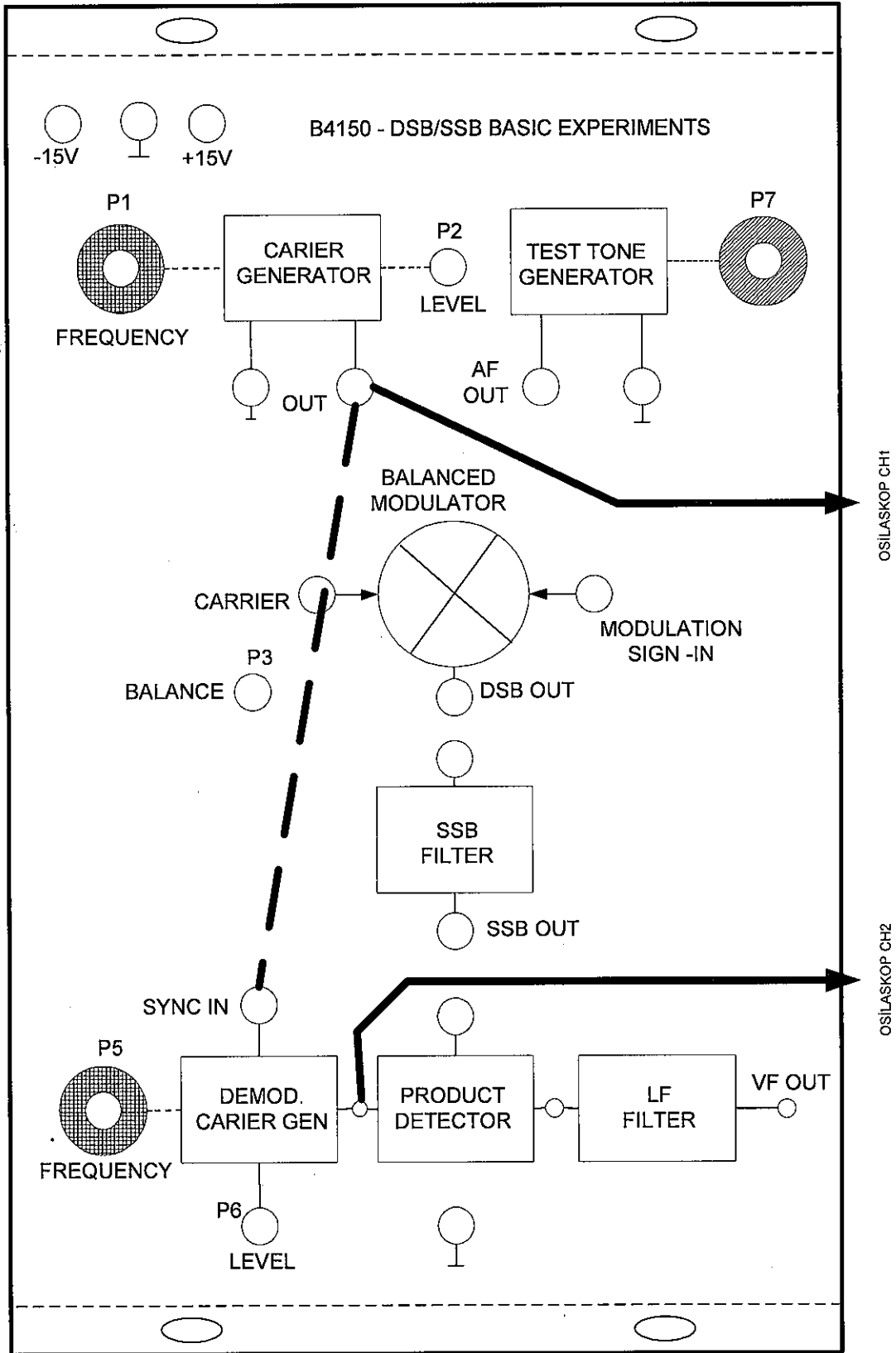
Demodüle edici taşıyıcı osilatör

5. Demodüle edici taşıyıcı osilatör ile taşıyıcı osilatörü aynı anda osilaskop ekranına getiriniz. Demodüle edici taşıyıcı osilatöre ait potansiyometreyi ayarlayarak değişiklikleri gözleyiniz. Senkronizeyi sağladıktan sonra faz farkını hesaplayınız.

**Soru:**

1. DSB/SSB'nin demodülasyonunda senkronizasyon sinyaline neden ihtiyaç duyulmaktadır?

**Sonuç ve Yorum**



Şekil 10. Demodüle Edilmiş Taşıyıcı Deneyi Bağlantı Şeması

**DENEY NO: 3D****DENEYİN ADI: SSB DEMODÜLASYONU****DENEYİN AMACI:**

Tek yan bant demodülasyonun incelenmesi.

**DENEYİN YAPILIŞI****Deneyde Kullanılan Araç-Gereçler**

1. B4150 DSB/SSB deney seti
2. Osilaskop

**İşlem Basamakları:**

1. Şekil 11'deki deney devresini kurunuz. (jumper'ı bağlayınız)
2. Test ton jeneratörün potansiyometresini maksimum seviyeye ve taşıyıcı osilatörün potansiyometresini ise yarıya getiriniz.
3. Demodüle edici taşıyıcı osilatörün frekans düğmesini dikkatlice ayarlayınız ve demodüle edilmiş bilgi işaretindeki değişiklikleri kısaca yazınız.
4. Demodüle edici osilatörün frekansını ayarlayarak VF OUT çıkışındaki dalgayı Test ton jeneratörün çıkışındaki dalgayla eşitlemeye çalışınız ve bu görüntüyü çiziniz.

Genlik


Zaman

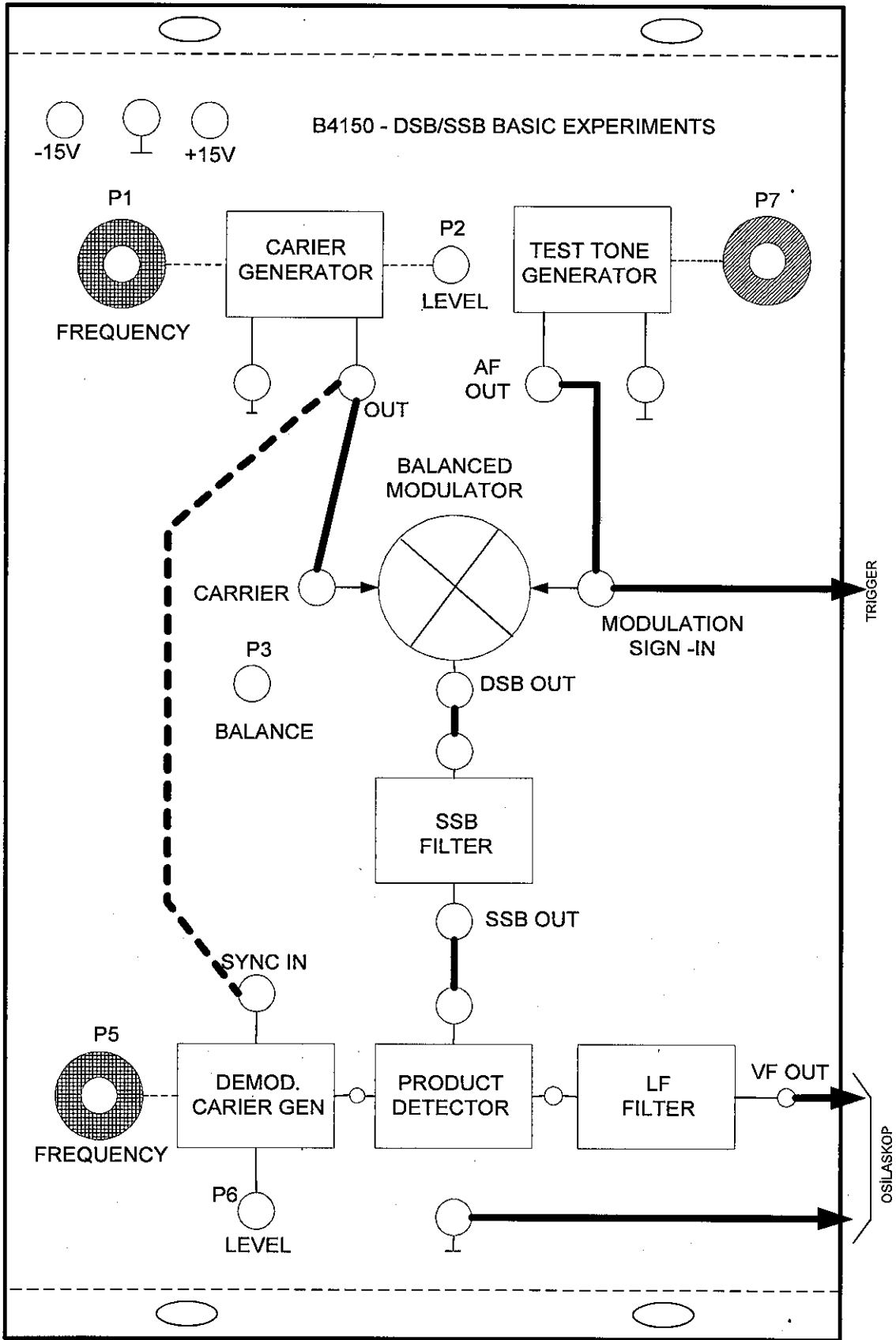
V<sub>pp</sub>=.....

f:.....

