

# 6

## FOTOPLETİSMOGRAM ÖLÇÜMÜ

---

- 6.0 DENEYİN AMACI
- 6.1 FİZYOLOJİK PRENSİPLER
- 6.2 DEVRE AÇIKLAMALARI
- 6.3 GEREKLİ ELEMANLAR
- 6.4 DENEYİN YAPILIŞI
- 6.5 DENEY SONUÇLARI
- 6.6 SORULAR

# DENEY 6 FOTOPLETİSMOGRAM ÖLÇÜMÜ

## 6.0 DENEYİN AMACI

Deneyin amacı, bir infrared fotokuplör kullanılarak bir parmak arterinin çapındaki küçük değişimlerin nasıl ölçüldüğünü öğrencilerin öğrenmesini kolaylaştırmaktır. Ayrıca, öğrenciler bu alıştırmadan sonra bir periferel damar hacmindeki değişimleri daha kolay bir şekilde anlayabileceklerdir.

## 6.1 FİZYOLOJİK PRENSİPLER

Kalp sol ve sağ karıncıklardan oluşur ve dolaşım sisteminin temel organıdır. Üst ve alt ana toplardamardaki kan düşük oksijen içerir ve bu kan sağ kulakçığa akar. Sağ karıncık kulakçıktan gelen kanı akciğerlere pompalar. Akciğer alveollerinde, oksijen ile karbondioksit yer değiştirir. Temizlenen yüksek oksijenli kan sol kulakçığa geri döner ve sol karıncık tarafından aorta pompalanır ve arteryel sistem ile tüm vücuda dağılır. Dokulardaki en küçük damarlar kılcal damarlar olarak adlandırılır.

Kılcal damarlar, normal koşullarda dolaşan kanın %5'ini içeren çok küçük damarlardır. Kanın %5'ini oluşturan oksijen ve besin kılcal damar duvarlarından geçmeli ve hücrelere ulaşmalıdır. Karbondioksit ve artıklar ise hücrelerden kılcal damarlara geçmelidir. Kılcal damarlarda oluşan bu düşük oksijenli kan toplardamarlara yönelir. Bu işlemlerin sonucunda, kan alt ve üst ana toplar damar aracılığıyla sağ karıncığa geri döner. Bu sistem, dolaşım sistemi olarak adlandırılır. Arteryel sistem kan basıncını muhafaza edebilme yeteneğine sahiptir. Kalpten pompalanan kan arterlere girer ve küçük kılcal damarlara akar. Otonom sinir sisteminden gelen sinyaller küçük damarların büzgenlerini kontrol eder. Bu yöntem ile vücut kan dağılımını kendi kendine ayarlayabilir. Buna benzer olarak bir organa akan kan miktarı o bölgedeki bazı durumlara göre değişir. Örneğin, hücrelerdeki PH değeri düştüğünde, yada oksijen yoğunluğu azaldığında yada karbondioksit yoğunluğu yükseldiyse bu hücrelere daha fazla kan pompalanır. Damarlardaki büzgen kaslar gevşer ve böylece kılcal damarlara daha fazla kanın akması sağlanır.

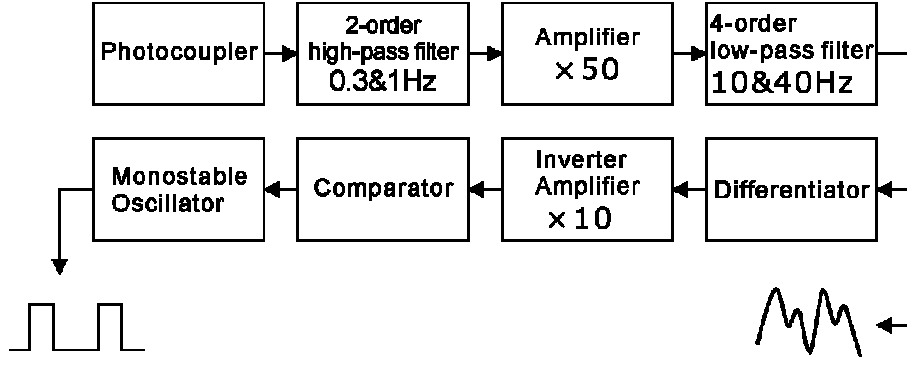
Bir organın çalışması ve dinlenmesi sırasındaki kan dağılımları tamamen farklıdır. Çalışma sırasında, deri ve gastrointestinal organlara giden kan azalır, iskelet kaslarına giden kan artar. Bu arada, kardiyak çıkış artar.

Kılcal damarlardaki kan miktarı kalbin kasılması ve gevşemesi ile değişir. Kılcal damardaki kan miktarının değişimi fotopletismogram kullanılarak kolayca ölçülebilir. Fotopletismogram tarafından algılanan sinyal damar hacmindeki değişimi gösterir. Sinyalin türevi kan akışı ile ilgilidir.

## 6.2 DEVRE AÇIKLAMALARI

### 1. Damar Hacmi Ölçümü Devresi Blok Diyagramı

Şekil 6.1, damar kılcal damarlarının hacmindeki değişimin ölçümünde ve kan akış grafiğini elde etmek için bir infrared fotokuplörün nasıl kullanıldığını göstermektedir. Diğer ışıklardan kaynaklanan girişimler, fotoresistörler yada ışıklı fotokuplörlerin kullanımı tekniklerinden daha üstün olan infrared teknik kullanılarak ortadan kaldırılabilir. Infrared fotokuplör ile algılanan sinyal 2-sıra yüksek geçiren filtre ile filtre edilir, böylece parmağın hareketlerinden kaynaklanabilecek drift gerilimini yok edilir ve bir sonraki devre katının doyma bölgesinde çalışmayacağı garanti altına alınır. Kuvvetlendirici devresi sinyali kuvvetlendirmek ve sonraki algılama devresinde oluşacak bozunumlardan korunmak için kullanılmıştır, ancak genellikle faz kaymasına neden olur. Burada, bir 4-sıra düşük geçiren filtre ile sadece 60Hz gürültü değil aynı zamanda yüksek frekanslı gürültüler de engellenir. Sinyal fark alıcıdan geçer ve bir sonraki devre katı kuvvetlendirilmiş olur. Karşılaştırıcı devre çıkışında bir kare dalga sinyal oluşacaktır. Bu kare dalga tek-kararlı multibratörü tetikler ve kalp atışları ile senkron, sabit darbe genişliğine sahip bir kare dalga üretilmiş olur. Bu deney sırasında, vücut kan basıncı ile kalp atışı değerleri artar. Kan basıncı eşik değere ulaştığında, çevresel kılcal damarlar tamamen açık durumda olur. Bu arada, damar hacminde çok küçük değişimler olur yada hiç değişme olmaz.



Şekil 6.1 Damar hacmi ve kalp atışının bir fotokuplör kullanılarak ölçümü

## 2. İnfrared Fotokuplör

Bir yarı iletkenin PN jonksiyonu, P-tipi katkı yarı iletken ile N-tipi katkı yarı iletkenden oluşur. P-tipi yarı iletken pozitif potansiyel ve N tipi yarı iletken de negatif potansiyel ile kutuplandığında, delik ve elektron taşıyıcılar jonksiyona hareket eder. Böylece bir delik elektron kombinasyonu oluşur. Ancak, PN jonksiyonu ters kutuplandığında, elektrik yükleri jonksiyondan uzaklaşırlar. Jonksiyon bölgesinde serbest elektrik yükleri bulunmadığından bir deplesyon bölgesi oluşur. Bu arada, P ve N tipi yarıiletkenlerdeki azınlık taşıyıcılar deplesyon bölgesine geçerler, ve bir kaçak akıma neden olurlar. PN jonksiyon yarıiletkende N tipi yarı iletken katmanı ışığın geçebileceği kadar incedir, ve bu nedenle bazı elektronlar ışıkla uyarılır ve kaçak akım oluşur. Kaçak akım ışık yoğunluğu ile doğru orantılıdır. Aynı prensip fototransistör olarak adlandırılan NPN tipi transistörlere de uygulanabilir. Fototransistörde, baz bir ışık maskesi gibidir ve dışardan gelen ışıkları alabilir. Böylece, ışık dalgaları baza geldiğinde bir kollektör-emetör akımı oluşur.

