

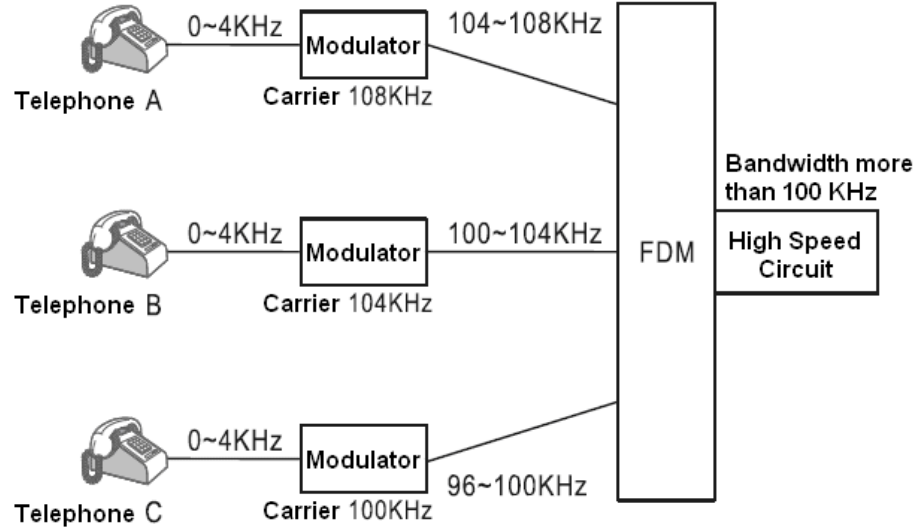
# Bölüm 21 Frekans Bölmeli Çoğullayıcı

## 21.1 TEMEL İLKELERİN AÇIKLANMASI

### GİRİŞ

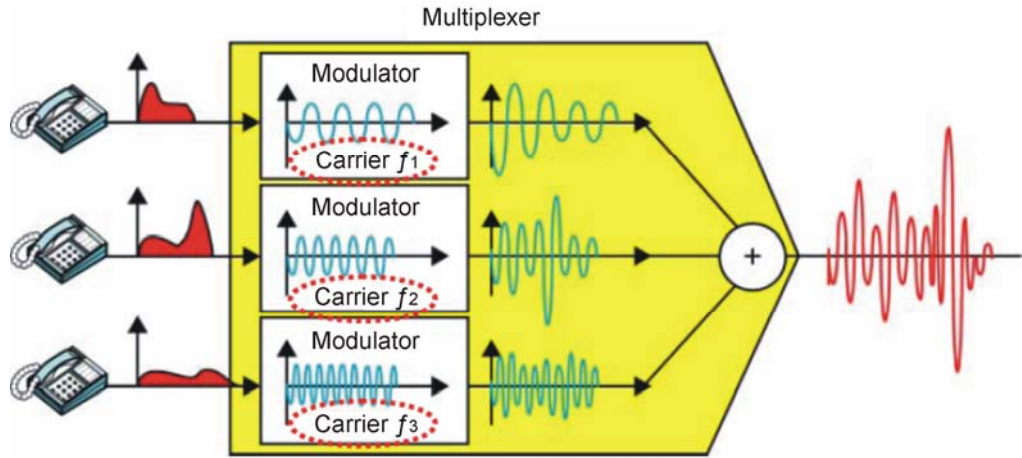
Bilgi içeren birçok sinyal aynı radyo kanalı içinde iletilmektedir veya birçok kullanıcı veriyi aynı haberleşme kanalından iletmek isteyebilir. Aynı zaman ve aynı kanaldan iletilen sinyali işlemek için TDM, FDM ve CDMA vb. gibi birçok haberleşme tekniği vardır. Bu bölüm FDM sistemini tanıtır.

FDM sistemi; farklı bilgi taşıyan sinyalleri iletmeye farklı kanalları kullanan bir tekniktir. Örneği telefon sistemini ele alalım, telefon A, B ve C noktadan noktaya farklı iletim kanalları olan haberleşme sistemi olsun. Bu sinyalleri aynı kanal üzerinden iletmek için, birbirlerinin sinyallerini etkilememesi için bu noktalar birbirine uzak tutulmalıdır. Böylelikle alıcıda sinyalleri ayrıştırılabilir. FDM sisteminin blok diyagramı aşağıda Şekil 21-1'de gösterilmiştir, her kanal tek yan bantlı (SSB) modülasyondur. Telefon A, B ve C'deki ses sinyalinin bant genişliği 4 kHz 'dir. Sinyal A 108kHz'lik bir taşıyıcı ile modüle edilmiştir. Sinyal B 104kHz'lik bir taşıyıcı ile modüle edilmiştir ve Sinyal C 100kHz 'lik bir taşıyıcı ile modüle edilmiştir. Kanal A'daki iletim bant genişliği 104 ile 108kHz arasındadır, kanal B'de 100 ile 104kHz arasındadır ve kanal C ise 96 ile 100kHz arasındadır. Üç modüle edilmiş sinyal AM alt-taşıyıcıdır. Alt taşıyıcı zaten modüle edilmiş bir sinyaldir ki bu daha sonra daha yüksek frekans ve bant genişlikli iletim için modüle edilir.



Resim 21-1 FDM Sisteminin Blok Diyagramı

Resim 21-2 FDM multiplexerin çalışma mantığını anlatır. Telefon sinyalinin üç kanalı farklı AM modüle eden sinyalleri iletir. Daha sonra modüle edilmiş sinyaller karma bir sinyal olarak birleştirilebilir ve kablosuz bir kanaldan iletmeye uygun olması için daha yüksek frekanslı bir radyo sinyaline iletilir. İletilen sinyal AM veya FM modülasyona göre modüle edilebilir. KL-93007 modülü; FDM sisteminde sinyallerin nasıl işlendiğini anlamak için FDM multiplexer ve demultiplexerleri öğretmek için tasarlanmıştır. Bu bölümde her kanalın sinyalini ölçerek sinyalin bu modülde nasıl işlendiğini ve nasıl modüle ve demodüle edildiğini anlayacaksınız.

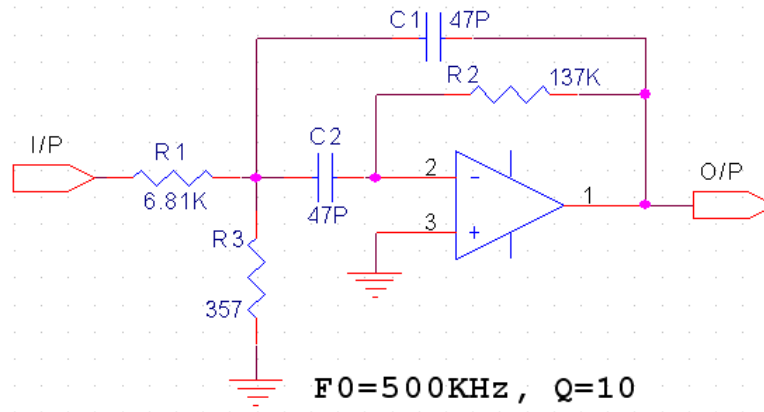


Resim 21-2 FDM sistemde modüle eden ve bileşik (composite) sinyalin gösterimi.

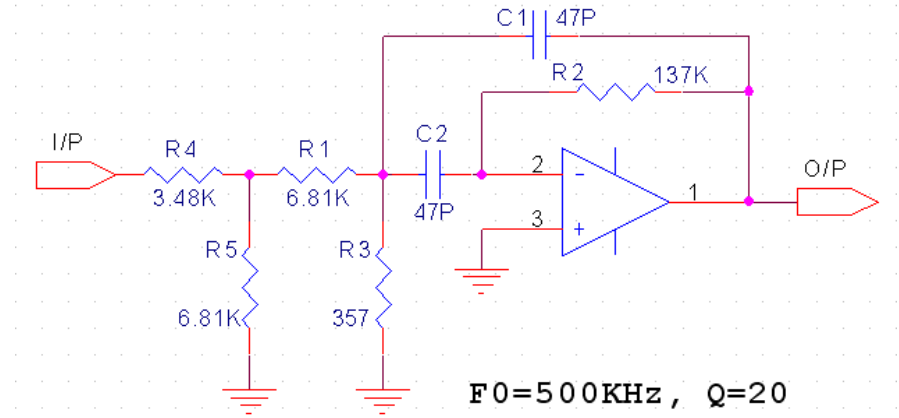
## FDM Demultiplexerin bant-geçiren filtresi

Sinyal bileşik olduğundan dolayı, sinyali demodüle etmek ve mesajı geri elde etmek için alıcı belirli sinyali ayırabilmelidir. Bilinen frekanstaki belirli bir sinyali elde etmek için (AM modülasyonlu sinyal), gereksiz verinin filtrelenmesi ve belirli kanaldaki doğru AM modüleli sinyali elde etmek için Tuner filtreleme için kullanılmalı. Bundan dolayı FDM demultiplexerde Tuner önemli bir rol oynar. Tuner bir çeşit band-geçiren filtredir. Merkez frekansı değişken rezistörler ile ayarlanabilir. FDM demultiplexer sistemlerinde kanaldaki bileşik sinyalleri ayırt etmede yüksek kalite faktörlü (Q faktör) ve farklı merkez frekanslı bant-geçiren filtreler kullanılmalı. Band-geçiren filtrelerin karakteristikleri bu bölümde anlatılmıştır.

Gerçek uygulamalarda, yüksek Q faktörlü birçok bant-geçiren filtre kullanılır. Basit olması açısından, birinci düzey ikinci derece bant-geçiren filtre anlatılacaktır. Devre ve frekans cevabı simülasyonu için TI Filter Design Programını kullanınız. Resim 21-3(a) 500kHz merkez frekanslı ve Q faktörü 10 olan birinci düzey ikinci derece bant-geçiren filtreyi gösterir. Resim 21-3(b) 500kHz merkez frekanslı ve Q faktörü 20 olan birinci düzey ikinci derece bant-geçiren filtreyi gösterir. Resim 21-4 500kHz merkez frekanslı ve Q faktörü 20 olan birinci düzey ikinci derece bant-geçiren filtrenin frekans cevabını gösterir.

