

Vücuttan EKG Sinyalini Algılama (Elektrot)

Vücutta üretilen EKG sinyali elektriksel bir sinyaldir. Elektrotlar, teşhiste gerekli olan biyomedikal işaretin alınabilmesi için deriye veya vücudun içine yerleştirilen sensörler ve/veya tedavi etmek maksadıyla vücuda elektriksel enerji transfer etmeyi elverişli kılan elemanlardır.

Elektrotların kullanımında elektriksel iletkenlik, fizyolojik zehirlilik ve mekanik dayanıklılık gibi faktörlere dikkat edilmesi gerekmektedir. Medikal elektronikte en çok kullanılan elektrot metalleri; platin, altın, gümüş, paslanmaz çelik, tungsten, tantal ve alüminyumdur. Platin, pahalı olmasına rağmen yüksek iletkenliği, aşınmaya ve deformasyona dayanıklı olması sebebiyle en uygun metaldir. EKG elektrotları genellikle Ag/AgCl elektrotları şeklinde imal edilir. Ag/AgCl'ün tercih edilmesinin en önemli sebepleri ise, insan vücuduna zararlı etkilerinin bulunmaması, kararlı davranması ve ölçüm sonuçlarının güvenilir bir şekilde alınmasıdır

Kullandığımız tümüyle atılabilir elektrodlar, EKG sinyalinin ölçümlerinde yaygın olarak kullanılan bir elektrot çeşididir. Elektrot bir defa kullanıldıktan sonra atılmaktadır. Şekil 'de de görüldüğü gibi AgAgCl' ün hemen altında elektroda yapışık halde jel emdirilmiş sünger olarak elektrolit bulunmaktadır.

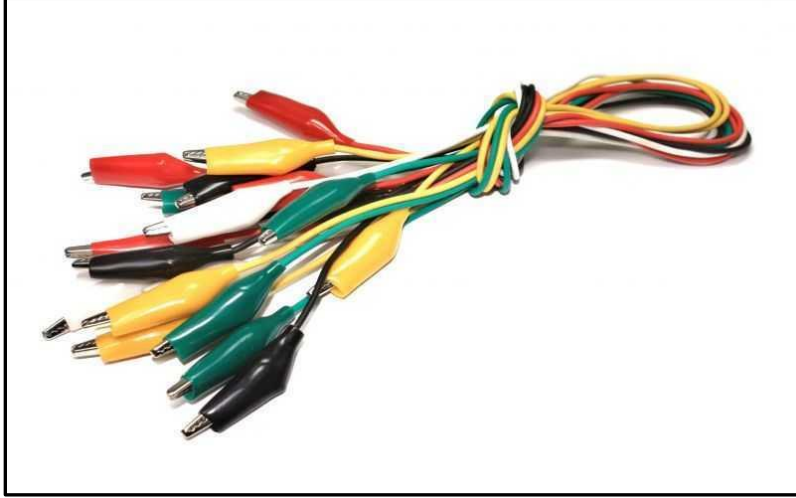


EKG sinyali insan vücudundan farklı derivasyonlar ile elde edilebilir. Biz üçlü derivasyonu kullandık. Yani sağ kol, sol kol ve sağ bacak.



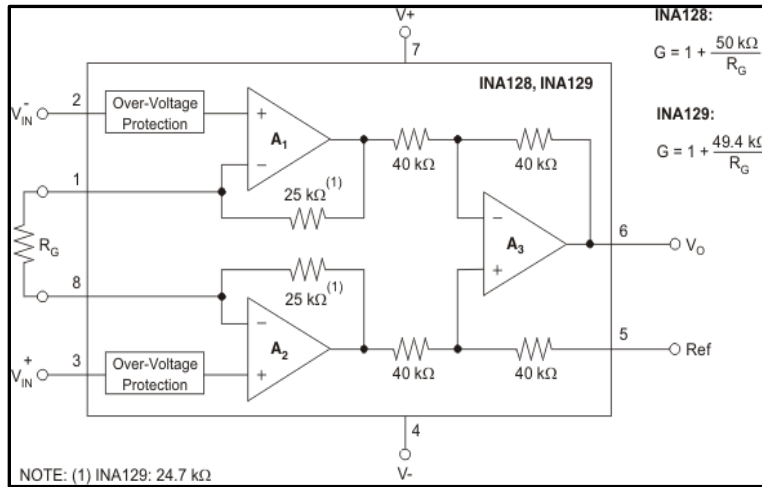
Vücuttan Alınan Sinyalin iletimi (Kablo)

Vücutta EKG sinyallerine diğer sistemlerin sinyalleri de karışır. Bu nedenle oldukça yüksek gürültü meydana gelir. Bu gürültüler bizim istediğimiz sinyalin görülmesini engeller. Elektrotlardan EKG'ye sinyalleri iletirken ortam gürültüleri de bu sinyale karışabilir. EKG ve Elektrot arasında kullanılan kablolarda bu nedenle önemlidir. Bu iki sistem arasında shield'lı kablolar kullanıldığında kablodaki sinyaller büyük oranda korunmuş olur. Ancak ilk aşama olarak shield'sız krokodil kablo kullandık.



