

## Analog Haberleşme Laboratuvarı

### 5.DSB-SC ve SSB MODÜLATÖRLERİ

#### 5.1 AMAÇ

1. Çift yan band bastırılmış taşıyıcı ve tek yan band modüleri işaretlerin nasıl üretildiğinin öğrenilmesi.
2. Çift yan band bastırılmış taşıyıcı ve tek yan band dengeli modülatörlerin nasıl ayarlanacağı ve test edileceğinin öğrenilmesi.

#### 5.2 TEMEL KAVRAMLARIN İNCELENMESİ

Bu bölümdeki devre çalışma prensipleri daha önce bahsedilen Bölüm 3'tekiler ile aynıdır. Fig. 5-1 devresi bir çift yan band bastırılmış taşıyıcı modülatör(DSB-SC) devresidir. Balans devresi, balans modda çalışan LM1496'yı kontrol etmek için kullanılan VR<sub>1</sub> reostasından oluşmaktadır. VR<sub>1</sub>'i uygun bir şekilde ayarlayarak, modülatörün balans modda çalışması garantilenir. Kısaca, DSB-SC ve AM modüleri işaretler arasındaki ana fark DSB-SC modüleri işaretin taşıyıcı içermemesidir. Taşıyıcı içermediğini göstermek için öncelikle LM1496'nın ses girişini toprağa bağlayıp, VR<sub>1</sub> 'i değiştirerek LM1496 çıkışında taşıyıcı işaret olmadığından emin olalım. Eğer bu sağlandıysa daha sonra LM1496'nın girişine tekrar bir ses işareti bağlayarak, LM1496'nın çıkışında DSB-SC modüleri işaretin alt ve üst yan band işaretlerden oluştuğu ve taşıyıcı içermediği görülebilir.

