

## ELEKTROMİYOGRAM (EMG) ÖLÇÜMÜ

---

# 2

- 2.0 DENEYİN AMACI
- 2.1 FİZYOLOJİK PRENSİPLER
- 2.2 DEVRE AÇIKLAMALARI
- 2.3 GEREKLİ MALZEMELER
- 2.4 DENEYİN YAPILIŞI
- 2.5 DENEY SONUÇLARI
- 2.6 SORULAR

# DENEY 2 ELEKTROMİYOGRAM (EMG) ÖLÇÜMÜ

## 2.0 DENEYİN AMACI

Deneyin amacı bilinçli kontrolleri, kasların tetiklendiği olayları içeren çeşitli kas aktiviteleri sırasındaki elektriksel potansiyel değişimlerinin öğrenci tarafından anlaşılmasına yardımcı olmaktır. Ayrıca, bu deney izotonik ve izometrik kasılma sırasında üretilen kas kuvvetindeki değişimlerin anlaşılmasına yardımcı olur.

## 2.1 FİZYOLOJİK PRENSİPLER

İskelet kasları vücut ağırlığımızı taşımamızı sağlar. İskelet kasları eklemler aracılığıyla dönebilir, ve bu kaslar kemiklere doğrudan yada tendonlar vasıtasıyla bağlanabilirler. İki yada daha çok iskelet kası grubu birbirini tetikler. Yani, biri kasıldığında diğer(ler)i uzar. İskelet kası çok çekirdekli hücrelerden meydana gelir, ve kas lifi yığınları düzenlidir. Aksiyon potansiyeli motor sinirden sinir tarafından düzenlenen kas lifine yayılır. Yayılma, kas hücresindeki kalsiyum iyon derişiminde ani bir yükselme meydana getirir, ve kasılmayla ilgili moleküler mekanizma çalıştırılır.

İskelet kaslarının temel elemanı motor birimidir, bu birim istemli olarak çalıştırılabilir. Bir miktar motor birimi bir kas lifi oluşturur. Bir tek motor birimi (SMU: Single Motor Unit) uyarma ile aktifleştirildiğinde, 20-2000 $\mu$ V genlikli bir potansiyel dalga şekli, 6~30Hz deşarj frekansı, ve 3-10ms'lik bir zaman aralığı gözlenir. Böylece, kas liflerinin kasılması daha yüksek genlikli ve yüksek frekanslı bir potansiyel sinyali oluşmasına neden olur, bu sinyal elektromiyogram (EMG) olarak adlandırılır. Motor birimi iskelet kasının lifini düzenler. Dolayısıyla, bir motor nöron uyarıldığında motor birimi tarafından kontrol edilen tüm lifler aktifleştirilir. Bu işlem aksiyon potansiyeli üretilmesini ve kas liflerinin kasılmasını içerir. Bir kas parçası belki de yüzlerce motor birimi tarafından kontrol edilmektedir. Sinir sistemi, çeşitli sayıdaki uyarıcı motor birimini uyararak kas hareketlerini farklı derecelerde kontrol etmek ister. Ne kadar fazla motor birimini uyarırsanız, o kadar fazla

kas lifi aktive edilir. Dolayısıyla, uyarılan motor birimi sayısı kas hareketinin boyutunu belirler. ECG'ye benzer olarak EMG de elektrotlarla vücut yüzeyinden ölçülüp kaydedilebilir. İstemli kas hareketi genellikle EMG sinyallerinde büyük değişimlere neden olur. EMG sinyali ECG sinyalinden biraz farklı olan çeşitli düzensiz dalga şekilleri içerir.

Kas izotonik kasılma durumunda iken bir sabit tonu korumak ve enerji tüketmek zorundadır. Eş zamanlı olarak kas uzunluğu değişir. Kas uzunluğu değişirken, kastaki yük ve kas aracılığıyla hareket edilen mesafe efektif bir iş oluştururlar. Kas izometrik kasılma durumunda iken, kas uzunluğu çok az kısalır yada hiç kısalmaz, ama çok büyük bir ton üretilir. İzometrik kasılma bir vücut hareketine neden olmasa da, kesinlikle enerji tüketir ve sonunda enerji ısı yada ton şekline transfer edilir. Kasın izometrik kasılmasında bir hareket oluşmadığından işlem sonunda gerçek bir iş yapılmamıştır.

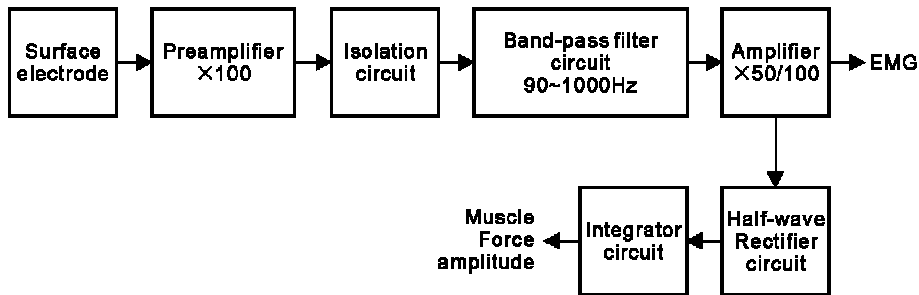
## **2.2 DEVRE AÇIKLAMALARI**

### **1. EMG Ölçümü Devresi Blok Diyagramı**

Önceki bölümde anlatıldığı üzere EMG sinyalleri, aktive edilmiş kas lifleri tarafından üretilen değişken potansiyelden oluşurlar. Diğer kas liflerinden gelen girişimleri azaltmak için, deney tasarımında özel bir harekete sonucunda sadece bir tek kas lifinden yayılan EMG sinyalini ölçebilmek önemlidir. Bu deney, üst kolun dirsek hareketini kontrol eden iskelet kası olan biceps inceler. Bir elektrot EMG sinyalini ölçmek üzere biceps kası üzerine yerleştirilmiştir; diğer elektrot ise referans potansiyel için kullanılır ve üzerinde herhangi bir deney yapılmayan diğer el üzerine yerleştirilir. EMG ölçümü için bir devre tasarlanırken, güç kaynağı yada ölçüm cihazlarından kaynaklanabilecek kaçaklar nedeniyle kullanım sırasında oluşabilecek elektrik çarpmalarından sakınmak için devreye bir izolasyon sistemi kurulmalıdır. Şekil 2.1, EMG sinyallerini ölçmek için kullanılan devrenin blok diyagramını göstermektedir. Biceps kasındaki çok küçük potansiyel değişimlerini algılamak için üst kol üzerine bir yüzey elektrodu yerleştirilmiştir. EMG sinyallerinden ünipolar bileşeni algılamak için kazancı 100 olan bir enstrümantasyon kuvvetlendiricisi ön-kuvvetlendirici olarak

kullanılmıştır. Deri elektrodu ile devre arasındaki empedansı eşleştirmek için bir JFET işlemsel kuvvetlendiricisi kullanılmıştır.

