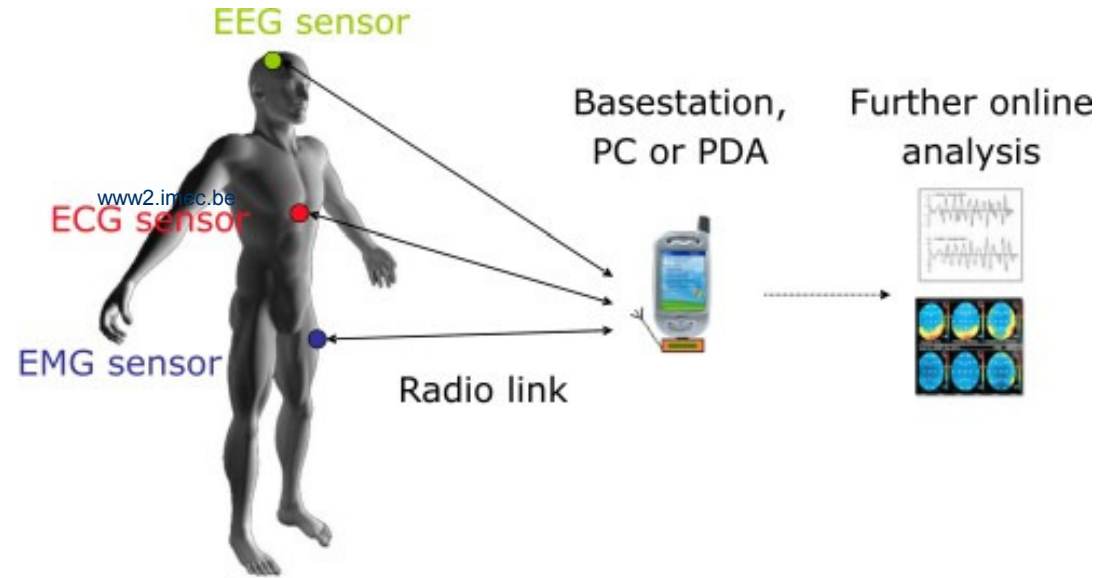


# Biyolojik İşaretler ve Dönüştürücüler



**Y. Müh. Zafer İŞCAN**

**Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü**

**Tıbbi Enstrumantasyon Tasarım & Uygulamaları**

**(15.02.2012)**



# Sunum Planı

## Biyolojik İşaretler

EKG, EMG, EEG, MEG...

- **Biyopotansiyel Kuvvetlendiriciler**

Evirici, İzleyici, Aralık Karşılaştırıcı, Fark Kuvvetlendirici,  
**Enstrumantasyon Kuvvetlendiricisi**

- **Dönüştürücüler**

Rezistif, Kapasitif, Endüktif...

- **Elektriksel Güvenlik**



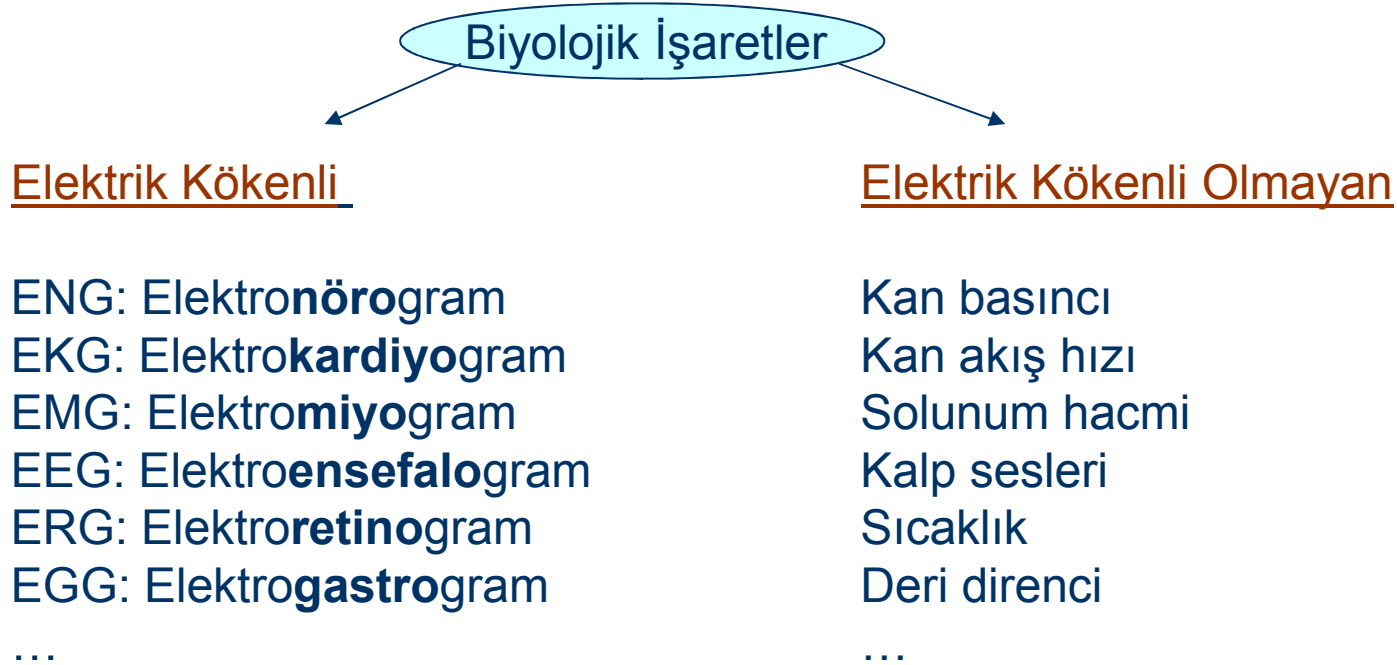
- **Tartışma**

Konuyla ilgili Sorular ve Türkiye'de Biyomedikal...

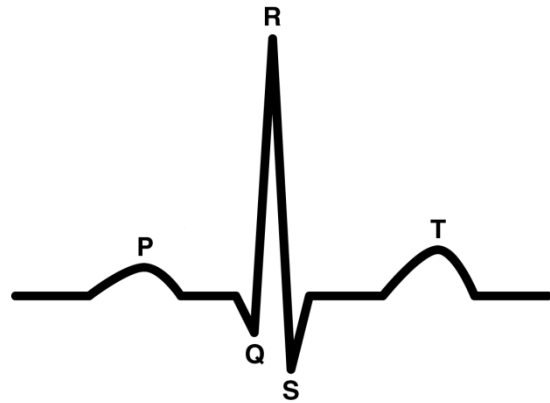


# Biyolojik İşaretler

Canlı vücudundan dönüştürücüler aracılığıyla algılanan işaretlerdir.

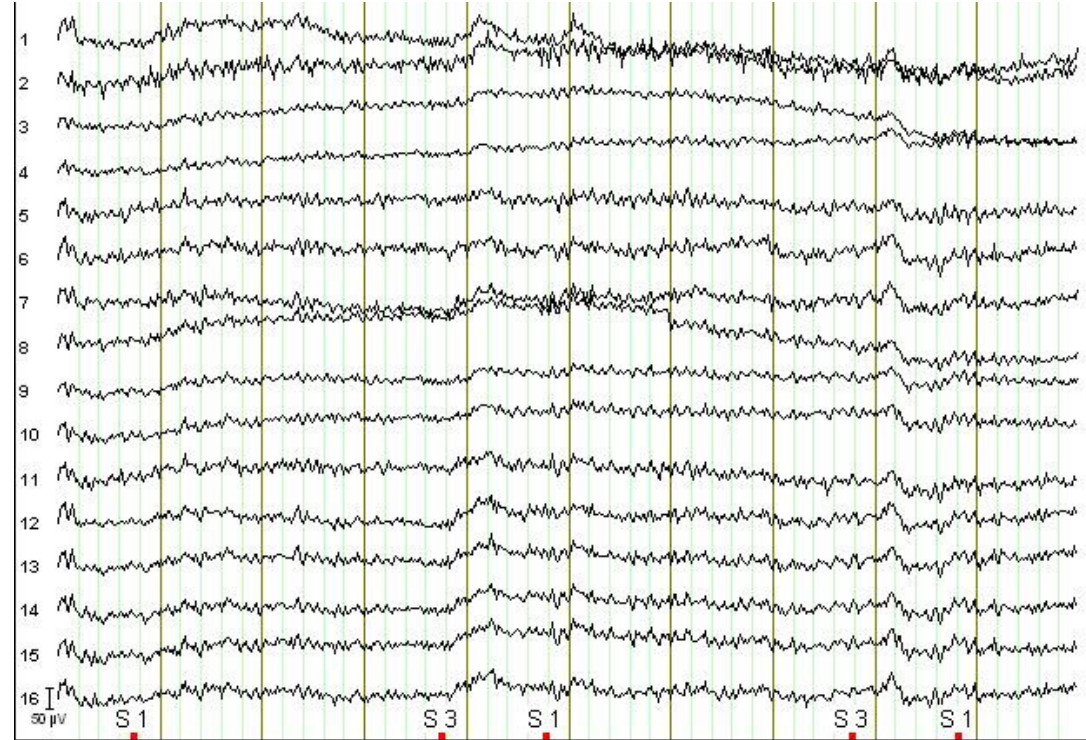


# Biyolojik İşaretler



Agarçılar by Wikipedia - Public Domain

EKG



EEG



# Biyolojik İşaretler

## Elektrik kökenli biyolojik işaretlerin özellikleri:

Özellik	İhtiyaç
Elektrotlar aracılığıyla canlı vücudundan algılanırlar	Yalıtım
Genlikleri küçük: (1 $\mu$ V - 1 mV)	Yüksek Kazançlı Kuvvetlendirici
Fark işareti şeklinde bulunurlar	Fark Kuvvetlendiricisi
Spektrumları alçak frekanslar bölgesindedir (0,1 Hz – 2 kHz)	Alçak Geçiren Süzgeç
Gürültülü işaretlerdir: (50 Hz'lik şebeke gürültüleri, diğer biyolojik işaret kaynakları)	Filtreleme