EKG Sinyali'nin İlk İşlenme Evresi (Enstrümantasyon Yükselteci)

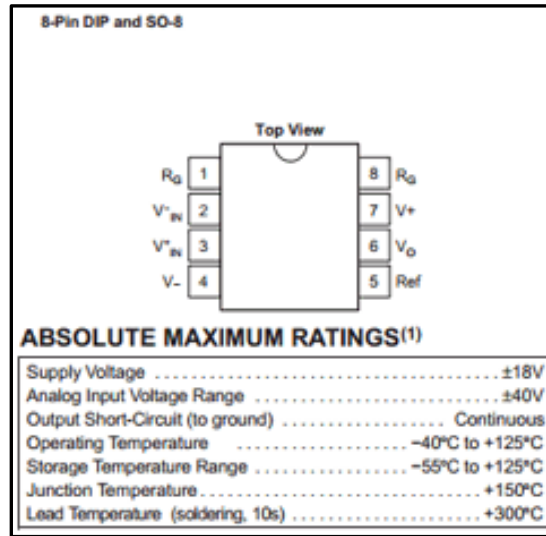
Genellikle insandan alınan EKG sinyalinin frekans aralığı 0.1~100 Hz, maksimum genliği 1 mV'tur. Vücuttaki işaretler fark sinyalleri şeklindedir ve bu işaretlerin kuvvetlendirilmesi için özellikle ortak mod işaretleri bastırılmış biyolojik işaretlerin yükseltilmesi amacıyla kullanılan enstrümantasyon yükselteçleri kullanılır. Enstrümantasyon yükselteçleri 3 adet opamp'ın bir kılıfta toplanması ile oluşur. Tek kılıfta toplanmasının nedeni ise dışardan oluşabilecek tüm bozucu etkileri yok etmektir. Ayrıca bu yükselteçlerin CMRR (Ortak Mod Bastırma Oranı) 'leri de oldukça yüksektir. Piyasada bulunan yükselteçlerden CMRR oranları 100-120 dB arasında olanlar iyi, 80-90 dB arasında olanlar ise çok iyi olarak bilinir. INA128'e ait fonksiyonel diyagram:



Her bir girişteki sinyal giriş sinyallerinin ortalamasına eşit olan ortak mod gerilimi yükseltilir. Bu değer sinyali işleyebilmemiz için çok küçük bir değer olup bu işareti yükseltmek için ön yükseltici olarak enstrümantasyon yükseltici olan oldukça hassas INA128 enstrümantasyon yükselteci kullanarak sinyalin genliği 1 V'a kadar yükselmektedir

Enstrümantasyon yükselteçleri elektrotlardan alınan sinyalleri güçlendirir. Bu arada dikkat edilmesi gereken bir nokta vardır. Enstrümantasyon yükselteçleri EKG sinyalini güçlendirmesinin yanı sıra diğer gürültülü sinyalleri de güçlendirir. Bu nedenle sadece Enstrümantasyon yükselteci EKG devresinde çok bir anlam ifade etmemektedir. Bu opamp'lı yapının hemen ardından filtre devleri kullanılmalıdır.

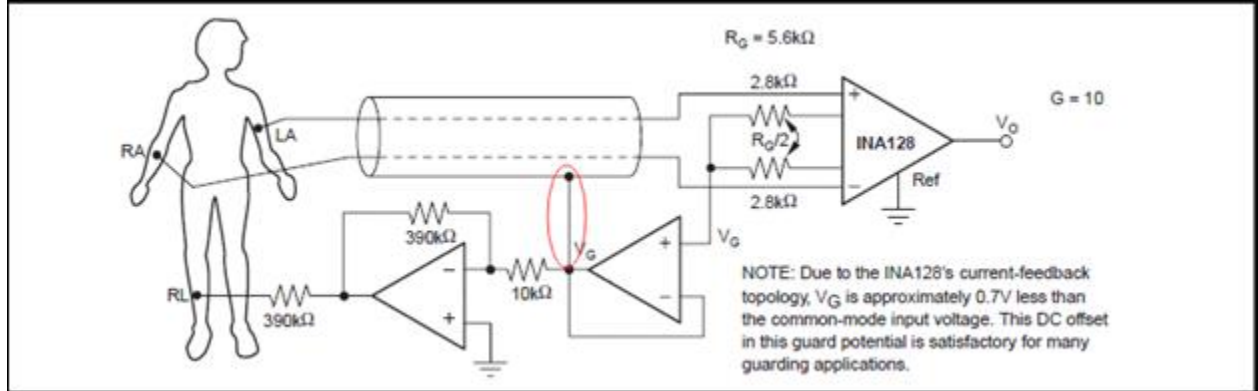
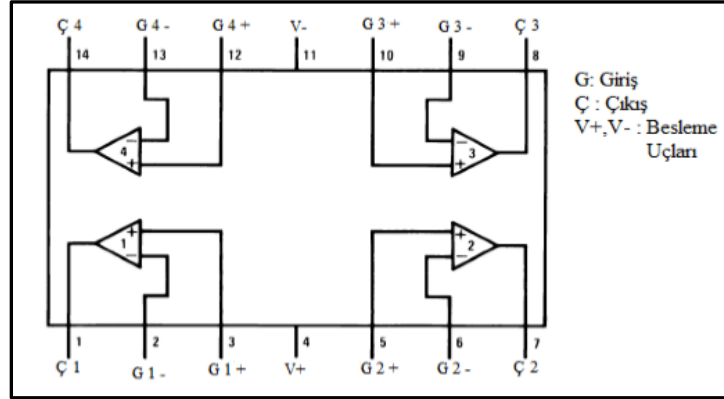
1 ve 8 nolu pin kazanç pinidir. Burada bir kazanç formülü mevcut.. 7 nolu uç pozitif besleme, 4 nolu uç ise negatif beslemedir. 2,3,5 nolu pinler elektrot giriş uçlarıdır. 5 nolu pin toprak ucunada bağlanacaktır. Aslında sol yada sağ bacak referans yani toprak olarak devrede işleme tabi tutulur.



