

T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI



MEGEP

(MESLEKİ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMİNİN
GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ)

BİYOMEDİKAL CİHAZ TEKNOLOJİLERİ

ELEKTROKARDİYOĞRAFI ÖLÇÜMLERİ

ANKARA 2008

Milli Eğitim Bakanlığı tarafından geliştirilen modüller;

- Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığının 02.06.2006 tarih ve 269 sayılı Kararı ile onaylanan, Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında kademeli olarak yaygınlaştırılan 42 alan ve 192 dala ait çerçeve öğretim programlarında amaçlanan mesleki yeterlikleri kazandırmaya yönelik geliştirilmiş öğretim materyalleridir (Ders Notlarıdır).
- Modüller, bireylere mesleki yeterlik kazandırmak ve bireysel öğrenmeye rehberlik etmek amacıyla öğrenme materyali olarak hazırlanmış, denenmek ve geliştirilmek üzere Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında uygulanmaya başlanmıştır.
- Modüller teknolojik gelişmelere paralel olarak, amaçlanan yeterliği kazandırmak koşulu ile eğitim öğretim sırasında geliştirilebilir ve yapılması önerilen değişiklikler Bakanlıkta ilgili birime bildirilir.
- Örgün ve yaygın eğitim kurumları, işletmeler ve kendi kendine mesleki yeterlik kazanmak isteyen bireyler modüllere internet üzerinden ulaşılabilirler.
- Basılmış modüller, eğitim kurumlarında öğrencilere ücretsiz olarak dağıtılır.
- Modüller hiçbir şekilde ticari amaçla kullanılamaz ve ücret karşılığında satılamaz.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	i
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. EKG CİHAZI GÜÇ ÜNİTESİ	3
1.1. Güç Ünitesi Özellikleri	3
1.1.1. Güç Ünitesi Blok Diyagramı	4
1.1.2. Güç Ünitesinde Aranılan Nitelikler	4
1.1.3. EKG'de Optik İzolasyon	5
1.2. Simetrik Gerilim Elde Edilmesi	6
1.3. Batarya İle Çalışma	7
1.3.1. EKG Cihazlarında Kullanılan Ni-Cd ve Ni-Mh Bataryalar	8
1.3.2. EKG Cihazlarında Kullanılan Lityum-İyon Bataryalar	10
1.3.3. Emniyet Elemanları	10
1.3.4. Pil Sistemlerinin Mukayesesi	12
1.3.5. Pil Kullanımında Dikkat Edilecek Hususlar	12
1.4. EKG Cihazı Güç Katının Sökülmesi	13
UYGULAMA FAALİYETİ	15
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	18
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	20
2. EKG SİSTEMİ	20
2.1. EKG İşaretlerinin Ölçülmesi	20
2.1.1. Kalp ve Dolaşım Sistemi	20
2.1.2. Kalbin Anatomik Yapısı	22
2.1.3. Kalbin Elektriksel İletim Sistemi	25
2.1.4. Kalp Kasları	27
2.1.5. Kalp Kaslarının Kasılması	27
2.2. Derivasyonlar	28
2.2.1. Elektrokardiyogram Düzlemleri	28
2.2.2. Einthoven Üçgeni	29
2.2.3. Standart Bipolar Derivasyon	29
2.2.4. Göğüs Derivasyonları	31
2.2.5. Kuvvetlendirilmiş Derivasyon	32
2.2.6. Yemek Borusundan Derivasyon	35
2.3. EKG Ölçüm Düzenekleri	35
2.3.1. EKG Blok Diyagramı	35
2.3.3. Sağ Bacak Sürücüsü	41
2.3.4. Mikroişlemcili Elektrokardiyograf Düzeni	42
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	45
MODÜL DEĞERLENDİRME	47
CEVAP ANAHTARLARI	49
KAYNAKÇA	51

AÇIKLAMALAR

KOD	523EO0285
ALAN	Biyomedikal Cihaz Teknolojileri
DAL/MESLEK	Fizyolojik Sinyal İzleme Teşhis ve Kayıt Cihazları
MODÜLÜN ADI	Elektrokardiyografi Ölçümleri
MODÜLÜN TANIMI	Kalbin ve dolaşım sisteminin yapılarının, EKG cihazlarının AC-DC besleme katı teknik özelliklerinin ve derivasyon yöntemlerinin anlatıldığı öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	Alan Ortak, Kalp Sinyal İzleyiciler ve Elektrokardiyografi Donanımı modüllerini tamamlamış olmak
YETERLİK	Elektrokardiyografi ölçümlerini yapmak.
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Bu modül için gerekli ortam sağlandığında, EKG cihazlarının AC-DC besleme katlarının yapılarını kavrayacak kalp dolaşım sistemi ve derivasyonlarla ilgili uygulamaları yapabileceksiniz. Amaçlar 1. EKG cihazı AC ve DC besleme ünite yapısını kavrayacak, bu doğrultuda arızalarını giderebileceksiniz. 2. EKG cihazı sinyal yükselteç katı arızalarını giderebilecek, kalp ve dolaşım sisteminin özelliklerini kavrayacak ve derivasyonlara ilişkin uygulamalar yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Sinyal ölçme laboratuvarı, EKG elektrotları, avometre, hasta simülatörleri, EKG cihazı veya seti
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Her faaliyet sonrasında o faaliyetle ilgili değerlendirme soruları ile kendi kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda size ölçme aracı (uygulama, soru-cevap, test, çoktan seçmeli, doğru yanlış vb)uygulayarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek değerlendirecektir.

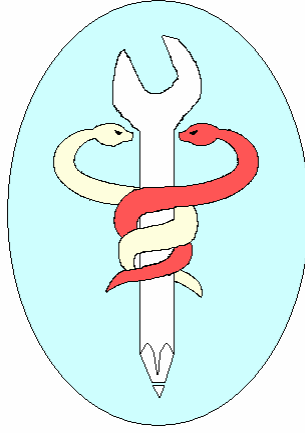
GİRİŞ

Sevgili Öğrenci

Halkımızın yanlış beslenme alışkanlıkları, spor ve sağlıklı yaşama bilincinin henüz tam olgunlaşmamış olması gibi nedenler çeşitli toplumsal rahatsızlıklara davetiye çıkarmaktadır. Bu rahatsızlıkların birinci sırasını kalp ve kalbe bağlı damar rahatsızlıkları teşkil etmektedir.

Ülke genelindeki tıbbi rahatsızlıklardan dolayı meydana gelen ölümlerden çoğu da yine kalbe bağlı ölümlerdir. Bu nedenle her hastane ve sağlık kuruluşunda mutlaka kalp rahatsızlıkları ile ilgili cihazlar görmek mümkündür. Öyleyse bu tıbbi cihazların insan hayatı açısından büyük öneme sahip olduğunu söylemek yanlış olmaz.

Sizler bu modülü bitirdiğinizde, tıbbi cihazlar içinde çok büyük öneme sahip olan sinyal izleme cihazlarından EKG (elektrokardiyografi) nin yapılarını öğreneceksiniz. Bu cihazların kullanım alanlarını ve ölçüm yöntemlerini bilecek, cihazın elektriksel yapısı ile ilgili detaylı bilgiye sahip olacaksınız.



ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

EKG cihazı AC ve DC besleme ünite yapısını kavrayacak, bu doğrultuda arızalarını giderebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

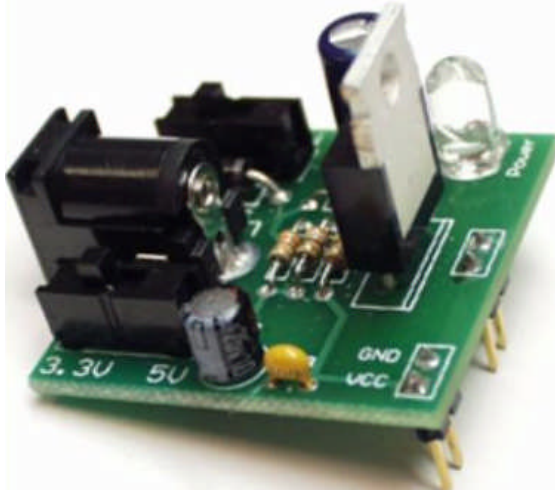
Bu faaliyet öncesinde yapmanız gereken öncelikli araştırmalar şunlardır:

- İnternet ortamında EKG cihazlarının teknik özelliklerini ve çeşitlerini araştırınız. (Arama motorlarından “EKG” veya “ECG” şeklinde yazarak arama yapabilirsiniz.)
- Bulduğunuz ildeki üniversite hastaneleri veya devlet hastanelerine giderek teknik servis elemanı ve sağlık personelinden EKG cihazları ile ilgili teknik bilgi edininiz. Farklı EKG cihazlarının birbirlerine göre üstünlüklerini öğreniniz.

1. EKG CİHAZI GÜÇ ÜNİTESİ

1.1. Güç Ünitesi Özellikleri

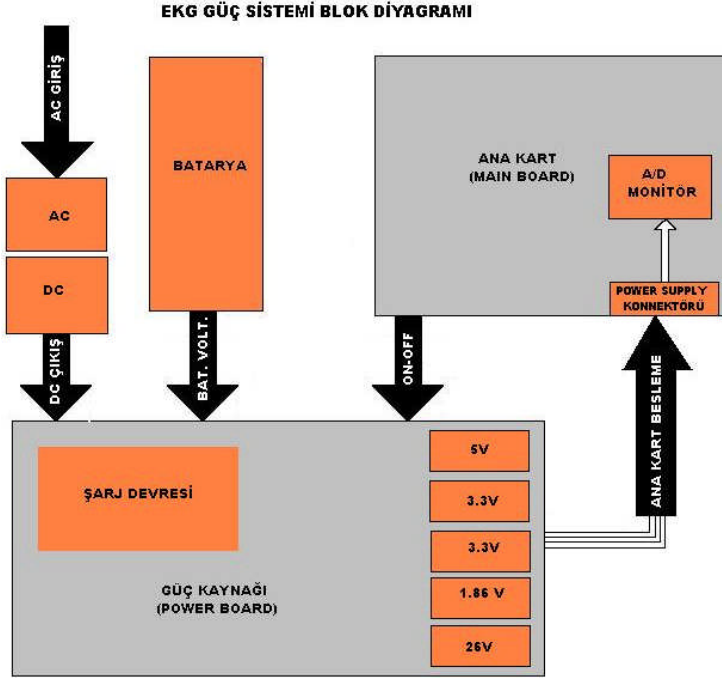
İnsan vücuduna bağlanarak vücuttaki elektriksel sinyalleri ölçmeyi amaçlayan ve elektrik enerjisi ile çalışan her türlü biyomedikal cihaz mutlaka elektriksel güvenlik testinden geçirilmelidir. Bu cihazlar düşük akım ve gerilimlerle çalışsalar da besleme için mutlaka şehir şebekesi elektriğine ihtiyaç duyulur. 220 V olan şehir şebekesi, hatalı kullanım hâlinde cihaza zarar verebileceği gibi hasta hayatını da tehlikeye sokabilir. Bu nedenle bu tip biyomedikal cihazların güç kaynağı yapıları ve yalıtım özellikleri önem taşımaktadır.



Resim 1.1: Bir EKG cihazına ait güç kati

1.1.1. Güç Ünitesi Blok Diyagramı

Şekil 1.1’de tipik bir EKG cihazının besleme ünitesine ait blok diyagram görülmüyor. Şebekeden gelen AC gerilim besleme ünitesi içinde genliği azaltılarak DC hâle dönüştürülür. Uygunlaştırıcı bir batarya şarj devresi, bataryayı şarj edecek gerilimi oluştururken aynı zamanda bu ünite de cihazın ana kartı ve yardımcı kartları için gerekli olan farklı genliklerde gerilimler üretilir.



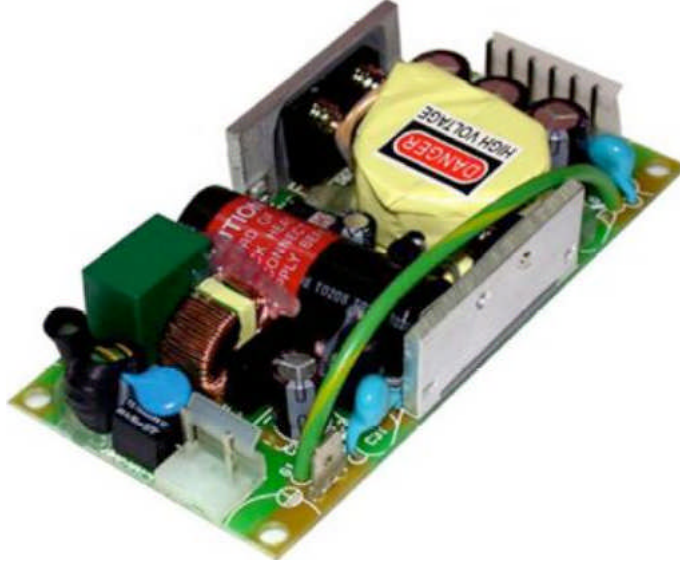
Şekil 1.1: Bir EKG cihazı güç ünitesi blok şeması

Şebeke geriliminin olmadığı durumlarda cihaz için gerekli elektrik enerjisini batarya sağlar. Bu bataryalar şarj edilebilen Ni-Cd, Ni-mH veya Li-ion gibi batarya tipleridir.

Şu hiçbir zaman unutulmamalıdır. Her EKG cihazının yapısı birbiri ile aynı değildir. Batarya sistemi olmayan EKG cihazından kablosuz veri iletişimi yapabilen cihazlara, bir modemle telefon hattı üzerinden EKG datalarını uzak mesafelere aktarabilen EKG’lerden yaptığı ölçümleri yorumlayabilen EKG cihazlarına kadar çok geniş bir çeşide sahiptir. Bunların temel ölçüm prensipleri aynıdır. Ancak elektriksel yapılarında birbirinden ayrılan özellikleri vardır. Burada anlatılan cihazların özellikleri bütün EKG cihazlarını kapsamayabilir.

1.1.2. Güç Ünitesinde Aranılan Nitelikler

Medikal amaçlı olarak kullanılacak olan bir güç kaynağında şu özellikler olmalıdır:



Resim 1.2: Regüleli, kısa devre korumalı ve izolasyonlu medikal bir güç kaynağı

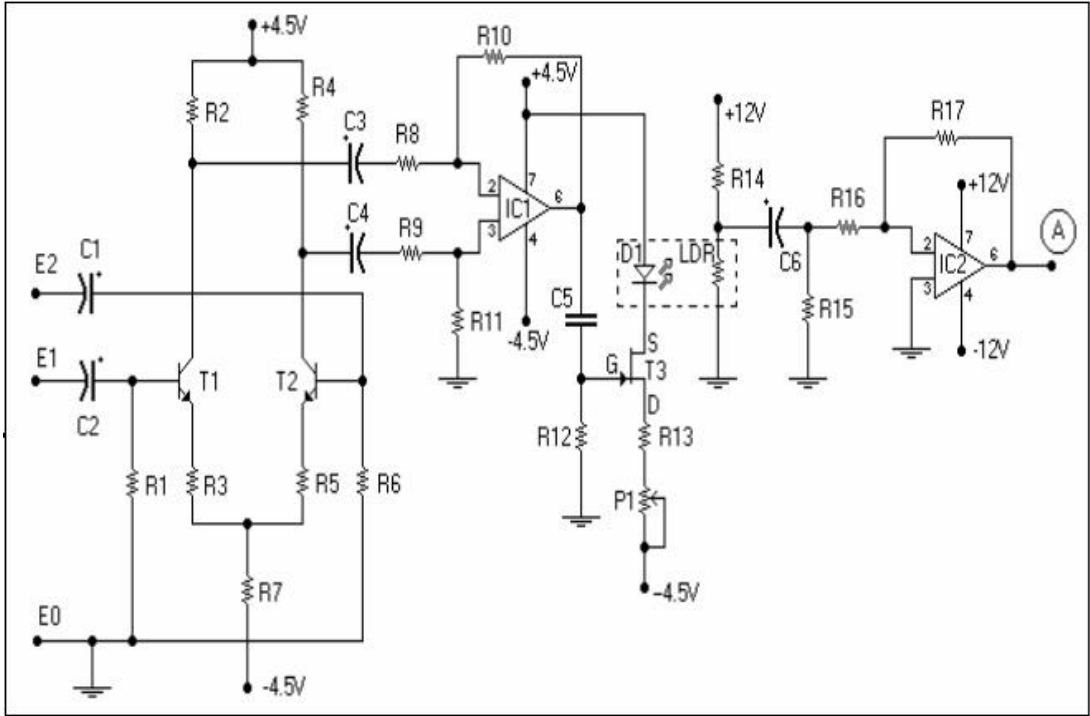
- **Regülasyon:** Ülkemizdeki şebeke geriliminden sapmalar $-%20$ ile $+%15$ arasında değişmektedir. Kabul edilebilir değişim aralığı $%2$ 'dir. Gerilim değişimlerini $%1$ 'in altında tutabilmelidir.
- **Gerilim kararlılığı:** Değişen yük değerlerinde yükü besleyen gerilimin sabit kalmasını sağlamalıdır.
- **Yüke karşı regülasyon:** Yükteki $%1-100$ oranındaki değişimlerde, gerilimdeki değişim $%1$ 'den küçük olmalıdır.
- **Ani yüke karşı regülasyon:** Yükteki ani değişimlerde ve elektriğin ani kesilme ve gelmelerinde çıkışta oluşacak değişimler $%10$ 'nun altında tutulmalıdır.
- **Frekans kararlılığı:** Şebekedeki frekans bozulmalarında, çıkışı $49,5-50,5$ Hz arasında tutabilmelidir.
- **Aşırı yük ve kısa devreye karşı koruma:** Aşırı yük ve kısa devreye karşı korumalı olmalıdır.
- **Yüksek izolasyonlu:** Elektriksel parazit ve arızalardan çıkıştaki devreler etkilenmemelidir.

1.1.3. EKG'de Optik İzolasyon

Şekil 1.2'deki devrede; E0, E1 ve E2 elektrotlarının bağlandığı ve pille beslenen ön kuvvetlendirici devresi, şekilde de görüldüğü gibi, şehir şebekesine bağlı güç kaynağı ile beslenen devrenin diğer kısmından ve yapılan diğer devre bloklarından optik olarak yalıtılmıştır. Ön kuvvetlendirici devresinin; şehir şebekesine bağlı güç kaynağı ile beslenen devrenin diğer kısmından ve yapılan diğer devre bloklarından optik olarak yalıtılması ve pille beslenmesi sayesinde, elektrotlar yoluyla ön kuvvetlendiriciye bağlı olan ve EKG'si

gözlenecek kişi koruma altına alınmış olur. Bu önlemler alınmaz ise elektrotlara 220V şebeke gerilimi uygulanması riski vardır.

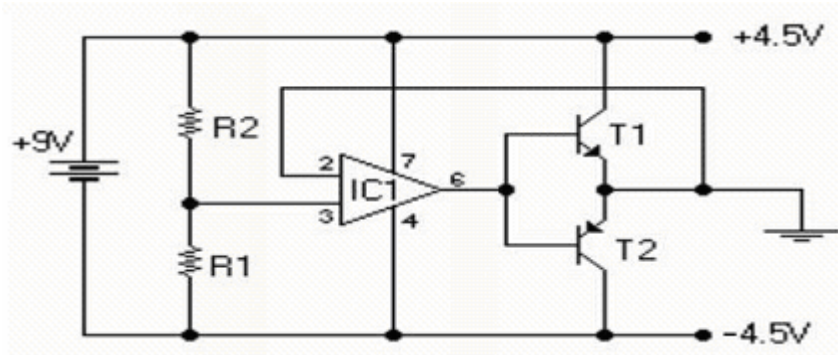
Dikkat edilirse opto kuplörün her iki kısmında farklı gerilimler vardır. Hasta elektrot bağlantılarının olduğu bölümde simetrik 4,5 V'luk bir batarya gerilimi varken, şehir şebekesinden elde edilen 12 V'luk gerilim ise diğer kısımdadır. Arada opto kuplör olduğu için çok yüksek bir izolasyon sağlanmıştır.