İzolasyon devresi sinyal ile güç kaynağı hattını birbirinden izole etmek amacıyla kullanılmıştır, ve bu devre optik yada gerilim dönüştürme yöntemiyle gerçekleştirilebilir. Bant geçiren filtrenin bant genişliği 90~1000Hz'dir ve kazanç kuvvetlendirici filtreden gelen sinyali 10 kat kuvvetlendirir. Kuvvetlendirilmiş EMG sinyali görüntülenmek üzere osiloskoba gönderilebilir. Kuvvetlendirilmiş EMG sinyali yarım-dalga doğrultucudan geçer, integral alıcı devresinin çıkışı kas tarafından üretilen kuvvetin genliğini hesaplamak için kullanılmıştır.



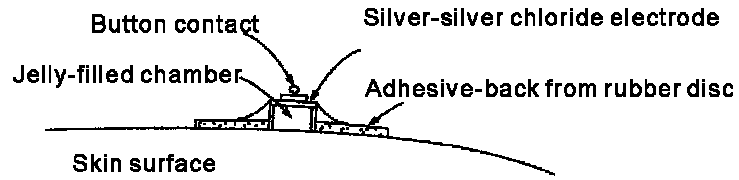
Şekil 2.1 EMG Ölçümü Blok Diyagramı

## 2. Yüzey Elektrotları

İnsan vücudu, farklı elektrolit iyonlar içeren çok sayıda sıvı hücreden meydana gelir. Hücre içi sıvısı potasyum, sodyum, ve klor iyonları içerir. Aksiyon potansiyel iyon konsantrasyonlarındaki değişimlerden kaynaklanır. Aksiyon potansiyeli algılamak için kullanılan elektrot ara yüz potansiyeli üretir. Bir metal elektrot bir elektrolit çözeltiliye daldırıldığında, iki çeşit kimyasal reaksiyon oluşur. Birincisi, metal atomlarının elektron bırakarak metal iyonları haline gelmesiyle oluşan oksidasyon reaksiyonudur. İkincisi ise, elektronların ve metal iyonlarının birleşerek metal atomlarını oluşturduğu redüksiyon reaksiyonudur. Metal ve elektrolit sıvı arasındaki ara yüzde poz,t,f ve negatif yüklü iyonlarzıt yönlere hareket ederler, ve böylece zıt elektrikli iki iyon katmanı oluşur. Oluşan iyon potansiyeli ara yüz potansiyeli olarak adlandırılır. Bu sebeple, biyolojik sinyallerin ölçümünde düşük ara yüz potansiyelli metaller elektrot olarak seçilmelidir. Böylece ölçüm

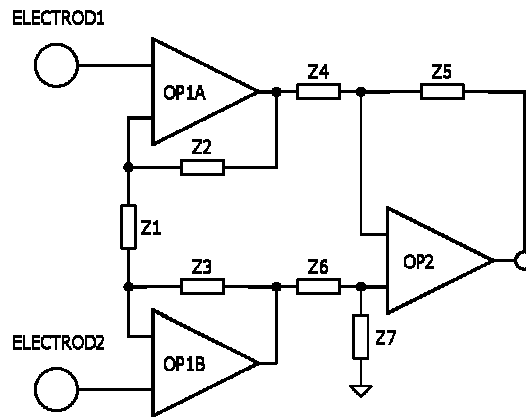
sırasında aşırı ara yüz potansiyeli oluşumundan kaçınılabılır. Genelde biyolojik sinyal aralığı  $50\mu\text{V}\sim 1\text{mV}$ , metallerin ara yüz potansiyeli  $0.1\text{V}\sim 1\text{V}$ 'dir. Buna ek olarak, elektrotların ara yüz potansiyelleri zamanla değişir. En kolay

bulunabilen elektrot malzemesi gümüş-gümüş klordur (Ag/AgCl). Bu tip elektrotlar esas olarak gümüşten yapılırlar, ve elektrotların elektrolit çözelti ile temas ettiği yerlerde ince bir AgCl katmanı vardır. AgCl tek yönlü değiş tokuş ile, bir bileşik katman oluşturmadan ve çok düşük ara yüz potansiyelli gümüş ( $\text{Ag}^+$ ) ve klor ( $\text{Cl}^-$ ) iyonları sağlar. KL-700'de Şekil 2.2'de gösterilen jel yüzey elektrotları kullanılmıştır. Elektrodun tepesinde gümüş-gümüş klor elektrot vardır, ortasında jel ile dolu bir içi boş hazne, ve alt kısmında elektrodu deriye tutturmak için yapışkan yüzeyli lastik disk bulunmaktadır.



Şekil 2.2 Yüzey elektrodu.

### 3. Ön-kuvvetlendirici Devre

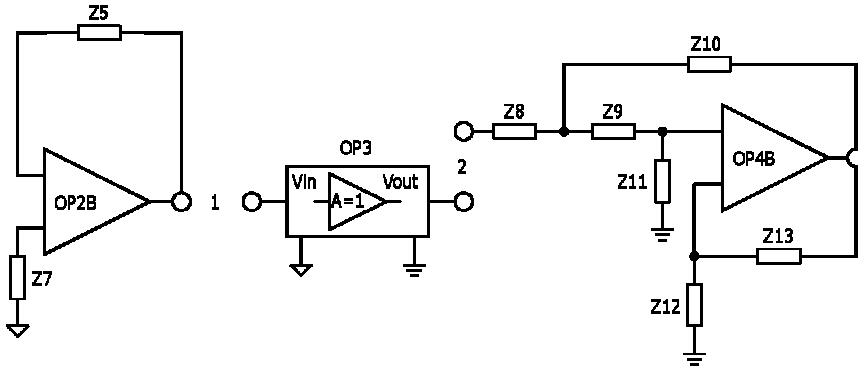


Şekil 2.3 Ön kuvvetlendirici devre

Şekil 2.3, OP1 ve OP2'den oluşan bir enstrümantasyon kuvvetlendiriciden oluşan bir ön kuvvetlendirici devreyi göstermektedir.  $Z_2=Z_3$ ,  $Z_4=Z_6$  ve  $Z_5=Z_7$  olduğunda, kazanç Denklem 2.1'deki gibi hesaplanabilir:

$$A_v = \frac{Z_5}{Z_4} \left( 1 + \frac{2Z_2}{Z_1} \right) \quad (2.1)$$

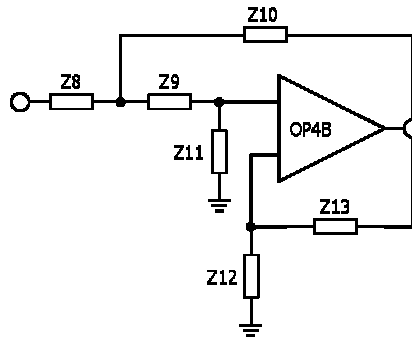
#### 4. İzolasyon Devresi



Şekil 2.4 İzolasyon Devresi

Şekil 2.4, OP3'ten oluşan izolasyon devresini göstermektedir. Burada, sinyal izolasyonu optik yöntem aracılığıyla gerçekleştirilmiştir.