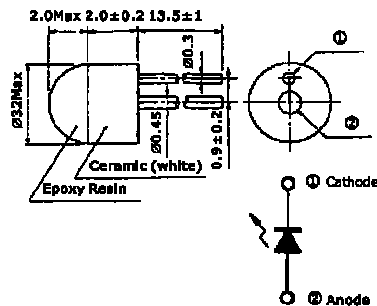
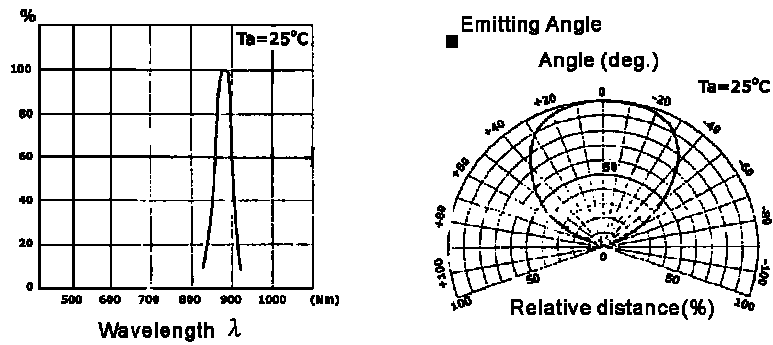
İnfrared fotokuplör, bir infrared diyot ile bir fototransistörden oluşur. Kılcal damarlardaki kan akışındaki değişime göre bu doku yapısı değişir. Bu nedenle, deneğin derisi fotokuplör ile temas ettiğinde, yansıyan infrared ışık yoğunluğu kan akışı ile değişir. Zayıf olmasına rağmen, yansıyan ışık sinyali bir fotokuplör ile algılanabilir. Görünebilir ışıkların girişiminden korunmak için, verici diyot ve alıcı transistör için 880 nm dalga boyulu maksimum güçlü infrared ışık seçilir.

Kodenshi şirketi tarafından üretilen, bir 'ışık yayan diyet' (LED: Light Emitting Diode), CL-1CL3, ve bir fototransistör, CL-1CL3H, bu deney modülünde kullanılmıştır. Şekil 6.2, CL-1CL3'ün dalga boyu aralığını, ışık yayma açısını ve pin konfigürasyonunu göstermektedir. Şekil 6.3 ise, CL-1CL3H dalga boyu aralığını, ışık alma açısını ve pin konfigürasyonunu göstermektedir. Işık yayan diyet Şekil 6.4'te gösterildiği gibi iletim yönünde kutuplama ile çalışır. CL-1CL3 teknik değerlerine göre,  $V_F = 1.5V$  (maks) ve  $I_F = 40mA$  (maks). Güvenlik amacıyla, maksimum değerinin onda biri kadar bir akım değer seçilmiştir, bu akım değeri için kullanılacak  $Z_1$  değeri şu şekilde hesaplanır:

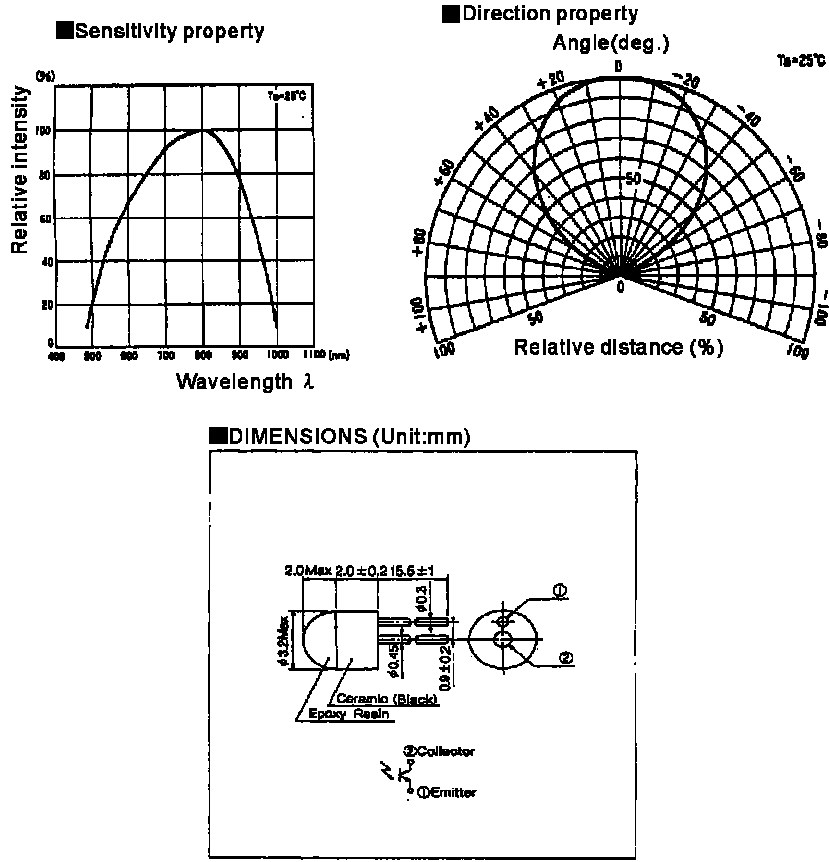
$$Z_1 = \frac{(5-1.5)V}{4mA} = 1.1K\Omega$$

Fototransistör Şekil 6.4'te gösterildiği gibi ortak kollektör yapısında çalışmaktadır. CL-1CL3H teknik değerlerine göre çalışma noktasının  $V_{CE} = 2.5V$  ve  $I_C = 2mA$  olması için ( $Z_3+Z_2$ ) değerinin şu değerde olması gerekmektedir:

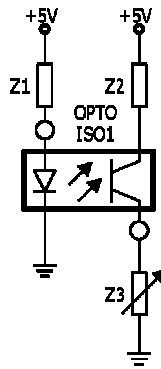
$$Z_3 + Z_2 = \frac{(5-2.5)V}{2mA} = 1.25K\Omega$$



Şekil 6.2 CL-1CL3 Dalga Boyu Aralığı, Yayma Açısı ve Pin Konfigürasyonu.

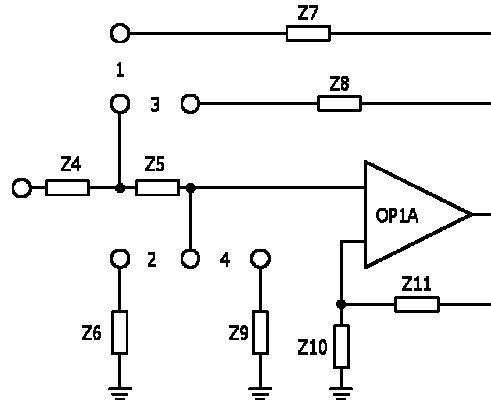


Şekil 6.3 CL-1CL3H Dalga Boyu Aralığı, Alma Açısı ve Pin Konfigürasyonu.



Şekil 6.4 Fotokuplör Bağlantı Şeması.