Şekil 1.2: Optik yalıtımlı yükselteç ünitesi ve besleme şekli

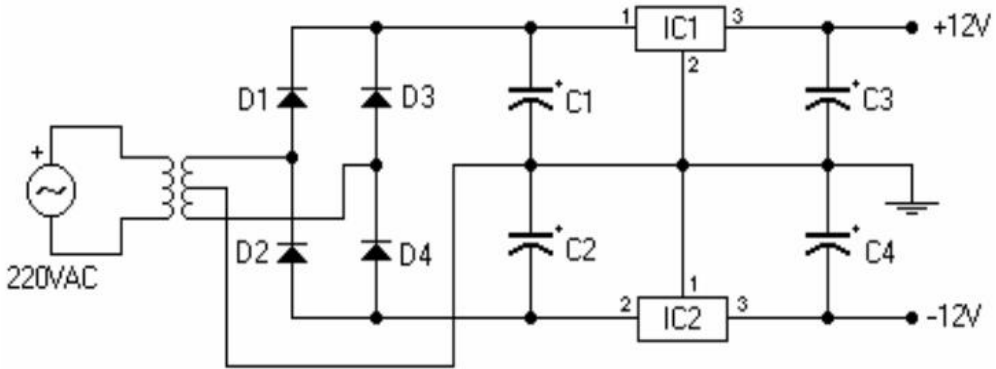
1.2. Simetrik Gerilim Elde Edilmesi

Şekil 1.2'deki devrede ön kuvvetlendiriciyi oluşturan; T1, T2 transistörlerinden oluşan kuvvetlendiricinin, fark yükselteci IC1 ve sabit akım kaynağı T3 yalnızca pille beslenmektedir. Bunun için bir tane 9 V'luk blok pil kullanılmaktadır ve 9 V'tan (+4,5 V), (-4,5V) ve bir yapay toprak üretmek için, aşağıda verildiği gibi ayrı bir devre gerekir. Pratik gerçekleştirmede bu devre yapılmıştır.



Şekil 1.3: 9 V'luk bataryadan simetrik 4,5 V elde edilmesi

Şekil 1.2'deki devrenin, elektrotların bağlandığı ve pille beslenen bölümü dışındaki kısmını ve yapılan diğer devre bloklarını beslemek için gerekli olan +12V ve -12V'luk gerilimler aşağıdaki şekilde şeması verilen devre ile elde edilmektedir. Bu devre, şehir şebekesinden gelen 220V luk AC gerilimi, istenilen regüleli (sabit) gerilim değerlerine çevirmektedir.



Şekil 1.4: Şehir şebekesinden simetrik 12V elde edilmesi

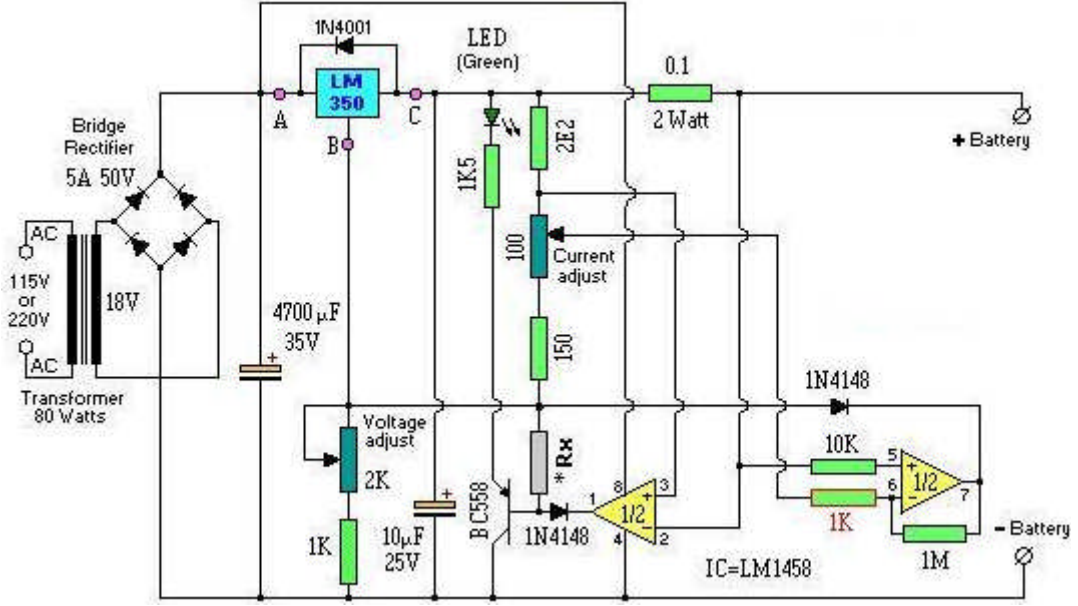
1.3. Batarya İle Çalışma

Günümüzde kullanılan EKG cihazları hem şehir şebekesi ile hem de cihazın dâhili aküsü ile çalışabilmektedir. Şebekeden besleme anında yeniden şarj olma özelliğine sahip olan EKG bataryası da şarj olur. Elektrik kesintisi hâlinde, şebeke olmayan yerlerde ya da EKG'nin hareketli olması gerektiği durumlarda batarya gerilimi ile çalışır.



Şekil 1.5: EKG nin şebekeden ve bataryadan beslenmesi

Günümüzün modern yaşamında portatif biyomedikal cihazlar, haberleşme ve diğer elektrikli cihazlar çok yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bu durum, kullanılmış olan bir pilin veya bataryanın hemen yenilenmesini gerektirmekte, eğer kullanılan enerji kaynağı bir şarj edilebilir pil veya batarya ise bunun kısa sürede şarj edilebilmesini zorunlu kılmaktadır. Şekil 1.6'da örnek bir akü doldurucu devresi verilmiştir. Bu devre şebekeden besleme yapma anında aküyü şarj eder.

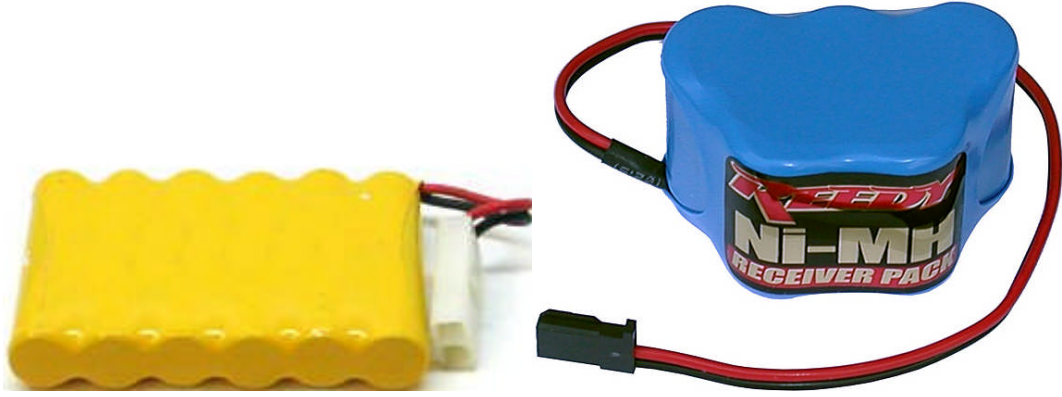


Şekil 1.6: Akü şarj devresi

Batarya veya aküler yapıları itibarıyla farklı şekillerde imal edilirler. Beslenecek yükün cinsine, çekeceği akıma, yükün çalışma gerilimine ve kesintisiz çalışması istenen süreye göre batarya tipi seçilir. Eğer EKG cihazı gibi kritik cihazlar şebekeden bağımsız olarak batarya ile çalıştırılıyorsa batarya yapısı kaliteli uzun, ömürlü olmalıdır. Mutlaka yedek bataryası şarjlı olarak bulundurulmalıdır.

1.3.1. EKG Cihazlarında Kullanılan Ni-Cd ve Ni-Mh Bataryalar

Birden fazla benzer kapasitedeki pilleri seri bağlamak suretiyle 1.2V'tan daha yüksek gerilimli bataryalar elde etmek mümkündür. Ancak bataryayı meydana getiren pillerin kapasitesi birbirlerine göre %5 toleransla aynı olmalıdır. Bu nedenle pillerden rastgele batarya teşkili sakıncalıdır ve bataryayı meydana getirecek pillerin mutlaka kapasite sınıflandırması yapılmalıdır. Harici özel kontroller bulunmadıkça Ni-Cd ve Ni-MH pillerinin paralel bağlanması tavsiye edilmez. Bu tür bağlanmış bataryaların şarjı esnasında paralel kollarında dengesiz akımlar akabilir. Batarya teşkilinde veya başka bir maksat için pil gövdesine yapılacak bağlantılarda lehim kullanılmamalıdır. İyi bir lehim bağlantısının sağlanması için gereken lehimleme sıcaklığı pilin performansının düşmesine sebep olabilir. Bu bakımdan bağlantılar lehim yerine nokta kaynağı ile yapılmalı ve bağlantılarda nikel veya nikel kaplanmış çelik kullanılmalıdır.



Resim 1.3: Ni-Cd ve Ni-Mh batarya tiplerine birer örnek

Günümüzün modern yaşamında portatif haberleşme ve diğer elektrikli cihazlar çok yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bu durum, kullanılmış olan bir pilin veya bataryanın hemen yenilenmesini gerektirmekte, eğer kullanılan enerji kaynağı bir şarj edilebilen pil veya batarya ise bunun kısa sürede şarj edilebilmesini zorunlu kılmaktadır.

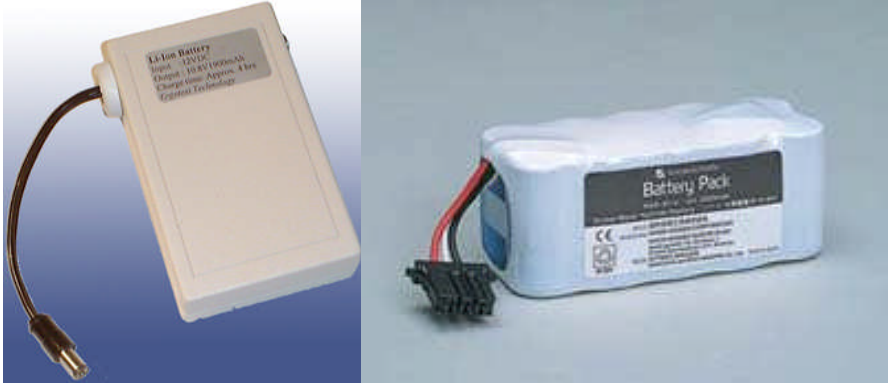
Prensip olarak, standart şarj tipi pillerin hepsinin hızlı şarj edilebilmelerine rağmen bu metotla şarj cihazı çıkış akımına, gücüne ve tipine bağlı olarak takriben %70 kapasiteye ancak ulaşabilir. %70 kapasiteye ulaşmaya kadar pil içerisinde oksijen üretimi çok az ve üretilen bu oksijende yine pil içerisinde derhal tüketildiğinden pilde bir ısınma meydana gelmez. Zira %70 şarjın altında pil bünyesinde endotermik ısı tüketim işlemi olmaktadır. Bu sınır geçilince pozitif elektrotta açığa çıkan oksijen miktarında büyük artış olur ve bu miktar negatif elektrotta aynı hızla tüketilemez. Bu durum pilin iç direncinin ve dâhili basıncının artmasına, neticede pilin ısınmasına neden olur. Bunun için pil ısı devamlı izlenmeli ve sıcaklık 50°C'ye ulaştığında şarj işlemi kesinlikle durdurulmalıdır.

Sıcaklığı 50°C' nin üzerindeki piller şarjla zorlanırsa pilde kalıcı performans düşüklükleri meydana gelir ve ömrü kısalmır. Bunu önlemek ve hızlı şarjlarda tam verim alabilmek için, hızlı şarjı gerektiren batarya bloklarında hızlı şarj tipi piller kullanılmalıdır. Bu tip pillerin negatif elektrotları pozitif elektrotta üretilen oksijenin tamamını aynı hızla tüketebilecek kimyasal kompozisyona sahip olup, ayrıca seperatörleri de özel yapıdadır. Bunlara ilaveten batarya bloğu bünyesinde pillerin ısılarını algılayan ve şarj cihazına devamlı ısı bilgisi gönderen termistör, sıcaklık 55°C ile 65°C'ye ulaştığında şarj akım devresini açan mikrotermik, aşırı ve ters akım geçişlerini önleyen polyswitch ve diyot gibi komponentler kullanılmalıdır.

Bu batarya blokları, yüksek enerji yoğunluğuna sahip olmaları ve her türlü kullanım şartlarına karşı dayanıklılık göstermeleri bakımından medikal cihazlarda, portatif telsizlerde, cep telefonlarında ve diğer elektrikli cihazlarda güvenle uzun yıllar kullanılabilirler.

1.3.2. EKG Cihazlarında Kullanılan Lityum-İyon Bataryalar

Şarj edilebilir lityum - iyon pil ve bataryaları, bilinen şarj edilebilir sistemler içerisinde en fazla enerji yoğunluğuna sahiptir. Bu bakımdan, belirli bir hacim veya ağırlıkta diğer bataryalara nazaran daha fazla enerji depolayabilirler.



Resim 1.4: Lityum iyon batarya örnekleri

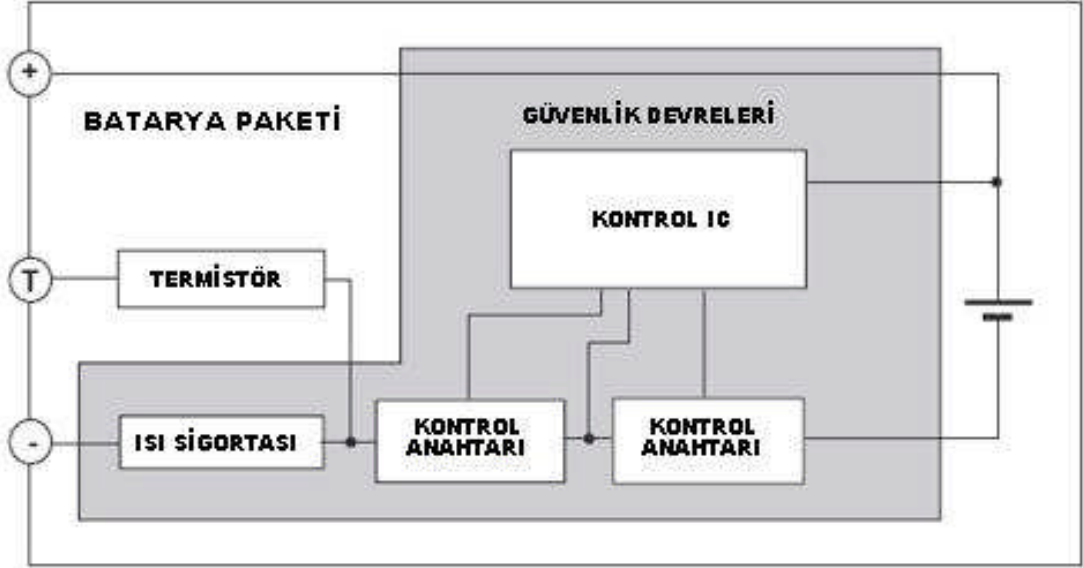
Lityum-iyon pilleri de diğer piller gibi silindirik ve prizmatik şekilde üretilmektedir. Ancak prizmatik tip piller, şekilleri itibarıyla batarya blokları içerisine yerleştirmede daha uygun olduklarından silindirik tiplere göre daha fazla önem kazanmaktadır. Lityum-iyon pilinin nominal gerilimi 3,6V 'tur. Bu ise Ni-CD ve Ni-MH pilinin 3 katıdır. Bu gerilim uyumluluğu bakımından 3 adet Ni-Cd veya Ni-MH pilinin yerine 1 adet Li-Ion pili kullanılabilir (ancak şarj sistemi, pilin çalıştırdığı cihazın akım gereksinimi gibi diğer parametrelerde göz önünde tutulmalıdır). Prizmatik piller 6–8 mm kalınlıkta üretilebildiklerinden, cep telefonu gibi portatif haberleşme cihazlarında slimline olarak adlandırılan bataryaların içerisinde yaygın olarak kullanılırlar. Bunların arasında en popüler olanı ise 6,3 x 34 x 50 mm (en x boy x yükseklik) ölçülerindeki pildir ve neredeyse bu konuda standart uygulama haline gelmiştir. Bu ölçülerdeki pilin kapasitesi takriben 2Ah ve sahip olduğu enerji ise 3,5Wh'tir. Söz konusu pilin içerisinde kullanıldığı bataryanın toplam ağırlığı ise batarya plastik gövdesinin, elektronik koruyucu devre elemanlarının ağırlıkları dahil olmak üzere, 40gr'dan biraz fazladır.

1.3.3. Emniyet Elemanları

Li-Ion pilleri özel bir şarj tekniğine ve elektronik koruyucu devreler içeren bir emniyet sistemine gereksinim duyarlar. Bu bakımdan, Li-Ion pilleri, bu tür gereksinimlerin tam olarak yerine getirilebilmesini takiben standartları karşılayan, güvenilir bir enerji kaynağı olurlar.

Li-Ion pillerinde de Ni-Cd ve Ni-MH pillerinde olduğu gibi bir ventil bulunmaktadır. Böylece pilin herhangi bir şekilde hatalı kullanılması sonucu pil bünyesinde meydana gelebilecek aşırı basınç tahliye edilir. Buna ilave olarak pillerin emniyeti, pil bünyesinde polyswitch (PTC Pozitif sıcaklık katsayılı termistor) kullanılarak tamamlanır. Polyswitch'ler

normal kullanım şartlarında iletken, pilin yanlışlıkla kısa devre edilmesi gibi durumlarda yüksek akım akması sonucu direnci sonsuza çıkararak akım akmasını engelleyen ve şartlar normale dönünce yine iletken olabilen devre elemanlarıdır.



Şekil 1.7: Lityum-iyon bataryanın yapısı

Ancak bütün bunlara rağmen Li-Ion pilleri şarj esnasında pillerin gerilimi müsaade edilen değere gelince şarj işlemi kesinlikle sona erdiren ve deşarj anında da yine pillerin belli bir gerilimin altında deşarj edilmesini önleyen elektronik koruma devrelerine (PCM - protection circuit module) ihtiyaç duyarlar. Buna ilave olarak bataryanın çalıştırdığı cihaz üzerinde de yazılım ile bataryanın şarj ve deşarjı kontrol edilebilir.

Li-Ion pilleri " I/U " metodu olarak adlandırılan teknik ile şarj edilirler. Bu teknikte, pil önce gerilimi 4.2V'a ulaşınca kadar sabit akım ile daha sonra 4.2V sabit şarj geriliminin takriben 2 saat süreyle uygulanması ile şarj edilebilir. Bu durumda, Li-Ion pillerinin şarjı için müsaade edilen 0°C ile 45°C sıcaklık sınırları içerisinde, pil ilk 1 saat içerisinde takriben %80 kapasiteye, 2 saat içerisinde %99 kapasiteye ve 3 saat içerisinde %100 kapasiteye ulaşır. Şarj işlemi süresi, pilin tipine göre değişmekle beraber azami 4saat içerisinde tamamlanmalıdır.

