

ELEKTROENSEFALOGRAM (EEG) ÖLÇÜMÜ

4

- 4.0 DENEYİN AMACI
- 4.1 FİZYOLOJİK PRENSİPLER
- 4.2 DEVRE AÇIKLAMALARI
- 4.3 GEREKLİ ELEMANLAR
- 4.4 DENEYİN YAPILIŞI
- 4.5 DENEY SONUÇLARI
- 4.6 SORULAR

DENEY 4 ELEKTROENSEFALGORAM (EEG) ÖLÇÜMÜ

4.0 DENEYİN AMACI

Bu deneyin amacı öğrencilerin insan beynindeki elektriksel aktiviteleri anlamalarına yardımcı olmaktır. Deneklerin elektroensefalogram (EEG) ölçümleri yapılacaktır, ara yüz sinyalleri gözlemlenecek, ve α dalgası üzerindeki görsel uyartının etkileri test edilecektir.

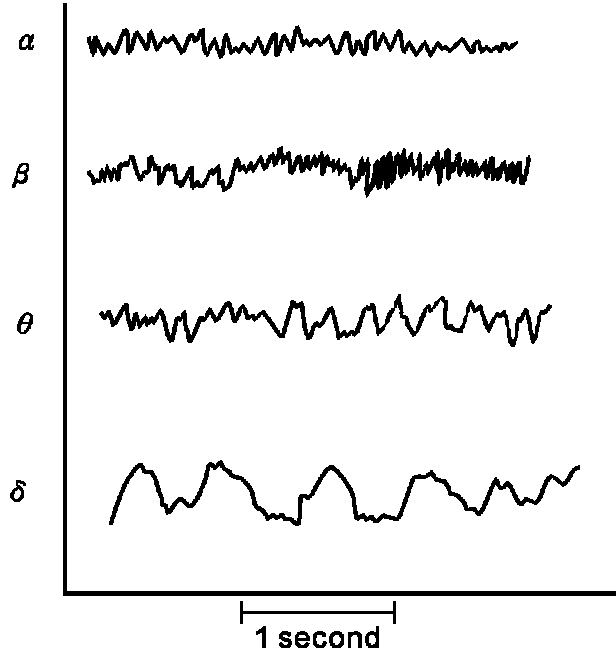
4.1 FİZYOLOJİK PRENSİPLER

İnsan beyni korteksinde senkronizasyon içinde uyartılar yaparak belirli ritmik davranışlar oluşturan çok sayıda nöron vardır. Beyin korteksinde oluşan potansiyel değişimler kafatasına yerleştirilen bir çift elektrot ile kaydedilebilir. Bu potansiyel değişimler, elektriksel ritimlerden ve anlık deşarjlardan oluşur, ve bu değişimlere elektroensefalogram (EEG) denir. EEG sinyalleri ölçüm konumlarına, frekans aralıklarına, genliklerine, sinyal dalga şekillerine, periyotlarına ve sinyale neden olan hareketlerine göre sınıflandırılabilirler. Harici bir şekilde uyarıldıklarında, EEG'ler senkronizasyondadırlar. Bu arada, EEG'ler çeşitli uyarısızlık derecelerine göre etkilenirler. Farklı uyuma periyotları farklı EEG karakteristiklerine neden olur. Klinikte, EEG epilepsi için teşhis aleti ve ölüm durumunu tanımlamada kullanılır.

EEG sinyallerinin ölçümünde genellikle genlikten kaynaklanan teknik problemlerle karşılaşılır. EEG sinyali dura, serebrospinal sıvı, ve kafatasından kafa dersine geçtiğinde, tepeden tepeye genliği sadece 1-100 μ V civarında, frekansı ise 0.5~100Hz aralığındadır. Ayrıca, elektrot malzemesi ve temas derecesi de ölçümleri etkiler. Deneysel işlemler süresince, beklenmedik bir miktar gürültü EEG ile girişim yapar. Genelde, EEG'ler frekans aralığına göre dört çeşit dalga şekline ayrılabilirler, Tablo 4.0 ve Şekil 4.1'de gösterildiği gibi.