# Biyopotansiyel Kuvvetlendiriciler

## Biyopotansiyel Kuvvetlendiricilerin Gereksinimleri

- Giriş empedansı yüksek (  $\sim M\Omega$  )
- Girişlerde akımı sınırlamak için izolasyon ve koruma devreleri
- Düşük çıkış empedansı
- İlgilenilen band genişliğinde yüksek kazanç ( $\sim 1,000 - 10,000$ )
- Ortak İşareti Bastırma Oranı (CMRR) yüksek ( $\sim 100$  dB)
- Kalibrasyon için ayarlanabilir, bilinen bir kazanç

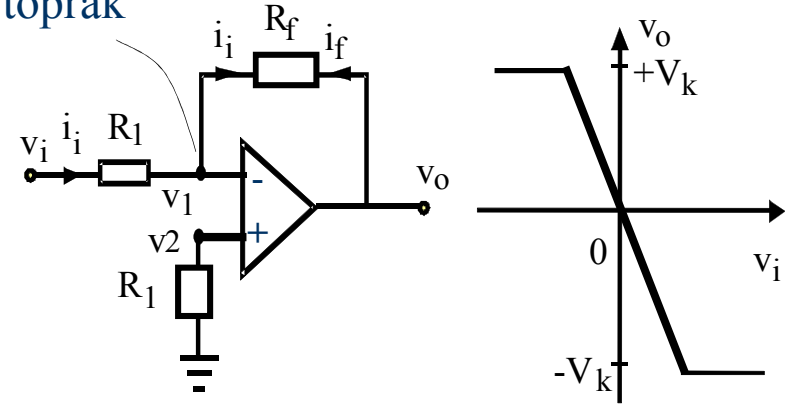
# Biyopotansiyel Kuvvetlendiriciler

## Evirici (Negatif Kazançlı Kuvvetlendirici)

$$\text{Kazanç: } \frac{v_o}{R_f} = -\frac{v_i}{R_1} \rightarrow v_o = -\frac{R_f}{R_1} v_i$$

Isıl kararlılık açısından '+' girişine seri  $R_1$  direnci konur. Bu direnç, '-' girişindeki direnç kadar olmalıdır.

Görünürde toprak

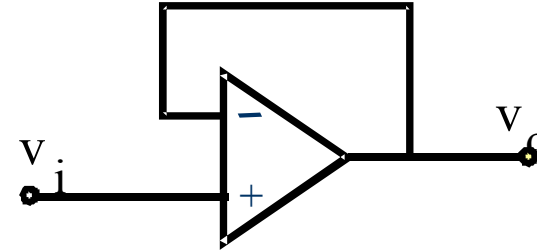


Evirici ve giriş-çıkış özegrisi

# Biyopotansiyel Kuvvetlendiriciler

## İzleyici (Tampon kuvvetlendirici )

- Daha çok giriş katlarında, empedans dönüştürücüsü olarak kullanılır.
- **Giriş empedansı çok büyük,** Çıkış empedansı ise küçüktür.



$$v_o = v_i$$



# Biyopotansiyel Kuvvetlendiriciler

## Fark kuvvetlendiricisi

$$v_{g2} = v_2 \frac{R_4}{R_3 + R_4}$$

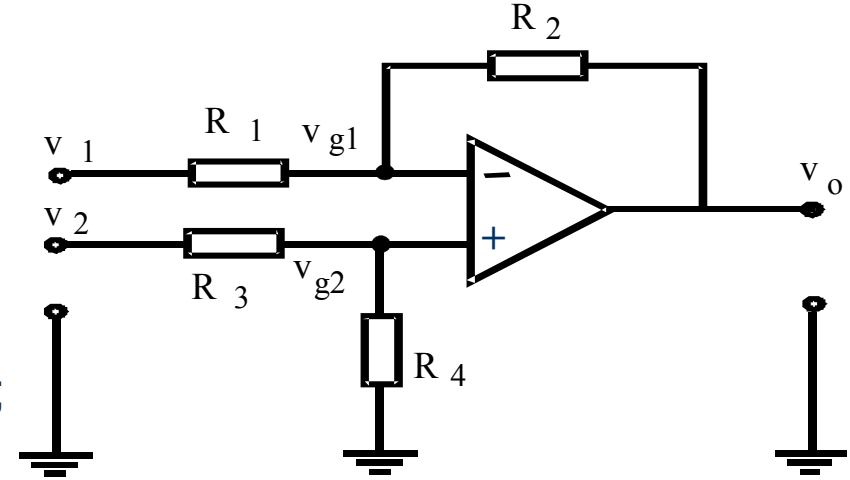
$$v_{g1} = v_o + R_2 \frac{v_1 - v_o}{R_1 + R_2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_1 + \frac{R_1}{R_1 + R_2} v_o$$

- $v_{g1} = v_{g2}$  olduğuna göre, çıkış gerilimi;

$$v_o = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \left\{ \frac{R_4}{R_3 + R_4} v_2 - \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_1 \right\}$$

- $R_1 = R_3$  ve  $R_2 = R_4$  iken,

$$v_o = \frac{R_4}{R_3} (v_2 - v_1) \rightarrow \text{Fark kazancı (Kf)}$$



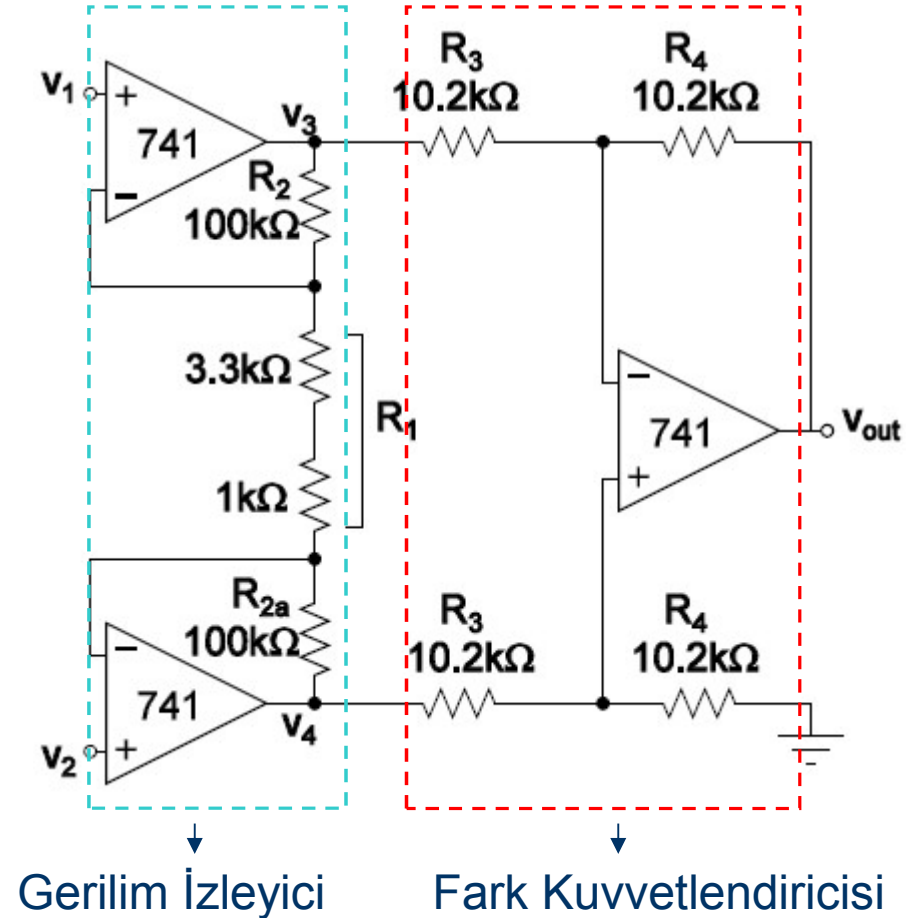
- $v_2 = v_1$  iken  $v_o = 0$   
Ortak mod kazancı ( $K_{om} = 0$ )
- $CMRR = \infty$  ( $K_f / K_{om}$ )
- Giriş empedansı küçük