Bu şartlardaki şarj işlemi piyasada Ni-Cd ve Ni-MH pilleri için bulunan şarj cihazları ile sağlamak mümkün değildir. Bu nedenle Li-Ion pillerinin şarjı özel olarak bu iş için tasarlanmış cihazlarla yapılmalıdır.

1.3.4. Pil Sistemlerinin Mukayesesi

ÖZELLİK	SİSTEM			
	Ni-Cd	Ni-MH	Li-Ion	Pb-Asit
Enerji yoğunluğu/(hacim)	-	+	++	-
Enerji yoğunluğu/(ağırlık)	-	+	++	
Tekrar kullanılabilme performansı	++	++	++	-
Kendi kendine deşarj	+	+	++	+
Hızlı şarj edilebilme	++	+	+	-
Yüksek akım ile deşarj edilebilme	++	+	+	-
Güvenirlilik	+	+	_*	++
Fiyat	+	-		++
Gerilim uyumluluğu	++	++		-
Deşarjda gerilim stabilitesi	++	+	+	-

(+ +)Mükemmel, (+) İyi, (-) Uygulamaların çoğu için yeterli, (- -) Dezavantajlı,
(*) Kontrol devreleri gerekli

Tablo 1.1: Pil sistemlerinin mukayesesi

1.3.5. Pil Kullanımında Dikkat Edilecek Hususlar

- Özellikle iç dirençleri düşük pillerin (örneğin Ni - Cd türleri gibi) para, bilezik, yüzük veya diğer madeni eşyalarla kısa devre yaratması sonucunda ortaya çıkan yüksek sıcaklıklar yanıklara yol açacaktır.
- Düğme tipi veya küçük boy pillerin yutulması halinde derhal tıbbi müdahale gereklidir.
- Küçük çocukların oynadıkları pilli oyuncakların, pil yuvalarının emniyetli bir şekilde kapalı olduğu kontrol edilmelidir.
- Pilleri (+) ve (-) kutuplarının kullanıldıkları cihaza doğru biçimde yerleştirilmeleri son derece önemlidir.
- Şarj edilemeyen türdeki piller herhangi bir şekilde kesinlikle şarj işlemine tabi tutulmamalıdır.
- Kullanılmış piller hayatıyet kazandırmak için kesinlikle ısıtılmamalıdır.
- Piller ateşe atılmamalı veya sökmeye çalışılmamalıdır.
- Cihazınızdaki pillerin tamamı aynı anda değiştirilmelidir. Yeni pillerle kısmen kullanılmış piller bir arada çalıştırılmamalı ve farklı markalarda piller beraber kullanılmamalıdır. Aksi takdirde pillerin akma ihtimali çoğalacaktır. Bu ise cihazın arızalanmasına ve çevre kirliliğine yol açacaktır.
- Piller su veya başka sıvılara temas ettirilmelidir. Soba,kalorifer vb. ısı kaynaklarının yakınına konulmamalıdır.

- Pillerin üzerine doğrudan lehim yapılmamalıdır.
- Piller mikrodalga fırına konulmamalıdır.
- Cihaz uzun süre kullanılmayacak ise pilleri çıkartılarak soğuk ortamda ayrı olarak saklanmalıdır.

Şarj edilebilir pil ve batarya bloklarının özel durumlar haricinde 0°C'nin altında ve 40°C'nin üstündeki sıcaklıklarda şarj edilmeleri tavsiye edilmez.

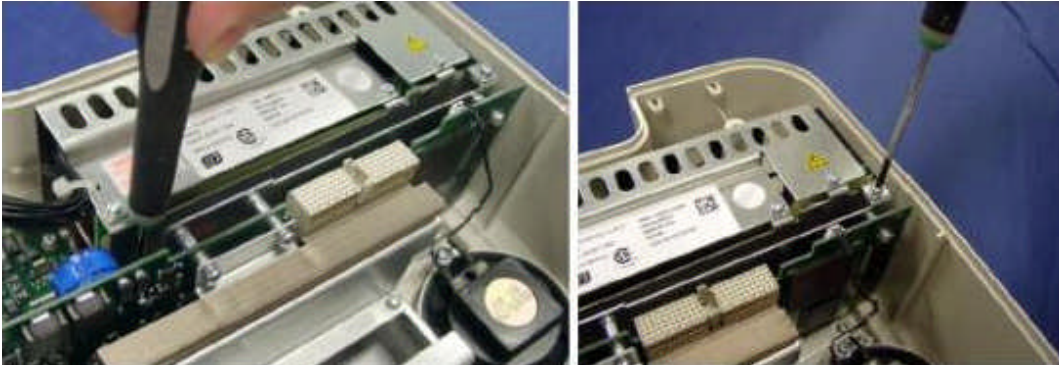
1.4. EKG Cihazı Güç Katının Sökülmesi

Herhangi bir EKG cihazı gerek tamir için gerekse bakım için sökülmesi gerekirse öncelikle elektriksel güvenlik tedbirleri alınmalıdır. Şebeke elektriği kesildikten ve cihazın bataryası çıkarıldıktan sonra cihaz söküm (demonte) işlemine başlanmalıdır. Cihazın servis kılavuzunda belirtilen özel durumlarına ve önerilerine dikkat edilmelidir.



Resim 1.5: Bir EKG cihazının bataryasının çıkarılması

EKG'nin batarya çıkarma işleminden sonra eğer güç kaynağı ünitesi ayrı bir bord üzerinde ise uygun malzemelerle dikkatlice sökülmelidir. Bazı EKG'lerde güç kaynakları onboard olabilir. O zaman mainboard sökülmelidir. Her elektrikli cihaz bir sigorta üzerinden çalıştırılır. Bu cihazların da sigortası ve sigorta görevi gören elemanları vardır. Eğer cihazdaki arıza cihazın hiç çalışmaması şeklinde ise öncelikle sigortalarının sağlamlıkları test edilmelidir. Eğer cihazın enerji kabloları ve sigortası sağlam ise arıza, güç kaynağının içindeki diğer elemanlarda aranmalıdır.



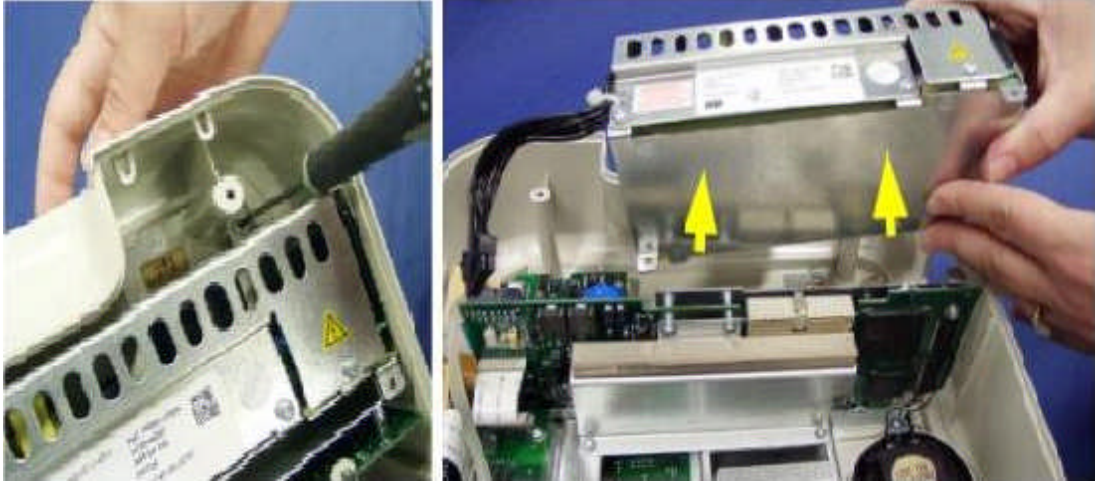
Resim 1.6: EKG cihazının güç katının sökülmesi

Cihaz sökülürken tornavida ucu sökülecek vida başına uygun olmalıdır. Bazı vidalar ancak özel tornavidalarla sökülebilecek biçimde tasarlanmıştır. Uygun olmayan tornavidalar vida başlarını bozar.



Resim 1.7: Güç modülünün kablo bağlantılarının sökülmesi

Güç modülü kablo ve soketleri, baskı devre kartı üzerinde lehim çatlama şeklinde hasara neden olmayacak şekilde dikkatlice sökülmalıdır.

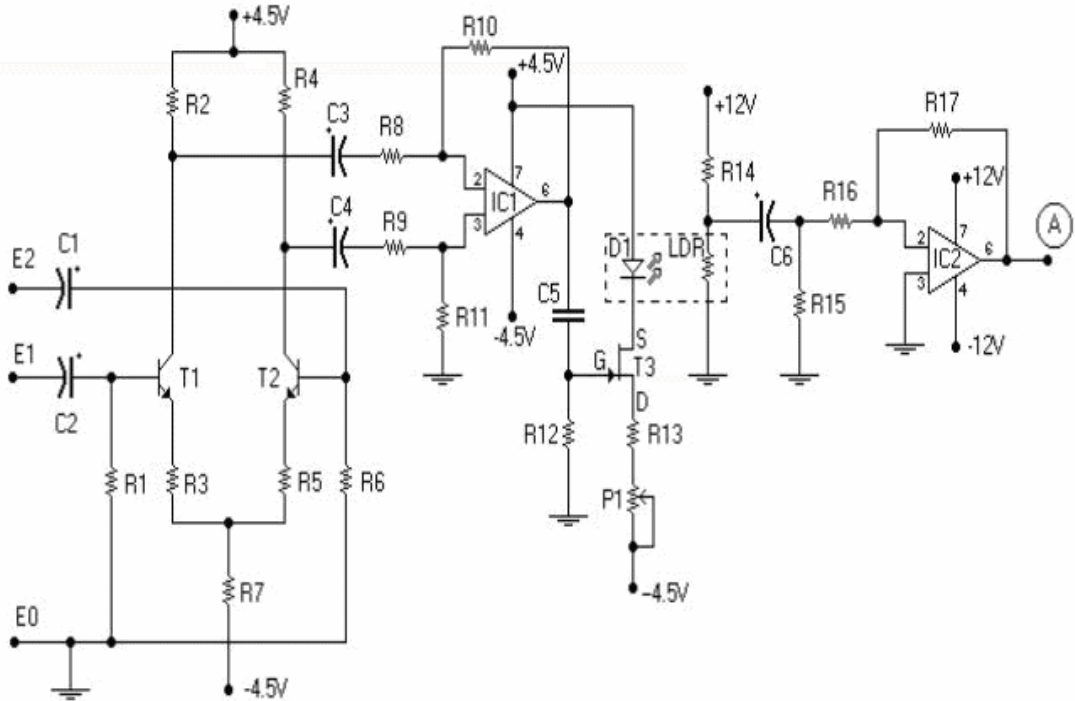


Resim 1.8: Güç modülünün ana gövdeden ayrılması

Güç modülü ana gövdeden ayrıldıktan sonra gerekli gerilimler ve testler uygulanmak suretiyle arıza kaynağı araştırılmalıdır. Arızalı bir component (parça) tespit edilirse mutlaka tavsiye edilen orijinali ile değiştirilmelidir. EKG gibi her türlü medikal cihazın, her tamirinden sonra mutlaka kalibrasyon kontrolleri yapılmalıdır. Kalibrasyon ihtiyacı tespit edilirse kalibre edilmelidir. Aksi hâlde bu cihazdan elde edilen ölçüm verileri güvenilir olmayacaktır.

UYGULAMA FAALİYETİ

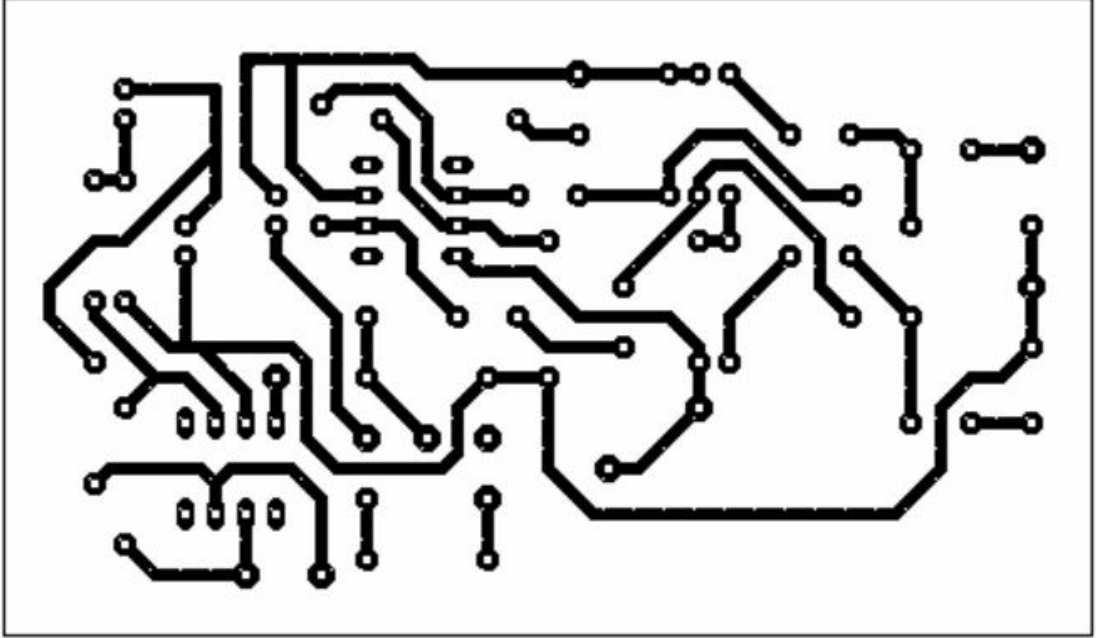
İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Şekil 1’de verilen EKG cihazının optik yalıtımlı giriş kuvvetlendiricisi devresini inceleyiniz. ➤ Bu şemada kullanılan ve listesi verilen elektronik malzemeleri temin ediniz. ➤ Şekil 2’de verilen EKG cihazının optik yalıtımlı giriş kuvvetlendiricisi baskı devresini hazırlayınız. ➤ Şekil 3’te gösterildiği gibi malzemeleri baskı devre plaketi üzerine monte ediniz. ➤ Montaj bittikten sonra EKG elektrotları yardımı ile hasta simülatörü veya bir kişi üzerinde ölçüm yapınız. ➤ Ölçüm sonucunu çıkışa yerleştireceğiniz osilaskop yardımı ile görünüz. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Optik yalıtım ünitesine özellikle dikkat ediniz. ➤ Elektronik malzemeler uygun tolerans sınırları içinde olmalıdır. ➤ Baskı devre hazırlama metodlarından istediğiniz birini seçebilirsiniz. ➤ Şekil 3’ten ve Şekil 1’den aynı anda karşılaştırarak montajın doğruluğundan emin olunuz. ➤ İnsan üzerinde bir ölçüm yapılacaksa elektriksel güvenlik tedbirlerini alınız. ➤ Osilaskopun ayarlarını önceden yapınız.



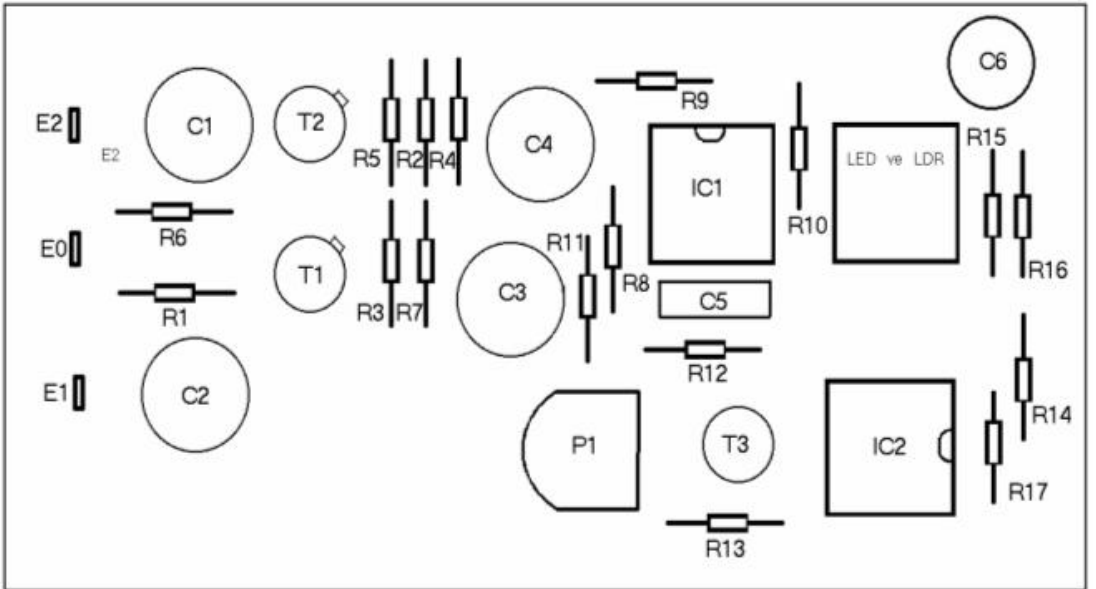
Şekil 1

Malzeme Listesi

R1	Direnç	: 1M Ω
R2	Direnç	: 27K Ω
R3	Direnç	: 2,7K Ω
R4	Direnç	: 27K Ω
R5	Direnç	: 2.7K Ω
R6	Direnç	: 1M Ω
R7	Direnç	: 56K Ω
R8	Direnç	: 10K Ω
R9	Direnç	: 10K Ω
R10	Direnç	: 1M Ω
R11	Direnç	: 1M Ω
R12	Direnç	: 1M Ω
R13	Direnç	: 68 Ω
R14	Direnç	: 220K Ω
R15	Direnç	: 47K Ω
R16	Direnç	: 10K Ω
R17	Direnç	: 100K Ω
C1	Elektrolitik Kondansatör	: 10 μ F/16V
C2	Elektrolitik Kondansatör	: 10 μ F/16V
C3	Elektrolitik Kondansatör	: 10 μ F/16V
C4	Elektrolitik Kondansatör	: 10 μ F/16V
C5	Kondansatör	: 220nF
C6	Elektrolitik Kondansatör	: 10 μ F/35V
P1	Ayarlı Direnç	: 470 Ω lin
T1	Transistör(BJT)	: BC107
T2	Transistör(BJT)	: BC107
T3	Transistör(FET)	: BF245C
IC1	İşlemsel Kuvvetlendirici	: UA741
IC2	İşlemsel Kuvvetlendirici	: UA741
D1	LED	: 3 mm, kırmızı
LDR	Fotodirenç	



Şekil 2



Şekil 3

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruların cevaplarını doğru (D) ve yanlış (Y) olarak işaretleyiniz.

1. () Vücuttaki elektriksel sinyalleri ölçmeyi amaçlayan ve elektrik enerjisi ile çalışan her türlü biyomedikal cihaz mutlaka elektriksel güvenlik testinden geçirilmelidir.
2. () EKG cihazlarında şarj edilemeyen bataryalar kullanılır.
3. () EKG'ler hem elektrik şebekesiyle hem de dâhili bataryalarıyla çalıştırılabilir.
4. () Bataryalı tip EKG'lerde batarya şarj ünitesi bulunur.
5. () Pillerin uzun ömürlü olmaları için kutupları iyice ısıtılarak lehimlenmelidir.
6. () Batarya şarj ısısı devamlı izlenmeli ve sıcaklık 50°C'ye ulaştığında şarj işlemi kesinlikle durdurulmalıdır. Aksi hâlde kalıcı hasarlar oluşur.
7. () Li-on bataryalar Ni-Cd bataryalardan daha az enerji depolayabilir.
8. () Li-on bataryaların bünyesinde güvenlik amacıyla PTC kullanılır.
9. () EKG cihazı tamir edilirken batarya ve şebeke gerilimi sürekli mevcut olmalıdır.
10. () EKG gibi her türlü medikal cihazın, her tamirinden sonra mutlaka kalibrasyon kontrolleri yapılmalıdır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız ve doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevapladığınız konularla ilgili öğrenme faaliyetlerini tekrarlayınız.