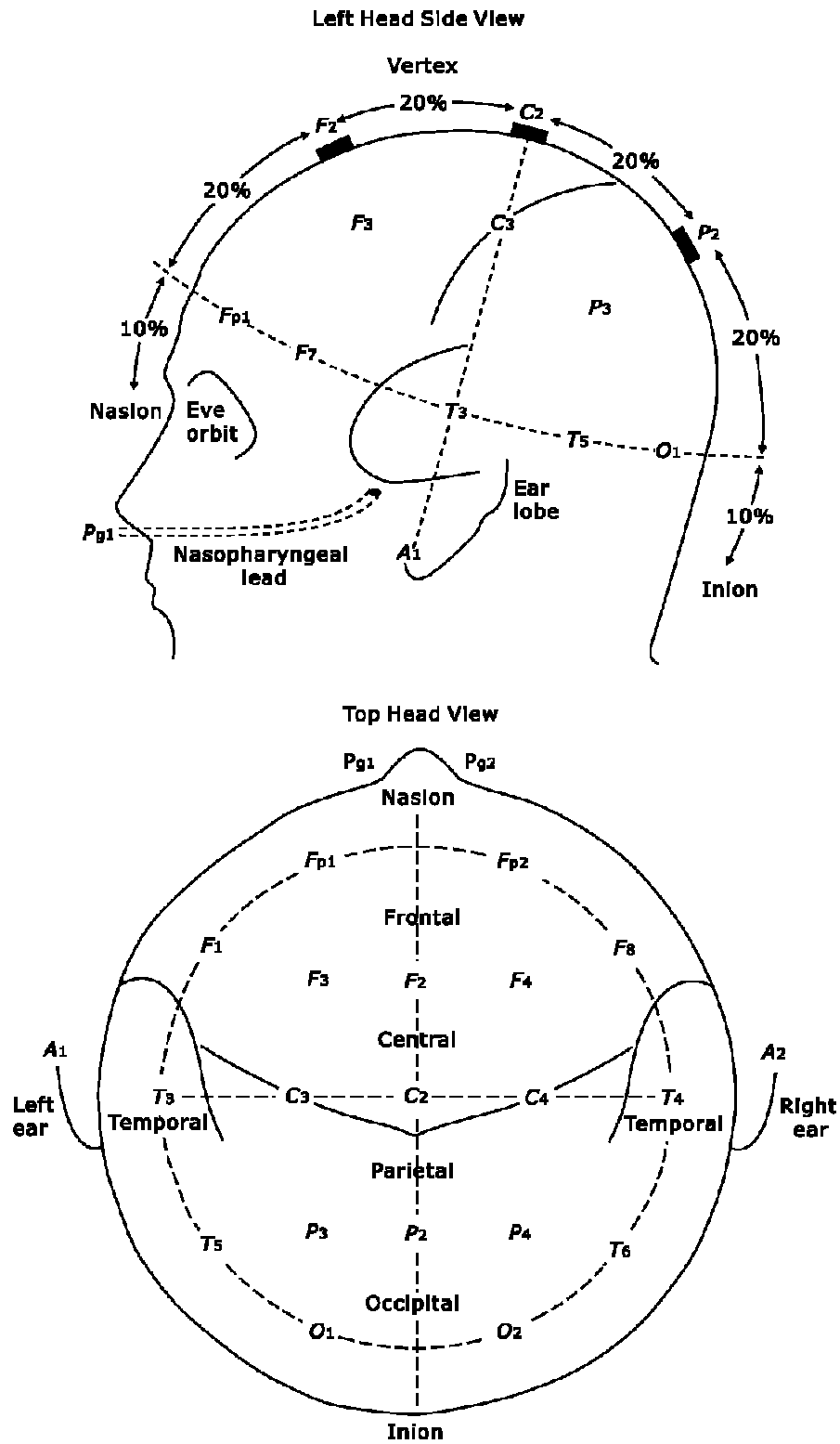
Tablo 4.0 4 tip EEG sinyali

Delta	δ	0.5~4 Hz	Derin uykuda sırasında Non-Rapid-Eye Movement (Hızlı olmayan göz hareketi) periyodunun 3. ve 4. fazlarında görülür, ve serumla, iletken bir madde ilgilidir.
Teta	θ	4~8 Hz	Genellikle, sınırlı olduklarında yetişkinlerde ve çocuklarda görülür.
Alfa	α	8~13 Hz	İnsanlar dikkatli iken ve dinlenmek için gözlerini kapattıklarında görülür.
Beta	β	13~22 Hz	İnsan sinir sistemi aktif (düşünme durumu) iken görülür.

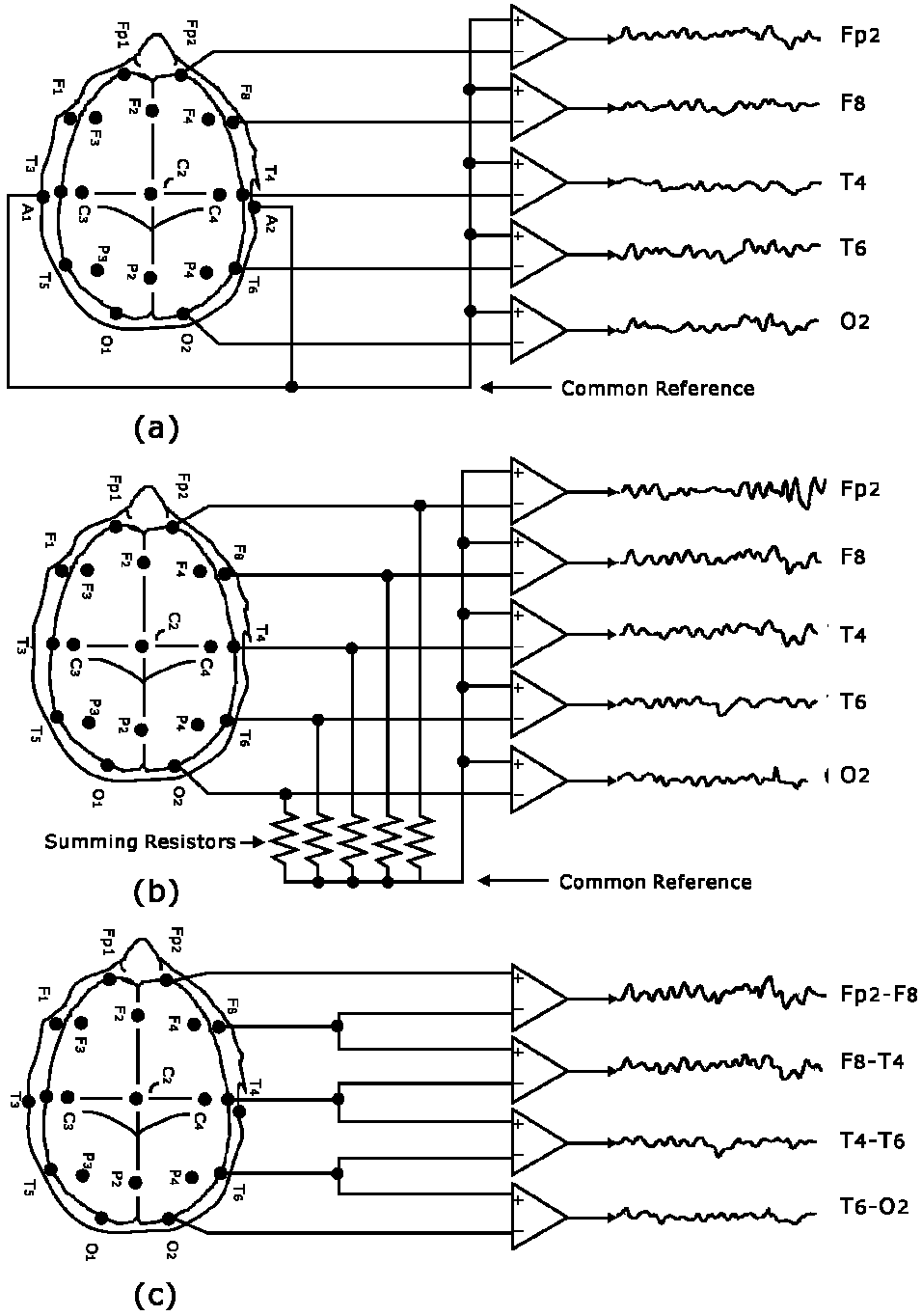


Şekil 4.1 4 tip Normal EEG Dalgası

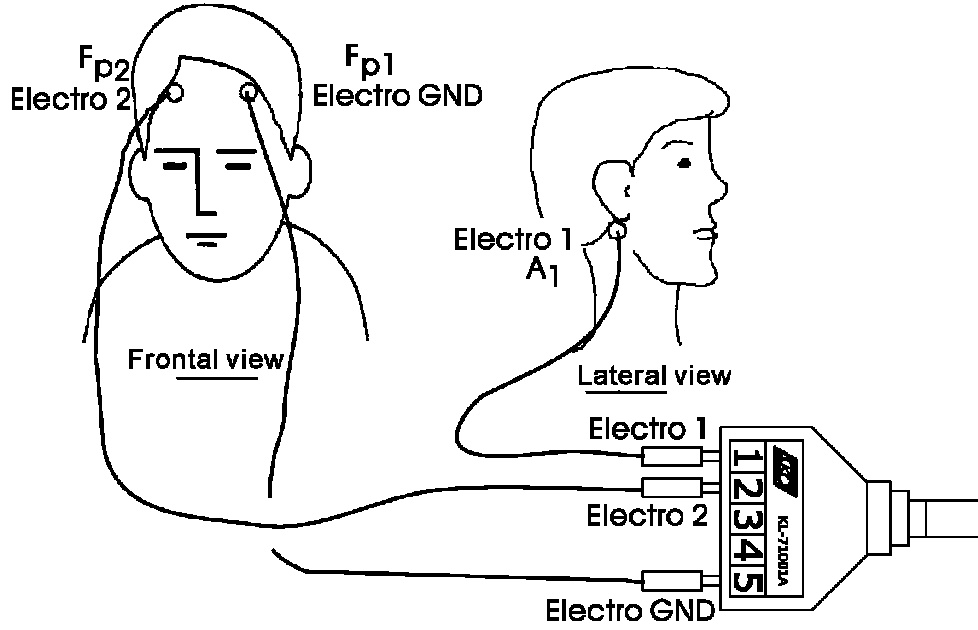
Klinikte, elektrotların konumu EEG'nin genliğini, fazını ve frekansını doğrudan etkiler. Elektrotların yerleştirileceği uygun yerler frontal, paryetal, temporal, yada oksipital beyin loblarıdır. En çok tercih edilen yerleşim şeması 10-20 EEG elektrot konumlandırma sistemidir, bu sistem International Federation of EEG Societies tarafından tavsiye edilir, bkz. Şekil 4.2. Bu sistemde, elektrot konumları için sınır; burnun kökü, nasyon (burnun üstü) ve oksipital lobdaki (ensede) inyon kemikleridir. Böylece kafatası yüzeyi sol ve sağ bölümlere ayrılmış olur. Kulaklar ise kafatası yüzeyini ön ve arka olmak üzere iki bölüme ayıran sınırlar olarak kullanılırlar. Üç adet EEG sinyali ölçüm modu vardır, bunlar ünipolar, ortalama, ve bipolar modlardır, bkz. Şekil 4.3. Kolaylık olması amacıyla, bu deneyde sadece bipolar mod deneyi yapılacaktır. Şekil 4.4, ön lob ve kulan lobundaki elektrot konumlarını göstermektedir. F_{p2} ve A_1 EEG sinyalleri için, F_{p1} ise referans potansiyeli için kullanılır.