### 3. Yüksek Geçiren Filtre



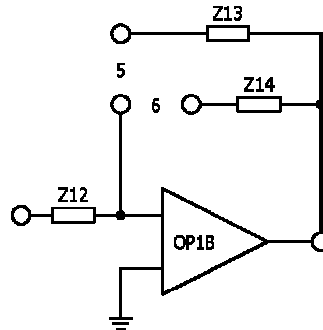
Şekil 6.5 Yüksek Geçiren Filtre Kutuplama Devresi

Yüksek geçiren filtrenin (Şekil 6.5) amacı, parmak hareketlerinden kaynaklanabilecek drift gerilimini yok etmek ve bir sonraki devre katının doyma bölgesinde değil normal bölgede çalışacağını garanti altına almaktır. Burada yüksek geçiren filtre Butterworth filtrelerinden biridir, kazancı  $A_V$ , ve 3dB frekansı Denklem 6.1 ve Denklem 6.2 ile hesaplanabilir.

$$A_V = \frac{(Z_{10} + Z_{11})}{Z_{10}} = 1.51 \quad (6.1)$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi\sqrt{Z_4 Z_5 Z_6 Z_7}} \text{ yada } f_H = \frac{1}{2\pi\sqrt{Z_4 Z_5 Z_8 Z_9}} \quad (6.2)$$

### 4. Kuvvetlendirici

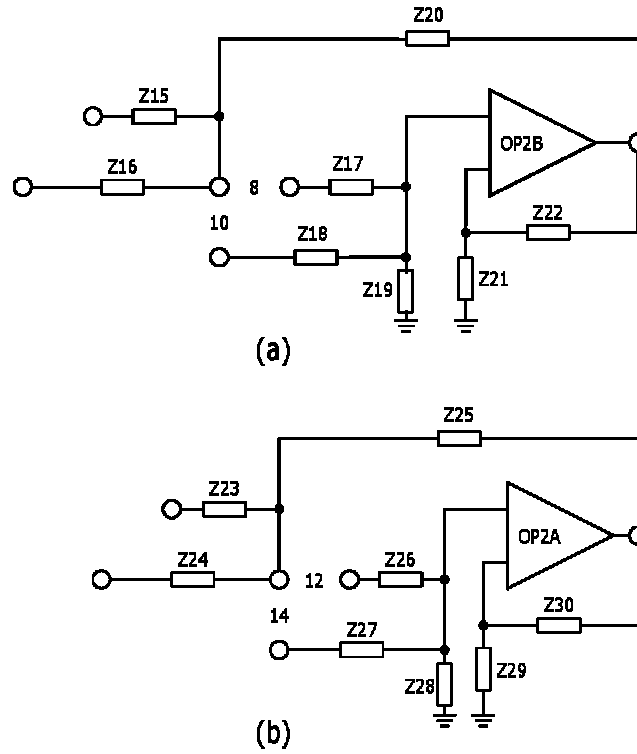


Şekil 6.6 Kuvvetlendirici Devresi

Şekil 6.6, bir sonraki devre katı için sinyal kuvvetlendirmek için kullanılan bir kuvvetlendirici devresini göstermektedir. Kazancı 50 civarında olan eviren kuvvetlendiricinin kazancı Denklem 6.3'te ifade edilmiştir.

$$A_v = \frac{-Z_{13}}{Z_{12}} \text{ yada } A_v = \frac{-Z_{14}}{Z_{12}} \quad (6.3)$$

## 5. Düşük Geçiren Filtre



Şekil 6.7 Düşük Geçiren Filtre Devresi

Düşük geçiren filtrenin (Şekil 6.7) amacı, güç kaynağı ve flüoresan lambalardan kaynaklanan görünebilir ışıklardan kaynaklanan yüksek frekanslı gürültüyü yok etmektir. Burada, düşük geçiren filtre Butterworth filtrelerinden biridir, kazancı  $A_{v1}$  ve  $A_{v2}$ , ve 3dB frekansı sırasıyla Denklem 6.4, 6.5, 6.6 ve 6.7 ile hesaplanabilir.

$$A_{v1} = \frac{(Z_{21} + Z_{22})}{Z_{21}} = 1.15 \quad (6.4)$$

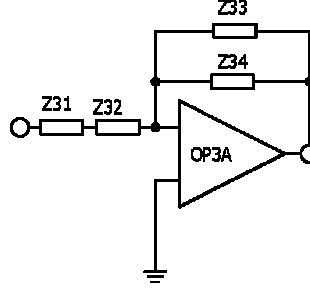
$$A_{v2} = \frac{(Z_{29} + Z_{30})}{Z_{29}} = 2.21 \quad (6.5)$$



$$f_{L1} = \frac{1}{2\pi\sqrt{Z_{15}Z_{17}Z_{19}Z_{20}}} \text{ yada } f_{L1} = \frac{1}{2\pi\sqrt{Z_{16}Z_{18}Z_{19}Z_{20}}} \quad (6.6)$$

$$f_{L2} = \frac{1}{2\pi\sqrt{Z_{23}Z_{25}Z_{26}Z_{28}}} \text{ yada } f_{L2} = \frac{1}{2\pi\sqrt{Z_{24}Z_{125}Z_{27}Z_{28}}} \quad (6.7)$$

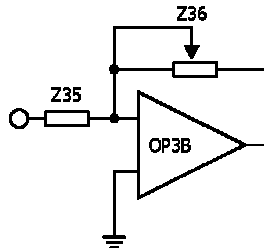
## 6. Fark Alıcı Devre



Şekil 6.8 Fark Alıcı Devre

Fark alıcı devre (Şekil 6.8) sinyaldeki değişim miktarını arttırabilir, böylece sinyaldeki küçük değişimleri incelemek daha kolaylaşır. Gerçekten, DC etkisi işlemsel kuvvetlendiricileri doyma bölgesine geçirebilir ve fark alıcı devrenin anormal çalışmasına neden olabilir. Gürültünün yüksek bileşenini ortadan kaldırmak için bir yüksek geçiren filtre devresi kullanılmıştır.

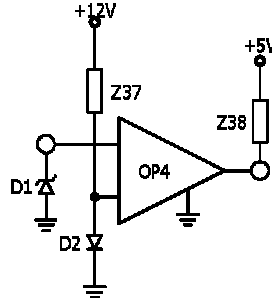
## 7. Evirici



Şekil 6.9 Evirici Devre

Sinyal fark alıcı devreden çıktığında  $180^\circ$  fazda bir sinyal üretilmiş olur. Bu sorunu çözmek için bir evirici kullanılarak sinyal fazına geri dönülür.

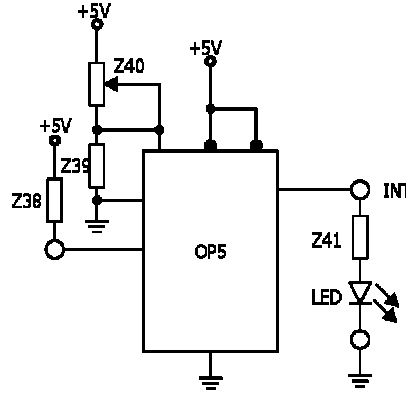
## 8. Karşılaştırıcı



Şekil 6.10 Karşılaştırıcı Devre

D2 iletme geçme gerilimi referans gerilim olarak kullanılır, yanlış bit tetikleme darbesi oluşturmaktan kaçınmak amacıyla aort kapakçığının kapanmasından kaynaklanan kan basıncındaki ilk yansıma alınmaz, bkz Şekil 6.10. D1 üzerindeki gerilim düşümü karşılaştırıcının bir girişi olarak kullanılır, böylece karşılaştırıcının anormal çalışmasına neden olabilecek yük birikmesi engellenir. Bir kalp atışında, tek-kararlı multibratörü tetiklemek üzere karşılaştırıcı tarafından sadece bir darbe üretilebilir.