**Sorular:**

1. SSB demodülasyon kısaca açıklayınız?
2. Verici tarafındaki hangi değişkenler alıcıdaki çıkışı değiştirmektedir?

**Sonuç ve Yorum:**



Şekil 11. SSB Demodülasyonu Deneyi Bağlantı Şeması



**DENEY NO: 3E****DENEYİN ADI: DSB DEMODÜLASYONU****DENEYİN AMACI:**

Çift yan bant demodülasyonun incelenmesi.

**DENEYİN YAPILIŞI****Deneyde Kullanılan Araç-Gereçler**

1. B4150 DSB/SSB deney seti
2. Osilaskop

**İşlem Basamakları:**

1. Şekil 12'deki deney bağlantısını yapınız.
2. Test ton jeneratörün potansiyometresini maksimum seviyeye ve taşıyıcı osilatörün potansiyometresini ise yarıya getiriniz.
3. Bu durumdayken DSB modülasyon sinyalini çiziniz.

Genlik


Zaman

V<sub>pp</sub>=.....

f:.....

4. Demodüle edici osilatörün frekansını ayarlayarak VF OUT çıkışındaki dalgayı Test ton jeneratörün çıkışındaki dalgayla eşitlemeye çalışın ve bu görüntüyü çiziniz.

Genlik


Zaman

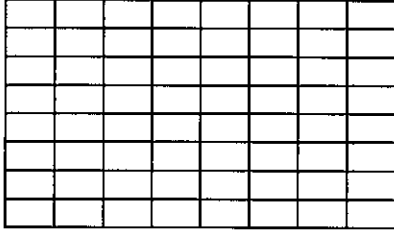
V<sub>pp</sub>=.....

f:.....

5. Bir önceki durumu hiç bozmadan demodüle edici osilatör ile taşıyıcı osilatörün frekanslarını karşılaştırınız. Demodüle edilmiş bilgi işaretindeki değişimi kısaca açıklayınız.

6. Product dedektör çıkışındaki dalga şeklini çizin.

Genlik



Zaman

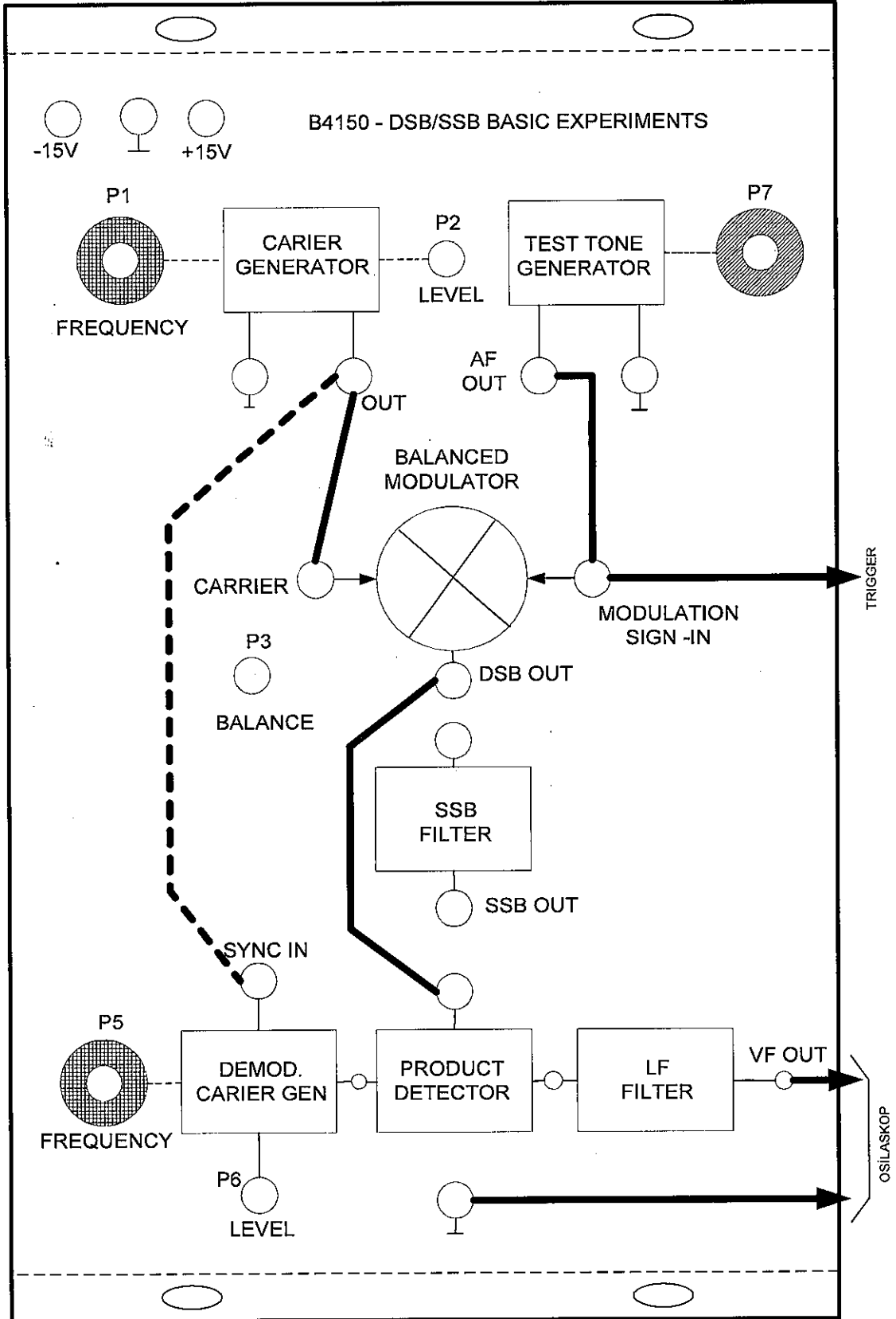
$V_{pp}$ =.....

f:.....

**Soru:**

1. DSB demodülasyonunu kısaca açıklayınız?

**Sonuç ve Yorum**



Şekil 12. DSB Demodülasyonu Deneyi Bağlantı Şeması

**DENEY NO: 4****DENEYİN ADI: ARTIK YAN BANT MODÜLASYONU****DENEYİN AMACI:**

VSB modülasyon ve demodülasyonunun incelenmesi.

**TEORİK BİLGİ:**

Artık yan bant modülasyonunu açıklamak için düşük frekans içeriğine sahip çok büyük bant genişliği olan modüle edici bir sinyal düşününüz. Örnek olarak; televizyon video, faks ve yüksek hızlı veri sinyalleridir. Bunlar için SSB'nin kullanımı tartışılır ancak pratik SSB sistemleri zayıf, düşük frekans tepkisine sahiptir. Diğer taraftan, DSB düşük mesaj frekansları için iyi çalışır ancak iletim bant genişliği SSB'nin iki katıdır. Bu durumda, orta bir modülasyon yoluna gereksinim vardır; bu ise VSB'dir. VSB, DSB'nin filtre edilmesi ile elde edilir. Bu filtre işleminde, bir yan bant neredeyse tamamen geçirilir, diğerinin ise sadece bir kalıntısı yada "izi" (artığı) dahil edilir. VSB'nin anahtarı, yan bant filtresidir. Şekil 13'de artık yan bant filtresinin transfer fonksiyonu görülmektedir.

**Deney Setinin Elemanları:**

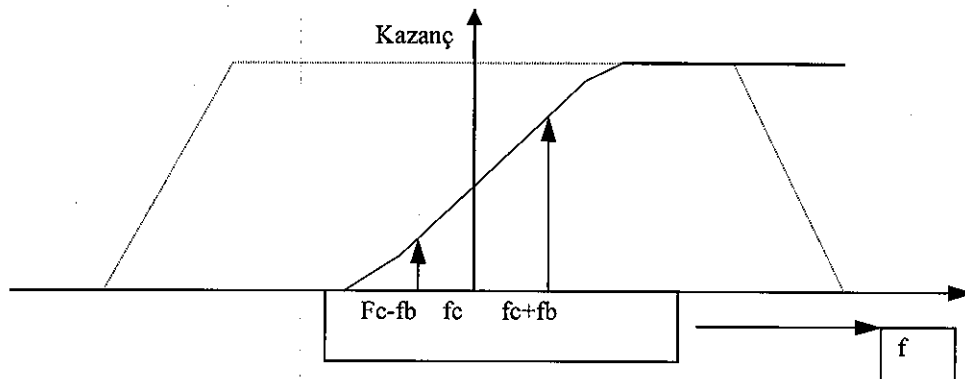
1) **Taşıyıcı Jeneratörü:** 470 KHz nominal frekansta çalışır, dahili olarak 460-480 KHz aralığında ayarlanabilir.