#### 5. Bant-Geçiren Filtre Devresi



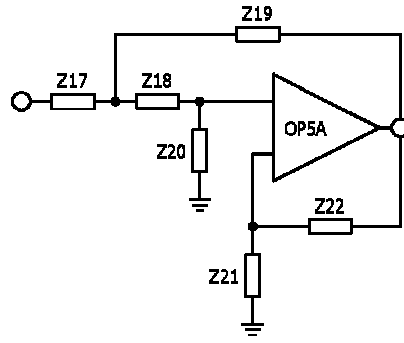
Şekil 2.5 İki-Sıra Düşük Geçiren Filtre.

EMG ölçümü devresi tasarımında, Şekil 2.5'de gösterildiği gibi bir aktif 2-sıra düşük geçiren filtre oluşturmak için OP4B kullanılmıştır. Filtrenin köşe frekansı ( $f_L$ ) 1000Hz'e ayarlanmıştır, ve bu değer Z8, Z9, Z10 ve Z11 kullanılarak, Denklem 2.2'de gösterildiği gibi hesaplanabilir.

$$f_L = \frac{1}{2\pi\sqrt{Z_8 Z_9 Z_{10} Z_{11}}} \quad (2.2)$$

Kutup tasarımı Denklem 2.3'te açıklanmıştır,

$$\frac{(Z_{12} + Z_{13})}{Z_{12}} = 1.51 \quad (2.3)$$



Şekil 2.6 İki-Sıra Yüksek Geçiren Filtre

OP5Z kullanılarak gerçekleştirilen bir aktif 2-sıra düşük-geçiren filtre Şekil 2.6'da gösterilmiştir. Filtrenin köşe frekansı ( $f_H$ ) 90Hz'e ayarlanmıştır, ve bu değer Z17, Z18, Z19 ve Z20 kullanılarak Denklem 2.4'te gösterildiği gibi hesaplanabilir.

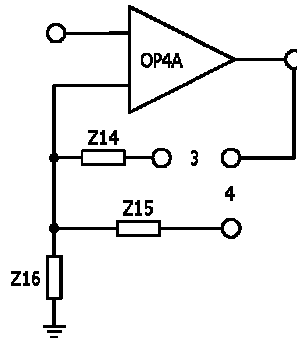
$$f_H = \frac{1}{2\pi\sqrt{Z_{17} Z_{18} Z_{19} Z_{20}}} \quad (2.4)$$

Kutup tasarımı Denklem 2.5'de açıklanmıştır,

$$\frac{(Z_{21} + Z_{22})}{Z_{21}} = 1.56 \quad (2.5)$$

Gürültünün düşük frekanslı bileşenleri tarafından oluşturulan drift etkisini ortadan kaldırmak için bu yüksek geçiren filtre kullanılmıştır, böylece bir sonraki devre katındaki sinyaller daha düzenli bir hale gelmiş olur.

## 6. Kazanç Kuvvetlendirici

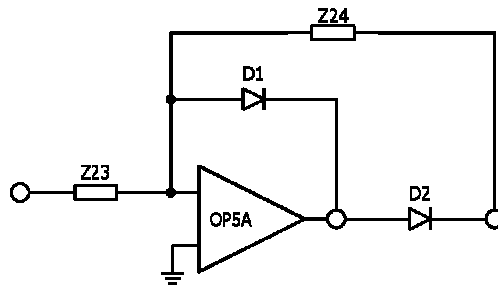


Şekil 2.7 Kazanç Kuvvetlendirici Devre

Şekil 2.7, OP4A kullanılarak gerçekleştirilmiş bir evirmeyen kuvvetlendiriciyi göstermektedir. Kuvvetlendiricide, Z14 yada Z15 kazanç ayarı için kullanılır, kazanç ifadesi Denklem 2.6'da verilmiştir:

$$A_v = \frac{Z_{16} + Z_{14}}{Z_{16}} \quad \& \quad A_v = \frac{Z_{16} + Z_{15}}{Z_{16}} \quad (2.6)$$

## 7. Hassas Yarım-Dalga Doğrultucu Devresi

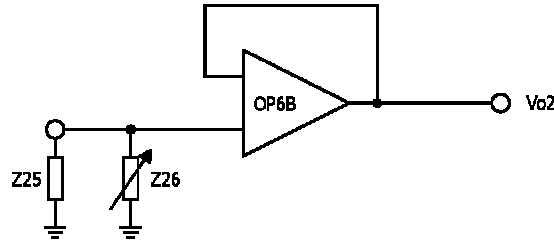


Şekil 2.8 Hassas Yarım-Dalga Doğrultucu Devresi



Kas kuvvetini ölçmek için, kazanç kuvvetlendiriciden gelen sinyal doğrultulup bu sinyalin integrali alınmalıdır. Şekil 2.8, OP5A, D1, D2, Z23 ve Z24 kullanılarak gerçekleştirilmiş hassas bir yarım-dalga doğrultucu devresini göstermektedir. Doğrultucunun görevi, diğer iki diyotlu doğrultuculardan farklıdır. Diyot doğrultucuda her diyot üzerinde 0.7V'lik bir gerilim düşümü olur. Yani, diyotlar iletim yönünde kutuplandığında, doğrultulmuş sinyal orijinal sinyalden 0.7V daha azdır. Bunun tersine, hassas yarım dalga doğrultucu, diyotların ON ve OFF durumları arasında iletimden kaçınmak için OP elemanın iç akımını kullanır. Böylece, bu doğrultucu devresinde iletme geçmede gerilim düşümü oluşmaz.

### İntegral Alıcı Devre



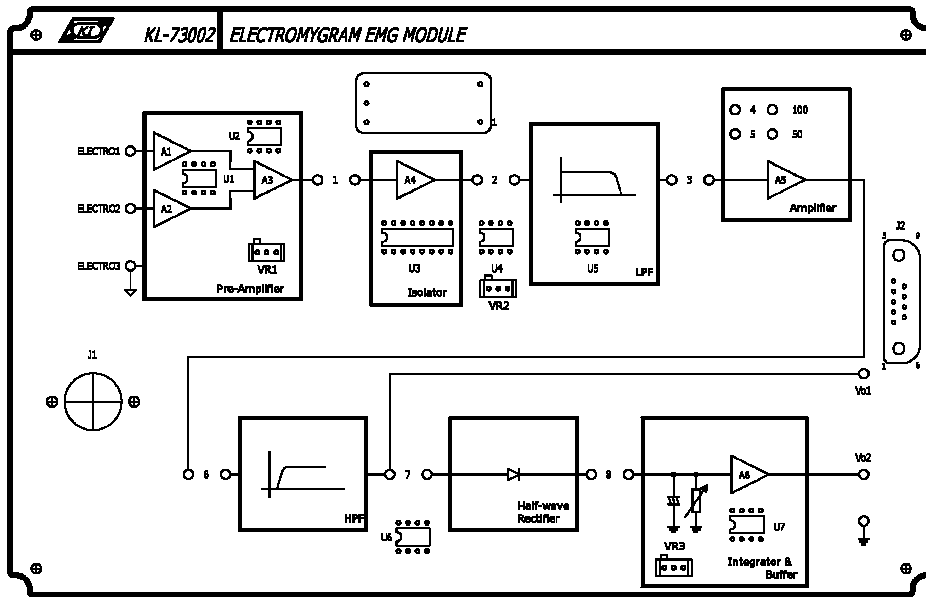
Şekil 2.9 İntegral Alıcı Devre

Şekil 2.9, OP6B, Z25 ve Z26 kullanılarak gerçekleştirilmiş bir integral alıcı devreyi göstermektedir. Burada OP6B gerilim takipçi olarak çalışır ve görevi deşarjı engellemektir. Buna ek olarak, Z26 direnci ayarlanarak integral etkisi değiştirilebilir.