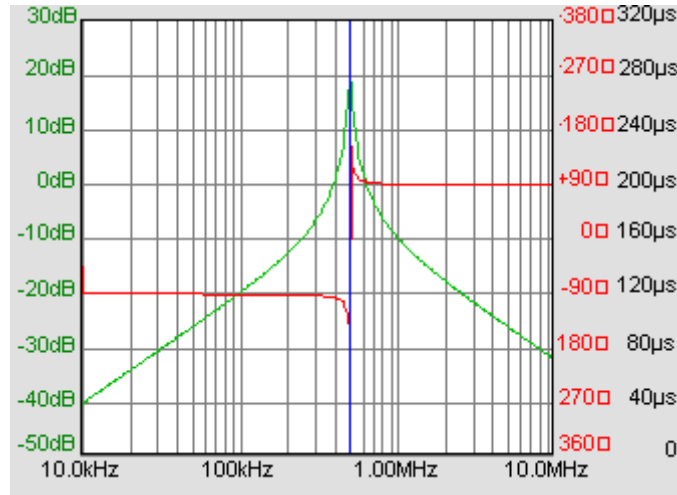


(a) Q=10 Birinci düzey ikinci derece bant-geçiren filtre, 500KHz



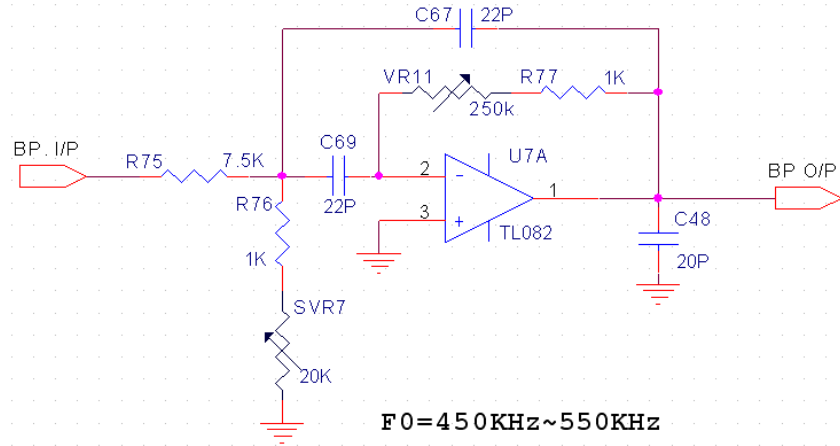
(b)  $Q=20$  Birinci düzey ikinci derece bant-geçiren filtre, 500KHz

Resim 21-3

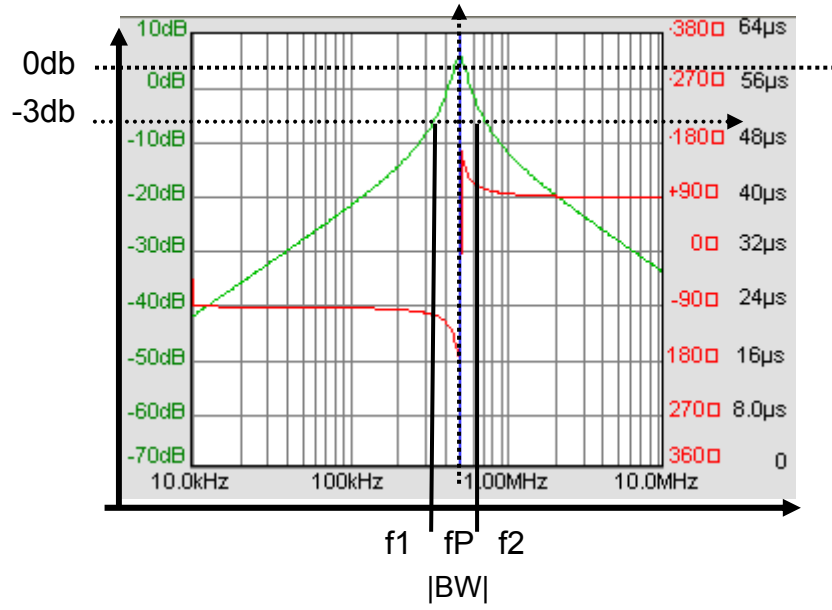


Resim 21-4  $Q=20$  Birinci düzey ikinci derece bant-geçiren filtrenin frekans cevabı

Resim 21-5 de gösterildiği gibi kalite faktörü ( $Q$  faktörü) ayarlı rezistör VR11 (250K) ile ayarlanabilir. Devre ve frekans cevabı Resim 21-6 ve Resim 21-7'de gösterilmiştir.



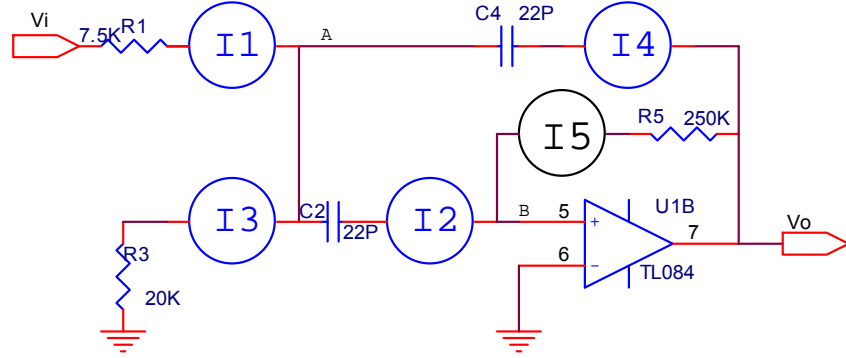
Resim 21-5 Ayarlanabilir birinci düzey ikinci derece bant-geçiren filtre devresi



$$f_2 - f_1 = BW \quad Q = \frac{f_P}{BW} \quad H(s) = \frac{\omega_p S}{S^2 + \left(\frac{\omega_p}{Q}\right)S + \omega_p^2}$$

Resim 21-6 Band-geçiren filtrenin frekans cevabı ve bandgenişliğinin tanımı, Q faktör transfer fonksiyonunun tanımı

Tipik bir birinci düzey ikinci derece bant-geçiren filtrenin devresi resim 21-7 de gösterilmiştir ve transfer fonksiyonu  $H(s)$ 'dir.



Resim 21-7 Tipik birinci düzey ikince derece bant-geçiren filtrenin devresi

$$H(s)(BPF) = \frac{-s\left(\frac{1}{R_1 C_4}\right)}{s^2 + s\left[\frac{(C_2 + C_4)}{R_5 C_2 C_4}\right] + \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3}\right)/R_5 C_2 C_4}$$

$$\omega_p = \frac{1}{R_1 C_4} \quad \omega_p^2 = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3}\right)/R_5 C_2 C_4 = \frac{1}{(R_1 // R_3) R_5 C_2 C_4}$$

$$\frac{\omega_p}{Q} = (C_2 + C_4)/R_5 C_2 C_4$$

Eğer  $f = f_p$ , ise genlik;

$$\left|H(jf_p)\right| = G = \frac{\frac{1}{R_1 C_4}}{(C_2 + C_4)/R_5 C_2 C_4} = \frac{R_5}{R_1 \left[1 + \frac{C_4}{C_2}\right]}$$

$\omega_p$ ,  $\omega_p^2$  ve  $\frac{\omega_p}{Q}$  sırasıyla R1, R3 ve R5 i verir. Aradaki ilişki aşağıdaki gibidir;

$$R_1 = \frac{Q_p}{G C_4 \omega_p} \quad R_3 = \frac{Q_p}{(2Q_p^2 - G) C_4 \omega_p} \quad R_5 = \frac{2Q_p}{C_4 \omega_p}$$

Eğer  $C_2=C_4=C$ , ise  $G = \frac{R_5}{2R_1}$ , bu  $R_5 = 2GR_1$ . Aşağıdaki sonuç elde edilir.

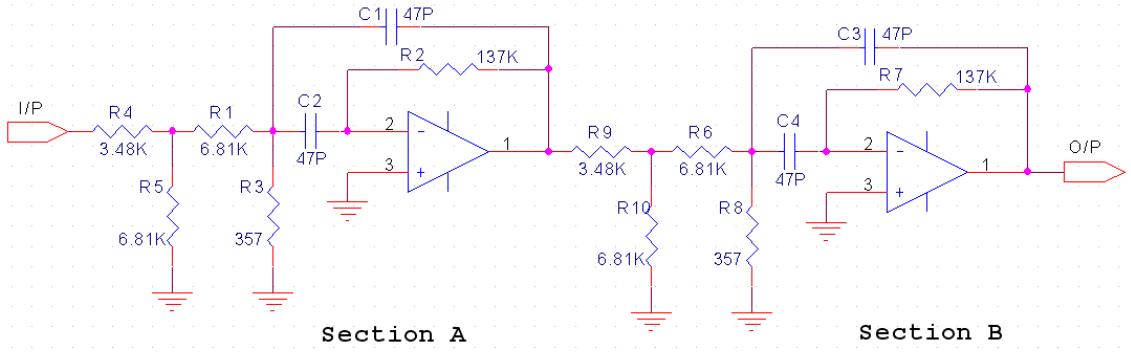
$$R_1 = \frac{Q_p}{2\pi f_p G C} \quad R_3 = \frac{Q_p}{2\pi f_p C(2Q_p^2 - G)} \quad R_5 = \frac{Q_p}{\pi f C}$$

$$\omega_p^2 = \frac{1}{(R_1 // R_3)R_5 C_2 C_4}, \quad f_p = \frac{1}{2\pi C \sqrt{(R_1 // R_3)R_5}} \quad \text{kullanarak}$$

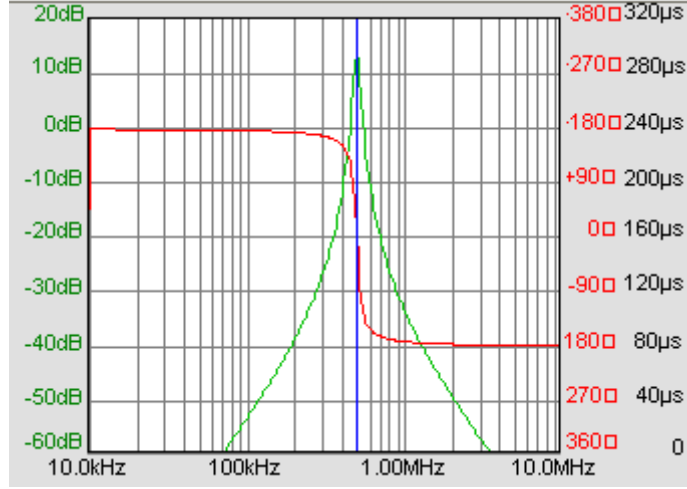
$R_3$  pozitif olmalı, böylelikle  $(2Q_p^2 - G) > 0$ , bunu şu şekilde çevirerek:

$$2Q_p^2 > G \quad \text{buda aşağıdakini verir.} \quad Q_p > \sqrt{\frac{G}{2}}$$

Bant-geçiren filtrenin girişi ve çıkışı arasındaki faz kaymasından dolayı,  $Q$  faktörünü artırmak osilasyon olayını oluşturur. Dikkatlice ayarlanmalı.  $Q$  faktörü iki adet tek düzeyli ikinci dereceden bant-geçiren filtrenin birbirine bağlanmasıyla artırılabilir, bu iki düzeyli dördüncü dereceden bant-geçiren filtredir. Devre Resim 21-8'de ve frekans cevabı Resim 21-9'da gösterilmiştir.

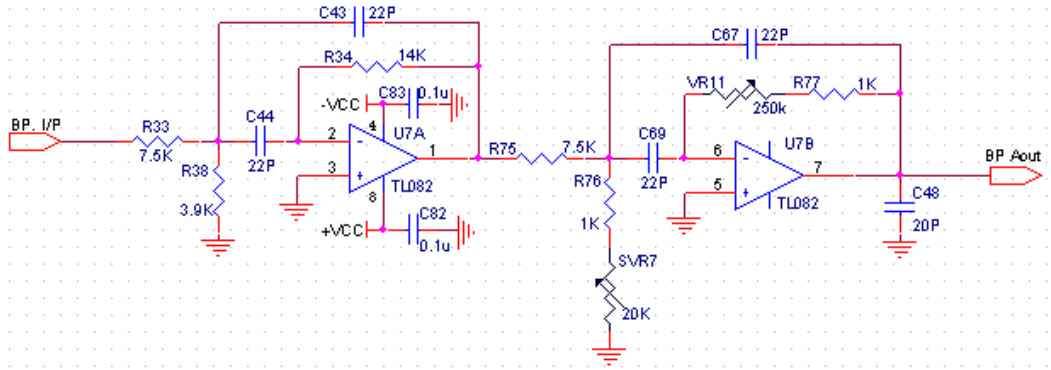


Resim 21-8 İki düzeyli dördüncü dereceden bant-geçiren filtre devresi



Resim 21-9 iki düzeyli dördüncü dereceden band-geçiren filtrenin frekans cevabı

KL-93007 Modülünde iki düzeyli dördüncü dereceden bant-geçiren filtre kullanılmıştır. Devre Resim 21-10 'da ve deney işlemleri aşağıda gösterilmiştir.