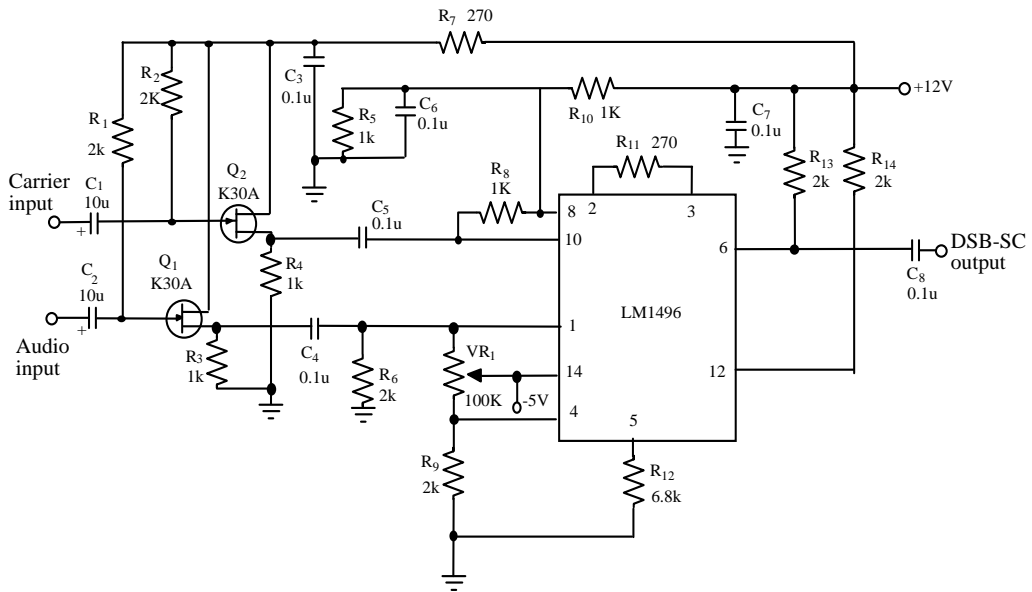


Fig. 5-1 DSB-SC Modülatör devresi



Taşıyıcının bastırılmasını etkileyen taşıyıcı gerilim seviyesi çok önemli bir faktördür. Eğer taşıyıcı seviyesi çok düşük ise taşıyıcı kuvvetlendirilmesinin tam olarak başlaması için bu seviye yeterli olmayacaktır. Tam tersi olarak taşıyıcı seviyesi çok yüksek ise taşıyıcı kaçakları oluşacaktır(feedthrough). Genel olarak, taşıyıcı frekansı 500kHz olduğu zaman optimum giriş aralığı aşağı yukarı 0.2Vpp ile 0.8Vpp arasındadır.

AM, DSB-SC yada SSB modüleli işaretleri belirlemek için Fig. 5-2a'da gösterilen tipik bir ses spektrumu varsayalım. Ses spektrumunda,  $f_{mh}$  en yüksek frekansı,  $f_{ml}$  'de en düşük frekansı göstermektedir. Eğer, sinüs taşıyıcısının genliğini modüle etmek için bu ses işaretini kullanırsak, Fig. 5-2b'de gösterilen AM spektrumunu elde ederiz. AM spektrumu, aşağıda listelenen üç bileşenden oluşmaktadır;

1. Taşıyıcı frekansı  $f_c$
2. Üst yan band üst frekansı ( $f_c + f_{mh}$ )
3. Alt yan band üst frekansı ( $f_c - f_{ml}$ )

Genlik modülasyonlu işaret bu iki yan bandı içerdiğinden dolayı, bazen bu modülasyon tipine çift yan bandlı genlik modülasyonu(AM)'da denilmektedir. Çift yan band bastırılmış taşıyıcı modülasyonunda, taşıyıcı işaret dengeli(balanced) modülatör tarafından bastırılır yada kaldırılır. Dolayısıyla modüleli işaret Fig. 5-2c'de gösterildiği gibi herhangi bir taşıyıcı içermez. Modüle edilen işaretler iletildikleri zaman her iki yan bandında aynı ses işaretini içerdiğine dikkat edelim. Alıcılar, demodülasyon teknikleri ile her iki yan bandından sadece bir tanesinin yeterli olabileceği anlamına gelmektedir. Bu nedenle Fig. 5-2d'de gösterilen genlik modülasyonuna tek yan band modülasyonu denilir.

LM1496'nın ses giriş işaretinin(1 ve 4 pinleri)  $A_m \cos 2\pi f_m t$ , taşıyıcı giriş işaretinin de(8 ve 10 pinleri)  $A_c \cos 2\pi f_c t$  olduğunu varsayalım. 6. pindeki çıkış işareti şu şekilde olacaktır;

$$V_0(t) = k(A_m \cos 2\pi f_m t)(A_c \cos 2\pi f_c t)$$
$$= \frac{kA_m A_c}{2} [\cos 2\pi(f_m + f_c)t + \cos 2\pi(f_m - f_c)t] \quad (5-1)$$

k, modülatör kazancıdır. ( $f_c + f_m$ ) ve ( $f_c - f_m$ ), üst yan band ve alt yan band modüle edilmiş işaretlerdir.

Fig. 5-1'de, Q1 ve Q2'den oluşan kaynak çıkışlı(source follower) MOS tranzistörler yüksek giriş empedansları ve düşük çıkış empedanslarından dolayı tampon görevi(buffer) görmektedirler.  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_4$ ,  $C_5$  ve  $C_8$  kapasiteleri DC işaretler için blokaj, AC işaretler için ise kısa devre görevi görmektedirler.  $R_{11}$  direnci, dengeli modülatörün kazancını ayarlamak içindir.  $R_{12}$  direnci ise besleme akımını ayarlamak içindir.  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_{13}$  ve  $R_{14}$  dirençleri çalışma koşullarına göre DC kutuplamayı sağlamaktadırlar.  $R_5$  ve  $R_{10}$  dirençleri otomatik kazanç kontrolü(AGC) içindir.  $C_3$ ,  $C_6$  ve  $C_7$  kapasiteleri istenmeyen gürültüyü bypass etmek için kullanılırlar. VR1, dengeleme(balancing) sağlamak için, optimum çalışma noktası için, distorsiyonu minimize etmek için ve çıkış işaretinin çeşidini(yani AM yada DSB-SC olup olmadığını) belirlemek için gereklidir.