NOT: Pozitif ve negatif besleme ile aynı zamanda toprak ucuda oluşturmak için simetrik besleme yapmak gerekir.

LM358 İşlemsel Yükselteci

Devremizde öncelikle ekonomik olması nedeniyle tercih ettiğimiz, LM358 tümleşik entegresi içerisinde 2 adet işlemsel yükselteç entegresi bulundurmaktadır. Şekil’de LM358’in iç yapısı görülmektedir

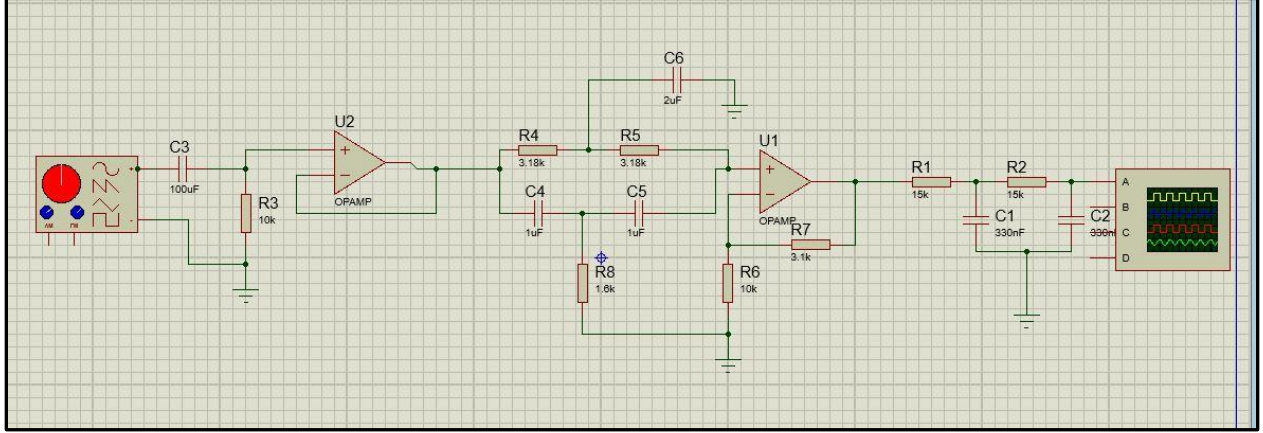


Sinyali Düzenleyen Ekstra Tasarımlar (Sağ Bacak Sürücüsü)

Bu projede sağ bacdant gelen sinyal INA 128 entegresinin 5 nolu bacağı ile simetrik besleme kaynağının toprak ucuna bağlanıyordu. Endüstriyel yeni nesil EKG cihazlarında sağ bacak toprağa bağlanmaz. Bunun yerine sağ bacak sürücüsü ile yükselticinin çıkışına bağlanır. Ortak mod voltajı iki eşik direncin arasından alınır, ters çevirilir, yükseltilir ve sağ-bacağa geri beslenir. Bu negatif geri besleme ortak-mod voltajını düşürür.

Vücuttan akan kaçak akımlar toprağa değil yardımcı opamp üzerinden akar. Bu bağlantı hastanın toprak bağlantısını önler ve etkileşimi azaltır, daha iyi bir sinyal elde etmiş oluruz. Bu

devre aynı zamanda elektriksel-güvenlik görevi de görür. Eğer hasta ile toprak arasında çok yüksek bir voltaj oluşursa yardımcı yükseltici doyuma gider ve hastayı korur.