PERFORMANS TESTİ

Bir arkadaşınızla birlikte yaptığınız uygulamayı değerlendirme ölçeğine göre değerlendirerek, eksik veya hatalı gördüğünüz davranışları tamamlama yoluna gidiniz.

AÇIKLAMA: Bu faaliyeti gerçekleştirirken aşağıdaki kontrol listesini bir arkadaşınızın doldurmasını isteyiniz. Sadece ilgili alanı doldurunuz. Aşağıda listelenen davranışların her birinin arkadaşınız tarafından yapılıp yapılmadığını gözlemleyiniz. Eğer yapıldıysa evet kutucuğunun hizasına X işareti koyunuz. Yapılmadıysa hayır kutucuğunun hizasına X işareti koyunuz.			
Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1	Size verilen devre şemasını incelediniz mi?		
2	Verilen şemadaki malzemeleri uygun tolerans sınırları içinde olmak üzere temin ettiniz mi?		
3	Şekli verilen baskı devreyi hazırlayıp sağlamlığını kontrol ettiniz mi?		
4	Malzemelerin montajını yaptınız mı?		
5	Yaptığınız devrenin doğruluğundan emin oldunuz mu?		
6	Devrenin girişlerine elektrot bağladınız mı?		
7	Bir arkadaşınız ya da bir hasta simülatörü ile örnek bir EKG ölçümü yaptınız mı?		
8	Devre çıkışına osilaskop bağlayarak ölçüm sonucunu gördünüz mü?		
DÜŞÜNCELER			

DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonunda "Hayır" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Eksikliklerinizi araştırarak ya da öğretmeninizden yardım alarak tamamlayabilirsiniz. Cevaplarınızın tamamı "Evet" ise bir sonraki faaliyete geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

EKG cihazı sinyal yükselteç katı arızalarını giderebilecek, kalp ve dolaşım sisteminin özelliklerini kavrayacak ve derivasyonlara ilişkin uygulamalar yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

Sevgili öğrenci, bu faaliyet öncesinde yapmanız gereken öncelikli araştırmalar şunlardır:

- Kalbin anatomik yapısı ile bilgiler toplayınız.
- EKG ölçüm düzenekleri ile ilgili bilgi edininiz. Bu araştırmaları İnternet ortamında rahatlıkla yapabilirsiniz.

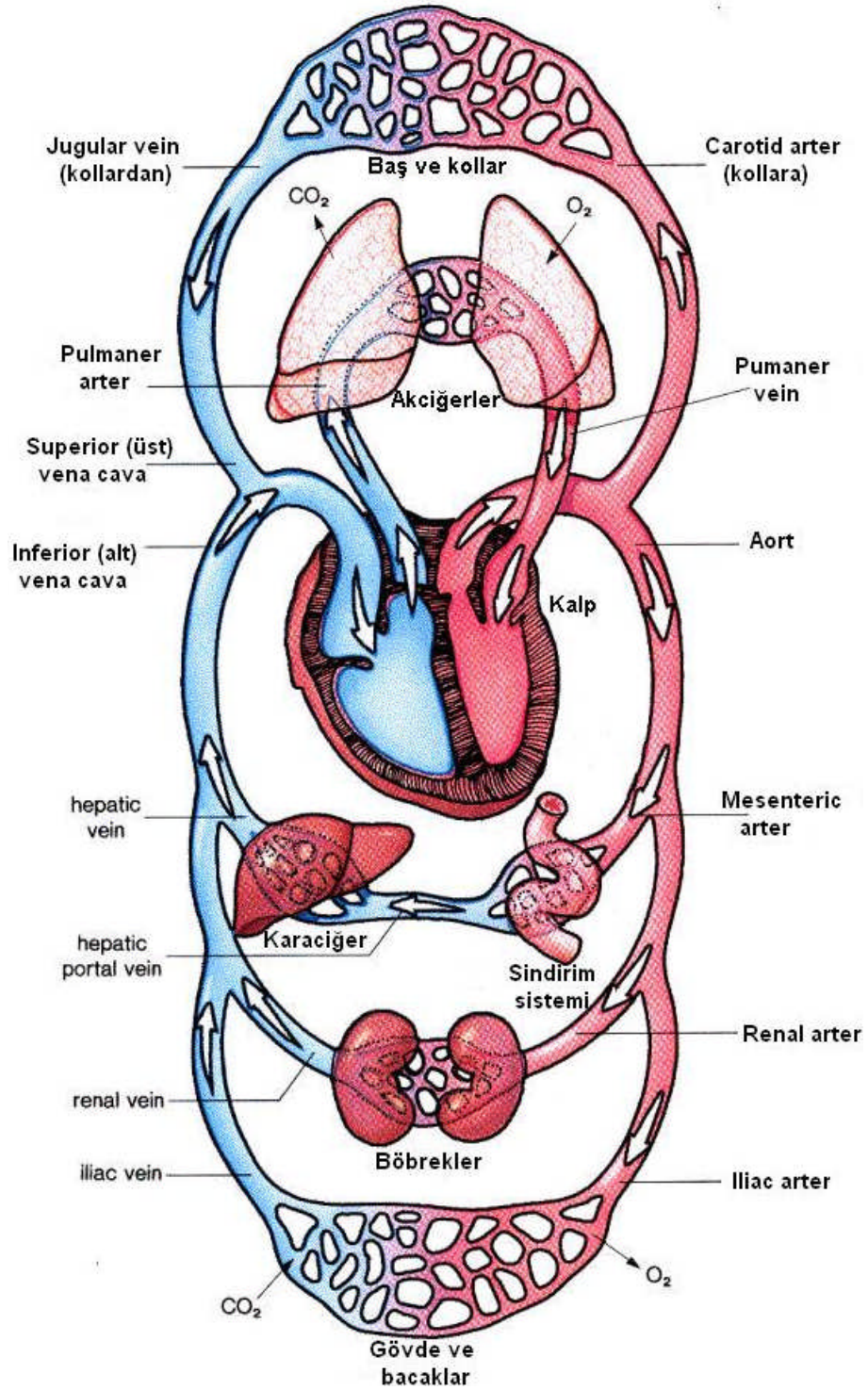
2. EKG SİSTEMİ

2.1. EKG İşaretlerinin Ölçülmesi

2.1.1. Kalp ve Dolaşım Sistemi

Çeşitli şekilleriyle kalp yetersizliği, asrımızda ölüm nedenlerinin başında gelmektedir. Mühendislik tekniklerinin kullanılması ve bu konu ile ilgili cihazların gelişmesi ile önceleri bilinmeyen birçok konu aydınlatılmış ve kalp yetersizliğinden kaynaklanan ölüm oranları azalmıştır. Günümüzde kan basıncı, akış hızı ve debisi, mühendislik teknikleri yardımıyla ölçülebilmektedir. Elektrokardiyogram, ekokardiyogram ve fonokardiyogram gibi kalbin fonksiyonel yapısını belirten işaretler elektronik aletlerle kaydedilebilmektedir. Halen birçok hastanede, tıbbi elektronik cihazlara dayalı yoğun (intensive) ve koroner bakım (coronary care) üniteleri de bulunmaktadır. Ölçü ve izleme düzenlerinin yanı sıra kalp çalışmasını desteklemek amacıyla "pace-maker", "defibrillator" gibi çeşitli elektronik cihaz ve düzenler geliştirilmiştir.

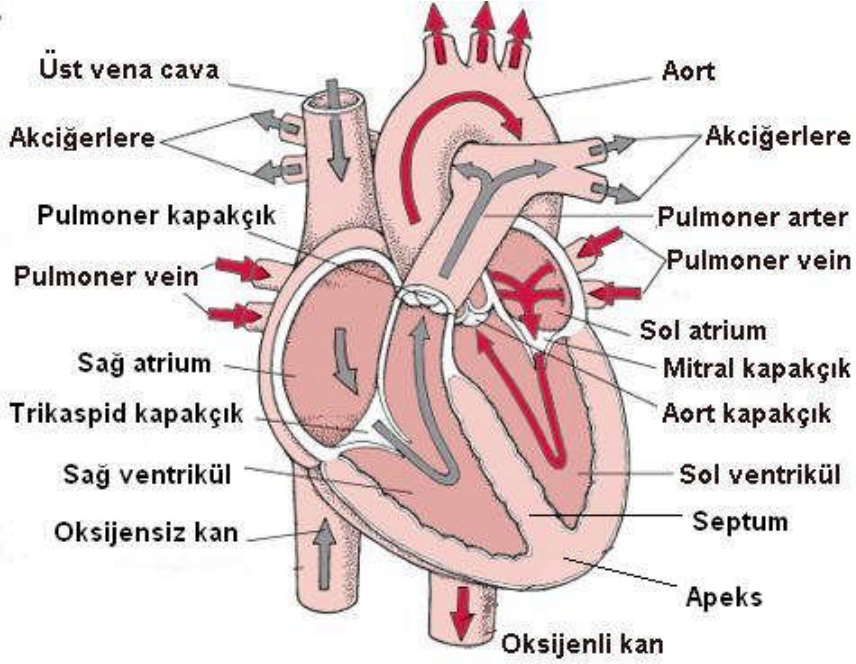
Şekil 2.1'de kalp ve kan dolaşım sisteminin blok yapısı gösterilmiştir. Kanın dolaşımı, bir pompa görevi gören kalbin sıkışması sonucu oluşan basınç yardımıyla sağlanır. Temiz kan (oksijen verilmiş kan) kalbin sol karıncığı (sol ventrikülü) yardımıyla tüm vücuda, çeşitli organ ve dokularda gerek duyulan oksijeni sağlamak üzere verilir. Vücuttaki kan dolaşım sistemi, hücrelere bir hücre çapından daha uzakta kalmayacak şekilde, kılcal damarlar yardımıyla tüm vücuda örmüştür. Sindirim sistemine uğrayan kan, buradaki besin maddelerini ve suyu bünyesine alır. Böbrek, bir filtre görevi yaparak kanı kirli ve artık maddelerden temizler. Oksijenini organlardaki doku ve hücrelere veren kan oksijensiz kirli kan olarak sağ kulakçığa (sağ atrium'a) döner. Bu kirli kan sağ kulakçığa ve oradan da sağ karıncığa geçer. Sağ karıncıktan, bünyesinde toplanan CO₂ yi verip yerine O₂ almak üzere pulmoner arter üzerinden akciğerlere pompalanır. Akciğerlerde CO₂-O₂ alışverişi sonucunda temizlenen kan sol kulakçığa, pulmoner ven yardımıyla döner.



Şekil 2.1: Kalp ve dolaşım sistemi

2.1.2. Kalbin Anatomik Yapısı

Kalp, göğüs kafesi içinde ters çevrilmiş bir koni şeklindedir. Damarların girdiği üst kısmına taban, ventriküllerin bulunduğu uç kısmına ise apex denir (Şekil 2.2).

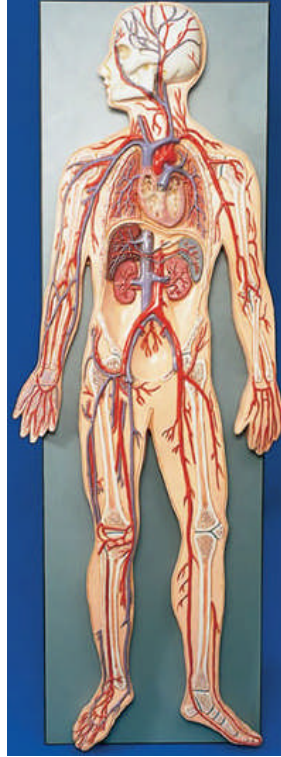


Şekil 2.2: Kalbin anatomik yapısı

Sistemik dolaşımda, arterlerle (atardamarlarla) venler (toplardamarlar) arasında büyük bir basınç gradyanı vardır. Dolayısıyla, sol kalp bir basınç pompası gibi düşünülebilir. Pulmoner dolaşımda ise arterlerle venler arasındaki basınç farkı az olup, sağ kalp, bir hacim pompası olarak düşünülebilir. Sistemik dolaşım yüksek basınca ihtiyaç gösterdiğinden, sol kalpte daha geniş ve kuvvetli bir kas kütlesi vardır. Şayet uzun bir zaman aralığındaki ortalamalar göz önüne alınırsa, her iki tarafın da pompaladıkları ortalama kan hacmi birbirine eşittir. Sol ventrikülde (karıncık) vücudun en uç noktalarına kadar kanın ulaşmasını sağlayacak bir basınç oluşur.

Kan pompalama işlemi, kalbin odacıkları etrafını çeviren kalp kaslarının kasılmasıyla olur. Bu kaslar, kalbi bir çelenk gibi ören koroner arterlerle beslenir. Koroner arter sistemi, sistemik dolaşımın özel bir parçasıdır. Kalp ve dolaşım sistemini, bir pompa ve hidrolik boru sistemine benzetirken çok dikkatli olmak gerekir. Boru sistemini oluşturan arterler ve venlerin genişlikleri sabit olmayıp, kendilerini çevreleyen kasların kontrolü altında değişkendir. Ayrıca her birinin valf sistemi vardır. Ayrıca kan, Newton kurallarına uygun bir sıvı da değildir. Bunlara ilave olarak, kanın oksijen alımı için akciğerlere ihtiyacı vardır ve lenfatik sistemle dolaşım sistemi arasında ilişkiler vardır. Bu nedenle aşırı bir basitleştirme hatalara neden olabilir.

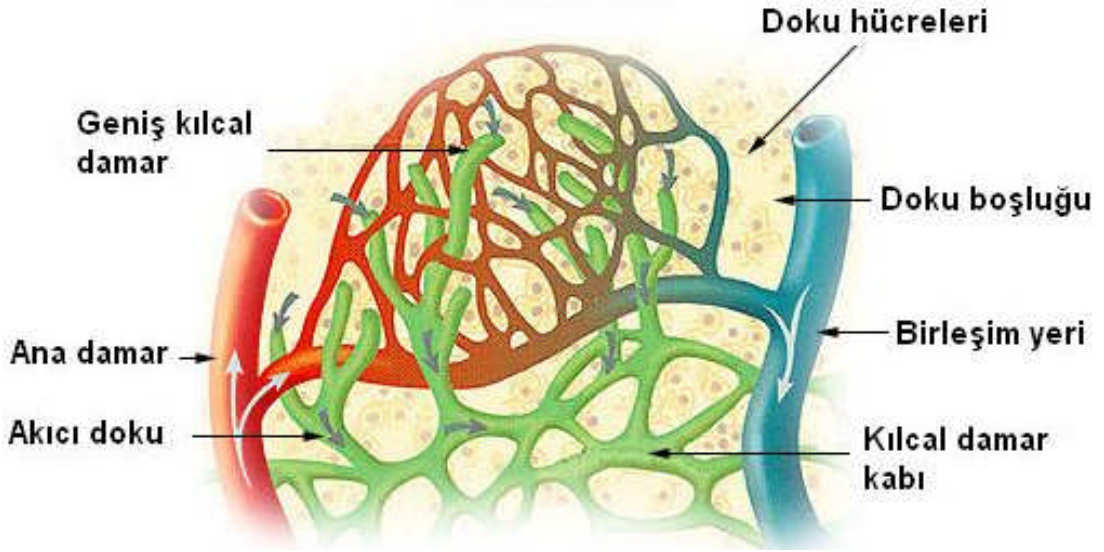
Sağ kulakcık (atrium) dolduğunda, kasılarak kanın trikaspid (üç parçalı) kapakçık yoluyla sağ ventriküle geçmesini sağlar. Sağ ventrikülün (karıncık) kasılmasıyla yarım ay şeklindeki pulmoner kapak açılır ve kan pulmoner artere pompalanır. Ventriküldeki basınç, atriyum basıncının üzerine çıktığında trikaspid kapak kapanır. Pulmoner arter iki artere ayrılarak akciğerlere ulaşır. Akciğerlerde ise gittikçe küçülen kollara bölünerek kesit alanları son derece küçük olan arteriollara ayrılır. Akciğerlerdeki gaz değişimi alveol denilen hava keseciklerinde olur. Bu arterioller, alveollerin etrafını ören kılcak damarları (kapillerleri) besler. Diğer taraftan, temizlenmiş kan, bu kılcak damarlar yoluyla çok ince venüllere ve oradan da gittikçe büyüyerek pulmoner vena ve sol kalbe ulaşır. Pulmoner venden sol atriyuma giren kan, sol atriyum kaslarının kasılmasıyla mitral kapakçık üzerinden sol ventriküle pompalanır. Sol ventrikül kasları kasıldığında oluşan basınç sonucu, mitral kapakçığı kapanır. Yine ventriküldeki basıncın artması sonucu aort kapakçığı açılır ve kan aorta basılır. Bu olayla senkron olarak pulmoner kapakçık da açılır ve sağ ventrikül içindeki pis kan pulmoner atardamara basılır. Şekil 2.3'te insan vücudunu ağ gibi ören damar yapısı görülüyor.



Şekil 2.3: İnsan vücudunu ören damar yapısı

Kalbin pompalama çevrimi, sistol ve diyastol olmak üzere iki kısma ayrılır. Sistol, kalp kaslarının, özellikle sol ventrikül kaslarının kasılarak kanın pulmoner arter ve aorta pompalanması zamanıdır. Diyastol ise kalp odacıklarının gevşeyerek kanla dolduğu zamandır. Kan, arter sistemine pompalandıktan sonra kalp, dinlenme durumuna geçer, çıkış kapakları kapanır, kısa bir süre sonra giriş kapakçıkları açılarak diyastol ve yeni bir kalp çevrimi başlar.

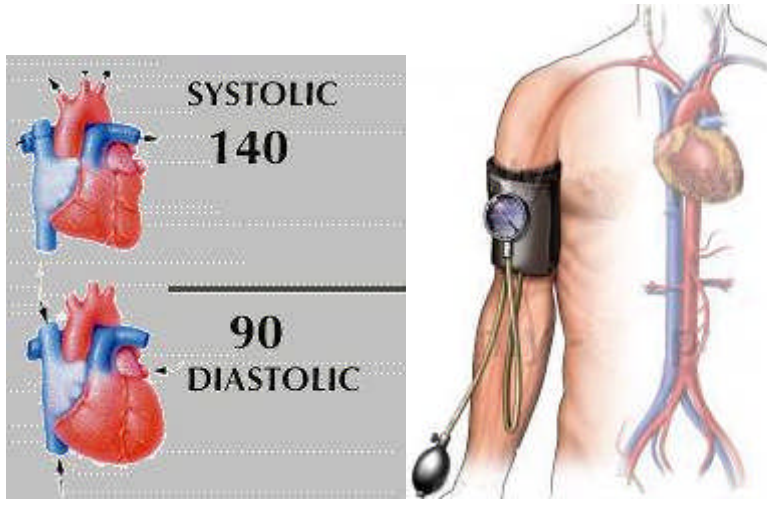
Arterlerden ayrılarak çeşitli kollardan geçen kan, beyine, uzuvlara ve diğer organlara ulaşır. Arteriyel sistemin son basamağında, damarların kesit alanları küçülür ve sayıları artarak en ince damarlara kadar devam eder. Bu kılcal damarların yapısı Şekil 2.4'te görülüyor. Bu ince damarlar hücelere oksijenin geçtiği ve hücrelerin artık karbondioksitinin de kana geçtiği kılcal damarları beslerler. Bundan sonra büyük venlere ve onlar da superior ve inferior vena cavalara bağlanırlar. Kalbin kendisinin beslenmesi, aorttan ayrılan koroner arterler yoluyla olur. Bu arterler de kılcal damar sistemine benzer bir sisteme dönüşürler ve kardiyak venlerine bağlanırlar. Kalbi besleyen kan, kalbe, koroner sinüs yoluyla döner.