Şekil 4.2 10-20 EEG Elektrot Konumu Sistemi



Şekil 4.3 EEG Ölçüm Modları; (a) Ünipolar, (b) Ortalama, (c) Bipolar



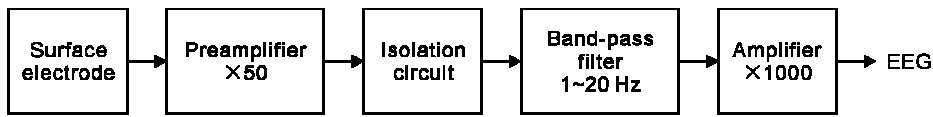
Şekil 4.4 Elektrotların Konumları

4.2 DEVRE AÇIKLAMALARI

1. EMG Ölçümü Devresi Blok Diyagramı

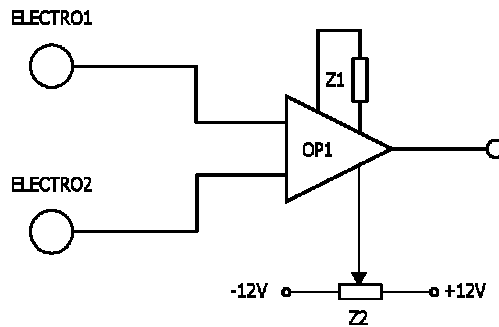
Önceki bölümde anlatıldığı üzere, EEG'ler beyin korteksindeki potansiyel değişimlerinden elde edilir ve elektriksel ritimlerden ve anlık deşarjlardan oluşur. Korteksin farklı bölümleri farklı fizyolojik fonksiyonları kontrol eder. Dolayısıyla, bir korteks bölgesinden kaydedilen EEG ile farklı bir korteks bölgesinden elde edilen EEG aynı olmaz. Deneyde, kafa derisi üzerindeki saçlar elektrotların uygun yerlere tutturulmasını zorlaştırarak EEG ölçümün zorlaştırırlar. Bu nedenle, elektrotlar F_{p1} , F_{p2} ve A_1 noktalarına yerleştirilmelidir (Şekil 4.4), F_{p1} potansiyel toprak olarak seçilmelidir. Güç kaynağı yada ölçüm cihazlarında oluşabilecek kaçakların sebep olabileceği elektrik çarpmalarından korunmak için EEG ölçümü devresi tasarımında izolasyona önem verilmelidir. Şekil 4.5 EEG ölçümü devresi blok diyagramını göstermektedir. Gözün ısıyla uyarılması sonucunda oluşan çok zayıf α dalgalarını ölçmek için yüzey elektrotları kullanılmıştır. Gözler açık yada kapalı iken aritistik bir α dalgası oluşur. EEG sinyallerinin ünipolar bileşenini algılamak için bir ön kuvvetlendirici olarak kazancı 50 olan bir

enstrümantasyon kuvvetlendirici kullanılmıştır. Elektrot ile devre arasındaki empedansı eşleştirmek için bir JFET işlemsel kuvvetlendirici kullanılmıştır. İzolasyon devresinin işlevi sinyal ile güç kaynağı hattını birbirinden yalıtmaktır, bu izolasyon devresi optik yada gerilim dönüştürme yöntemleri ile gerçekleştirilebilir. Bant-geçiren filtrenin bant genişliği 1~20Hz'dir. Kazanç kuvvetlendirici filtreden gelen zayıf sinyali 1000 katına kuvvetlendirir. Kuvvetlendirilmiş EEG sinyali görüntülenmek üzere doğrudan osiloskoba gönderilebilir.



Şekil 4.5 EEG Ölçümü Devresi Blok Diyagramı

2. Ön-kuvvetlendirici Devre

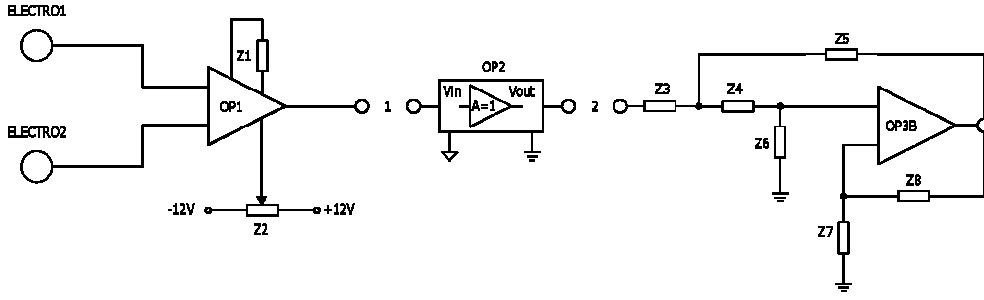


Şekil 4.6 Ön-kuvvetlendirici.

Şekil 4.6, OP1 enstrümantasyon kuvvetlendiricilerinden (AN620) oluşan ön-kuvvetlendirici devresini göstermektedir. Ön-kuvvetlendiricinin kazancı Denklem 4.1 ile hesaplanabilir. OP1 entegresinin 5 numaralı bacağı gerilim referansı girişidir. Z2'den elde edilen potansiyel, çıkış geriliminin drift'ini ayarlamak ve çıkışı sıfır yapmak için kullanılabilir.

$$A_v = \frac{49.4k\Omega}{Z_1} \quad (4.1)$$

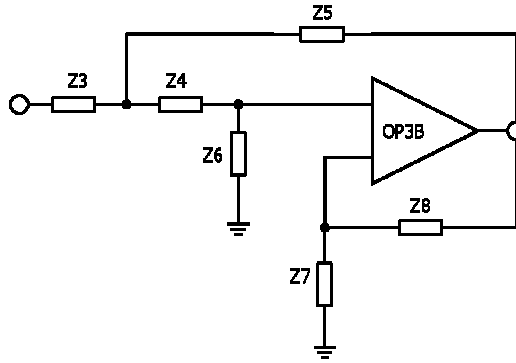
3. İzolasyon Devresi



Şekil 4.7 İzolasyon Devresi

Şekil 4.7, OP2 ile gerçekleştirilen izolasyon devresini göstermektedir. Burada izolasyon optik yöntem ile gerçekleştirilmiştir.

