



**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK FAKÜLTESİ
ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

BİTİRME PROJESİ

MİKRODENETLEYİCİLİ DİJİTAL OSİLOSKOP VE BODE DİYAGRAMI ÇİZİCİ

Proje Danışmanı : Prof.Dr.Herman Sedef

Öğrenci: 05014015 Fatih Sadıç

İstanbul, 2009

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SEMBOL LİSTESİ.....	iv
KISALTMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
TABLO LİSTESİ.....	viii
ÖNSÖZ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT.....	xiii
1.GİRİŞ.....	1
2. ELEKTRİKSEL İŞARETLERİN ELDE EDİLMESİ VE SAYISALLAŞTIRILMASI.....	3
2.1 Enstrumantasyon Yükselteçleri.....	4
2.2 Elektriksel İşaretlerin Sayısallaştırılması.....	5
2.3 Örneklem Teoremi	6
3. PROJEDE GERÇEKLEŞTİRİLECEK CİHAZLARIN TEMEL ÇALIŞMA PRENSİPLERİ.....	8
3.1 Osiloskop Cihazının Temel Çalışma Prensibi	8
3.2 Bode Diyagramı Çizici Cihazının Temel Çalışma Prensibi.....	10
4. PROJE KAPSAMINDA TASARLANAN SİSTEMİN DONANIMSAL VE YAZILIMSAL TASARIMI.....	12
4.1 Proje Kapsamında Tasarlanan Sistemin Donanımsal Kısımının Tasarımı	12
4.1.1 Ölçüm Uçları, AC/DC Kuplaj Ve Giriş Enstrumantasyon Yükselteci	13
4.1.2 Kazancı Ayarlanabilen Yükselteç ve ADC Girişi Uygunlaştırma Bölümü.....	15
4.1.3 Frekansı ve Çıkış Genliği Ayarlanabilen Osilatör Bölümü	17
4.1.4 Tetikleme ve Faz Algılama İşlemleri İçin Kullanılan Karşılaştırıcı Bölümü ...	20
4.1.5 Mikrodenetleyici İnsan-Cihaz Arayüzü Butonlar ve Ekran.....	21
4.1.6 Besleme Devresi	22
4.2 Proje Kapsamında Tasarlanan Sistemin Yazılımsal Kısımının Tasarımı	23
4.2.1 Ana Programın Akış Diyagramı	23
4.2.2 Osiloskop Alt Programına Ait Açıklamalı Akış Diyagramları	25

III

4.2.3 Bode Diyagramı Çizici Altprogramına Ait Açıklamalı Akıs Diyagramları	34
5. TASARIMI YAPILAN DEVRENİN ELEKTRİKSEL ÖLÇÜM SONUÇLARI .	40
6. SONUÇLAR	50
KAYNAKLAR	52
EKLER.....	53
ÖZGEÇMİŞ	58

SEMBOL LİSTESİ

BW: Bant Genişliği

K:Herhangi bir sabit

Volt/Div: Osiloskoplar için birim bölme başına düşen gerilim

Time/Div: Osiloskoplar için birim bölme başına düşen zaman

...™ Bitişik olduğu ismin, tescillenmiş bir ticari marka olduğunu belirtir.

fs: Örnekleme frekansı

f: Herhangi bir frekans

KISALTMA LİSTESİ

LCD (Liquid Crystal Display- Sıvı Kristal Gösterge)

ADC (Analog to Digital Converter -Analogtan Sayısala Dönüştürücü)

DC (Direct Current-Doğru Akım)

AC (Alternating Current-Alternatif Akım)

RAM (Random Access Memory-Geçici Veri Belleği)

FET (Field Effect Transistör-Alan Etkili Transistör)

VCO(Voltage Controlled Oscillator-Gerilim Kontrollü Osilatör)

CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor-Tümleyen Metal Oksit Yarı iletken)

CMRR (Common Mode Rejection Ratio-Ortak İşaret Bastırma Oranı)

Ksps (Kilo Samples Per Second-Bir saniyede alınan örnek sayısı/1000)

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Enstrumantasyon yükseltecinin sembolik gösterimi [1].....	4
Şekil 2.2 Projede kullanılan enstrumantasyon yükseltecinin devre şeması[2]	4
Şekil 2.3 Sürekli zamanlı bir işaretten örnekler alınması.[3].....	6
Şekil 2.4 Örnekleme işleminin zaman ve frekans domeninde gösterimi[3].....	7
Şekil 2.5 Frekans domeninde örtüşme[3]	7
Şekil 3.1 Osiloskop Ekranı.....	8
Şekil 3.2 Basit bir analog Osiloskopun blok diyagramı[4].....	9
Şekil 3.3 Basit bir Bode Diyagramı Çizicinin Blok Şeması	10
Şekil 4.1 Projede Tasarımı Yapılan Sistemin Donanımsal Blok Diyagramı	12
Şekil 4.2 Giriş bölümünün devre şeması	14
Şekil 4.3 Giriş kazanç kontrol ve ADC uygunlaştırma[5]	17
Şekil 4.4 Osilatör Devre Şeması[6].....	19
Şekil 4.5 Osilatör frekansı ve çıkış genliği ayarlama devresi	20
Şekil 4.6 Tetikleme ve Faz algılamada kullanılan karşılaştırıcı devreleri	21
Şekil 4.7 Mikrodenetleyici, butonlar ve ekran bağlantı şeması	22
Şekil 4.8 Projede kullanılan besleme devresi.....	23
Şekil 4.9 LCD Sürücü Yazılımının çıktıları.....	24
Şekil 4.10 Ana Programa ait akış diyagramı.....	25
Şekil 4.11 Ana programa ait ekran çıktıları, karşılama ekranı ve menü.....	25
Şekil 4.12 Osiloskop Alt Programına ait akış diyagramı.....	26
Şekil 4.13 Osiloskop Alt Programı akış diyagramı(Devamı)	28
Şekil 4.14 Osiloskop Tuş Denetleme Programına ait akış diyagramı.....	28
Şekil 4.15 Osiloskop Tuş Denetleme Alt Programı akış diyagramı(Devamı).....	29
Şekil 4.16 Gerçek Zamanlı Osiloskop Geri Dönüşsüz Alt Program Grubu akış diyagramı	29
Şekil 4.17 Gerçek Zamanlı Osiloskop Geri Dönüşsüz Alt Program Grubu akış diyagramı (Devamı)	30
Şekil 4.18 Gerçek Zamanlı Olmayan Osiloskop Geri Dönüşsüz Alt Programına ait akış diyagramı	31
Şekil 4.19 Gerçek Zamanlı Olmayan Osiloskop Geri Dönüşsüz Alt Programına ait akış diyagramı (Devamı).....	32

VII

Şekil 4.20 Tetikleme Alt Programına ait akış diyagramı.....	33
Şekil 4.21 Tetikleme Alt Programına ait akış diyagramı (Devamı)	34
Şekil 4.22 Bode Diyagramı Çizici Alt Programı	36
Şekil 4.23 Bode Diyagramı çizici genlik tespit alt programı.....	37
Şekil 4.24 Bode Diyagramı çizici genlik tespit alt programı (Devamı).....	38
Şekil 4.25 Bode Diyagramı Çizici Faz Tespit altprogramı.....	39
Şekil 4.26 Bode Diyagramı Çizici Tuş Denetleme alt Programı	39
Şekil 5.1 1KHz'de enstrumantasyon yükseltecinin büyük işaret giriş ve çıkışı.....	40
Şekil 5.2 Giriş koruma devresinin giriş işaretinin 6.4V değerini geçmesine karşın verdiği çıkış(Volt/Div=5V , f=1KHz).....	41
Şekil 5.3 60mV giriş işareti için enstrumantasyon yükseltecinin çıkışı	42
Şekil 5.4 Kazancı ayarlı yükselteçlerin çıkışındaki koruma devresi çıkışı.....	42
Şekil 5.5 ADC uygunlaştırması yapılmış ve ofset eklenmiş ADC giriş işareti	43
Şekil 5.6 Giriş işaretinin devrenin ölçebileceğinden fazla olmasına karşın koruma devrelerinin çalışması ve çıkış gerilimini sınırlaması(Volt/Div=2V).....	44
Şekil 5.7 f=10KHz için osiloskop tetikleyicisinin çıkış işareti.....	44
Şekil 5.8 f=30KHz için sistemin iç faz cevabının etkisi.....	45
Şekil 5.9 Sistemin yüksek frekanslarda sahip olduğu faz kayması.....	46
Şekil 5.10 Sistemin simülasyonla elde edilmiş faz ve genlik diyagramı	46
Şekil 5.11 f=2.4KHz için osiloskop simülasyon ekran görüntüsü.....	47
Şekil 5.12 Örtüşmenin olumsuz etkisi	47
Şekil 5.13 Bode Diyagramı Çizici Genlik Ekranı.....	47
Şekil 5.14 Bode Diyagramı Çizici Faz ekranı.....	48

TABLO LİSTESİ

Tablo 4.1 Giriş yükselteci kazanç değerleri ve bu kazançları sağlayan direnç değerleri.....	15
Tablo 4.2 Osilatör frekansının Direnç ve Kapasite değerlerine bağlı değişimi.....	18
Tablo 4.3 Osilatör çıkış geriliminin analog anahtarlara göre değişimi.....	18
Tablo 5.1 Tasarımı yapılan devrenin elektriksel karakteristikleri.....	49

ÖNSÖZ

Mikrodenetleyici ile Dijital Osiloskop ve Bode Diyagramı Çizicinin gerçekleştirilmesinin amaçlandığı bu proje, sayısal ve analog elektronik devre elemanlarının birlikte uyum içinde kullanılmasını ayrıca tasarlanacak yazılımın zamanlama konusunda hassas olmasını gerektiren bir projedir.

Projede Osiloskop ve Bode Diyagramı Çizici cihazlarının temel fonksiyonlarını gerçekleştirebilecek bir tasarım amaçlanmıştır. Çünkü bu cihazlar maliyeti oldukça yüksek ve tasarımı oldukça karmaşık olan cihazlardır. Projeye ayrılan zaman, işgücü ve maddi kaynaklar göz önüne alındığında, bu faktörlerle doğru orantılı olarak ortaya çıkarılacak projenin gelişmişliğinin de artacağı gayet açıktır.

Projede tasarımın elden geldiğince özgün yapılmasına çalışılmıştır. Özellikle donanım kısmında alıntı yapılan kaynaklar ayrıca belirtilmiştir. Ancak yazılım kısmında herhangi bir alıntı yapmak pek mümkün olmadığından, proje yazılımının özgün olacağı aşikârdır.

Projede bahsi geçen cihazların temel özelliklerinin gerçekleşmesi amaçlandığından gerek donanım gerekse yazılım kısmında basit bir tasarım yapılmış, aynı zamanda kullanıcı dostu oldukça anlaşılır insan-cihaz arayüzü yapılmasına çalışılmıştır.

Projenin hem yazılım kısmı hem de donanım kısmı özellikle geliştirilmeye açık ve parçalı bir şekilde tasarlanmıştır. Bu sebeple istenildiği takdirde projeye gerek yazılım gerekse donanım parçaları eklenerek proje geliştirilip, projeye yeni özellikler eklenebilir.

Projenin başlangıcından bu yana bana desteklerini esirgemeyen hocalarım Prof.Dr.Herman SEDEF'E, Öğr.Gör.Umut Engin AYTEN' ve benden maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

Fatih SADIÇ

ÖZET

Yıldız Teknik Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü Bitirme Projesi kapsamında tasarlanmış olan Mikrodenetleyici ile Dijital Osiloskop ve Bode Diyagramı Çizici projesi donanımsal ve yazılımsal olarak iki ayrı aşamada incelenebilir.

Projenin donanımsal kısmı Osiloskop ve Bode Diyagramı Çizicinin ortak ve ayrı kullandıkları bölümler olarak ayrılır. Besleme bölümü ortaktır, cihazın beslenmesi için verilen ± 12 V'u regülasyonla -9 V , $+9$ V ve $+5$ V olarak devreye dağılmasını sağlar. Cihazın ölçüm uçlarından gelen işaretleri algılamasını sağlayan ilk kısım enstrumantasyon yükseltecidir. Sahip olduğu yüksek empedans ve düşük gürültü sebebiyle giriş için bu devre uygun görülmüştür. Bu bölümün girişinde birbiriyle transil karakteristiği gösterecek şekilde birbirine ters bağlanmış koruma zener diyotları vardır ve devreyi olası aşırı gerilimlerden korurlar. Giriş işareti bu bölümde algılandıktan sonra kazancı analog çoklayıcı ile kontrol edilen iki katlı yükselteç bölümüne gelir. Yükseltecin kazancını mikro denetleyici analog çoklayıcı yardımıyla istenen orana çıkarabilir. Yükseltecin iki katlı olmasının sebebi çalışma frekans aralığını geniş tutmaktır. Bu bölümün çıkışında da girişte olduğu gibi iki zener diyot vardır ve bu diyotlar girişte küçük genlikli olan işaretlerin olası aşırı yükseltmelerinden kaynaklanabilecek aşırı gerilimlerden sayısal donanımı korur. Bu bölümün ardından işarete 3.2 V ofset eklenir ve genliği 6.4 V- 0 V arasında olan işaret bölünerek 5 V- 0 V aralığına normalize edilir. Böylece 2.5 V ofset üzerinde salınan tepeden tepeye genliği en fazla 5 V olan bir işaret elde edilmiş olur. Bu bölümün çıkışına da mikrodenetleyici aşırı gerilimlerden korumak için 5.1 V zener diyot bağlanmıştır. Girişte alınan bu işaret aynı zamanda osiloskop tetikleme karşılaştırıcısına bağlıdır ve giriş işaretinin sıfır geçiş zamanları bu ek devreyle algılanır. İşaretin algılanması, sayısallaştırılması ve sıfır geçişlerinin algılanması kısmı hem Osiloskop hem de Bode Diyagramı Çizicide ortaktır.

Bode Diyagramı Çizicinin ihtiyaç duyduğu frekans taraması ise çıkış genliği ve frekansı ayarlanabilen osilatör bölümüyle yapılır. Bu bölümün çıkış genliği öncelikle 100° e bölünür ve ardından iki katlı yükselteç devresiyle aynen girişte olduğu gibi analog çoklayıcıyla ayarlanır.

Osilatör bölümünde 100'e bölünme işleminin yapılma sebebi, ölçülecek sistemin kazancının çok büyük olması durumunda doyuma gidip yanlış sonuçlar elde edilmesini engellemektir. Osilatör bölümünün frekansı bir kapasite, direnç çiftiyle ayarlanır ve bu eşleştirme mikrodenetleyici kontrolünde analog çoklayıcıyla yapılır. Böylece istenen frekanslar elde edilmiş olur. Osilatör bölümünün çıkışında da aynı giriş bölümünde olduğu gibi bir sıfır geçiş algılama devresi vardır ve bu devre de çıkış işaretinin sıfır geçişlerinin yakalanmasını sağlar. Cihazın İnsan arayüzünü butonlar ve 240x128 çözünürlükte bir grafik LCD oluşturur. Kullanıcı cihazı butonlarla kontrol ederken LCD de ise ölçüm sonuçlarını görür.

Cihazın yazılımsal kısmı da donanımsal kısmında olduğu gibi parçalı ve geliştirilebilir olarak tasarlanmıştır. Yazılım kısmı ana yazılım+küçük alt programlar, osiloskop ve Bode diyagramı çizici yazılımı olarak üç bölüme ayrılabilir. Ana yazılımda menü ve karşılama programı varken alt programlarda LCD sürücü yazılımı, bekleme programları ve tuş takımı programları gibi programlar vardır.

Cihazın yazılımsal ve donanımsal olarak çalışması ise şöyledir. Cihaz açıldığında öncelikle bir karşılama ekranı kullanıcıya gösterilir ve ardından ekrana menü basılır. Kullanıcı buradan istediği fonksiyonu seçer. Osiloskop kısmı için öncelikle giriş işareti enstrumantasyon yükselteciyle algılanır ve mikrodenetleyicinin uygun Volt/Bölme değerine göre kazancını analog çoklayıcıyla ayarladığı iki katlı yükselteç bölümüne gelir. Uygun ofset değeri eklenmiş ve ADC için normalize edilmiş giriş işareti artık mikrodenetleyicinin sahip olduğu ADC ile sayısallaştırılabilir. Osiloskop kısmında sıfır geçiş algılayıcısı işaretin tetiklenmesini sağlar. İşaretin sıfır seviyesinin altında ya da üstünde iken durum değiştirdiği an tetikleme anıdır. Osiloskop yazılımı tetikleme için bekler ve eğer uygun görülen sürede işareti tetikleyemezse zaman aşımı kararı verip tetikleme yapılmaz. Ardından yazılım zamanlayıcıyı kullanıcının istediği Zaman/Bölme değerine göre kurar ve uygun aralıklarla kesme üretmesini sağlar. Tetikleme sinyalini doğru ya da yanlış olarak algılayan yazılım bundan sonra ekran görüntüsünün gerçek zamanlı olup olmayacağına karar verir. Eğer Zaman/Bölme değeri 20 ms ve daha yukarısı ise osiloskop gerçek zamanlı çalışırken daha küçük Zaman/Bölme değerlerinde osiloskop gerçek zamanlı çalışmaz.

XII

Gerçek zamanlı osiloskop işaretin ekrana örnekler örneklemez basarken, gerçek zamanlı olmayan yazılım tam ekran işareti depolar ve ardından ekrana öyle basar. Kullanıcı tuş takımı yardımıyla Zaman/Bölme değerini 41 uS ile 200 ms arasında değiştirebilirken Volt/Bölme değerini 2 V ile 10 mV arasında değiştirebilir. Ayrıca düşen ve yükselen kenar olmak üzere iki tetikleme seçeneği vardır. Kullanıcı buradan çıkış tuşuyla çıkabilir.

Bode Diyagramı çizici yazılımı ise osilatörün frekansını analog çoklayıcı yardımıyla kapasite ve direnç değerlerini değiştirmek suretiyle ayarlarken, çıkış gerilimini de giriş yükseltecinde olduğu gibi analog çoklayıcıyla kontrol eder. Çıkış gerilim değerleri 30 mV, 300 mV ve 3 V iken frekans değerleri ise 1 Hz'ten 100 KHz'e kadardır. Frekans değerlerini sırayla tarayan Bode Diyagramı Çizici yazılımı, her bir frekans için genlik ve faz değerlerini ölçer. Ancak genlik değerinin -40 dB ile +40 dB arasındaki değerlerinin ölçülebilmesi için yüksek çözünürlüklü ve gerilim aralıklı ADC gerekeceğinden, bu yazılım çıkış ve giriş genliğini gerektiği yerde zayıflatıp ya da yükseltip ölçülecek işareti logaritmik olarak ölçer. Ölçülen bu değerler 8 kat yukarı örnekleme yapıp, doğrusal ara değerlendirme yapılır ve böylece elde edilen 31 frekans noktasından 240 frekans noktası elde edilir. Kullanıcı istediğinde, tuş takımı yardımıyla ekrana faz ya da genlik grafiğini bastırabilir veya programdan çıkabilir.

Proje mümkün olduğunca özgün olarak tasarlanmaya çalışılmış ve eğer varsa alıntı yapılan kaynaklar belirtilmiştir. Projenin yazılım ve donanım kısmı parçalı yapıda yapılmıştır ki burada amaçlanan projenin gelişmeye açık olmasını sağlamaktır. Projenin geliştirmeye açık bir yapıda yapılmasının ana sebebi ise projenin halen birçok eksiğinin olmasıdır. Osiloskop yazılımında örtüşme engelleyici sayısal filtre bulunmadığı için eğer mevcut Zaman/Bölme değerinin kullandığı örnekleme frekansından daha yüksek frekanslı işaretler sisteme uygulanırsa istenmeyen bir durum olan örtüşme olmaktadır. Ayrıca mevcut Bode Diyagramı Çizici yazılımının az frekans değerini tarayabilmesi hassas Bode Diyagramı ihtiyaçlarında örneğin çentik filtrelerde doğru çalışmasını engelleyebilir. Proje hakkında detaylı bilgiler tez kitapçığının ilerleyen bölümlerinde verilmiştir.

ABSTRACT

The Final Project that was designed in the scope of Yildiz Technical University, Electronics & Communications Engineering Department Bachelor of Science Education, can be divided into two sections, these are software and hardware.

Hardware section of project can be divided into sub circuits these are used for both Oscilloscope and Bode Plotter, may be common or separate. For instance, supply section of device is common for both Oscilloscope and Bode Plotter, that provides regulated voltages, are -9 V, +9 V and +5 V. The first section that device acquires electrical signals from input is an instrumentation amplifier. Instrumentation amplifier is suitable for this project due to its high input impedance and high noise immunity. Two zener diodes, these are reversed to act as a transil, are connected at the input of amplifier to protect device from high voltages that may be exist. As soon as electrical signals are acquired by instrumentation amplifier from input, these signals arrive to two stage amplifier section. Microprocessor of device can adjust the amplifying ratio of this section with using analog multiplexers, which can be controlled with logic inputs. This amplifier consists of two stages to preserve existing suitable bandwidth. This section has zener diodes like input, to protect digital components from voltages that, they cannot accept. After the signals leave this section, a 3.2 V offset voltage is added to these signals and product of this operation is normalized from 6.4 V-0 V range to 5 V-0 V range. So a signal, that has a 2.5 V offset value and maximum 5 V peak to peak voltage range, exists. A 5.1 V zener diode is connected parallel at the end of output to protect ADC input higher voltage values greater than 5 V. The output of input section is connected to ADC of Microprocessor also is connected to oscilloscope triggering zero crossing detector. Signal acquiring, digitalizing and zero cross detection sections are common for both Oscilloscope and Bode Plotter.

Frequency and amplitude sweep, that Bode Plotter need is performed with oscillator section whose amplitude level and frequency value can be adjusted. Output amplitude of this section is divided to 100 and adjusted like input amplitude with analog multiplexers and two stages amplifier.

Objective of dividing to 100 is to provide acquiring inaccurate values according to probability of saturation, that device under test may has great amplifying ratio. Frequency value of this section is adjusted with resistor and capacitor which are matched with microcontroller controlled analog multiplexer. So desired frequency values can be obtained. This section has a zero crossing detector that captures zero crossing of output signal like input section. Human-Device interface consist of buttons and graphical LCD which has 240x128 pixel resolution. User controls the device with buttons and gets the result of measurement on the LCD.

Software section of device is partitioned and suitable to develop like hardware section. Software section can be divided into three partitions, which are main program + various subroutines, Oscilloscope software and Bode Plotter software. As main program has menu and introduction screen, subroutines exist which are like LCD driver, button pad driver, delay subroutines, etc.

The operating principle of device can be considered for both software and hardware as below. When device is powered on, firstly user meets with a greeting screen that says welcome and menu is displayed on the screen. User can select functions which user wishes. For Oscilloscope section, firstly the input signal is acquired with instrumentation amplifier and arrives the amplifier section whose gain adjusted with microcontroller controlled analog multiplexers due to Volt/Div value. Then the signal, which is added with appropriate offset value and normalized, can be digitalized with ADC, which microcontroller includes. In Oscilloscope section, zero crossing detector provides trigger signal. The zero crossing point of a signal is the moment of triggering. Oscilloscope software waits trigger signal for an appropriate duration. If trigger signal is not perceived until the timeout period is exceeding, software ignores the trigger signal and continues. Then software sets timer to appropriate value due to Time/Div choice and provides timer to generate interrupts with accurate periods. After the trigger signal is received accurate or inaccurate, software decides whether screen image is real time or not. If Time/Div value is above 10ms software plots signal real time else software stores a full screen data of signal and plots signal if the buffer is full.