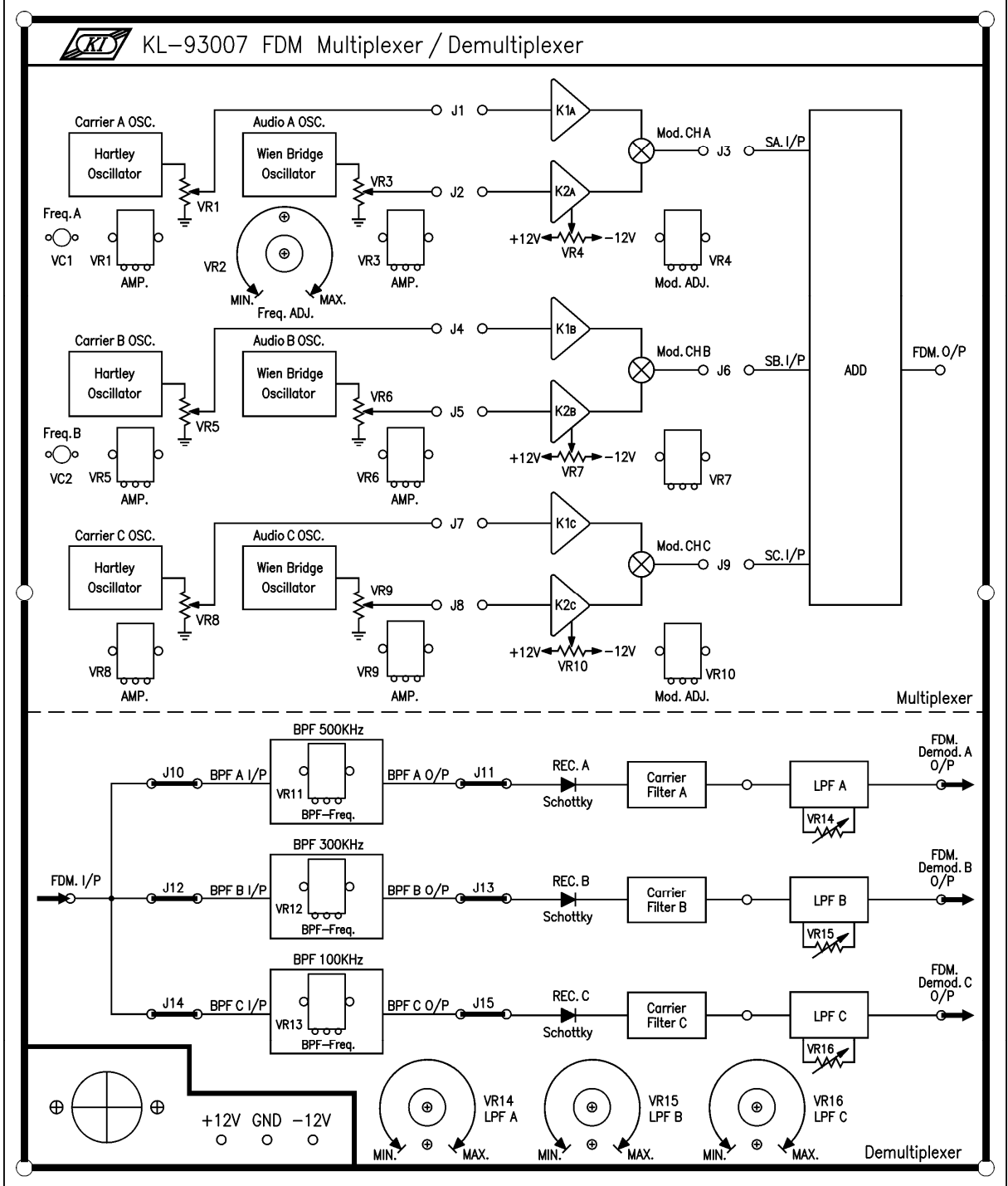
Resim 21-10 iki düzeyli dördüncü dereceden ayarlanabilir bant-geçiren filtre

### 3-kanal FDM demultiplexer

Band-geçiren filtrede demultiplexer FDM sinyalinden belirli AM modüledi sinyal ayırmak için değişken rezistör ile ayarlabilen tuner gibi davranır. Orjinal sinyali geri elde etmek için her kanaldan ayırt edilen sinyal daha sonra demodüle edilmelidir. Demodülasyonun en basit metodu Schottky diyot kullanarak sinyalin zarfını tespit etme yöntemidir. Orjinal sinyali düşük distorsiyon ve gürültü ile elde etmek için gürültü ve taşıyıcılar arası



enterferans taşıyıcı filtre ve alçak geçiren filtre ile filtrelenir. Bu metod deneyde kullanılmıştır. FDM demultiplexer bağlantısı Resim 21-11 'de gösterilmiştir.

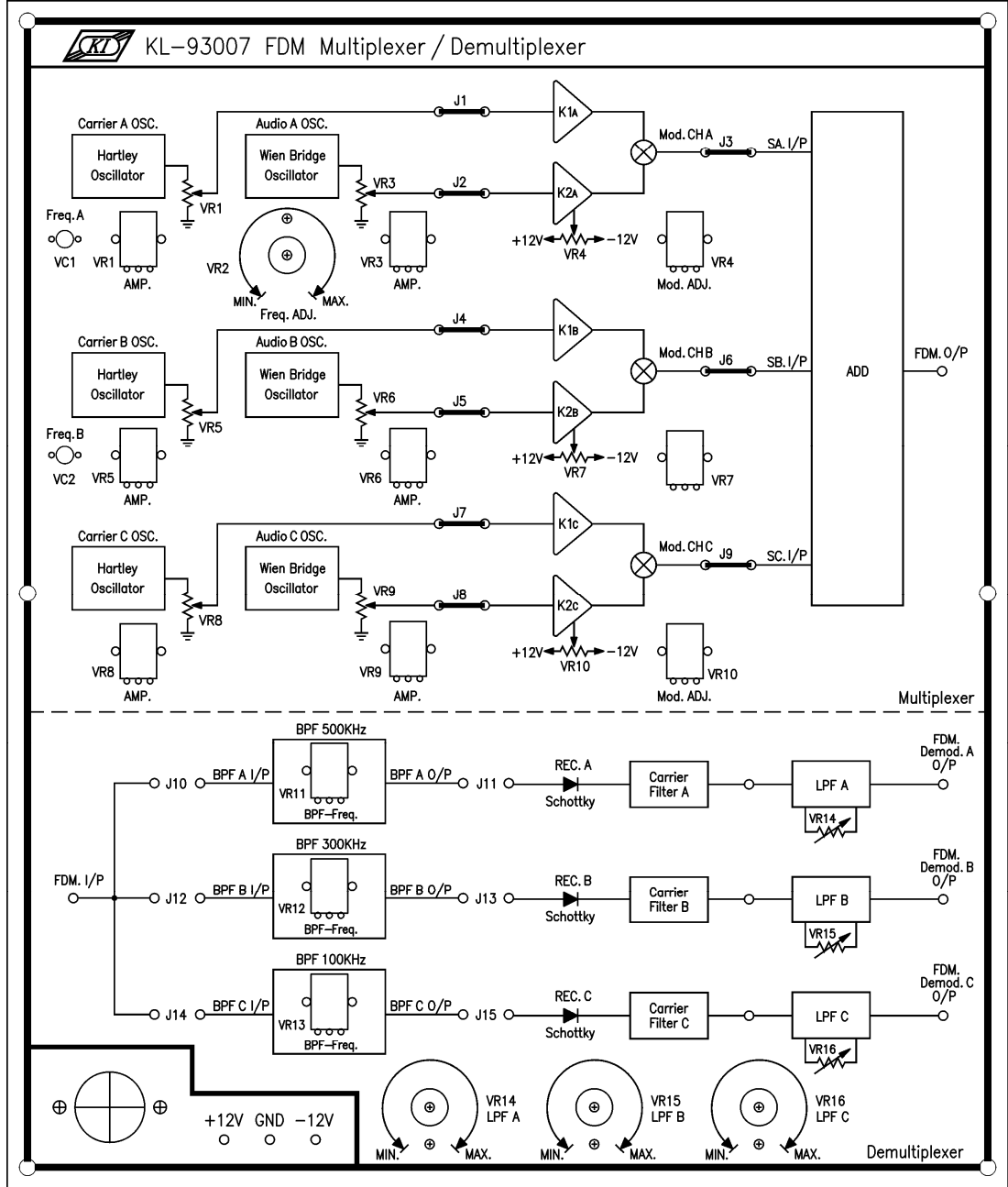


Resim 21-11 FDM demultiplexer bağlantı diyagramı

## 21.2 DENEYLER VE KAYITLAR

### *Deney 21-1 FDM multiplexer deneyi*

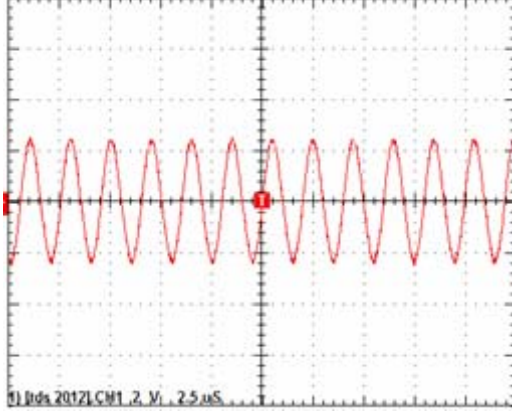
Deney modülü 3-kanallı FDM multiplexerdir, modül diyagramı Resim 21-12 'de gösterilmiştir. Wien köprü osilatörü düşük frekanslı ses sinyali için ve Hartley osilatörü taşıyıcı için kullanılmıştır. Taşıyıcı A 'nın frekans sahası 490KHz ~ 550 kHz'dir (VC1'i ayarlayın) ve çıkış genlik sahası sürekli ayarlanabilen 0-6 Vpp 'tur (VR1'i ayarla); ses A'nın frekans sahası 1.3 kHz ~ 50 kHz (VR2'yi ayarlayın) ve çıkış genliği sürekli ayarlanabilen 0~6 Vpp'tur (VR3'ü ayarlayın). Taşıyıcı B 'nin frekans sahası 290KHz ~ 330 kHz (VC2'i ayarlayın) ve çıkış genlik sahası sürekli ayarlanabilen 0-6 Vpp'tur (VR5'i ayarla); ses B'nin frekansı 3.4 kHz ve çıkış genliği sürekli ayarlanabilen 0~6 Vpp'tur (VR6'yı ayarlayın). Taşıyıcı C 'nin frekansı 105KHz ve çıkış genlik sahası sürekli ayarlanabilen 0-6 Vpp'tur (VR8'i ayarla); ses C'nin frekansı 1.0 kHz ve çıkış genliği sürekli ayarlanabilen 0~6 Vpp'tur (VR9'yı ayarlayın).