4. Bant-Geçiren Filtre Devresi



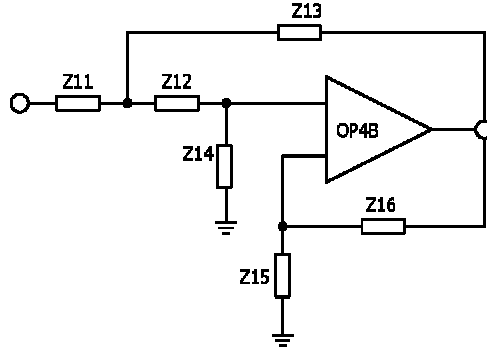
Şekil 4.8 2-Sıra Yüksek Geçiren Filtre

EOG ölçümü devresi tasarımında, aktif 2-sıra yüksek-geçiren filtre oluşturmak için OP3B kullanılmıştır, Şekil 4.8. Filtrenin köşe frekansı 1 Hz'e ayarlanmıştır, köşe frekansı (f_H) Z3, Z4, Z5 ve Z6 kullanılarak Denklem 4.2'de gösterildiği gibi hesaplanabilir.

$$f_H = \frac{1}{2\pi\sqrt{Z_3 Z_4 Z_5 Z_6}} \quad (4.2)$$

Kutup tasarımları ise Denklem 4.3'te açıklanmıştır.

$$\frac{(Z_7 + Z_8)}{Z_8} = 1.51 \quad (4.3)$$



Şekil 4.9 2-Sıra Düşük Geçiren Filtre

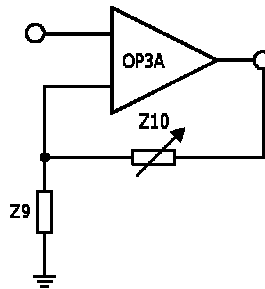
EOG ölçümü devresi tasarımında, aktif 2-sıra düşük-geçiren filtre oluşturmak için OP4B kullanılmıştır, Şekil 4.9. Filtrenin köşe frekansı 20Hz'e ayarlanmıştır, köşe frekansı (f_L) Z11, Z12, Z13 ve Z14 kullanılarak Denklem 4.4'te gösterildiği gibi hesaplanabilir.

$$f_L = \frac{1}{2\pi\sqrt{Z_{11}Z_{12}Z_{13}Z_{14}}} \quad (4.4)$$

Kutup tasarımları ise Denklem 4.5'de açıklanmıştır.

$$\frac{(Z_{15} + Z_{16})}{Z_{15}} = 1.51 \quad (4.5)$$

5. Kazanç Kuvvetlendirici Devre



Şekil 4.10 Kazanç Kuvvetlendiriciler

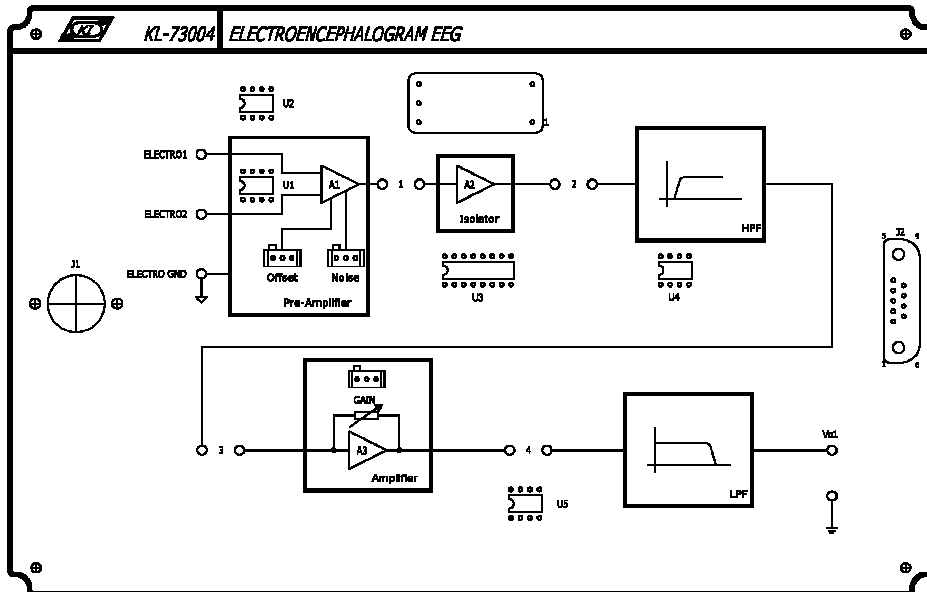
Şekil 4.10, OP3A kullanılarak gerçekleştirilmiş bir evirmeyen kuvvetlendiriciyi göstermektedir. Kuvvetlendiricide, Denklem 4.6'da ifade edildiği gibi, Z10 kazanç ayarı için kullanılır.

$$A_v = \frac{(Z_9 + Z_{10})}{Z_9} \quad (4.6)$$

4.3 GEREKLİ ELEMANLAR

1. KL-71001 Ana Kontrolör
2. KL-73004 Deney Modülü
3. Yüzey Elektrotları
4. EEG Simülatörü (Ekstra donanım)
5. Dijital Bellekli Osiloskop (Ekstra donanım)
6. Temizlik Bezi (swab)
7. 10mm Bağlantı Fişleri
8. Elektrot Kablosu
9. HUB
10. D-sub 9-9 Kablo

4.4 DENEYİN YAPILIŞI



Şekil 4.11 EEG Ölçüm Modülü

1. Ön-kuvvetlendirici Kalibrasyonu Deneyi

- (1) KL-73004'ün J2 bağlantı yuvasını KL-71001'in MODULE OUTPUT terminaline bağlayınız. Herhangi iki devre bloğu arasında bir bağlantı fişine ihtiyaç yoktur.
- (2) Bağlantı kablolarını kullanarak 'ELECTRO1' ve 'ELECTRO2' terminallerini sol toprak terminaline (ELECTRO GND terminali) bağlayınız. 'Pre Amplifier' çıkış terminalini Dijital Metre ile ölçünüz. Offset'in SVR değerini değiştirerek çıkış gerilimini sıfıra getiriniz. Dijital Metre'nin negatif terminalini 'ELECTRO GND' terminaline bağlayınız.
- (3) Bağlantı kablolarını sökünüz.

2. Yüksek-Geçiren Filtre Karakteristikleri Deneyi

- (1) KL-73004'ün 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-73004'ün '2' numaralı terminal girişine, KL-71001'in GND terminalini KL-73004'ün sağ toprak terminaline 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) Frekans değişik değerlere ayarlayınız, ve yüksek-geçiren filtrenin çıkış genliğini Sonuçlar bölümündeki Tablo 4.1'de gösterilen yere kaydediniz.
- (4) Tablo 4.1'deki sonuçlara bakarak, yüksek-geçiren filtrenin karakteristik eğrisini Sonuçlar bölümünde Tablo 4.2'de gösterilen yere çiziniz.

3. Kuvvetlendirici Deneyi

- (1) KL-73004'ün 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-73004'ün '3' numaralı terminal girişine, KL-71001'in GND terminalini KL-73004'ün sağ toprak terminaline bağlayınız. Değişken direnci saat yönüne ters yönde çevirerek kazancı minimum değerine ayarlayınız. 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 3.4'te gösterilen yere kaydediniz.
- (4) Kuvvetlendirici kazancını değiştiriniz ve kuvvetlendirici çıkış genliğini Sonuçlar bölümünde Tablo 4.3'te gösterilen yere kaydediniz.
- (5) Eğer kuvvetlendirici çıkışı doyuma bölgesindeyse, bozunumdan korunmak için fonksiyon üreticinin çıkış genliğini azaltınız.