User can adjust Time/Div value from 41 μ s to 200 ms, and can adjust Volt/Div from 10 mV to 2 V. Also user has two triggering options, rising and falling edge. User can escape from program with using exit button.

Bode Plotter software adjust oscillator frequency with microcontroller controlled analog multiplexer, which can provide different resistor and capacitor matching situation and adjust output amplitude like input amplifier section. Output amplitude values are 30 mV, 300 mV and 3 V. Frequency values are from 1 Hz up to 100 KHz. Bode Plotter sweeps this frequencies and measures voltage values and phase differences between input with output signal. Measuring amplitude values between -40 dB with +40 dB require higher ADC resolution and high voltage range. Because of this situation, software changes amplifying gain and output signal level. This provides sweeping high voltage ranges. So software can measure the output dB level of signal. This measured frequency points are up sampled eight times and are interpolated linearly. Thus 240 screen points are acquired and user can have software plot Bode Diagram. Project was designed as creative as possible. Both software and hardware are designed fragmented to preserve development. Project is open to develop because it needs a lot of research and development. For instance, if a signal has a frequency value bigger than sampling frequency of existing Time/Div setting, undesired aliasing occurs. In addition, Bode Plotter sensitivity is consisting of number of 32 frequency values, so software may miss some values. Especially some notch filters may cause this problem. The information about project is given elaborately through this booklet.

1.GİRİŞ

Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği, Bitirme Tezi kapsamında gerçekleştirilen Mikrodenetleyici ile Dijital Osiloskop ve Bode Diyagramı Çizici Projesinde amaçlanan bahsi geçen bu cihazların temel fonksiyonlarını yerine getirebilecek bir cihazın tasarlanmasıdır. Osiloskop kısmında amaçlanan, ölçüm uçlarına uygulanan giriş geriliminin zamana göre değişimini bir ekran üzerinde gösteren elektronik ölçüm cihazının tasarlanması, Bode Diyagramı Çizici kısmında ise bir sistemin frekans ve faz cevabını grafiksel olarak bir ekran üzerinde gösteren ölçüm cihazının tasarlanmasıdır.

Bu konuda bu zamana kadar fazla çalışma yapılmamış olup var olan çalışmalar genelde Dijital Osiloskop tasarımı üzerindedir. Bu projeler incelendiğinde gerek yazılım dili, gerek kullanılan mikrodenetleyiciler karşılaştırıldığında özellikle benzer projelerde C dili kullanılmış olmasına rağmen osiloskop kısmının daha hızlı çalışması için bu projede makine dili kullanılmasına karar verilmiştir. Bode diyagramı çizici için ise gerek basılı ortamda gerek internet ortamında yapılan araştırmalarda örnek olabilecek kaynak bulunamamıştır. Ancak temel çalışma prensibi birçok kaynaktan rahatlıkla bulunabilir olduğundan, bu kaynaklar incelenmiş ve bu inceleme sonucunda buralarda anlatılan özellikleri gerçekleştirebilecek bir cihaz yapılmasına çalışılmıştır.

Osiloskop ve Bode Diyagramı Çizici cihazlarının temel çalışma prensipleri göz önüne alınacak olursa, Osiloskop bir elektriksel işaretin zamana bağlı değişimini grafiksel olarak bir ekranda gösteren cihaz olup, Bode Diyagramı Çizici ise Bode Diyagramı çizen yani bir sistemin frekans'a bağlı olarak genlik ve faz cevabını bir ekranda gösteren cihazdır.

Cihazın donanım tasarımında ise düşük gürültülü FET girişli işlemsel yükselteçler, yükselteçlerde farklı kazançlar elde etmek ve VCO(Gerilim Kontrollü Osilatör) ile farklı frekanslar üretmek amacıyla da analog anahtarlar kullanılmıştır. Ayrıca gereken yerlerde CMOS tersleyici tamponlar kullanılmıştır.

Projede gerek sahip olduğu RAM(Geçici Veri Belleđi) boyutu gerekse ADC(Analog-Dijital Dönüřtürücü) hızının yüksek olması sebebiyle PIC18F4620 mikrodeneleyicisi kullanılmıştır. Bu mikrodeneleyici 4 KB RAM'e sahiptir ve ADC hızı 83.3 Ksps'a çıkabilmektedir. Ayrıca sahip olduğu komut seti ve üreticisi olan Microchip™ şirketinin ürünlerine verdiği destek bu mikrodeneleyicinin sečilmesindeki en büyük etkenlerden biridir.

Projede görüntüleme birimi olarak T6963C LCD işlehcisi kullanan 240x128 piksel tek renkli LCD(Sıvı Kristal Ekran) kullanılmıştır. Bu ekranın sečilmesinde en büyük etken ekranın tamamını tek bir işlehcinin tarayabilmesi ve bu işlehcinin gelişmiş komutlara sahip olmasıdır.

Proje yazılımı tasarlanırken, yazılımın geliştirilebilir, kolay anlaşılır ve modüler bir yapıda olması sağlanmaya çalışılmıştır. Özellikle bu projen baştan sona kendine has bir yazılım tasarımı gerektirdiğinden proje yazılımı özgün bir yazılım olmuştur. Ayrıca projede makine dilinin kullanılması hem zamanlama konusunda olabilecek problemleri ortadan kaldırmış, hem de yazılan kodun optimizasyonunu üst düzeyde tutmuştur.

Projenin hem yazılım kısmı hem de donanım kısmı parçalar halinde tasarlanmış olup, proje son olarak bu parçaların birleştirilmesiyle gerçekenmiştir. Ayrıca yazılım kısmında tasarlanan bölümlerin özellikle geliştirmeye açık ve parçalı yapıda olması sağlanmaya çalışılmıştır. Böylece proje geliştirmeye açık bir hale getirilmiştir. Bu aşamada projede gerçekenleştirilen tasarımda bahsi geçen cihazların temel özelliklerinin gerçekenmesi amaçlandığından, istenirse daha sonra yeni yazılım ve donanım parçaları projeye eklenerek tasarıma yeni özellikler katılabilir ve proje genişletilebilir.

Tezin ilerleyen bölümlerinde ilk olarak elektriksel işaretlerin elde edilmesi ve uygun biçimde sayısal veriye dönüştürülmesine, daha sonra proje yazılımının ve donanımının detaylarına değinilmiştir.

2. ELEKTRİKSEL İŞARETLERİN ELDE EDİLMESİ VE SAYISALLAŞTIRILMASI

Elektriksel işaretler gerek günlük hayatta gerekse laboratuvar ortamında sıklıkla karşılaştığımız işaretlerdir. Bu işaretlerin doğru bir şekilde elde edilmesi ve sayısallaştırılması oldukça güç olduğu için bu konuda bilimsel olarak birçok araştırma yapılmıştır ve halen yapılmaktadır. Özellikle tıp alanındaki çalışmalarda canlılar üzerindeki elektriksel işaretlerin doğru olarak elde edilmesinde özel yöntemler kullanılmaktadır.

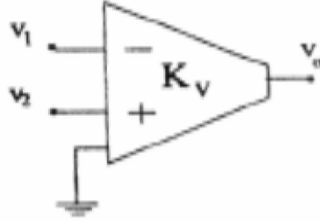
Bu projede elde edilmesi istenen işaretler ölçüm düzeneklerindeki işaretler olduğundan, bu işaretleri doğru bir şekilde algılamak için özel bir tasarım yapılması ihtiyacı doğmuştur. Elektriksel işaretlerin doğru algılanmasına zorlaştıran en büyük etkenlerden biri, bir elektriksel işaret kaynağı gibi davranan ölçüm noktalarının kendi iç dirençlerinin olmasıdır. Bundan dolayıdır ki, eğer bir işaret kaynağından bir elektriksel işaret algılanacaksa, kaynağın iç direncinin de göz önüne alınması gerekir. Bu durumda açıkça görülmektedir ki ölçüm yapan cihazın giriş direnci ölçülecek noktanın giriş direncinden çok çok büyük olmalıdır.

Elektriksel işaretlerin elde edilmesini zorlaştıran diğer faktörlerden biri ise gürültüdür. Etrafımızdaki hemen hemen herşey elektriksel işaretler ürettiğinden bu işaretlerin bizim ölçmek istediğimiz işaretlerle karışması, ya da kullandığımız elektronik elemanların kendi iç gürültülerinin ölçüm işaretini bozmaları olasıdır. Bu sebeple bu projede FET(Alan Etkili Transistör) girişli işlemsel yükselteçlerle yapılmış enstrumantasyon yükselteci tasarlanmıştır. Böylece yüksek giriş empedansı ve yüksek gürültü bağımsızlığı elde edilmiştir.

Bu konuda projeyi etkileyen diğer bir faktör ise ölçüm yapan cihazın bant genişliğidir. Eğer ölçüm yapan cihaz ölçüm yapılacak cihazın frekans seviyesine ulaşamıyorsa işaretle bozulmalar meydana gelir. Bu soruna çözüm bulmak için giriş işareti birden fazla yükselteç katı kullanılarak yükseltilmiştir.

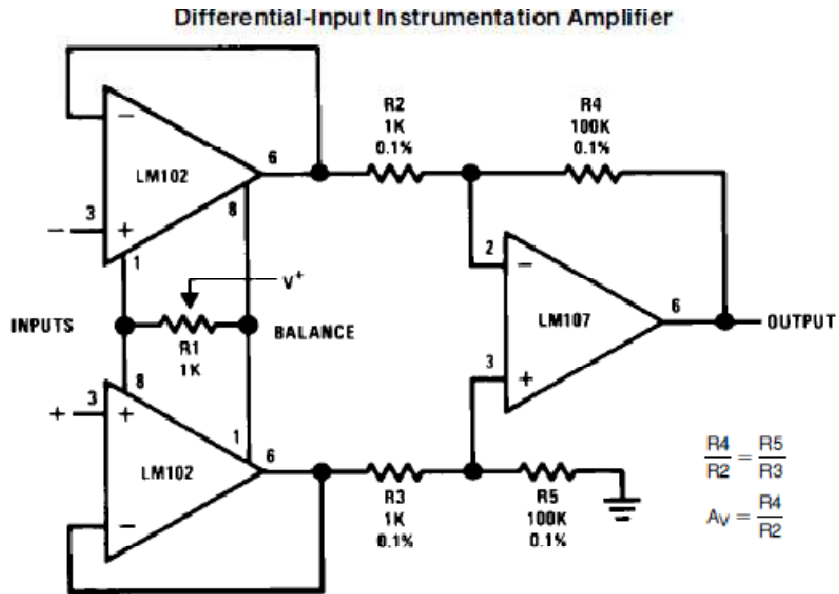
2.1 Enstrumantasyon Yükselteçleri

Enstrumantasyon yükselteçleri temel olarak yüksek empedanslı fark kuvvetlendiricileri olarak nitelendirilebilir. Birçok devre topolojisi bulunan bu yükselteçlerde aranan özellikler, yüksek giriş empedansı, yüksek CMRR(Ortak işaret bastırma oranı), düşük ofset gerilimi ve yüksek lineerliktir.[1]



Şekil 2.1 Enstrumantasyon yükseltecinin sembolik gösterimi [1]

Aşağıdaki şekilde de bu projede kullanılan enstrumantasyon kuvvetlendiricisinin şeması verilmiştir. Projede TL084 işlemsel yükselteçleri kullanıldığından çıkış ofset ayarı için kullanılan R1 direnci kullanılmamıştır. Ayrıca bant genişliğini korumak adına R2, R3, R4 ve R5 dirençleri kazancı bir yapacak şekilde seçilmiştir.



Şekil 2.2 Projede kullanılan enstrumantasyon yükseltecinin devre şeması[2]

Projede kullanılan devreyi kısaca açıklayacak olursak, girişte bulunan gerilim izleyici devresi yüksek giriş empedansını sağlayan kısımdır. Bilindiği gibi işlemsel yükselteçlerin giriş uçlarından çektiği akım çok küçüktür ve hatta teorik olarak sıfır kabul edilir. Ayrıca bu devrede ölçüm giriş uçlarının hem pozitif hem de negatif ucunda gerilim izleyici olması bu devrenin toprağı ölçülecek devrenin toprağından görece ayırır bundan dolayıdır ki iki nokta arasındaki fark gerilimi doğru bir şekilde ölçülebilir.

Giriş kısmından sonra gelen devre fark kuvvetlendiricisidir ki bu kuvvetlendirici yüksek CMRR oranına sahiptir. Devrede amaçlanan pozitif ve negatif uçlar arasındaki gerilim farkını ölçmek olduğundan bu devreyle bu rahatlıkla ve doğrulukla sağlanır.

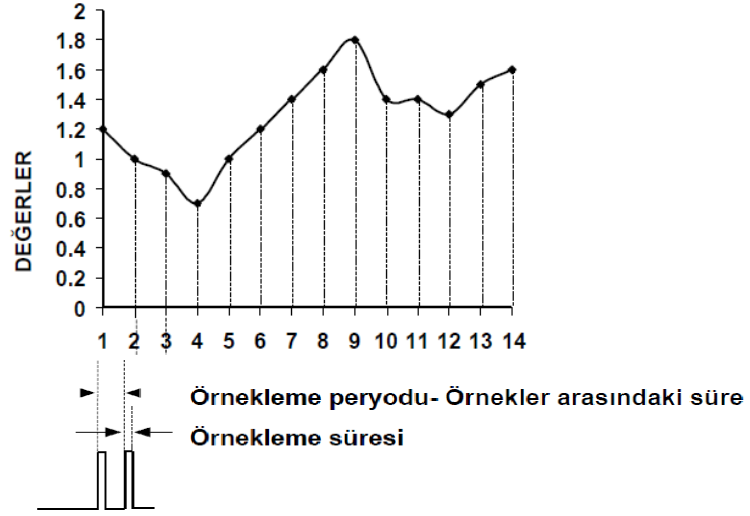
Sonuç olarak yüksek giriş empedansı ile alınan işaret fark kuvvetlendiricisiyle birleştirildiğinde giriş uçları arasında var olan potansiyel farkının elde edilmesi sağlanmış olur.

2.2 Elektriksel İşaretlerin Sayısallaştırılması

Analog işaretler doğada her gün rastladığımız sürekli zamanlı işaretlerdir. Yani işaretin aldığı değerler zamana göre süreklidir. Ancak bilgisayar ortamında sürekli zaman işareti işlemek mümkün olmadığından işareti ayrıklaştırmak gerekir. Çünkü bilgisayar, mikrodenetleyici gibi cihaz ve elemanlar ayrık zamanlı çalışır. Elektriksel işaretlerde, analog işaretler olduğundan bu işaretlerin işlenmesi için sayısallaştırılması gerekmektedir. Sayısallaştırma işlemini incelediğimizde temel kavram olarak karşımıza örnekleme kavramı çıkar.

Analog işaretler doğada her gün rastladığımız sürekli zamanlı işaretlerdir. Yani işaretin aldığı değerler zamana göre süreklidir. Ancak bilgisayar ortamında sürekli zaman işareti işlemek mümkün olmadığından işareti ayrıklaştırmak gerekir. Çünkü bilgisayar, mikrodenetleyici gibi cihaz ve elemanlar ayrık zamanlı çalışır. İşaretlerin sayısallaştırılmasında temel kavram olarak karşımıza örnekleme kavramı çıkar.

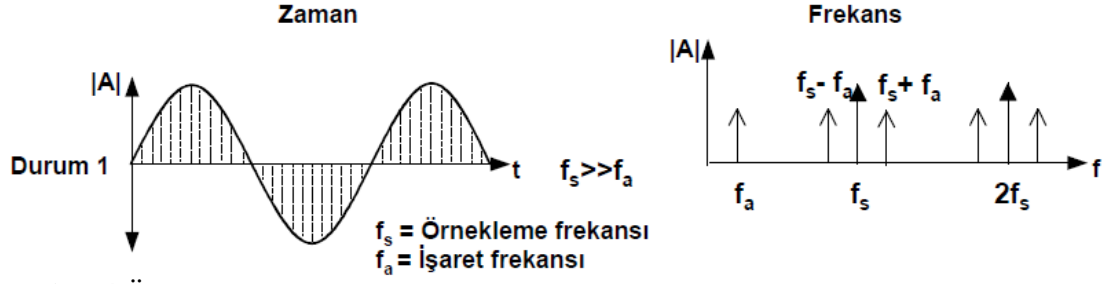
2.3 Örnekleme Teoremi



Şekil 2.3 Sürekli zamanlı bir işaretten örnekler alınması.[3]

Örneklemenin kısaca tanımını yapacak olursak örnekleme sürekli zamanlı işaretlerden belirli andaki değerlerinin periyodik veya aperiyojik olarak alınması ve ayrık zamanlı işaretin oluşturulmasıdır. Teorik olarak bu işlemin yapılması için analog işareti impuls katarıyla çarpmak yeterlidir. Pratikte impuls elde edilemeyeceğinden analog işaret bir kare dalgayla çarpılır. Şekil 2.3 'te sürekli zamanlı bir işaretten örnekler alınmasının grafiksel gösterimi görülebilir.

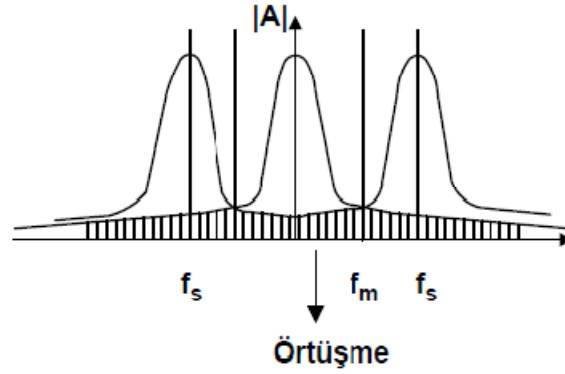
Bilindiği gibi zaman domeninde çarpma frekans domeninde konvolüsyon işlemine karşılık gelir. Örnekleme işlemini frekans domeninde inceleyecek olursak; bir işareti impuls ile konvolüsyon işlemine sokmak o işareti impulsun frekansına taşımak anlamına geldiğinden örneklenmiş işaret frekans domeninde örnekleme frekansıyla beraber kendini tekrar eden bir işarete dönüşür.



Şekil 2.4 Örnekleme işleminin zaman ve frekans domeni gösterimi[3]

Şekil 2.4'te görüldüğü gibi f_s frekansı ile örneklenen işaret örnekleme sonucunda frekans domeniinde f_s , $2f_s$, $3f_s$ frekanslarına taşınır. Burada görüldüğü gibi eğer işaretin bant genişliği $2f_s$ 'ten büyükse frekans domeniinde örtüşme olur. Şekil 2.5'te bu açıkça görülmektedir.

Frekans domeniindeki bu örtüşmeyi önlemek için Nyquist kriteri tanımlanmıştır. Şekilden de anlaşılacağı üzere bu teoreme göre bant genişliği B olan alçak geçiren bir işaret örneklenmek isteniyorsa örnekleme frekansı f_s en az $2B$ olarak seçilmelidir. Pratikte bu değer $2.2B$ 'dir.

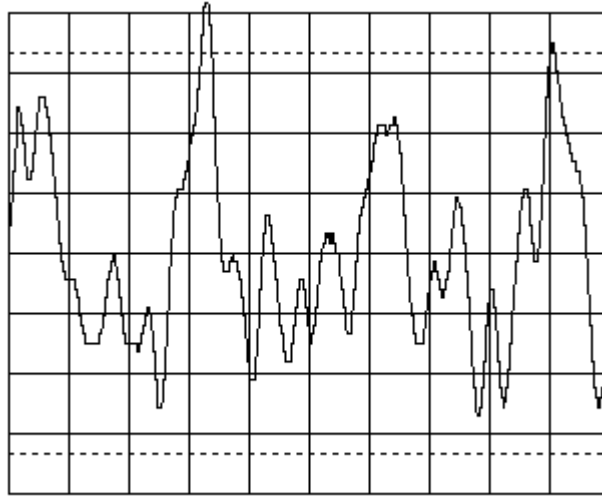


Şekil 2.5 Frekans domeniinde örtüşme[3]

3. PROJEDE GERÇEKLEŞTİRİLEN CİHAZLARIN TEMEL ÇALIŞMA PRENSİPLERİ

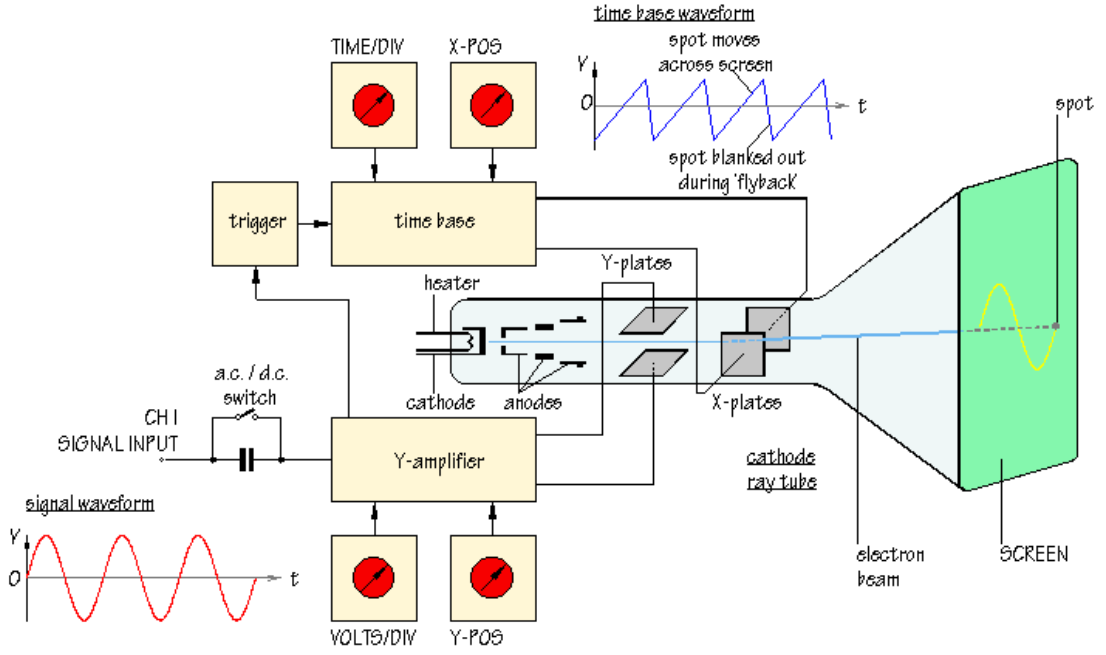
Proje kapsamında tasarımı yapılan Dijital Osiloskop ve Bode Diyagramı Çizici cihazları işlev bakımından birbirine benzeyen cihazlardır. Osiloskop cihazı ister analog olsun ister sayısal olsun, periyodik işaretlerin zamana bağlı değişimlerini gösteren bir cihazdır. Bode Diyagramı Çizici ise adından da anlaşılacağı gibi bir sistemin Bode diyagramını yani frekans ve faz cevabını gösteren bir cihazdır.

3.1 Osiloskop Cihazının Temel Çalışma Prensibi



Şekil 3.1 Osiloskop Ekranı

Osiloskop cihazı bir elektriksel işaretin zamana göre değişimini ya da başka bir işarete göre değişimini bir ekranda gösteren cihazdır. Ekranın X ve Y eksenleri olduğunu varsayarsak yatay eksen(X eksen) zamanı, düşey eksen(Y eksen) ise genliği göstermektedir. Şekil 3.1’de görüldüğü gibi yatay eksen zaman eksen ve düşey ekseninde genlik eksenini olup işaretin zamana göre değişimi rahatlıkla izlenebilmektedir. Burada yatay eksen de bir işaret kaynağı gibi düşünebiliriz. Şöyle ki, düşey eksen işaretin genliğiyle doğrusal olarak değişmektedir, yani bir nevi tarama yapmaktadır. Yatay ekseninde ise zamana bağlı doğrusal bir değişim olması gerekir. Bunu sağlayan ise yatay eksen tarayan testere dişi dalgadır.