## 2.3 GEREKLİ ELEMANLAR

1. KL-71001 Ana Kontrolör
2. KL-73002 Deney Modülü
3. Ölçüm için Yüzey Elektrotları
4. Dijital Bellekli Osiloskop (ekstra donanım)
5. Temizlik Bezi (Swab)
6. Ağırlık (5 kg)
7. 10mm Bağlantı Fişleri
8. Elektrot Kablosu
9. HUB
10. D-sub 9-9 kablo

## 2.4 DENEYİN YAPILIŞI



Şekil 2.10 EMG Ölçümü Modülü

### 1. Düşük Geçiren Filtre Karakteristikleri deneyi

- (1) KL-73002'nin 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 çıkışı KL-73002'nin '2' numaralı terminal girişine, KL-71001'in GND terminalini KL-73002'nin sağ toprak terminaline bağlayınız. Fonksiyon üreticinin sinüsoidal frekansını minimum değerine, genliğini 1 Vpp değerine ayarlayınız. Fonksiyon üretici çıkışı osiloskobun CH1 kanalına, ve LPF çıkış terminalini osiloskobun CH2 kanalına bağlayınız. (3) Frekansı değişik değerlere ayarlayınız, ve düşük-geçiren filtrenin çıkış genliğini Sonuçlar bölümündeki Tablo 2.1'de gösterilen yere kaydediniz.
- (4) Tablo 1.4'teki sonuçlara bakarak, düşük-geçiren filtrenin karakteristik eğrisini Sonuçlar bölümünde Tablo 2.2'de gösterilen yere çiziniz.

## **2. Kuvvetlendirici Deneyi**

- (1) KL-73002'nin 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 çıkışı KL-73002'nin '3' numaralı terminal girişine, KL-71001'in GND terminalini KL-73002'nin sağ toprak terminaline bağlayınız. 5 ile işaretli noktaları bağlamak için bağlantı fişlerini kullanınız. Fonksiyon üretici çıkışı osiloskobun CH1 kanalına, ve "Amplifier" çıkış terminalini osiloskobun CH2 kanalına bağlayınız.
- (3) Fonksiyon üreticinin sinüsoidal frekansını 100Hz değerine, genliğini 50mVpp değerine ayarlayınız. Kuvvetlendirici çıkış genliğini Sonuçlar bölümündeki Tablo 2.3'te gösterilen yere kaydediniz.
- (4) Bağlantı fişini 5 ile işaretli noktadan çıkarıp 4 ile işaretli noktaya takınız.
- (5) Eğer kuvvetlendirici çıkışı doyma bölgesindeyse, bozunumdan korunmak için fonksiyon üreticinin çıkış genliğini azaltınız.

## **3. Yüksek-Geçiren Filtre Karakteristikleri deneyi**

- (1) KL-73002'nin 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-73002'nin '6' numaralı terminal girişine, KL-71001'in GND terminalini KL-73002'nin sağ toprak terminaline bağlayınız. Fonksiyon üretcinin 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 2.4'te gösterilen yere kaydediniz.
- (4) Tablo 2.4'teki sonuçlara bakarak, yüksek-geçiren filtrenin karakteristik eğrisini Sonuçlar bölümünde Tablo 2.5'de gösterilen yere çizin.

#### **4. Yarım Dalga Doğrultucu Karakteristikleri deneyi**

- (1) KL-73002'nin 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-73002'nin '7' numaralı terminal girişine, KL-71001'in GND terminalini KL-73002'nin sağ toprak terminaline bağlayınız. Fonksiyon üretcinin sinüsoidal frekansını 1KHz'e, genliğini 1 Vpp değerine ayarlayınız. Fonksiyon üretici çıkışını osiloskobun CH1 kanalına, ve 'Half Wave Rectifier' çıkış terminalini osiloskobun CH2 kanalına bağlayınız.
- (3) Giriş ve çıkış dalga şekillerini Sonuçlar bölümünde Tablo 2.6'da gösterilen yere kaydediniz.

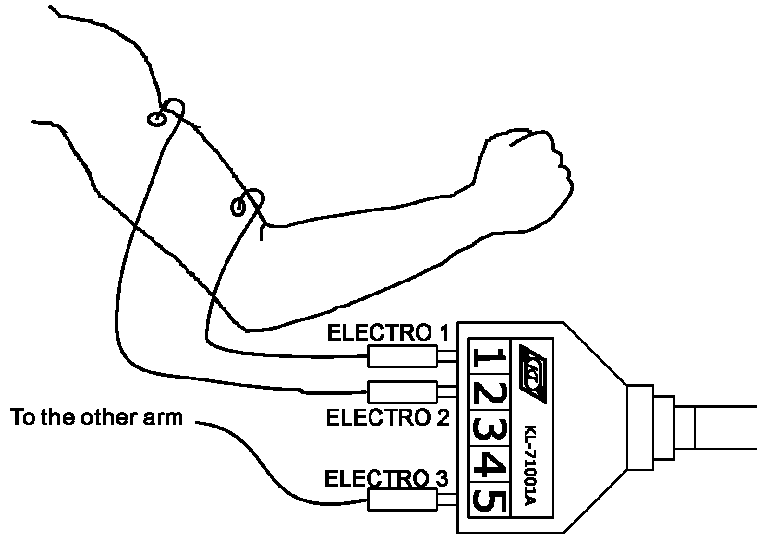
#### **5. İntegral Alıcı Devre Karakteristikleri deneyi**

- (1) KL-73002'nin 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-73002'nin '7' numaralı terminal girişine, KL-71001'in GND terminalini KL-73002'nin sağ toprak terminaline bağlayınız. 8 ile işaretli noktaları bağlamak için bağlantı fişlerini kullanınız.

Fonksiyon üretici çıkışı osiloskobun CH1 kanalına, ve Vo2 çıkış terminalini osiloskobun CH2 kanalına bağlayınız.

- (3) Fonksiyon üreticinin çıkış genliğini 1Vpp değerine ayarlayınız. Frekansı değişik değerlere ayarlayınız, ve elde ettiğiniz değerleri Sonuçlar bölümünde Tablo 2.7'de gösterilen yere kaydediniz.
- (4) Fonksiyon üretici frekansını 500Hz'e ayarlayınız. Çıkış genliğini değişik değerlere ayarlayınız, ve elde ettiğiniz değerleri Sonuçlar bölümünde Tablo 2.8'de gösterilen yerlere kaydediniz.