Fig. 5-2a Ses işaretinin spektrumu

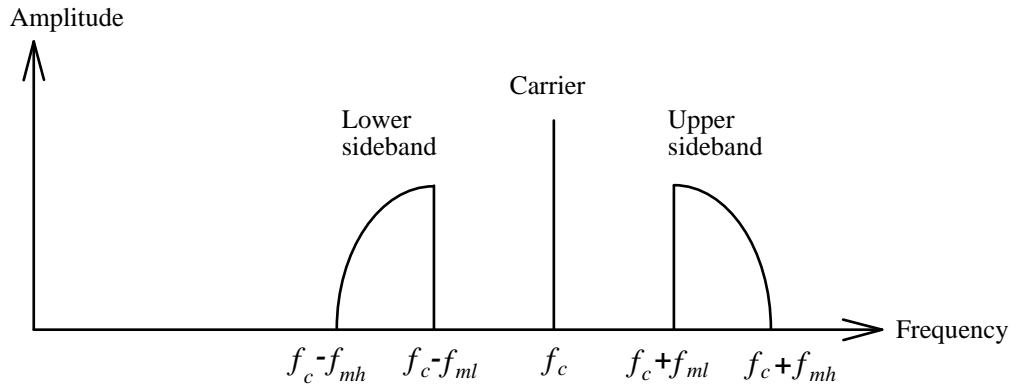


Fig. 5-2b AM işaretinin spektrumu

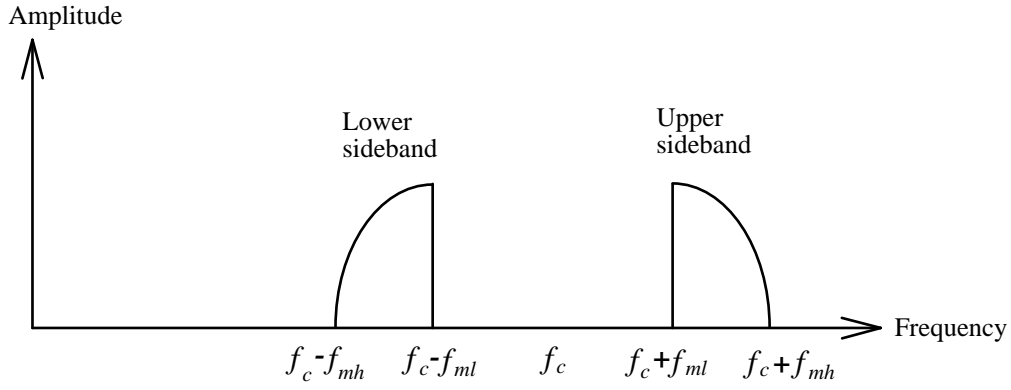


Fig. 5-2c DSB-SC işaretinin spektrumu

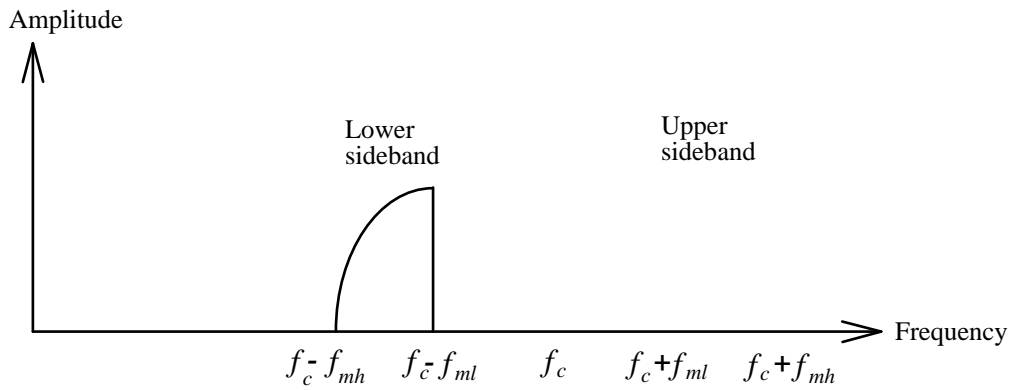


Fig. 5-2d SSB işaretinin spektrumu

DSB-SC'den SSB modüveli bir işaret elde etmek için genellikle, yan bantlardan bir tanesi alçak geçiren yada yüksek geçiren bir filtre ile süzülür. Yan band spektrumları birbirlerine çok yakın oldukları için birinci yada ikinci dereceden