# Biyopotansiyel Kuvvetlendiriciler

## Enstrumantasyon Kuvvetlendiricisi

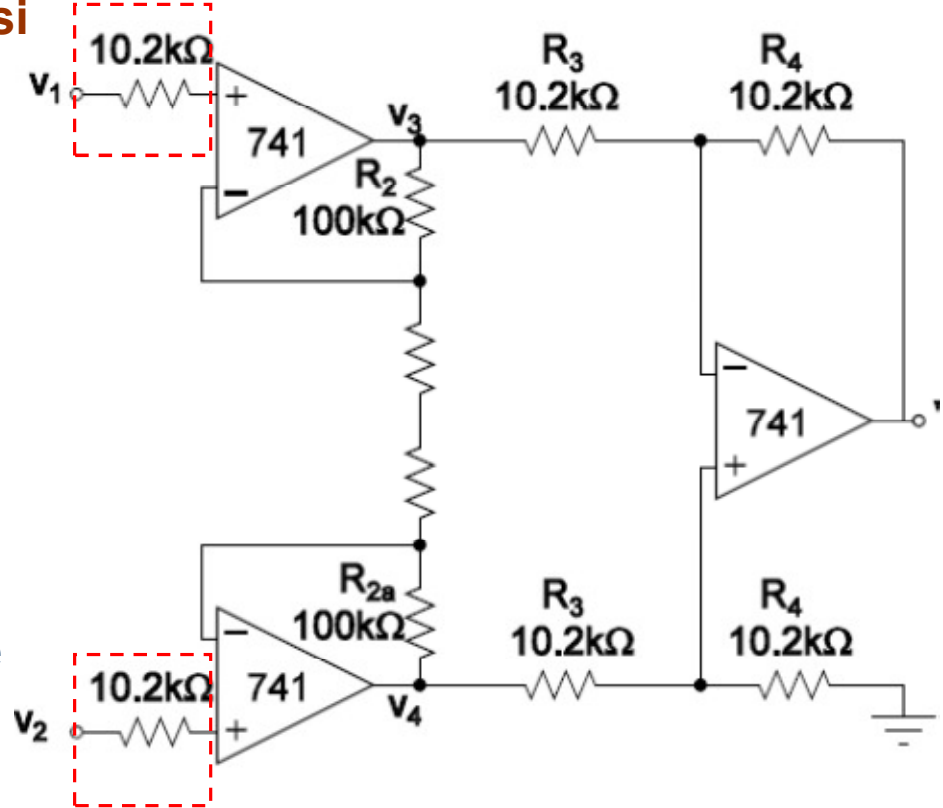
- Giriş empedansı yüksek ✓
- Düşük çıkış empedansı ✓
- Çok kararlı yüksek kazanç ✓
- CMRR'si yüksek fark kuvvetlendirme ✓
- Kalibrasyon için ayarlanabilir, bilinen bir kazanç ✓
- Girişlerde akımı sınırlamak için izolasyon ve koruma devreleri ✗



# Biyopotansiyel Kuvvetlendiriciler

## Enstrumantasyon Kuvvetlendiricisi

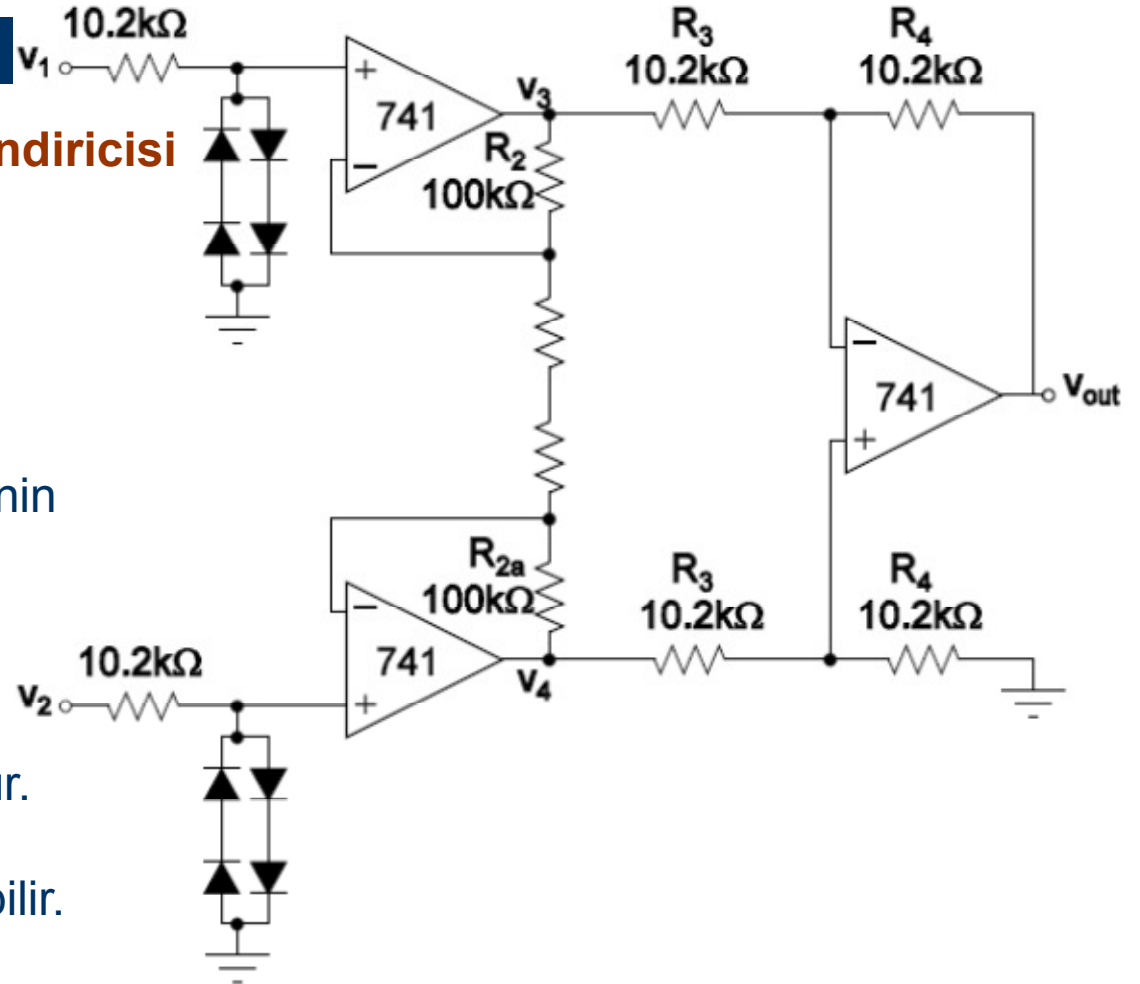
- Girişlerdeki dirençler defibrilatör veya statik şoklardan ileri gelen enerjiyi dağıtır.
- Giriş empedansı yüksek ( $\sim 1\text{G}\Omega$ ).
- Dirençler, enerjiyi dağıtabilecek kadar büyük, cihazın giriş direncine etki etmeyecek kadar küçük olmalı



# Biyopotansiyel Kuvvetlendiriciler

## Enstrumantasyon Kuvvetlendiricisi

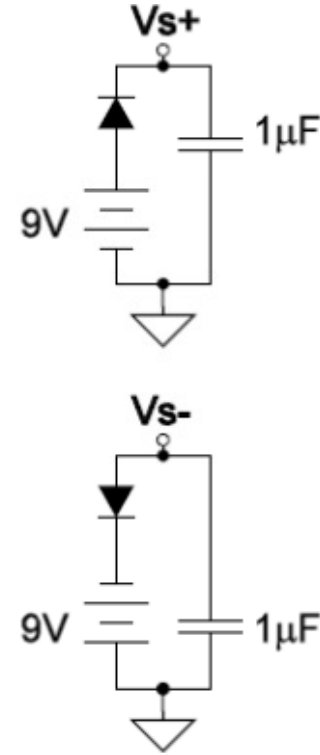
- Giriş gerilimleri, girişe diyod konularak sınırlandırılabilir.
- Bu teknikte giriş gerilimleri, diyotların çalışma gerilimlerinin 2 katıdır (  $\sim 1.4V$  )
- Ters kutuplanmış diyodlar, negatif gerilimlere karşı korur.
- Zener diyodları da kullanılabilir.



# Biyopotansiyel Kuvvetlendiriciler

## Enstrumantasyon Kuvvetlendiricisi

- Hastanın izolasyonu için kuvvetlendirici pille beslenebilir.
- Piller ortak uca bağlanmaktadır. (Toprağa değil!)
- Diyod, ters kutuplama geriliminden korumak için konmuştur.
- Kapasite, kuvvetlendiricideki ani gerilim yükselmelerinden korumaktadır.