Şekil 3.2 Basit bir analog Osiloskopun blok diyagramı [4]

Yukarıdaki şekil incelendiğinde giriş kısmında AC ya da DC kuplajı seçmeyi sağlayan bir anahtar olduğu görülür. Girişe uygulanan işaretin DC bileşeni engellenmek isteniyorsa bu bileşeni yalıtım için bir kuplaj kondansatörü kullanılır. Daha sonra bu işaret uygun oranlarda yükseltilir ya da zayıflatılır ve ekranda Y eksenini olarak görülür.

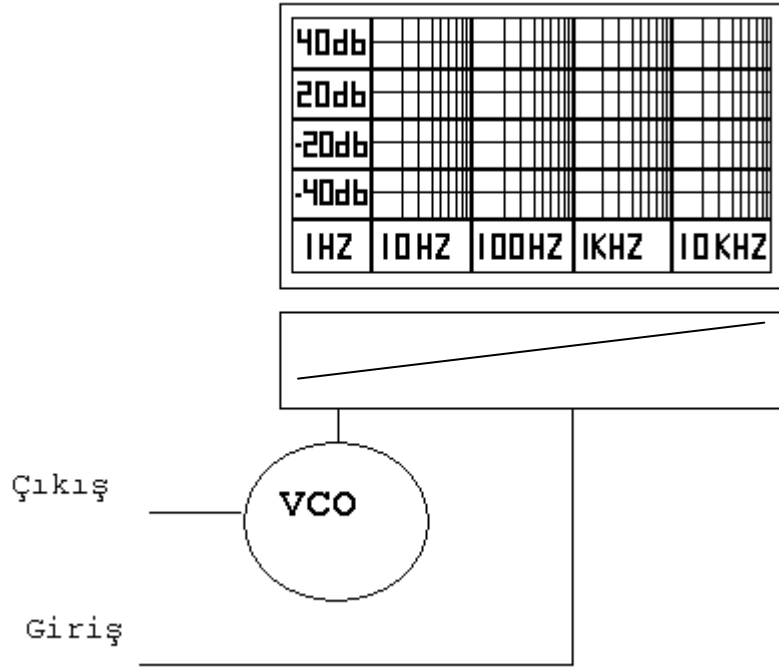
Yine yukarıdaki şekil incelendiğinde X eksenini oluşturan işaretin bir testere dişi dalga olduğu görülür. Bu işaretin bir periyodunda ekran bir kez taranır ve sonra ekranın soluna döner.

Ancak burada dikkat edilmesi gereken en önemli noktalardan biri gözlemlenecek işaretin periyodik olması gerekliliğidir. Eğer gözlemlenecek işaret periyodik olmazsa her defasında ekranda görünen işaret hızlı bir biçimde değişecek ve bu değişimi insan gözü algılayamayacağı için görüntüyü kayırmış gibi görecektir. Osiloskopun en önemli kısımlarından biri ise tetikleme (Trigger) bölümüdür. Tetikleme gözlemlenecek sinyalin her defasında aynı yerden yakalanmasını ve ekrana basılmasını sağlar. Eğer tetikleme düzeneği olmazsa işaret her defasında rastgele bölümlerden yakalanacağı için ekrandaki görüntü yine düzgün olarak

gözlemlenemez. Tetikleme bölümünün yaptığı işi yükselen kenar için örnek verecek olursak, tetikleme; işaretin genliğinin tetikleme seviyesinin altında olduğu durumun genliğin tetikleme seviyesinin üstüne çıkıp bu durumu bozmasıyla beraber işaretin ekrana basılmasıdır. Böylece işaret her defasında tetikleme seviyesinin üstüne çıkar çıkmaz ekrana basılabilecektir.

3.2 Bode Diyagramı Çizici Cihazının Temel Çalışma Prensibi

Bode Diyagramı Çizici bir sistemin genlik ve faz karakteristiğini frekansa bağlı olarak gösteren cihazdır. X eksenini frekans eksenini Y eksenini ise genlik ve faz eksenidir.



Şekil 3.3 Basit bir Bode Diyagramı Çizicinin Blok Şeması

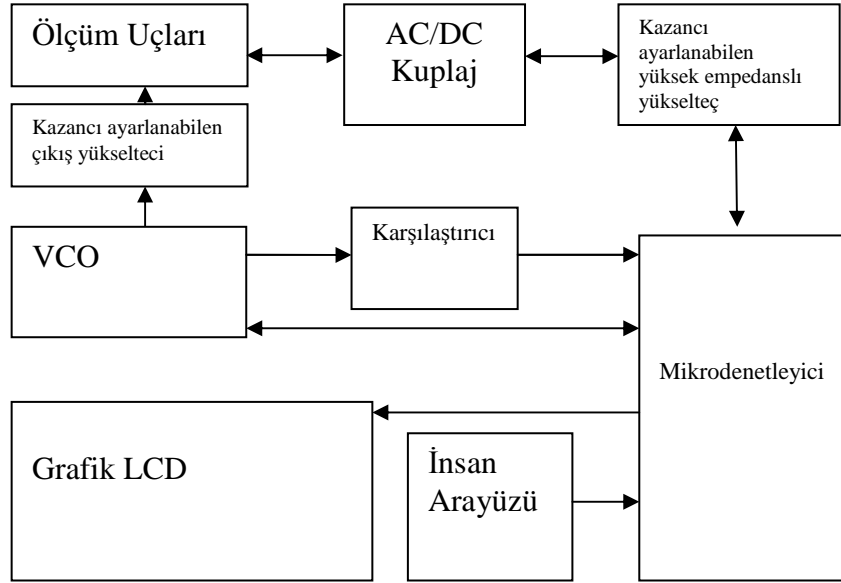
Şekil 3.3'te en temel ve basit bir Bode Diyagramı çizici görülmektedir. Burada VCO(Gerilim Kontrollü Osilatör) girişine ölçüm cihazı tarafından bir testere dişi dalga gönderilir. VCO sinüs işareti üretir ki bu üretilen sinüs ölçüm cihazının çıkışıdır ve ölçülecek sistemin girişine bağlanır. Bu giriş sonucunda ölçülecek sistem frekans karakteristiğine bağlı olarak bir çıkış üretir ki bu çıkışta ölçüm cihazının girişine bağlanır. Sonuçta VCO testere dişi dalgayla her frekansta sinüs üreteceğinden dolayı her frekans taranmış ve bu taranan frekanslara karşılık gelen genlik ve faz farkı ölçülmüş olur.

4. PROJE KAPSAMINDA TASARLANAN SİSTEMİN DONANIMSAL VE YAZILIMSAL TASARIMI

Projede kapsamında tasarlanan sistemi yazılımsal ve donanımsal olmak üzere ikiye ayırabiliriz. Donanımsal ve yazılımsal kısmın her ikisi de parçalı bir yapıda tasarlanmaya çalışılmış ve ileride geliştirmeye açık olacak bir biçimde kalması sağlanmıştır. Özellikle yazılım kısmında geliştirme yapılmak istendiğinde bu çok kolay yapılabilir.

4.1 Proje Kapsamında Tasarlanan Sistemin Donanımsal Tasarımı

Proje kapsamında tasarlanan sistemin donanımsal tasarımı parçalı olarak yapılmıştır. Tasarlanan bu parçalar daha sonra birleştirilmiş ve son olarak sistem gerçekleştirilmiştir. Projenin donanımsal tasarımı sürecinde birçok tasarım incelenmiş ve son olarak uygun olan devreler ve elemanlar seçilmiştir. Aşağıdaki şekilde projeyi oluşturan sistemin blok diyagramı görülmektedir.



Şekil 4.1 Projede Tasarımı Yapılan Sistemin Donanımsal Blok Diyagramı

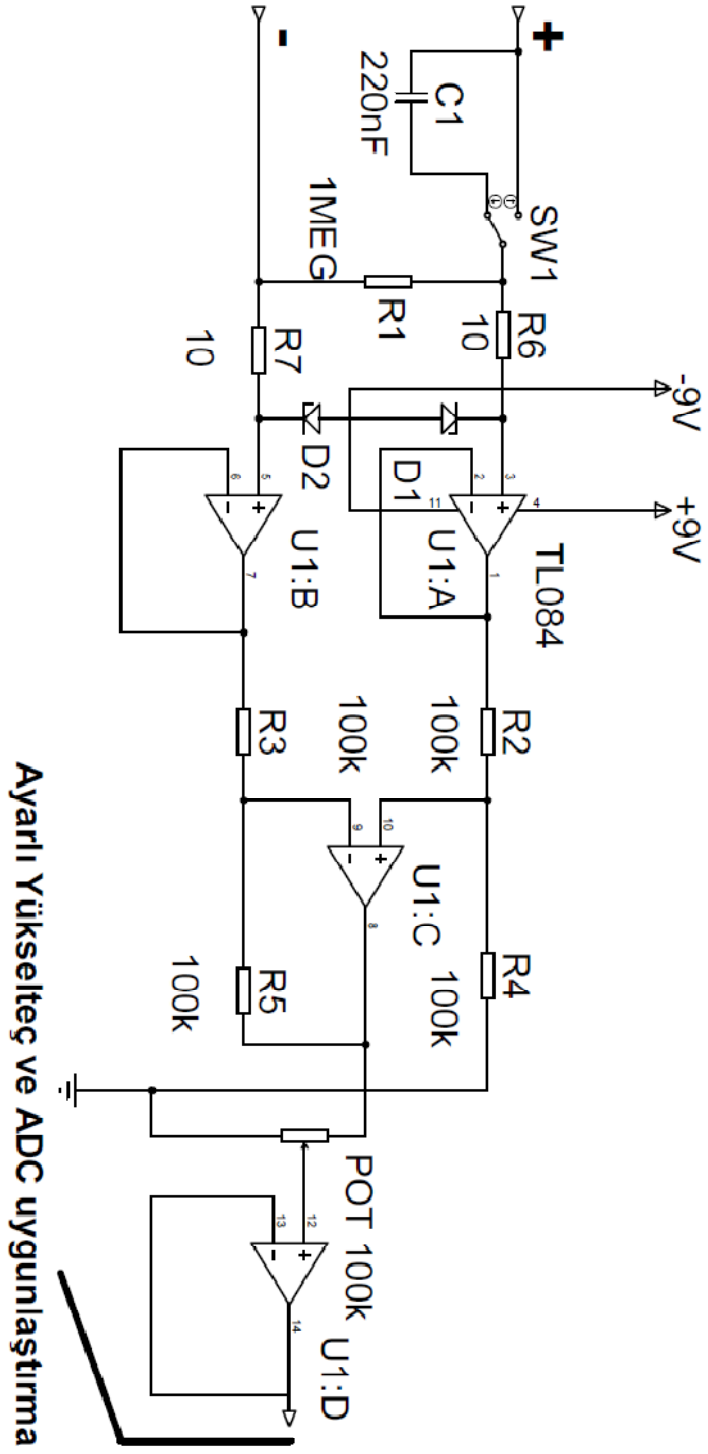
Projenin donanımsal kısmının parçaları aşağıdaki gibi sıralanmış olup her bir bölüm ayrı birer başlık altında anlatılmıştır.

- Ölçüm uçları, AC/DC kuplaj ve giriş enstrumantasyon yükselteci
- Kazancı ayarlanabilen yükselteç ve ADC girişi uygunlaştırma bölümü
- Frekansı ve Çıkış Genliği Ayarlanabilen Osilatör Bölümü
- Tetikleme ve Faz farkı alma işlemleri için kullanılan karşılaştırıcı bölümü
- Mikrodenetleyici, İnsan-cihaz arayüzü butonlar ve ekran
- Devrenin Beslemeleri

4.1.2 Ölçüm Uçları, AC/DC Kuplaj Ve Giriş Enstrumantasyon Yükselteci

Bu bölüm projenin osiloskop ve Bode diyagramı çizici kısmının ortak kullandığı bölümdür. Ölçüm uçlarında gürültüyü en aza indirmek için bükülü kablo çifti olarak yapılmıştır. Ayrıca devrenin tasarımı sayesinde giriş ölçüm uçları devrenin toprağından bağımsız olarak tasarlanmıştır. Böylece iki nokta arasındaki potansiyel farkı ölçülmek istendiğinde toprağın ortak olmasından kaynaklanan bazı sorunlarla karşılaşılacaktır.

Şekil 4.2’de bu bölümün devre şeması görülmektedir. Girişte bulunan anahtar yardımıyla AC/DC kuplaj seçilmektedir. Girişe paralel $1\text{ M}\Omega$ direnç ise hem kuplaj kondansatörünün üzerindeki DC gerilimi boşaltmasını hem de devrenin genelde $1\text{ M}\Omega$ olan standart osiloskop girişine sahip olmasını sağlamaktır, çünkü girişteki enstrumantasyon yükseltecinin giriş direnci çok yüksektir. Girişte bulunan ve anotları bir birine bağlı iki zener diyotun görevi ise analog ve dijital devreyi olası yüksek giriş gerilimlerinden korumaktır. Bu diyotların değeri 5.6 V olup, birbirlerine ters bağlanmaları sebebiyle bir diyotun eşik gerilimi ve diğer diyotun zener gerilimi toplamı yaklaşık 6.4 V olduğundan bu değerden yukarı gerilimlerin devreye girmesini engellerler.



Şekil 4.2 Giriş bölümünün devre şeması

Girişe bağı zener diyotların ardından üç işlemsel yükselteç ile gerçekleştirilmiş bir enstrumantasyon yükselteci vardır. İlk iki işlemsel yükselteç gerilim izleyici görevi görürken üçüncüsü ise fark yükselteci görevi görür. Fark yükseltecinde direnç değerleri 100 k Ω seçilmiştir. Son kısımda girişten elde edilen gerilimin ikiye bölüdüğü ve tamponlandığı kısım vardır. İkiye bölme işlemi Osiloskopta gerilim ölçüm aralığını 6.4 V'a çıkarmak için, tamponlama ise diğer katın bu kattan akım çekerek işareti olduğundan farklı algılamasını engellemek için yapılmıştır. Çünkü giriş katının da kendi iç direnci vardır ve tamponlamayla bu direnç azaltılmış olur.

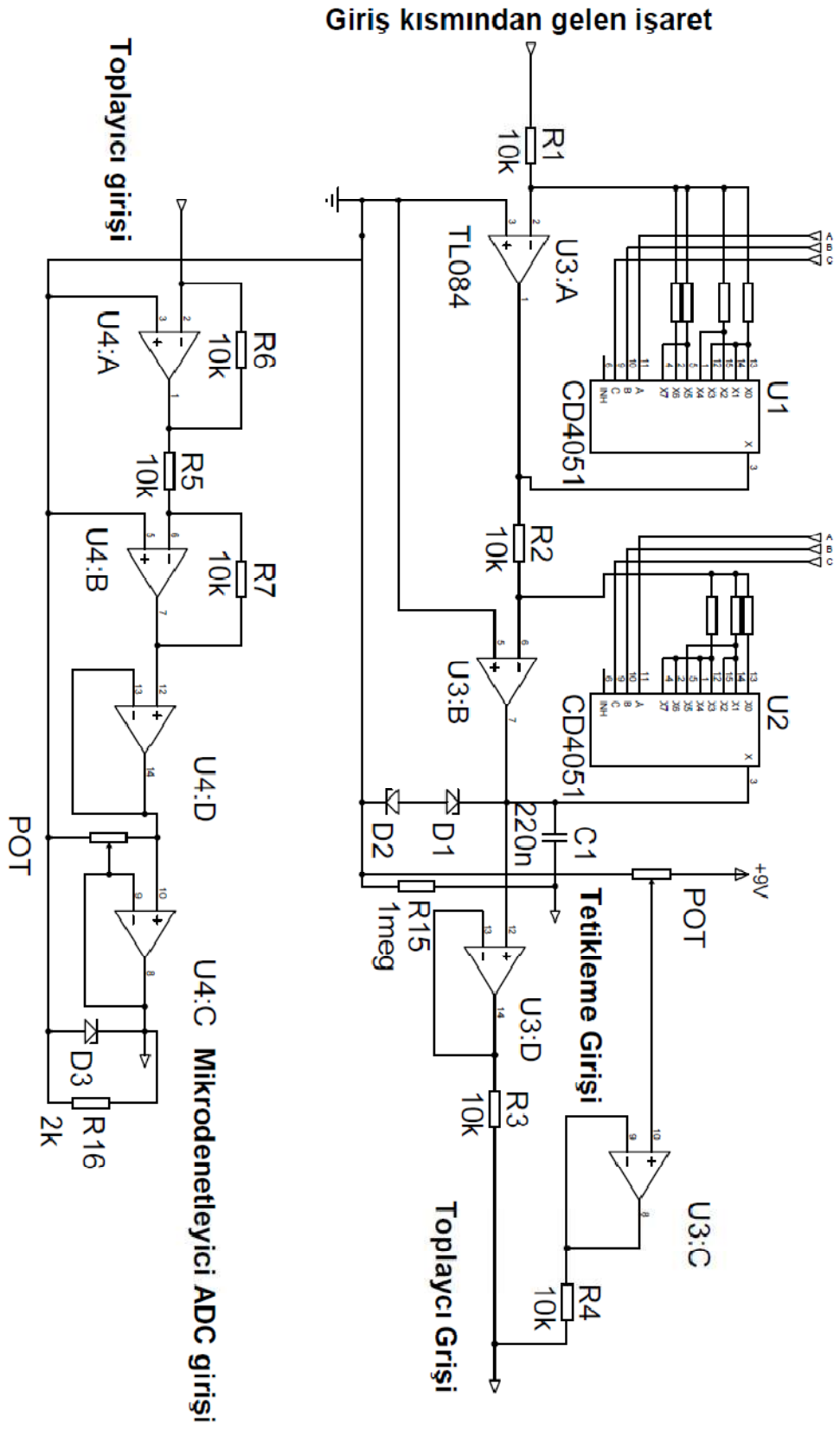
4.1.3 Kazancı Ayarlanabilen Yükselteç ve ADC Girişi Uygunlaştırma Bölümü

Devrenin bu bölümü giriş kısmıyla elde edilen işaretlerin yükseltme işleminin yapıldığı bölümdür. Giriş kısmından gelen işaret iki katlı bir yükselteçten geçirilir. Yükseltecin iki katlı olmasının sebebi devrenin bant genişliğini üst seviyede tutmaktır. Bu yükselteçlerin kazanç kontrolünü mikrodenetleyici analog çoklayıcı anahtarlar ile yapmaktadır. Bu anahtarlar dijital olarak kontrol edilmekte ve her bir durumda bir direnç devreye girmektedir. Aşağıdaki tabloda her bir durum ve bu duruma karşılık gelen direnç değerleri verilmiştir.

Tablo 4.1 Giriş yükselteci kazanç değerleri ve bu kazançları sağlayan direnç değerleri

Yn	VOLT/DİV-KAZANÇ	Analog Çoklayıcı 1	Analog Çoklayıcı 2
0	2V-1	10k	10k
1	1V-2	10k	20k
2	0.5V-4	20k	20k
3	0.2-10	10k	100k
4	0.1-20	20k	100k
5	50mV-40	200k	20k
6	20mV-100	100k	100k
7	10mV-200	200k	100k

Giriş işareti burada uygun kazançla yükseltildikten sonra bu işaret hem tetikleme karşılaştırıcısının girişine hem de ADC uygunlaştırma kısmına girer. Ancak yükseltme işleminden geçen işarete aynen giriş bölümünde olduğu gibi birbirine ters bağlı zener diyotlar paralel olarak bağlanmıştır. Bu diyotların zener gerilimi 2.4V'tur ve ters gerilimiyle toplandığında projede arzulanan değer olan 3.2V'a yakın bir koruma gerilim değerini elde edilir. Böylece sayısal kısım aşırı yükseltme sonucu oluşabilecek yüksek gerilimlerden korunur. ADC uygunlaştırma kısmında işarete 3.2V ofset gerilimi eklenir, ADC'ye uygun gerilim ölçeklemesi olması için işaret 5/6.4 ile oranlanır ve son olarak bu işaret tamponlanarak ADC girişine bağlanır. ADC girişinde 5.1V'luk zener mikrodenetleyiciyi aşırı gerilimlerden korurken, paralel bağlı direnç ADC evrim bekleme süresini azaltmak için kullanılmıştır. Şekil 4.3'te giriş kazanç kontrol ve ADC uygunlaştırma devresi görölmektedir. Şekilde gösterilen dirençlerin değerleri Tablo 4.1 'den görölebilir. Analog oklayıcıların uçlarına bağlanan dirençler tabloda gösterilen numaralara göre bağlanmıştır.



Şekil 4.3 Giriş kazanç kontrol ve ADC uygunlaştırma devresi

4.1.4 Frekansı ve Çıkış Genliği Ayarlanabilen Osilatör Bölümü

Projeye ait devrenin bu bölümünde Bode Diyagramı Çizici için gerekli olan frekansı ve genliği ayarlanabilen osilatör vardır. Osilatörün frekansı direnç ve kapasite çiftiyle ayarlanırken, çıkış genliği ise aynı giriş bölümünde olduğu gibi mikrodenetleyici kontrolündeki analog anahtarlar ile yapılır. Aşağıdaki tablolarda ilgili direnç ve kapasite değerlerine karşılık gelen frekans ve genlik değerleri verilmiştir.