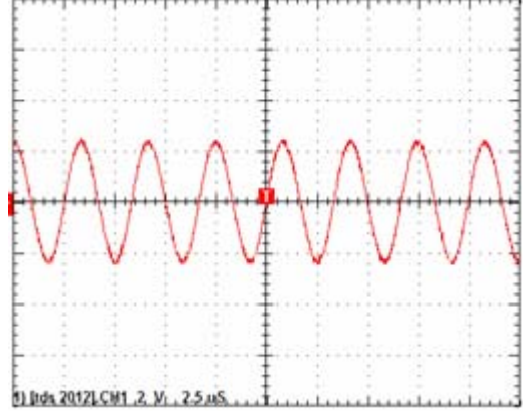
Resim 21-12 KL-93007 3-kanallo FDM multiplexer modülü

Her kanaldaki ses belirli frekans ile modüle edilmiştir, üç kanal farklı AM modüle eden sinyali iletir. Sonra üç modüle edilmiş sinyal kompozit bir sinyale birleştirilir. Genelde, kablosuz iletim için kompozit sinyal yüksek radyo frekansı ile modüle edilmelidir. Kablosuz iletişimdeki RF diğer bölümde anlatılmıştır. Basit giriş için, bu bölüm sadece FDM sisteminin çalışmasını anlatır. Deney prosedürleri aşağıda gösterilmiştir.

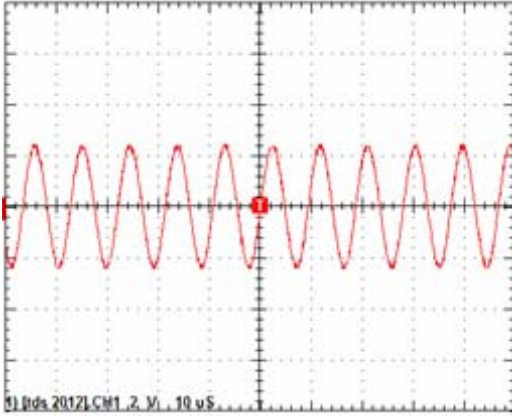
1. 3-kanaldaki modüle eden frekanslar sırası ile 500 kHz, 300 kHz ve 100 kHz 'e ve ses sırası ile 5 KHz, 3.4 KHz ve 1 KHz 'e ayarlanır. Referans dalgaformları Resim 21-13'te gösterilmiştir.



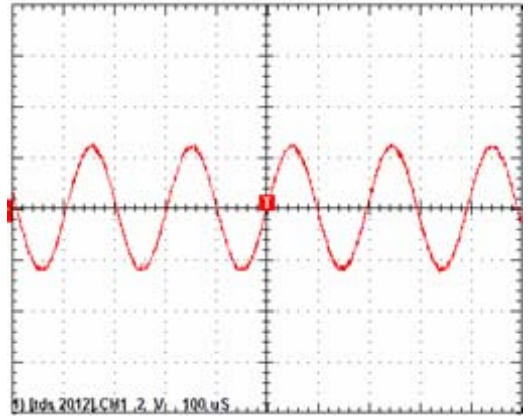
(a) Taşıyıcı A 500KHz



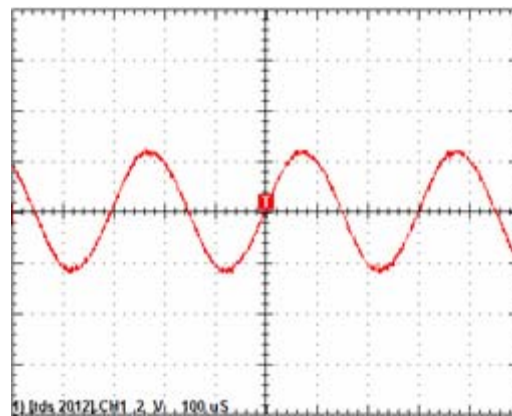
(b) Taşıyıcı B 300KHz



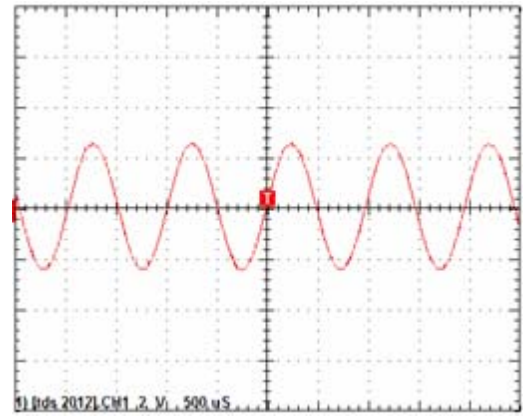
(c) Taşıyıcı C 105KHz



(d) Ses A 5KHz



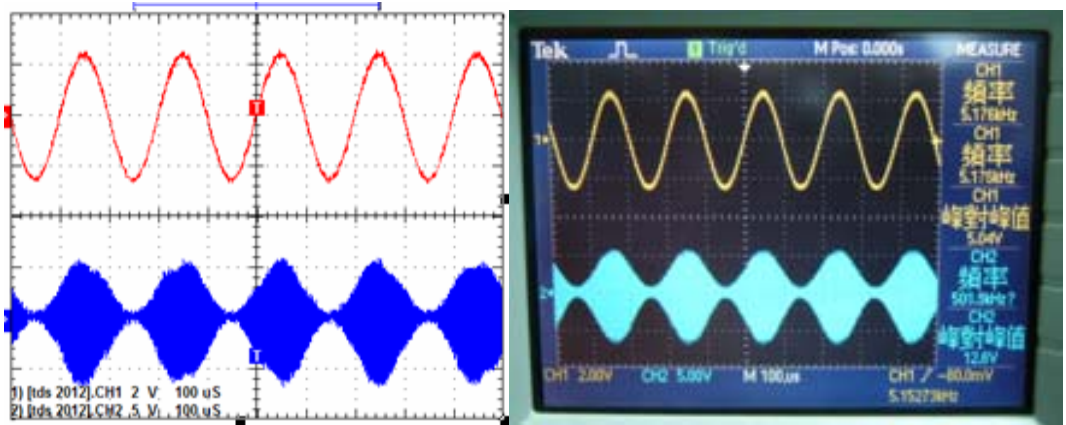
(e) Ses B 3.4KHz



(f) Ses C 1KHz

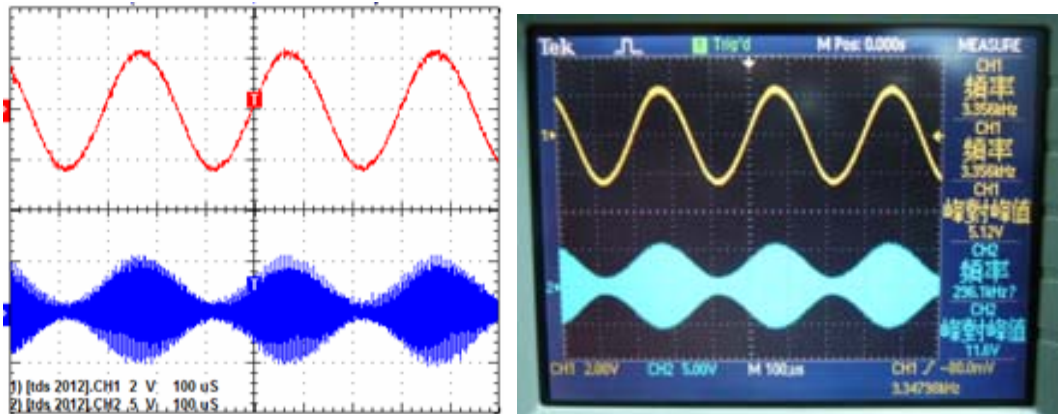
Resim 21-13

2. Resim 21-14'te gösterildiği gibi ses ve taşıyıcıyı modüle etmek için sırası ile Mod. ADJ VR4, VR7 ve VR10'u ayarlayın. Resim 21-14(a) 5 kHz lik Ses A sinyalini ve 500kHz 'lik taşıyıcı A ile modüle edilmiş AM modülasyonunu gösterir. Resim 21-14(b) 3.4 kHz lik Ses B sinyalini ve 300kHz 'lik taşıyıcı B ile modüle edilmiş AM modülasyonunu gösterir. Resim 21-14(c) 1 kHz lik Ses C sinyalini ve 105kHz 'lik taşıyıcı C ile modüle edilmiş AM modülasyonunu gösterir.



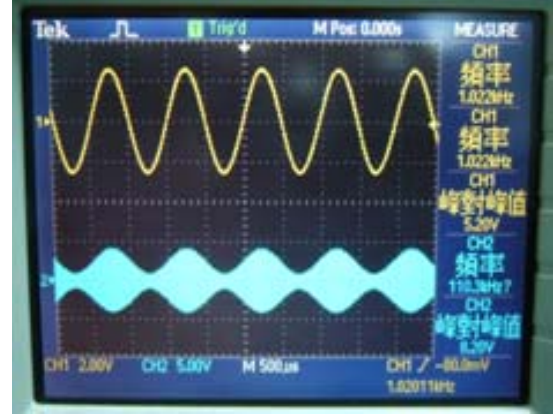
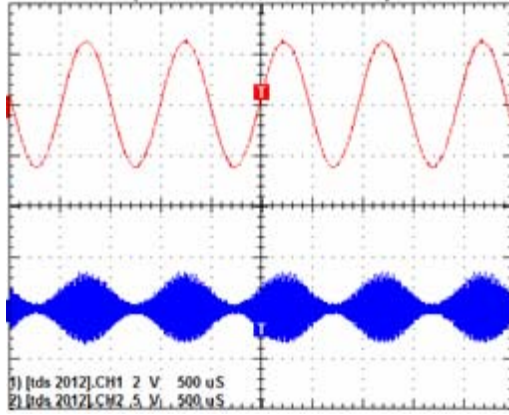
(CH1 Frekansı 5.17 KHz CH1 Vpp 5.04V)  
 (CH2 Frekansı 501.5 KHz CH2 Vpp 12.6V)

(a) 5 kHz Ses A ve 500 kHz lik taşıyıcı A ile AM modülasyonu



(CH1 Frekansı 3.356 KHz CH1 Vpp 5.12V)  
 (CH2 Frekansı 296.1 KHz CH2 Vpp 11.6V)

(b) 3.4 kHz Ses B ve 300 kHz lik taşıyıcı B ile AM modülasyonu



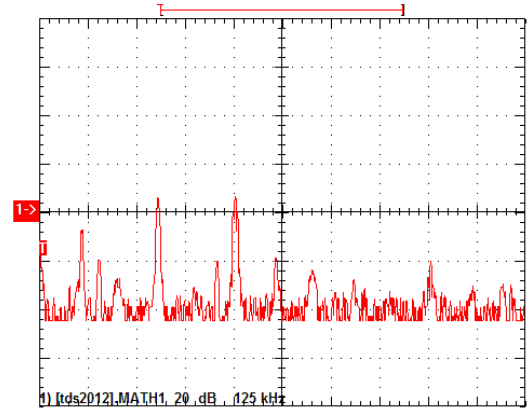
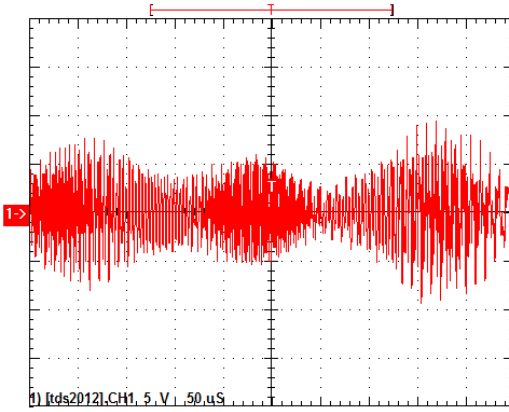
(CH1 Frekansı 1.022 KHz CH1 Vpp 5.20V)

(CH2 Frekansı 110.3 KHz CH2 Vpp 8.20V)

(c) 1 kHz Ses C ve 105 kHz lik taşıyıcı C ile AM modülasyonu

Resim 21-14

3. Üç farklı frekans ile modüle edilmiş sinyali modüle ettikten sonra FDM multiplexerin Toplayıcı kısmı ile kompozit sinyale birleştirilir. FDM multiplexer çıkışı FDM.O/P ve bunun spektrumu Resim 21-15'te gösterilmiştir.