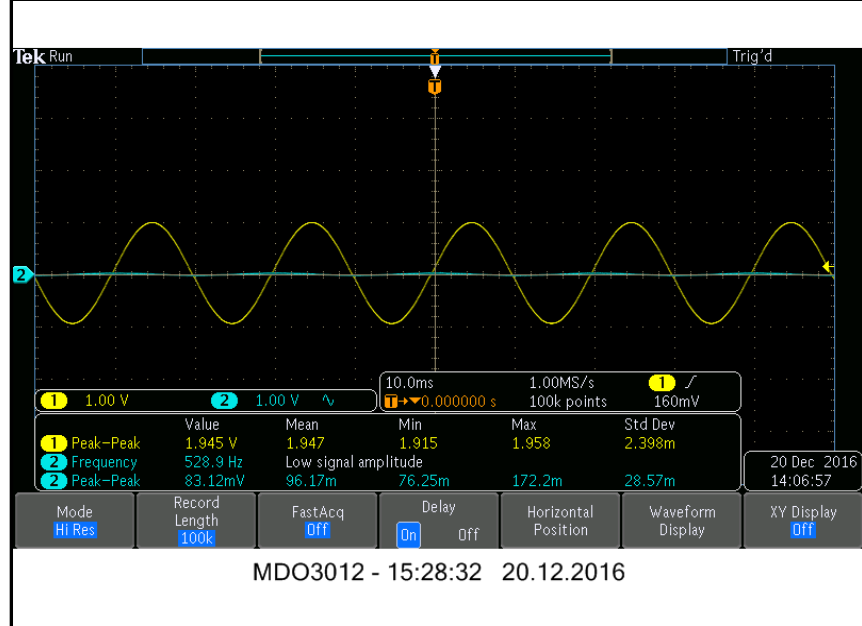
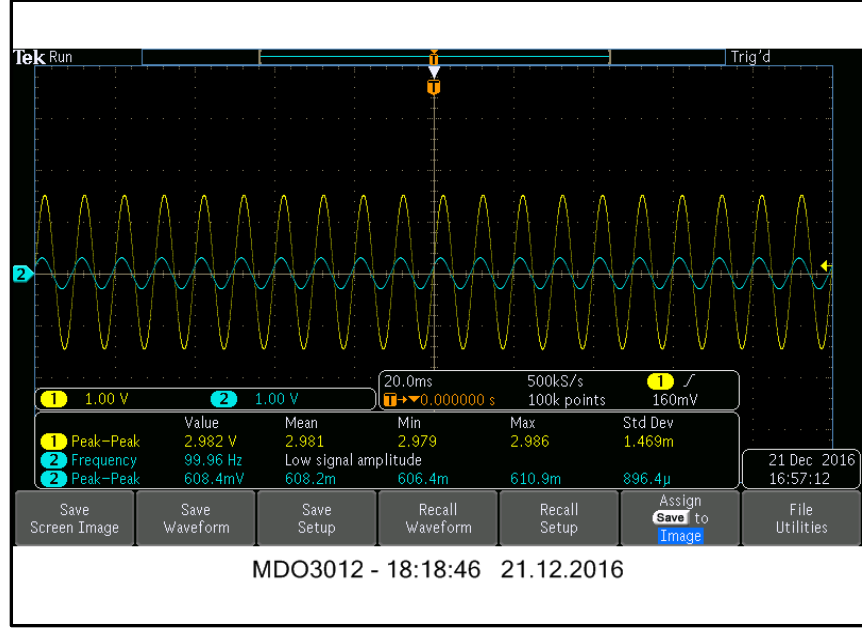
Filtreler Şematiği

Alçak Geçiren Filtre Tasarımı

INA121'in 6 nolu pininden elde edilen çıkış değeri güçlendirilmiş sinyaldir. Ancak buradaki sinyal istenilen sinyal değildir. Çünkü güçlendirilme yapılması esnasında gürültülü sinyallerde yükseltilmiştir. Dolayısıyla kendi sinyalimize gürültülerde karışmıştır. Bu sinyali filtreleyerek esas sinyali elde etmek gerekir. Bunun için ilk adım alçak geçiren filtre devresidir. Burada LM358 kodlu opamp kullanılmıştır. EKG sinyal değerimiz 0,02 ile 150 Hz aralığındaydı. Bu değeri 0-100 Hz aralığında yaparak ta istenilen sinyali elde edebiliriz. Direnç ve kapasitörden oluşan genel RC filtre formülünden yararlanılarak alt ve üst sinyal değerleri belirlenmiştir. Daha iyi bastırma elde edebilmek için ihtiyaca göre çift kat filter kullanmaktayız. Filtre tasarımlarımızda çeşitli filter tasarım uygulamalarınında başvurduk (Texas Instruments FilterPro Desktop, Online RC Calculators)

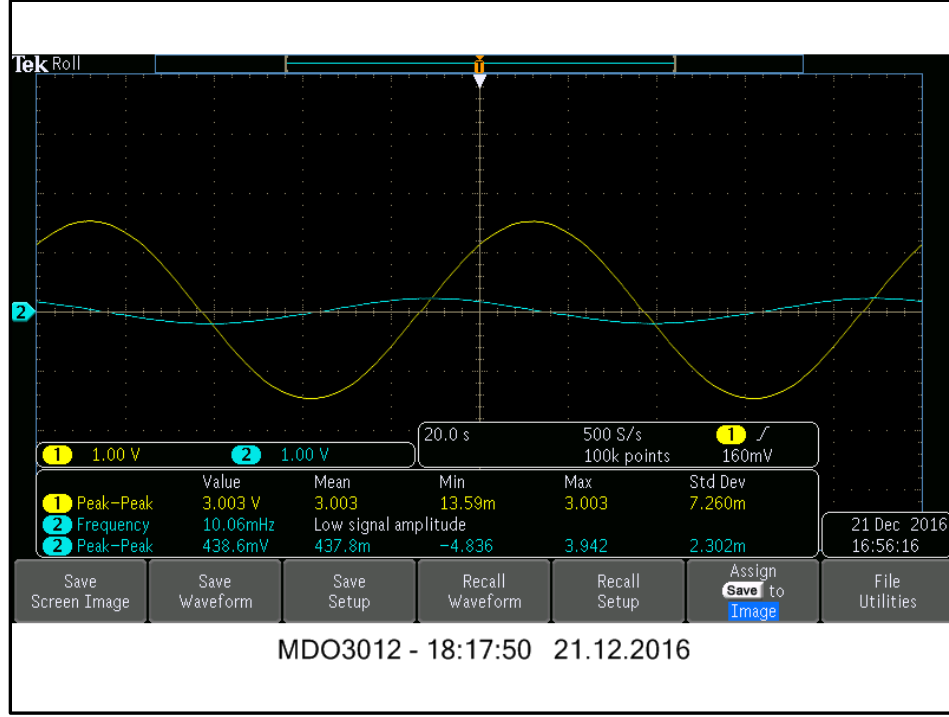
$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