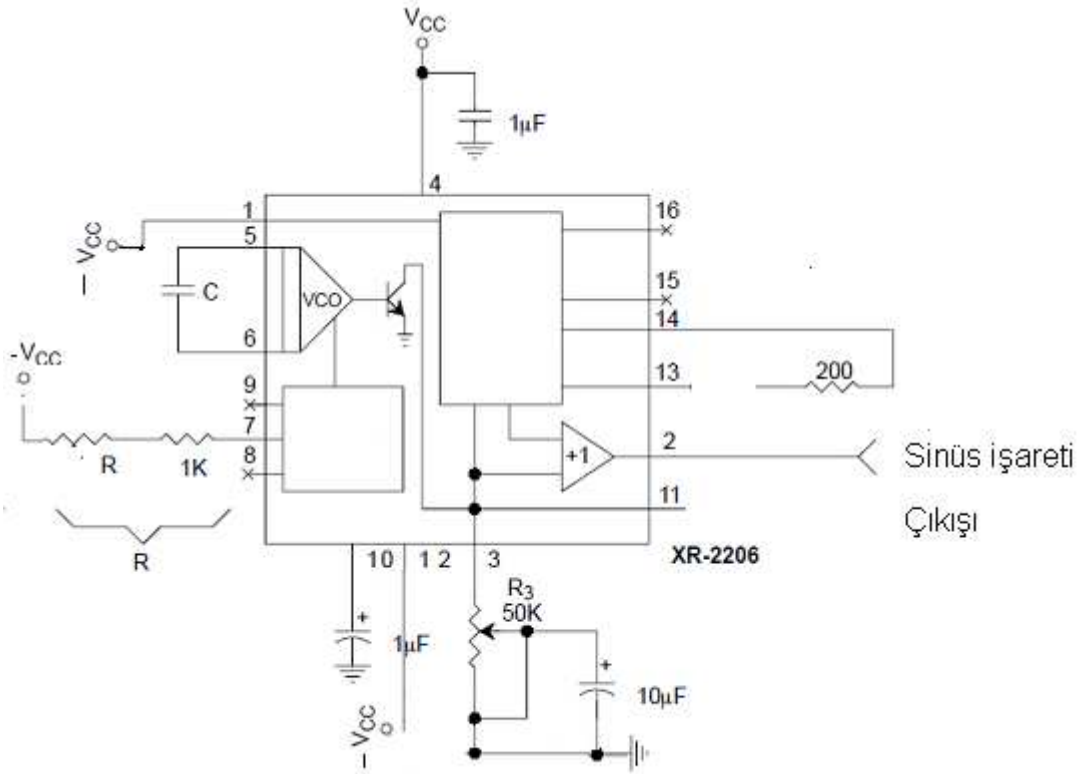
Tablo 4.2 Osilatör frekansının Direnç ve Kapasite değerlerine bağlı değişimi

Direnç/ Kapasite		100K	62K	51K	33K	22K	12K	10K	6.2K
		0	1	2	3	4	5	6	7
10u	0	1HZ	1.6HZ	2HZ	3HZ	4.5HZ	8.3HZ	10HZ	16HZ
470n	1	21HZ	34HZ	42.5HZ	64HZ	96.7HZ	176.6HZ	213HZ	340HZ
22n	2	454.6HZ	727HZ	909HZ	1.4KHZ	2KHZ	3.8KHZ	4.6KHZ	7.3KHZ
1n	3	10KHZ	16KHZ	20KHZ	30KHZ	45KHZ	83KHZ	100KHZ	160KHZ

Tablo 4.3 Osilatör çıkış geriliminin analog anahtarlara göre değişimi

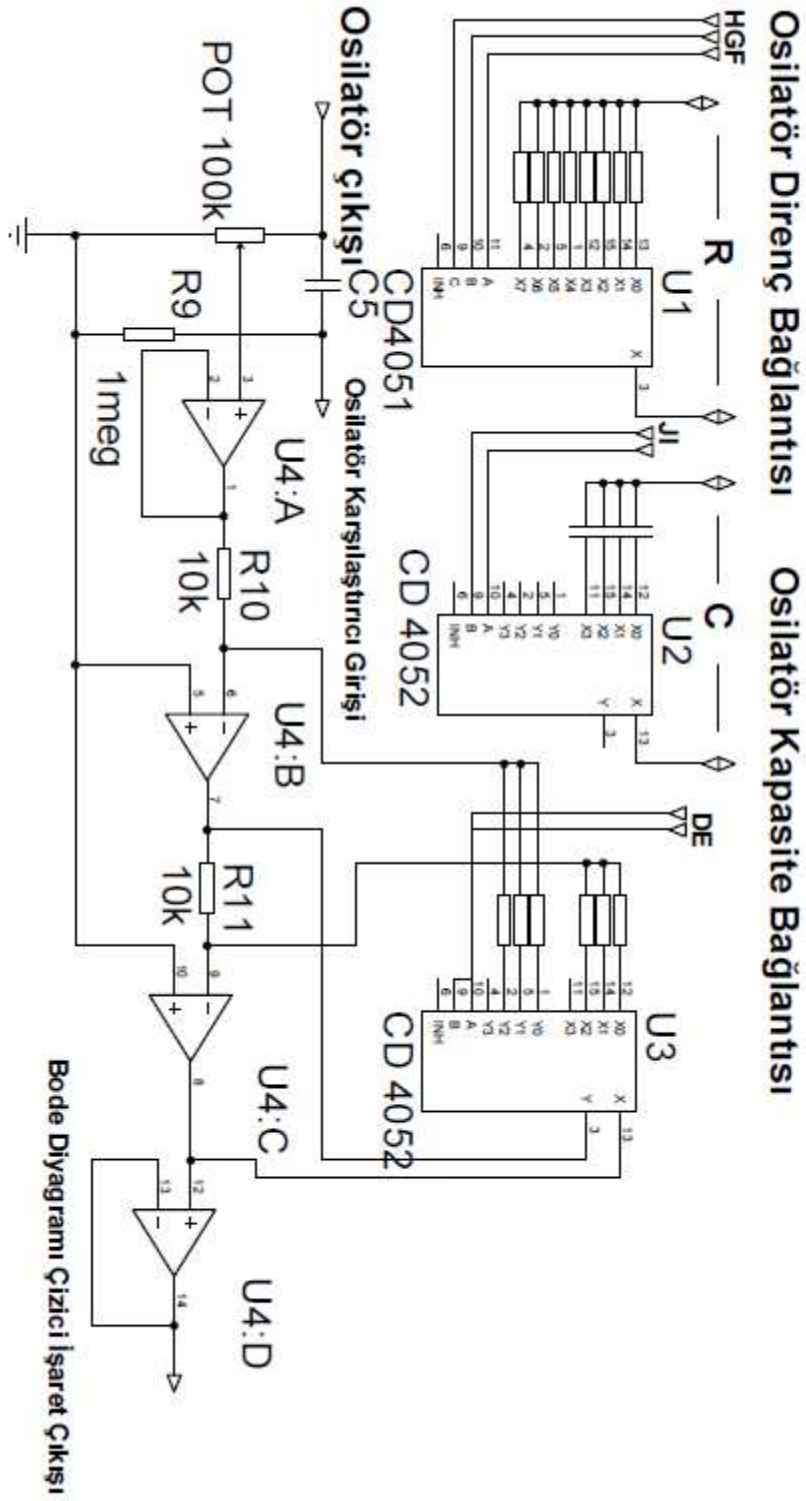
Yn-Xn	ÇIKIŞ GERİLİMİ	Analog Çoklayıcı Y	Analog Çoklayıcı X
0	3V	100k	100k
1	300mV	10k	100k
2	30mV	10k	10k
3	-	-	-

Bode diyagramı için ihtiyaç duyulan frekans taraması analog çoklayıcıyla kontrol edilen direnç ve kapasite çiftleriyle ayarlanırken, çıkış gerilim seviyesi de öncelikle 100'e bölünür ve ardından yükseltme işlemi yapılır. 100'e bölme işleminin amacı ölçüm yapılacak sisteme minimum seviyede gerilim uygulamaktır.



Şekil 4.4 Osilatör Devre Şeması[6]

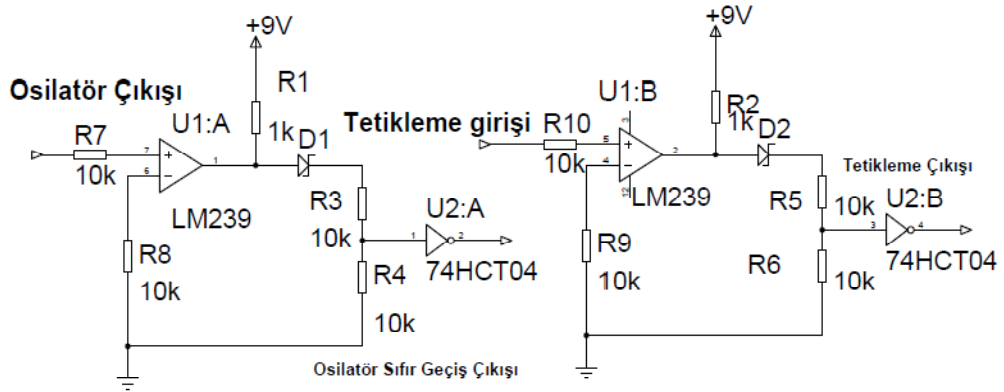
Osilatör devre şemasında görüldüğü gibi R ve C ile belirtilen kapasite ve direnç değerleri şekil 4.5 'te görüldüğü gibi analog anahtarlar yardımıyla değiştirilmektedir. Ayrıca Bode diyagramı çizicide faz farkının ölçülebilmesi için gerekli olan işaretin başlama noktası bilgisini karşılaştırıcı girişi olarak osilatör çıkışından alır. Şekil 4.5'teki devre şemasında direnç ve kapasite değerleri Tablo 4.2 ve Tablo 4.3'te belirtildiği gibi analog çoklayıcıların giriş uç numarasına göre sıralanmıştır. Yani direncin bağlandığı uç numarası analog çoklayıcının giriş numarasıyla aynı olmalıdır.



Şekil 4.5 Osilatör frekansı ve çıkış genliği ayarlama devresi

4.1.5 Tetikleme ve Faz Algılama İşlemleri İçin Kullanılan Karşılaştırıcı Bölümü

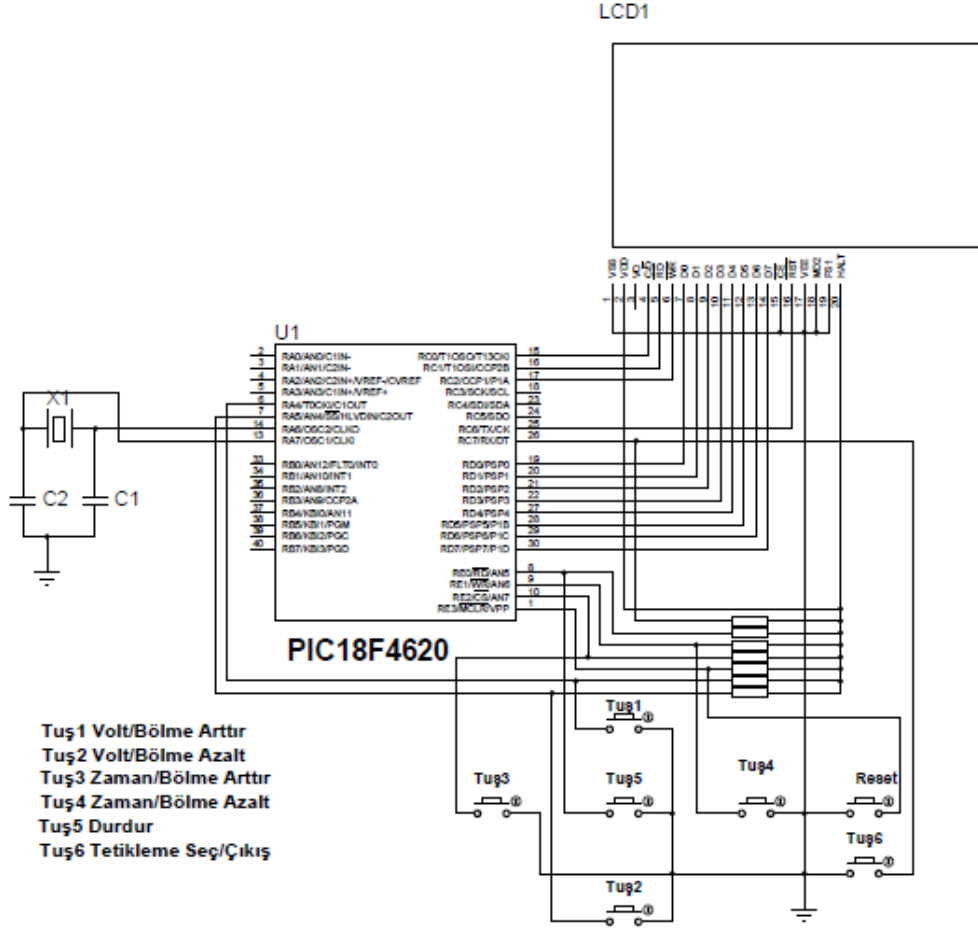
Bu bölüm hem osiloskop hem de Bode diyagramı çizici kısmında kullanılan bir bölümdür. Osiloskop tasarımında ihtiyaç duyulan tetikleme işlemi hem yazılımla hem de donanımla yapılabilen bir işlemdir. Bu projede donanımsal olarak yapılmıştır. Çünkü aynı tetikleme işareti, Bode diyagramı çizicide faz tespiti için kullanılacaktır. Faz algılama için kullanılan ikinci karşılaştırıcı ise osilatör çıkışından alınan karşılaştırıcıdır. Sonuç olarak çıkış işaretinin fazını ve giriş işaretinin fazını karşılaştırıcılar ile tespit ederek bu iki işaret arasındaki faz farkının ölçülmesi bize ölçülecek sistemin frekansa bağlı faz cevabını verecektir.



Şekil 4.6 Tetikleme ve Faz algılamada kullanılan karşılaştırıcı devreleri

Bu devrelerde giriş işareti sıfırla karşılaştırılır ve buna göre çıkışta +9V, -9V gözlemlenir. Ancak bu sayısal girişler için uygun bir gerilim seviyesi değildir. Bundan dolayı çıkış işaretinin önce bir schottky diyot ile pozitif kısmı alınmış ve sonra bir gerilim bölücünden geçirilerek 74HCT04 sayısal tampon tümdevresiyle karşılaştırıcı gerilim seviyesi uygun hale getirilmiştir.

4.1.6 Mikro Denetleyici İnsan-Cihaz Arayüzü Butonlar ve Ekran



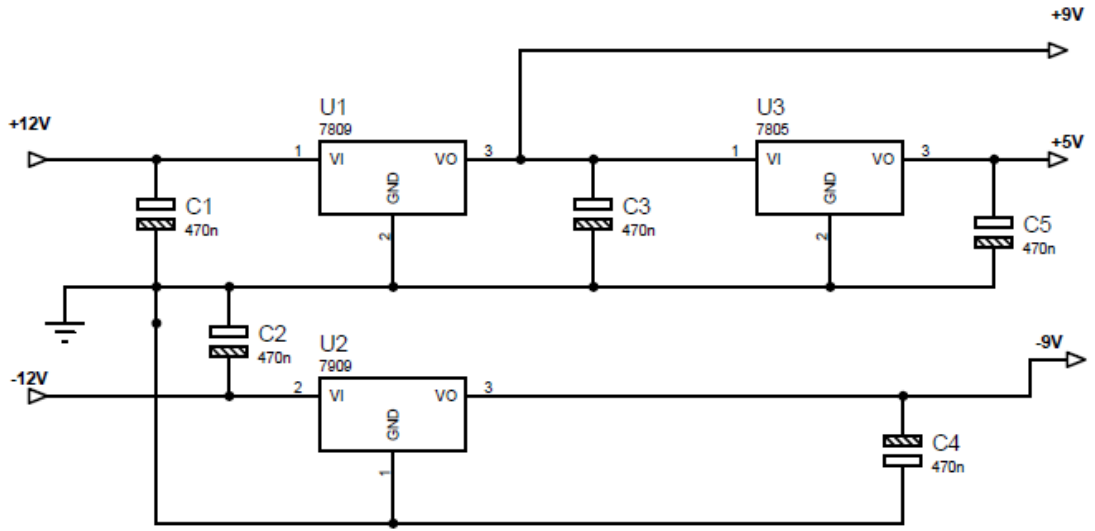
Şekil 4.7 Mikrodenetleyici, butonlar ve ekran bağlantı şeması

Projenin beyni diyebileceğimiz mikrodenetleyici ve insan-cihaz arayüzünün devre şeması yukarıda görülmektedir. Kullanıcı butonlar yardımıyla cihazı kontrol etmekte ve ekrandan ise sonuçları takip etmektedir. Mikrodenetleyicinin buton girişleri pull-up direnciyle 5 V'a bağlı olup herhangi bir butona basıldığında ilgili uç 0 V'a düşmektedir.

Projede kullanılan mikrodenetleyici 4 KB veri belleğine sahiptir. 40 MHz'de çalıştırılan işlemci 83.3 Ksps örnekleme oranına çıkabilen ADC içermektedir. Projede kullanılan LCD ekran ise T6963C işlemcili 240x128 çözünürlüklü tek renkli ekrandır.

4.1.7 Besleme Devresi

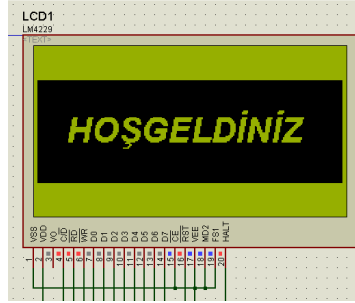
Projede +9 V, -9 V ve +5 V olmak üzere üç adet güç kaynağına ihtiyaç duyulmuştur. Tasarlanan devrede işlemsel yükselteç gibi analog kısımlar çift kaynakla simetrik olarak beslenmiş olup, sayısal kısımlar ise 5 V gerilimle beslenmiştir. Bu gerilimleri elde etmek için piyasada çok sık kullanılan 7805, 7809 ve 7909 tümdevreleri kullanılmıştır. Aşağıdaki şekilde besleme devresi görülmektedir.



Şekil 4.8 Projede kullanılan besleme devresi

4.2 Yazılım Kısımının Tasarımı

Projenin yazılımı daha önceki bölümlerde bahsedildiği gibi küçük parçalar halinde tasarlanmış olup bu parçaların bir araya getirilmesiyle oluşturulmuştur. Proje Temel olarak sürücü ve küçük yazılımlar, Osiloskop Kısımının yazılımı ve Bode Diyagramı Çizici yazılımı olarak temel parçaya ayrılabilir. Projede kullanılan sürücü ve küçük program parçalarına ayrı bir başlık altında değinilmemiş olup ekran çıktıları ve işlevleri hakkında bilgi verilmiştir. Bu küçük alt programlar, bekleme alt programları, bellek düzenleme programları, gibi küçük programlardır ve bu projede genelde birçok programda kullanıldığı şekliyle kullanılmıştır.

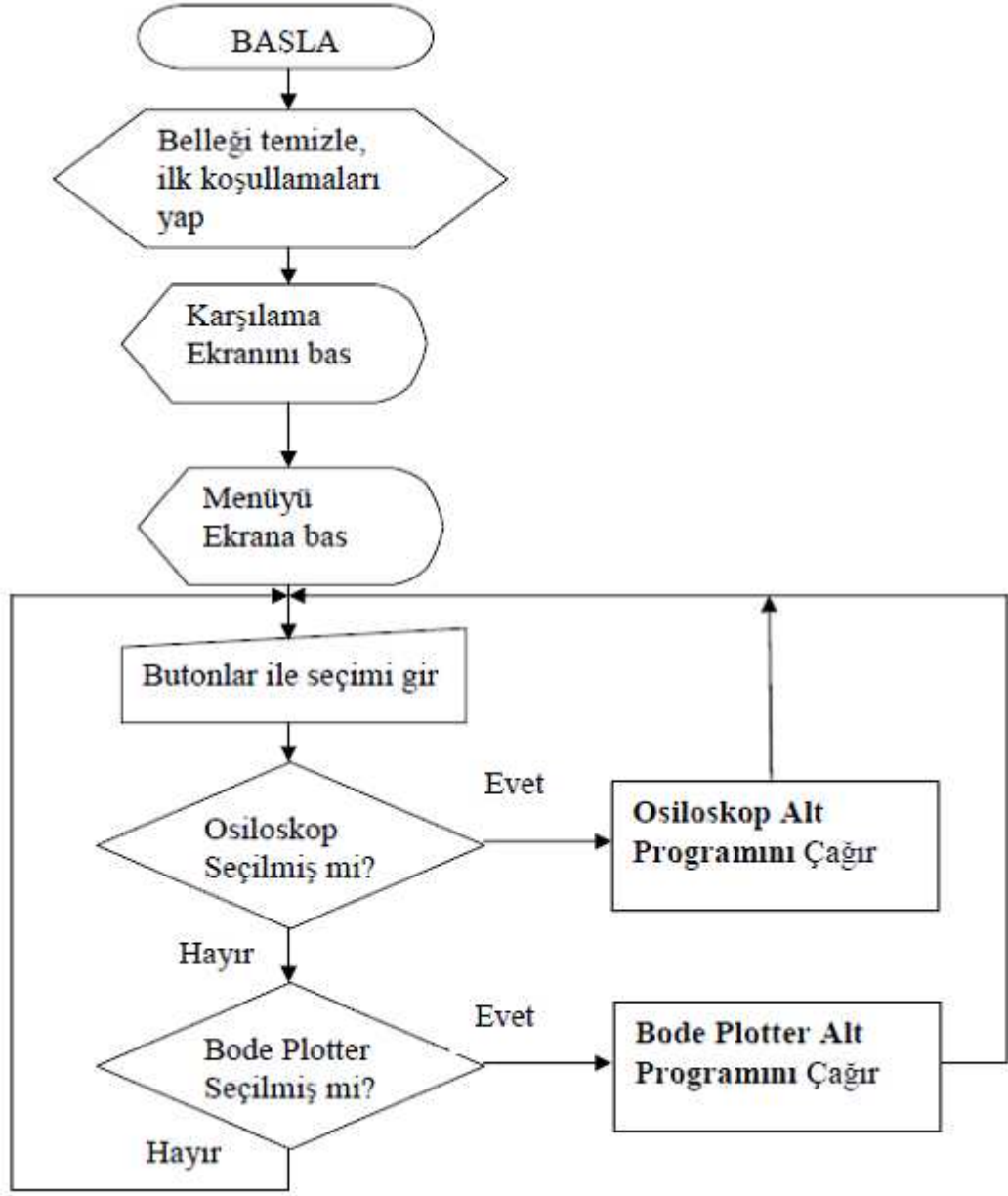


Şekil 4.9 LCD Sürücü Yazılımının çıktıları

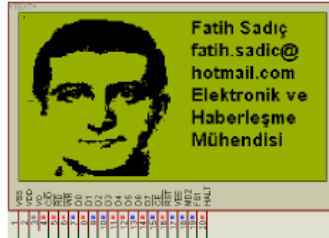
4.2.1 Ana Programa Ait Akış Diyagramı

Ana programın akış diyagramı Şekil 4.10'da verilmiştir. Ana programın çalışma şeklini inceleyecek olursak, ana programın görevi cihazın ilk açılışında gerekli işlemleri yapmak ve kullanıcıyla cihaz arasında ilk iletişimi sağlamaktır. İşletim sistemi olarak adlandırılması doğru olmamakla beraber, proje yazılımındaki ana programdır.

Ana program önce cihazı hazırlar ve ardından kullanıcının seçimini algılamak için butonlardan veri bekler. Kullanıcının isteğine göre uygun alt programa dallanır. Ayrıca bu program Osiloskop ve Bode Diyagramı Çizici altprogramlarının geri dönüş programıdır.