4. Düşük Geçiren Filtre Karakteristikleri Deneyi

- (1) KL-73004'ün 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-73004'ün '4' numaralı terminal girişine, KL-71001'in GND terminalini KL-73004'ün 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 4.4'te gösterilen yere kaydediniz.
- (4) Tablo 4.4'teki sonuçlara bakarak, düşük-geçiren filtrenin karakteristik eğrisini Sonuçlar bölümünde Tablo 4.5'de gösterilen yere çiziniz.

5. Simüle Edilmiş EEG Deneyi

- ** EEG simülatörü çıkışı standart olarak referans alınız (EEG simülatörü ekstra donanım olduğundan ayrıca satın alınmalıdır).

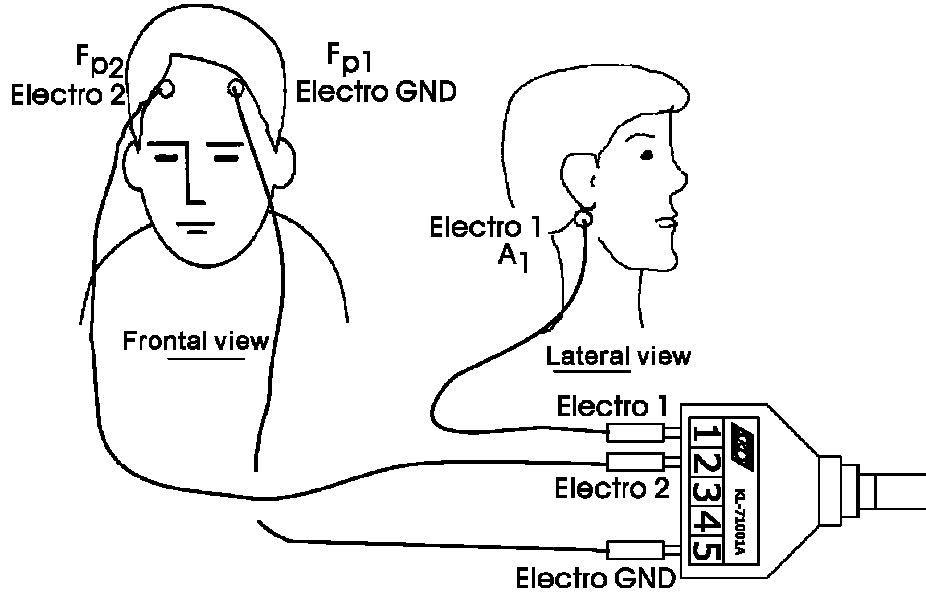
- (1) KL-73004'ün J1 bağlantı yuvasını hub'a bağlayınız, J2 bağlantı yuvasını KL-71001'in MODULE OUTPUT terminaline bağlayınız. 1, 2, 3 ve 4 ile işaretli noktaları bağlantı fişleri ile bağlayınız. Vo1 çıkış terminalini osiloskoba bağlayınız ve osiloskop giriş kaplinini AC kaplin konumuna getiriniz.
- (2) KL-73004 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.
- (3) EEG simülatörünün çıkışını hub'a bağlayınız. ELECTRO1→IN1, ELECTRO2→IN2, ELECTRO GND→IN5.
- (4) EEG Simülatörü frekansını 10Hz'e ayarlayınız. Vo1 çıkışını Sonuçlar bölümünde Tablo 4.6'da gösterilen yere kaydediniz.
- (5) EEG simülatörü frekansını değişik değerlere ayarlayınız, ve Vo1 çıkışındaki değişimleri kaydediniz.
- (6) Değişken direnci ayarlayarak kuvvetlendirici kazancını orta değerine getiriniz.

6. Gerçek EEG Deneyi (EEG sinyalleri bir dijital bellekli osiloskop tarafından kaydedilir)

**** İnsan vücudunda EEG deneyi**

- (1) KL-73004'ün J1 bağlantı yuvasını hub'a bağlayınız, J2 bağlantı yuvasını KL-71001'in MODULE OUTPUT terminaline bağlayınız. 1, 2, 3 ve 4 ile işaretli noktaları bağlantı fişleri ile bağlayınız. Vo1 çıkış terminalini osiloskoba bağlayınız.
- (2) KL-73004 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.
- (3) Şekil 4.12'ye bakarak elektrotları F_{p1} , F_{p2} ve A_1 bölgelerine bağlayınız.
- (4) Denekten rahatça oturmasını, ileriye doğru bakmasını ve sakin olmasını isteyiniz.

- (5) Ön kuvvetlendirici çıkış terminalini Dijital Metre ile ölçünüz. Offset'in SVR değerini çıkış sıfır olacak şekilde ayarlayınız. Eğer gürültü çok büyükse, dirençleri ayarlayarak gürültü genliğini düşürünüz.
- (6) Osiloskop giriş kaplinini AC konumuna getiriniz. Gerilim ölçeğini 5V/div, zaman ölçeğini 500ms/div değerlerine getiriniz.



Şekil 4.12 Elektrot Konumları

Not:

- A. EEG dalga şekillerini kaydederken dalga şekillerini etkileyen üç önemli etken vardır: (a) yüzün yada kafa derisinin hareketi nedeniyle oluşan EMG (b) elektrotların hareketi, özellikle öndeki elektrot kafanın hareketi nedeniyle ön lob ile yeterince temas etmeyebilir (c) Gözlerin hareketinden kaynaklanan EOG.
- B. Deney sırasında, EEG sinyalleri çok küçük olduğundan elektrot kabloları düzgün ve temiz olmalı ve denekten sakın olması istenmelidir. Ayrıca cihaz kullanımı başka bir öğrenci tarafından gerçekleştirilmelidir.
- C. Eğer α dalgasındaki gürültü çok büyükse, deri ile elektrot arasındaki yüksek empedansdan kaynaklanabilir, elektrotların yerini değiştirmek gerekir. Derideki yağı almak için temizlik bezi ile deriyi siliniz yada elektrotlara jel uygulayınız, böylece empedans düşer.

D.Çıkış sinyali çok küçükse, kazancı x1000 konumuna getiriniz. Bunun için, bağlantı fişini 4 ile işaretli noktadan çıkarıp 5 numaraya takmanız yeterlidir.

(7)Gürültü Testi:

Denekten arka arkaya gözlerini açıp kapamasını isteyiniz, ve osiloskople 5~10 saniyelik EEG kaydı yapınız. Bu dalga şeklini Sonuçlar bölümünde Tablo 4.7'de gösterilen yere kaydediniz. Eğer gürültü çok büyükse, değişken direnci ayarlayarak gürültüyü en aza indiriniz.

(8)Denekten gözlerini önce yukarı-aşağı sonra sağa-sola hareket ettirmesini isteyiniz. Harekete 5~10 saniye süreyle devam ediniz. EEG dalga şeklini Sonuçlar bölümünde Tablo 4.8'e kaydediniz. Gözler hareket ederken baş hareketsiz kalmalıdır.