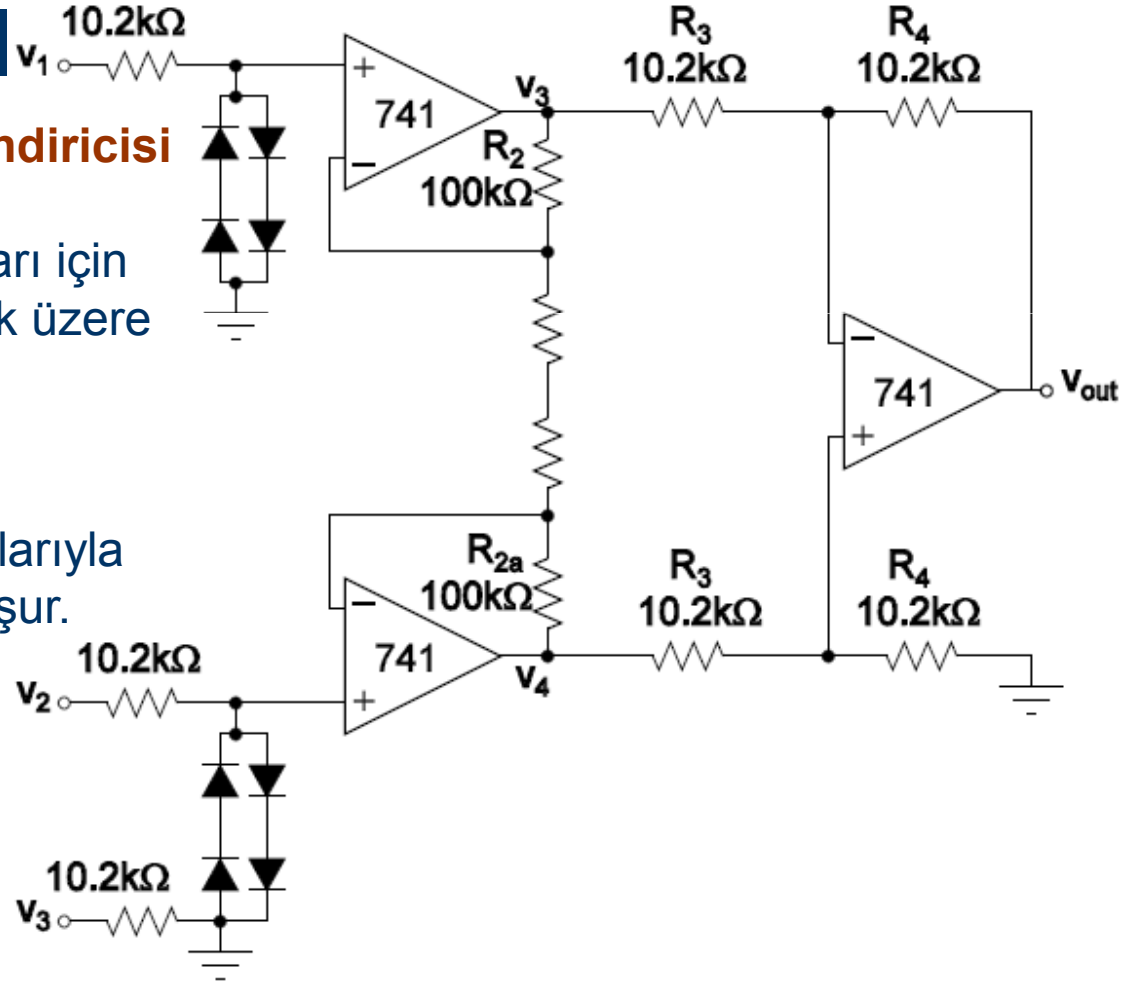




# Biyopotansiyel Kuvvetlendiriciler

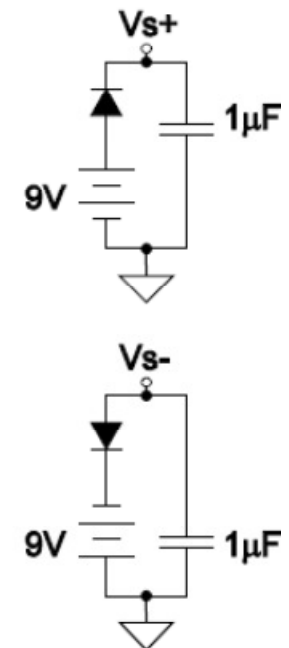
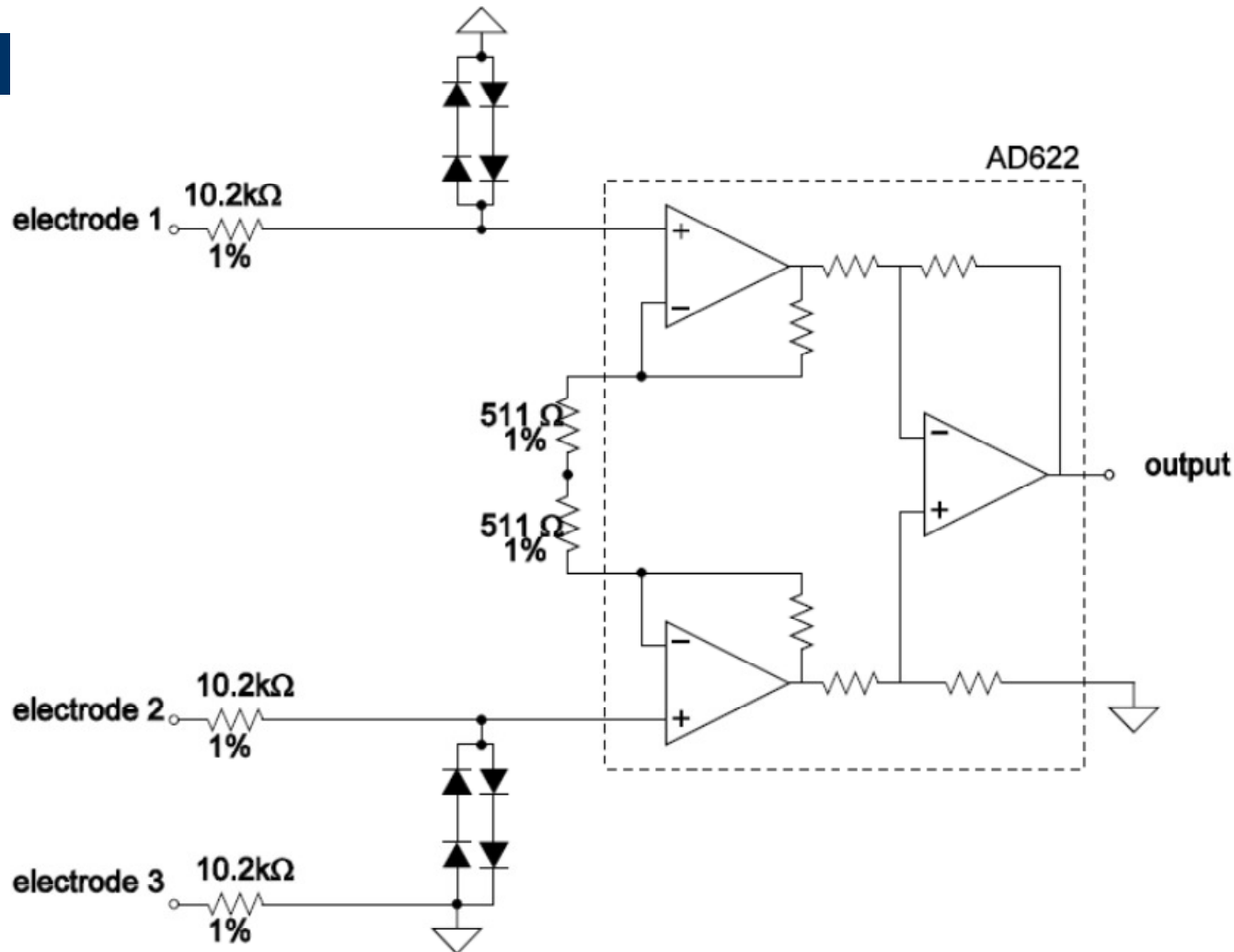
## Enstrumantasyon Kuvvetlendiricisi

- 3. elektrot deplasman akımları için düşük direnç yolu oluşturmak üzere topraklanmıştır.
- Deplasman akımları güç hatlarıyla kapasitif kuplaj nedeniyle oluşur.
- Topraklı elektrot olmadan id akımı daha büyük ortak mod işareti oluşturacaktır.





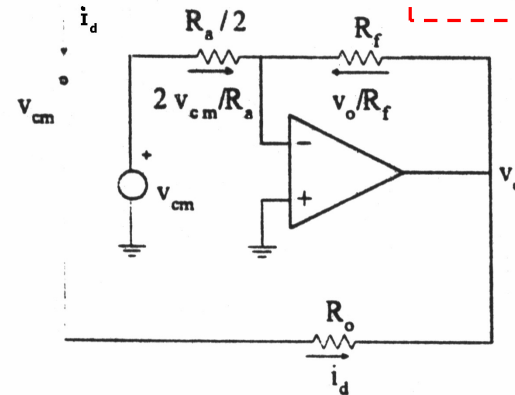
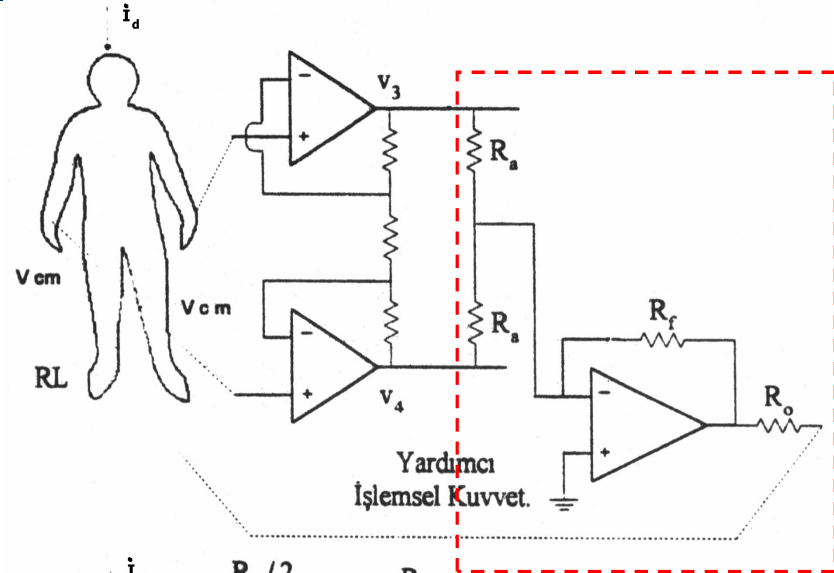
# Biyopotansiyel Kuvvetlendiriciler



# Biyopotansiyel Kuvvetlendiriciler

## Sağ Bacak Sürücüsü

- “Sağ Bacak Sürücüsü” sistemi, ortak mod işaretini daha da azaltmak için kullanılır.
- Bu gerilim, ters fazda kuvvetlendirilip Vücuda geri verilmektedir.
- En çok EKG ölçümlerinde kullanılır.