Şekil 2.4: Dokuların içine yerleşmiş kılcal damar yapısı

Kardiyovasküler sistemle ilgili bazı ortalama rakamlar şunlardır: Sağlıklı büyüklerde (erişkin) kalp vuru hızı 75 vuru/dakika olup bu rakam, çok değişebilir. Kalp vuru hızı, ayağa kalkıldığında artar, oturulduğunda ise düşer. Bir bebekte, normal şartlarda, kalp vuru hızı 140 vuru/dakikaya çıkabilir. Bunlardan başka, birçok psikolojik, fizyolojik ve çevresel etkenler, kalp vuru hızını etkiler. Kalp, dakikada ortalama 5 litre kan pompalar. Ağır egzersiz sırasında bu miktar çok artabilir. Herhangi bir anda, toplam kan hacminin %75 ile %80'i venlerde, yaklaşık %20'si arterlerde ve geri kalanı da kılcal damarlarda bulunur.

Kan basıncının maksimum değerine, sistolik kan basıncı, en düşük değerine de diyastolik kan basıncı denir ve genellikle, sistolik basınç/diyastolik basınç şeklinde gösterilir. Ölçü birimi olarak mmHg (mm civa) kullanılır.



Şekil 2.5: Sistolik-diyastolik kan basıncı ve ölçülmesi

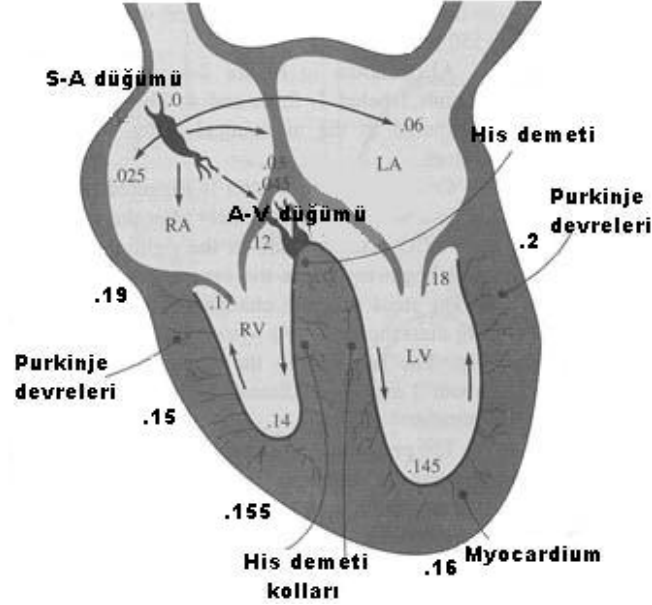
Büyüklerde, normal şartlarda, koldaki atardamardan ölçülen sistolik basınç 95 ile 140 mmHg arasında değişir ve ortalama değeri 120 mmHg'dir. Normal diyastolik basıncın ortalama değeri 80 mmHg olup, 60 ila 90 mmHg arasında değişir. Diğer bazı ortalama basınç değerleri de şunlardır: Aort basıncı 130/75, sol ventrikül basıncı 130/5, sol atriyum basıncı 9/5, sağ ventrikül basıncı 25/0, sağ atriyum basıncı 3/0 ve pulmoner arter basıncı 25/12 mmHg'dir.

2.1.3. Kalbin Elektriksel İletim Sistemi

Şekil 2.5 te kalbin elektriksel iletim sistemi gösterilmiştir. İletim sistemi, sinüs düğümü, his demeti, atrioventriküler düğüm, demet kolları ve purkinje fiberlerinden oluşur. SA düğümü kalbin pacemaker (vuru düzenleyicisi), olarak çalışır. Pacemaker, hareketi başlatan, hareketin hızını belirleyen anlamına gelmektedir. SA düğümünde kendi kendine oluşan aksiyon potansiyeli, depolarizasyon dalgası hâlinde tüm kalbe yayılır. Kalp hücreleri arasındaki geçiş ise hücreler arası alçak direnç bölgelerini oluşturan geçit bölgeleri üzerinden olur. SA düğümü sağ atriyumun arka duvarında yer alan (3x10 mm boyutunda) özelleşmiş kalp hücrelerinden oluşmuştur. SA düğümünün oluşturduğu aksiyon potansiyelinin frekansı değişen koşulların gereksinimini karşılamak üzere merkezi sinir sistemi (MSS) tarafından da kontrol edilmektedir.

SA düğümünde oluşan aksiyon potansiyeli, atriyumlar üzerindeki iletim yolları üzerinden hızlı bir şekilde yayılarak atriyumların kasılmasını sağlar ve buradaki kan ventriküllere basılır. Atriyumlarda aksiyon potansiyelinin hızı, 30 cm/s kadardır. SA ve AV düğümleri arasındaki özel iletim hatlarında ise hız 45 cm/s kadardır. SA düğümünde oluşan aksiyon potansiyeli 30–50 ms sonra AV düğümüne ulaşır. Bu süre, atriyumların içerlerindeki kanı tümüyle ventriküllere doldurmaları için yeterli değildir. Bu nedenle ventriküllerin kasılmasının bir süre sonra yapılması gereklidir. Bu işlem, bir geciktirme elemanı gibi çalışan AV düğümünde, aksiyon potansiyelinin 110 ms kadar geciktirilmesiyle sağlanır.

Atriyumlarla ventriküller arasındaki yağlı septum bölgesi elektriksel izolasyonu sağlar ve kalbin bu iki bölgesi arasındaki iletim sadece iletim sistemi üzerinden yapılabilir.

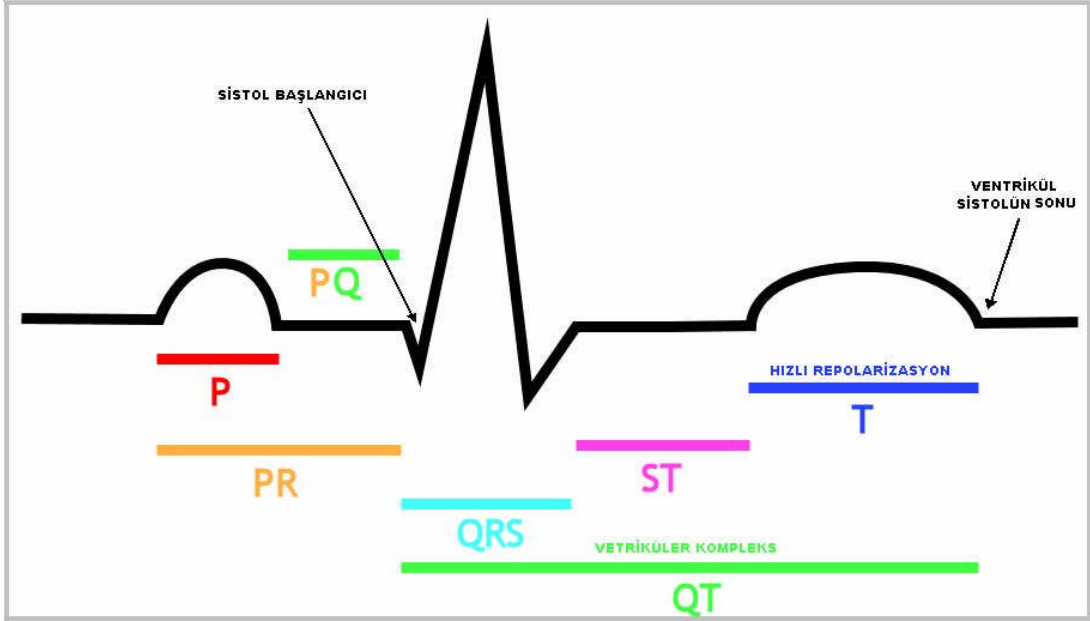


Şekil 2.6: Kalbin elektriksel iletim sistemi

Ventriküllerin uyarılması Purkinje fiberleri ile olur. Bunlarda aksiyon potansiyelinin hızı 2-4 m/s kadardır. Bu fiberler ve tüm iletim mekanizması üzerindeki aksiyon potansiyelinin ulaşım süreleri, saniye olarak, Şekil 2.6'da gösterilmiştir. Purkinje fiberleri yardımıyla uyarılan miyokardium kasılır ve burdaki kan arterlere basılır. Şekil 2.7'de, kalp kaslarının aynı anda kasılması sonucu genliği oldukça büyük bir elektriksel işaret oluşur. Elektrokardiyogram (EKG) olarak isimlendirilen bu işaret vücut üzerinden algılanabilir.

EKG eğrisi üzerinde değişik özellikler gösteren kısımlar, harflerle karakterize edilir P dalgası olarak isimlendirilen kısım, atriyumların kasılması sonucu oluşur. Genliği, atriyum kaslarının fonksiyonel aktivitesini belirtir. PQ aralığı His demeti iletim zamanını gösterir. QRST dalgası, ventriküler kompleks olarak isimlendirilir. QRS (QRS kompleksi), ventriküllerin depolarize olmasına karşılıktır.

Ventrikül kaslarının fonksiyonel aktivitesini gösterir. His demeti ve kollarındaki iletim bozuklukları da QRS'te değişikliklere neden olur. Ventriküllerin kasılması ile R dalgasının yukarı çıkışı aynı anda olur. ST aralığında, ventrikül kas hücreleri yavaş, T sürecinde ise hızlı repolarize olur. Dakikada kalp vuru hızı 75 olan sağlıklı bir kimsede P, PR, ve QRS süreleri sırasıyla 0.1, 0.13, ve 0.08 ms kadardır.



Şekil 2.7: Elektrokardiyogram işareti

2.1.4. Kalp Kasları

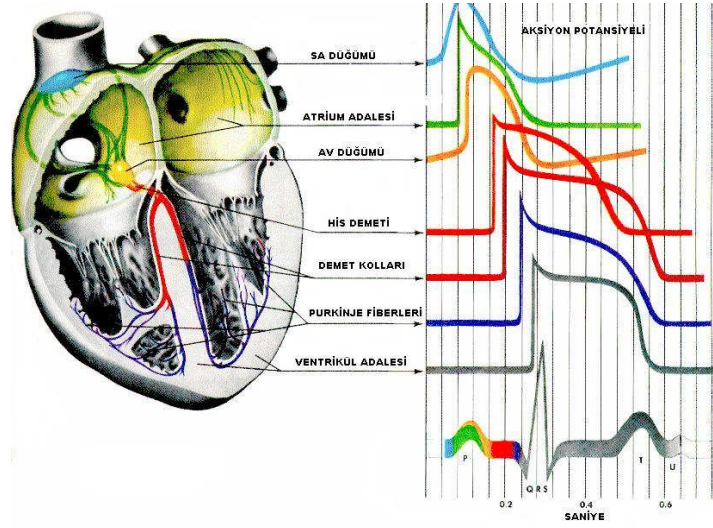
Kalpte üç çeşit kas hücresi vardır.

- **SA ve AV düğümü hücreleri:** Kasılma yetenekleri çok azdır, küçüktürler ve dışarıdan bir uyarı almadan ritmik olarak aksiyon potansiyeli oluştururlar.
- **Endokardiyum kas hücreleri:** Ventriküllerin içini kaplarlar, kasılma yetenekleri azdır, aksiyon potansiyelini hızlı iletirler.
- **Asıl kalp kası hücreleri:** Orta büyüklüktedir. Kuvvetli ve hızlı kasılırlar

Bu hücrelerin membranları arasında, alçak dirençli hücreler arası geçit bölgesi vardır. Bu bölgeler yardımıyla uyarı kolay bir şekilde yayılır.

2.1.5. Kalp Kaslarının Kasılması

Tipik bir ventrikül kasının kasılmadan önceki membran gerilimi -90 mV kadardır. Uyarı geldiğinde çok hızlı bir şekilde bir depolarizasyon oluşur. Bunu takiben 200-300 ms kadar süren depolarize bir platoya ulaşan hızlı bir repolarizasyon ve sonuçta membran potansiyelinin istirahat seviyesine indiği yavaş bir repolarizasyon meydana gelir. Böylece bir kardiyak çevrimi içerisinde, membran gerilimi dört fazdan geçer. Şekil 2.8'de kalbin çeşitli noktalarındaki aksiyon potansiyeli, EKG eğrisiyle birlikte gösterilmiştir.

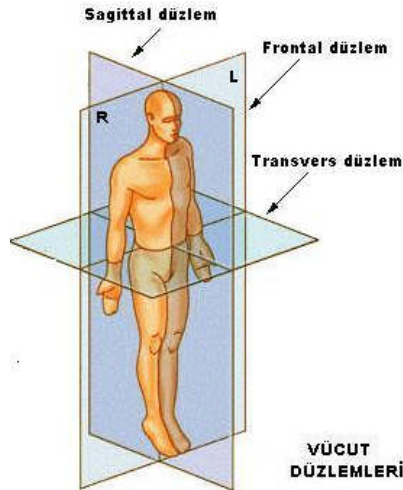


Şekil 2.8: Kalbin çeşitli noktalarındaki aksiyon potansiyeli

2.2. Derivasyonlar

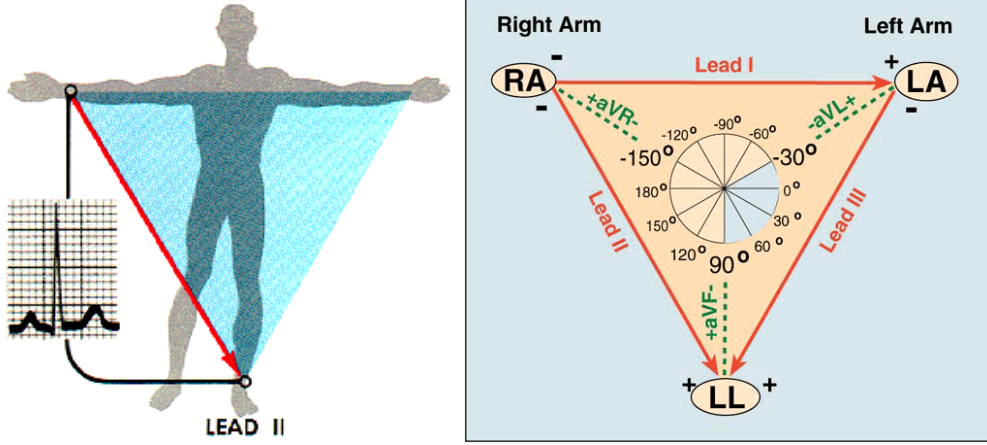
2.2.1. Elektrokardiyogram Düzlemleri

Kalbi, gövde içerisinde bir elektrik üretici olarak düşünebiliriz. Bu üreticinin tamamen gövde içerisinde gömülü olması nedeniyle üretici çıkışının direkt ölçümü, ancak bir ameliyatla mümkün olabilir. EKG'de, bir hacimsel iletken olan gövdenin yüzündeki çeşitli noktalar arasında yapılan potansiyel farkı ölçümleri yardımıyla, kalbin durumu belirlenebilir. Böylece kardiyak vektörü istenilen referans düzlemlerinin üzerlerindeki eksenler üzerine iz düşürülebilir. Şekil 2.9'da, uygulamada referans düzlem olarak alınan frontal, transverse ve sagittal düzlemler gösterilmiştir.



Şekil 2.9: Kardiyak vektörünün iz düşürüldüğü eksenlerin bulunduğu düzlemler

2.2.2. Einthoven Üçgeni



Şekil 2.10: Frontal düzlemde einthoven üçgeni

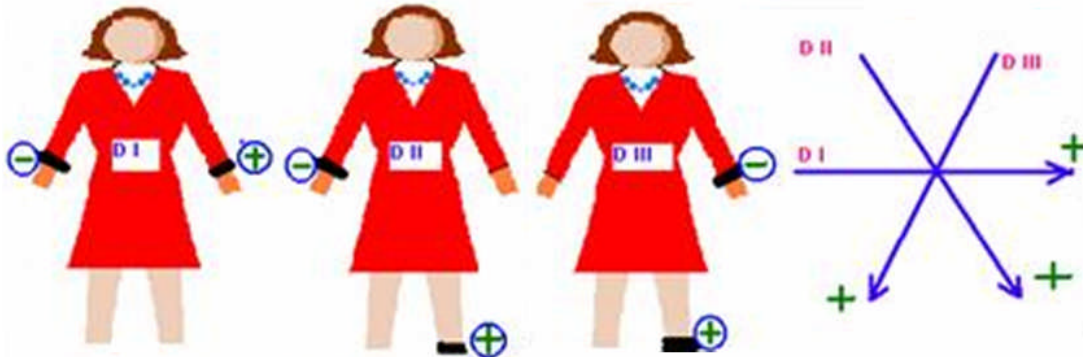
Bir vektörün bulunduğu düzlem içerisindeki iki eksen üzerinde iz düşümlerinin bilinmesi, o vektörün belirlenmesi için yeterlidir. EKG ölçüm tekniğinde frontal düzlemdeki kardiyak vektörü iz düşümünün belirlenmesi ise birbirleriyle 60°'lik açılar yapan üç eksen üzerindeki iz düşümlerinin ölçülmesiyle yapılmaktadır. Bu eksenlerin belirlediği üçgen "Einthoven Üçgeni" adını alır. Şekil 2.10'da bu üçgen, frontal düzlemdeki kardiyak vektörü bileşeni ve bunun diğer eksenler üzerindeki iz düşümleri gösterilmiştir.

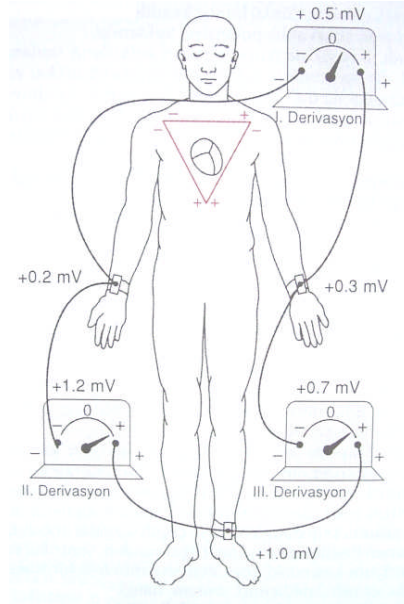
2.2.3. Standart Bipolar Derivasyon

Ölçümler, kolay yapılabilmesi bakımından üçgenin köşe noktalarında değil, bu noktalara yakın olan kol ve bacaklar üzerinde yapılır. Sırasıyla:

- Sağ ve sol kol arasında
- Sağ kol ve sol bacak arasında
- Sol kol ve sol bacak arasında

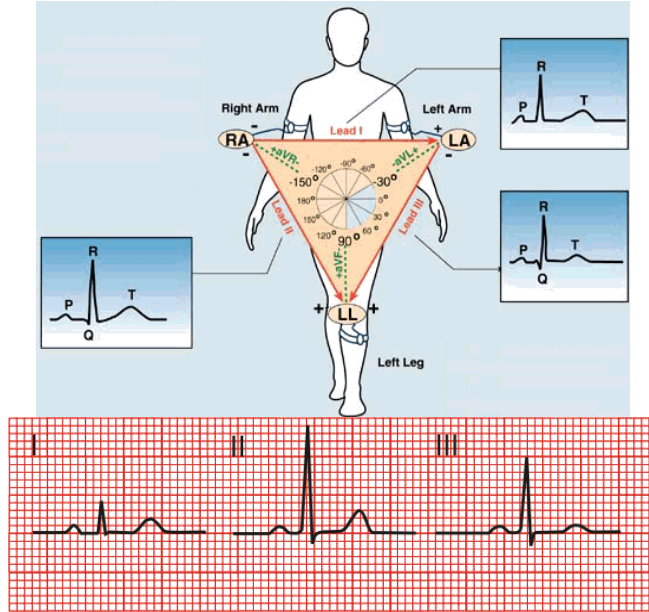
Ölçümler yapılmaktadır. Bu ölçümlere sırasıyla I, II ve III numaralı Standart Bipolar Derivasyonlar adı verilir. Ölçüm bağlantıları Şekil 2.11'de gösterilmiştir.