Filtrelerimizin devre üzerinde test edilirken osiloskop ekran alıntıları:



Yüksek Geçiren Filtre Tasarımı

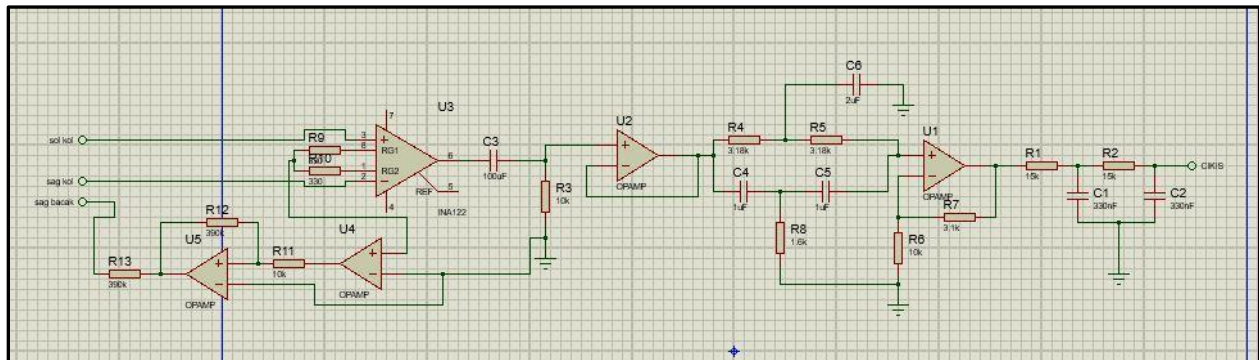
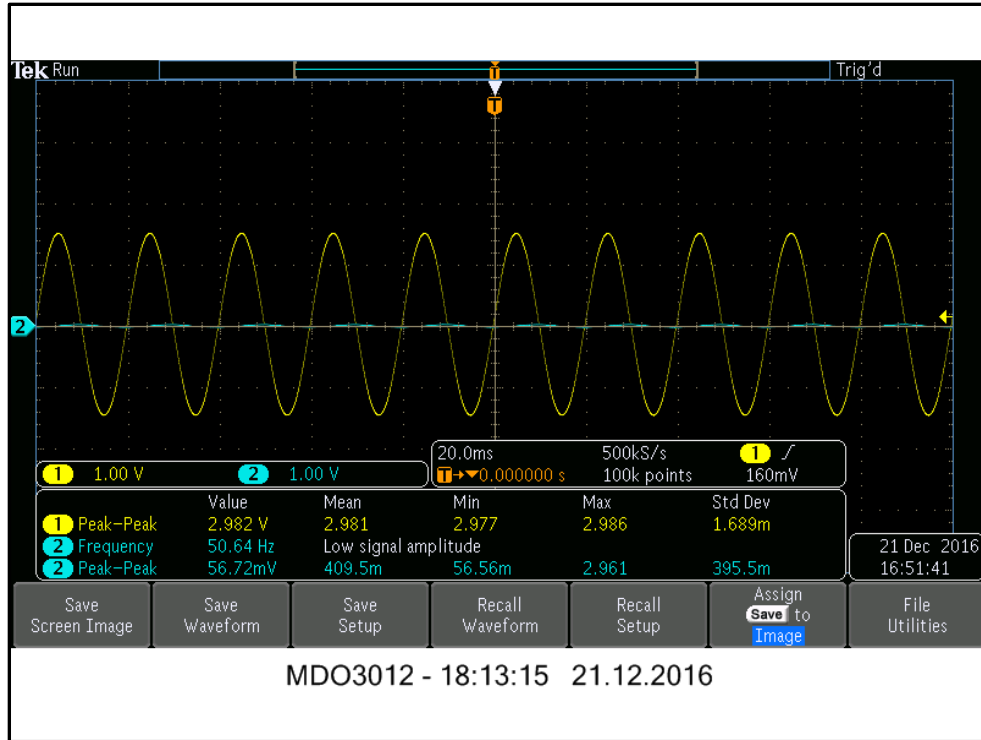
İstenilen sinyelimiz önce INA 121 entegresinde yükseltildi sonra belirlenen üst sinyallerden temizlendi. Şimdi ise sırada yüksek geçiren filtre tasarımı var. Yüksek geçire filtre tasarımında da belirlenen değerin üstündeki sinyallerin geçirilmesi sağlanır. Alçak geçiren ve yüksek geçiren filtre bir araya geldiğinde sınır değerler oluşturur. Bu sinyallerin dışındaki sinyaller bastırılır ve sisteme etkileri önlenmiş olur. Daha iyi bastırma elde edebilmek için ihtiyaca göre çift kat filter kullanılmaktadır.