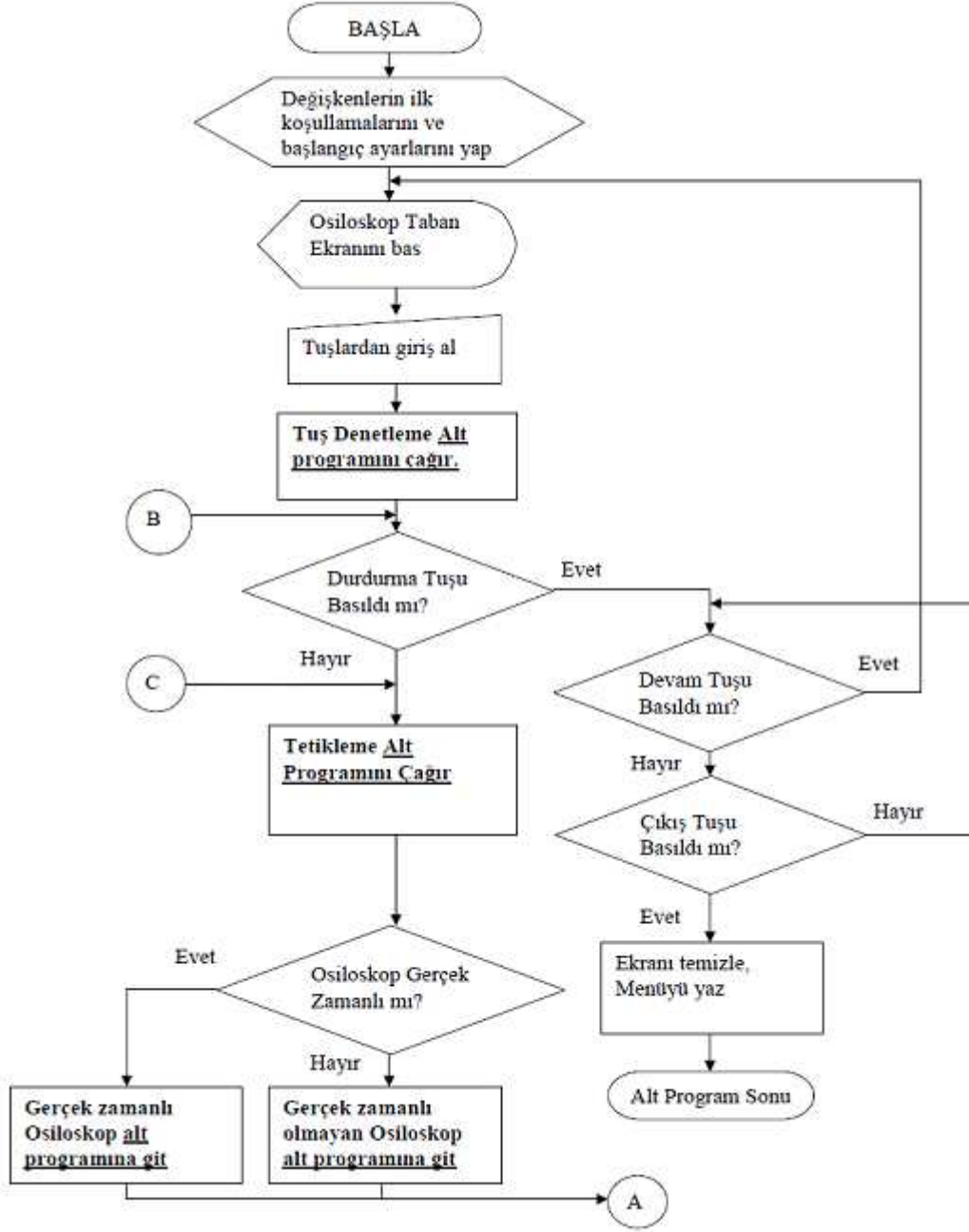


Şekil 4.10 Ana programa ait akış diyagramı



Şekil 4.11 Ana programa ait ekran çıktıları, karşılama ekranı ve menü

4.2.2 Osiloskop Alt Programına Ait Açıklamalı Akış Diyagramları



Şekil 4.12 Osiloskop alt programına ait akış diyagramı

Osiloskop alt programının çalışma şekli incelenecek olursa, öncelikle gerekli koşullamaları ve ekran ayarlarını yapan program varsayılan Volt/Bölme, Zaman/Bölme değerini ilk ayar sayarak osiloskop işlevini yerine getirir.

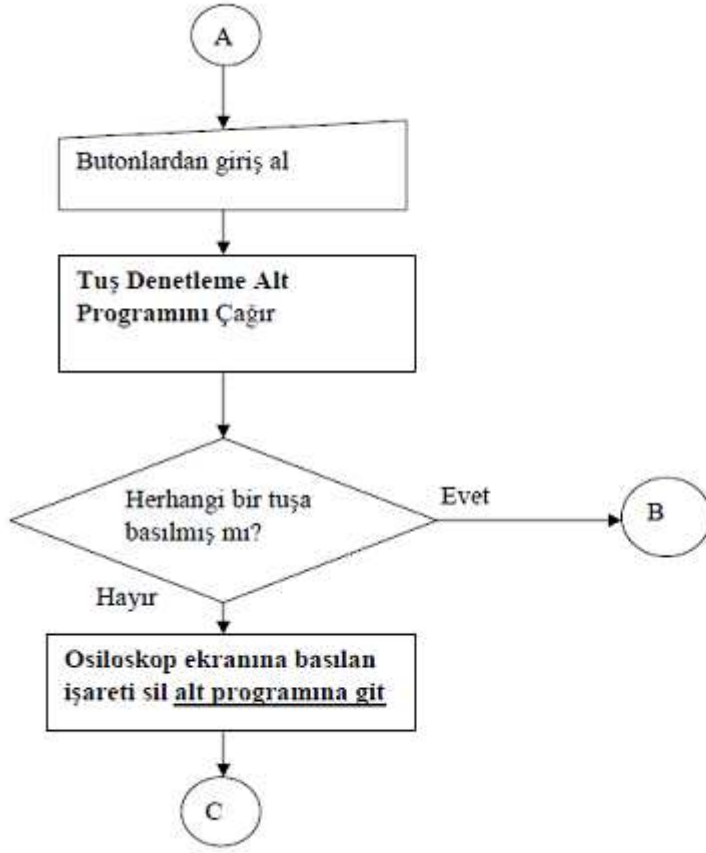
Osiloskopun çalışması şöyledir. Öncelikle ilk koşullamalarda mikrodenetleyicinin zamanlayıcısı uygun örnekleme frekansı sağlayacak şekilde kurulur ve kesme üretmesi sağlanır. Bu işlem bir defa yapıldıktan sonra sürekli kendini tekrar eden bir yapıya sahiptir.

İlk koşullamalardan sonra osiloskop işareti doğru görüntülemek için tetikleme yapmaya çalışır. Önce tetiklemenin cinsi belirlenir, ardından tetikleme için 256 örnekleme çevrimi bekleme süresi devreye sokulur. Eğer osiloskop bu süre içinde tetikleme yapamazsa zaman aşımı olduğuna karar verir ve tetikleme sinyalini yoksayar. Ardından Osiloskopun gerçek zamanlı olup olmayacağına karar verir ve giriş işaretini örneklemeye başlar. Eğer osiloskop gerçek zamanlıysa giriş işaretini örnekler örneklemez ekrana basar, eğer gerçek zamanlı değilse önce 240 örnek alıp bunları biriktirir ve en son basar.

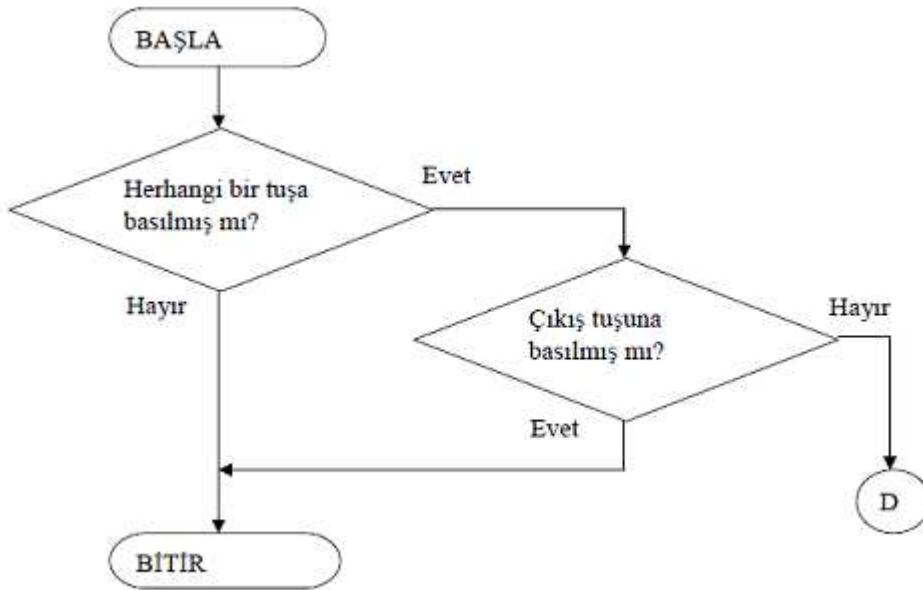
Ekrana basma işlemini ise şöyle yapar. LCD ekrana yazılan verilerde lojik '1' nokta var, lojik '0' nokta yok anlamındadır. Eğer bir nokta basılacağı noktaya önceden o noktada var olan lojik durumla XOR işlemine sokulursa ve aynı nokta tekrar eski yerine XOR işlemiyle basılacak olursa, önceden mevcut olan noktanın durumu korunur. Osiloskop programı burada olduğu gibi önce işareti XOR işlemiyle ekrana basmakta ardından, işaretin görülmesi için bir miktar beklemekte ve daha sonra aynı işlemi tekrar yaparak işaret basılmadan önceki ekranı geri getirmektedir. Yani ekranı tazelemektedir.

Ekrana basılan noktalara eğer gerek varsa doğrusal ara değerlendirme yapılmakta ve ekrana basılan noktaların daha rahat izlenmesi için iki nokta arası birleştirilmektedir.

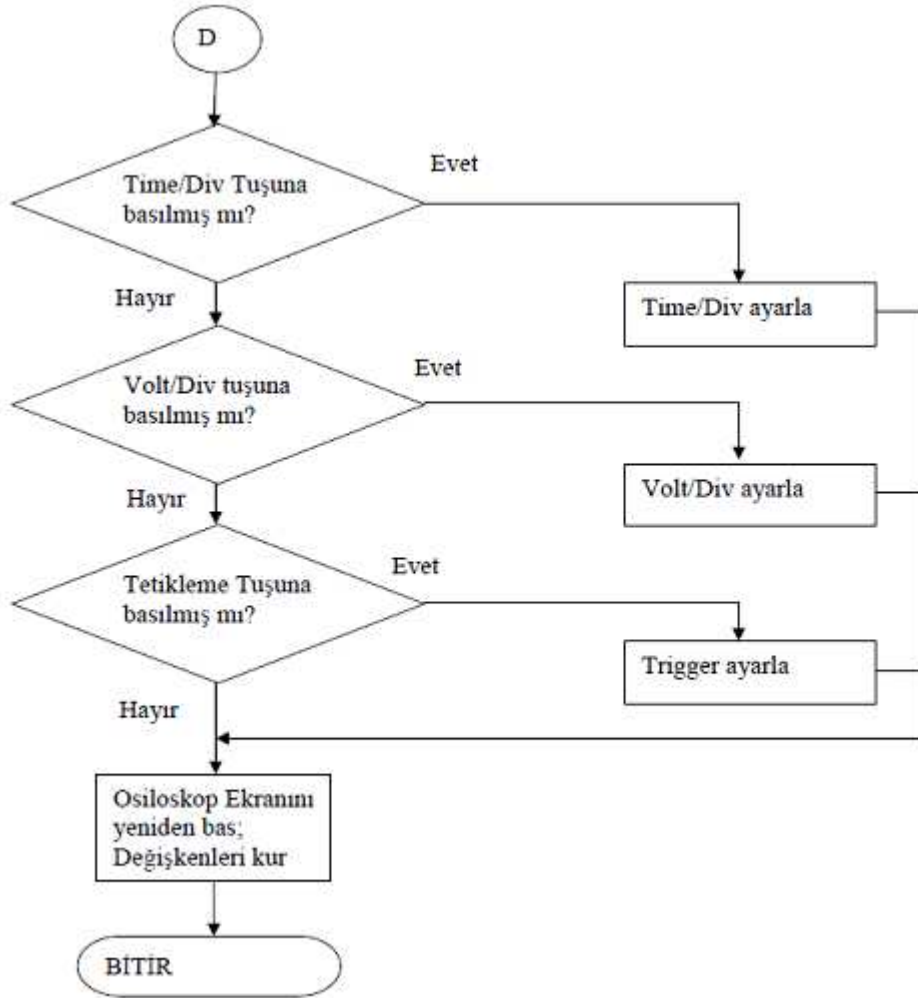
Program gerekli yerlerde tuş denetimi yapmakta, buna göre çıkış, durdurma, Volt/Bölme değişikliği, Zaman/Bölme değişikliği, tetikleme kenarı değişikliği işlemlerini yapmaktadır. Burada anlatılanlar programların akış diyagramları incelendiğinde daha da iyi anlaşılacaktır.



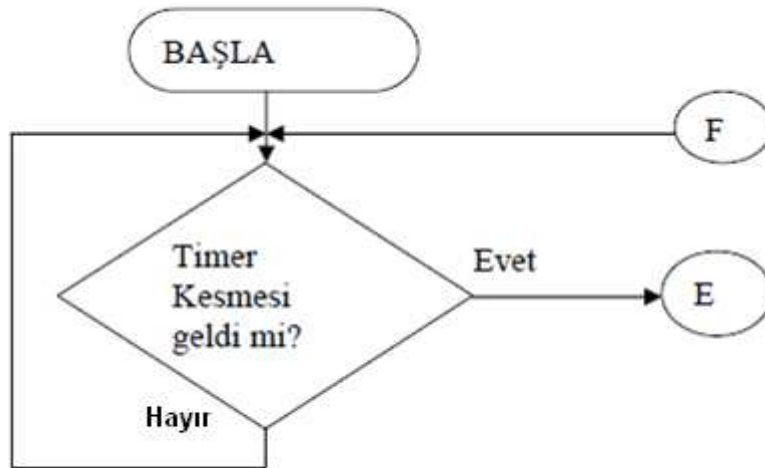
Şekil 4.13 Osiloskop alt programı akış diyagramı(Devamı)



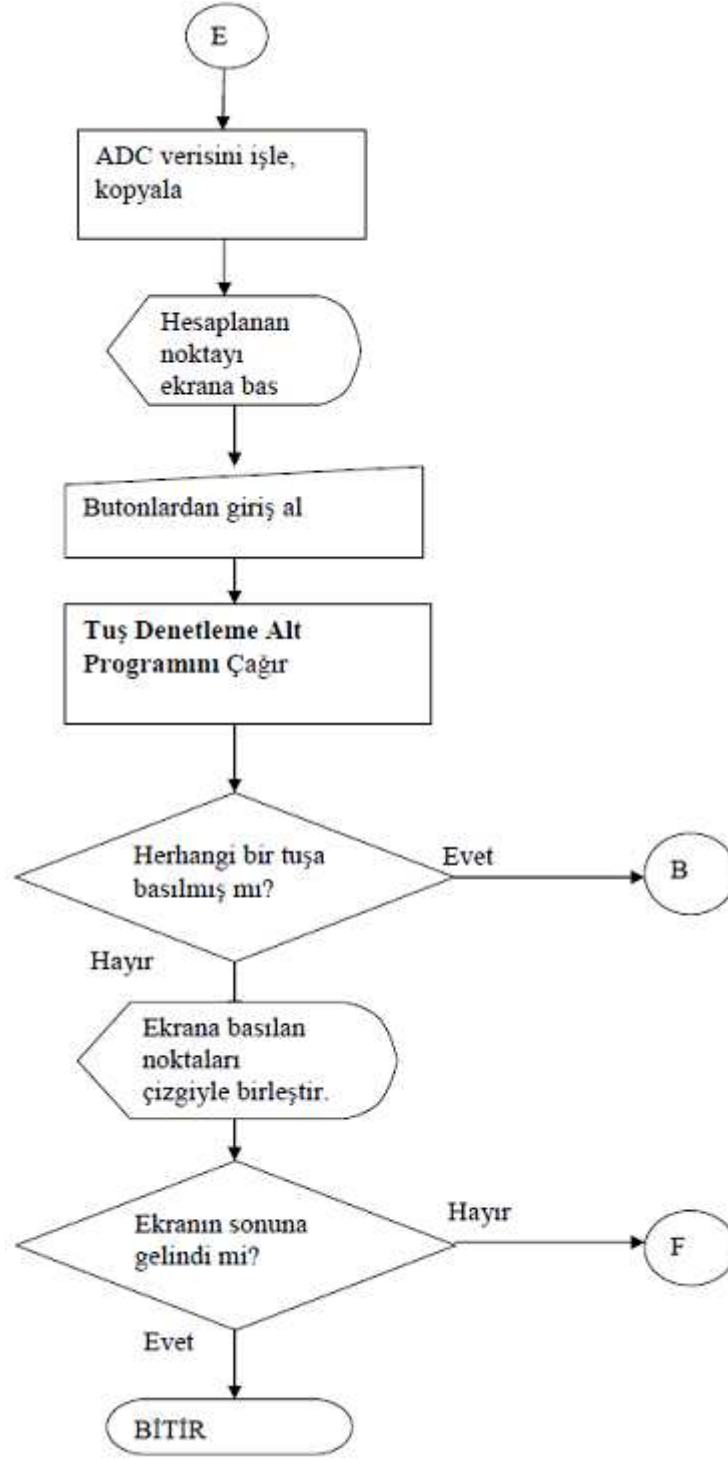
Şekil 4.14 Osiloskop tuş denetleme programına ait akış diyagramı



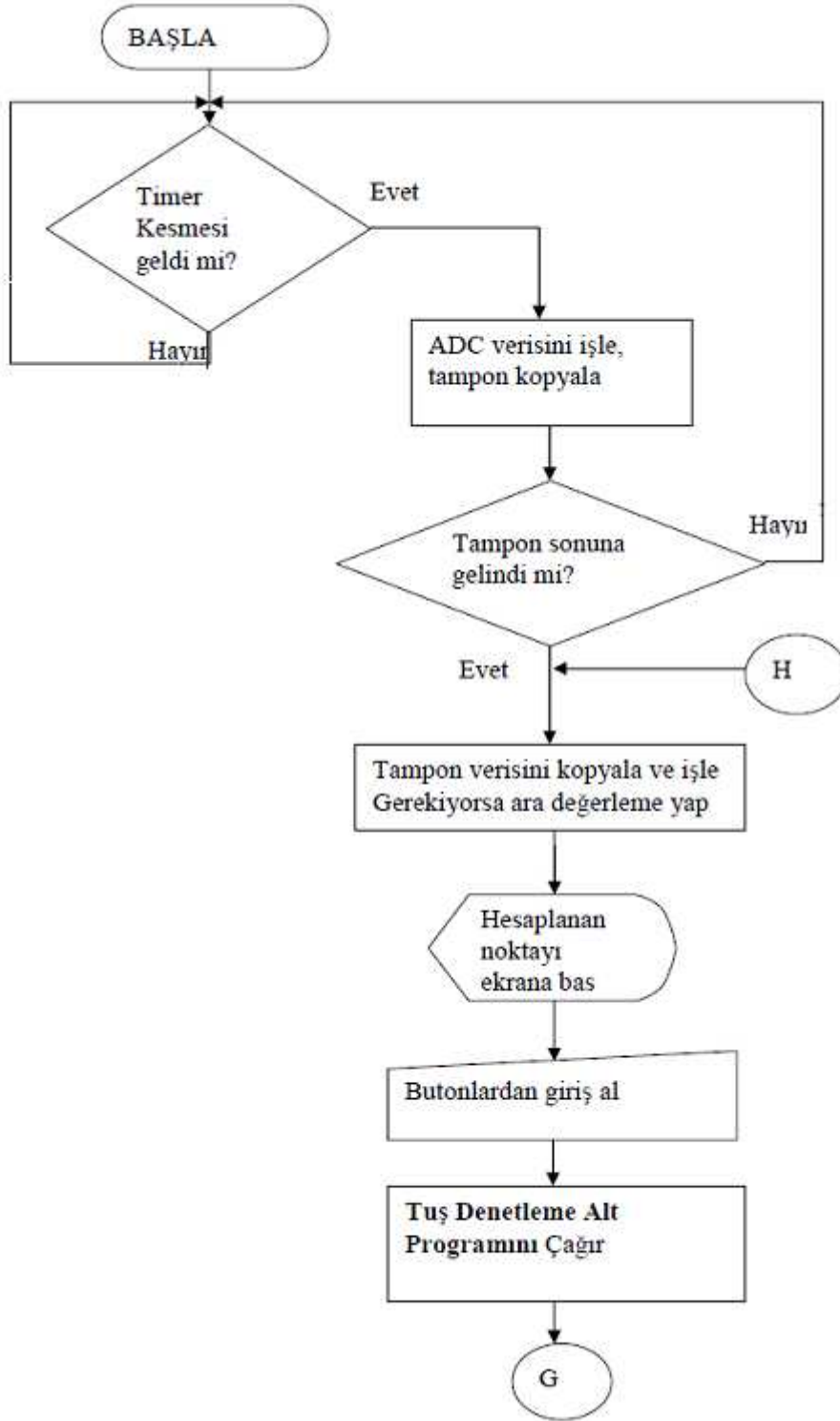
Şekil 4.15 Osiloskop tuş denetleme alt programı akış diyagramı(Devamı)



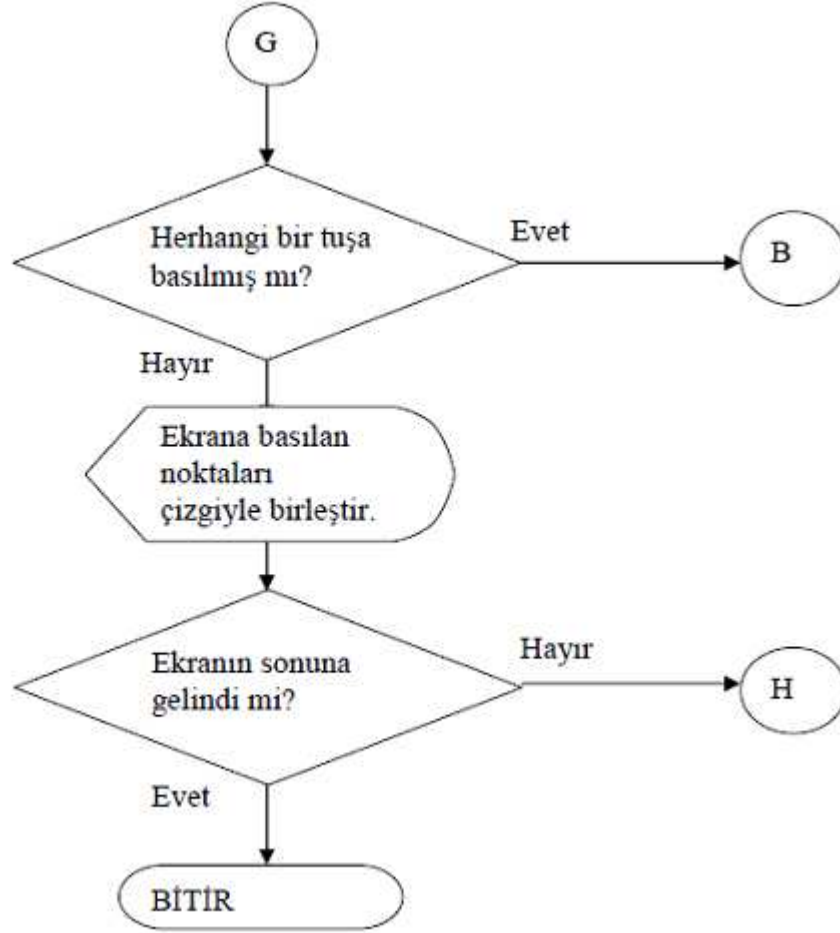
Şekil 4.16 Gerçek zamanlı osiloskop geri dönüşsüz alt program grubu akış diyagramı