Şekil 2.11: Bipolar standart derivasyon ölçümlerinde elektrot bağlantı şekilleri ve vektörle gösterilişi

Bu tip derivasyon ölçümünde elde edilen işaret biçimleri Şekil 2.12’de gösterilmiştir. Dikkat edilirse ölçüm yapılan noktalara göre kutupsal değişimler olmaktadır. Sol kola göre (+) kutba sahip iken sol bacağına göre (-) kutup olmaktadır. Bu işaretlerin genlikleri birbirinden farklıdır.



Şekil 2.12: Bipolar standart derivasyon ölçümlerinde elde edilen işaretler

“Bipolar” terimi elektrokardiyogramın vücut üzerindeki iki elektrottan kaydedildiği anlamına gelir. Bu nedenle bir "derivasyon" vücut ile bağlantılı olan iki iletken ve bunların elektrotlarından meydana gelen ve elektrokardiyograf ile ölçüm sağlayan bir bağlantıdır. Gerçek bir elektrokardiyograf, hareket eden bir kâğıt üzerine yüksek hızda kayıt yapan bir voltmetredir. Bipolar derivasyon tipleri:

➤ **Derivasyon I**

Kol-bacak derivasyonu kaydedilirken elektrokardiyografın negatif ucu sağ kola, pozitif ucu ise sol kola bağlanır. Dolayısıyla sağ kolun göğüs kafesine bağlandığı nokta, sol kolun bağlandığı noktaya nazaran negatif olduğu zaman elektrokardiyograf pozitif, yani elektrokardiyogramdaki sıfır voltaj çizgisinin üzerinde kayıt yapar. Bunun tersi söz konusu olduğu zaman, elektrokardiyograf çizginin altında kayıt yapar.

➤ **Derivasyon II**

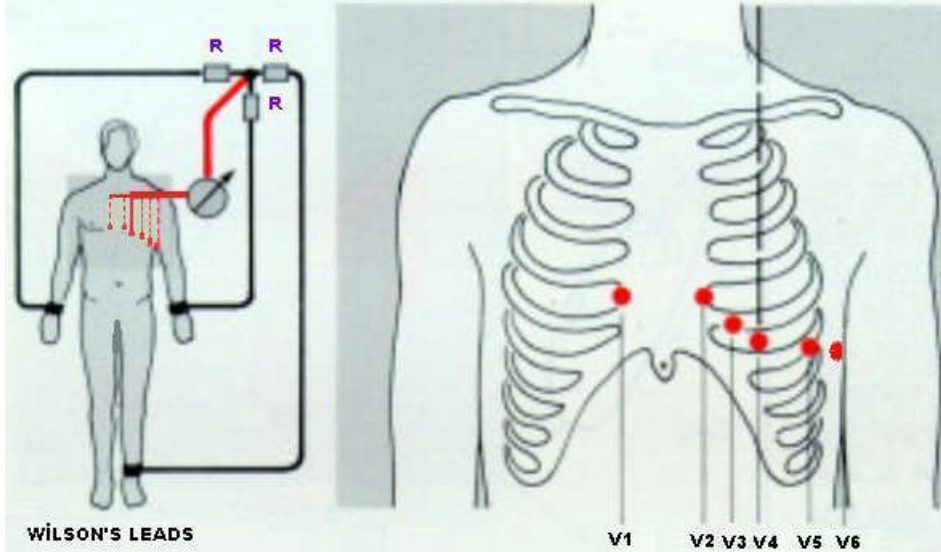
Kol-bacak derivasyonu kaydedilirken elektrokardiyografın negatif ucu sağ kola, pozitif ucu ise sol bacağına bağlanır. Dolayısıyla sağ kol, sol bacağına nazaran negatif olduğu zaman elektrokardiyograf pozitif kayıt yapar.

➤ **Derivasyon III**

Kol-bacak derivasyonu kaydedilirken elektrokardiyografın negatif ucu sol kola, pozitif ucu ise sol bacağına bağlanır. Bu da, sol kol, sol bacağına nazaran negatif olduğu zaman elektrokardiyografın pozitif kayıt yaptığı anlamına gelir.

2.2.4. Göğüs Derivasyonları

Eğer elektrodlardan üçü eşit dirençler üzerinden birbirlerine bağlanır ve bu nokta ile göğüsteki kırmızı ile işaretlenen noktalar arasından ölçüm yapılırsa, bu derivasyon göğüs derivasyonu olarak isimlendirilir.



Şekil 2.13: Unipolar derivasyon ölçümlerinde elektrotların bağlanış şekli

Sıklıkla kalbin üzerinde, göğüs kafesinin ön yüzeyine Şekil 2.13'te gösterilen altı ayrı kırmızı noktadan birine yerleştirilen bir elektrot ile elektrokardiyogramlar kaydedilir. Bu elektrot, elektrokardiyografin pozitif ucuna bağlanır. Negatif elektrot ise dirençler aracılığı ile şekilde de gösterildiği gibi, aynı anda sağ kol, sol kol ve sol bacağın her üçüne de bağlanır. Bu üç eşit direncin birleştiği kesişim noktasına "Wilson Noktası" denir. Altı standart göğüs derivasyonu genellikle göğüs elektrodu şekilde gösterilen altı noktanın her birine sıra ile yerleştirilerek göğüs kafesinin ön duvarından kaydedilir. Şekil 2.13'te gösterilen yöntem ile yapılan çeşitli kayıtlar V₁, V₂, V₃, V₄, V₅ ve V₆ derivasyonları olarak bilinirler.

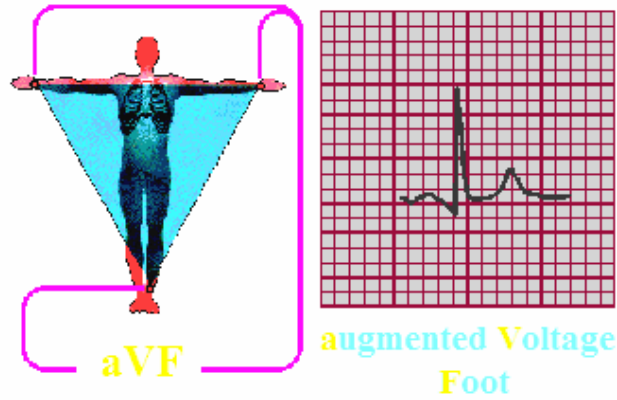


Şekil 2.14: Göğüs derivasyonları ile elde edilen EKG grafikler

Normal bir kalbin bu altı standart göğüs derivasyonu ile kaydedilen elektrokardiyogramları, Şekil 2.14'te gösterilmiştir. Kalbin yüzeyi göğüs duvarına yakın olduğu için her göğüs derivasyonu aslında elektrodun hemen altındaki kalp kasının elektrik potansiyellerini kaydeder. Dolayısıyla ventriküllerin, özellikle de ön ventrikül duvarının, nispeten küçük bozuklukları, göğüs derivasyonlarından kaydedilen elektrokardiyogramlarda sıklıkla belirgin değişikliklere neden olur.

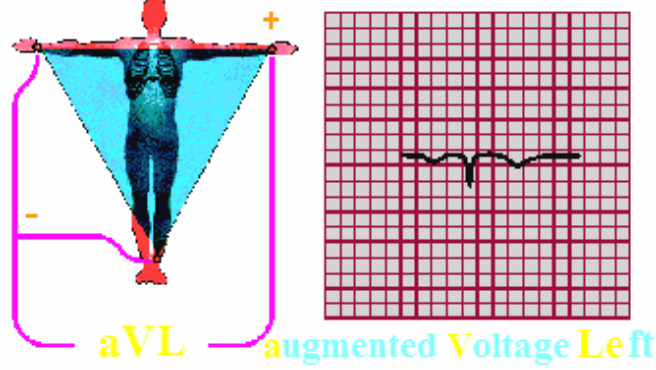
2.2.5. Kuvvetlendirilmiş Derivasyon

Sıklıkla kullanılan bir başka derivasyon sistemi, kuvvetlendirilmiş unipolar kol-bacak derivasyonlarıdır. Bu tür kayıta, kol ve bacakların ikisi dirençler aracılığı ile elektrokardiyografin negatif ucuna, üçüncüsü ise pozitif ucuna bağlanır. Pozitif uç, sağ kolda iken derivasyona aVR derivasyonu, sol kolda iken aVL derivasyonu, sol bacakta iken aVF derivasyonu adı verilir.



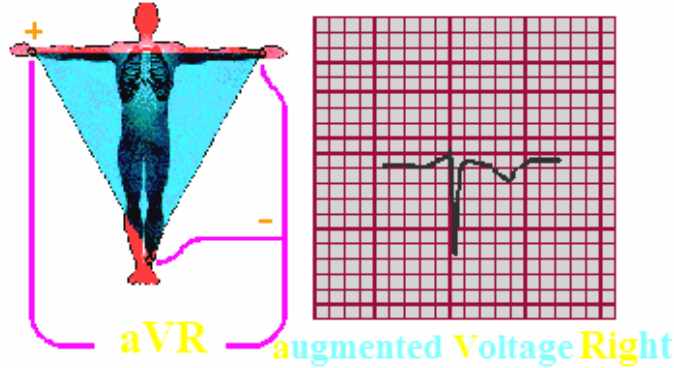
Şekil 2.15: Kuvvetlendirilmiş ayak derivasyonu aVF

aVF (augmented voltage foot) derivasyonda sağ-sol kol birleşim noktaları ile sol ayak arasında ölçüm yapılır.



Şekil 2.16: Kuvvetlendirilmiş sol kol derivasyonu aVL

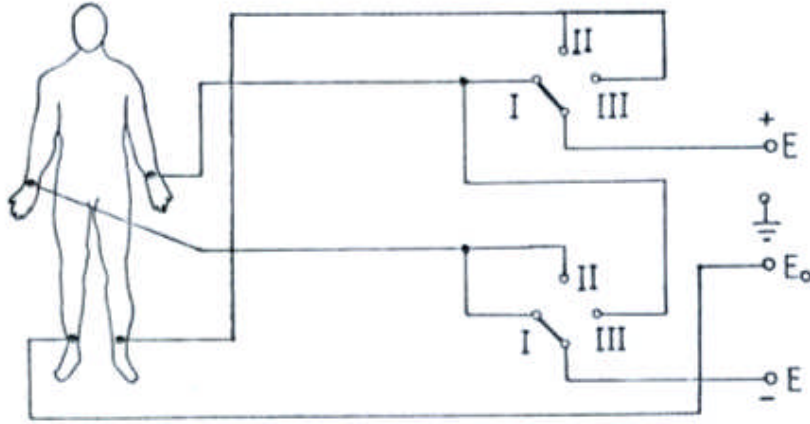
aVL (augmented voltage left) derivasyon tipinde sağ kol-sol ayak birleşim noktaları ile sol kol arasında ölçüm yapılır.



Şekil 2.17: Kuvvetlendirilmiş sağ kol derivasyonu aVR

aVR (augmented voltage right) derivasyon tipinde sol kol-sol ayak birleşim noktaları ile sağ kol arasında ölçüm yapılır.

EKG kaydı için üç, dört veya beş aktarma noktasının kullanılması gerekebilmekte ve kullanılan her bir aktarma nokta grubu da derivasyon türünü belirlemektedir. Her derivasyon türü, kardiyolojik incelemede, bir başka açıdan tıbbi yorum imkânı vermektedir. Einthoven, Goldberger ve Wilson derivasyonları en çok bilinen derivasyonlar arasında yer almaktadır. Bunlar da kendi aralarında bazı alt derivasyon türlerine ayrılmaktadır. Einthoven'in aVR, aVL, aVF derivasyonları buna örnek teşkil etmektedir. Einthoven derivasyonlarında üç elektrot yeterli olurken, Goldberger derivasyonlarında dört, Wilson derivasyonunda ise beş elektrot kullanılmaktadır. Şekil 2.18'de derivasyon türünün seçici devre yardımı ile nasıl seçildiğine dair prensip şema görülüyor. Gelişmiş EKG cihazlarında derivasyon seçici devrenin kontrolünü mikroişlemciler örnekleme metodu ile yapmaktadır. Bu yöntem aynı anda bütün derivasyonları görme imkânı verir. Bütün ölçümlerde sağ ayak toprak potansiyeli kabul edilir.



Şekil 2.18: Einthoven derivasyonları için seçici devre prensip şeması

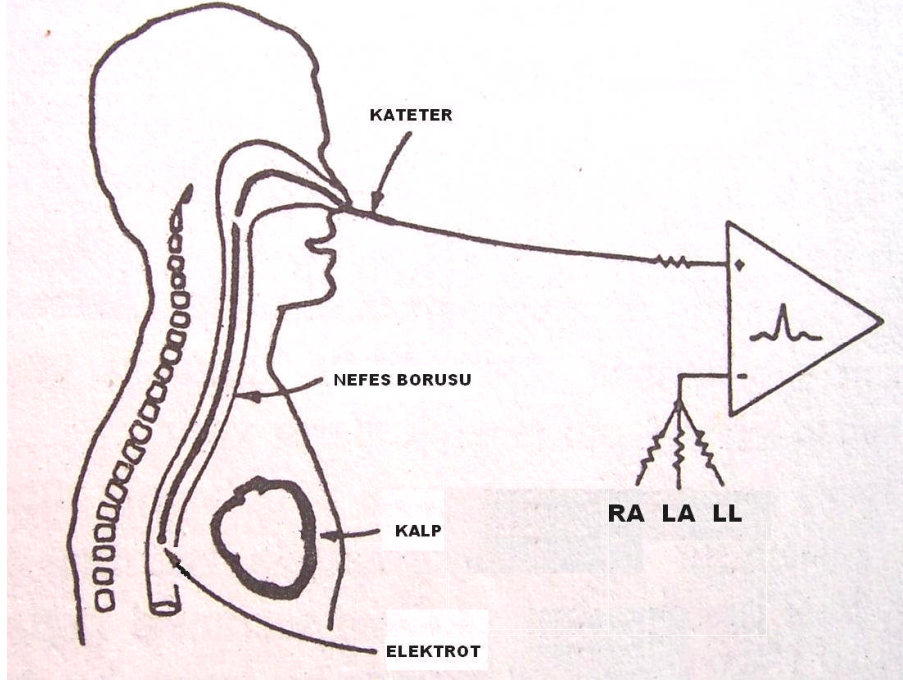
Şekil 2.19’da ise 12 ayrı derivasyon grafiği EKG ekranında görülüyor. I, II, ve III nolu derivasyonlar standart bipolar derivasyonları, aVR, aVL ve aVF derivasyonları kuvvetlendirilmiş unipolar kol bacak derivasyonlarını ve V1, V2, V3, V4, V5, V6 derivasyonları da göğüs derivasyonlarını ifade etmektedir.



Şekil 3.19: I, II, III, aVR, aVL, aVF, V1, V2, V3, V4, V5, V6 derivasyon grafikleri

Verilen bu derivasyon grafikleri, kalp fonksiyonu normal olduğu kabul edilen kişilere göre çizilmiştir. Kalp fonksiyonunda problem olan kişilerde bu işaretler çeşitli bozulmalara uğrar. Bu bozulmalar doktora hastanın kalp rahatsızlığının nedeni hususunda ipuçları verir.

2.2.6. Yemek Borusundan Derivasyon



Şekil 2.19: Yemek borusundan derivasyon ölçümü

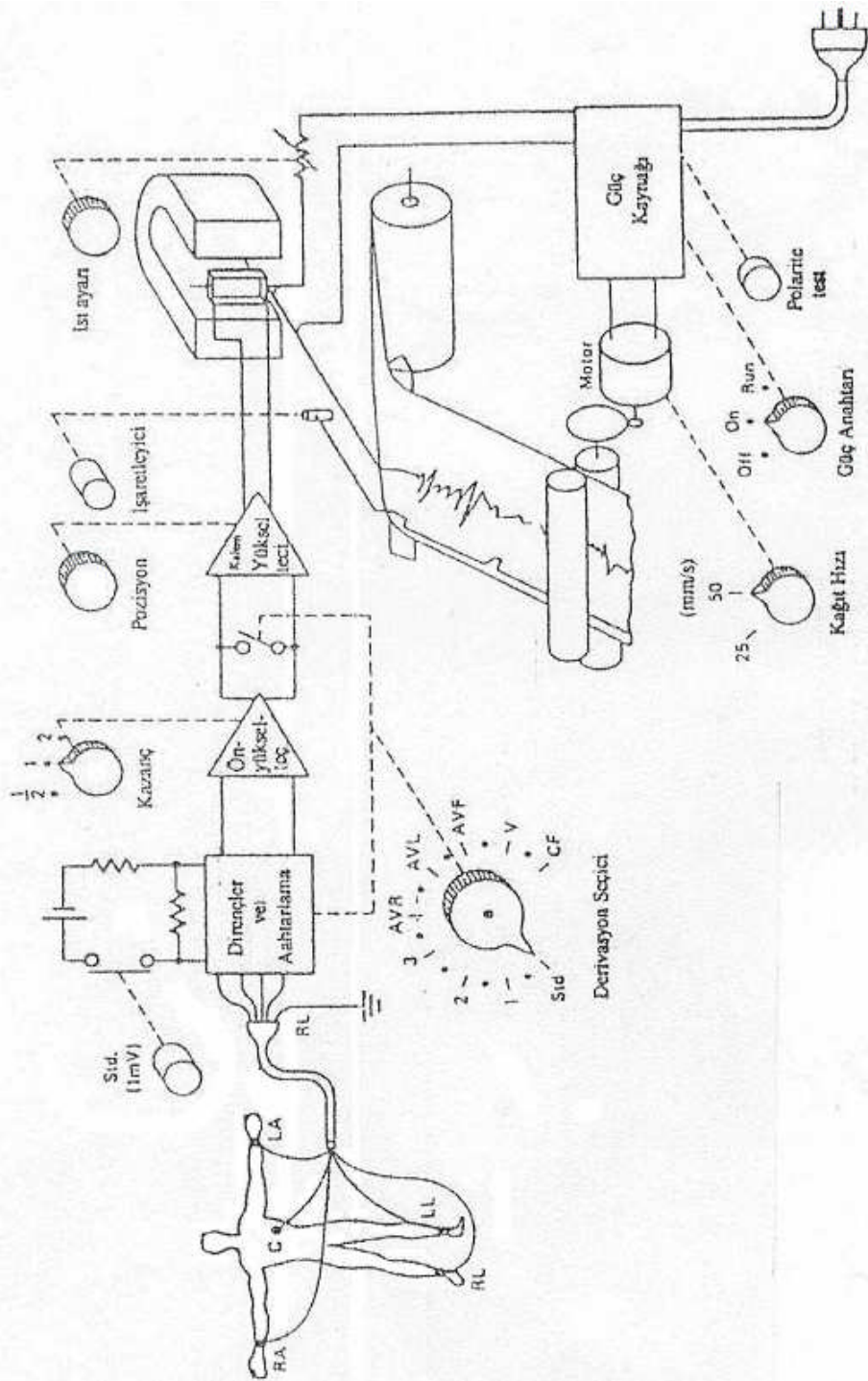
Sagittal düzlem üzerinde kardiyak vektör iz düşümünün ölçülmesi nefes borusu derivasyonu olarak bilinir. Günümüzde bu ölçüm nadiren yapılmaktadır. Burundan yemek borusunun içine uzatılan bir kateterin ucundaki elektrotun nefes borusuna teması ile EKG ölçüm düzeninin girişlerine uygulanacak aktif uç elde edilmiş olur. Diğer girişe ise Wilson noktası bağlanır.