Sağ Bacak Sürücüsü Eşdeğer Devresi

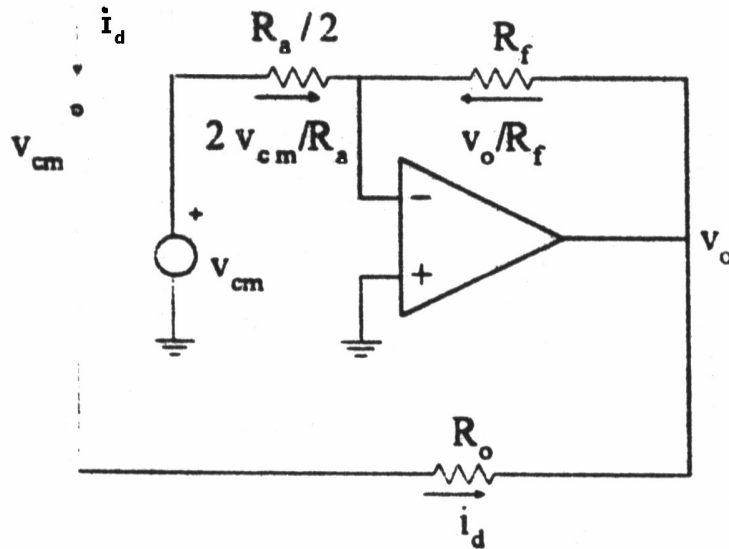




# Biyopotansiyel Kuvvetlendiriciler

## Sağ Bacak Sürücüsü

- Ortak Mod gerilimini ( $V_{cm}$ ) bulmak için Sağ Bacak Sürücüsü eşdeğer devresi kullanılabilir.
- Deplasman akımı:  $i_d = 0.2 \mu A$ ,  $R_a = 25k\Omega$ ,  $R_f = R_o = 5M\Omega$  olsun.



$$\frac{2v_{cm}}{R_a} + \frac{v_o}{R_f} = 0$$

$$v_o = -\frac{2R_f}{R_a}v_{cm}$$

$$v_{cm} = R_o i_d + v_o$$

$$V_{cm} = i_d \frac{R_o}{1 + 2\frac{R_f}{R_a}}$$

$$V_{cm} = 2.5 \text{ mV}$$

# Biyopotansiyel Kuvvetlendiriciler

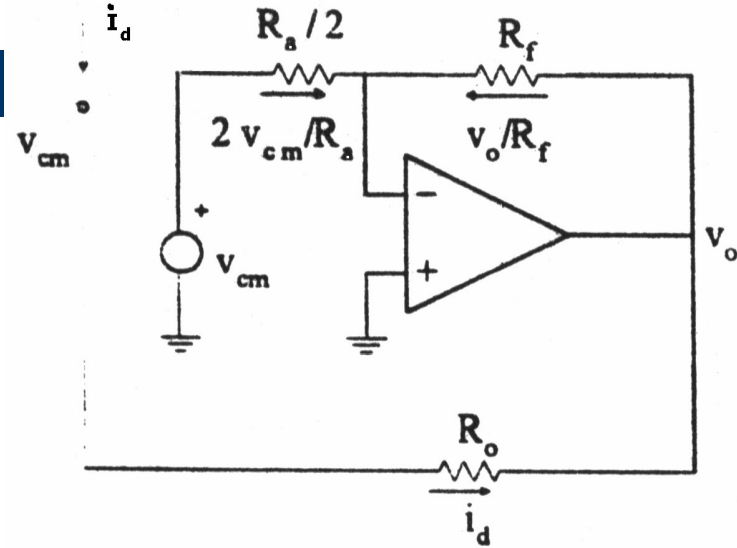
## Sağ Bacak Sürücüsü

- Büyük bir geçici  $V_{cm}$  oluştuğunda, kuvvetlendirici doymaya girecektir.

$V_o =$  Doyma gerilimi

$R_f$  ve  $R_o$  paralel olarak hastaya gelen akımı sınırlandırmaktadır. Bu yüzden büyük seçilmeleri gerekir.

Aksi takdirde, toprağa giden direnç:  $\longrightarrow R_{eff} = \frac{R_o}{1 + 2 \frac{R_f}{R_a}}$



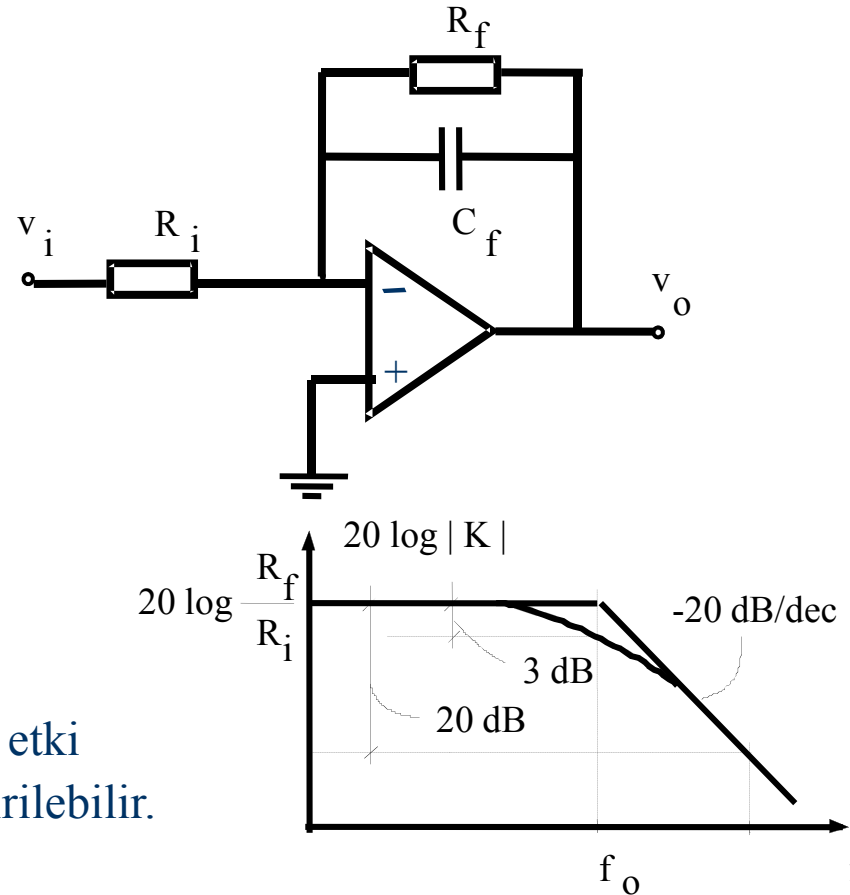
# Biyopotansiyel Kuvvetlendiriciler

## Alçak Geçiren Süzgeç

$$K(j\omega) = -\frac{R_f}{R_i} \frac{1}{1 + j\omega \cdot C_f R_f}$$
$$= -\frac{R_f}{R_i} \frac{1}{1 + j\omega\tau}$$

$$\tau = R_f \cdot C_f$$

- ◆  $C_f$  değiştirilerek DA kazancına etki etmeden kesim frekansı değiştirilebilir.

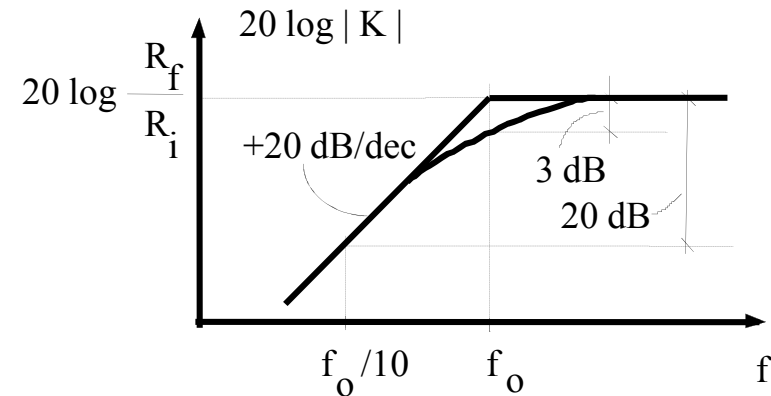
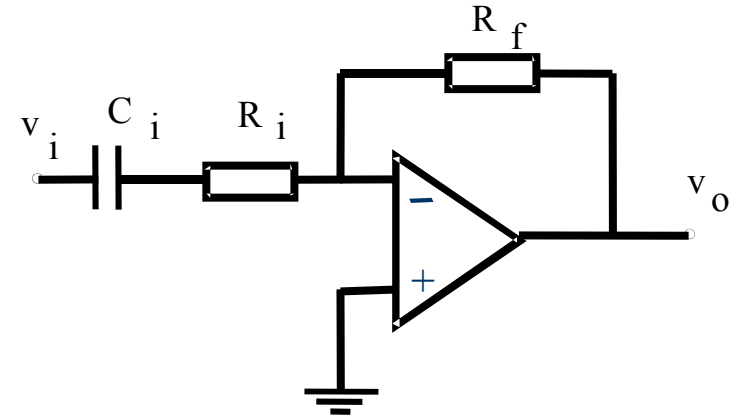