## 9. Tek-kararlı Multibratör



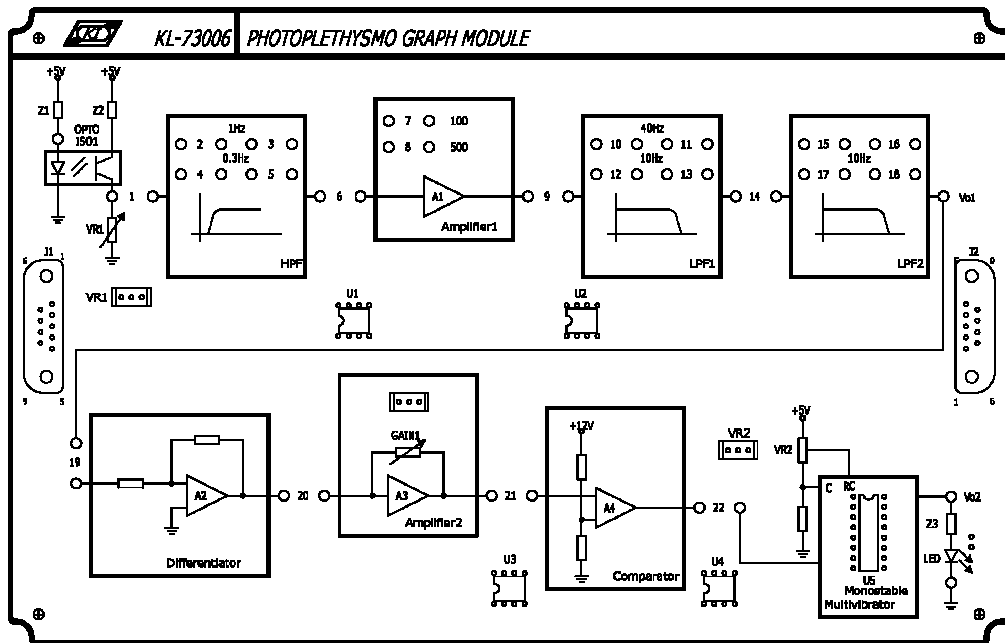
Şekil 6.11 Tek-kararlı Multibratör Devresi

Şekil 6.11, bir pozitif tetikleme sinyali ile bir darbe üreten tek-kararlı multibratörü göstermektedir. Darbe genişliği Z39 ve Z40 ile kontrol edilebilir. Eğer multibratör çıkışına bir LED takılırsa, bu LED'in her bir kalp atışında yanıp söndüğü görülür.

## 6.3 GEREKLİ ELEMANLAR

1. KL-71001 Ana Kontrolör
2. KL-73006 Deney Modülü
3. İnfared Fotokuplör (KL-73006A)
4. Dijital Bellekli Osiloskop (Ekstra donanım)
5. 10mm Bağlantı Fişleri
6. D-sub 9-9 Kablo

## 6.4 DENEYİN YAPILIŞI



Şekil 6.12 Damar Hacmi Ölçümü Modülü

### 1. Yüksek-Geçiren Filtre Karakteristikleri Deneyi

- (1) KL-73006'nın J2 bağlantı yuvasını KL-71001'in MODULE OUTPUT terminaline bağlayınız. Herhangi iki devre bloğu arasında bir bağlantı fişine ihtiyaç yoktur.
- (2) KL-71001'in fonksiyon üretici çıkışını KL-73006'nın '1' numaralı terminal girişine, KL-71001'in GND terminalini KL-73006'nın toprak terminaline bağlayınız. 2 ve 3 ile işaretli terminalleri bağlantı fişi ile

bağlayınız. Fonksiyon üreticinin sinüsoidal frekansını maksimum değerine, genliğini 1 Vpp değerine ayarlayınız. Fonksiyon üretici çıkışını osiloskobun CH1 kanalına, ve HPF çıkış terminalini osiloskobun CH2 kanalına bağlayınız.

- (3) Frekansı değişik değerlere ayarlayınız, ve yüksek-geçiren filtrenin çıkış genliğini Sonuçlar bölümündeki Tablo 6.1'de gösterilen yere kaydediniz.
- (4) Tablo 6.1'deki sonuçlara bakarak, yüksek-geçiren filtrenin karakteristik eğrisini Sonuçlar bölümünde Tablo 6.2'de gösterilen yere çizin.
- (5) 2 ve 3 ile işaretli terminallerdeki bağlantıyı sökünüz ve 4 ve 5 işaretli terminallere takınız.
- (6) Fonksiyon üretici tarafından üretilen minimum frekans 1 Hz olduğundan yüksek geçiren filtrenin 0.1Hz kutbunu ölçemeyiz. 0.1Hz ölçümünün yapılabilmesi için 0.1Hz frekans üretebilen bir fonksiyon üreticisine gereksinim vardır. Bu ölçümü yapmak için 3. ve 4. adımları tekrarlayınız ve sonuçları Tablo 6.1'e kaydediniz.

## 2. Kuvvetlendirici (1) Deneyi

- (1) KL-73006'nın J2 bağlantı yuvasını KL-71001'in MODULE OUTPUT terminaline bağlayınız. Herhangi iki devre bloğu arasında bir bağlantı fişine ihtiyaç yoktur.
- (2) KL-71001'in fonksiyon üretici çıkışını KL-73006'nın '6' numaralı terminal girişine, KL-71001'in GND terminalini KL-73006'nın toprak terminaline bağlayınız. 7 ile işaretli terminali bağlantı fişi ile bağlayınız. Fonksiyon üretici çıkışını osiloskobun CH1 kanalına, ve "Amplifier 1" çıkış terminalini osiloskobun CH2 kanalına bağlayınız.
- (3) Fonksiyon üreticinin sinüsoidal frekansını 100Hz değerine, genliğini 50mVpp değerine ayarlayınız. Kuvvetlendirici çıkış genliğini Sonuçlar bölümündeki Tablo 6.3'te gösterilen yere kaydediniz.
- (4) 7 ile işaretli terminaldeki bağlantı fişini söküp 8 numara ile işaretli terminale takınız. Kuvvetlendirici çıkış genliğini Sonuçlar bölümünde Tablo 6.3'te gösterilen yere kaydediniz.
- (5) Eğer kuvvetlendirici çıkışı doyma bölgesindeyse, bozunumdan korunmak için fonksiyon üreticinin çıkış genliğini azaltınız.

### 3. Düşük Geçiren Filtre (1) Karakteristikleri Deneyi

- (1) KL-73006'nın J2 bağlantı yuvasını KL-71001'in MODULE OUTPUT terminaline bağlayınız. Herhangi iki devre bloğu arasında bir bağlantı fişine ihtiyaç yoktur.
- (2) KL-71001'in fonksiyon üretici çıkışını KL-73006'nın '9' numaralı terminal girişine, KL-71001'in GND terminalini KL-73006'nın toprak terminaline bağlayınız. 10 ve 11 ile işaretli terminalleri bağlantı fişi ile bağlayınız. Fonksiyon üreticinin sinüsoidal frekansını minimum değerine, genliğini 1 Vpp değerine ayarlayınız. Fonksiyon üretici çıkışını osiloskobun CH1 kanalına, ve LPF1 çıkış terminalini osiloskobun CH2 kanalına bağlayınız.
- (3) Frekansı değişik değerlere ayarlayınız, ve düşük-geçiren filtrenin çıkış genliğini Sonuçlar bölümündeki Tablo 6.4'te gösterilen yere kaydediniz.
- (4) 10 ve 11 ile işaretli terminallerdeki bağlantıyı sökünüz ve 12 ve 13 işaretli terminallere takınız. Kuvvetlendirici çıkış genliğini Sonuçlar bölümünde Tablo 6.4'te gösterilen yere kaydediniz.
- (5) Tablo 6.4'teki sonuçlara bakarak, düşük-geçiren filtrenin karakteristik eğrisini Sonuçlar bölümünde Tablo 6.5'de gösterilen yere çiziniz.

### 4. Düşük Geçiren Filtre (2) Karakteristikleri Deneyi

- (1) KL-73006'nın J2 bağlantı yuvasını KL-71001'in MODULE OUTPUT terminaline bağlayınız. Herhangi iki devre bloğu arasında bir bağlantı fişine ihtiyaç yoktur.
- (2) KL-71001'in fonksiyon üretici çıkışını KL-73006'nın '14' numaralı terminal girişine, KL-71001'in GND terminalini KL-73006'nın toprak terminaline bağlayınız. 15 ve 16 ile işaretli terminalleri bağlantı fişi ile bağlayınız. Fonksiyon üreticinin sinüsoidal frekansını minimum değerine, genliğini 1 Vpp değerine ayarlayınız. Fonksiyon üretici çıkışını osiloskobun CH1 kanalına, ve LPF2 çıkış terminalini osiloskobun CH2 kanalına bağlayınız.
- (3) Frekansı değişik değerlere ayarlayınız, ve düşük-geçiren filtrenin çıkış genliğini Sonuçlar bölümündeki Tablo 6.6'da gösterilen yere kaydediniz.