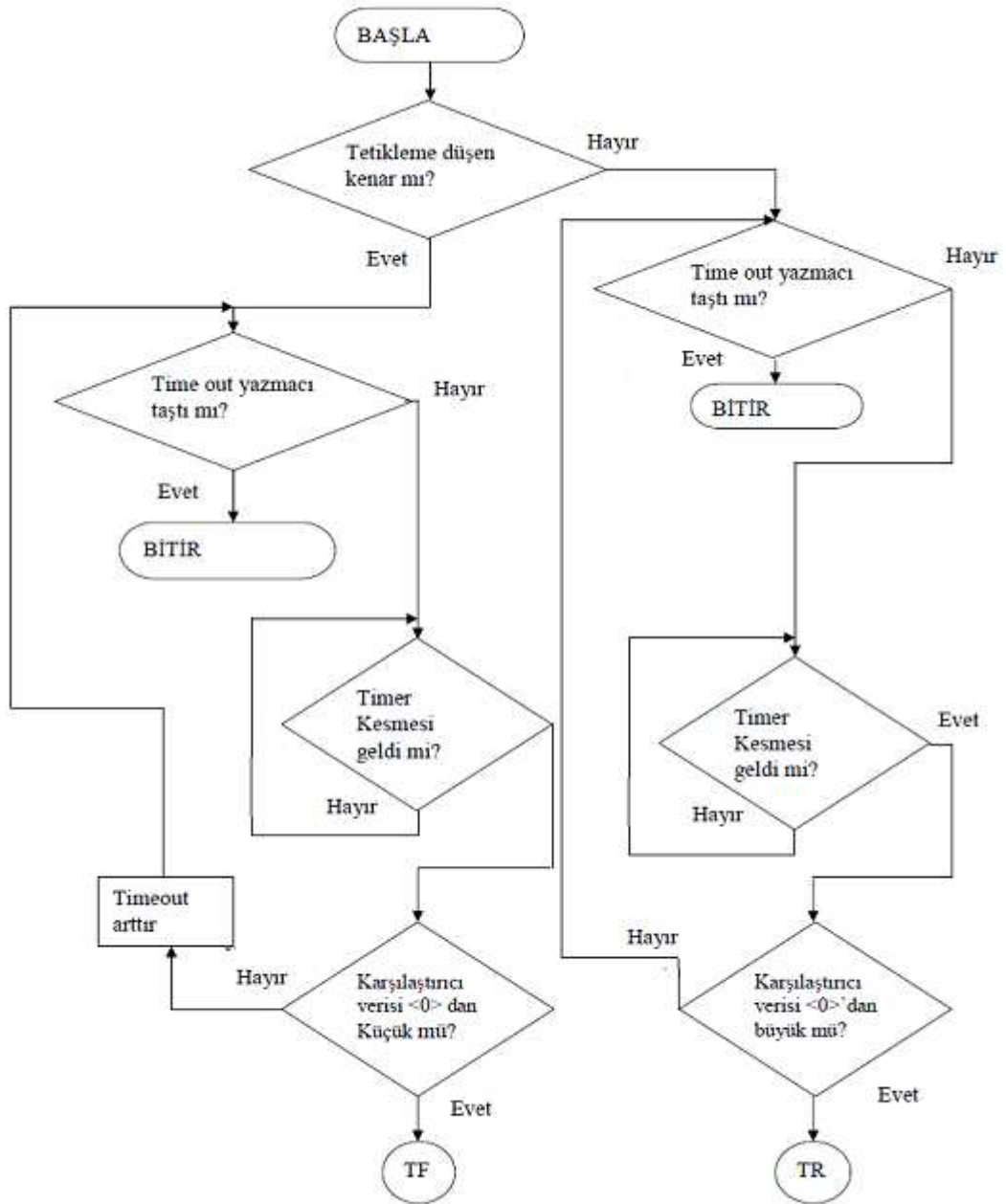
Şekil 4.17 Gerçek zamanlı osiloskop geri dönüşsüz alt program grubu akış diyagramı (Devamı)



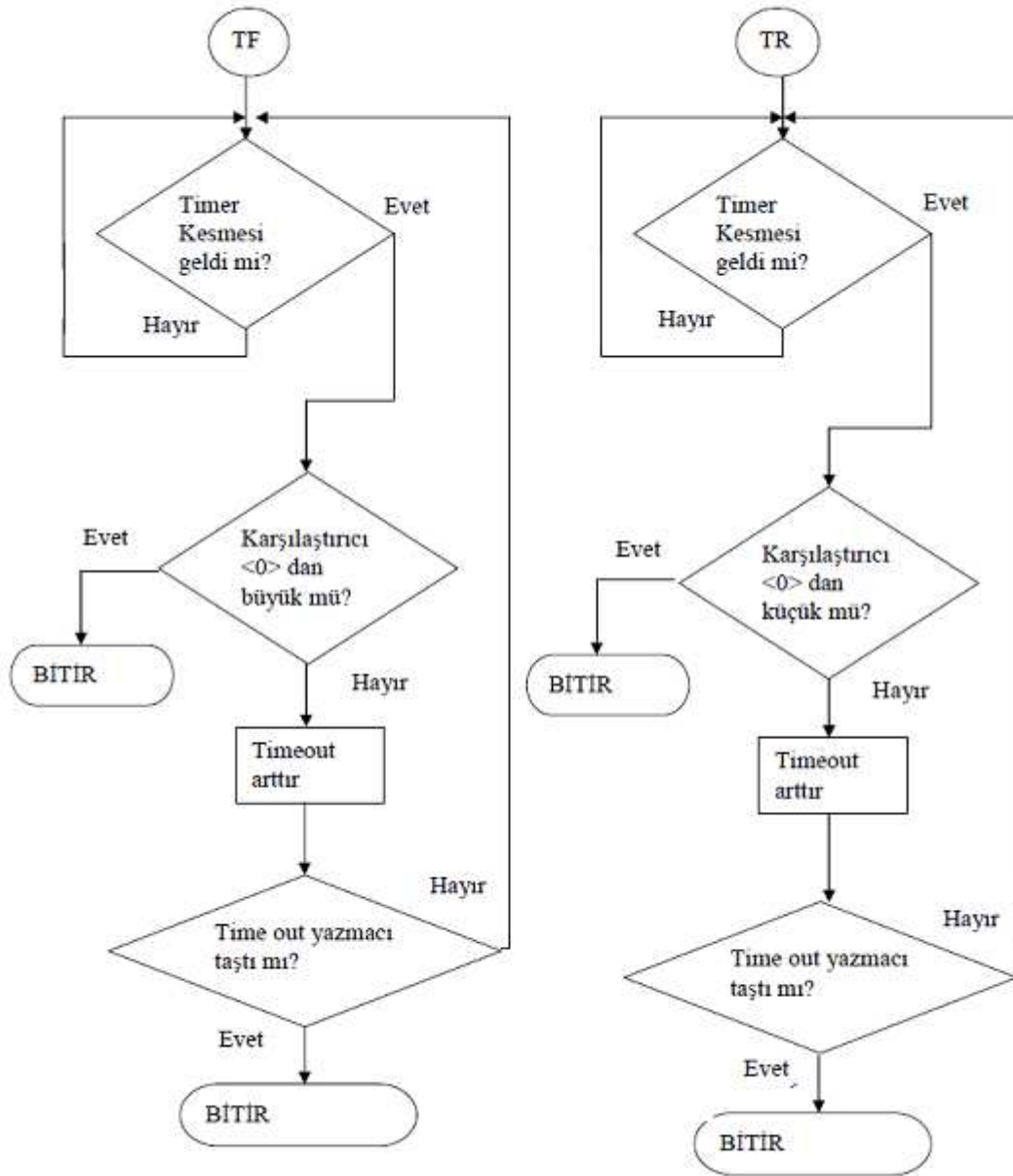
Şekil 4.18 Gerçek zamanlı olmayan osiloskop geri dönüşsüz alt programına ait akış diyagramı



Şekil 4.19 Gerçek zamanlı olmayan osiloskop geri dönüşsüz alt programına ait akış diyagramı (Devamı)



Şekil 4.20 Tetikleme alt programına ait akış diyagramı



Şekil 4.21 Tetikleme alt programına ait akış diyagramı (Devamı)

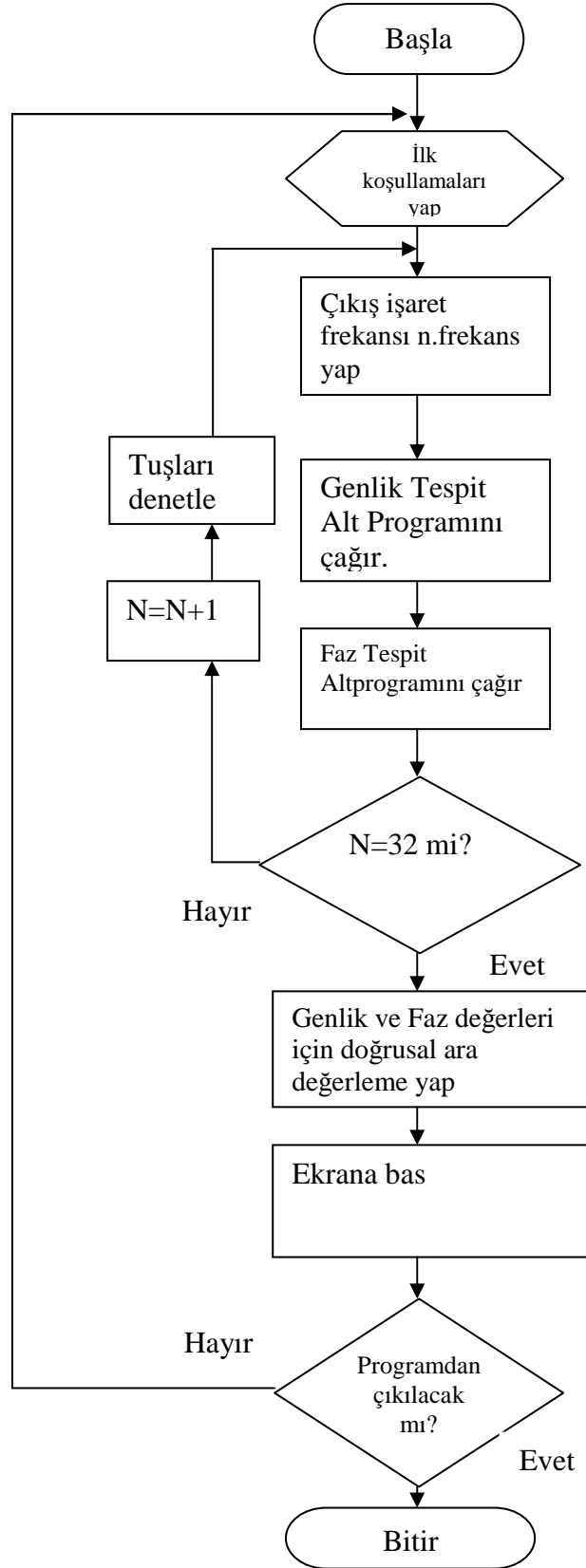
4.2.3 Bode Diyagramı Çizici Altprogramına Ait Açıklamalı Akış Diyagramları

Bode diyagramı yazılımı temel olarak her 1 Hz ile 100 KHz arasında logaritmik olarak 31 parçaya bölünmüş hemen hemen eşit adımlarla ilerleyen frekans değerlerinde işaret üreten ve bu ürettiği işaretin ölçülecek sisteme uygulandıktan sonra geri elde edilirken sahip olduğu faz ve genlik değişimlerinden ölçülecek sistemin Bode Diyagramını çıkarmaktır.

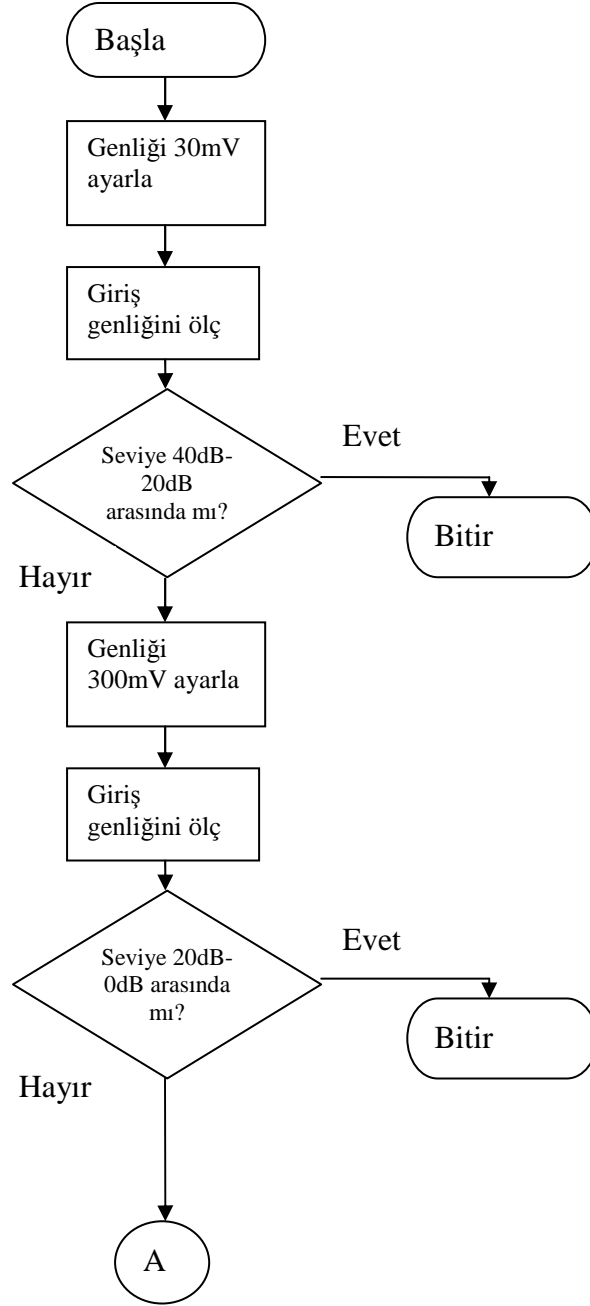
Bode diyagramı çizici ilk çağırıldığında her frekansı birer birer üretir ve bu ürettiği değerlerdeki genlik değişimini ADC ile faz değişimini giriş ve çıkış işaretleri karşılaştırıcıları arasındaki zaman farkını yardımıyla bulur. Ancak burada cihazın kendi yapısından kaynaklanan bir frekans cevabı olduğu için bundan dolayı kaynaklanan hata payları yazılıma eklenecektir. Bode Diyagramı alt programı tez teslim tarihine kadar hazırlanamadığı için yalnızca akış diyagramları verilmiştir.

Programın ölçme işlemini nasıl yaptığı açıklanacak olursa, önce frekans analog çoklayıcılar ile uygun kapasite ve direnç çiftleriyle üretilir. Ardından bu işaret en düşük gerilim seviyesinde 30mV olarak üretilir, giriş yükselteci kazancı birdir. Yani ölçüm aralığı 40 dB ile 20 dB'dir. Gelen işaret ölçülür. Eğer genliği 20 dB'den düşük ise çıkış işareti genliği 300 mV yapılır, giriş yükselteci kazancı birdir. Burada ölçüm aralığı 20 dB ile 0 dB olur. Yine ölçülebilir bir değer elde edilmezse genlik 3V yapılır ve gelen işaret ölçülür, bu ölçümde de 0 dB ile -20 dB arası ölçüm yapılabilir, eğer istenen seviyede bir gerilim yakalanamazsa giriş yükselteci kazancı 20 yapılır ve işaretin ölçüm aralığı -20 dB ile -40 dB arasında olur. Giriş yükseltecinin 20 kat yükseltmesinin sebebi girişin ilk katta ikiye bölünmesinden dolayıdır. Ayrıca açıklamalardan görüldüğü gibi ölçüm aralığı 40 dB ile -40 dB arasındadır.

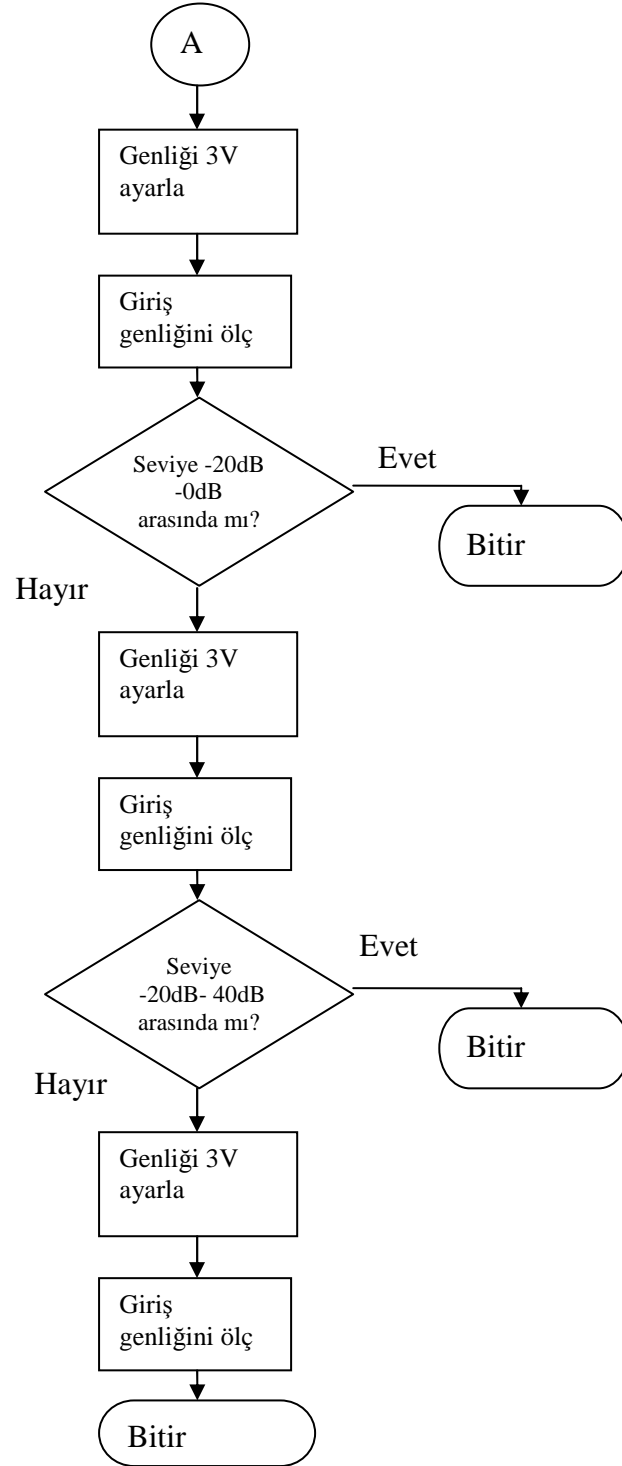
Faz ölçme işlemi ise şöyle yapılır. Öncelikle çıkış işaretinin pozitif sıfır geçişi algılanır ve giriş işaretinin pozitif sıfır geçişi beklenir. Arada geçen süre bizim faz farkımızın zaman ifadesidir, bu ise uygun oranlamayla açıya dönüştürülür. Burada anlatılanlar programa ait akış diyagramları incelendiğinde daha da iyi anlaşılacaktır.



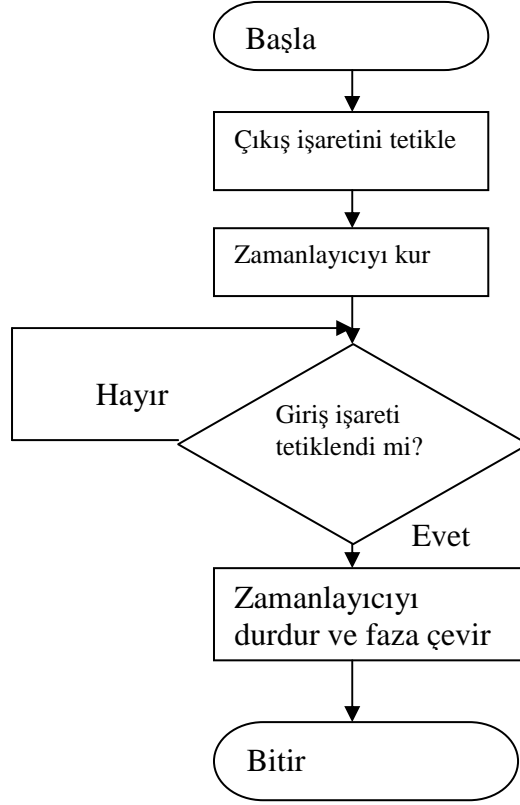
Şekil 4.22 Bode Diyagramı Çizici alt programı



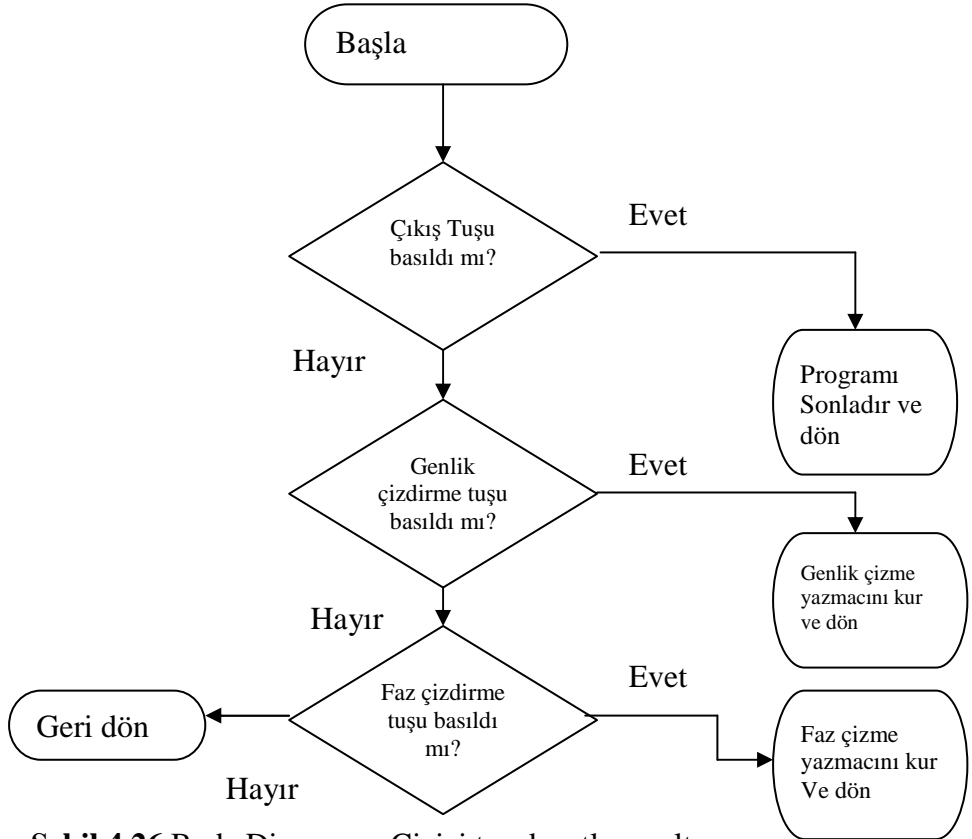
Şekil 4.23 Bode Diyagramı çizici genlik tespit alt programı



Şekil 4.24 Bode Diyagramı çizici genlik tespit alt programı (Devamı)



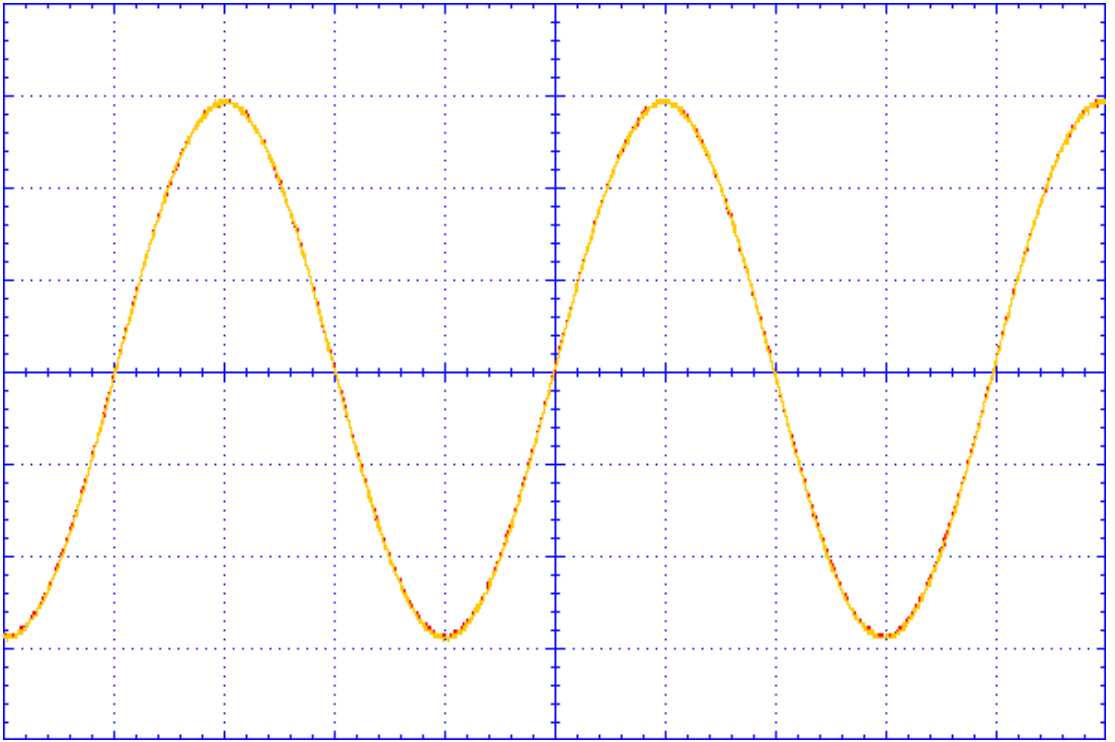
Şekil 4.25 Bode Diyagramı Çizici Faz Tespit Altprogramı