# Biyopotansiyel Kuvvetlendiriciler

## Yüksek Geçiren Süzgeç

$$K(j\omega) = -\frac{R_f}{R_i} \frac{j\omega\tau}{1+j\omega\tau}$$

$$\tau = R_i \cdot C_i$$





# Dönüştürücüler

**Dönüştürücü:** Ölçülen büyüklüğü algılayan ve enerjiyi bir biçimden başka bir biçime dönüştüren elemandır.

**Elektrodlar:** Kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürürler.

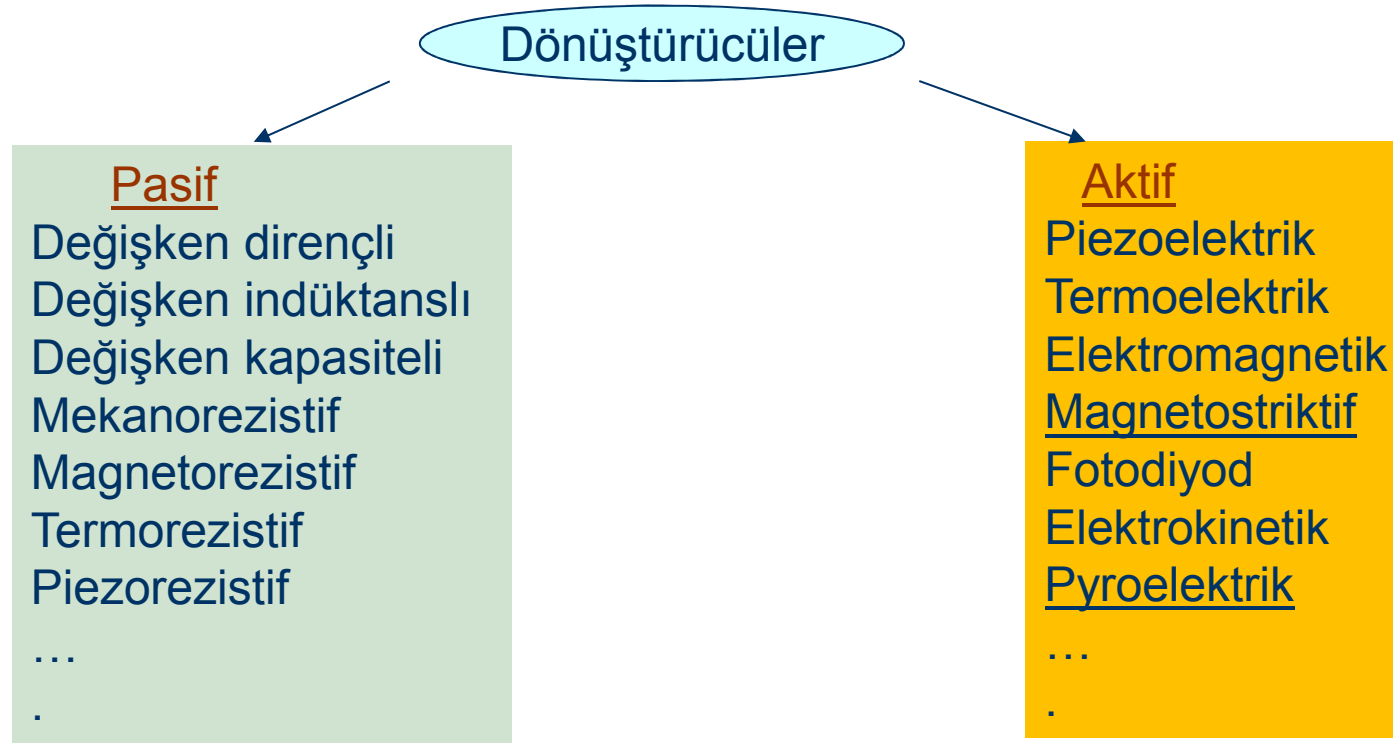
---

**Pasif Dönüştürücü:** Uyarının direnç, kapasite ya da endüktans gibi elektriksel özellikleri değiştirdiği dönüştürücülerdir.

**Aktif Dönüştürücü:** Dönüştürücü, bir uyarın neticesinde doğrudan elektrik akımı ya da gerilimi üretir.



# Dönüştürücüler



# Dönüştürücüler

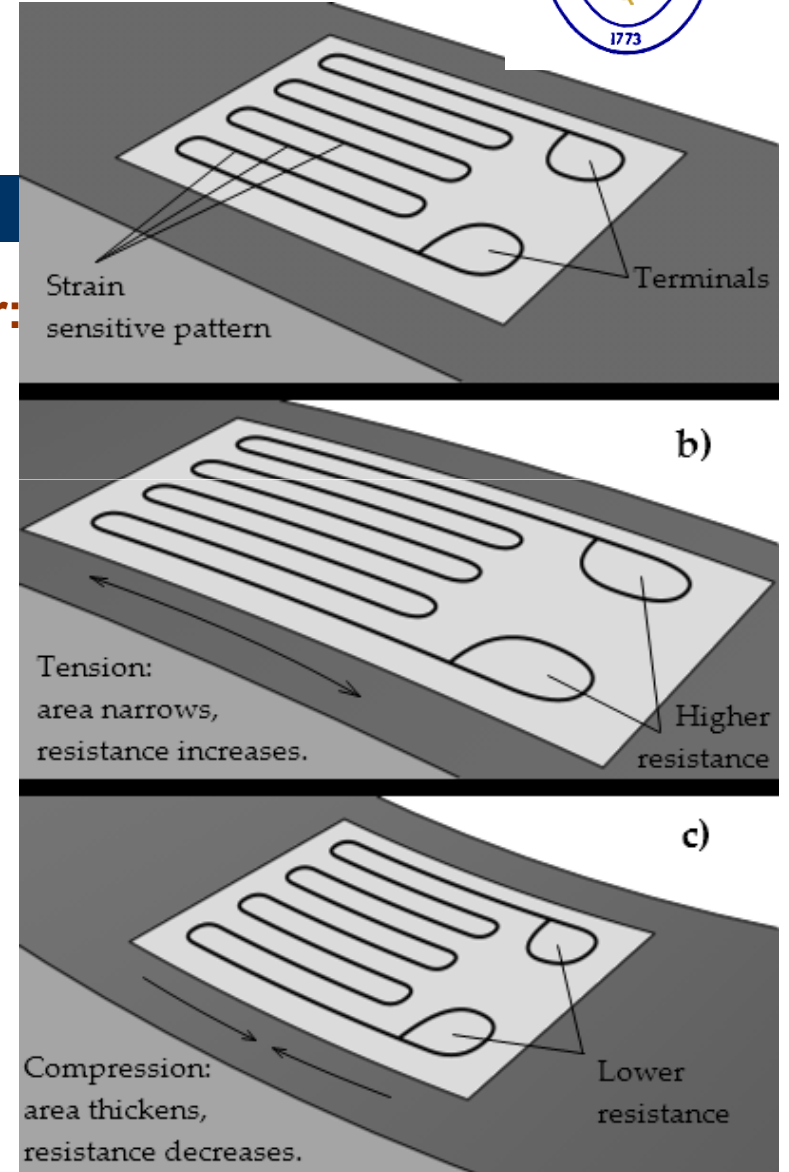
## Değişken dirençli(rezistif) dönüştürücüler:

Fizyolojik büyüklük olarak

- yer değiştirme,
- hareket ve
- kuvveti direnç değişimi yoluyla elektrik enerjisine dönüştürürler.

- Soluk hızı ölçerler,
- Karbon mikrofonlar (kalp sesleri için),
- Nem ölçerler,
- Hacim (göğüs hacmi değişikliği) ölçerler
- Bolometreler bu tip dönüştürücü kullanırlar.

Ör) Potansiyometreler, gerinim ölçerler.





# Dönüştürücüler

## Sıcaklık dönüştürücüleri:

Pasif (termorezistif) veya aktif (termoelektrik) tipleri vardır.

## Değişken indüktanslı (indüktif) dönüştürücüler:

- Pasif tiptendir. Tek bobinli ve çok bobinli olanları vardır.
- Fizyolojik büyüklük olarak yerdeğiştirme, basınç, kuvvet ve ivmeyi indüktans değişimi yoluyla elektrik enerjisine dönüştürürler.

## Değişken kapasiteli (kapasitif) dönüştürücüler:

- Pasif tiptendir.
- Fizyolojik büyüklük olarak yerdeğiştirme, basınç, kuvvet ve ses titreşimlerini kapasite değişimi yoluyla elektrik enerjisine dönüştürürler.





# Dönüştürücüler

## **Piezoelektrik dönüştürücüler:**

Mekanik uyarı karşısında doğrudan elektrik çıkışı veren dönüştürücüdür.

### Kullanılma yerleri:

- Kalp sesi ölçümleri için mikrofonlar,
- Titreşim ölçerler için ivme algılayıcıları,
- Kan akış hızı ölçümleri için ultrasonik hız ölçerler,
- Ultrasonik görüntüleme, cerrahi, diyatermi (doku ısıtıcı) cihazları,
- Piezoelektrik kalbe destek cihazlar,
- Sterilizatör (temizleyici) cihazları,
- Fizik tedavi cihazları...



# Dönüştürücüler

## **Elektromanyetik dönüştürücüler:**

“Manyetik alanı kesen hareketli bir iletkende gerilim endüklenir”  
(Faraday Yasası)

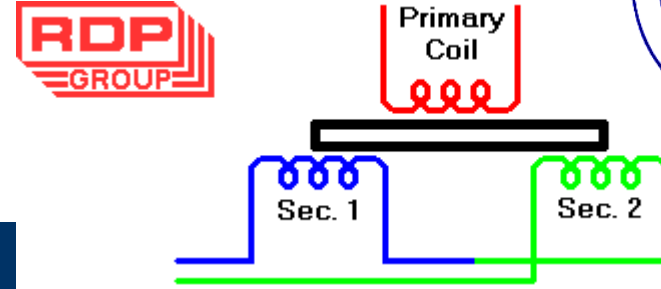
- Hareketi gerilime veya gerilimi harekete dönüştürür.
- Ortamda manyetik alan oluşturmak amacıyla elektriksel olarak beslenmeleri gereken pasif dönüştürücülerdir.