## 6. EMG Deneyi (Sinyaller bir dijital bellekli osiloskop ile algılanmalıdır)



Şekil 2.10 Elektrotların Konumları

- (1) Üzerinde deney yapılan kişi öncelikle kolundaki saat ve süs eşyalarını çıkarmalıdır.
- (2) Elektrotların yerleştirileceği bölgelerdeki direnci düşürmek amacıyla temizlik bezini (swab) kullanarak bu bölgeleri ovarak temizleyiniz. İki elektrot birbirinden 6-8 cm aralıklı olacak şekilde elektrotları sağ kolun üst kısmına yerleştiriniz. İki elektrodu bağlayan çizgi, kol eksenine paralel olmalıdır.
- (3) Sol kol üzerinde herhangi bir yeri kalemle işaretleyiniz. Bu nokta referans elektrot için kullanılacaktır.

**\*\*Kuvvet üretiminde kişisel alışkanlıklara göre**

- (4) KL-73002'nin J1 bağlantı yuvasını hub'a bağlayınız; J2 bağlantı yuvasını KL-71001'in MODULE OUTPUT terminaline bağlayınız. 1, 2, 3, 4, 6, 7 ve 8 ile işaretli noktaları bağlamak için bağlantı fişlerini kullanınız. Vo1 çıkış terminalini osiloskobun CH1 kanalına, Vo2 çıkış terminalini de osiloskobun CH2 kanalına bağlayınız.
- (5) KL-73002 modülünü seçmek için KL-71001'in INPUT SELECT düğmesini kullanınız (LCD ekrana bakınız). KL-71001 ön panelindeki IN1, IN2, ve IN5 LED'leri yanar. Bunun anlamı giriş sinyallerinin bu giriş terminallerine bağlanması gerektiğidir.
- (6) Osiloskobun giriş kaplinini DC kaplin konumuna getiriniz. CH1 ve CH2 gerilim ölçeklerini 5V/div, ve zaman ölçeklerini de 500ms/div 'e getiriniz.

Not:

A. Dalga şekli kayıt işleminde oluşabilecek çeşitli hataların nedenleri şunlar olabilir: (a) İzotonik kasılmada, kol hareketi nedeniyle elektrotun bulunduğu yerden kaymasını engellemek amacıyla elektrot bir bandajla sarılmalıdır. (b) Vücut derisi ile elektrot arasındaki empedans yüksek olabilir. Bu bölgeyi iyice temizleyiniz yada direnci düşürmek için jel sürünüz.

B. Elektrot hareketinden kaynaklanan anlık dalgalanmaları EMG sinyalinden ayırt etmek pek kolay değildir. Dolayısıyla, önce izometrik, sonra izotonik deney yapılmalıdır.

C. Kas yorgunluğu deneyinde, EMG sinyalinde yorgunluğa bağlı değişiklik görebilmek için kasın açık bir şekilde ağrması gerekir.

D. Gürültü çok büyükse, VR1 ve VR2'yi ayarlayarak uygun konumlara getiriniz.

## 7. İzometrik Kasılma Deneyi

- (1) Sağ kolun rahatlayıp gevşeyebileceği (parmaklar yere doğru olacak şekilde) ve avuç içi yüze bakabilecek şekilde, denek rahat bir oturma pozisyonu almalıdır.
- (2) CH2 sinyalinin kararlı olup olmadığını ve gürültü seviyesinin 100mVpp'nin altında olup olmadığını gözleyiniz. Eğer değerler

istenmeyen şekilde ise, elektrot ile deri arasında yüksek empedans vardır. Dolayısıyla, yüzey elektrotlarının yerlerini değiştirmek gerekir. Öncelikle referans elektrodunun yerini değiştirmek daha uygundur. VR1 ve VR2'yi ayarlayarak gürültüyü en aza indiriniz.

- (3) Biseps kasını bilinçli olarak kasınız ve osiloskoptaki dalga şekli genliğinin artıp artmadığını izleyiniz. Biseps kasını serbest bırakınız ve osiloskopta dalga şekli görünüp görünmediğini izleyiniz, gürültü 10mVpp'den az olmalıdır. Dalga şeklini Sonuçlar bölümünde gösterilen yere kaydediniz.
- (4) 5kg'lik ağırlığı yada bir masanın bir kenarını tutunuz.
- (5) Osiloskoptaki görüntüyü 2sn boyunca kaydettikten sonra ağırlığı 2sn süreyle dirsek 90 derece kol 45 derece olacak şekilde kaldırınız. Ağırlığı bırakınız ve 2sn süreyle dinleniniz. Dalga şeklini Sonuçlar bölümünde Tablo 2.10'da gösterilen yere kaydediniz.

## **8. İzotonik Kasılma Deneyi**

- (1) Sağ kolun rahatlayıp gevşeyebileceği (parmaklar yere doğru olacak şekilde) ve avuç içi yüze bakabilecek şekilde, denek rahat bir oturma pozisyonu almalıdır.
- (2) 5kg'lik ağırlığı yada bir masanın bir kenarını tutunuz.
- (3) Osiloskoptaki görüntüyü 2sn süreyle kaydettikten sonra 1 sn içinde ağırlığı kaldırıp indiriniz. Bu hareketi 3 kere tekrarlayınız ve 2sn süreyle dinleniniz. Dalga şeklini Sonuçlar bölümünde Tablo 2.11'de gösterilen yere kaydediniz.

## **9. Kas Yorgunluğu Deneyi**

- (1) Sağ kolun rahatlayıp gevşeyebileceği (parmaklar yere doğru olacak şekilde) ve avuç içi yüze bakabilecek şekilde, denek rahat bir oturma pozisyonu almalıdır.
- (2) 5kg'lik ağırlığı yada bir masanın bir kenarını tutunuz.

- (3) Ağırlığı kaldırınız ve EMG sinyallerinde belirgin bir değişim olana kadar indirmeyiniz. Dalga şeklini Sonuçlar bölümünde Tablo 2.12'de gösterilen yere kaydediniz.