2) **Test Ton Jeneratörü:** Kart üzerinde deneyleri kolaylaştırmak için sağlanan yardımcı bir cihazdır ve sonuç olarak VSB (Vestigial Side Band) sisteminin bir parçası olarak kabul edilir. Test ton jeneratörü yaklaşık 8Vpp'lik düşük frekanslı sinüs bir dalga iletir.

3) **VSB Filtresi ve RF Yükselteci:** VSB toplayıcı devresindeki ayarlanabilir transformator ile tek aşamalı bir transistör olarak yapılmıştır. Sonuç olarak filtrenin band geçircisi, IF yükselteçlerinin tipik çan şekline sahiptir. Filtre, alt kritik noktası taşıyıcı frekansına karşılık gelecek şekilde, Şekil13'de gösterildiği gibi ayarlanır. RF yükselteci sinyale iletim hattından gönderilmesi için yeterli gücü sağlama görevini gerçekleştirir.

4) **IF Yükselteci:** Bu devre, merkez frekansı taşıyıcı frekansına ayarlanmış bir tek aşamalı seçici yükselteç içerir.

5) **Zarf Dedektörü ve Çıkış Yükselteci:** Zarf dedektörü, VSB dalgası demodüle etmek için kullanılır. Çıkış yükselteci demodüle edilmiş işaretin genliğini yükseltmek için kullanılır.



Şekil 13. Artık Yan Bant Filtresi

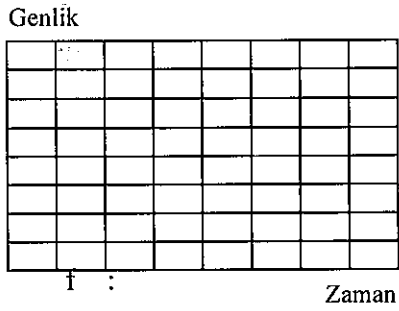
## DENEYİN YAPILIŞI

### Deneyde Kullanılan Araç-Gereçler

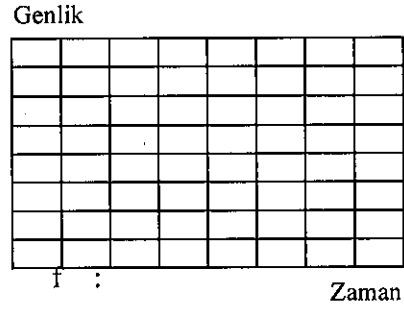
- 1) Osilaskop (20 MHz)
- 2) Frekansmetre

### İşlem Basamakları:

1. Şekil 14'deki deney bağlantısını kurunuz.
2. Test ton jeneratörünü maksimum seviyeye getiriniz. Taşıyıcı jeneratörünü ise 470 KHz 2Vpp ayarlayın.
3. Bu durumdayken RX ve zarf dedektör çıkışını çiziniz.

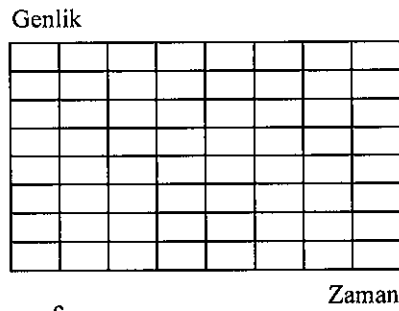


Vpp:



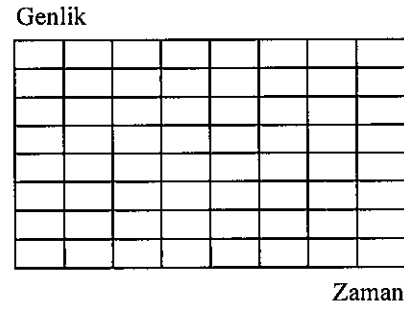
Vpp:

4. Çıkış yükseltecin çıkışıyla test ton jeneratörü ile aynı oluncaya gerekli ayarları yapınız. Gerekli dalga şekillerini çiziniz.



f :

Vpp:



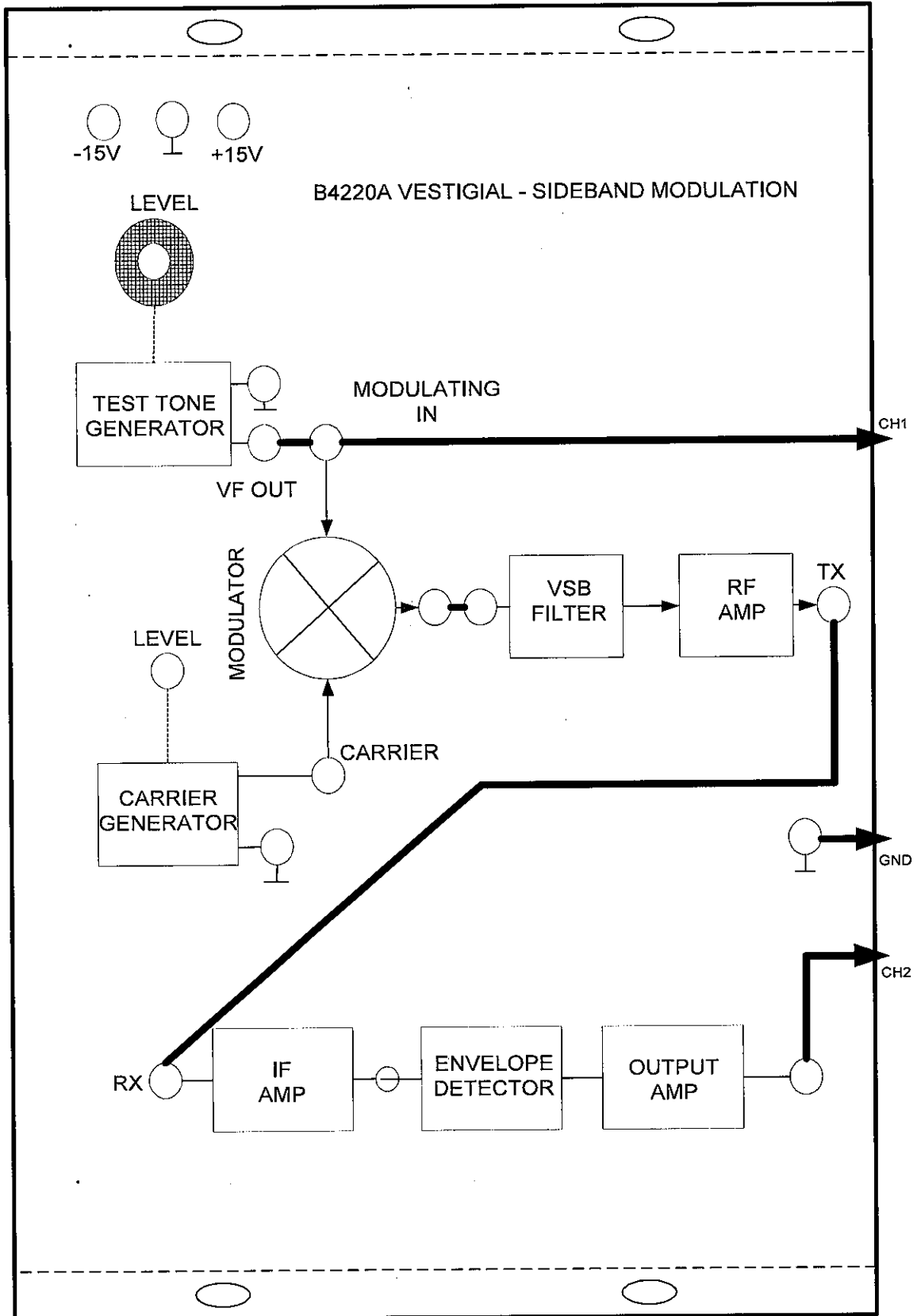
f :

Vpp:

### Sorular:

1. Artık yan bant filtresinin özelliği nedir?
2. VSB'de SSB ve DSB'den farklı olarak senkranizasyon sinyaline ihtiyaç duyulmamaktadır. Neden?

**Sonuç ve Yorum:**



Şekil 14. VSB Modülasyon / Demodülasyon Deneyi Bağlantı Şeması

**DENEY NO: 5****DENEYİN ADI: FM / PM MODÜLASYON VE DEMODÜLASYON DENEYLERİ****DENEYİN AMACI:**

Açı modülasyon çeşitlerinin incelenmesi.

**TEORİK BİLGİ:**

Frekans ve fazın değiştirilmesi ile oluşan modülasyona **açı modülasyonu** adı verilir. Açı modülasyonunun kısa olarak tanımı; bir taşıyıcı dalganın açısının bilgi işaretine bağlı olarak ve belli bir referansa göre değiştirilmesidir. Açı modülasyonu; faz ve frekans modülasyonu olmak üzere ikiye ayrılır.

PM (Faz Modülasyonu)=Bir Taşıyıcı işaretinin fazının belli bir referansa göre bilgi işaretinin genliğine bağlı olarak değişmesidir.

FM(Frekans Modülasyonu)= Bir Taşıyıcı işaretinin frekansının belli bir referansa göre bilgi işaretinin genliğine bağlı olarak değişmesidir.