bir alçak geçiren yada yüksek geçiren filtre ile DSB-SC çıkışından tek yan band elde etmek zordur. Bu problem için en güzel çözüm seramik yada kristal filtrelerin kullanılmasıdır. Örnek olarak, Fig. 5-3'deki deneme devresinde çıkışta üst yan bandı elde etmek için FFD455 seramik band geçiren filtre kullanılmıştır.

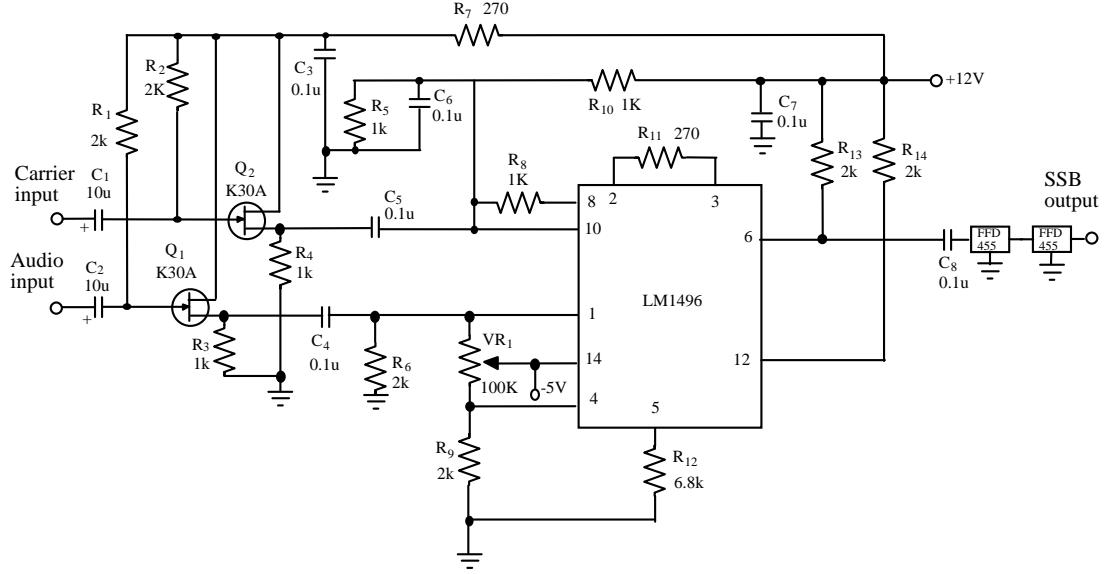


Fig. 5-3 SSB modülör devresi

### 5.3 GEREKLİ EKİPMANLAR

- 1- KL-96001 modülü
- 2- KL-93003 modülü
- 3- Osiloskop
- 4- Spektrum Analizör
- 5- RF üretici