- (4) 15 ve 16 ile işaretli terminallerdeki bağlantıyı sökünüz ve 17 ve 18 işaretli terminallere takınız. Kuvvetlendirici çıkış genliğini Sonuçlar bölümünde Tablo 6.6'da gösterilen yere kaydediniz.
- (5) Tablo 6.6'daki sonuçlara bakarak, düşük-geçiren filtrenin karakteristik eğrisini Sonuçlar bölümünde Tablo 6.7'de gösterilen yere çiziniz.

## 5. Fark Alıcı Devre Deneyi

- (1) KL-73006'nın J2 bağlantı yuvasını KL-71001'in MODULE OUTPUT terminaline bağlayınız. Herhangi iki devre bloğu arasında bir bağlantı fişine ihtiyaç yoktur.
- (2) KL-71001'in fonksiyon üretici çıkışını KL-73006'nın '19' numaralı terminal girişine, KL-71001'in GND terminalini KL-73006'nın toprak terminaline bağlayınız. Fonksiyon üreticinin sinüsoidal frekansını minimum değerine, genliğini 1 Vpp değerine ayarlayınız. Fonksiyon üretici çıkışını osiloskobun CH1 kanalına, ve 'Differentiator' çıkış terminalini osiloskobun CH2 kanalına bağlayınız.
- (3) Frekans değişik değerlere ayarlayınız, ve fark alıcı çıkış genliğini Sonuçlar bölümündeki Tablo 6.8'de gösterilen yere kaydediniz.

## 6. Kuvvetlendirici (2) Deneyi

- (1) KL-73006'nın J2 bağlantı yuvasını KL-71001'in MODULE OUTPUT terminaline bağlayınız. Herhangi iki devre bloğu arasında bir bağlantı fişine ihtiyaç yoktur.
- (2) KL-71001'in fonksiyon üretici çıkışını KL-73006'nın '20' numaralı terminal girişine, KL-71001'in GND terminalini KL-73006'nın toprak terminaline bağlayınız. Fonksiyon üretici çıkışını osiloskobun CH1 kanalına, ve "Amplifier 2" çıkış terminalini osiloskobun CH2 kanalına bağlayınız.
- (3) Fonksiyon üreticinin sinüsoidal frekansını 1KHz değerine, genliğini 100mVpp değerine ayarlayınız. GAIN 1 SVR değerini ayarlayarak kuvvetlendirici çıkışını Sonuçlar bölümünde Tablo 6.9'da gösterilen yere kaydediniz.

- (4) Eğer kuvvetlendirici çıkışı doyma bölgesindeyse, bozunumdan korunmak için fonksiyon üretcinin çıkış genliğini azaltınız.

## 7. Karşılaştırmalı Deneyi

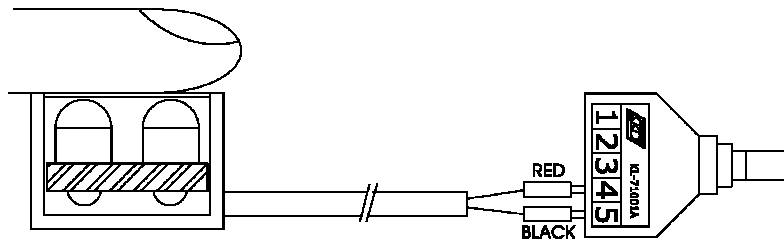
- (1) KL-73006'nın J2 bağlantı yuvasını KL-71001'in MODULE OUTPUT terminaline bağlayınız. Herhangi iki devre bloğu arasında bir bağlantı fişine ihtiyaç yoktur.
- (2) KL-71001'in fonksiyon üretci çıkışını KL-73006'nın '20' numaralı terminal girişine, KL-71001'in GND terminalini KL-73006'nın toprak terminaline bağlayınız. 21 ve 22 ile işaretli terminalleri bağlantı fişi ile bağlayınız. Fonksiyon üretci çıkışını osiloskobun CH1 kanalına, ve 'Comparator' çıkış terminalini osiloskobun CH2 kanalına bağlayınız.
- (3) Sinüsoidal çıkış frekansı 100Hz, çıkış genliği 200mVpp olacak şekilde fonksiyon üretcini ayarlayınız. Karşılaştırmalıdan bir çıkış alıncaya kadar GAIN 1 SVR değerini ayarlayınız. Karşılaştırmalı çıkış dalga şeklini Sonuçlar bölümünde Tablo 6.10'a kaydediniz.

## 8. Tek-kararlı Devre Deneyi

- (1) KL-73006'nın J2 bağlantı yuvasını KL-71001'in MODULE OUTPUT terminaline bağlayınız. Herhangi iki devre bloğu arasında bir bağlantı fişine ihtiyaç yoktur.
- (2) KL-71001'in fonksiyon üretci çıkışını KL-73006'nın '20' numaralı terminal girişine, KL-71001'in GND terminalini KL-73006'nın toprak terminaline bağlayınız. 21 ve 22 ile işaretli terminalleri bağlantı fişi ile bağlayınız. Fonksiyon üretci çıkışını osiloskobun CH1 kanalına, ve 'Monostable Multibrator' çıkış terminalini osiloskobun CH2 kanalına bağlayınız.
- (3) Sinüsoidal çıkış frekansı 1Hz, çıkış genliği 100mVpp olacak şekilde fonksiyon üretcini ayarlayınız. Karşılaştırmalıdan bir çıkış alıncaya kadar GAIN 1 SVR değerini ayarlayınız. Karşılaştırmalı çıkış dalga şeklini Sonuçlar bölümünde Tablo 6.10'a kaydediniz.

## 9. Damar Hacmi Deneyi (Sonuçlar dijital bellekli osiloskop ile kaydedilir)

- (1) KL-73006'nın J1 ve J2 bağlantı yuvalarını, sırasıyla KL-71001'in MODULE INPUT ve MODULE OUTPUT terminallerine bağlayınız. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 19, 20, 21 ve 22 numaralı noktaları bağlamak için bağlantı fişlerini kullanınız. Vo1 çıkış terminalini osiloskobun CH1 kanalına; Vo2 çıkış kanalını osiloskobun CH2 kanalına bağlayınız.
- (2) KL-71001'deki INPUT SELECT düğmesini kullanarak KL-73006 modülünü seçiniz (LCD ekrana bakınız). KL-71001 panelindeki IN7 LED'i yanar. Bunun anlamı giriş sinyalinin bu girişe bağlanması gerektiğidir. Yani damar hacmi sensörü KL-73006A'yı bu giriş terminaline bağlayınız.
- (3) İki kanal için osiloskop giriş kaplini ayarını DC kaplin konumuna getiriniz. CH1 gerilim ölçeğini 1V/div; CH2 gerilim ölçeğini 2V/div değerlerine getiriniz. İki kanalın zaman ölçeklerini de 500ms/div değerine getiriniz.
- (4) Damar hacmi sensörü normal ışığa maruz kaldığı ve parmağa temas etmediği durumda  $V_E$  gerilimi 1 Vdc olacak şekilde VR1'i ayarlayınız.  $V_E$  gerilimini ölçmek için dijital metreyi kullanınız.
- (5) KL-73006A sensör penceresi üzerine Şekil 6.13'te gösterildiği şekilde işaret parmağınızı koyunuz. El, hareket ettirilmemelidir.