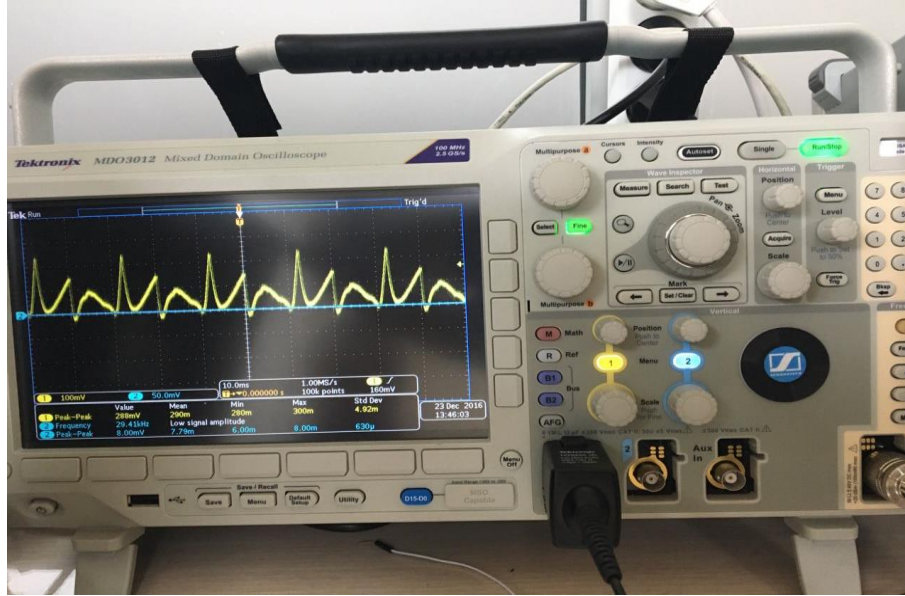
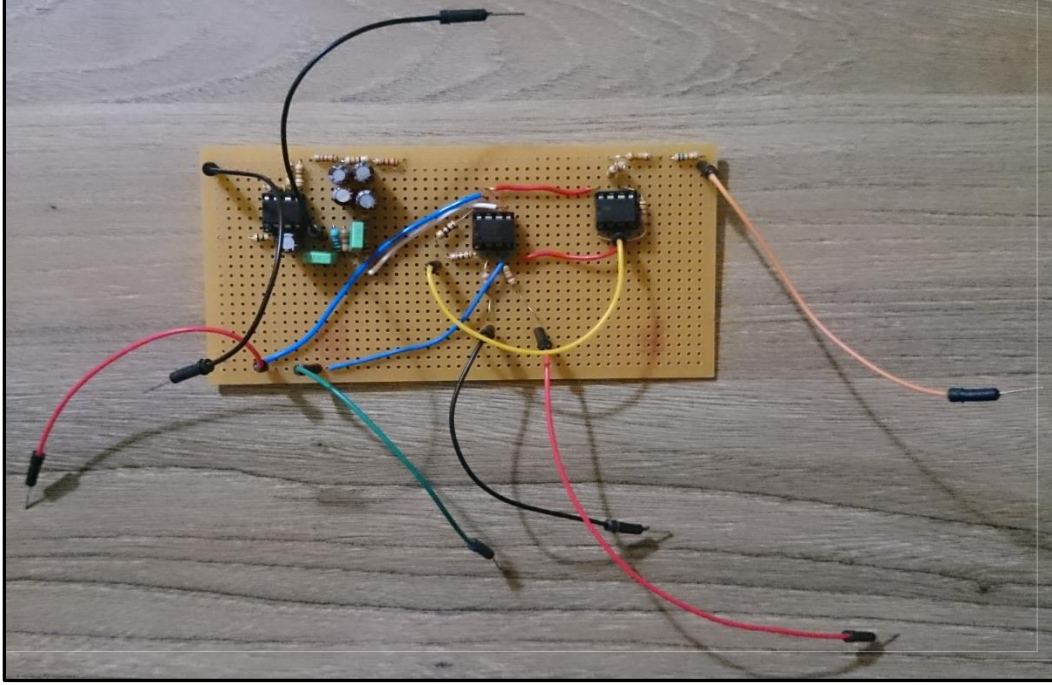
Bant Durduran Filtre Tasarımı

Bilindiği üzere ev şebekeleri 220 V'tur. Bu gerilimin frekans değeri ise 50 Hz'dir. Alçak geçiren ve yüksek geçiren filtre tasarımı da EKG frekans değerlerini ayarlamıştık. Şebeke sinyelimiz EKG sinyal değeri arasında kalıyor. Bu sebeple 50 Hz'lik şebeke sinyali, EKG sinyalimizi etkiliyor ve gürültülere neden oluyor. Bu 50 Hz'lik sinyali yok etmek için bant durduran filtreler kullanılır. Bu bant durduran filtre sadece 50 Hz frekansını absorbe eder. Diğer frekans aralıklarına karışmaz.

Bant durduran filtrede 50 Hz frekansı elde etmek için ; kolay bulunabilir RC elemanlarını önermesinden dolayı, Texas Instruments FilterPro Desktop uygulamasından yararlandık.