### 5.4 DENEYLER VE KAYITLAR

#### *Deney 5-1 DSB-SC Modülör*

- 1. DSB-SC modülör devresini KL-93003 modülü üzerine yerleştirin.  $R_{11}=270\Omega$  ve  $R_{12}=6.8k\Omega$  olarak ayarlamak için bağlantı konnektörlerini J1 ve J3'e bağlayın.
- 2. Kaynak çıkışlı(source follower) devrelerin her birini uygun kutuplanıp kutuplanmadığını belirlemek için kontrol edin. Osiloskopun dikey girişini AC'ye ayarlayın ve kaynak çıkışı ile giriş işaretlerini gözlemleyin. Her iki işaretin de aynı olduğundan emin olun. Sadece çıkış genliği giriş genliğinden bir miktar daha az olacaktır. Eğer bu şekilde ise, J5 ve J6'ya bağlantı konnektörlerini bağlayın.
- 3.  $VR_1$ 'i orta noktasına ayarlayın.



### Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği

- 4. Ses girişini(I/P2) toprağa bağlayın. Taşıyıcı girişine(I/P1) 500mVp-p, 500kHz'lik sinüs işaret bağlayın. Çıkış işaret seviyesi sıfır yada çok düşük olacak şekilde VR<sub>1</sub>'i dikkatlice ayarlayın.
- 5. Ses girişine 300mVp-p, 1kHz sinüs işaret bağlayın. Taşıyıcı genliğini 300mVp-p olarak değiştirin.
- 6. Osiloskop kullanarak Tablo 5-1'de listelenen dalga şekillerini ölçün ve kaydedin.
- 7. Spektrum analizör kullanarak Tablo 5-1'deki çıkış işaret spektrumlarını ölçün ve kaydedin.
- 8. Ses genliğini 600mVp-p olarak değiştirin. Osiloskop kullanarak Tablo 5-2'de listelenen dalga şekillerini ölçün ve kaydedin.
- 9. Spektrum analizör kullanarak Tablo 5-2'deki çıkış işaret spektrumlarını ölçün ve kaydedin.
- 10. Taşıyıcı genliğini 600mVp-p olarak değiştirin. Osiloskop kullanarak Tablo 5-3'de listelenen dalga şekillerini ölçün ve kaydedin.
- 11. Spektrum analizör kullanarak Tablo 5-3'deki çıkış işaret spektrumlarını ölçün ve kaydedin.
- 12. Ses genliğini 300mVp-p ve frekansı 2kHz olarak değiştirin. Taşıyıcı genliğini 300mVp-p ve frekansı 1MHz olarak değiştirin. Osiloskop kullanarak Tablo 5-4'de listelenen dalga şekillerini ölçün ve kaydedin.
- 13. Spektrum analizör kullanarak Tablo 5-4'deki çıkış işaret spektrumlarını ölçün ve kaydedin.
- 14. R<sub>11</sub>=270Ω ve R<sub>15</sub>=330Ω olarak değiştirmek için J1'deki bağlantı konnektörünü sökün ve J3'e bağlayın. Ses genliğini 600mVp-p ve frekansı 1kHz olarak değiştirin. Taşıyıcı genliğini 600mVp-p ve frekansı 500kHz olarak değiştirin. VR<sub>1</sub> konumunu aynı tutun. Osiloskop kullanarak Tablo 5-5'de listelenen dalga şekillerini ölçün ve kaydedin.
- 15. Spektrum analizör kullanarak Tablo 5-5'deki çıkış işaret spektrumlarını ölçün ve kaydedin.



- 16.  $R_{12}=6.8k\Omega$  ve  $R_{16}=10k\Omega$  olarak değiştirmek için J3'deki bağlantı konnektörünü sökün ve J4'e bağlayın. Osiloskop kullanarak Tablo 5-6'da listelenen dalga şekillerini ölçün ve kaydedin.
- 17. Spektrum analizör kullanarak Tablo 5-6'daki çıkış işaret spektrumlarını ölçün ve kaydedin.