## **10. Gerçek EMG Deneyi (İnsan vücudu üzerinde yapılır)**

### **(EMG sinyalleri RS232 arayüzü aracılığıyla bilgisayara kaydedilir)**

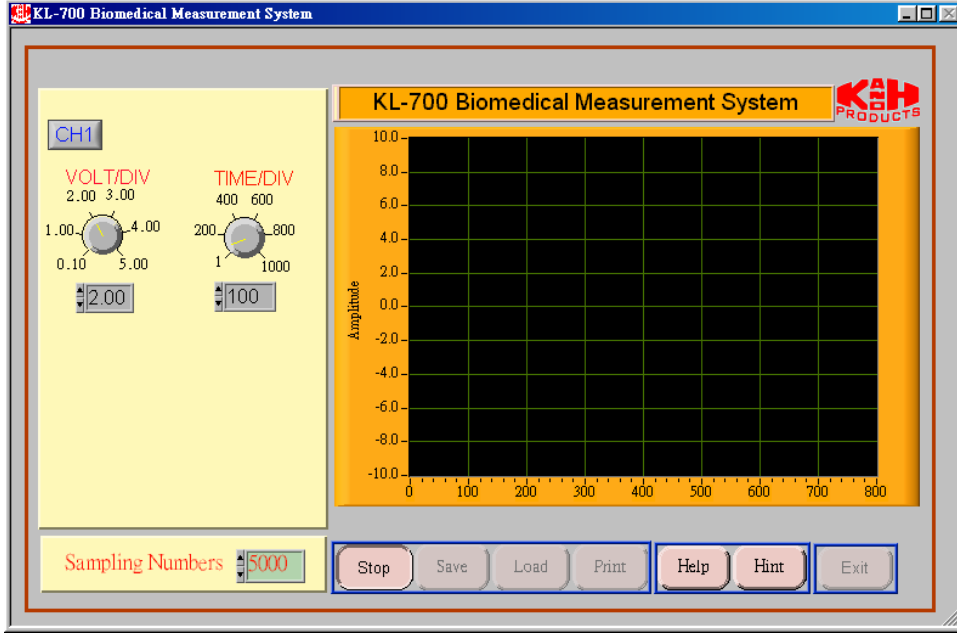
- (1) Şekil 2.10'a göre, elektrotları uygun şekilde kol üzerine yerleştiriniz.
- (2) Üzerinde deney yapılan kişi öncelikle kolundaki saat ve süs eşyalarını çıkarmalıdır.
- (3) İki elektrot birbirinden 6-8 cm aralıklı olacak şekilde elektrotları sağ kolun üst kısmına yerleştiriniz. İki elektrodu bağlayan çizgi, kol eksenine paralel olmalıdır. Elektrotların yerleştirileceği bölgelerdeki direnci düşürmek amacıyla temizlik bezini (swab) kullanarak bu bölgeleri ovarak temizleyiniz.
- (4) Sol kol üzerinde herhangi bir yeri kalemle işaretleyiniz. Bu nokta referans elektrot için kullanılacaktır.

### **\*\*Kuvvet üretiminde kişisel alışkanlıklara göre**

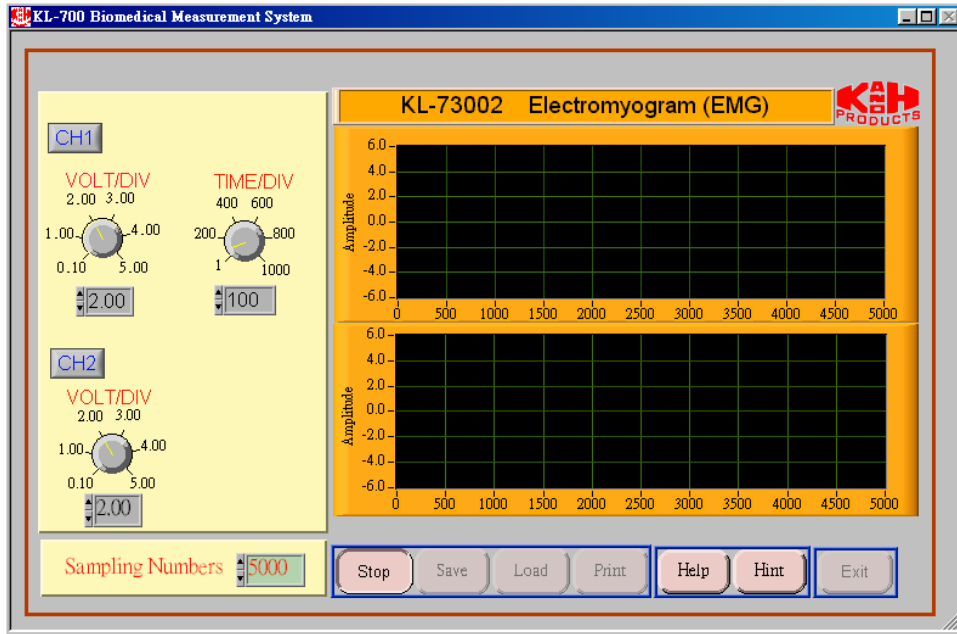
- (5) KL-73002'nin J1 bağlantı yuvasını hub'a bağlayınız; J2 bağlantı yuvasını KL-71001'in MODULE OUTPUT terminaline bağlayınız. 1, 2, 3, 4, 6, 7 ve 8 ile işaretli noktaları bağlamak için bağlantı fişlerini kullanınız. Vo1 çıkış terminalini osiloskobun CH1 kanalına, Vo2 çıkış terminalini de osiloskobun CH2 kanalına bağlayınız.
- (6) KL-73002 modülünü seçmek için KL-71001'in INPUT SELECT düğmesini kullanınız (LCD ekrana bakınız). KL-71001 ön panelindeki IN1, IN2, ve IN5 LED'leri yanar. Bunun anlamı giriş sinyallerinin bu giriş terminallerine bağlanması gerektiğidir.
- (7) Bilgisayarın iletişim portuna 9-pin RS232 kablosunu bağlayınız.
- (8) KL-700 Biyomedikal Ölçüm Sistemi yazılımını çalıştırınız. Açıklamalar ve yükleme bilgileri için Bölüm 0'ı okuyunuz.



(9) Sistem yüklendiğinde alttaki görüntü ekrana gelecektir.



(10) Altaki görüntünün ekrana gelmesi için 'Acqu' tuşuna basınız, örneğin KL-73002 EMG kayıt görüntüsü ekrana gelecektir.



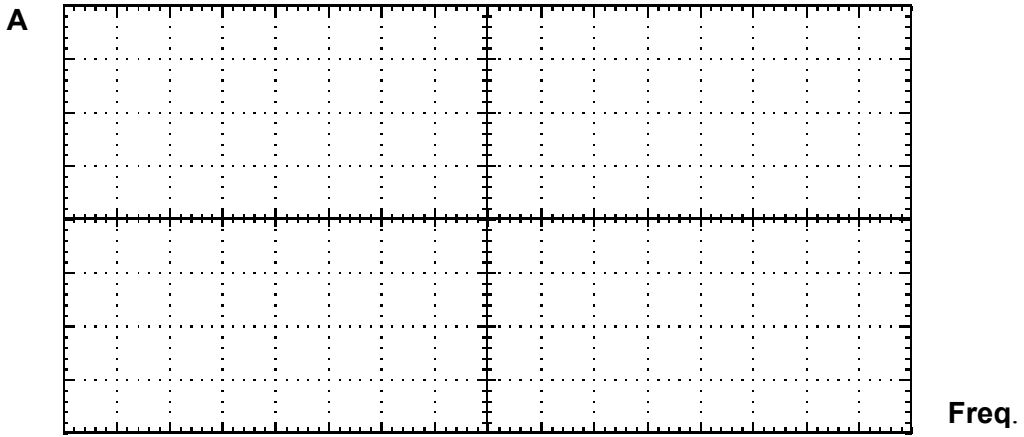
(11) Sinyallerin dalga şekilleri ekranın ortasında görünecek şekilde VOLT/DIV ve TIME/DIV ayarlarını yapınız. 7,8 ve 9. adımları tekrar ediniz, ve sinyal dalga şekillerini bilgisayara kaydediniz.