Resim 21-15 FDM.O/P Çıkış dalga formu ve spektrumu

4. Tablo 21-1 de gösterildiği gibi sırası ile taşıyıcıları ve sesleri ayarlayınız. Her AM modüleli sinyali ve tablo 21-1deki FDM.O/P sinyalini kayıt ediniz ve analiz ediniz signal.

Tablo 21-1 3-Kanal FDM multiplexer ve FDM.O/P sinyalinin AM modülasyonu

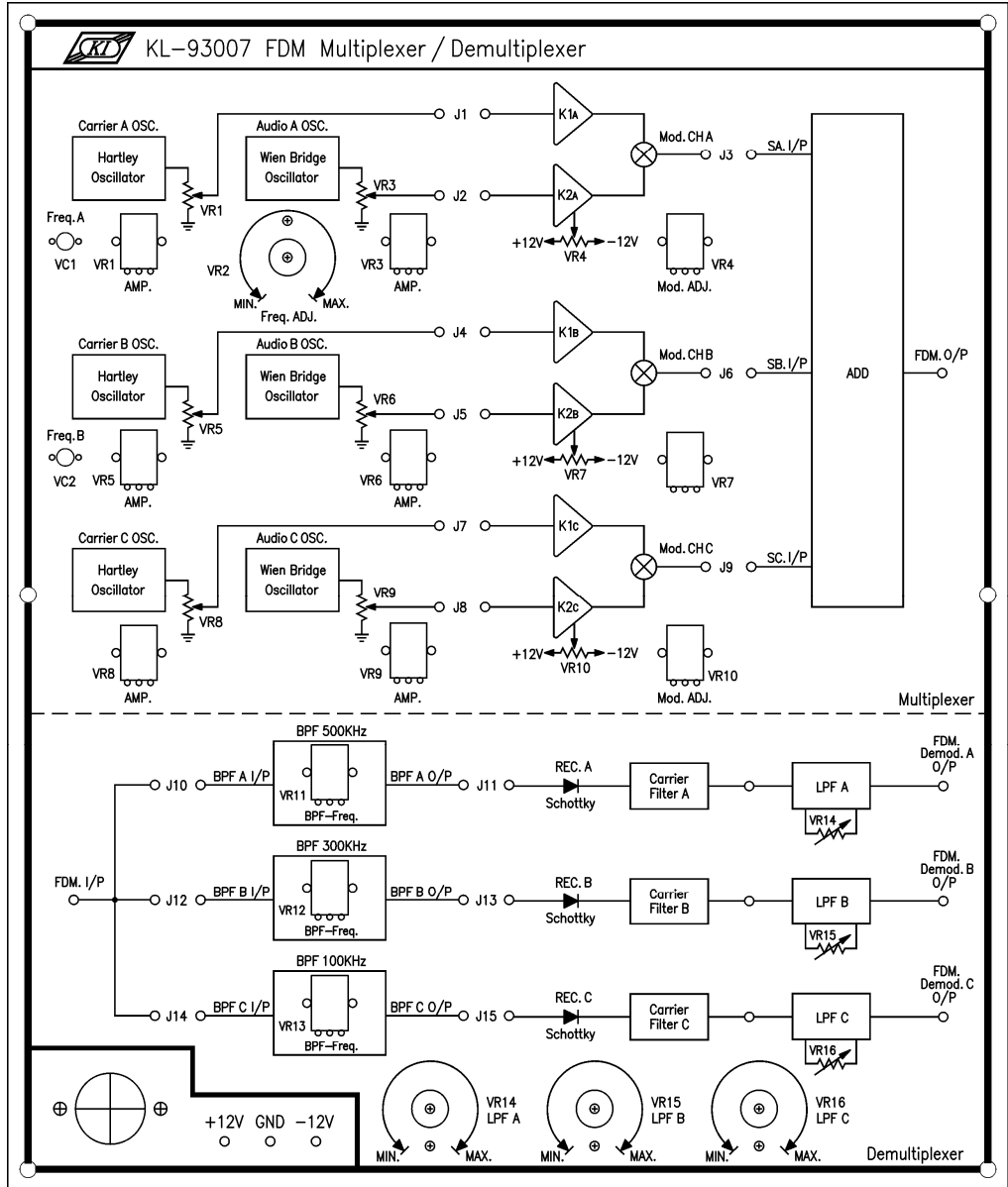
Giriş Sinyali	Ölçüm	Dalgaformu
<p>Kanal A AM modülasyon oranı 70% Taşıyıcı A: 530 KHz, 5Vpp Ses A : 5 KHz, 5Vpp</p> <p>Kanal B AM modülasyon oranı 80% Taşıyıcı B: 310 KHz, 5Vpp Ses B : 3.4 KHz, 5Vpp</p> <p>Kanal C AM modülasyon oranı 70% Taşıyıcı C: 105 KHz, 5Vpp Ses C : 1 KHz, 5Vpp</p>	AM modülasyon (Mod.CHA)	
	AM modülasyon (Mod.CHB)	
	AM modülasyon (Mod.CHC)	
	FDM.O/P	
	FDM.O/P spektrum	

Giriş Sinyali	Ölçüm	Dalgaformu
<p>Kanal A AM modülasyon oranı 70% Taşıyıcı A: 490 KHz, 5Vpp Ses A : 2 KHz, 5Vpp</p> <p>Kanal B AM modülasyon oranı 70% Taşıyıcı B : 290 KHz, 5Vpp Ses B : 3.4 KHz, 5Vpp</p> <p>Kanal C AM modülasyon oranı 90% Taşıyıcı C: 105 KHz, 5Vpp Ses C : 1 KHz, 5Vpp</p>	AM modülasyon (Mod.CHA)	
	AM modülasyon (Mod.CHB)	
	AM modülasyon (Mod.CHC)	
	FDM.O/P	
	FDM.O/P spektrum	



## Deney 21-2 FDM demultiplexerin bant-geçiren filtre karakteristikleri

FDM'deki üç kanalın taşıyıcı frekansı sırası ile 500 kHz, 300 kHz ve 100 kHz'dir. FDM multiplexerinden kompozit sinyali ayırabilmek için, taşıyıcılar arası enterferansı önlemek için her kanalın bant genişliği komşu kanalın üstüne gelmemelidir. Bu sistemdeki Tunerlerin bant-genişliği 100kHz 'dir, böylelikle bu kanallar 500KHz, 300KHz ve 100KHz 'de birbirlerini etkilemezler. KL-93007 3-kanal FDM demultiplexer modülü Resim 21-16'da gösterilmiştir. 500KHz, 300KHz ve 100KHz'de tunerin karakteristiği aşağıda gösterildiği gibidir.

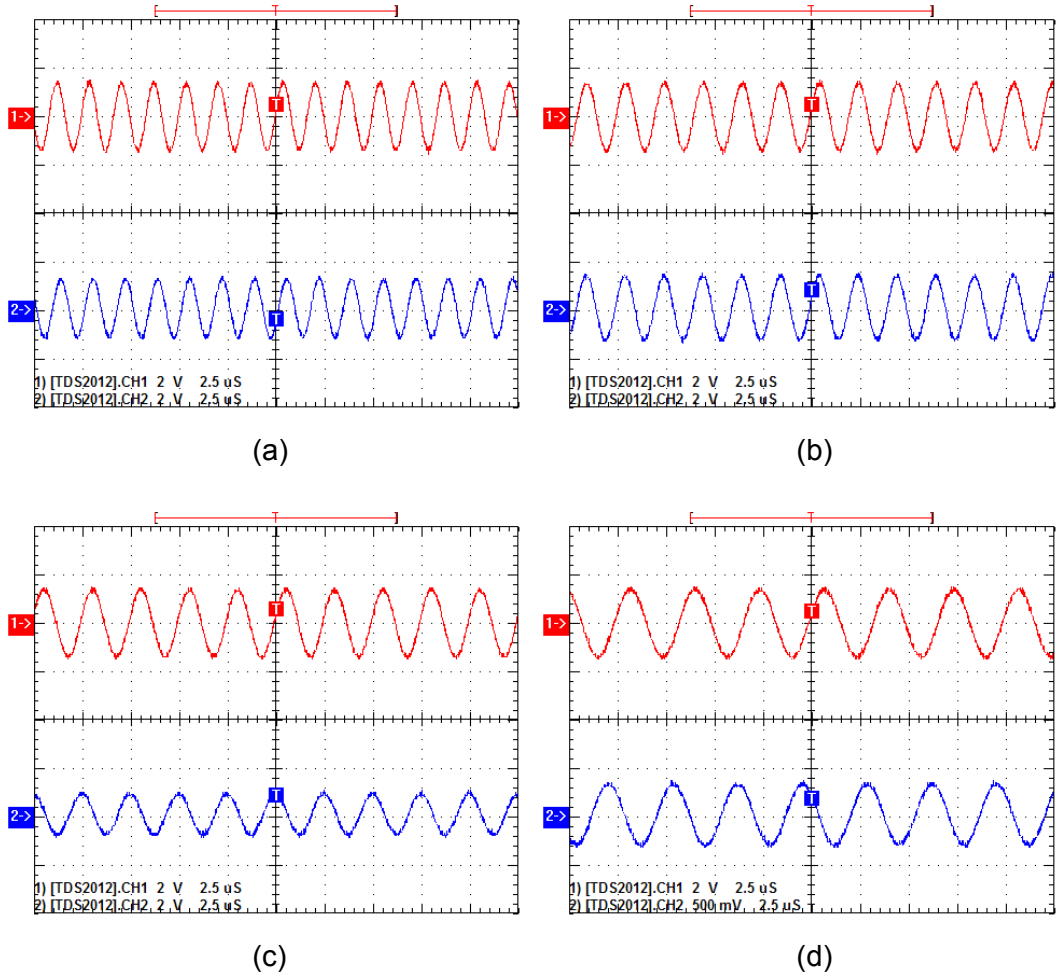


Resim 21-16 KL-93007 3-kanal demultiplexer modülü

1. 500 kHz Band-geçiren filtre yolu ile farklı frekanslardaki frekans tepkisi tablo 21-2'de gösterilmiştir. 600 kHz, 500 kHz, 400kHz ve 300 kHz gibi farklı giriş sinyallerinde çıkış dalga formu Resim 21-17'de gösterilmiştir.