2.3. EKG Ölçüm Düzenekleri

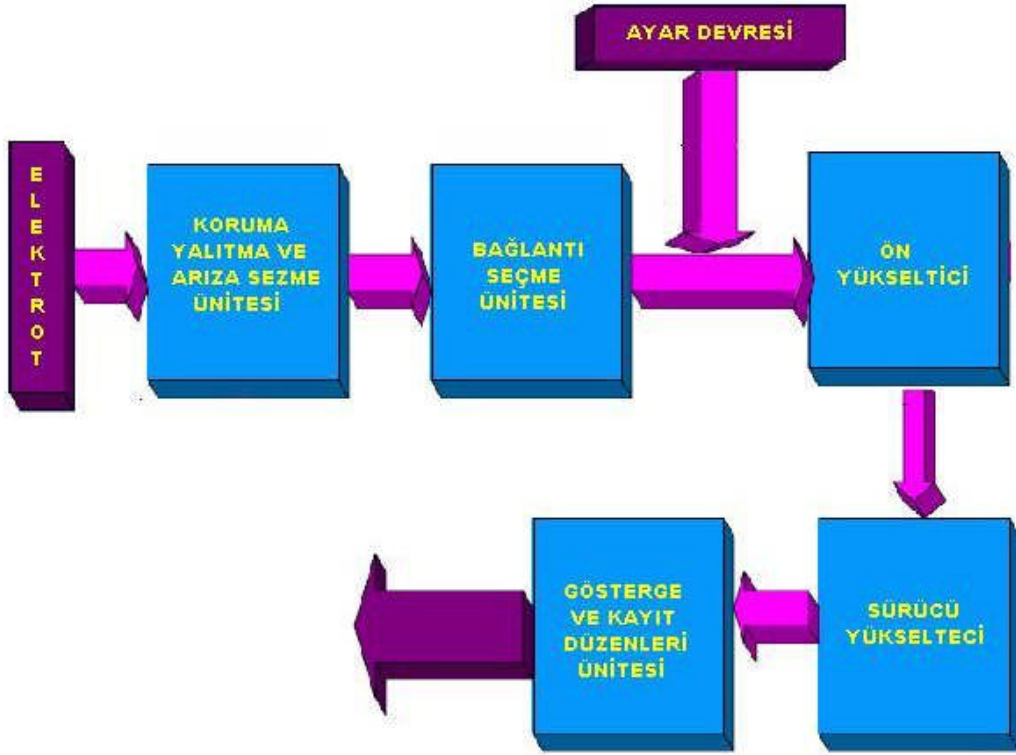
2.3.1. EKG Blok Diyagramı

EKG ölçüm düzeni, elektrokardiyograf olarak isimlendirilir. Elektrokardiyograf yardımıyla kaydedilen grafiğe Elektrokardiyogram (EKG) denir. Kayıtlar, kâğıt şeritler üzerine yapılabildiği gibi, bir manyetik bant ya da elektronik hafıza üzerine de yapılabilir. Kayıt edilen EKG'lerin normal EKG'lerle karşılaştırılmasıyla, kalbin çalışmasıyla ilgili bazı normal dışı durumlar belirlenebilir. Şekil 2.20'de, şu anda yerini daha modernlerine bırakmış bir elektrokardiyograf cihazı görülüyor.

Bir EKG cihazı, elektrotlar, besleme ünitesi, koruma yalıtma ünitesi, bağlantı (derivasyon) seçme ünitesi, ön yükselteç, güç yükseltici, filtre üniteleri, yazıcı ünitesi, ekran ünitesi gibi ünitelerden oluşur. Şekil 2.21'de ise bir EKG cihazının blok diyagramı görülüyor. Bu diyagramda EKG cihazına ait bütün kısımlar gösterilmemiştir.



Şekil 2.20: Bir elektrokardiyograf cihazının yapısı

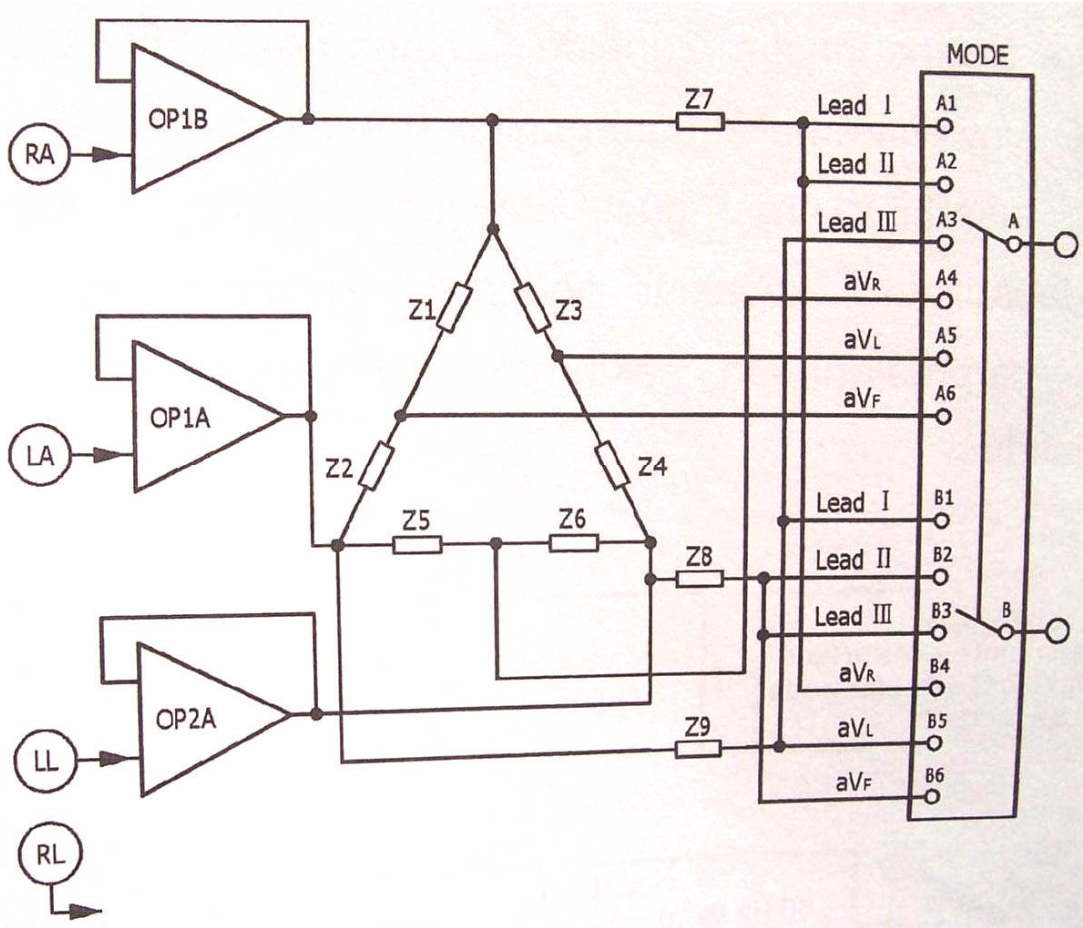


Şekil 2.21: Elektrokardiyograf cihazının blok diyagramı

2.3.2. EKG Temel Çalışma Prensibi

Bir EKG cihazının bölümleri şu unsurlardan oluşur:

- Elektrotlar: Kalbin elektriksel aktivitesi sonucu oluşan iyon akımını elektrik akımına dönüştüren dönüştürücülerdir.
- Koruma yalıtım ve arıza sezme ünitesi Bu üç işlem tek bir ünite de gerçekleştirilebildiği gibi birden fazla ünite de gerçekleştirilebilir. Koruma ve yalıtım devresinin yalıtım kısmı, EKG cihazında oluşabilecek ve hasta için tehlikeli olabilecek akımlardan hastayı korur. Kısaca, elektrotlarla cihaz ve enerji kabloları arasında izolasyon sağlar. Koruma kısmı, hasta üzerinde oluşabilecek yüksek gerilimin EKG cihazına zarar vermemesini sağlar.
- Arıza sezme kısmı ise elektrotların bağlantı kablolarında oluşacak bir kopmayı veya elektrotların uygulandığı noktalardan kaymalarını sezerek alarm verir.
- Bağlantı seçici ünitesi: Hasta üzerine uygulanmış tüm elektrotlar bu ünitenin girişine uygulanmıştır. Bu ünite yardımıyla, istenilen elektrotlar EKG cihazına uygulanır. Yani istenilen derivasyonun seçilmesi sağlanır. (Şekil 2.18 ve şekil 2.22) . Gelişmiş EKG cihazlarında derivasyon seçici devrenin kontrolünü mikroişlemciler örnekleme metodu ile yapmaktadır. Bu yöntem aynı anda bütün derivasyonları görme imkânı verir.

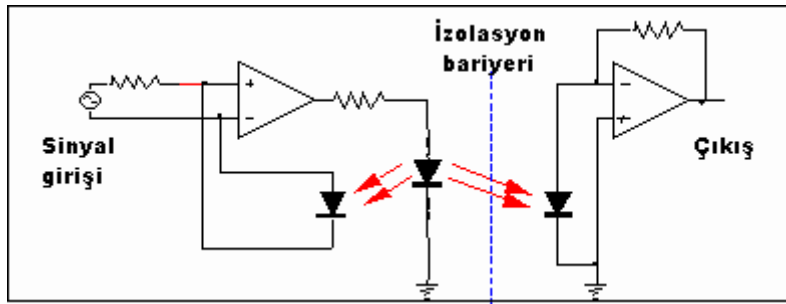


Şekil 2.22: Lead (derivasyon) seçici devre

- **Ayar devresi:** 1 mV'luk darbe şeklinde bir işaret, bu devre yardımıyla, gerekli ayarların yapılabilmesini sağlamak amacıyla cihazın girişine uygulanır.
- **Sürücü kuvvetlendirici ünitesi:** Bu ünite, EKG işaretlerini, gösterge ve kayıt düzenlerinin bulunduğu üniteyi sürececek seviyeye kadar kuvvetlendirir. Ön kuvvetlendiricinin çıkışındaki DC kaymasının etkili olmaması için giriş, genelde AC kuplajlı olarak gerçekleştirilir. Cihaz için gerekli frekans band genişliği, bu kat tarafından belirlenir. Kayıt düzenindeki kalemin pozisyonunu ayarlamak amacıyla bir sıfır kayma (zero-offset) kontrol ayarı vardır. Bu kontrol yardımıyla, ünitenin çıkışındaki DC seviye ayarlanır.
- **Gösterge ve kayıt düzenleri ünitesi:** Bu ünite EKG işaretleri bir kağıt şeride kayıt edilir ve varsa bir monitör yardımıyla izlenebilir, istenirse özel düzenler yardımıyla bir manyetik bant ya da flash bellek vb. üzerine de kayıt yapılabilir.
- **Hasta yalıtımı:** Modern EKG cihazlarında yalıtma, izolasyon kuvvetlendiricileri ile yapılmaktadır. Aşağıdaki şekilde opto-kuplör ile gerçekleştirilmiş basit bir izolasyon devresinin yapısı görülüyor.

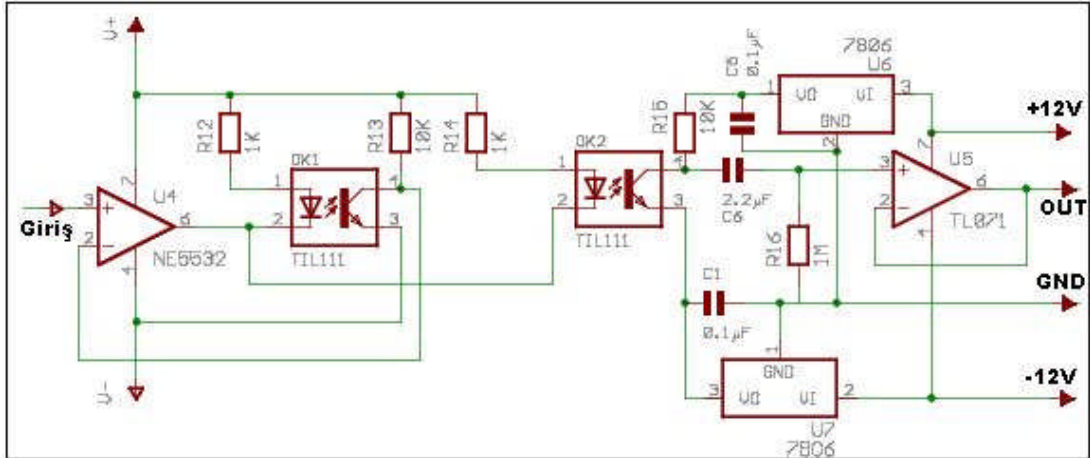
Koroner yoğun bakım merkezlerinde EKG işaretleri, monitörler yardımıyla izlenir. Hasta başında bulunan monitöre ilaveten her hastaya ait monitörler, merkezi hasta izleme konsolunda bulunmaktadır. Bu konsol üzerinde ayrıca kâğıt kayıt düzeni, HDD, flash bellek gibi kayıt düzeni bulunmaktadır.

İlk yükselteçte elde edilen sinyal direkt olarak elektriksel bir bağlantı olmaksızın ikinci yükselteç kısmına kuple edilir. İki devre arasında sadece ışık alışverişi vardır. Dolayısıyla iki devre arasında yüksek bir yalıtım söz konusudur. Hastadan biyolojik işaretler alınırken hastanın vücuduna ona zararlı olabilecek elektrik akımlarının akması önlenmiş olur.



Şekil 2.22: Basit bir koruyucu izolasyon devresi

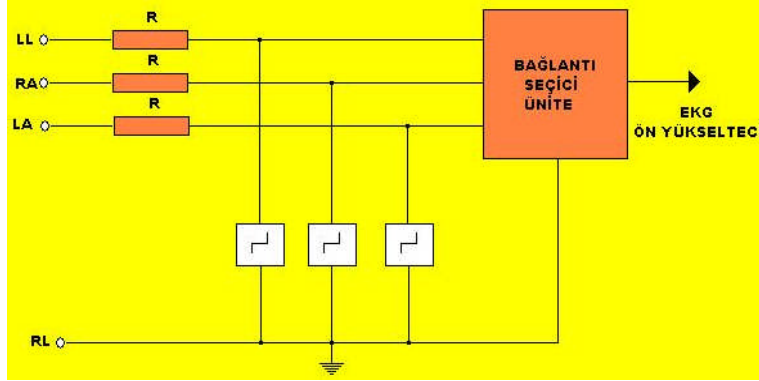
- **İzolasyon kuvvetlendiricileri:** Modern EKG cihazlarında mikro şokları önlemek için, hasta ile direk temas halindeki bölümlerde izolasyon kuvvetlendiricileri kullanılmaktadır. Böylece hasta ile şebeke arasında $10^{12} \Omega$ a varan yalıtım sağlanabilir.



Şekil 2.23: Opto-kuplörülü bir izolasyon devresi

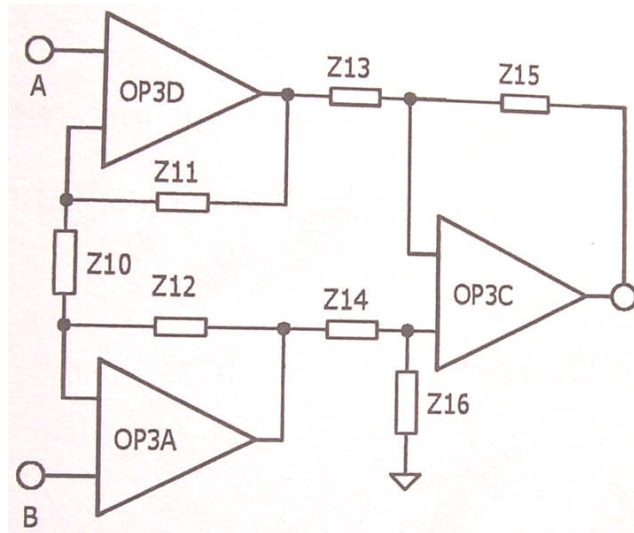
- **Koruma ünitesi:** Bazı durumlarda hasta üzerinde oluşabilecek gerilim, EKG cihazı ve/veya hastaya bağlı diğer cihazlar için tehlikeli olabilir. Örneğin ameliyat esnasında elektrocerrahi cihazı kullanılır. Bu cihazın toprak bağlantısı hatalı ise, hasta üzerinde transient şeklinde oldukça yüksek değerlerde gerilimler oluşarak hastaya bağlı cihazlar üzerinde hasar oluşabilir. Bu sakıncayı ortadan

kaldırmak için cihazın girişine, cihazı aşırı gerilimlerden koruyan devreler koymak gereklidir. Şekil 2.24’de, gösterilen koruyucu devre, cihazın giriş uçlarındaki gerilimin belli bir değerine kadar açık ve bu değer üzerinde ise kısa devre etkisi göstermelidir. Pratikte bu amacı sağlamak için çeşitli elemanlar kullanılabilir. Örneğin birbirlerine ters olarak paralel bağlı iki silisyum diyot yardımıyla ± 600 mV’un üzerindeki gerilimler için giriş kısa devre edilebilir. 3 V ile 20 V arası ve üzerindeki gerilimlerdeki sınırlamalar için birbirine ters olacak şekilde seri bağlı iki zener diyodu kullanılır. 50 V ile 80 V arası ve üzerindeki gerilimler için ise gazlı deşarj tüpleri kullanılır.



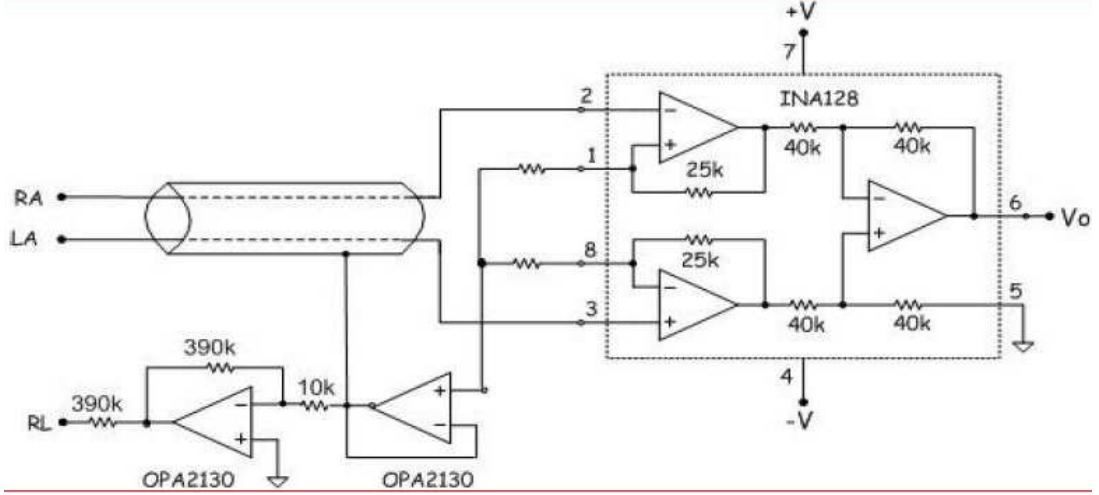
Şekil 2.24: EKG koruma ünitesi

- **Ön kuvvetlendirici:** EKG ölçüm düzenlerinde EKG işaretleri, ön kuvvetlendiricide kuvvetlendirilir. Bu katın giriş empedansı çok yüksek ve ortak moddaki işareti reddetme oranı (CMMR) çok büyük olmalıdır. Pratikte bu amaçla genellikle üç işlemsel kuvvetlendiriciden oluşan ve Enstrümantasyon Kuvvetlendiricisi olarak adlandırılan bir diferansiyel (farksal) kuvvetlendirici kullanılır.