Sistemin genel şematığı



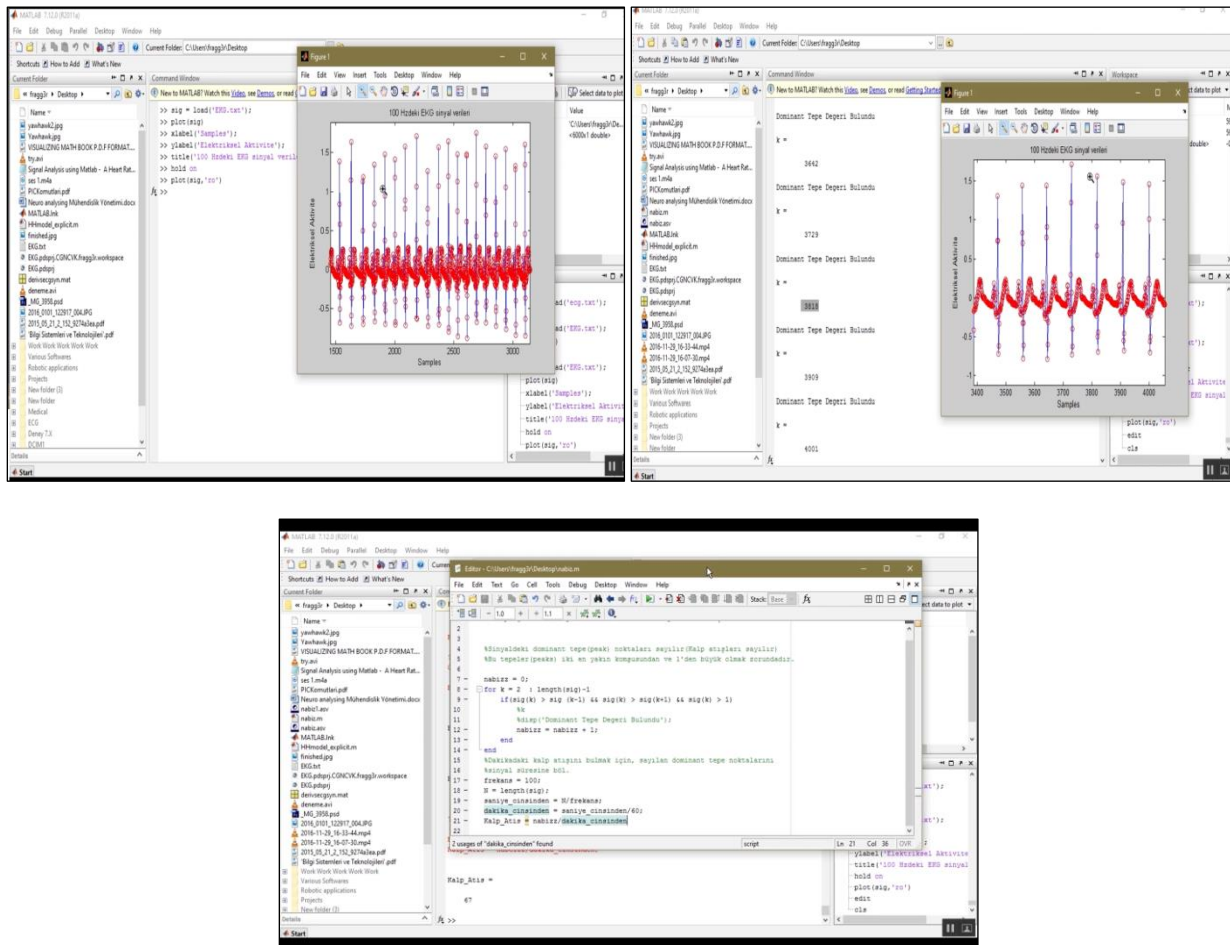
- Sinyallerin görüntülenmesinde osilaskop ölçeklemesi yüksek olmalıdır.
- Enstrümantasyon yükselteçlerinde elektrostatik yüklenmeye dikkat etmek gerekir. Aksi durumda entegreniz yanar hiçbir sinyal elde edemezsiniz.
- Sağ bacak sürücüsü ve shield gibi önlemleri aldığımızda çok daha net bir sinyal elde etmiş oluyoruz.

Matlab üzerinden EKG verileri aracılığıyla kalp atış hızı

Projede ADC işlemi öncesi sinyalin düzenlenmesi (offset yapılması vs.), Analog-Dijital çevrim sonrası ise gerekli protokoller ile sinyal verilerinin bilgisayara aktarılması sonrası gerçekleştirilmesi olan işlemi, projemiz verilerini bilgisayara aktaramadığımızdan dolayı, hazır ekg verileri kullanarak Matlan üzerinden gerçekleştirdik, kullandığımız ham verilerin txt dökümanı ve yapmış olduğumuz uygulamaya ait çektiğimiz video linkleri :

<http://eleceng.dit.ie/dorran/matlab/>

<https://www.youtube.com/watch?v=3lqh1ojpTww>



Yapılması Planlanan İş	KASIM	ARALIK
EKG ön araştırma yapılması		
Süzgeç devrelerinin tasarımı		
Yükselteç devrelerinin tasarımı		
Genel devre simülasyonu		
Pertinaks üzerine devre kurulumu		
Subje üzerinden değerlerin alınması		

Çalışma Takvimi

	Önerilen bütçe
Tüketime yönelik malzeme	
Kırtasiye alımları	10 ₺
Baskı ve cilt giderleri	5 ₺
Fotokopi giderleri	5 ₺
Elektrik-Elektronik sarf malzeme alımı	80 ₺
Toplam	100 ₺