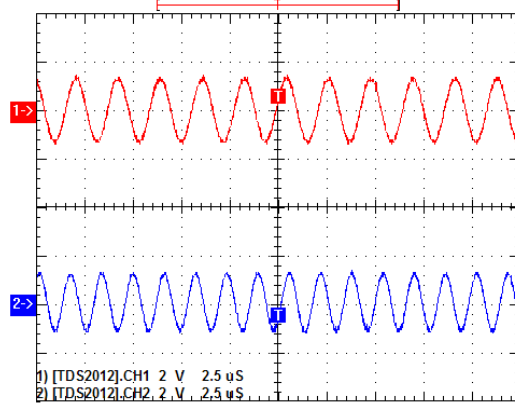
500KHz band-geçiren filtre (BPF A)			
BPFA I/P(Frekans)	Genlik Vpp	BPFA O/P(Frekans)	Genlik Vpp
600KHz	3Vpp	600KHz	2.6Vpp
500KHz	3Vpp	500KHz	3.0Vpp
400KHz	3Vpp	400KHz	2.0Vpp
300KHz	3Vpp	300KHz	800mVpp

Tablo 21-2 500 KHz BPF nin farklı girişlerdeki frekans cevabı



Resim 21-17 (a) 600 kHz sinyal ve 500 kHz'lik Bant-geçiren filtre üzerinden frekans cevabı  
(b) 500KHz sinyal ve 500 kHz'lik Bant-geçiren filtre üzerinden frekans cevabı  
(c) 400KHz sinyal ve 500 kHz'lik Bant-geçiren filtre üzerinden frekans cevabı  
(d) 300KHz sinyal ve 500 kHz'lik Bant-geçiren filtre üzerinden frekans cevabı

2. 500kHz'lik Bant-geçiren filtrenin ayarlanabilir sahası 570KHz - 460KHz'dir. Resim 21-18 VR11 ayarlanarak maksimum ve minimum frekans cevabını gösterir.

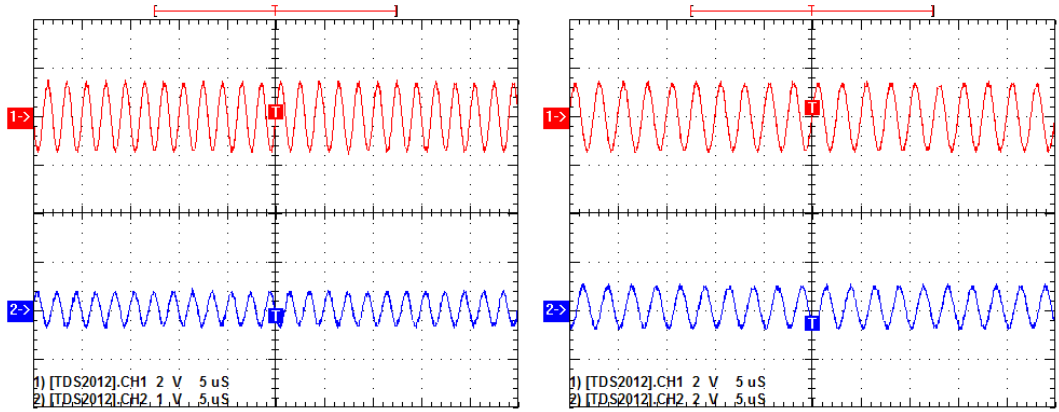


Resim 21-18 Ayarlanabilir 500kHz'lik Bant-geçiren filtrenin maksimum ve minimum frekans cevabı

3. 300kHz'lik band-geçiren filtre üzerinden farklı frekanslardaki frekans cevabı tablo 21-3'te gösterilmiştir. 500KHz, 400KHz, 300KHz, 200KHz ve 100KHz gibi farklı frekanslarda çıkış dalga formu Resim 21-19'da gösterilmiştir.

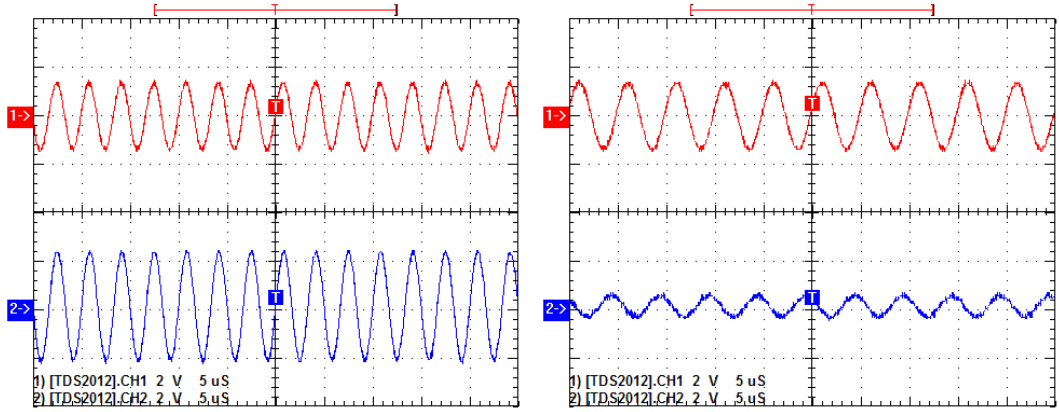
300KHz band-geçiren filtre (BPF B)			
BPF B I/P(Frekans.)	Genlik Vpp	BPF B O/P(Frekans.)	Genlik Vpp
500KHz	3Vpp	500KHz	850mVpp
400KHz	3Vpp	400KHz	2.5Vpp
300KHz	3Vpp	300KHz	4.8Vpp
200KHz	3Vpp	200KHz	1.3Vpp
100KHz	3Vpp	100KHz	120mVpp

Tablo 21-3 300 KHz BPF nin farklı girişlerdeki frekans cevabı



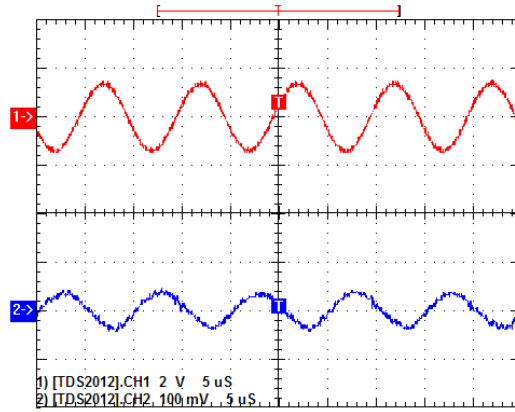
(a)

(b)



(c)

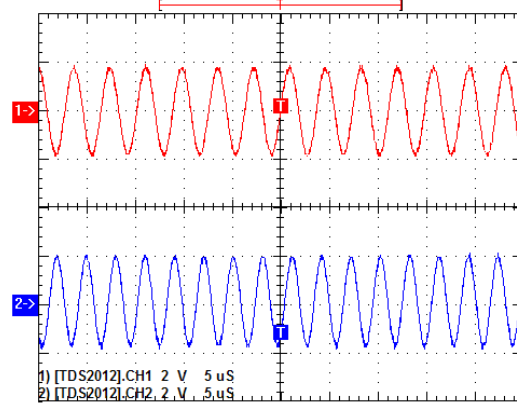
(d)



(e)

- Resim 21-19 (a) 500KHz sinyal ve 300 kHz'lik Band-geçiren filtre üzerinden frekans cevabı  
 (b) 400KHz sinyal ve 300 kHz'lik Bant -geçiren filtre üzerinden frekans cevabı  
 (c) 300KHz sinyal ve 300 kHz'lik Bant -geçiren filtre üzerinden frekans cevabı  
 (d) 200KHz sinyal ve 300 kHz'lik Bant -geçiren filtre üzerinden frekans cevabı  
 (e) 100KHz sinyal ve 300 kHz'lik Bant -geçiren filtre üzerinden frekans cevabı

4. 300kHz'lik ayarlanabilir Bant -geçiren filtrenin sahası 340kHz~270kHz arasındadır. Resim 21-20 VR12'nin ayarlanması ile maksimum ve minimum frekans cevabını gösterir.

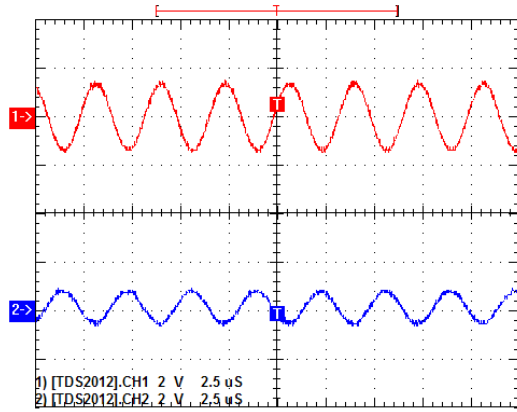


Resim 21-20 300kHz'lik ayarlanabilir band-geçiren filtrenin maksimum ve minimum frekans cevabı

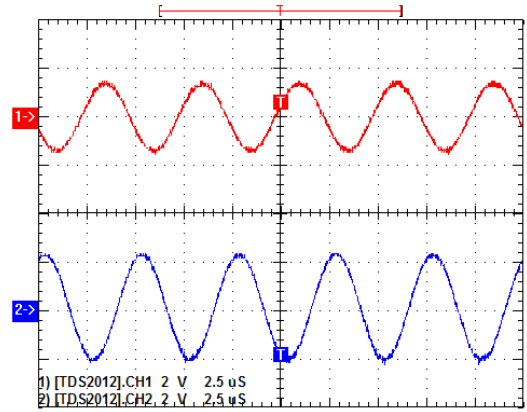
5. 100kHz'lik band-geçiren filtre üzerinden farklı frekanslardaki frekans cevabı tablo 21-4'te gösterilmiştir. 300kHz, 200kHz, 100kHz, 70kHz ve 30kHz gibi farklı frekanslarda çıkış dalga formu Resim 21-21'de gösterilmiştir.