Şekil 6.13 Parmağın Duruş Şekli

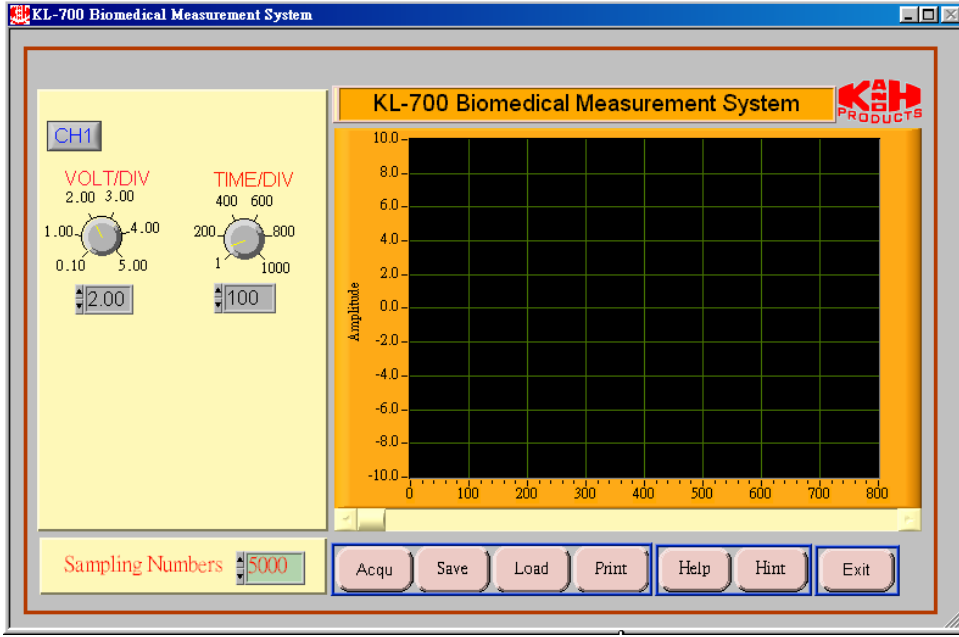
- (6) Damar hacmi dalga şeklini Sonuçlar bölümünde Tablo 6.12'ye kaydediniz. LED'deki değişimi gözleyiniz.
- (7) Vo2 dalga şekli oluşturulamazsa GAIN1 ve VR2 ile ayar yapınız.
- (8) Deney sırasında, parmak sensör üzerinde iken bir el hareketi yapılmamalıdır. Aksi takdirde, çıkış dalga şekli doğru olarak ölçülemeyebilir



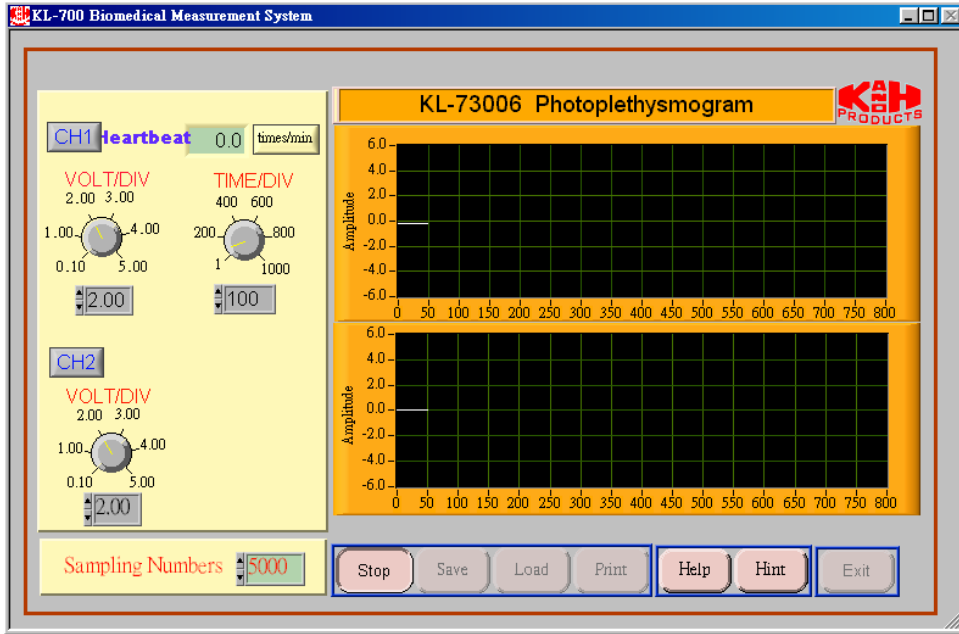
## 10. Damar Hacmi Deneyi (Sonuçlar dijital bellekli osiloskop ile kaydedilir)

- (1) KL-73006'nın J1 ve J2 bağlantı yuvalarını, sırasıyla KL-71001'in MODULE INPUT ve MODULE OUTPUT terminallerine bağlayınız. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 19, 20, 21 ve 22 numaralı noktaları bağlamak için bağlantı fişlerini kullanınız. Vo1 çıkış terminalini osiloskobun CH1 kanalına; Vo2 çıkış kanalını osiloskobun CH2 kanalına bağlayınız.
- (2) KL-71001'deki INPUT SELECT düğmesini kullanarak KL-73006 modülünü seçiniz (LCD ekrana bakınız). KL-71001 panelindeki IN7 LED'i yanar. Bunun anlamı giriş sinyalinin bu girişe bağlanması gerektiğidir. Yani damar hacmi sensörü KL-73006A'yı bu giriş terminaline bağlayınız.
- (3) İki kanal için osiloskop giriş kaplini ayarını DC kaplin konumuna getiriniz. CH1 gerilim ölçeğini 1V/div; CH2 gerilim ölçeğini 2V/div değerlerine getiriniz. İki kanalın zaman ölçeklerini de 500ms/div değerine getiriniz.
- (4) Damar hacmi sensörü normal ışığa maruz kaldığı ve parmağa temas etmediği durumda  $V_E$  gerilimi 1 Vdc olacak şekilde VR1'i ayarlayınız.  $V_E$  gerilimini ölçmek için dijital metreyi kullanınız.
- (5) KL-73006A sensör penceresi üzerine Şekil 6.13'te gösterildiği şekilde işaret parmağınızı koyunuz. El, hareket ettirilmemelidir.
- (6) 9-pin RS232 kablosunu bilgisayarın iletişim portuna bağlayınız.
- (7) KL-700 Biyomedikal Ölçüm Sistemi programını çalıştırınız. Detaylı açıklama ve yükleme bilgileri için Bölüm 0'a bakınız.

(8) Yükleme tamamlandığında alttaki görüntü ekrana gelecektir.



(9) Alttaki görüntünün otomatik olarak ekrana gelmesi için 'Acqu' tuşuna basınız, KL-73006 Damar Hacmi Kayıt Ekranı.



(10) Sinyal dalga şekli grafik alanının ortasında görünecek şekilde VOLT/DIV ve TIME/DIV ayarlarını yapınız.

(11) Damar hacmi dalga şeklini bilgisayara kaydediniz, ve LED'deki değişimleri gözleyiniz.

(12) Vo2 dalga şekli oluşturulamazsa GAIN1 ve VR2 ile ayar yapınız.

(13) Deney sırasında, parmak sensör üzerinde iken bir el hareketi yapılmamalıdır. Aksi takdirde, çıkış dalga şekli doğru olarak ölçülemeyebilir.

## 6.5 SONUÇLAR

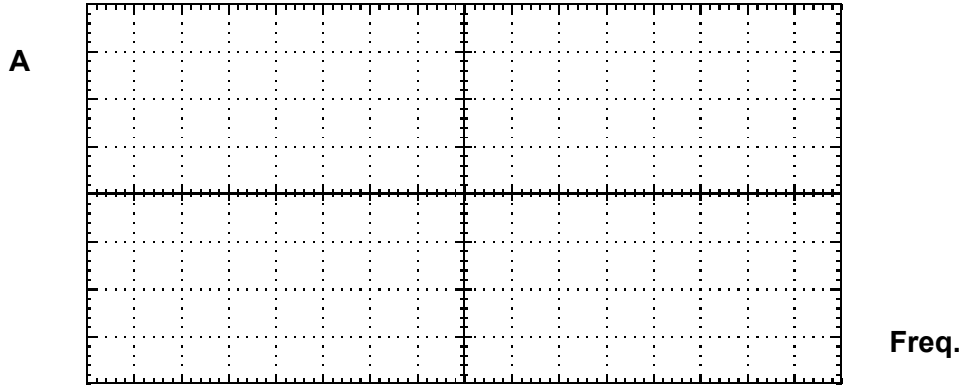
Tablo 6.1 Yüksek Geçiren Filtre Karakteristikleri Deneyi  
2,3 bağılı 1Hz

Frekans	1KHz	500Hz	100Hz	10Hz	5Hz	4Hz	3Hz	2Hz	1Hz
HPF çıkışı (Vpp)									