#### **Deney 5-2 SSB Modülatörü**

- 1. SSB modülatör devresini KL-93003 modülü üzerine yerleştirin. Seramik filtreleri bypass etmek için bağlantı konnektörünü J2'ye bağlayın.
- 2. Kaynak çıkışlı(source follower) devrelerin her birini uygun kutuplanıp kutuplanmadığını belirlemek için kontrol edin. Osiloskopun dikey girişini AC'ye ayarlayın ve kaynak çıkışı ile giriş işaretlerini gözlemleyin. Her iki işaretin de aynı olduğundan emin olun. Sadece çıkış genliği giriş genliğinden bir miktar daha az olacaktır. Eğer bu şekilde ise, J3 ve J4'e bağlantı konnektörlerini bağlayın.
- 3  $VR_1$ 'i orta noktasına ayarlayın.
- 4. Ses girişini(I/P2) toprağa bağlayın. Taşıyıcı girişine(I/P1) 500mVp-p, 457kHz'lik sinüs işaret bağlayın. Çıkış işaret seviyesi sıfır yada çok düşük olacak şekilde  $VR_1$ 'i dikkatlice ayarlayın. Daha sonra J2'den bağlantı konnektörünü çıkartıp J1'e bağlayın.
- 5. Ses girişine 300mVp-p, 2kHz sinüs işaret bağlayın. Taşıyıcı genliğini 300mVp-p olarak değiştirin.
- 6. Osiloskop kullanarak Tablo 5-7'de listelenen dalga şekillerini ölçün ve kaydedin.
- 7. Spektrum analizör kullanarak Tablo 5-7'deki çıkış işaret spektrumlarını ölçün ve kaydedin.
- 8. Ses genliğini 600mVp-p olarak değiştirin. Osiloskop kullanarak Tablo 5-8'de listelenen dalga şekillerini ölçün ve kaydedin.
- 9. Spektrum analizör kullanarak Tablo 5-8'deki çıkış işaret spektrumlarını ölçün ve kaydedin.



- 10. Taşıyıcı genliğini 600mVp-p olarak değiştirin. Osiloskop kullanarak Tablo 5-9'de listelenen dalga şekillerini ölçün ve kaydedin.
- 11. Spektrum analizör kullanarak Tablo 5-9'deki çıkış işaret spektrumlarını ölçün ve kaydedin.
- 12. Ses genliğini 300mVp-p ve frekansı 1kHz olarak değiştirin. Taşıyıcı genliğini 300mVp-p olarak değiştirin. Osiloskop kullanarak Tablo 5-10'da listelenen dalga şekillerini ölçün ve kaydedin.
- 13. Spektrum analizör kullanarak Tablo 5-10'daki çıkış işaret spektrumlarını ölçün ve kaydedin.





Tablo 5-1

( $R_{11}=270\Omega$ ,  $R_{12}=6.8k\Omega$ ,  $V_c=300mVp-p$ ,  $V_m=300mVp-p$ ,  $f_c=500kHz$ ,  $f_m=1kHz$ )

Taşıyıcı Dalga Şekli	
Ses İşaret Dalga Şekli	
Çıkış Dalga Şekli	
Çıkış Spektrumu	



Tablo 5-2

( $R_{11}=270\Omega$ ,  $R_{12}=6.8k\Omega$ ,  $V_c=300mVp-p$ ,  $V_m=600mVp-p$ ,  $f_c=500kHz$ ,  $f_m=1kHz$ )

Taşıyıcı Dalga Şekli	
Ses İşaret Dalga Şekli	
Çıkış Dalga Şekli	
Çıkış Spektrumu	



Tablo 5-3

( $R_{11}=270\Omega$ ,  $R_{12}=6.8k\Omega$ ,  $V_c=600mVp-p$ ,  $V_m=600mVp-p$ ,  $f_c=500kHz$ ,  $f_m=1kHz$ )