(9)Denekten kafasını biraz çevirmesini ve bu hareketi tekrarlamasını isteyiniz. 5~10 saniye sürelik EEG dalga şeklini Sonuçlar bölümünde Tablo 4.9'a kaydediniz.

(10) EEG sinyallerindeki α dalgasını gözlemleyiniz, ve gözlerin açılmasının EEG üzerindeki etkisini inceleyiniz.

Denekten sakın olmasını ve gözlerini kapatmasını isteyiniz. 10 saniyelik dalga şeklini osiloskop ile kaydediniz, ve dalga şeklini Sonuçlar bölümünde Tablo 4.10'a kaydediniz.

(11)Denekten sakın olmasını ve gözlerini açmasını isteyiniz. 10 saniyelik dalga şeklini osiloskop ile kaydediniz, ve dalga şeklini Sonuçlar bölümünde Tablo 4.11'e kaydediniz.

(12)Adım (10) ile (11) sonuçlarını karşılaştırınız. Genliklerde bir fark var mı? Varsa sebebi nedir?

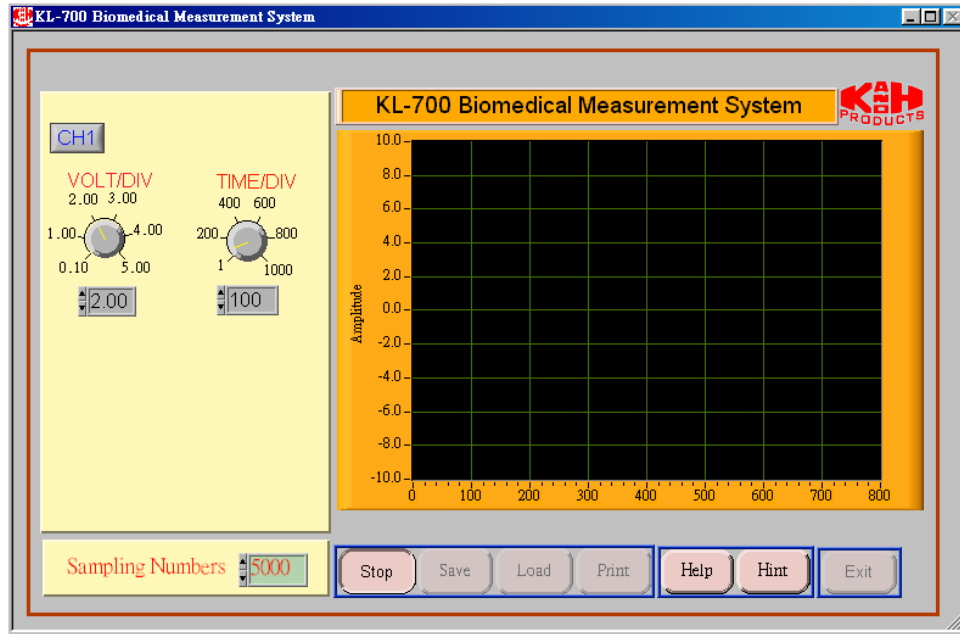
7. Gerçek EEG Deneyi (EEG sinyalleri RS232 ile bir bilgisayar tarafından kaydedilir)

**** İnsan vücudunda EEG deneyi**

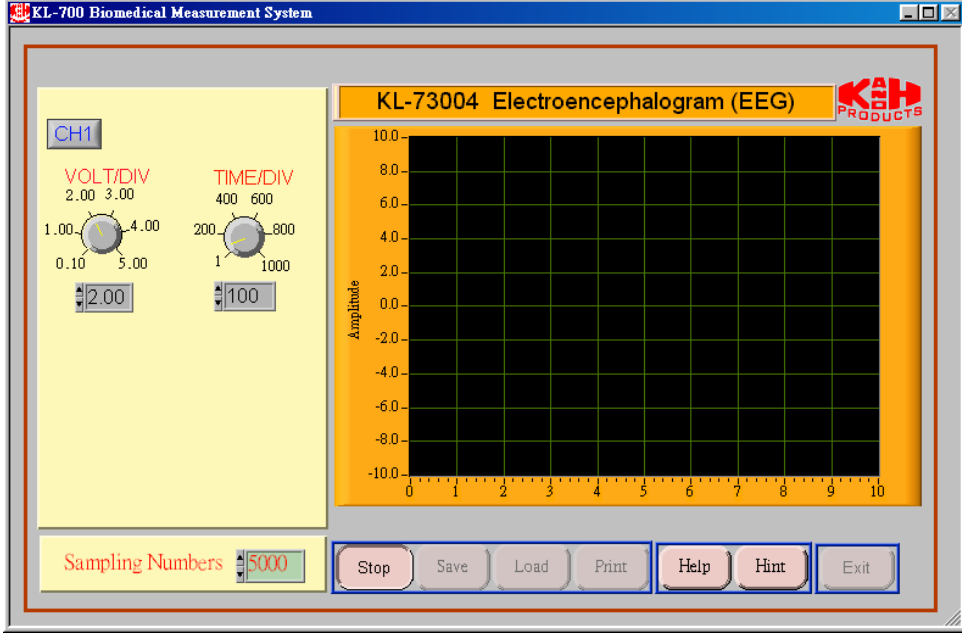
(1) KL-73004'ün J1 bağlantı yuvasını hub'a bağlayınız, J2 bağlantı yuvasını KL-71001'in MODULE OUTPUT terminaline bağlayınız. 1, 2, 3 ve 4 ile

işaretili noktaları bağlantı fişleri ile bağlayınız. Vo1 çıkış terminalini osiloskoba bağlayınız.

- (2) KL-73004 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.
- (3) Şekil 4.12'ye bakarak elektrotları F_{p1} , F_{p2} ve A_1 bölgelerine bağlayınız.
- (4) Denekten rahatça oturmasını, ileriye doğru bakmasını ve sakin olmasını isteyiniz.
- (5) Ön kuvvetlendirici çıkış terminalini Dijital Metre ile ölçünüz. Offset'in SVR değerini çıkış sıfır olacak şekilde ayarlayınız. Eğer gürültü çok büyükse, dirençleri ayarlayarak gürültü genliğini düşürünüz.
- (6) 9-pin RS232 kablosunu bilgisayarınızın iletişim portuna bağlayınız.
- (7) KL-700 Biyomedikal Ölçüm Sistemi programını çalıştırınız. Detaylı yükleme bilgileri ve açıklamalar için Bölüm 0'a bakınız.
- (8) Sistem yüklendikten sonra alttaki görüntü ekrana gelir.



(9) Alttaki görüntünün ekrana gelmesi için 'Acqu' düğmesine basınız, KL-73004 EEG Kayıt Ekranı.



(10) Sinyal dalga şekilleri grafik alanının ortasına gelecek şekilde VOLT/DIV ve TIME/DIV ayarlarını yapınız.

Not:

- EEG dalga şekillerini kaydederken dalga şekillerini etkileyen üç önemli etken vardır: (a) yüzün yada kafa derisinin hareketi nedeniyle oluşan EMG (b) elektrotların hareketi, özellikle öndeki elektrot kafanın hareketi nedeniyle ön lob ile yeterince temas etmeyebilir (c) Gözlerin hareketinden kaynaklanan EOG.
- Deney sırasında, EEG sinyalleri çok küçük olduğundan elektrot kabloları düzgün ve temiz olmalı ve denekten sakın olması istenmelidir. Ayrıca cihaz kullanımı başka bir öğrenci tarafından gerçekleştirilmelidir.
- Eğer α dalgasındaki gürültü çok büyükse, deri ile elektrot arasındaki yüksek empedansdan kaynaklanabilir, elektrotların yerini değiştirmek gerekir. Derideki yağı almak için temizlik bezi ile deriyi siliniz yada elektrotlara jel uygulayınız, böylece empedans düşer.