## **Kullanım alanları:**

- Kan akış hızı ve soluk hızı ölçmeleri,
- Göğüs mikrofonları olarak,
- Balistokardiyograf cihazları için



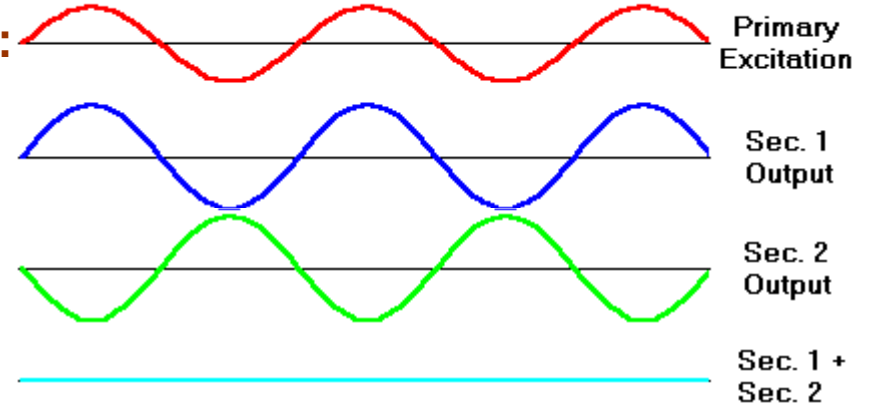
# Dönüştürücüler



## Değişken indüktanslı dönüştürücüler:

Fizyolojik büyüklük olarak yerdeğiştirme, basınç, kuvvet ve ivmeyi indüktans değişimi yoluyla elektrik enerjisine dönüştürürler.

- Tek bobinli
- Çok bobinli

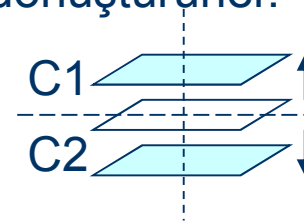


LVDT

## Değişken kapasiteli (kapasitif) dönüştürücüler:

Fizyolojik büyüklük olarak yerdeğiştirme, basınç, kuvvet ve ses titreşimlerini kapasite değişimi yoluyla elektrik enerjisine dönüştürürler.

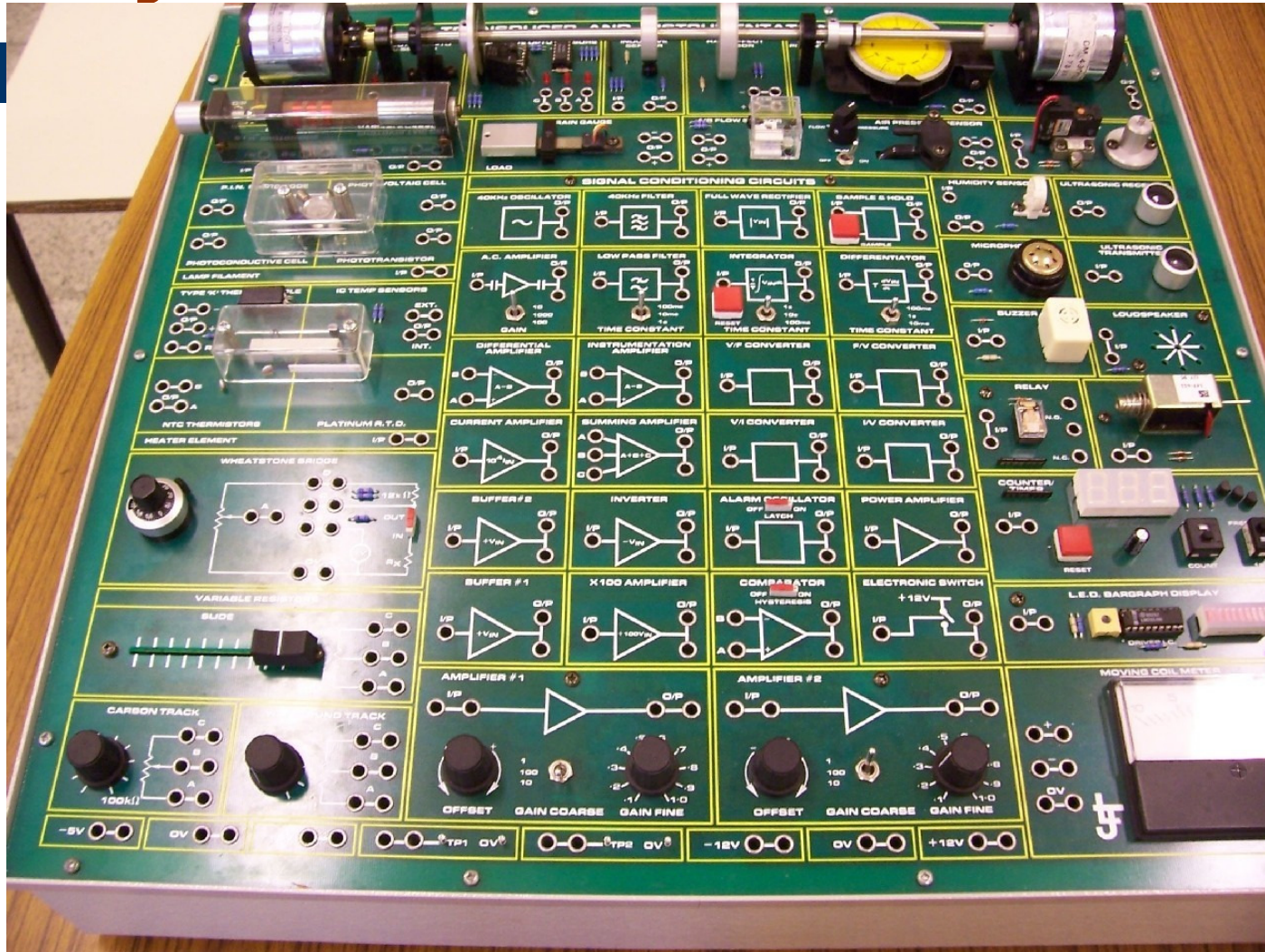
- İki plakalı
- İki kenden fazla plakalı



$$C_{1,2} = \frac{\epsilon A}{d \pm x}$$

# Dönüştürücüler

DIGIAC 1750



# Elektriksel Güvenlik!

- Elektrik akımı insan vücudunda ciddi yaralanmalara ve ölümlere yol açabilir.

- Yaralanmanın şiddeti, akan akımın;

- şiddetine,

- frekansına,

- insan vücudu boyunca aldığı yola ve

- akımın şekline ( - , ~ ) bağlıdır.





# Elektriksel Güvenlik!

Akım şiddeti (mA)	Etki
0 - 0.5	Vücut akımı algılayamaz
0.5 – 10	Önemsiz gıdıklanmalar hissedilebilir.
10 – 100	Akımın geçtiği bölgede kas kasılmaları oluşur. Solunum problemleri ortaya çıkabilir. Eller bir şeyleri bırakma yeteneğini kaybeder Sağlıklı durumda, bu akım hâlâ zararsızdır
100 – 200	Akan akımın süresi önemlidir. Akım yeteri kadar çabuk kesilirse, sağlık üzerinde herhangi bir etkisi olmaz.
200 – 500	Fibrilasyon, kalp durma...vb. olasılıklarında artış
> 500 mA	Vücut kimyasal etkilerle zehirlenir. (Ölüm birkaç gün sonra bile gerçekleşebilir).



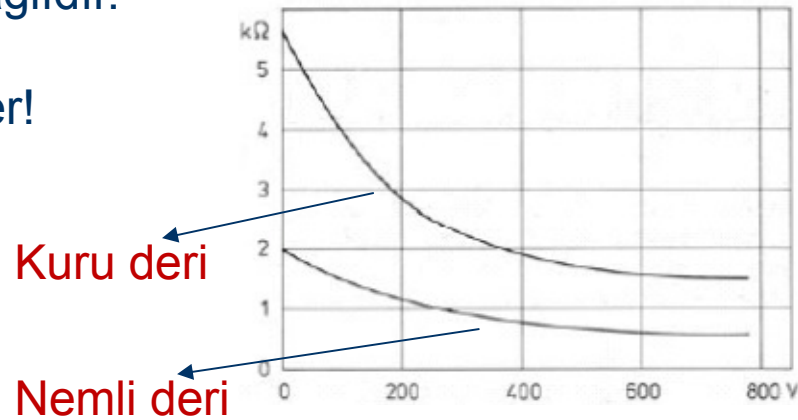
# Elektriksel Güvenlik!

- Genelde Doğru Akım daha az tehlikelidir, ancak tanımlanan tüm etkileri daha yüksek değerlerde gösterir.
- Pratikte maksimum zararsız dokunma gerilimini bilmek gereklidir. Bu gerilim için kesin bir değer yoktur: (R(insan): 600 - 6000 $\Omega$ )
- Vücut direnci, derinin nemine bağlıdır.
- Gerilim yükseldikçe, direnç düşer!

Alman standartlarında;

<120V (-)

< 50V (~) zararsız





# Elektriksel Güvenlik!

## Yarıiletken elemanların tutulması:

- Hassas elektronik devreler ve elemanlara özenle dokunulmalıdır.
- Uygun şekilde tutulmayan elektronik bileşene zarar verilebilir.