PM modülasyonu haberleşme sistemlerinde işaret iletiminde doğrudan kullanılmamasına rağmen, FM işaretinin nasıl oluşturulduğunu ve FM ile A-M sistemlerindeki gürültü karakteristiklerinin karşılaştırılmasında faydalı olmaktadır.

**Modülasyon İndeksi ve Sapma Oranı**

FM ve PM tarafından ayarlanan yan bantlar, A-M tarafından ayarlanandan farklıdır. Taşıyıcının herhangi bir tarafındaki modüle edici frekansın integral katları olarak meydana gelir. A-M'de modüle edici her bir frekans için tek bir yan bant frekans içerir. Sonuçta bir FM yada PM sinyali AM den daha geniş bir kanal işgal eder. FM ve PM'de meydana gelen "ekstra" yan bantların sayısı, modüle edici frekans ve frekans sapması arasındaki ilişkiye bağlıdır. Frekans sapması ve modüle edici frekans arasındaki ilişki 'modüle edici indeks' olarak adlandırılır.

$$\text{Modülasyon indeksi} = \frac{\text{Taşıyıcı Frekans Sapması}}{\text{Modüle Edici Frekans}} ; m = \frac{f_d}{f_m}$$

PM'de modülasyon indeksi, modüle edici frekanstan bağımsız olarak sabittir. FM'de ise modüle edici frekansla birlikte değişir. Bir FM sisteminde maksimum taşıyıcı frekans sapmasının, kullanılan en yüksek modüle edici frekansa oranına sapma oranı olarak adlandırılır.

$$\text{Sapma Oranı} = \frac{f_{d\max}}{f_{m\min}}$$

**Yan Bantlar ve FM için Bant Genişliği:**

A-M ve FM arasındaki farklardan biride yan bantların sayısıdır. A-M'de sadece iki, üst ve alt yan bant vardır. FM'de teorik olarak sonsuzdur. Ancak pek çok yan bant önemsiz miktarda enerjisi olduğundan dikkate alınmaz. Modülasyon indeksi yan bantların sayısını, genliğini ve taşıyıcının genliğini belirler.



Her bir yan bandın frekansı modüle edici frekansa bağlıdır. İlk sıradaki yan bantlar  $f_c + f_m$  ve  $f_c - f_m$ ' dir. İkinci sıradaki ;  $f_c + 2f_m$  ve  $f_c - 2f_m$ 'dir ve bunlar bant genişliğini oluşturur.

Tablo 2. Modülasyon indeksi ile bant genişliği arasındaki ilişki

Modülasyon indeksi	Yan bant çifti Sayısı	Bant Genişliği için frekans
0.5	2	4 x F
1	3	6 x F
2	4	8 x F
3	6	12 x F
4	7	14 x F
5	8	16 x F
6	9	18 x F

**Örnek:** Modüle edici frekans 3 KHz, maksimum sapma 18 KHz ise bant genişliği nedir?

$$m = \frac{f_d}{f_m} = \frac{18\text{KHz}}{3\text{KHz}} = 6$$

Yukarıdaki tablodan 6 modülasyon indeksinin 9 adet yanbant çifti olduğu görülür.

$$BW = f_m * \text{yüksek sıralı yan bant} * 2$$

$$BW = 3 \text{ KHz} * 9 * 2 = 54 \text{ KHz}$$

FM sisteminin kullanıldığı alanlar 5 temel grup altında toplanabilir. Bunlar;

- 88-90MHz arasındaki ticari olmayan FM bandı
- 200KHz'lik bant genişliğinde 90-108MHz arasındaki ticari FM bandı
- 50KHz kanal bant genişlikli televizyon bantları; 54-88MHz, 174-216MHz, 470-806MHz
- Dar bantlı telsiz kanalları; 108-174MHz arası ve 806MHz'in üstü
- Dar bantlı amatör radyo kanalları; 29,6MHz, 146-147,5MHz, 440-450MHz ve 902MHz'in üstü

FM vericilerin çıkış gücü ise mV seviyesinden başlar 100kW seviyesine kadar çıkar. FM haberleşmesi 30MHz'in altındaki frekanslarda yapılmaz. Çünkü, 30MHz altındaki frekanslarda toprak ile iyonosfer arasındaki etkileşimden dolayı faz distorsiyonu meydana gelmektedir. 30MHz'in üstündeki FM işareti iyonosferden yansımada yayılırlar.

FM sisteminin, A-M ve SSB sistemlerine göre diğer bir üstünlüğü ise gürültü bakımındandır. FM işaretinde genlik sabit kaldığı için verimi yüksek olan C sınıfı yükselteçlerin kullanılması durumunda A-M ve SSB işaretlerinde meydana gelen bilgi işareti kaybı veya distorsiyonu FM işaretinde meydana gelmez. FM sisteminde ses frekansı için güç yükselteçlerine gerek yoktur. FM işaretindeki güç yükseltecinin verimi %80 ve daha fazla olan C sınıfı yükselteç tarafından sağlanmaktadır.

### Deney Setini Oluşturan Elemanlar:

#### 1. Test Frekans Yardımcı Jeneratörü (Test Ton Jeneratörü)

Bu jeneratör transistörlü yükselteç çevresine yerleştirilmiş bir düşük frekans faz değişim osilatörü içerir. Bu transistörlü toplayıcı çıkışı, üç aşamalı CR alt geçirim filtre hücreleri aracılığı ile beyz girişine bağlanır. Kazanç, gerçekte devrenin düşük kesim frekansını ayarlayan P2 trimeri ile ayarlanabilir. Transistörlü yükseltecin kazancı, kollektörden gelen ve beyze geri verilen sinyalin  $180^\circ$  kaydığı ve kazanç salınımlarının korunduğu bir nokta vardır.

## 2. Varikap Modülatörü (Varaktör VCO)

Girişine sinyal uygulandığı zaman içerisindeki varikap ile ters polarizasyon gerilimine ekler veya çıkarır. Varikap ters polarizasyon gerilimini ve varikap kapasitesini ve buna bağlı olarak osilatör frekansını değiştirir. Sinyal pozitif olarak salındığında varikapın ters polarizasyonu artar ve varikapın kapasitesi azalır. Buna bağlı olarak osilatör frekansı artar. Sinyal negatif olarak salındığında ters polarizasyon azalır ve varikap kapasitesi artar. Buna bağlı olarak osilatör frekansı düşer. Sonuçta frekans sapma hızı giriş sinyalinkine eşittir. Varikap modülatörü frekans modülasyonunu elde etmek için en çok kullanılan devrelerden biridir.

## 3. PM Modülatörü

Bu modülasyon sistemi daha fazla bant genişliği gerektirmesine karşın daha üstün gürültü özellikleri nedeni ile yaygın olarak kullanılmaktadır. Taşıyıcının frekansı bilgi sinyaline uygun olarak değiştirildiğinde, oluşan modülasyona frekans modülasyonu denir. Taşıyıcının fazı bilgi sinyaline uygun olarak değiştirildiğinde oluşan modülasyona faz modülasyonu denir. Frekans modülasyonu da faz modülasyonu da açı modülasyonu türleridir.

## 6. FM Oran Dedektörü:

FM işaretlerinin dedeksiyonunda eğim dedeksiyonu tank devresinin lineer olmaması nedeni ile kullanılmaz. Foster-Seely Diskriminatörü geniş bir frekans aralığında lineer olmasına rağmen istenmeyen sinyallere de cevap verir. Oran dedektörü ise hem geniş frekans bandında lineer, hem de istenmeyen sinyallerin bastırılmasını sağlar.

## 7. PM Dedektörü:

Deney setindeki PM dedektörü COHERENT tipidir. Coherent, orjinal sinyalin tekrar elde edilmesinin, modüle edilmiş dalgayı, demodüle edici taşıyıcı ile karıştırarak gerçekleştirildiği anlamına gelir. Demodülasyon taşıyıcı frekansı üzerindeki bir hata, modülasyonsuz spektrumun frekans çevrimine sebep olur. Demodülasyon taşıyıcısının fazındaki bir hata, bir DC bileşeni oluşturulduğunu belirtir. Bu ses sinyali üzerinde büyük bir etkiye sahip değildir, ancak sayısal sinyal iletimini etkiler.