100kHz Bant geçiren filtre (BPF C)			
BPF C I/P(Frekans)	Genlik Vpp	BPFC O/P(Frekans)	Genlik Vpp
300kHz	3Vpp	300kHz	1.7Vpp
200kHz	3Vpp	200kHz	4Vpp
100kHz	3Vpp	100kHz	13.8Vpp
70kHz	3Vpp	70kHz	6.5Vpp
30kHz	3Vpp	30kHz	950mVpp

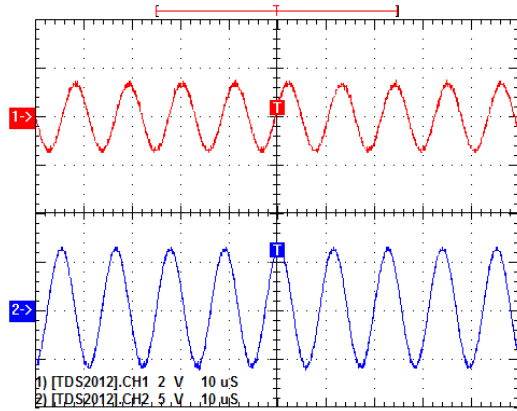
Tablo 21-4 100 kHz BPF nin farklı girişlerdeki frekans cevabı



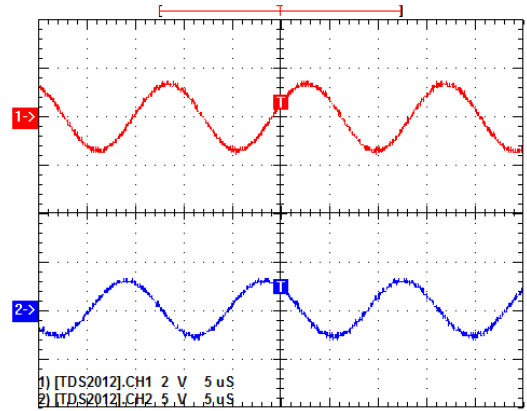
(a)



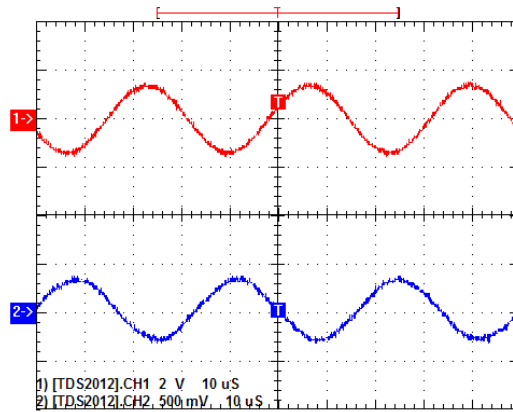
(b)



(c)



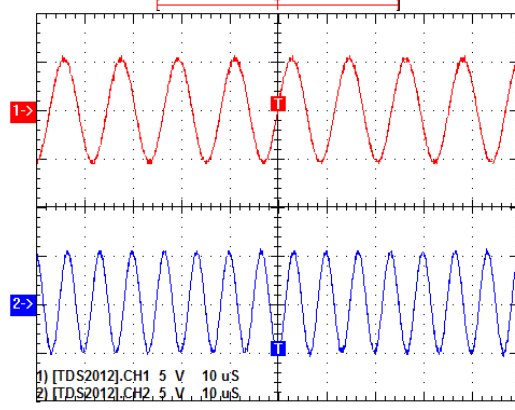
(d)



(e)

- Resim 21-21 (a) 300KHz sinyal ve 100 kHz'lik Band-geçiren filtre üzerinden frekans cevabı  
 (b) 200KHz sinyal ve 100 kHz'lik Band-geçiren filtre üzerinden frekans cevabı  
 (c) 100KHz sinyal ve 100 kHz'lik Band-geçiren filtre üzerinden frekans cevabı  
 (d) 70 KHz sinyal ve 100 kHz'lik Band-geçiren filtre üzerinden frekans cevabı  
 (e) 30 KHz sinyal ve 100 kHz'lik Band-geçiren filtre üzerinden frekans cevabı

6. Ayarlanabilir 100 kHz'lik Bant-geçiren filtrenin frekans sahası 150kHz ile 85 kHz arasındadır. Resim 21-22 VR13 ayarlanması ile maksimum ve minimum frekans cevabını gösterir.



Resim 21-22 Ayarlanabilir 100 kHz'lik Bant-geçiren filtrenin maksimum ve minimum frekans cevabı

7. Giriş sinyali Tablo 21-5'teki gibi, Bant-geçiren filtrenin frekansını ve genliğini sırası ile ayarlayınız. Tablo 21-5'te giriş ve çıkış dalgaformlarını kayıt ve analiz ediniz.

Tablo 21-5 Bant-geçiren filtre üzerinden farklı frekanslardaki frekans cevabı

Giriş Sinyali		Ölçüm	Dalgaformu
BPF A 500KHz	Giriş Sinyali 600KHz, 3Vpp	BPF A I/P ve BPF A O/P	
	Giriş Sinyali 500KHz, 3Vpp	BPF A I/P ve BPF A O/P	
	Giriş Sinyali 400KHz, 3Vpp	BPF A I/P ve BPF A O/P	
	Giriş Sinyali 300KHz, 3Vpp	BPF A I/P ve BPF A O/P	
	Giriş Sinyali 200KHz, 3Vpp	BPF A I/P ve BPF A O/P	
	Giriş Sinyali 100KHz, 3Vpp	BPF A I/P ve BPF A O/P	
	Ayarlanabilir BPF A	Minimum frekans ve maksimum frekans	

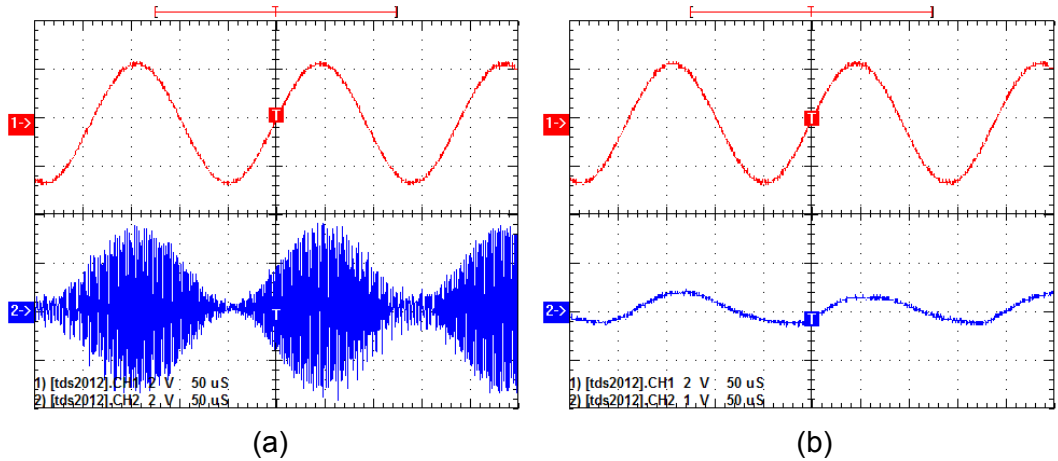


Giriş Sinyali		Ölçüm	Dalgaformu
BPF B 300KHz	Giriş Sinyali 500KHz, 3Vpp	BPF B I/P ve BPF B O/P	
	Giriş Sinyali 400KHz, 3Vpp	BPF B I/P ve BPF B O/P	
	Giriş Sinyali 300KHz, 3Vpp	BPF B I/P ve BPF B O/P	
	Giriş Sinyali 200KHz, 3Vpp	BPF B I/P ve BPF B O/P	
	Giriş Sinyali 100KHz, 3Vpp	BPF B I/P ve BPF B O/P	
	Ayarlanabilir BPF B	Minimum frekans ve maksimum frekans	

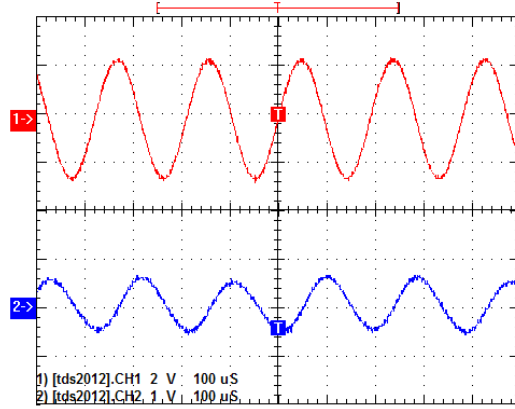
Giriş Sinyali		Ölçüm	Dalgaformu
BPF C 100KHz	Giriş Sinyali 300KHz, 3Vpp	BPF C I/P ve BPF C O/P	
	Giriş Sinyali 200KHz, 3Vpp	BPF C I/P ve BPF C O/P	
	Giriş Sinyali 100KHz, 3Vpp	BPF C I/P ve BPF C O/P	
	Giriş Sinyali 30KHz, 3Vpp	BPF C I/P ve BPF C O/P	
	Ayarlanabilir BPF C	Minimum frekans ve maksimum frekans	

### Deney 21-3 3-kanallı FDM demultiplexer deneyi

1. Resim 21-11'de gösterildiği gibi bağlantıları bitiriniz. Sonra FDM multiplexerin FDM.O/P 'yi demultiplexerin FDM.I/P yerine bağlayınız. İki sinyali VR4ü ayarlayarak modüle etmek için Ses A'yı (VR2) 5 kHz'e ve taşıyıcı A'yı (Freq.A) 500kHz'e Resim 21-23(a)'da gösterildiği gibi ayarlayınız. Bant-geçiren filtre A'yı (VR11) en uygun AM modülasyon sinyali elde etmek için 500kHz'e ayarlayınız. Böylelikle demodüle edilen sinyal zarf dedektörü (Schottky Diyot) ile ve taşıyıcı filtre A ile Resim 21-23(b)'de gösterildiği gibi ölçülebilir. Sonuçta Alçak geçiren filtre A gürültüyü taşıyıcılar arası enterferansı engeller. Kanal A'daki 5kHz'lik sinüzoidal sinyali geri elde etmek için Alçak geçiren filtre A'nın VR14'ünü ayarlayınız. Geri elde edilen sinyal Resim 21-24'te gösterilmiştir.

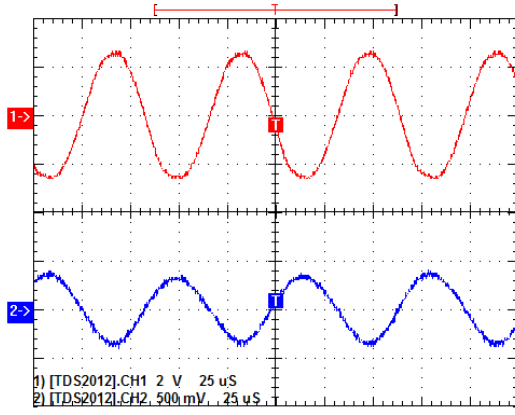


Resim 21-23 (a) 500kHz'lik Bant-geçiren filtre üzerinden 5kHz'lik Ses A ve bunu modüle eden 500kHz'lik taşıyıcı  
(b) 5 kHz'lik Ses A ve taşıyıcı filtre A'nın çıkışı (modüle edilmiş sinyal Bant-geçiren filtre, zarf dedektörü ve taşıyıcı filtreden geçer)

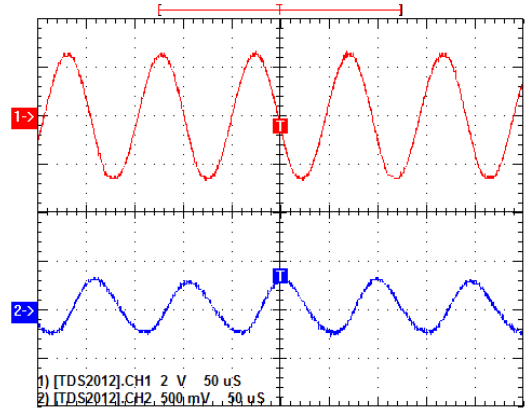


Resim 21-24 5kHz'lik Ses A ve FDM.Demod.A O/P demodüle edilmiş sinyal

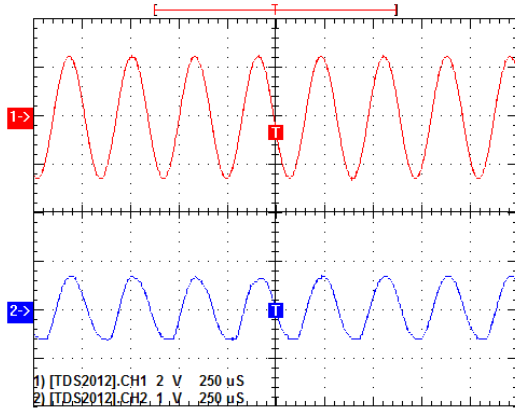
2.Ses A'nın giriş frekansları ve buna karşılık gelen demodüle edilmiş 15KHz, 10KHz, 3KHz ve 1.5KHz'deki ses sinyalleri Resim 21-25'te gösterilmiştir.