Taşıyıcı Dalga Şekli	
Ses İşaret Dalga Şekli	
Çıkış Dalga Şekli	
Çıkış Spektrumu	



Tablo 5-4

( $R_{11}=270\Omega$ ,  $R_{12}=6.8k\Omega$ ,  $V_c=300mVp-p$ ,  $V_m=300mVp-p$ ,  $f_c=1MHz$ ,  $f_m=2kHz$ )

Taşıyıcı Dalga Şekli	
Ses İşaret Dalga Şekli	
Çıkış Dalga Şekli	
Çıkış Spektrumu	



Tablo 5-5

( $R_{11}=330\Omega$ ,  $R_{12}=6.8k\Omega$ ,  $V_c=600mV_{p-p}$ ,  $V_m=600mV_{p-p}$ ,  $f_c=500kHz$ ,  $f_m=1kHz$ )

Taşıyıcı Dalga Şekli	
Ses İşaret Dalga Şekli	
Çıkış Dalga Şekli	
Çıkış Spektrumu	



Tablo 5-6

( $R_{11}=330\Omega$ ,  $R_{12}=10k\Omega$ ,  $V_c=600mVp-p$ ,  $V_m=600mVp-p$ ,  $f_c=500kHz$ ,  $f_m=1kHz$ )

Taşıyıcı Dalga Şekli	
Ses İşaret Dalga Şekli	
Çıkış Dalga Şekli	
Çıkış Spektrumu	



Tablo 5-7

( $R_{11}=270\Omega$ ,  $R_{12}=6.8k\Omega$ ,  $V_c=300mV$ ,  $V_m=300mV$ ,  $f_c=457kHz$ ,  $f_m=2kHz$ )

Taşıyıcı Dalga Şekli	
Ses İşaret Dalga Şekli	
Çıkış Dalga Şekli	
Çıkış Spektrumu	



Tablo 5-8

( $R_{11}=270\Omega$ ,  $R_{12}=6.8k\Omega$ ,  $V_c=300mVp-p$ ,  $V_m=600mVp-p$ ,  $f_c=457kHz$ ,  $f_m=2kHz$ )

Taşıyıcı Dalga Şekli	
Ses İşaret Dalga Şekli	
Çıkış Dalga Şekli	
Çıkış Spektrumu	





Tablo 5-9

( $R_{11}=270\Omega$ ,  $R_{12}=6.8k\Omega$ ,  $V_c=600mVp-p$ ,  $V_m=600mVp-p$ ,  $f_c=457kHz$ ,  $f_m=2kHz$ )

Taşıyıcı Dalga Şekli	
Ses İşaret Dalga Şekli	
Çıkış Dalga Şekli	
Çıkış Spektrumu	



Tablo 5-10

( $R_{11}=270\Omega$ ,  $R_{12}=6.8k\Omega$ ,  $V_c=300mVp-p$ ,  $V_m=300mVp-p$ ,  $f_c=457kHz$ ,  $f_m=1kHz$ )

Taşıyıcı Dalga Şekli	
Ses İşaret Dalga Şekli	
Çıkış Dalga Şekli	
Çıkış Spektrumu	



#### 5.5 SORULAR

1. Band genişliği açısından AM, DSB-SC ve SSB işaretleri arasındaki farkı yorumlayın.
2. İletim verimliliği açısından AM, DSB-SC ve SSB işaretleri arasındaki farkı yorumlayın.
3.  $R_{11}$  yada  $R_{12}$ 'nin görevi nedir?
4.  $VR_1$ 'in görevi nedir? Eğer  $VR_1$ 'i rasgele değiştirirsek çıkış DSB-SC işareti AM işareti olur mu?
5. Osiloskopta gözlenen sonuçları karşılaştırın. AM ve DSB-SC dalga şekilleri arasındaki farkı yorumlayın.