**DENEY NO: 5A**  
**DENEYİN ADI: VARİKAP MODÜLATÖRÜ**

**DENEYİN AMACI:**

Varikap modülatörünün çalışmasının incelenmesi

**DENEYİN YAPILIŞI**

**Deneyde Kullanılan Araç-Gereçler**

- 1) B4141 FM/PM deney seti
- 2) Osilaskop
- 3) Voltmetre

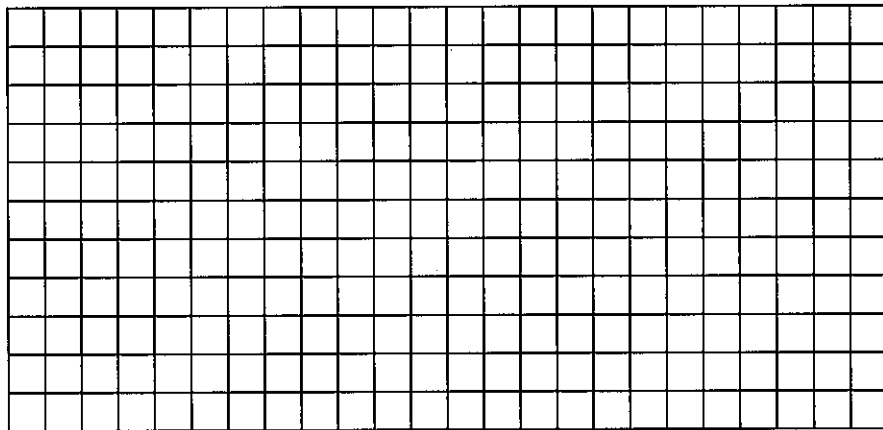
**İşlem Basamakları:**

1. Şekil 15'deki devreyi kurunuz.
2. Aşağıdaki tabloyu doldurunuz

DC BIAS (V)	12	10	8	6	4	2	0	-2	-4	-6	-8	-10	-12
FM OUT (KHz)													

3. Yukarıdaki tabloya bağlı olarak aşağıdaki grafiği çiziniz

Frekans



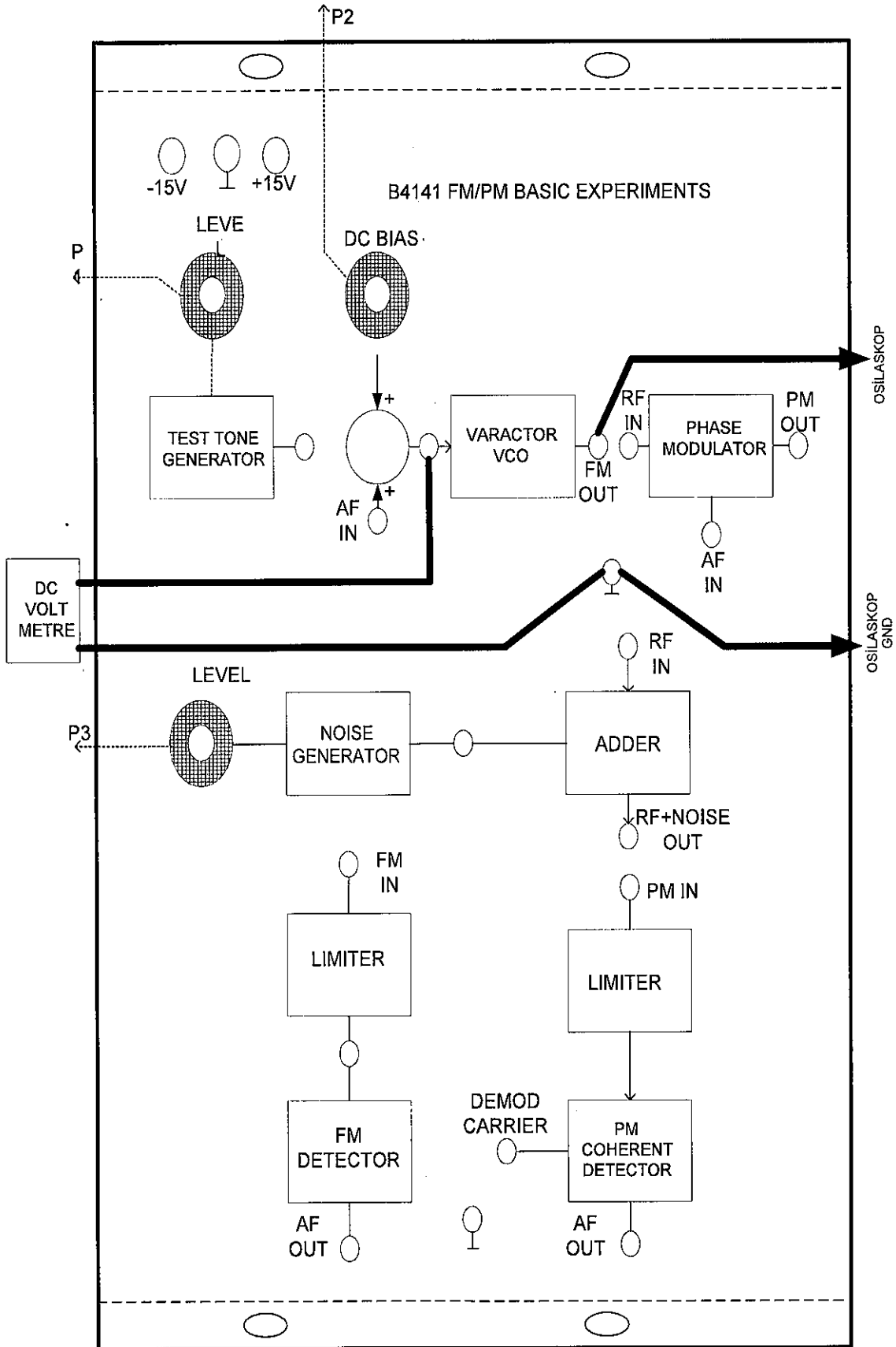
Çıkış Gerilimi

4. Varikap diyot kullanılarak FM'nu elde etmenin nasıl mümkün olduğunu kısaca açıklayınız.

**Sorular:**

1. Gerilim kontrollü osilatörün (VCO) özelliğini kısaca açıklayınız?
2. VCO ile FM sinyali nasıl üretilir?

**Sonuç ve Yorum:**



Şekil 15. Varikap Modülâtörü Deneyi Bağlantı Şeması

**DENEY NO: 5B****DENEYİN ADI: PM MODÜLATÖRÜ****DENEYİN AMACI:**

Faz modülatörünün çalışmasının incelenmesi

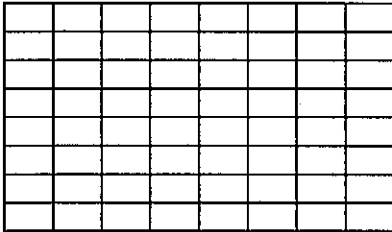
**DENEYİN YAPILIŞI****Deneyde Kullanılan Araç-Gereçler**

- 1) B4141 FM/PM deney seti
- 2) Osilaskop
- 3) Sinyal jeneratörü

**İşlem Basamakları:**

1. Şekil 16'daki deney bağlantısını kurunuz.
2. AF IN girişine sinyal jeneratöründen 1KHz 1.5 Vpp kare dalga sinyal uygulayınız.
3. DC Bias'i 12V olacak şekilde ayarlayınız.
4. Osilaskobun CH1'ini PM OUT çıkışına bağlayınız. Bilgi sinyalini değiştirerek faz modülasyonlu işaretindeki değişimleri gözlemleyiniz.

Genlik



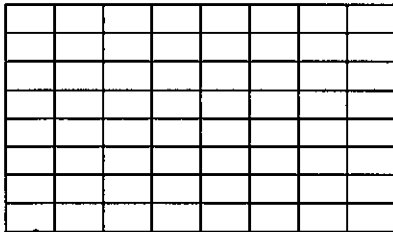
Zaman

f :

Vpp:

4. Osilaskobun CH1 kanalında taşıyıcıyı ve CH2 kanalında modüle edilmiş sinyali görüntüleyiniz.

Genlik

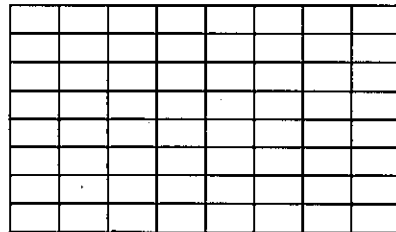


f :

Zaman

Vpp:

Genlik



f :

Zaman

Vpp:

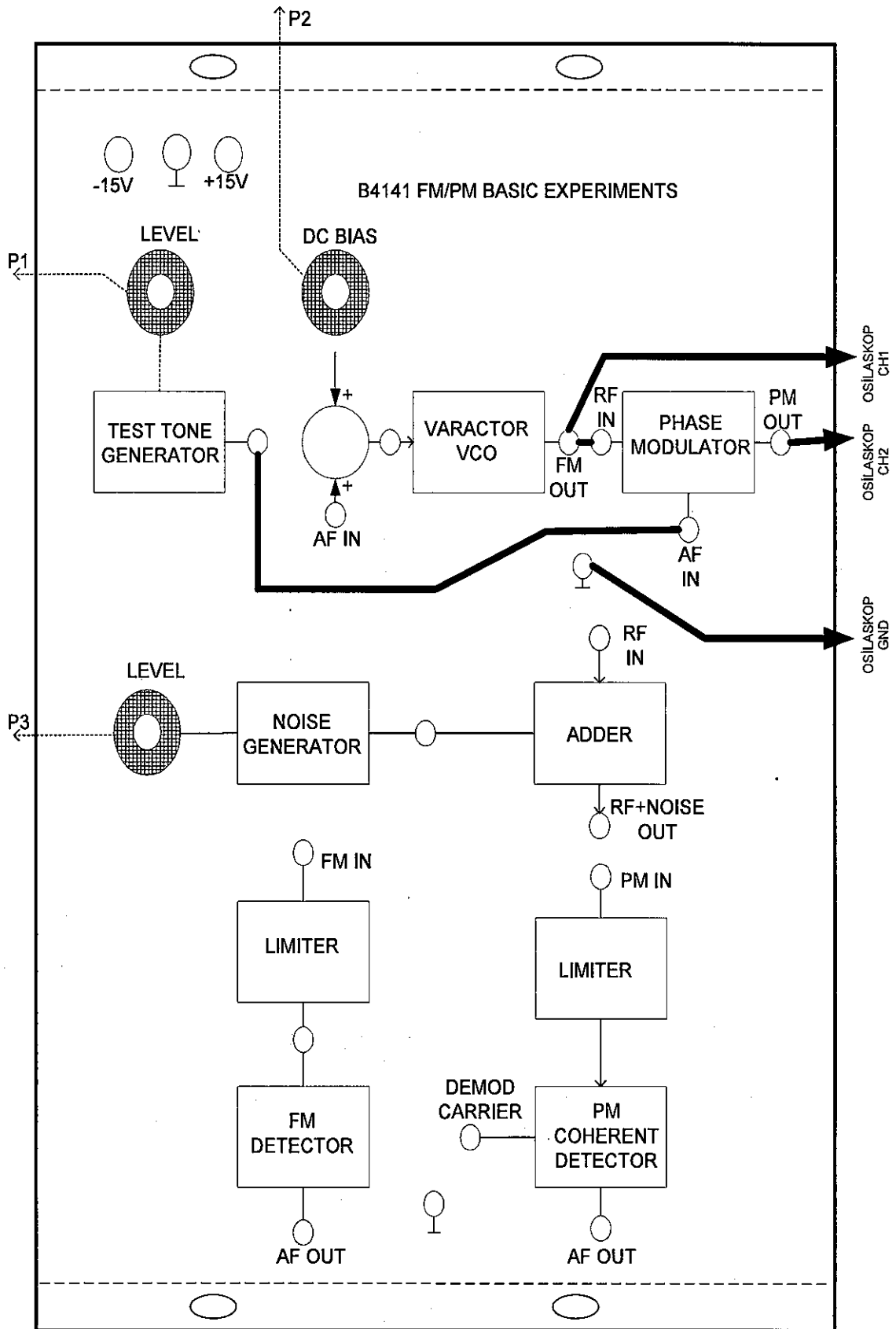
Taşıyıcı sinyal

Modüle edilmiş sinyal

**Sorular:**

1. Faz modülasyonunu kısaca tanımlayınız?
2. FM ile PM'nun özelliklerini karşılaştırınız?

**Sonuç ve Yorum:**



Şekil 16. PM Modülâtörü Deneyi Bağlantı Şeması



**DENEY NO: 5C**

**DENEYİN ADI: FM ORAN DEDEKTÖRÜ**

**DENEYİN AMACI:**

FM işaretlerin demodülasyonunun incelenmesi.

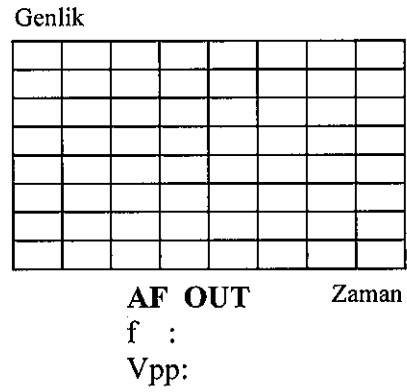
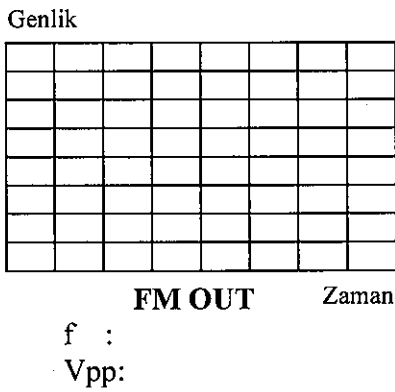
**DENEYİN YAPILIŞI**

**Deneyde Kullanılan Araç-Gereçler**

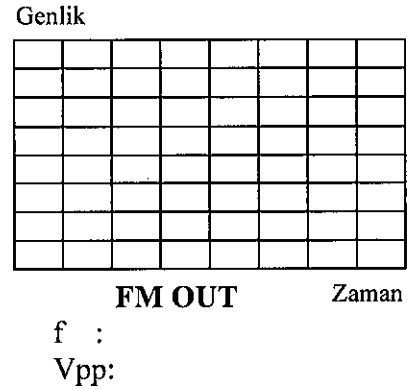
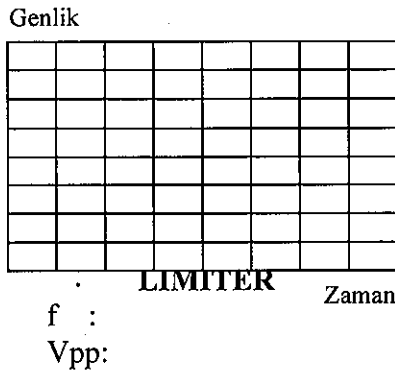
- 1) B4141 FM/PM deney seti
- 2) Osilaskop
- 3) Sinyal jeneratörü

**İşlem Basamakları:**

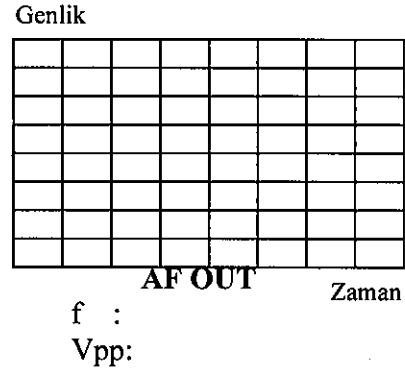
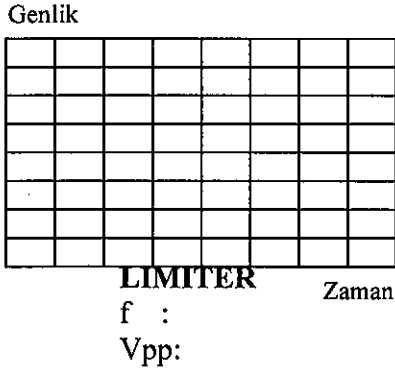
1. Şekil.17'deki deney bağlantısını kurunuz.
2. Osilaskobun CH1 ve CH2 kanallarını kullanarak FM OUT ve AF OUT noktalarındaki dalga şekillerini görüntüleyerek aşağıda ki tabloyu doldurunuz.



3. Osilaskobun CH1 ve CH2 kanallarını kullanarak FM OUT ve LIMITER devresinin çıkışında ki dalga şekillerin görüntüleyerek aşağıda ki tabloyu doldurunuz.



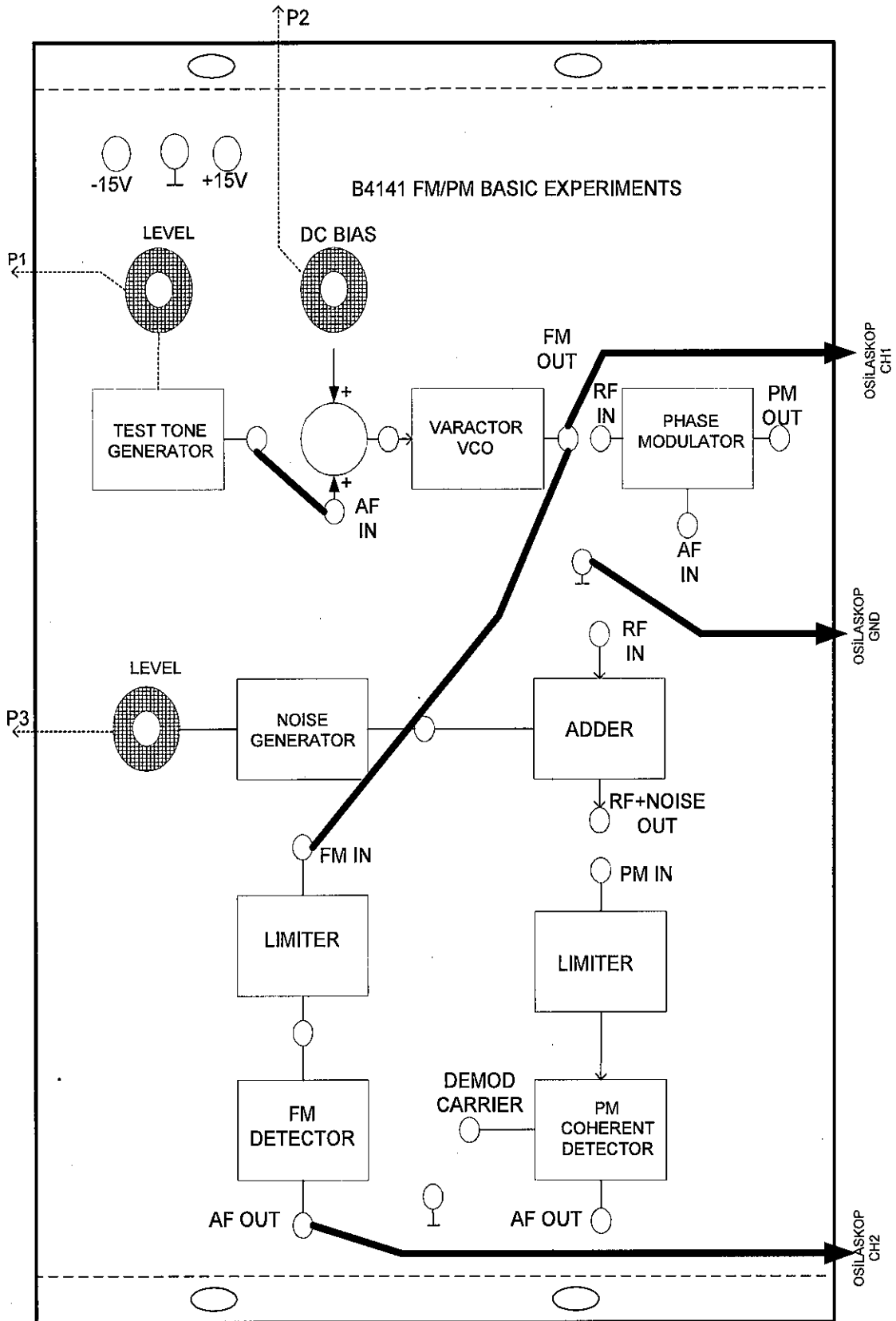
4. Osilaskobun CH1 ve CH2 kanallarını kullanarak LIMITER çıkışındaki ve AF OUT noktasındaki dalga şekillerini görüntüleyerek aşağıdaki tabloyu doldurunuz.