Şekil 4.26 Bode Diyagramı Çizici tuş denetleme alt programı

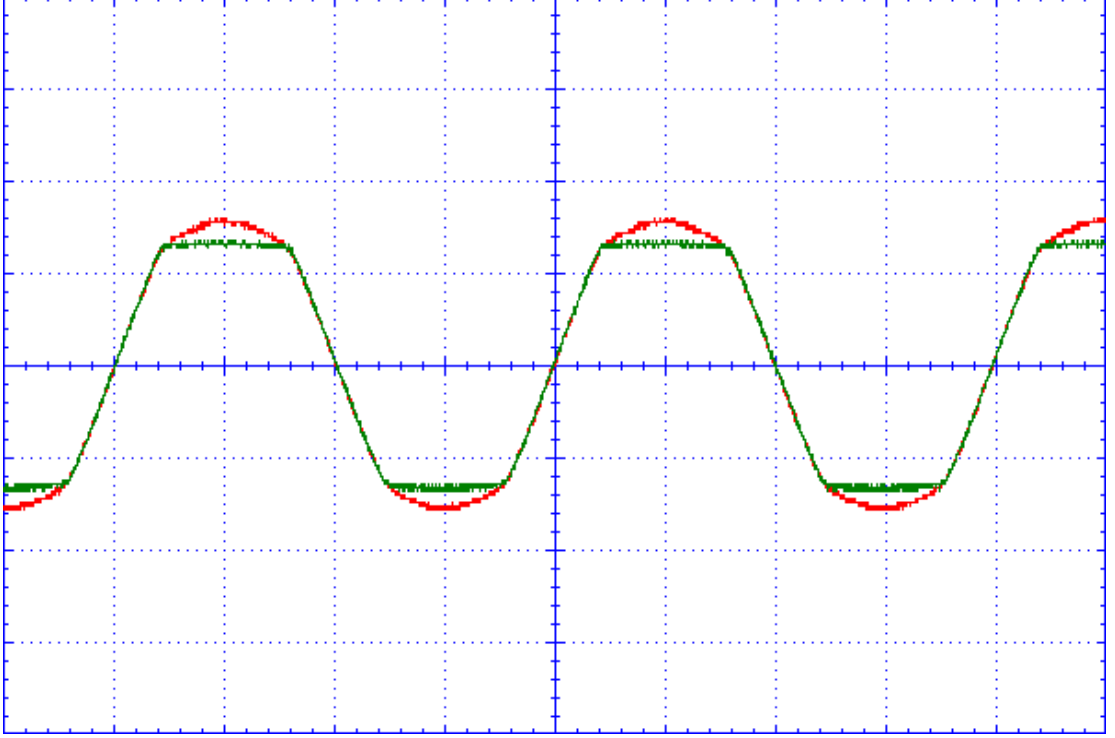
5. TASARIMI YAPILAN DEVRENİN ELEKTRİKSEL KARAKTERİSTİKLERİ

Proje kapsamında tasarlanan devrenin istenen sonuçları sağlayıp sağlamadığı bir dijital osiloskopa ölçülmüş ve ardından bu sonuçlar bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Ölçüm yapılan kısımlar devrede önem arzeden ve kalibrasyon gerektiren bölümlerdir. Şekil 5.1’de görüldüğü üzere enstrumantasyon yükseltecine uygulanan büyük genlikli bir işaret aynen çıkışta hiçbir bozulma olmadan görülmektedir.



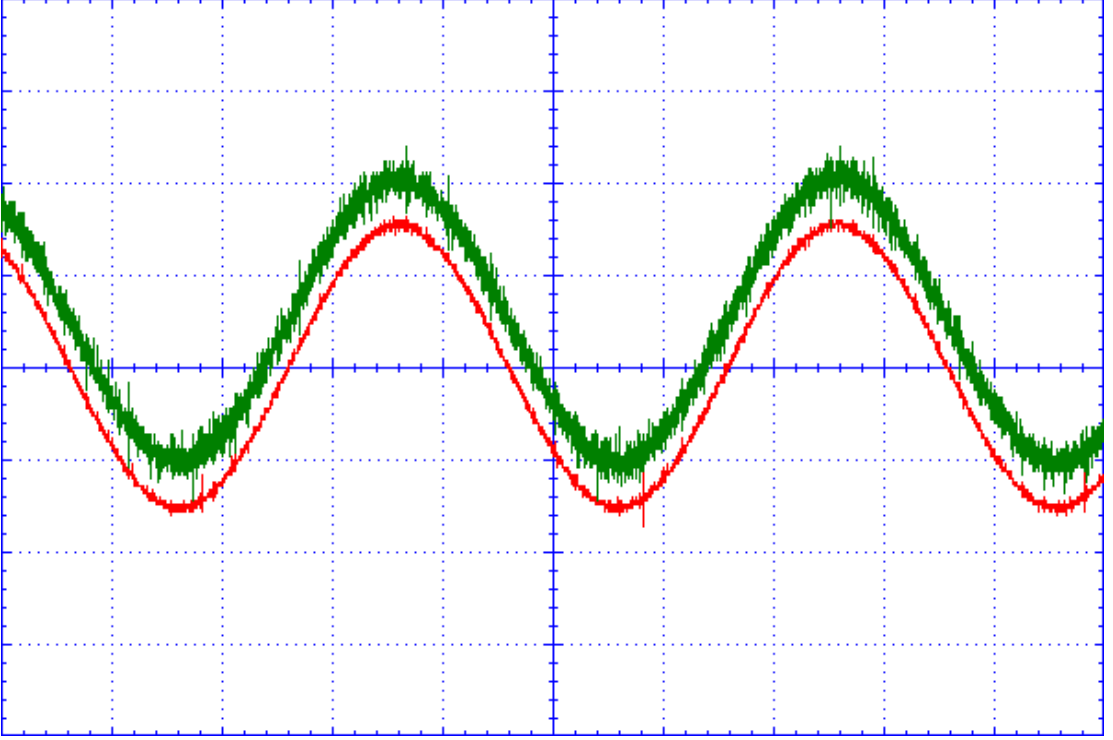
Şekil 5.1 1KHz’de enstrumantasyon yükseltecinin büyük işaret giriş ve çıkışı

Şekil 5.2’de giriş koruma devresinin ölçüm sonuçları görülmektedir. Görüldüğü gibi giriş işareti değeri 6.4V değerini aştığında giriş koruma zener diyotları devreye girerek genliğin bu değerde kalmasını sağlarlar. Böylece olası yüksek giriş gerilimlerinden dolayı sayısal ve analog kısmın zarar görmesi engellenmiş olur. Projede bu istenen sonuç elde edilmiştir.

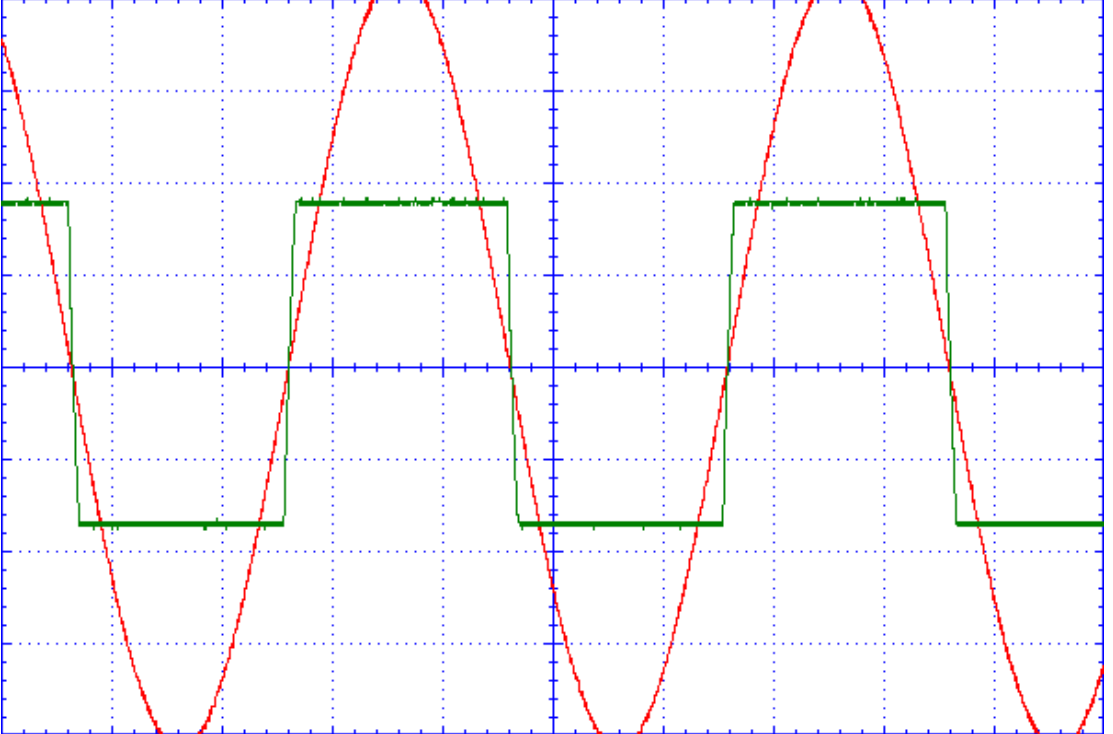


Şekil 5.2 Giriş koruma devresinin giriş işaretinin 6.4V değerini geçmesine karşın verdiği çıkış (Volt/Div=5V , f=1KHz)

Girişte bulunan enstrumantasyon kuvvetlendiricisi büyük işaretlerde istenen sonucu vermiş olmasına karşın gürültünün olumsuz etkisi giriş gerilimi azaldıkça ortaya çıkmaktadır. Gürültüyü azaltmak için FET girişli opamplar kullanılmış ve Şekil 5.3’de ki sonuçlar elde edilmiştir. Ancak buradaki gürültünün kaynağı sırf devre değil, ölçüm sonuçlarının alındığı düzenek olup, bu gürültüler yüksek frekanslı olduğu için ADC tarafından büyük ölçüde elenmektedir. Ayrıca işaret devre içinde ilerlerken çeşitli alçak geçiren etkilere maruz kaldığı için bu gürültü tatmin edici seviyede kalmaktadır.

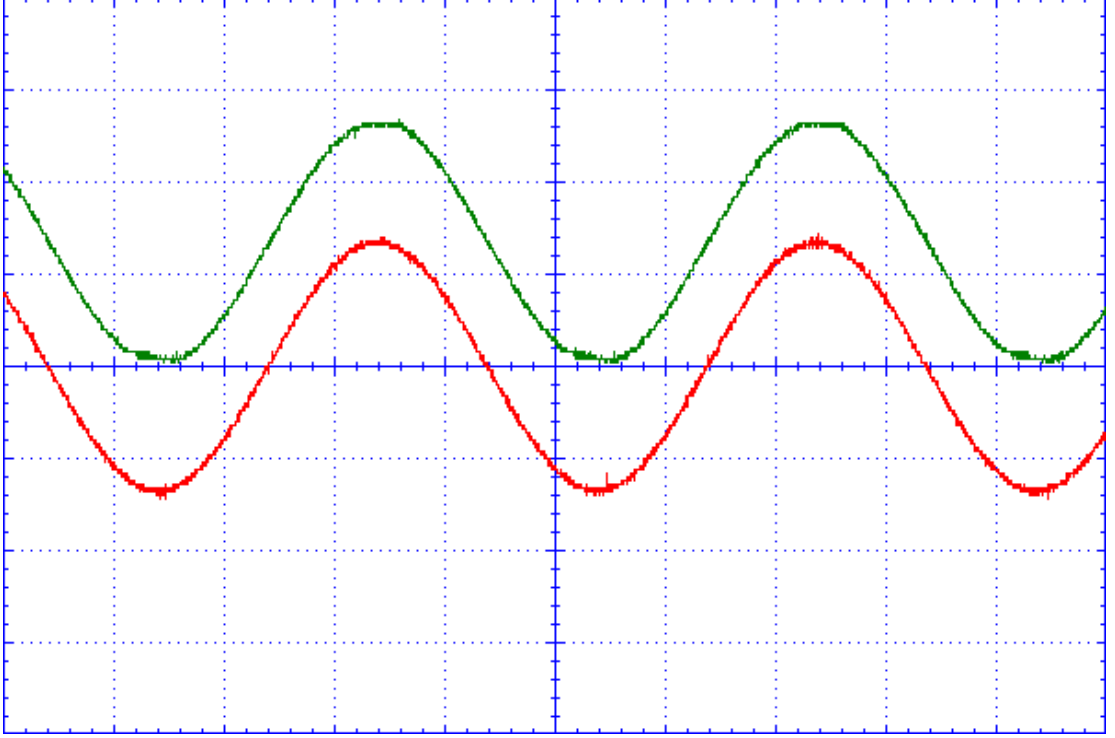


Şekil 5.3 60mV giriş işareti için enstrumantasyon yükseltecinin çıkışı



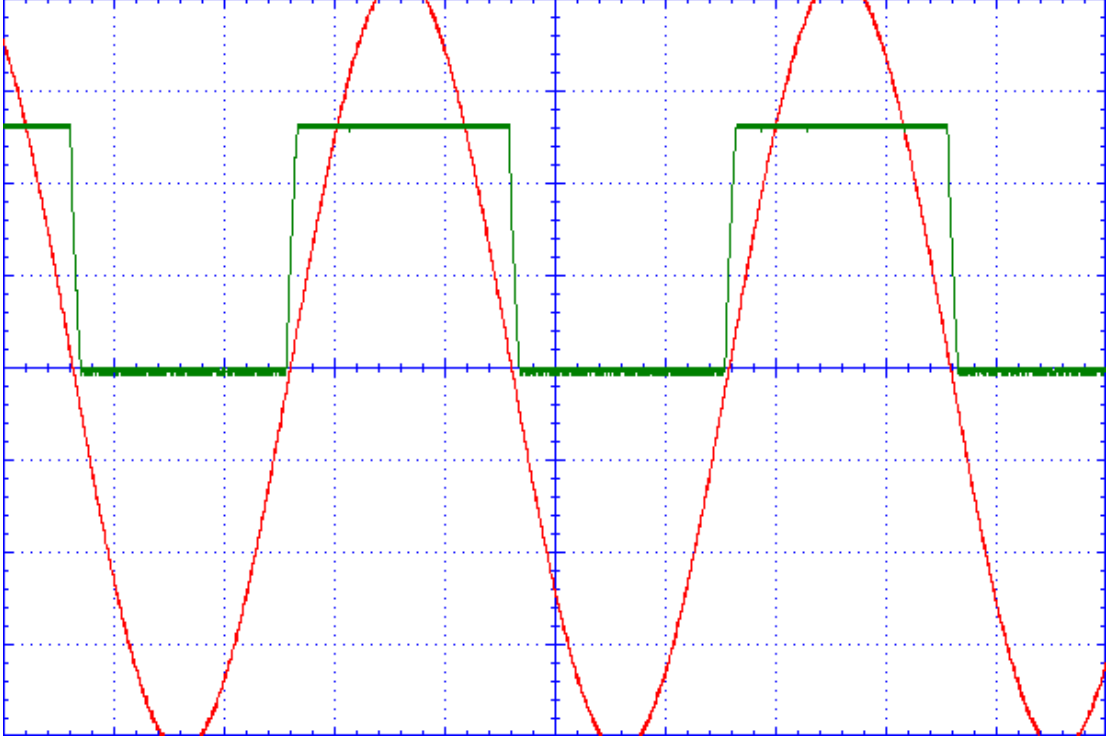
Şekil 5.4 Kazancı ayarlı yükselteçlerin çıkışındaki koruma devresi

Şekil 5.4'te ise kazancı ayarlanabilen yükselteçlerin çıkışındaki koruma devresinin işleyişi görülmektedir. Bu devre girişte küçük genlikli olmasına rağmen yükseltildikten sonra genlik sınırını aşan işaretleri engellemek için tasarlanmıştır. Görüldüğü gibi giriş işareti ne olursa olsun çıkış işareti 3.2V değerini aştığında engellenmektedir.



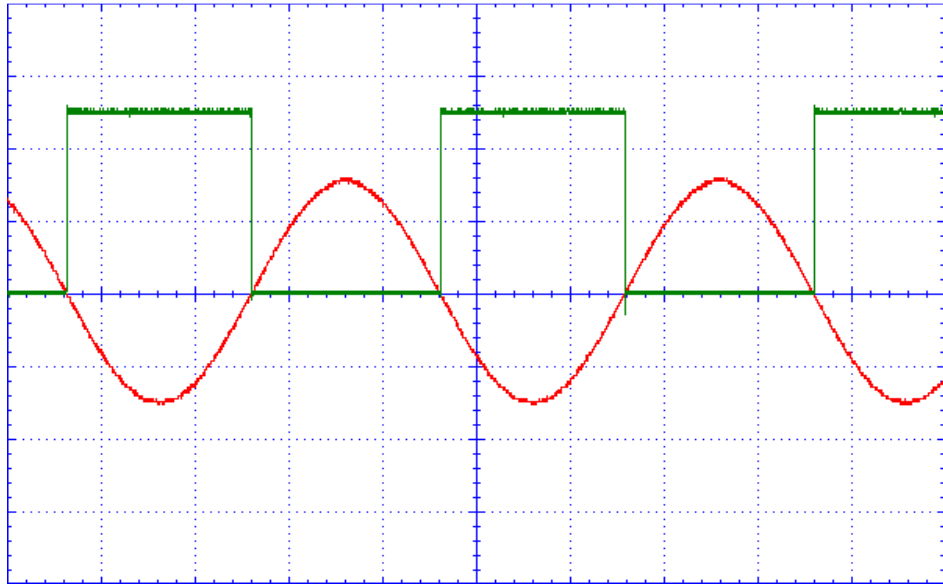
Şekil 5.5 ADC uygunlaştırması yapılmış ve ofset eklenmiş ADC giriş işareti

Şekil 5.5'te ADC girişine uygulanan işaretin osiloskoptan elde edilmiş görüntüsü görülmektedir. 2.5V DC ofset üzerinde salınan işaretin azami genliği tepeden tepeye 5V olabilir ki bu da mikrodenetleyicinin ADC' sinin müsaade ettiği azami değerdir. Görüldüğü gibi devrenin vermiş olduğu sonuçlar tatmin edicidir. Tasarlanan sistemin bu kısmı hem osiloskop ölçümlerinde hem de Bode Diyagramı Çizici girişlerinde kullanılmıştır. Şekil 5.6'da ise koruma devresinin son kısmı yani ADC uygulanan girişin korunması gösterilmiştir.



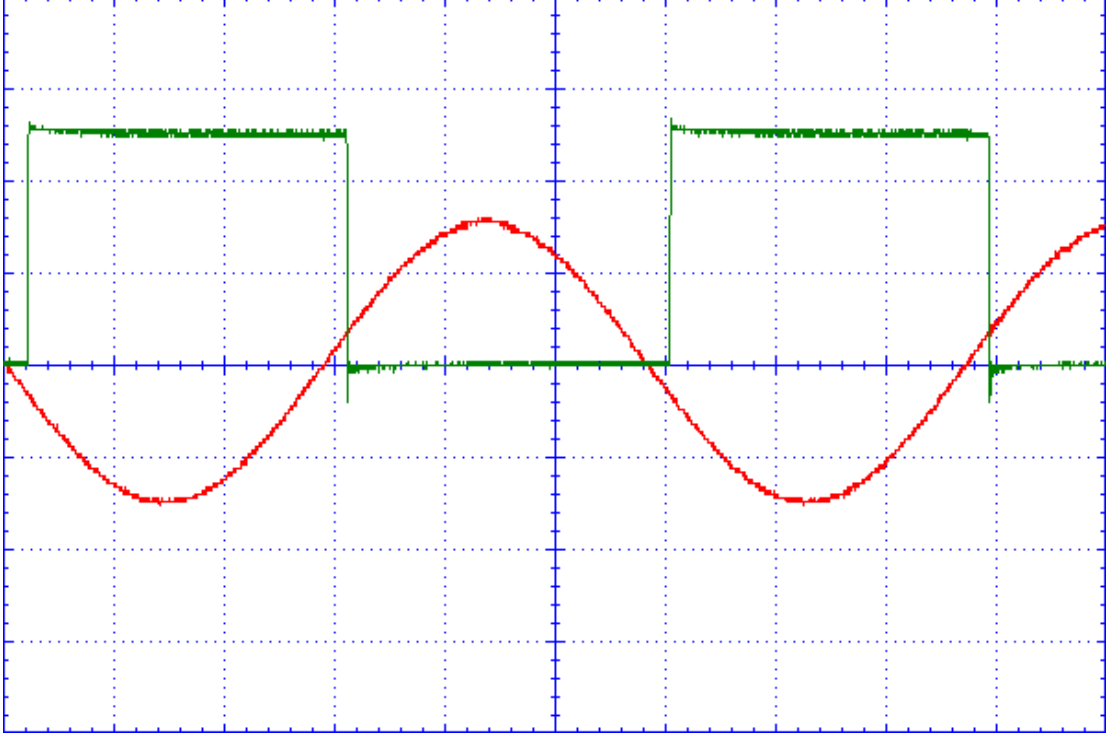
Şekil 5.6 Giriş işaretinin devrenin ölçebileceğinden fazla olmasına karşın koruma devrelerinin çalışması ve çıkış gerilimini sınırlaması(Volt/Div=2V)

Proje kapsamında tasarlanan sistemin diğer bölümlerinden olan sıfır geçiş algılayıcılarının sonuçları şekil 5.7’de verilmiştir.