Taslak Bütçe

INA12x Precision, Low Power Instrumentation Amplifiers

1 Features

- Low Offset Voltage: 50 μV Maximum
- Low Drift: 0.5 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ Maximum
- Low Input Bias Current: 5 nA Maximum
- High CMR: 120 dB minimum
- Inputs Protected to $\pm 40\text{ V}$
- Wide Supply Range: $\pm 2.25\text{ V}$ to $\pm 18\text{ V}$
- Low Quiescent Current: 700 μA
- 8-PIN Plastic Dip, SO-8

2 Applications

- Bridge Amplifier
- Thermocouple Amplifier
- RTD Sensor Amplifier
- Medical Instrumentation
- Data Acquisition

3 Description

The INA128 and INA129 are low-power, general purpose instrumentation amplifiers offering excellent accuracy. The versatile 3-op amp design and small size make these amplifiers ideal for a wide range of applications. Current-feedback input circuitry provides wide bandwidth even at high gain (200 kHz at $G = 100$).

A single external resistor sets any gain from 1 to 10,000. The INA128 provides an industry-standard gain equation; the INA129 gain equation is compatible with the AD620.

The INA12x is laser-trimmed for very low offset voltage (50 μV), drift (0.5 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$) and high common-mode rejection (120 dB at $G \geq 100$). The INA12x operates with power supplies as low as $\pm 2.25\text{ V}$, and quiescent current is only 700 μA , ideal for battery-operated systems. Internal input protection can withstand up to $\pm 40\text{ V}$ without damage.

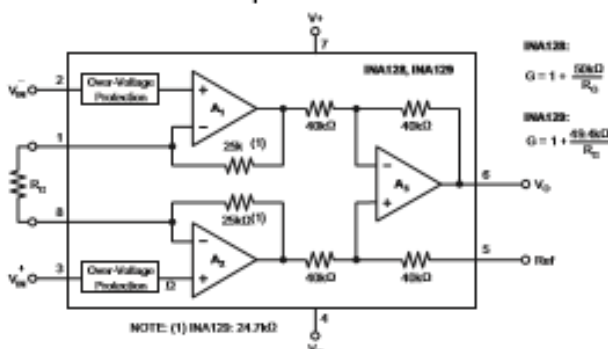
The INA12x is available in 8-pin plastic DIP and SO-8 surface-mount packages, specified for the -40°C to 85°C temperature range. The INA128 is also available in a dual configuration, the INA2128.

Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (MM)
INA128	SOIC (8)	3.91 mm \times 4.9 mm
INA129	PDP (8)	6.35 mm \times 9.81 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.

Simplified Schematic



An IMPORTANT NOTICE at the end of this data sheet addresses availability, warranty, changes, use in safety-critical applications, intellectual property matters and other important disclaimers. PRODUCTION DATA.



LMx58-N Low-Power, Dual-Operational Amplifiers

1 Features

- Available in 8-Bump DSBGA Chip-Sized Package, (See AN-1112, [SNVA009](#))
- Internally Frequency Compensated for Unity Gain
- Large DC Voltage Gain: 100 dB
- Wide Bandwidth (Unity Gain): 1 MHz (Temperature Compensated)
- Wide Power Supply Range:
 - Single Supply: 3V to 32V
 - Or Dual Supplies: $\pm 1.5V$ to $\pm 16V$
- Very Low Supply Current Drain (500 μA)—Essentially Independent of Supply Voltage
- Low Input Offset Voltage: 2 mV
- Input Common-Mode Voltage Range Includes Ground
- Differential Input Voltage Range Equal to the Power Supply Voltage
- Large Output Voltage Swing
- Unique Characteristics:
 - In the Linear Mode the Input Common-Mode Voltage Range Includes Ground and the Output Voltage Can Also Swing to Ground, even though Operated from Only a Single Power Supply Voltage.
 - The Unity Gain Cross Frequency is Temperature Compensated.
 - The Input Bias Current is also Temperature Compensated.
- Advantages:
 - Two Internally Compensated Op Amps
 - Eliminates Need for Dual Supplies
 - Allows Direct Sensing Near GND and V_{OUT} Also Goes to GND
 - Compatible with All Forms of Logic
 - Power Drain Suitable for Battery Operation

2 Applications

- Active Filters
- General Signal Conditioning and Amplification
- 4- to 20-mA Current Loop Transmitters

3 Description

The LM158 series consists of two independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, dc gain blocks and all the conventional op-amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM158 series can be directly operated off of the standard 3.3-V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional $\pm 15V$ power supplies.

The LM358 and LM2904 are available in a chip sized package (8-Bump DSBGA) using TI's DSBGA package technology.

Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LM158-N	TO-CAN (8)	9.08 mm x 9.09 mm
	CDIP (8)	10.16 mm x 6.502 mm
LM258-N	TO-CAN (8)	9.08 mm x 9.09 mm
	DSBGA (8)	1.31 mm x 1.31 mm
LM2904-N	SOIC (8)	4.90 mm x 3.91 mm
	PDIP (8)	9.81 mm x 6.35 mm
	TO-CAN (8)	9.08 mm x 9.09 mm
LM358-N	DSBGA (8)	1.31 mm x 1.31 mm
	SOIC (8)	4.90 mm x 3.91 mm
	PDIP (8)	9.81 mm x 6.35 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the datasheet.

Voltage Controlled Oscillator (VCO)