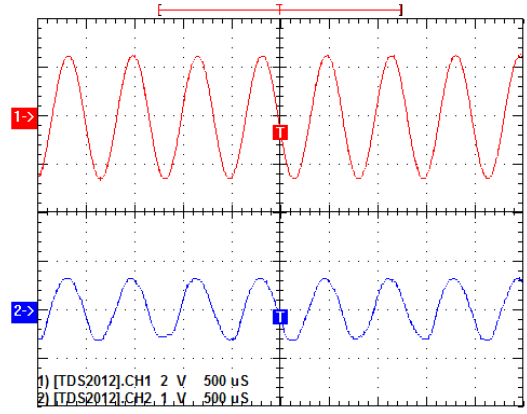
(a)



(b)



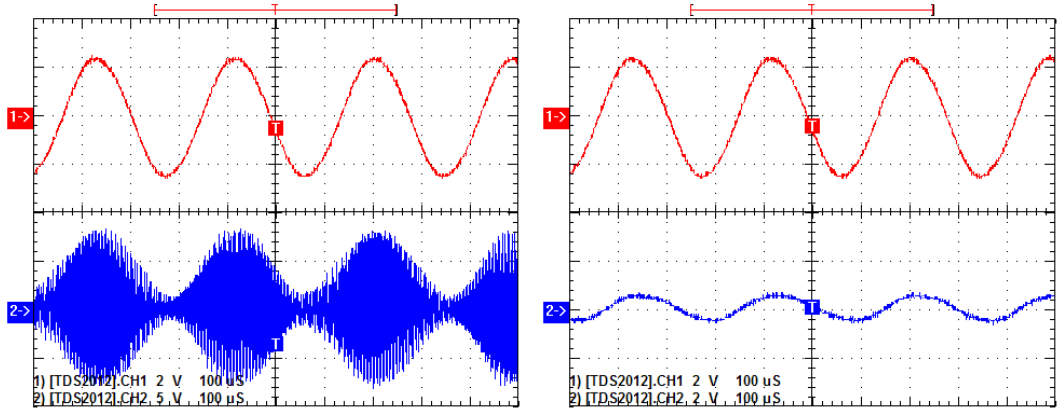
(c)



(d)

- Resim 21-25 (a) Ses A 15KHz ve FDM. Demod.A O/P demodüle edilmiş sinyal  
 (b) Ses A 10KHz ve FDM. Demod.A O/P demodüle edilmiş sinyal  
 (c) Ses A 3KHz ve FDM. Demod.A O/P demodüle edilmiş sinyal  
 (d) Ses A 15KHz ve FDM. Demod.A O/P demodüle edilmiş sinyal

3. Ses B sinyali 3.4kHz'e ayarlanmıştır. Resim 21-26(a)nın gösterdiği gibi VR7'yi ayarlayarak iki sinyali modüle etmek için Taşıyıcı B (Freq.B)'yi 300 kHz'e ayarlayınız.En iyi AM modülasyon sinyalini elde etmek için Bant-geçiren Filtre B (VR12)'yi merkez frekansı 300kHz olacak şekilde ayarlayınız. Böylelikle Resim 21-26(b)'de gösterildiği gibi demodüle edilen sinyal zarf dedektörü ve Taşıyıcı Filtre B aracılığıyla ölçülebilir. Son olarak, alçak geçiren filtre B gürültü ve taşıyıcılar arası enterferansı engeller. Kanal B'deki 3.4kHz'lik ses sinyalini geri elde etmek için alçak geçiren filtre B'nin VR15'ini ayarlayınız. Geri elde edilen sinyal Resim 21-27'de gösterilmiştir.

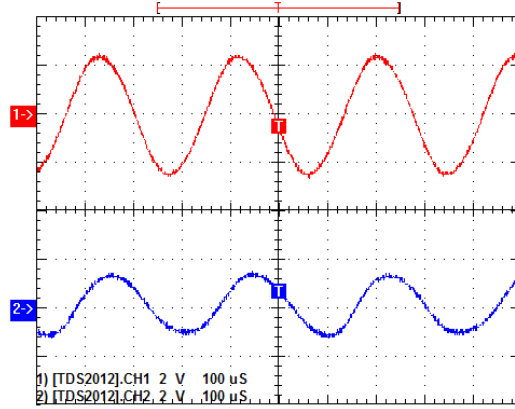


(a)

(b)

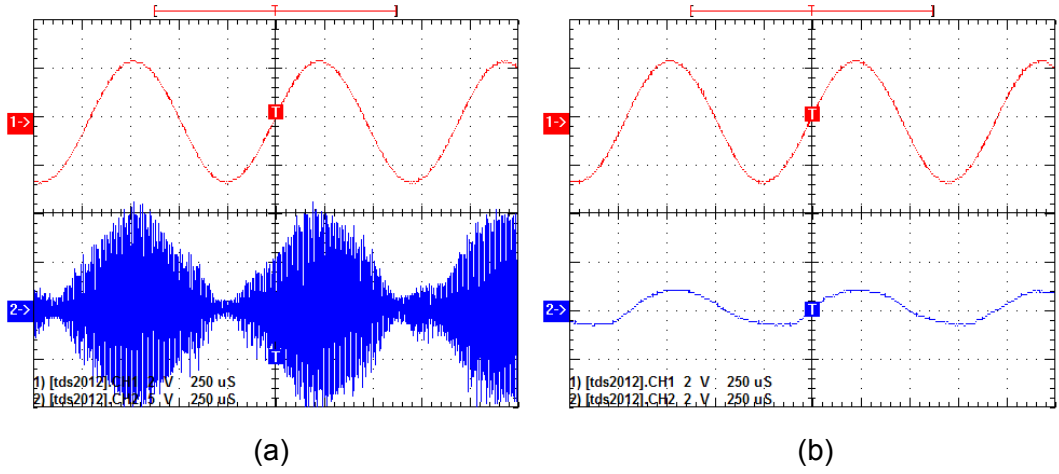
Resim 21-26 (a) 3.4kHz'lik Ses B ve 300kHz Band-geçiren filtre üzerinden 300kHz taşıyıcı ile AM modüledi sinyal

(b) 3.4kHz'lik Ses B ve Filtre B çıkışı (modüledi sinyal band geçiren filtreyi, zarf dedektörünü ve Taşıyıcı filtreyi geçiş)

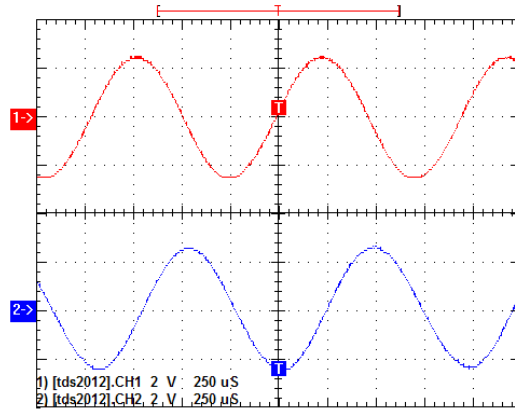


Resim 21-27 3.4kHz'lik Ses B ve FDM. Demod.B O/P demodüledi sinyal

4. Ses C'nin ve Taşıyıcı C'nin sinyali sırası ile 1.0kHz ve 100kHz'e ayarlayınız. Resim 21-28'de gösterildiği gibi iki sinyali modüle etmek için VR10'u ayarlayınız. En uygun AM modülasyonu elde etmek için band geçiren filtre C'yi (VR13) merkez frekans 100kHz olacak şekilde ayarlayınız. Böylelikle demodüle edilen sinyal zarf dedektörü ve Taşıyıcı Filtre aracılığıyla Resim 21-28(b)'de gösterildiği gibi ölçülebilir. Son olarak, alçak geçiren filtre C gürültü ve taşıyıcılar arası enterferansı engeller. Kanal C'deki 1.0kHz'lik sinüzoidal sinyali geri elde etmek için Alçak Geçiren filtre C'nin VR16 ayarını ayarlayınız. Geri elde edilen sinyal Resim 21-29'da gösterilmiştir.



Resim 21-28 (a) 1.0kHz Ses C ve 100kHz'lik Band geçiren filterden geçen 100kHz'lik taşıyıcı ile AM modülasyonu sinyali  
 (b) 1.0kHz Ses C ve Taşıyıcı Filtre C çıkışı (Modüle edilmiş sinyal band geçiren filterden, zarf dedektöründen ve Taşıyıcı Filtreden geçer)



Resim 21-29 1kHz'lik Ses C sinyali ve FDM.Demod.C O/P demodüle edilmiş sinyal

5. Giriş sinyali Tablo 21-6'daki gibi iken en uygun FDM demodüle edilmiş sinyali elde etmek için Band-geçiren filtrelerin merkez frekansını ve Alçak Geçiren filtrelerin genliğini ayarlayınız. Giriş ve çıkış dalgaformlarını Tablo 21-6'ya kaydediniz.



Tablo 21-6 3-kanal FDM giriş ve çıkış dalgaformları

Giriş Sinyali	Ölçüm	Dalgaformu
<p>Kanal A</p> <p>Taşıyıcı A: 500KHz, 5Vpp</p> <p>Ses A: 15KHz, 5Vpp</p>	FDM.O/P	
	BPF A O/P	
	Taşıyıcı Filtre A Çıkışı	
	FDM.Demod.A O/P	

Giriş Sinyali	Ölçüm	Dalgaformu
Kanal A  Taşıyıcı A: 500KHz, 5Vpp  Ses A: 5KHz, 5Vpp	FDM.O/P	
	BPF A O/P	
	Taşıyıcı Filtre A Çıkışı	
	FDM.Demod.A O/P	

Giriş Sinyali	Ölçüm	Dalgaformu
Kanal A  Taşıyıcı A: 500KHZ, 5Vpp  Ses A: 1.5KHz, 5Vpp	FDM.O/P	
	BPF A O/P	
	Taşıyıcı Filtre A Çıkışı	
	FDM.Demod.A O/P	

Giriş Sinyali	Ölçüm	Dalgaformu
<p>Kanal B</p> <p>Taşıyıcı B: 300KHz, 5Vpp</p> <p>Ses B: 3.4KHz, 5Vpp</p>	FDM.O/P	
	BPF A O/P	
	Taşıyıcı Filtre B Çıkışı	
	FDM.Demod.A O/P	

Giriş Sinyali	Ölçüm	Dalgaformu
Kanal C  Taşıyıcı C: 105KHz, 5Vpp  Ses C: 1.0KHz, 5Vpp	FDM.O/P	
	BPF A O/P	
	Taşıyıcı Filtre C Çıkışı	
	FDM.Demod.A O/P	