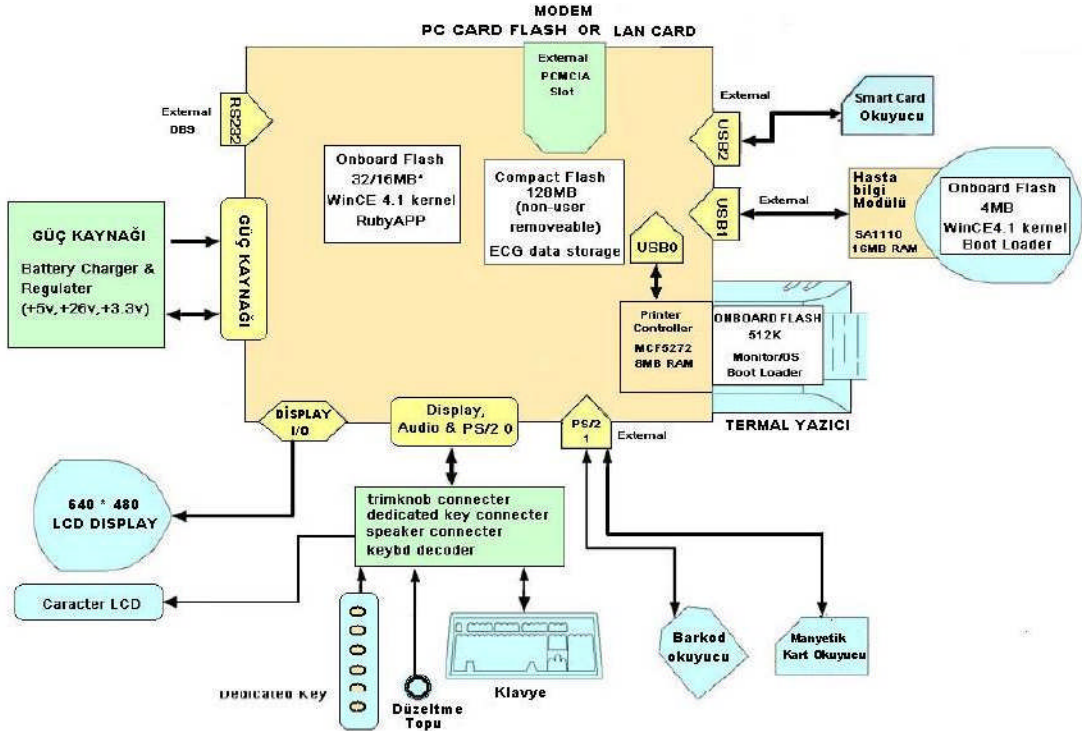
Şekil 2.25: Ön kuvvetlendirici

Şekil 2.28’de başka bir sağ bacak sürücüsü örneği görülmüyor. RA ve LA’dan gelen işaretlerin bozulmaya uğramaması için ekranlama yapılmıştır.



Şekil 2.28: Sağ bacak sürücüsüne başka bir örnek

2.3.4. Mikroşlemcili Elektrokardiyograf Düzeni



Şekil 2.29: Mikroşlemcili bir EKG'nin yapısı

Küçük sağlık kuruluşlarından telefon hatları yardımıyla alınan EKG işaretleri, zaman paylaşımı çalışan bilgisayarlar yardımıyla büyük hastanelerde değerlendirilebilir. Bu amacı sağlayan bir mikroişlemcili EKG cihazı Şekil 2.29 ve 2.30'da gösterilmiştir. Hastadan gelen EKG işaretleri, 12'li kablo üzerinden EKG cihazına ulaşır. EKG işaretleri, lokal olarak bir kaydedicide kaydedilmekte ve uzaktaki bilgisayara telefon hattı üzerinden ulaştırılmaktadır. Program ROM'a kaydedilmiştir. Ayrık zaman EKG işaretleri RAM'da saklanır. A/D çevirici, üç derivasyonu aynı anda örnekler. Telefon hatları üzerinden FM ile üç derivasyon aynı anda gönderilebilir.

Normal çalışma durumunda bağlantı seçici, mikroişlemci kontrollü olarak üçlü bağlantıları, dört grup ve zaman paylaşımı olarak A/D'nin girişine uygular. Her grup için gerekli zaman 2,5 sa'dır. Üç kanallı D/A çıkışında, analog EKG işaretleri elde edilir.

Harici PCMCIA slotlarından bir bilgisayar ağına bağlanarak veya USB, PS/2 gibi girişlerden barkod okuyucu, smart kart okuyucu, manyetik kart okuyucu girişlerinden faydalanarak EKG cihazı ile dış veri üniteleri arasında data alışverişi yapılabilir.

Tuş takımı (keyboard) yardımıyla, hastayla ilgili bilgiler ilave edilebilir. Mikroişlemci bütün bu bilgileri ve bu ünitenin numarasını EKG'lerden önce gönderir. Alfa nümerik display, çeşitli hata kodlarının ve EKG ile ilgili çeşitli parametrelerin, operatörce takip edilmesini ve hatalı durumların, işaretlerin bilgisayara ulaşmadan ortaya çıkmasını sağlar.

EKG'lerde galvanometrik yazıcılar yerini artık termal yazıcılara bırakmıştır. Termal yazıcı EKG'lerde ısıya duyarlı özel kâğıtlar kullanılmaktadır.

Günümüz teknolojik gelişmelerine paralel olarak EKG cihazlarında da gelişmeler olmuştur. Çok yüksek kapasiteli bilgi depolama özelliğinden derivasyon ölçümlerini hem kâğıda aktaran hem de LCD ekranında gösteren ve bir de sonuçları yorumlayabilen özelliklere sahip cihazlar yaygın olarak kullanılmaktadır.

UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Bir arkadaşınızın kan basıncını ölçünüz. Diğer arkadaşlarınızla sonuçları karşılaştırınız.➤ Bir arkadaşınızın kalp vuru sayısını (nabız) ölçünüz. Diğer arkadaşlarınızla sonuçları karşılaştırınız.➤ EKG cihazı ile bir arkadaşınızın üzerinde I, II ve III nolu derivasyon ölçümlerini yapınız.➤ EKG cihazı ile bir arkadaşınızın üzerinde göğüs derivasyon ölçümlerini yapınız.➤ EKG cihazı ile bir arkadaşınızın üzerinde kuvvetlendirilmiş derivasyon ölçümlerini yapınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Cuff yardımı ile kişi otururken kan basıncını ölçünüz. Normali 80-120 mm/Hg olmalıdır.➤ Başparmağınızı arkadaşınızın el bileğinin iç ve üst kısmına bastırarak dakikadaki vuruşu sayınız.➤ Bu ölçüm için 2.2.3 nolu konu başlığını dikkatlice okuyunuz. Bağlantı şekillerini inceleyiniz.➤ Bu ölçüm için 2.2.4 nolu konu başlığını dikkatlice okuyunuz. Bağlantı şekillerini inceleyiniz.➤ Bu ölçüm için 2.2.5 nolu konu başlığını dikkatlice okuyunuz. Bağlantı şekillerini inceleyiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruların cevaplarını doğru (D) ve yanlış (Y) olarak değerlendiriniz.

1. () Böbrek, bir filtre görevi yaparak kanı kirli ve artık maddelerden temizler.
2. () Kalbin damarların girdiği üst kısmına taban, ventriküllerin (karıncıkların) bulunduğu uç kısmına ise apex denir.
3. () P dalgası olarak isimlendirilen kısım, ventriküllerin kasılması sonucu oluşur.
4. () Kalpte, SA ve AV düğümü hücreleri, endokardiyum kas hücreleri ve asıl kalp kası hücreleri olmak üzere üç çeşit kas hücresi vardır.
5. () Bir ventrikül kası kasılmadan önce 5V membran gerilimine sahiptir.
6. () SA düğümü, kalbin pacemakerı (vuru düzenleyicisi) olarak çalışır.
7. () Ventriküllerin (karıncık) uyarılması purkinje fiberleri ile olur.
8. () Einthoven Üçgeni kan dolaşımı biçimi hakkında bilgi verir.
9. () EKG uygulamalarında referans düzlem olarak "Frontal,, Transverse, ve Sagittal" düzlemleri esas alınır.
10. () Aynı anda sağ kol, sol kol ve sol bacağın her üçüne de elektrot bağlanmasıyla elde edilen, üç eşit direncin birleştiği kesişim noktasına Wilson Noktası denir.
11. () aVL, aVF ve aVR derivasyonları standart göğüs derivasyonlarıdır.
12. () EKG ölçümlerinde hangi derivasyonun ölçüleceği derivasyon seçici devre ile belirlenir.
13. () Bir EKG cihazı, elektrotlar, besleme ünitesi, koruma yalıtma ünitesi, bağlantı (derivasyon) seçme ünitesi, ön yükselteç, güç yükselteci, filtre üniteleri, yazıcı ünitesi, ekran ünitesi gibi ünitelerden oluşur.
14. () Kalbin elektriksel aktivitesi sonucu oluşan iyon akımını elektrik akımına dönüştüren dönüştürücülere derivasyon denir.
15. () EKG düzenlerindeki kuvvetlendiricide CMMR, ortak moddaki işareti reddetme oranıdır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız ve doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevapladığınız konularla ilgili öğrenme faaliyetlerini tekrarlayınız.

KONTROL LİSTESİ

AÇIKLAMA: Bu faaliyeti gerçekleştirirken aşağıdaki kontrol listesini bir arkadaşınızın doldurmasını isteyiniz. Sadece ilgili alanı doldurunuz.
Aşağıda listelenen davranışların her birinin arkadaşınız tarafından yapılıp yapılmadığını gözlemleyiniz. Eğer yapıldıysa evet kutucuğunun hizasına X işareti koyunuz. Yapılmadıysa hayır kutucuğunun hizasına X işareti koyunuz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1	Bir arkadaşınızın kan basıncını ölçerek diğer arkadaşlarınızla sonuçları karşılaştırdınız mı?		
2	Bir arkadaşınızın kalp vuru sayısını (nabız) ölçerek diğer arkadaşlarınızın ölçtüğü sonuçlarla karşılaştırdınız mı?		
3	EKG cihazı ile bir arkadaşınızın üzerinde I, II ve III nolu derivasyon ölçümlerini yaptınız mı?		
4	EKG cihazı ile bir arkadaşınızın üzerinde göğüs derivasyon ölçümlerini yaptınız mı?		
5	EKG cihazı ile bir arkadaşınızın üzerinde kuvvetlendirilmiş derivasyon ölçümlerini yaptınız mı?		
DÜŞÜNCELER			

DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Eksikliklerinizi araştırarak ya da öğretmeninizden yardım alarak tamamlayabilirsiniz. Cevaplarınızın tamamı “Evet” ise bir sonraki faaliyete geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları cevaplayarak bu modülde kazandığınız bilgi ve becerileri ölçünüz. Soruların cevaplarını doğru (D) ve yanlış (Y) olarak değerlendiriniz.

1. () Sağ bacak sürücüsü, CMMR oranını yükseltirken hastanın topraklanarak hayati tehlikeye neden olabilecek akımlardan da korunmasını sağlar.
2. () Termal yazıcı EKG'lerde ısıdan etkilenmeyen kâğıtlar kullanılır.
3. () EKG'ler hem elektrik şebekesiyle hem de dâhili bataryalarıyla çalıştırılabilir.
4. () Li-Ion bataryalar Ni-Cd bataryalardan daha az enerji depolayabilir.
5. () EKG gibi her türlü medikal cihazın, her tamirinden sonra mutlaka kalibrasyon kontrolleri yapılmalıdır.
6. () Bataryalı tip EKG'lerde batarya şarj ünitesi bulunur.
7. () EKG cihazı tamir edilirken batarya ve şebeke gerilimi sürekli mevcut olmalıdır.
8. () Kalbin damarların girdiği üst kısmına taban, ventriküllerin (karıncıkların) bulunduğu uç kısmına ise apex denir.
9. () Bir ventrikül kası kasılmadan önce 5V membran gerilimine sahiptir.
10. () SA düğümü, kalbin pacemakerı (vuru düzenleyicisi) olarak çalışır.
11. () aVL, aVF ve aVR derivasyonları standart göğüs derivasyonlarıdır.
12. () Bir EKG cihazı, elektrotlar, besleme ünitesi, koruma yalıtma ünitesi, bağlantı (derivasyon) seçme ünitesi, ön yükselteç, güç yükselteci, filtre üniteleri, yazıcı ünitesi, ekran ünitesi gibi ünitelerden oluşur.
13. () Kalbin elektriksel aktivitesi sonucu oluşan iyon akımını elektrik akımına dönüştüren dönüştürücülere derivasyon denir.
14. () Einthoven Üçgeni kan dolaşımı biçimi hakkında bilgi verir.
15. () EKG düzenlerindeki kuvvetlendiricide CMMR, ortak moddaki işareti reddetme oranıdır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız ve doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevapladığınız konularla ilgili öğrenme faaliyetlerini tekrarlayınız.

MODÜL DEĞERLENDİRME (PERFORMANS TESTİ)

Modül ile kazandığınız yeterliği aşağıdaki kriterlere göre değerlendiriniz

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Size verilen elektrotun hangi tip elektrot olduğunu söyleyebilecek bilgiye sahip oldunuz mu?		
2. Elektrotların çalışma prensiplerini kavradınız mı?		
3. Herhangi bir biyomedikal sinyal ölçme cihazı ile ölçüm yapmayı öğrendiniz mi?		
4. Hangi tip elektrotun hangi uygulamalarda kullanılacağını öğrendiniz mi?		
5. Klips, emici, strap ve yapışkan tip elektrotların hastaya bağlantı şekillerini öğrendiniz mi?		
6. Elektrot jelleme ve jelli elektrotu silme işlemlerini kavrayarak uygulamasını yaptınız mı?		
7. Herhangi bir sinyal izleme cihazı simülatörü ile o simülatöre ait cihazı test ettiniz mi?		
8. Elektrotların hatalı ve hatasız bağlantı tiplerini öğrendiniz mi?		
9. Elektrotlarda parazite (gürültü) neden olan faktörleri ve önleme yöntemlerini öğrendiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Teorik bilgilerle ilgili soruları doğru olarak cevapladıktan sonra, yeterlik testi sonucunda, tüm sorulara “Evet” cevabı verdiyseniz bir sonraki modüle geçiniz. Eğer bazı sorulara “Hayır” şeklinde cevap verdiyseniz eksiklerinizle ilgili bölümleri tekrar ederek yeterlik testini yeniden yapınız.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1 CEVAP ANAHTARI

1	D
2	Y
3	D
4	D
5	Y
6	D
7	Y
8	D
9	Y
10	D

ÖĞRENME FAALİYETİ-2 CEVAP ANAHTARI

1	D
2	D
3	Y
4	D
5	Y
6	D
7	D
8	Y
9	D
10	D
11	Y
12	D
13	D
14	Y
15	D

MODÜL DEĞERLENDİRME OBJEKTİF TEST CEVAP ANAHTARI

1	D
2	Y
3	D
4	Y
5	D
6	D
7	Y
8	D
9	Y
10	D
11	Y
12-	D
13-	Y
14-	Y
15	D

Cevaplarınızı cevap anahtarları ile karşılaştırarak kendinizi değerlendiriniz.

KAYNAKÇA

- **GUYTON**, Arthur. C-John E. Hall, **Medical Physiology**, , Philadelphia, 2001
- **KORÜREK**, Mehmet. **Tıp Elektronikinde Tasarım İlkeleri, İstanbul**, 1996
- **YAZGAN**, Ertuğrul. Mehmet KORÜREK, **Tıp Elektronik**, İstanbul, 1996
- <http://www.anatomiturk.com/>(Erişim tarihi Ekim 2006)
- <http://us.fluke.com/usen/support/manuals/default.htm> (Erişim tarihi Ekim 2006)
- <http://forums.studentdoctor.net/links/browselinks.php?c=44> (Erişim tarihi Ekim 2006)
- http://www.wapa.org/clinical_res.htm (Erişim tarihi Ekim 2006)
- <http://www.discovercircuits.com/> (Erişim tarihi Ekim 2006)
- <http://www.corscience.de/en-12-lead-ecg.html> (Erişim tarihi Ekim 2006)
- <http://www.unchealthcare.org/site/Nursing/nurspractice/othermanuals/zolldocumentation/9650-0215-01%20Rev.%20H.pdf#search=%22ecg%20error%20message%22> (Erişim tarihi Ekim 2006)
- <http://www.analog.com/library/analogDialogue/archives/37-11/ecg.html> (Erişim tarihi Ekim 2006)
- <http://focus.ti.com/docs/solution/folders/print/272.html> (Erişim tarihi Ekim 2006)
- http://www.fenbilgini.com/ikinci_sayfa/index.php?PHPSESSID=d7cb2ab2cbab429356d196cae8fd0e50 (Erişim tarihi Ekim 2006)
- <http://mmorkoyun.sitemynet.com/Dersler/tasima.htm> (Erişim tarihi Ekim 2006)
- http://www.muhammedhasenoglu.org/vucudumuz_taniyalim_kalp.html (Erişim tarihi Ekim 2006)
- http://www.bayindirhastanesi.com.tr/bolum22_1.asp (Erişim tarihi Ekim 2006)
- http://people.hofstra.edu/faculty/sina_y_rabbany/engg81/cardioslide04.html (Erişim tarihi Ekim 2006)
- <http://www.engineering.uiowa.edu/~circuitb/Misc/Safety1.html> (Erişim tarihi Ekim 2006)
- http://www.medspain.com/curso_ekg/leccion06.htm (Erişim tarihi Ekim 2006)
- <http://www.neurop.ruhr-uni-bochum.de/Praktikum/anleit2/index.html> (Erişim tarihi Ekim 2006)
- <http://formica.nusseis.de/EKG/index.html> (Erişim tarihi Ekim 2006)
- <http://www.picotech.com/applications/ecg.html> (Erişim tarihi Ekim 2006)
- <http://noodle.med.yale.edu/~staib/bme355/ecg/prep.htm> (Erişim tarihi Ekim 2006)

- <http://www.localport.it/constantia/home/risultato.asp?e=20&c=179> (Erişim tarihi Ekim 2006)
- <http://medlib.med.utah.edu/kw/ecg/> (Erişim tarihi Ekim 2006)
- http://faculty.plattsburgh.edu/david.curry/NUR464/Links_Fall_2004.htm (Erişim tarihi Ekim 2006)
- http://training.seer.cancer.gov/module_anatomy/unit8_2_lymph_compo.html (Erişim tarihi Ekim 2006)
- <http://hon.nucleusinc.com/generateexhibit.php?ID=2652> (Erişim tarihi Ekim 2006)
- <http://www.biologydaily.com/biology/Electrocardiogram> (Erişim tarihi Ekim 2006)
- <http://www.univie.ac.at/cga/courses/BE513/EKG/Default.htm> (Erişim tarihi Ekim 2006)
- <http://www.akdeniz.edu.tr/tip/fizyoloji/d2/ekg3.htm> (Erişim tarihi Ekim 2006)
- http://www.analog.com/Analog_Root/static/solutionsBulletins/medical2-06/medical3.html (Erişim tarihi Ekim 2006)
- <http://www.elpac.com/products/commercial/index.html> (Erişim tarihi Ekim 2006)
- <http://www.amondotech.com/browseproducts/NiCd-Rechargeable-Battery-7.2V-1800-for-RC-RC-10-Car--Truck--Airplane--and-Boat.html> (Erişim tarihi Ekim 2006)
- http://www.aspilsan.com.tr/Turk_urun/urunler.html (Erişim tarihi Ekim 2006)