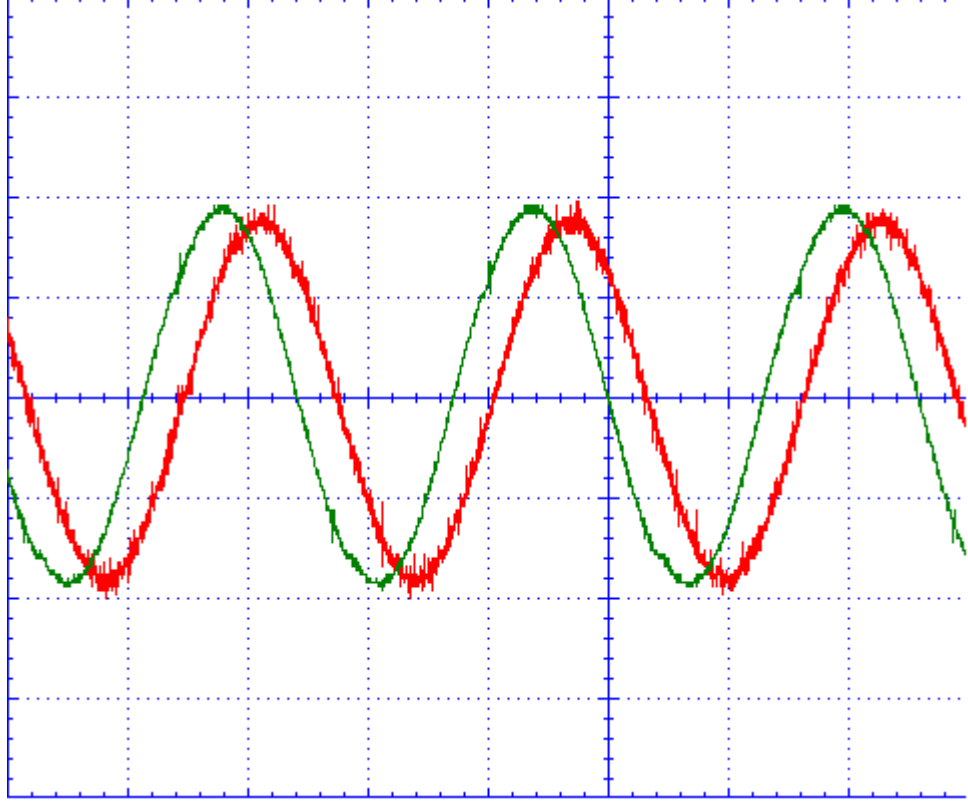
Şekil 5.7 $f=10\text{KHz}$ için osiloskop tetikleyicisinin çıkış işareti

Şekil 5.7’de görüldüğü gibi işaret 0V seviyesinin altına iner inmez karşılaştırıcı çıkışı lojik “1” seviyesine yükselmekte ve tam tersi durumda ise çok hızlı bir biçimde lojik“0” seviyesine düşmektedir.

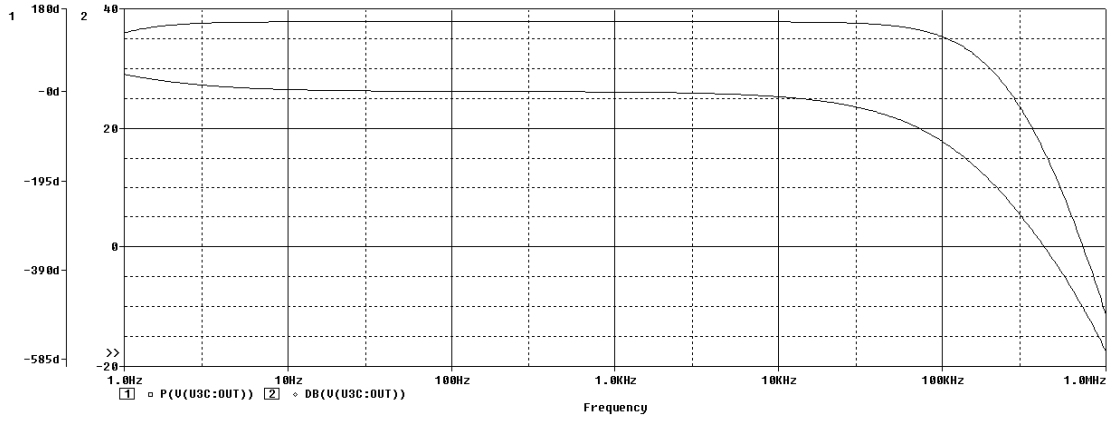


Şekil 5.8 $f=30\text{KHz}$ için sistemin iç faz cevabının etkisi

Şekil 5.8’de görüldüğü gibi frekans arttıkça sistemin kendi içsel faz cevabından dolayı işaretin fazının algılanmasında problemler oluşmaktadır. Bu faz kayması Bode Diyagramı Çizici yazılımına kalibrasyon faktörü olarak eklenecektir. Bu kayma şekil 5.9’da da rahatlıkla görülmektedir.

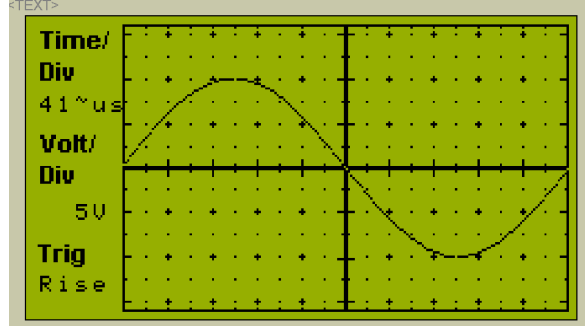


Şekil 5.9 Sistemin yüksek frekanslarda sahip olduğu faz kayması



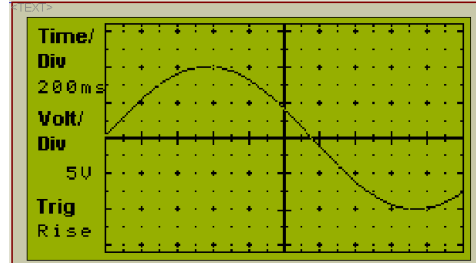
Şekil 5.10 Sistemin simülasyonla elde edilmiş faz ve genlik diyagramı

Şekil 5.10'da sistemin simülasyonla elde edilmiş Bode Diyagramı görülmektedir. Sonuçta sistem kendine has genlik ve faz cevabına sahip olduğundan bu hata payları Bode Diyagramı yazılımına eklenecektir.

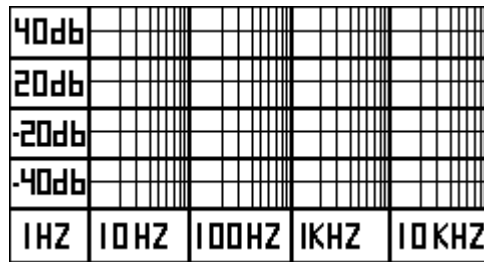


Şekil 5.11 $f=2.4\text{KHz}$ için osiloskop simülasyon ekran görüntüsü

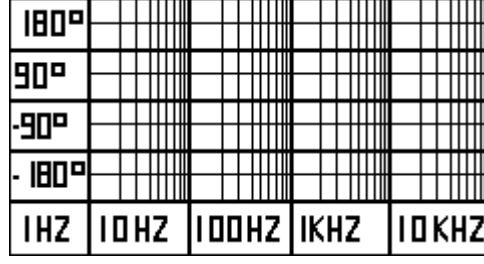
Şekil 5.11’de görüldüğü gibi osiloskop sonuçlarında istenilen sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 5.12’de ise örtüşmenin olumsuz etkileri görülmektedir.



Şekil 5.12 Örtüşmenin olumsuz etkisi



Şekil 5.13 Bode Diyagramı Çizici Genlik Ekranı



Şekil 5.14 Bode Diyagramı Çizici Faz ekranı

Şekil 5.13 ve 5.14'te Bode diyagramı çizicinin ekranları görülmektedir. Bu ekranlar birçok frekansı ekranda göstermek için logaritmik ölçek hesaplanarak yapılmıştır. Tablo 5.1'de devreye ait elektriksel karakteristikler verilmektedir.

Tablo 5.1 Tasarımı yapılan devrenin elektriksel karakteristikleri

BESLEME GERİLİMİ	± 12 V
GÜÇ TÜKETİMİ	~ 2 W
BODE DİYAGRAMI ÇİZİCİ ÇIKIŞ GERİLİMİ	En fazla 3 Vpp En az 30 mVpp
BODE DİYAGRAMI ÇİZİCİ GENLİK ÖLÇÜM ARALIĞI	En fazla +40 dB En az -40 dB
BODE DİYAGRAMI ÇİZİCİ FREKANS ÖLÇÜM ARALIĞI	En fazla 100 KHz En az 1 Hz
OSİLOSKOP GENLİK ÖLÇÜM ARALIĞI	En fazla 6.4 V En az 500uV
OSİLOSKOP ZAMAN ÖLÇÜM ARALIĞI	En fazla 200ms/Bölme En az 41 uS/Bölme
OSİLOSKOP FREKANS ÖLÇÜM ARALIĞI	En fazla 24 KHz En az DC
ANALOGTAN SAYISALA ÇEVİRİCİ ÖRNEKLEME FREKANSI	En fazla 60 Ksps

6. SONUÇLAR

Yıldız Teknik Üniversitesi Lisans eğitimi kapsamında Bitirme Tezi konusu olarak alınmış “Mikrodenetleyicili Dijital Osiloskop ve Bode Diyagramı Çizici” projesi elden geldiğince özgün olarak tasarlanmaya çalışılmıştır.

Projenin konusunun seçimi esnasında konunun pratik hayatta gerçekleşip gerçekleşemeyeceği araştırılmış ve derin bir fizibilite araştırması yapılmıştır. Osiloskop ve Bode Diyagramı Çizici kısmının ortak kullanabileceği bölümler saptanmış ve mümkün olduğunca esnek bir tasarım yapılmaya çalışılmıştır. Giriş bölümü için enstrumantasyon kuvvetlendiricisi seçilmiş ve istenen verim alınmıştır.

Proje kapsamında tasarlanan devrenin giriş, çıkış yükselteçleri ve karşılaştırıcı bölümleri sonuçlar bölümünün ilk kısımlarında belirtildiği çıktılar üretmiştir. Ancak VCO bölümü için birden fazla tasarım mevcutken, projenin başlangıcında NCO(Sayısal Kontrollü Osilatör) kullanımı düşünülmüş ancak bu tasarım uygun elektronik elemanların bulunamaması sebebiyle tek parça işaret üretici olarak kullanılan ve frekansı bir tek kapasite ve direnç ile doğrusal olarak değişen XR2206 tümdevresi kullanılmıştır. Bu tümdevreyle elde edilen işaret çıkışları incelendiğinde gayet düzgün, istenen frekanslarda üretilmiş sinüsler elde edilmiştir.

Projede donanımsal tasarımın sonuçları tatmin edici seviyelerde elde edilmiştir. Projenin yazılım kısmında elde edilen sonuçlar ise özellikle tasarımın ilk aşamalarında simülasyonla denenmiş olup gerçek bir osiloskop ile karşılaştırılarak kalibrasyonu yapılmıştır. Projenin osiloskop kısmında karşılaşılan problemlerden en büyüğü örtüşmedir. Bu konuya Bölüm 2.3’de değinildiği için bir daha değinilmeyecektir. Bu problemin çözümü için ise yapılması gereken girişe örtüşme engelleyici analog bir alçak geçiren filtre yerleştirilmesi ve daha sonra elde edilen işaretin örnek değerlerinin sayısal olarak azaltılması yani aşağı örneklem yapılmasıyla giderilebilir. Ancak projeye ayrılan zamanın kısıtlı olması sebebiyle bu çözüm uygulanmamıştır.

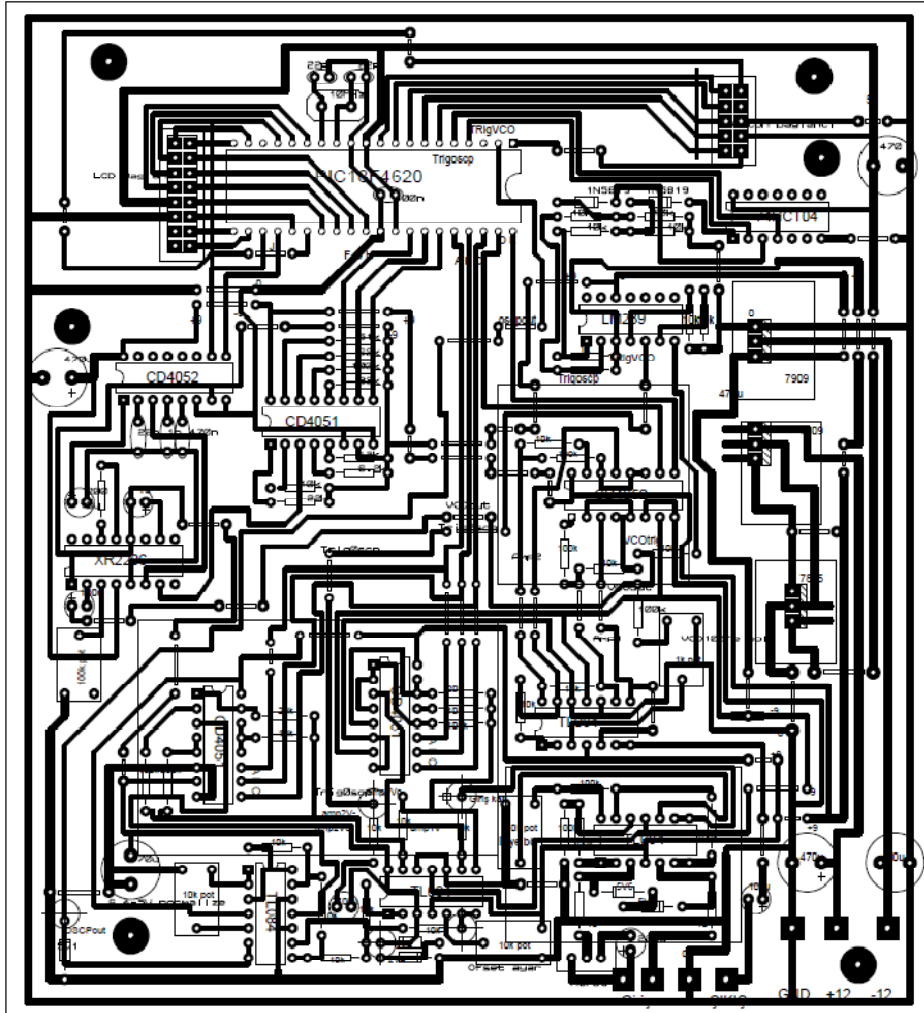
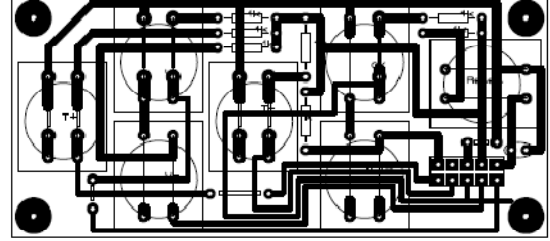
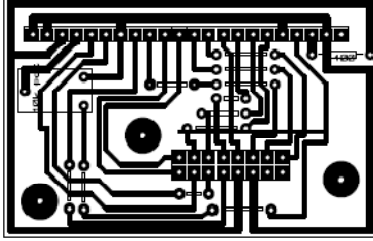
Projeye son olarak genel bir bakış atılacak olursa, bu proje modüler yapıda olması ve donanımının esnek olması sebebiyle geliştirmeye açık bir projedir. Donanım kısmına dışarıdan bir ekleme yapmak her ne kadar çok zor olsa da, çok geniş olduğu için programlanabilir bir analog devre gibi düşünülebilir. Yazılım kısmı ise tamamen modüler yapıda olup makine dilinde yazılmış olması programcıya esneklik sağlar. İstenildiği takdirde yeni bölümler eklenip, mevcut bölümler güncellenebilir.

KAYNAKLAR

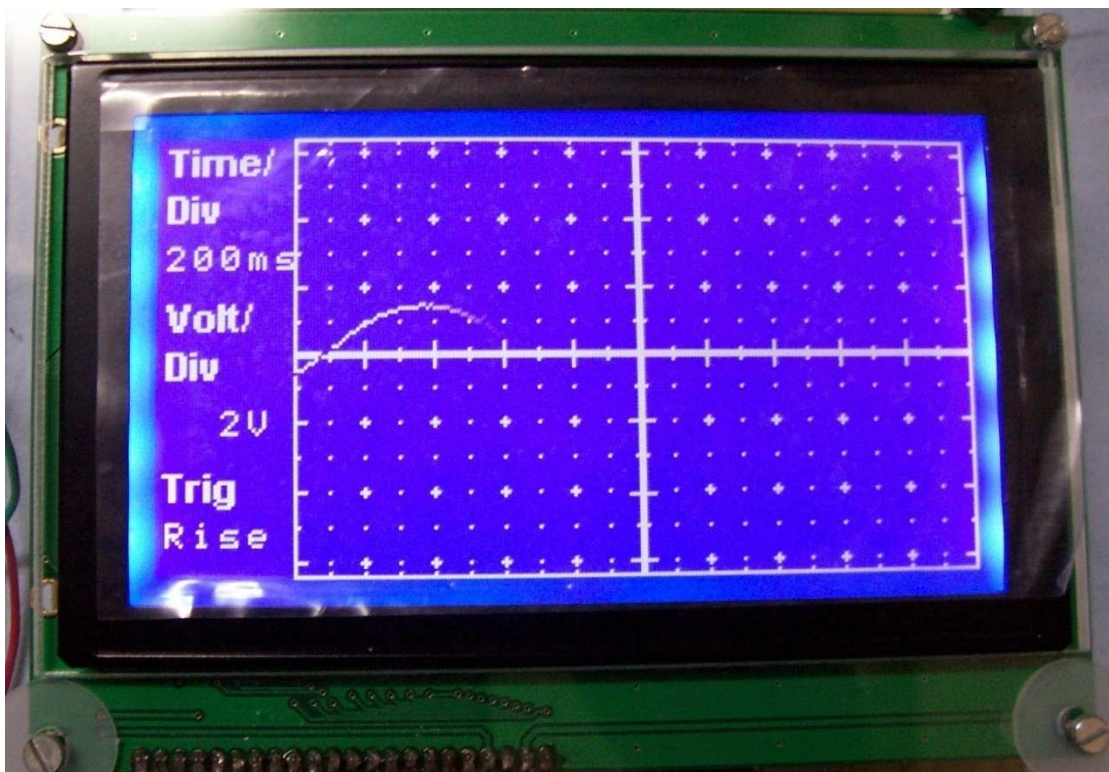
- [1] Yazgan, E. Ve Korürek, M., (1996), Tıp Elektroniği İTÜ Rektörlüğü Yayınları, İstanbul
- [2] National Semiconductor , Application Note 31 ,(1978)
- [3] Yard.Doç.Dr. Ünal Küçük, Telekom Devreleri Ders Notları,
http://www.yildiz.edu.tr/~kunal/telekom_devre.htm
- [4] <http://www.doctrionics.co.uk/scope.htm>
- [5] <http://glory.honour.ca/projects/Oscilloscope/Oscilloscope.html>
- [6] XR2206 Datasheet

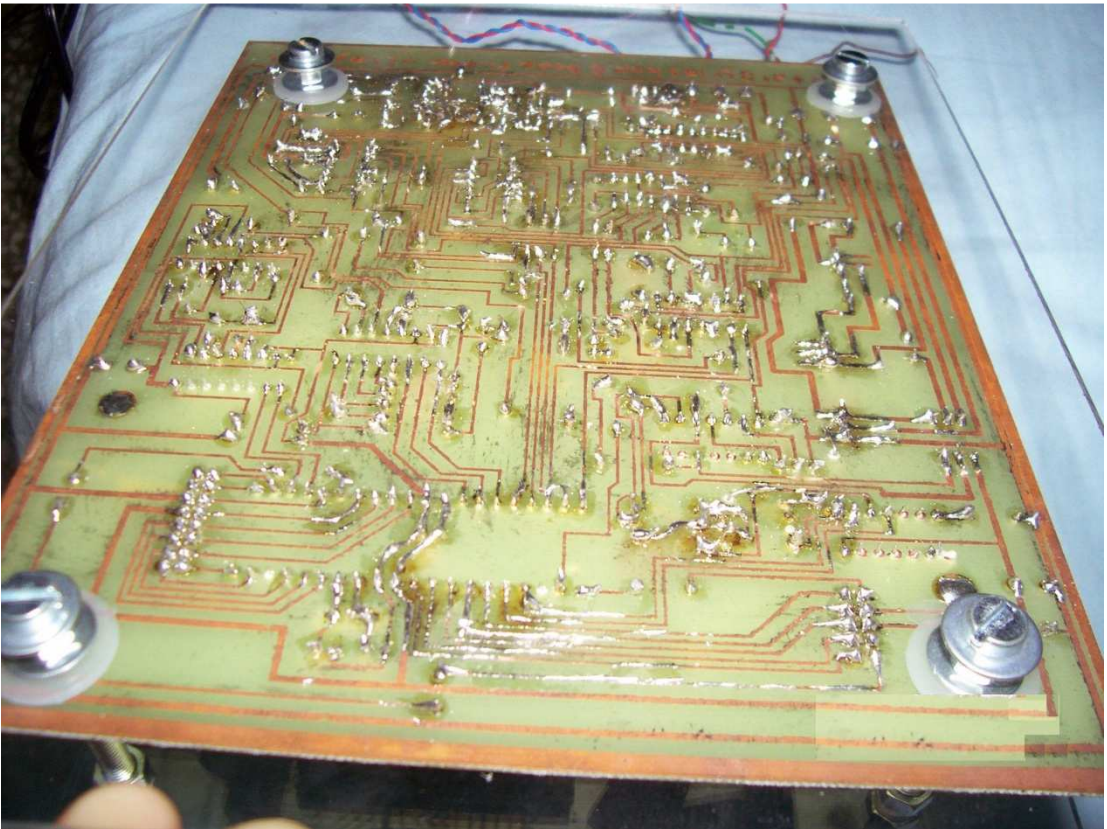
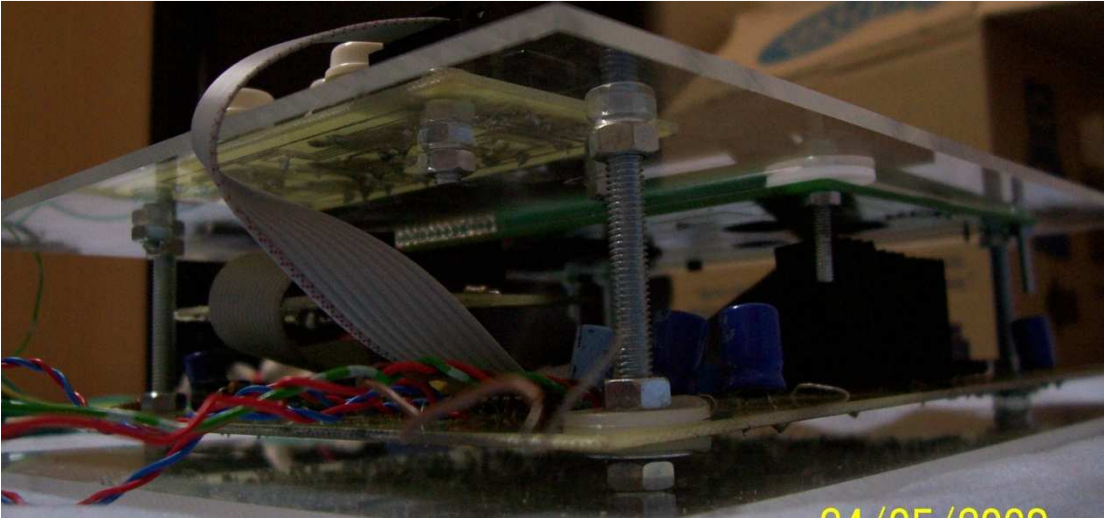
EKLER

EK 1 PROJEDE TASARIMI YAPILAN SİSTEMİN BASKI DEVRESİ



EK2 PROJE KAPSAMINDA TASARIMI YAPILAN CİHAZIN RESİMLERİ







ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi : 17.09.1987

Doğum yeri: Bilecik

Lise 2001-2005 Bilecik Ertuğrul Gazi Lisesi

Lisans 2005-... Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fak.

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği

Staj Yaptığı Kurumlar

2007 Türk Telekomünikasyon A.Ş.

2008 ASELSAN A.Ş.