## 2.5 SONUÇLAR

Tablo 2.1 Düşük-Geçiren Filtre Karakteristikleri deneyi

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

Tablo 2.2 Düşük Geçiren Filtre Karakteristik Eğrisi



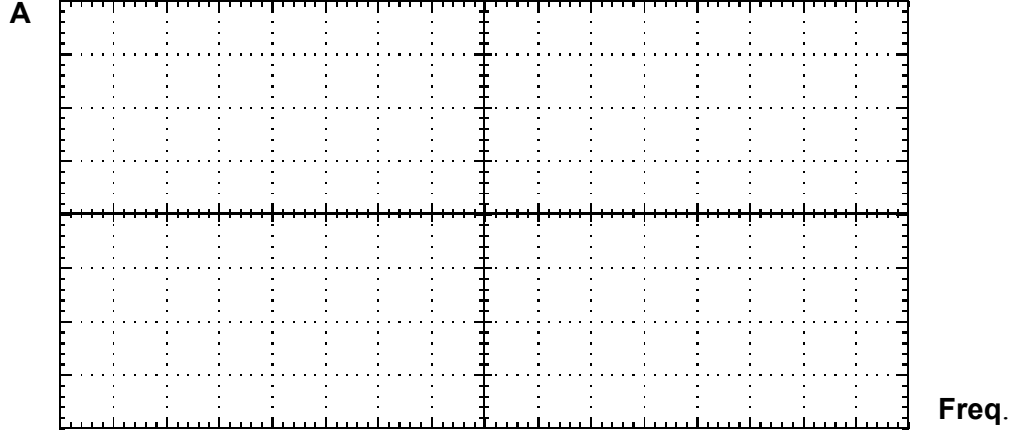
Tablo 2.3 Kuvvetlendirici Deneyi

Kuvvetlendirici kazancı	Kuvvetlendirilmiş çıkış
5 → x50	
4 → x100	

Tablo 2.4 Yüksek Geçiren Filtre Karakteristikleri deneyi

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

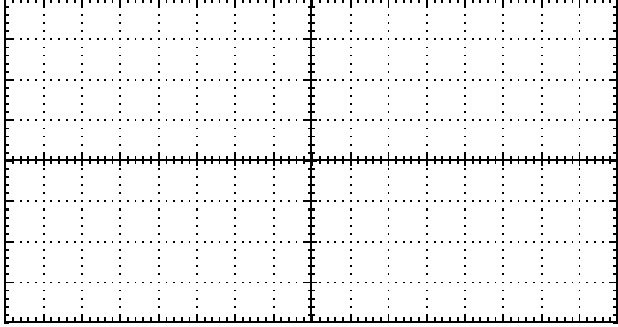
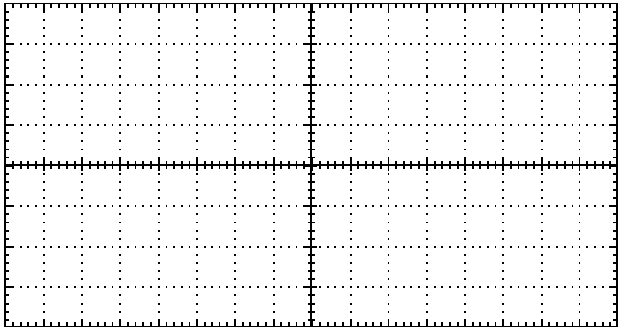
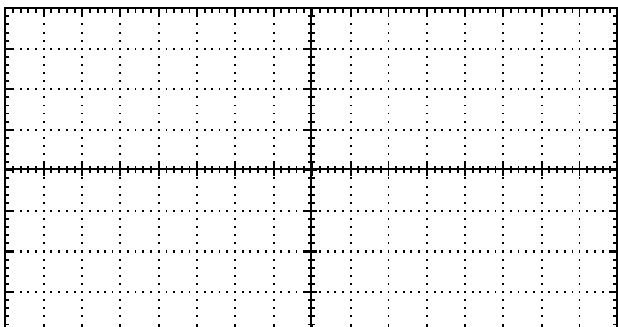
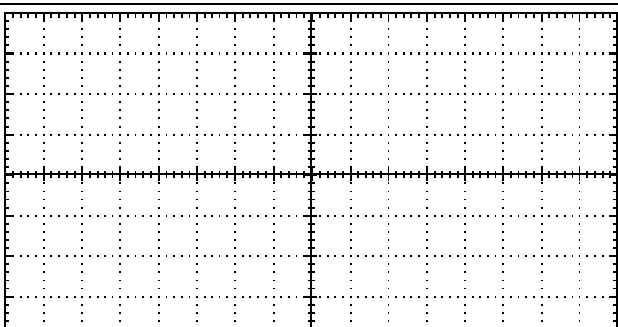
Tablo 2.5 Yüksek-Geçiren Filtre Karakteristik Eğrisi



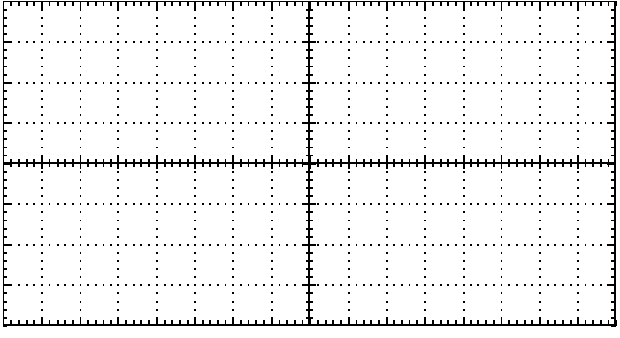
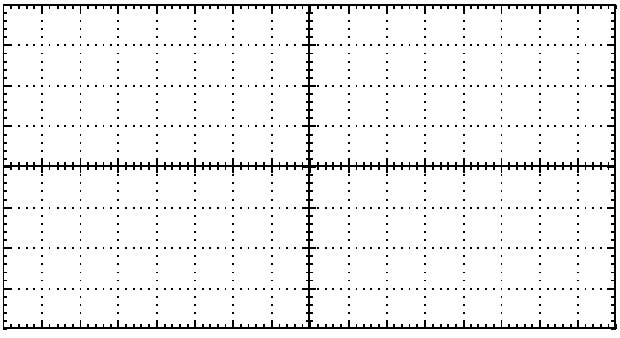
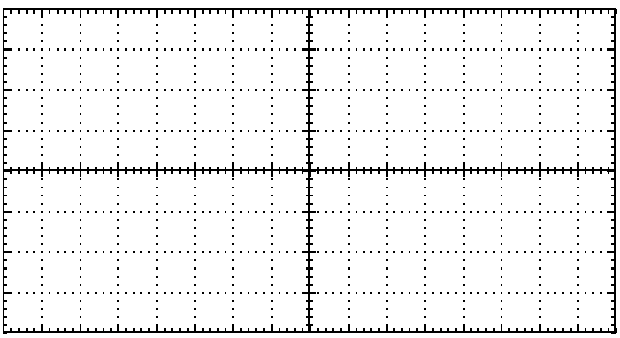
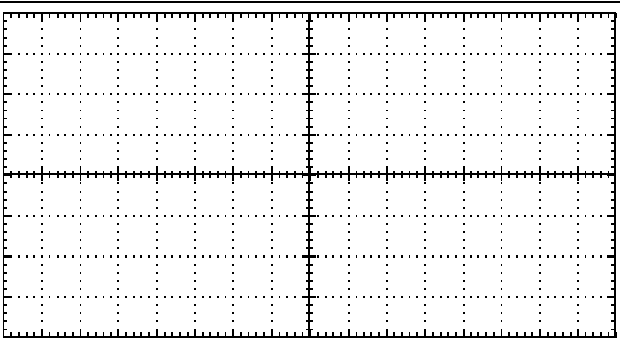
Tablo 2.6 Yarım-Dalga Doğrultucu Karakteristikleri deneyi