4.5 bağılı 0.3Hz

Frekans	1KHz	100Hz	10Hz	5Hz	4Hz	3Hz	2Hz	1Hz	0.1Hz
HPF çıkışı (Vpp)									

Tablo 6.2 Yüksek-Geçiren Filtre Karakteristik Eğrisi



Tablo 6.3 Kuvvetlendirici (1) Deneyi

Kuvvetlendirici kazancı	Kuvvetlendirici çıkışı
'8' x50	
'7' x100	

Tablo 6.4 Düşük-Geçiren Filtre (1) Karakteristikleri Deneyi

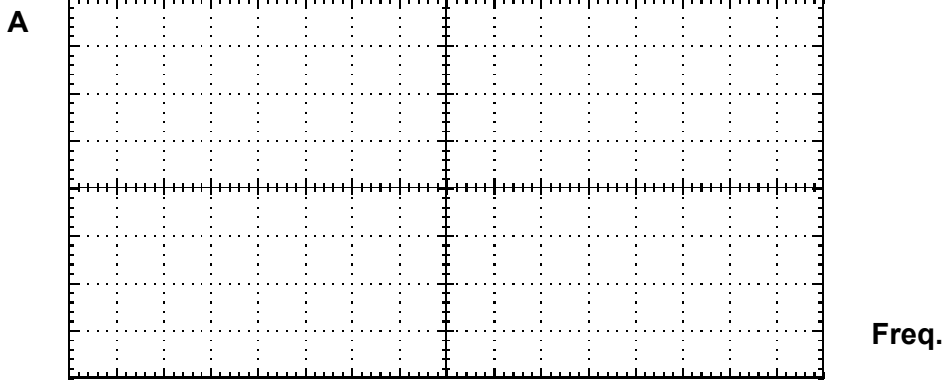
10, 11 bağlı 40Hz

Frekans	1Hz	2Hz	3Hz	4Hz	5Hz	10Hz	100Hz	500Hz	1KHz
LPF1çıkışı (Vpp)									

12, 13 bağlı 10Hz

Frekans	1Hz	2Hz	3Hz	4Hz	5Hz	10Hz	100Hz	500Hz	1KHz
LPF1çıkışı (Vpp)									

Tablo 6.5 Düşük Geçiren Filtre (1) Karakteristik Eğrisi



Tablo 6.6 Düşük-Geçiren Filtre (2) Karakteristikleri Deneyi

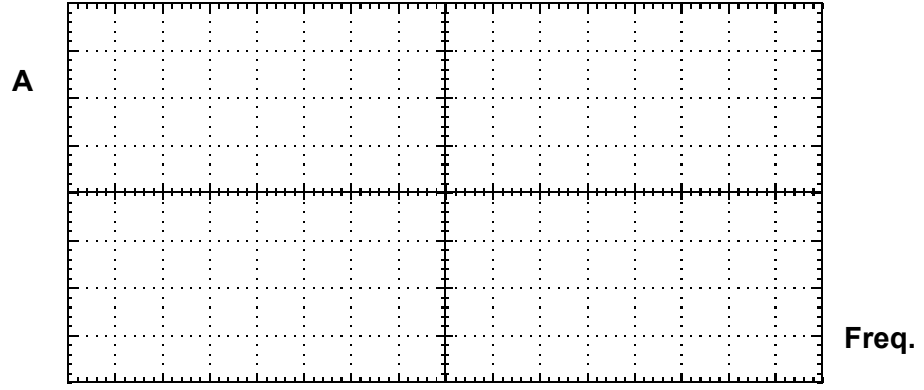
15, 16 bağlı 40Hz

Frekans	1Hz	2Hz	3Hz	4Hz	5Hz	10Hz	100Hz	500Hz	1KHz
LPF1çıkışı (Vpp)									

17, 18 bağlı 10Hz

Frekans	1Hz	2Hz	3Hz	4Hz	5Hz	10Hz	100Hz	500Hz	1KHz
LPF1çıkışı (Vpp)									

Tablo 6.7 Düşük Geçiren Filtre (2) Karakteristik Eğrisi



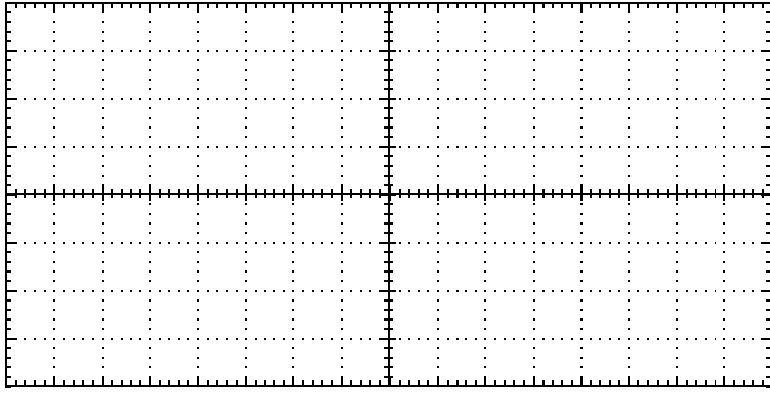
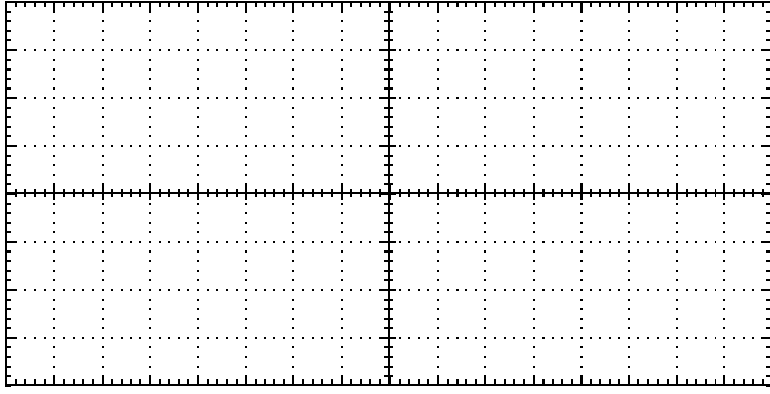
Tablo 6.8 Fark Alıcı Deneyi