## Devrenin arızalanma nedenleri:

- Aşırı (devrenin güvenli çalışma sınırları dışında) akım geçmesi
- Aşırı ısınma
- Ters kutuplama
- ESD (Elektrostatik boşalma)



# Elektriksel Güvenlik!

## ESD (Elektrostatik Boşalma):

- ESD, yükün elektriksel nötrlüğü sağlamak üzere bir nesneden diğerine hızlı transferi neticesinde oluşur.
- Elektrostatik yüklenme en yaygın olarak, elektriksel olarak yalıtılan iki maddenin birbirine temas edip ayrılması neticesinde oluşur.
- Yükün cinsi (+ / -) ve miktarı bu işlemde yer alan maddelere bağlıdır.

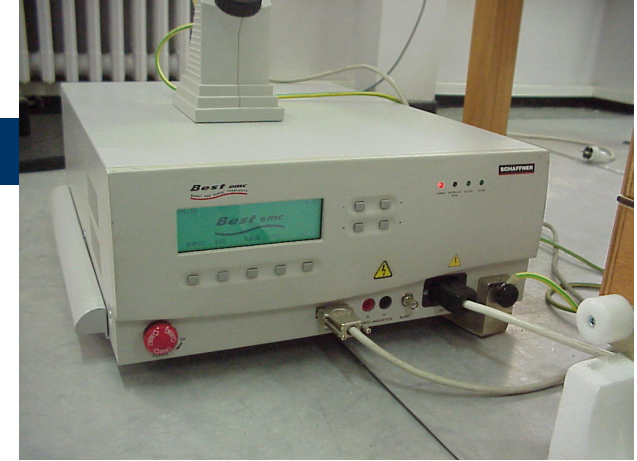
### Bazı statik elektrik kaynakları:

- Plastik torbalar, Paket bantları
- Plastik malzemeler, Strafor parçaları



# Elektriksel Güvenlik!

İmes'te Kema Esim Vakfı EMC (Electro Magnetic Compatibility) Lab.'da yapılan ESD Testi (2001)



+4kV, -4kV, +8kV, -8kV'luk darbeleri üreten bir cihaz.

→ Cihazın rastgele seçilen metal kısımlarına +4kV & -4kV, plastik kısımlarına ise +8kV & -8kV'luk darbeler uygulanmaktadır.



# Elektriksel Güvenlik!

## ESD Kontrolü

**Topraklama:** Kişisel topraklama cihazı ya da bilek kayışı kullanarak statik yüklerin boşaltılmasıdır.

**İzolasyon:** Depolama ya da taşıma esnasında elemanların paketlenmesi.

## Tedbirler:

- Ortamı temiz ve gereksiz eşyalardan (özellikle plastiklerden) uzak tutmak,
- ESD duyarlı elemanları, aktif olarak kullanılmadıkları zamanlarda, ESD-koruyucu muhafazalarında tutulmalıdır.
- Yarıiletken malzemeler (diyot, transistör, entegre devreler) gibi ESD duyarlı elemanlar, elbise üzerinde tutulmamalıdır.
- Duyarlı elemanlara (Ör: MOSFET, OPAMP, Lojik kapı) dokunulmamalı



# Tıbbi Cihaz Yönetmeliği

9 Ocak 2007 SALI

Resmî Gazete

Sayı : 26398

## BİRİNCİ BÖLÜM

### Amaç, Kapsam, Dayanak ve Tanımlar

#### **Amaç**

MADDE 1 – (1) Bu Yönetmeliğin amacı; insan sağlığında doğrudan veya dolaylı olarak kullanılan tıbbi cihaz ve aksesuarlarının taşınması gereken temel gereklerin belirlenmesine, tasarımına, imalatına, piyasaya arzına, hizmete sunulmasına, kullanılmasına, sınıflandırılmasına, denetlenmesine ve tıbbi cihaz ve aksesuarlarının kullanımı sırasında hastaların, uygulayıcıların, kullanıcıların ve üçüncü kişilerin sağlık ve güvenliği açısından ortaya çıkabilecek tehlikelere karşı korunmalarını sağlayacak şekilde piyasaya sunulmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemektir.

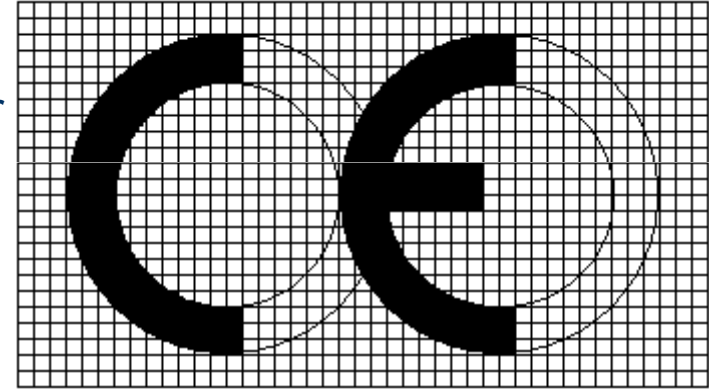
# Tıbbi Cihaz Yönetmeliği

## EK-XII

### CE UYGUNLUK İŞARETİ

CE uygunluk işareti "CE" harflerinden oluşur

CE: Conformité Européenne



-Eğer işaret büyütülür veya küçültülür ise, yukarıdaki çizim içinde gösterilen oranlar değişmemelidir.

- CE işareti harfleri, aynı tarz ve dikey boyutlarda olmalıdır. Dikey boyut, 5 milimetreden küçük olamaz. Bu minimal boyut, küçük boyutlu cihazlar için zorunlu değildir.

- CE işaretinin iliştilmesinde, Kanun ve "CE" Uygunluk İşaretinin İliştirilmesine ve Kullanılmasına Dair Yönetmelik hükümleri uygulanır.



# Biyolojik İşaretler ve Dönüştürücüler



<http://www.tiptekno11.org/>



13 - 16 Ekim 2011 / Antalya  
Ela Quality Resort Hotel (Belek)



[Ana Sayfa](#) / [Kongre Hakkında](#) / [Kurullar](#) / [Konular](#) / [Bildiri Gönderme](#) / [Davetli Konuşmacılar](#) / [Program](#) / [Kayıt & Konaklama](#) / [Sponsorluk](#) / [İletişim](#)

## DUYURULAR

çözümler üretilmesi hedeflenmektedir. Büyük başarı ile gerçekleştirilen TIPEKNO'10'da (<http://www.tiptekno10.org>) olduğu gibi, bu kongremizde de tıp teknolojilerinin kullanımı, geliştirilmesi, üretimi ve yönetilmesi alanlarındaki güncel konular ve sorunlar üzerine paneller düzenlenecek, alanlarında yetkin bilim adamları tarafından davetli konuşmalar yanında, eğitim seminerleri verilecek ve özgün bilimsel bildiriler sunulacaktır.

Destekleyen Kuruluşlar



## ÖNEMLİ TARİHLER

15 Şubat 2011	Özel Oturum ve Panel Önerilerinin Alınması
01 Haziran 2011	Bildirilerin Gönderilmesi için son tarih
15 Temmuz 2011	Değerlendirilmelerin Sonuçlandırılması
15 Ağustos 2011	Basıma Hazır Bildirilerin Gönderilmesi
13 - 16 Ekim 2011	Kongre

## KONGRE HAKKINDA

Tıp Teknolojileri Ulusal Kongresi, TIPEKNO'11, Biyomedikal ve Klinik Mühendisliği Derneği ([www.biyoklinikder.org](http://www.biyoklinikder.org)) tarafından, 13-16 Ekim 2011 tarihleri arasında Antalya Ela Quality Resort Hotel (Belek)'de düzenlenecektir.

Bu yıl **Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı (BİYOMUT-2011)** da, TIPEKNO'11 çerçevesinde gerçekleştirilecektir. Böylece kongrede, tıp teknolojileri alanında çalışan kullanıcı, üretici, araştırmacı, yönetici ve kamu temsilcileri bir araya getirilerek, hem biyomedikal mühendisliği ve klinik



<http://www.ntvmsnbc.com> (08.02.2012)

## **Türk doktorlardan hayat kurtaran buluş**

Philadelphia Drexel Üniversitesi'nde çalışan Dr. Hasan Ayaz ve Dr. Kurtuluş İzzetoğlu, beyin kanamasını anında tespit eden mobil bir cihaz geliştirdi. Türk mucitlerin 5 yılda icat ettiği cihazı ABD ordusu finanse etti.



<http://www.infrascanner.com/>



## Kaynaklar

- “Tıp Elektroniği”, Ertuğrul Yazgan, Mehmet Korürek, İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi Ofset Baskı Atölyesi, 1996.
- <http://www.rdpe.com/>
- <http://www.wikipedia.org/>
- “Safety Instructions”, Electronics Lab, Advanced Electrical Engineering Lab Course II, Spring 2006, International University Bremen.
- Winter and Webster, “Reduction of Interference Due to Common Mode Voltage in Biopotential Amplifiers,” IEEE Tran. on BME, vol. 30(1), 1983.
- Winter and Webster, “Driven-right-leg circuit design,” IEEE Tran. on BME, vol. 30(1), 1983.
- Thakor and Webster, “Ground free ECG recording with two electrodes,” IEEE Tran. on BME, vol. 27(12), 1980.
- Van Rijn, et al, “High quality recording of bioelectric events. Part I: Interference reduction, theory and practice,” Medical and Biological Engineering and Computing, vol. 28, 1990.
- Dobrev, et al, “Simple two-electrode biosignal amplifier,” Medical and Biological Engineering and Computing, vol. 43, 2005.
- [www.national.com](http://www.national.com)