	Dalga Şekli
CH1 giriş	
CH2 çıkış	

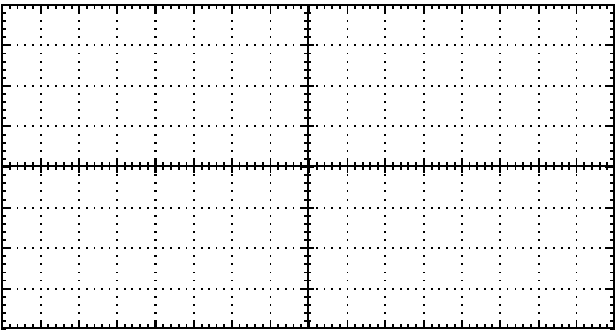
Tablo 2.7 İntegral Alıcı Karakteristikleri deneyi

	Frekans	Çıkış
Fonksiyon üretici çıkış genliği=1Vpp	5Hz	
	50Hz	
	500Hz	
	1KHz	

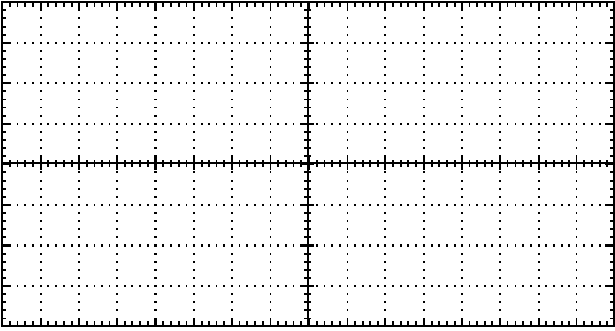
Tablo 2.8 Fonksiyon Üreteci Çıkış Frekansı 500Hz'e Ayarlandığında Farklı Çıkış Genliği Değerlerinin Çıkış Üzerindeki Etkisi

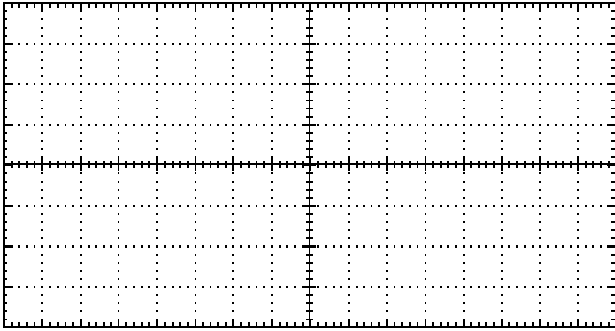
	Genlik	Çıkış
Fonksiyon üreteci çıkış frekansı=1Vpp	50mVpp	
	1Vpp	
	5Vpp	
	10Vpp	

Tablo 2.9 EMG İzometrik Kasılma Deneyi

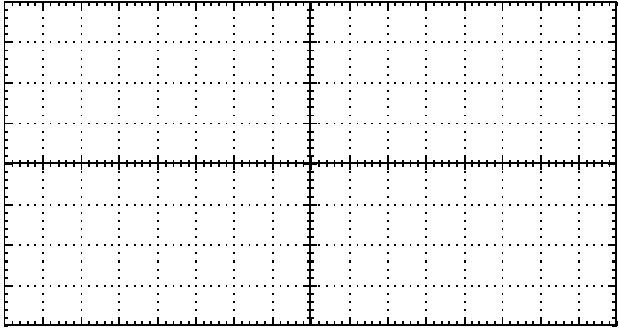
Koşul	Çıkış
Elektrotları yerleştirdikten sonra, kola kuvvet harcatın ve kolu serbest bırakın.	

Tablo 2.10

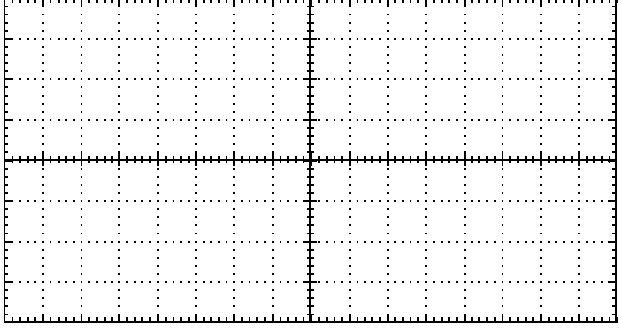
Koşul	Çıkış
Öncelikle 12-pound ağırlığı 2 sn süreyle tutunuz. Sonra dirsek açısı 90, kol açısı 45 derece olacak şekilde ağırlığı iki	

Koşul	(CH1 EMG sinyali, ve CH2 kas kuvveti)
İzometrik kasılma deneyi sonuçları	

Tablo 2.11 EMG İzotonik Kasılma Deneyi

Koşul	(CH1 EMG sinyali, ve CH2 kas kuvveti)
İzotonik kasılma deneyi sonuçları	

Tablo 2.12 EMG Kas Yorgunluğu Deneyi

Koşul	(CH1 EMG sinyali, ve CH2 kas kuvveti)
Kas yorgunluğu deneyi sonuçları	

## 2.6 SORULAR

- Düşük geçiren filtre deneyinde -3dB frekans nerededir?
- Yüksek geçiren filtre deneyinde -3dB frekans nerededir?
- İntegral deneyinde VR3 değiştirildiğinde çıkış sinyali nasıl değişir?
- İzotonik kasılma deneyinde, ön kol sürekli hareket ettirilirse kaydedilen EMG sinyalleri gerçek EMG sinyalleri midir?
- Yorgunluk deneyindeki EMG sonuçları ile normal EMG sonuçlarını karşılaştırınız.
- Denek ön kolunu kaldırmak için yeterli kuvveti aldığı anda, EMG sinyali ölçülemez yada ölçülen EMG sinyali çok küçüktür. Bunun sebebi nedir?
- Kol rahat bir konumda iken, çıkışta çok gürültü olur. Bunun sebebi nedir?