Giriş Frekansı	Giriş / Çıkış
50Hz	
100Hz	
150Hz	

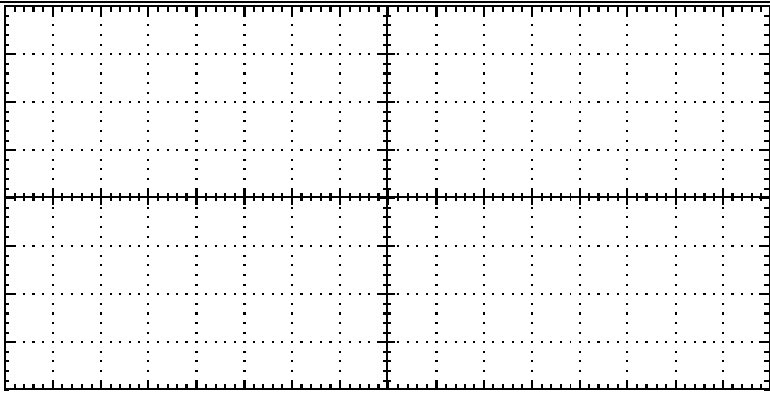
Tablo 6.9 Kuvvetlendirici (2) Deneyi

GAIN1 konumu	Kuvvetlendirici (Amplifier) Çıkışı
Minimum	
Orta	
Maksimum	

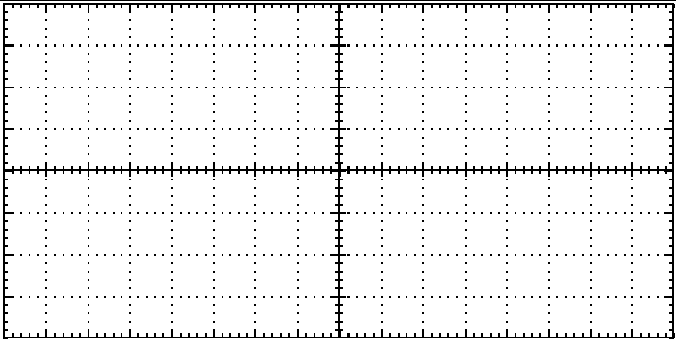
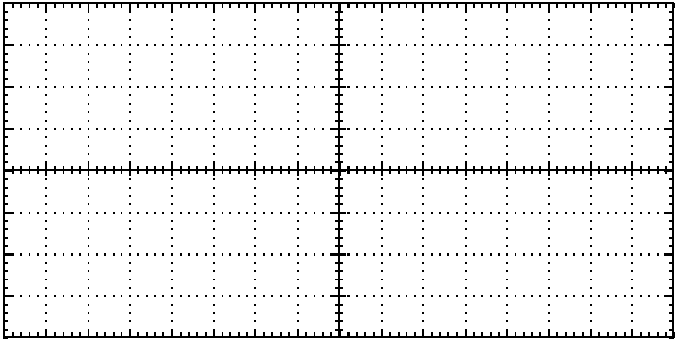
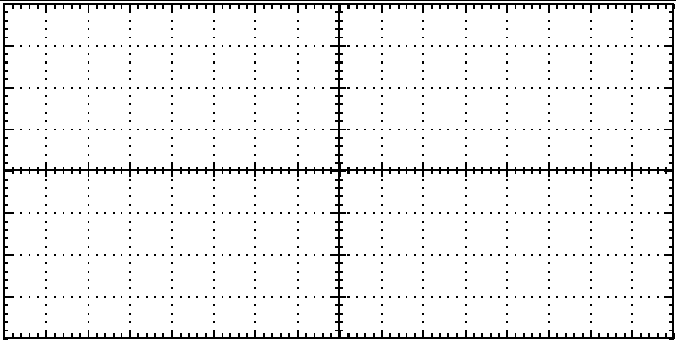
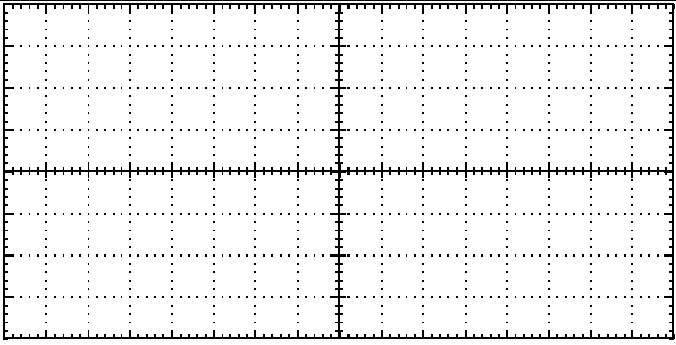
Tablo 6.10 Karşılaştırıcı Deneyi

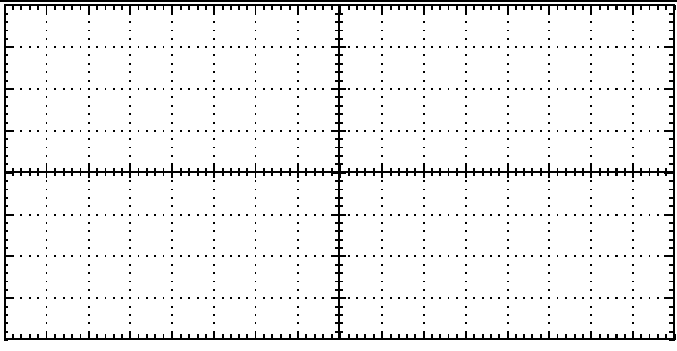
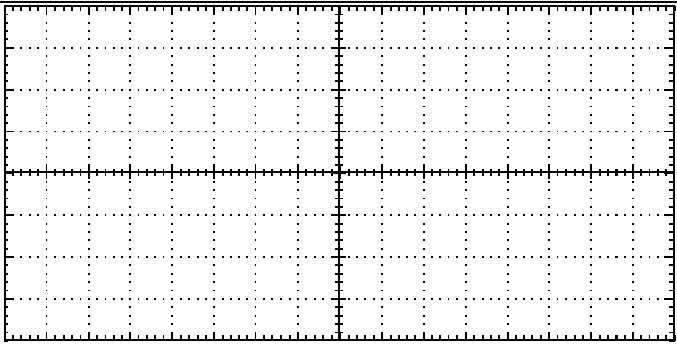
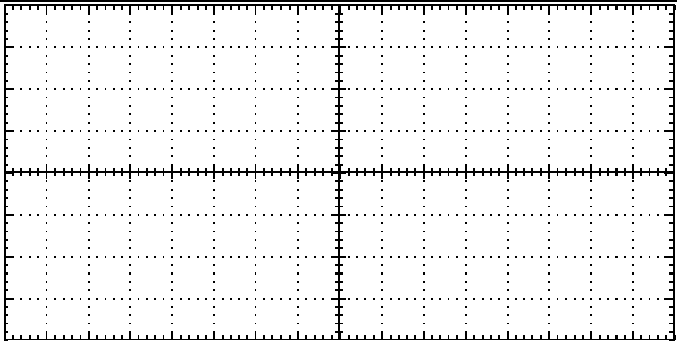
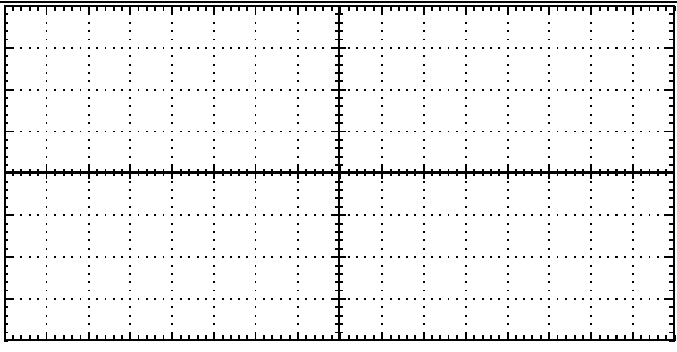
Frekans	Giriş (CH1) / Çıkış (CH2)
100Hz	
1Hz	

Tablo 6.11 Tek-kararlı Devre Deneyi

Frekans	Giriş (CH1) / Çıkış (CH2)
1Hz	

Tablo 6.12 Damar Hacmi Deneyi.

Amplifier 1	HPF	LPF 1,2	Vo1 (CH1) / Vo2 (CH2)
X50 8	1Hz 2 3	40Hz 10, 11 15, 16	
X50 8	1Hz 2 3	10Hz 12, 13 17, 18	
X50 8	0.3Hz 4 5	40Hz 10, 11 15, 16	
X50 8	0.3Hz 4 5	10Hz 12, 13 17, 18	

Amplifier 1	HPF	LPF 1,2	Vo1 (CH1) / Vo2 (CH2)
X100 7	1Hz 2 3	40Hz 10, 11 15, 16	
X100 7	1Hz 2 3	10Hz 12, 13 17, 18	
X100 7	0.3Hz 4 5	40Hz 10, 11 15, 16	
X100 7	0.3Hz 4 5	10Hz 12, 13 17, 18	



## 6.6 SORULAR

1. Yüksek geçiren filtrenin -3dB frekansı nerededir?
2. Düşük geçiren filtrenin -3dB frekansı nerededir?
3. VR1'in etkisini açıklayınız.
4. Yüksek geçiren ve düşük geçiren filtrelerin -3dB frekanslarını değiştirdiğinizde, pletismogram dalga şekli etkileniyor mu?
5. Bu deneyde, parmağın sensör üzerine bastırılma kuvveti pletismogram dalga şeklini etkiler mi?
6. Tek-kararlı deneyinde, VR2 ve Vo2'deki değişimden çıkış dalga şekli etkilenir mi?
7. Fark alıcı devre giriş ve çıkış sinyalleri arasındaki farkı karşılaştırınız. Giriş sinyali hacme karşılık geliyorsa, çıkış sinyali hangi fiziksel sinyali gösterir?
8. Zor bir egzersizin ardından pletismogram dalga şekli ölçümü yapılabilir mi?