D Çıkış sinyali çok küçükse, kazancı x1000 konumuna getiriniz. Bunun için, bağlantı fişini 4 ile işaretli noktadan çıkarıp 5 numaraya takmanız yeterlidir.

(11)Gürültü Testi:

Denekten arka arkaya gözlerini açıp kapamasını isteyiniz, ve osiloskop ile 5~10 saniyelik EEG kaydı yapınız. Bu dalga şeklini bilgisayara kaydediniz. Eğer gürültü çok büyükse, değişken direnci ayarlayarak gürültüyü en aza indiriniz.

(12)Denekten gözlerini önce yukarı-aşağı sonra sağa-sola hareket ettirmesini isteyiniz. Harekete 5~10 saniye süreyle devam ediniz. EEG dalga şeklini bilgisayara kaydediniz. Gözler hareket ederken baş hareketsiz kalmalıdır.

(13) Denekten kafasını biraz çevirmesini ve bu hareketi tekrarlamasını isteyiniz. 5~10 saniye sürelik EEG dalga şeklini bilgisayara kaydediniz.

(14) EEG sinyallerindeki α dalgasını gözlemleyiniz, ve gözlerin açılmasının EEG üzerindeki etkisini inceleyiniz.

Denekten sakın olmasını ve gözlerini kapatmasını isteyiniz. 10 saniyelik dalga şeklini bilgisayara kaydediniz.

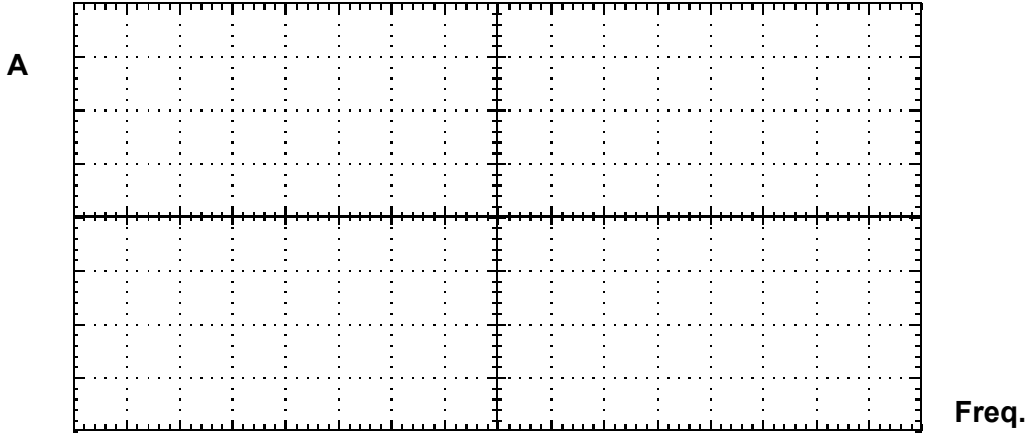
(11)Denekten sakın olmasını ve gözlerini açmasını isteyiniz. 10 saniyelik dalga şeklini bilgisayara kaydediniz.

4.5 SONUÇLAR

Tablo 4.1 Yüksek Geçiren Filtre Karakteristikleri deneyi

Frekans	1KHz	500Hz	100Hz	10Hz	5Hz	4Hz	3Hz	2Hz	1Hz
HPF çıkışı (V _{pp})									

Tablo 4.2 Yüksek-Geçiren Filtre Karakteristik Eğrisi



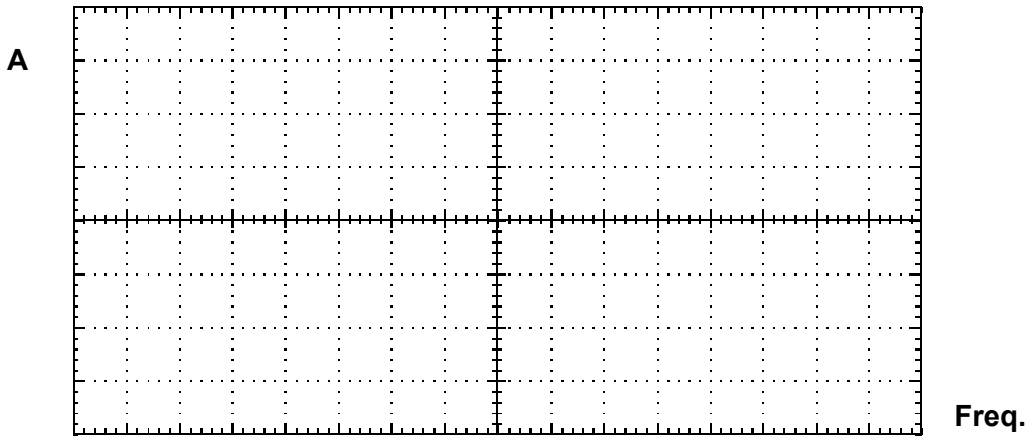
Tablo 4.3 Kuvvetlendirici (1) Deneyi

Kuvvetlendirici kazancı	Kuvvetlendirici çıkışı
GAIN 1 → Minimum	
GAIN 1 → Orta	
GAIN 1 → Maksimum	

Tablo 4.4 Düşük-Geçiren Filtre Karakteristikleri deneyi

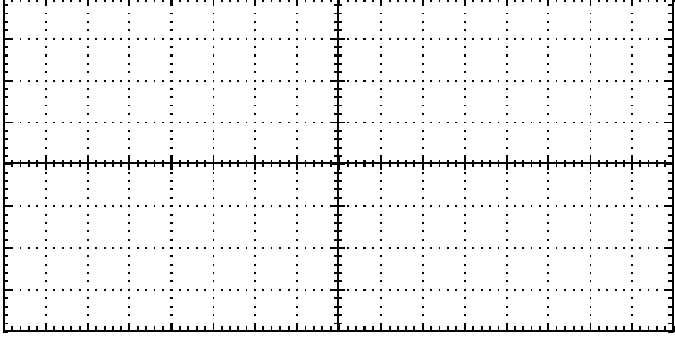
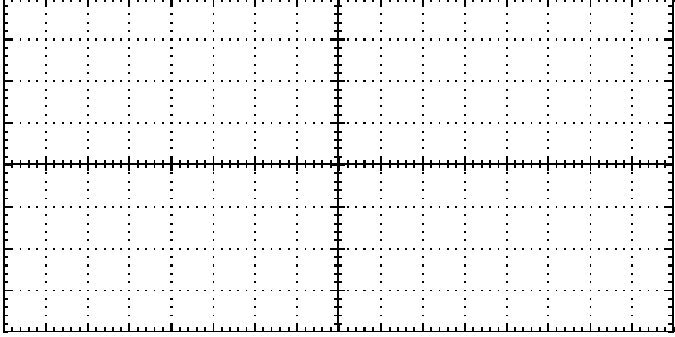
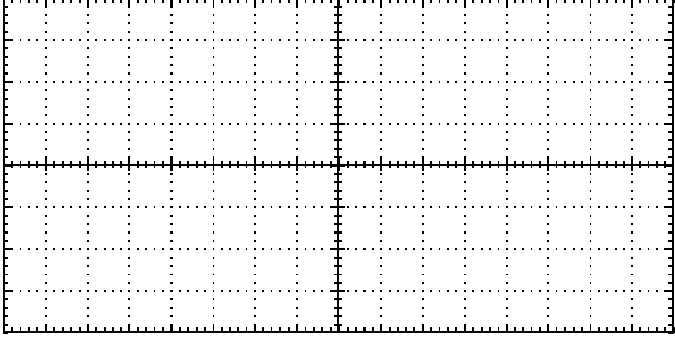
Frekans	1Hz	2Hz	3Hz	4Hz	5Hz	10Hz	100Hz	500Hz	1KHz
LPF çıkışı (Vpp)									