**Sorular:**

1. FM alıcıda limitörün özelliği nedir? Ne amaçla kullanılır?
2. Oran dedektörü devresini çizip çalışmasını kısaca açıklayınız?

**Sonuç ve Yorum:**



Şekil 17. FM Oran Dedektörü Deneyi Bağlantı Şeması

**DENEY NO: 5D**

**DENEYİN ADI: PM DEDEKTÖRÜ**

**DENEYİN AMACI:**

PM işaretlerin demodülasyonunun incelenmesi.

**DENEYİN YAPILIŞI**

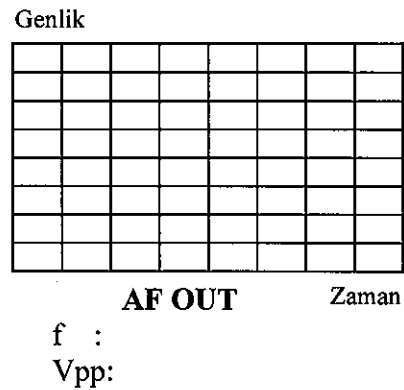
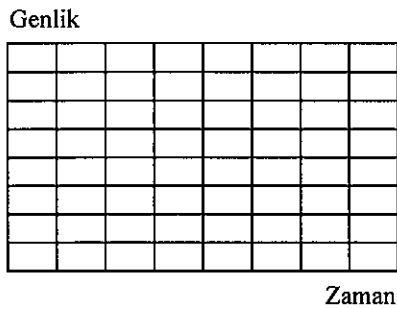
**Deneyde Kullanılan Araç-Gereçler**

- 1) B4141 FM/PM deney seti
- 2) Osilaskop
- 3) Sinyal jeneratörü

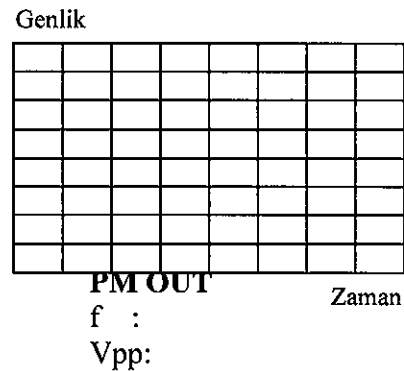
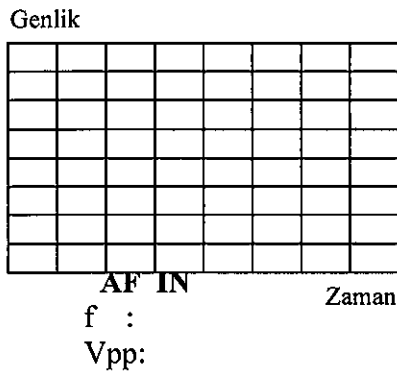
**İşlem Basamakları:**

1. Şekil 18'deki deney devresini kurunuz.

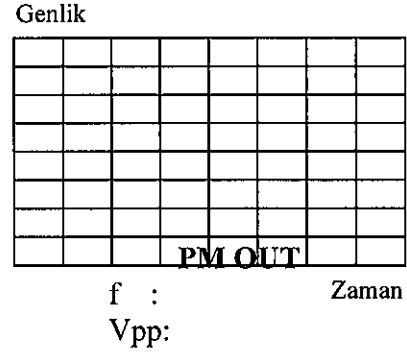
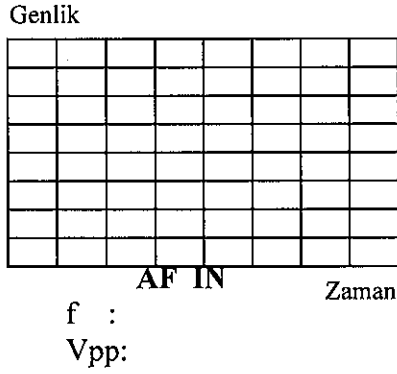
2. Osilaskobun CH1 ve CH2 kanallarını kullanarak AF IN ve AF OUT noktalarındaki sinyalleri ölçerek aşağıdaki tabloyu doldurunuz. Daha sonra level potansiyometresi ile DC Bias potansiyometresini değiştirerek sinyallerdeki değişmeyi gözleyiniz ve sebebini kısaca açıklayınız.



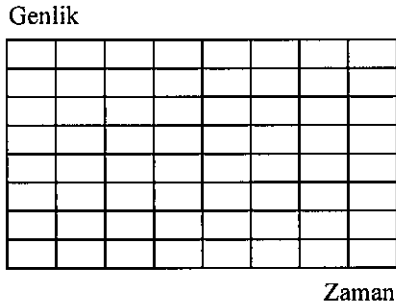
3. Osilaskobun CH1 ve CH2 kanallarını kullanarak AF IN ve PM OUT noktalarındaki sinyalleri ölçerek aşağıdaki tabloyu doldurunuz.



4. AF IN ve AF OUT noktalarındaki sinyalleri gözlerken PM IN girişine sinyal jeneratörü ile 1,5KHz ve -40dB genlik kazançlı sinüs bir sinyal (Gürültü sinyali) uygulayınız. AF OUT noktasında gördüğünüz sinyal için aşağıdaki tabloyu doldurunuz.



5. Gürültü sinyalinin genliğini, frekansını ve dalga şeklinin formunun şeklini değiştirerek AF OUT çıkış sinyali üzerindeki etkilerini belirleyiniz.



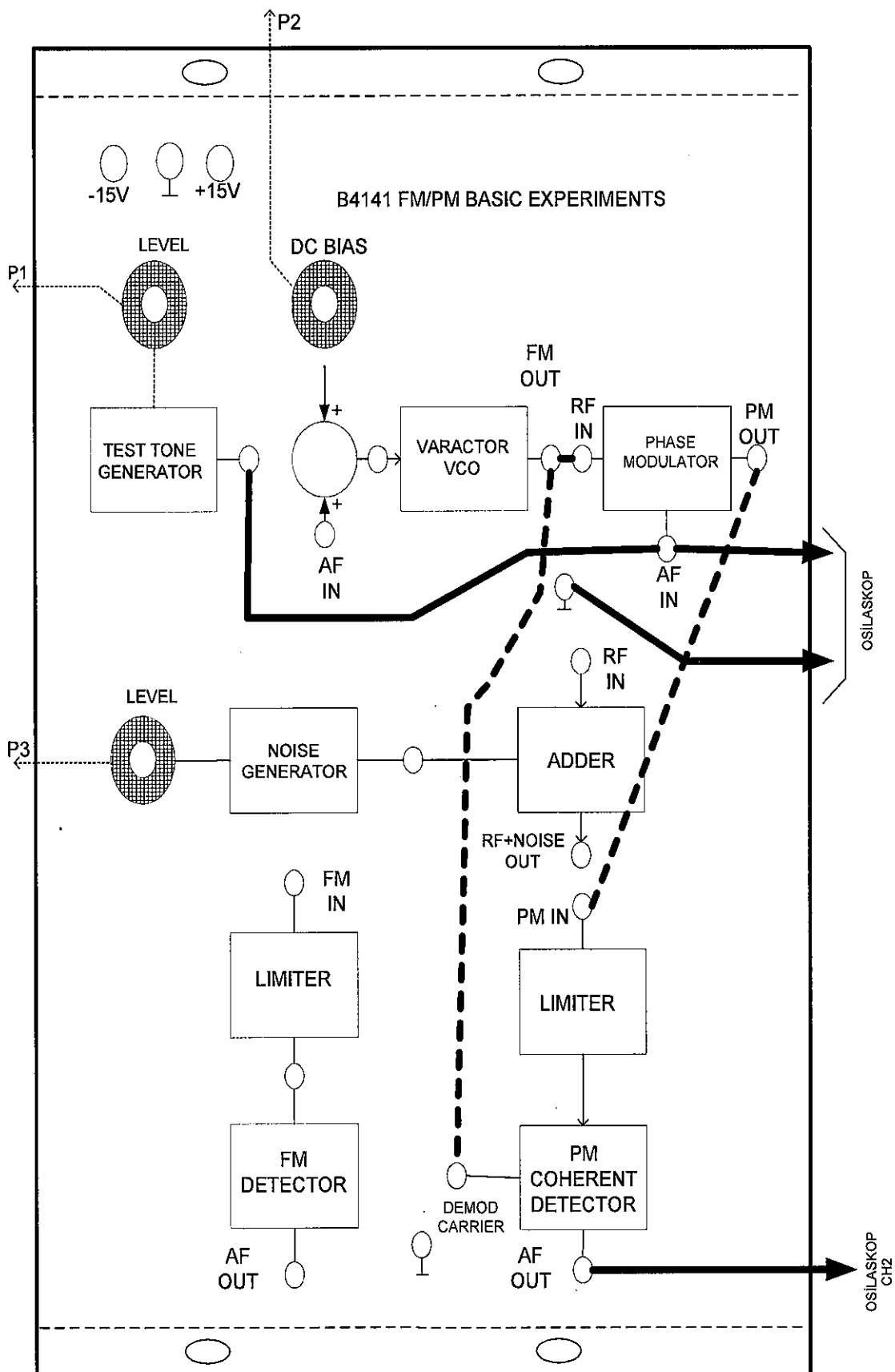
AF OUT  
f :  
Vpp:

AF IN  
f :

**Sorular:** Vpp:

1. FM ile PM sinyalinden elde edilen bilgi sinyalleri karşılaştırıldığında hangisi daha iyidir? Neden?
2. FM sinyalleri ticari radyo kanallarında daha sık kullanılmakta fakat PM sinyalleri telsiz yayınlarında daha çok kullanılmaktadır. Neden?

**Sonuç ve Yorum:**



Şekil 18. PM Dedektörü Deneyi Bağlantı Şeması

**DENEY NO: 5E**

**DENEYİN ADI: FM BANT GENİŞLİĞİ**

**DENEYİN AMACI:**

FM bant genişliğinin incelenmesi.

**DENEYİN YAPILIŞI**

**Deneyde Kullanılan Araç-Gereçler**

- 1) B4141 FM/PM deney seti
- 2) Osilaskop
- 3) Sinyal jeneratörü
- 4) Spektrum analizörü

**İşlem Basamakları:**

1. Şekil 19'daki deney devresini kurunuz.
2. AF jeneratöründen genliği 0.1 Vpp olan modüle edici işareti ayarlayınız.
3. FM OUT çıkışını spektrum analizörüne bağlayarak ekranda gördüğünüz dalga şeklini çiziniz.

Genlik


Zaman

f :

Vpp:

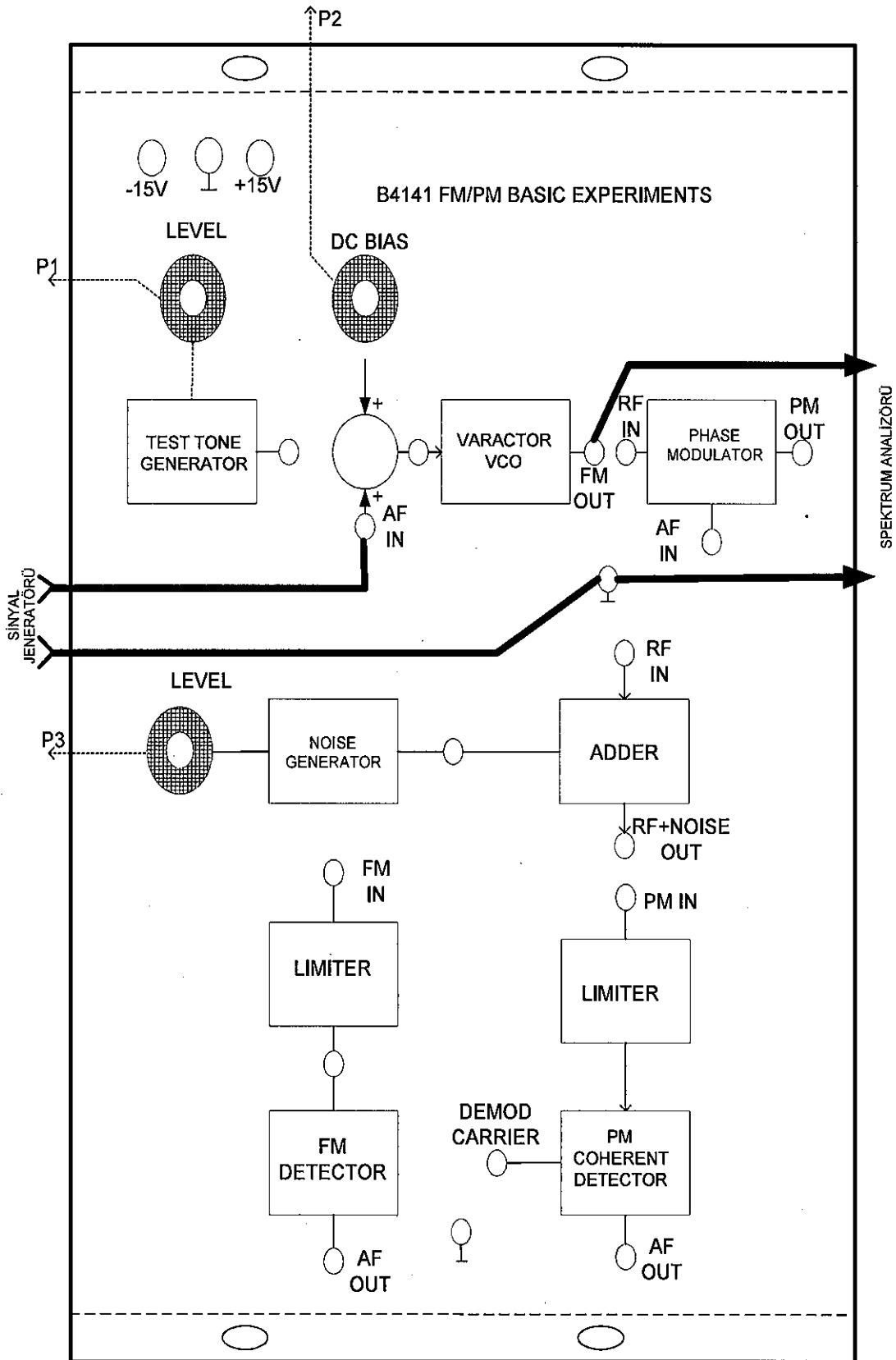
4. FM için band genişliği bulunuz.

**Sorular:**

1. Bant genişliğinin yayın bandındaki önemi nedir?
2. Bant genişliğindeki yasal sınırlamanın amacı nedir?



**Sonuç ve Yorum:**



Şekil 19. FM Bant Genişliği Deneyi Bağlantı Şeması

**KAYNAKLAR**

1. Telekomünikasyon Laboratuvarı El Kitabı, Cilt I ve II, YÖK, 1996
2. Modern Elektronik Sistemler, PASTACI Halit, İstanbul, 1996
3. Modern Elektronik İletişim Teknikleri, Harold B. Killen, MEB, 1994
4. Telecommunication System, Fontolliet, Pierre-Girard, Artech House, Dedham, 1986
5. Communication Systems, Haykin Simon, John Wiley New York 1994
6. Elektronik İletişim Teknikleri, W. Tomasi, MEB, İstanbul, 1987

**DİZİN**

	- A -		
AM	9	Taşıyıcı Jeneratör	27, 46
Artık Yan Bant	42	Transistör Mikser	11, 20
	- B -	Transistör Modülatörü	11, 18
Bant Genişliği	47, 62		- V -
	- D -	Varikap Modülatörü	42
Demodülasyon	9	VCO	46
Demodüle Edilmiş Taşıyıcı Jeneratörü	27,32	VSF Filtresi	42
Dengelenmiş Modülatör	27		- Y -
Diyot Modülatörü	10, 13	Yan Bant	11, 16
Duyarlılık	10		- Z -
	- F -	Zarf Dedektörü	23, 42
Fourier Analizi	1		
FM	46		
	- H -		
Harmonik	2		
Harmonik Sentezleyici	4		
	- I -		
IF Amp	12, 20, 42		
	- M -		
Modülasyon	9		
Modülasyon İndeksi	47		
Modülasyon Yüzdesi	11		
	- O -		
Oran Dedektörü	48, 55		
	- P -		
PM dedektörü	48, 58		
PM Modülatörü	46, 52		
	- S -		
Seçicilik	10		
Ses Frekans Yardımcı Jeneratörü	26		
SSB	26		
SSB Filtresi	27		
SSB/DSB Demodülasyonu	27		
	- T -		