Tablo 4.5 Düşük Geçiren Filtre Karakteristik Eğrisi

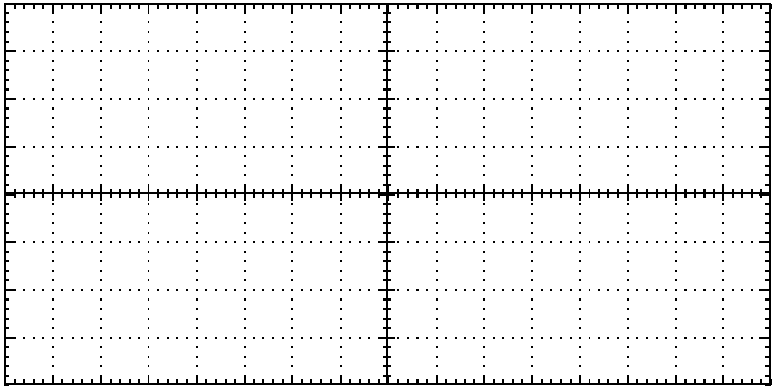


Tablo 4.6 Simüle edilmiş EEG Deneyi.

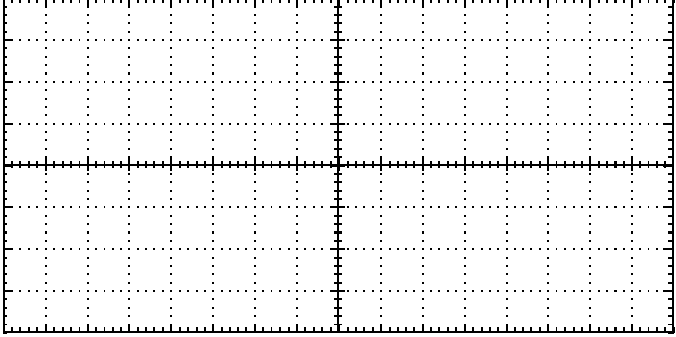
** EEG simülatörü çıkışını standart olarak referans alınız (EEG Simülatörü ekstra donanım olduğundan satın alınmış olmalıdır) Vo1 Çıkış Dalga Şekli

		Vo1 Çıkışı
3Hz	Kazanç x1000	
10Hz	Kazanç x1000	
13Hz	Kazanç x1000	

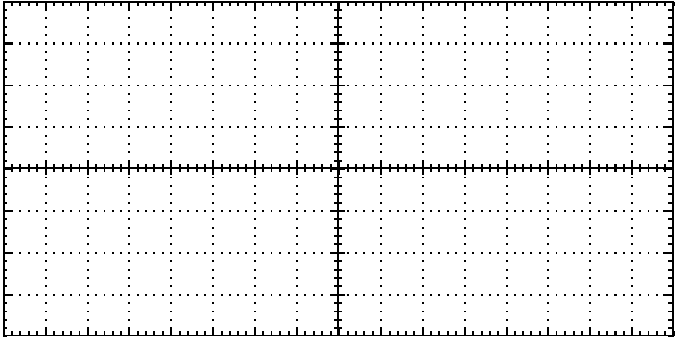
Tablo 4.7 Gerçek ECG Deneyi

Koşul	Çıkış
Tekrarlanan göz kırpma	

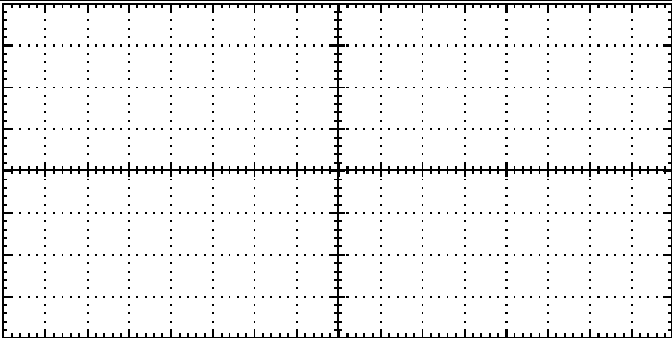
Tablo 4.8 Denekten gözlerini önce yukarı aşağı, sonra sağa-sola çevirmesini isteyiniz. Hareketi 5~10 süreyle tekrar ettiriniz. Gözler hareket ederken kafa hareketsiz kalmalıdır.

Koşul	Çıkış
Gözler önce yukarı aşağı sonra sağa sola hareket ettirilir, hareket tekrarlanır.	

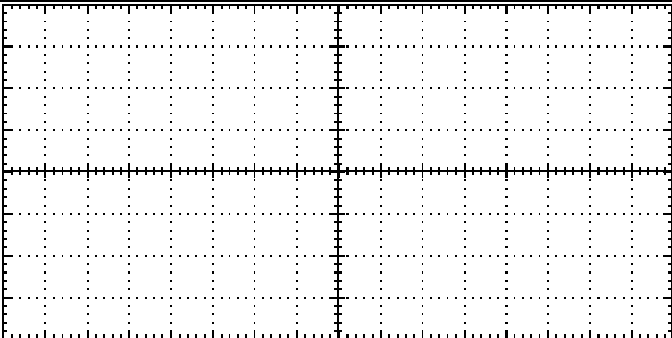
Tablo 4.9 Denekten kafasını biraz hareket ettirmesini ve bu hareketi tekrarlamasını isteyiniz. 5~10 saniye süreyle EEG dalga şeklini kaydediniz.

Koşul	Çıkış
Kafa biraz hareket ettirilir, ve hareket tekrarlanır	

Tablo 4.10 EEG sinyallerinde α dalgasını gözlemleyiniz, ve gözlerin açılmasının EEG üzerindeki etkisini inceleyiniz.

Koşul	Çıkış
Gözler kapalı	

Tablo 4.11 Denekten sakin olmasını ve gözlerini açmasını isteyiniz. EEG dalga şeklini osiloskop ile kaydediniz.

Koşul	Çıkış
Gözler açık	

4.6 SORULAR

1. Yüksek geçiren filtrenin -3dB frekansı nerededir?
2. Düşük geçiren filtrenin -3dB frekansı nerededir?
3. α dalgası bulunmama nedeni ne olabilir?
4. Kaydedilen EEG dalga şeklinden α dalgasını nasıl ayırt edersiniz?
5. Ölçülen EEG sinyalindeki gürültünün çok yüksek olma nedeni nedir?
6. Göz kırpmasının yada göz hareketinin neden EEG sinyalini etkilediğini açıklayınız.