

SES KONTROLLÜ ELEKTRİK ANAHTARI

Kutay KUTLU*, Çağan SEL*, Musa H. ASYALI**, Sinem ÖZTAYFUN**

ÖZET

Günlük hayatımızı kolaylaştıran elektrikli aletleri açma ve kapama genellikle mekanik bir anahtar yoluyla yapılmaktadır. Ancak bazı durumlarda (örneğin bazı rahatsızlıklarda ya da yaşlılıkta, ya da bazı dış etkenlerin elektrikli aletlere ulaşmayı tehlikeli kıldığı durumlarda) bu cihazları ses ile açıp kapamak daha uygun olabilir. Bu çalışmada, elektrikli aletleri daha kolay ve tehlikesiz bir şekilde kontrol edebilmek (açma ve kapama işlemini yapabilmek) amacıyla bir devre geliştirilmiştir. Bu devre basit bir aydınlatma uygulanmasında (bir ampulün “aç” sesi ya da komutuyla açılması) test edilmiştir. Çalışmamızda dizayn edilen devre karmaşıklıktan uzak ve çok hesaplıdır.

GİRİŞ

Bu çalışmanın konusu, ses kontrollü bir anahtarlama devresi tasarlanmasıdır. Devre girişi herhangi bir ses olacak ve devre bu ses sinyalini algılayarak bir işlem gerçekleştirecektir. Geliştirilen devrenin mümkün olduğunca az sayıda ve hesaplı devre elemanlarından oluşmasına dikkat edilmiştir.

Devrenin girişi ses sinyalidir. İnsanların kullanabileceği “aç”, “kapa” ve alkış (el vurma) gibi seslerin frekans spektrumları incelenmiş ve devre bu seslere tepki verebilecek şekilde tasarlanmıştır. Tasarım sırasında karşılaşılabilecek başlıca zorluklar arasında dış etkenlerin devreye gürültü olarak yansması, ses sinyali ile uyumlu çalışabilecek elemanların belirlenmesi, bu elemanların kolay bulunur ve iyi performans özelliklerine sahip olabilmeleri gibi etkenler sayılabilir.

Çalışmaların ilk aşaması ses sinyalinin karakteristiğinin incelenmesidir. Bunun için

* Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Ege Üniversitesi, Bornova 35100, İzmir

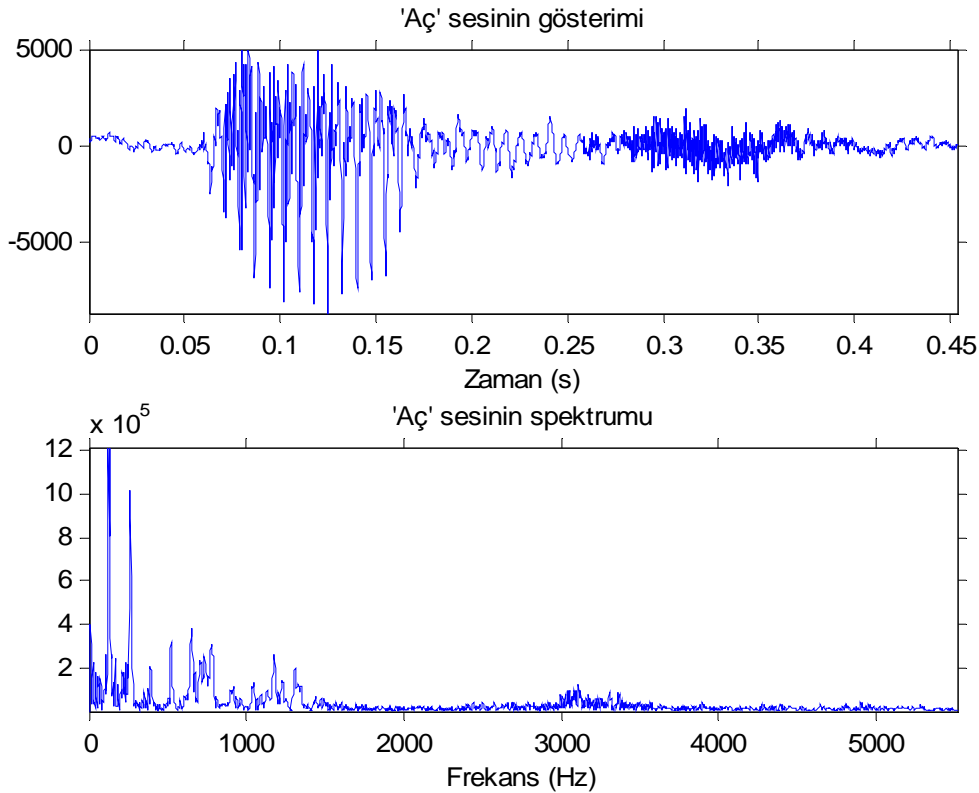
** Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Yaşar Üniversitesi, Bornova 35500, İzmir

değişik konuşmacılar tarafından söylenen “aç”, “kapa” gibi komutlar ve alkış sesleri mikrofon ve ses kartı yardımıyla bilgisayar ortamına aktarılıp incelenmiştir. Bu konu *ses sinyallerinin incelenmesi* başlığı altında incelenecektir.

Daha sonraki aşama ses sinyalinin oluşturulacak analog devre kısmına doğru bir şekilde aktaracak mikrofonun belirlenmesidir. Bunun için değişik mikrofon çeşitleri ve uygun ön-yükseltici (pre-amplifier) devreleri incelenmiştir. Bu kısım ise *mikrofon çeşitleri ve ön-yükselticiler* başlığı altında anlatılacaktır..

KOMUT OLARAK KULLANILABİLECEK SES SİNYALLERİNİN İNCELENMESİ

Ses sinyalinin frekansı, genliği ve şekli hakkında bilgi sahibi olmak için, mikrofon ve ses kartı yardımıyla “aç”, “kapa” ve alkış sesleri bilgisayar ortamında kaydedilmiş ve daha sonra Matlab programı ile incelenmiştir. Örnek olarak Şekil 1’de “aç” sesinin zamanda gösterimi ve spektral analizi gösterilmektedir.



Şekil 1: “Aç” sesinin zamanda gösterimi (üst panel) ve spektral analizi (alt panel).
Örnekleme frekansı 11025 Hz’dir.

Kaydedilen bu ses sinyallerini spektral analizi sonucunda tasarlayacağımız elektronik

devrenin 3 KHz'e kadar olan frekans bileşenlerini algılayabilmesinin ve işleyebilmesinin yeterli olacağı anlaşılmıştır.

MİKROFON ÇEŞİTLERİ VE UYGUN ÖN-YÜKSELTİCİLER

Dizayn edilen devrenin girişi bir ses sinyalidir. Bu ses sinyalinin dışardan iyi bir şekilde alınması gereklidir ki devre yeterince hassas olabilsin ve doğru karar verebilsin. Bu durumda kullanılacak mikrofonun tipine iyi karar vermek gereklidir.

Üç ana katagoride mikrofonlar incelenebilir.

- 1- Dinamik veya hareketli bobin (moving coil) mikrofonlar,
- 2- Şerit (ribbon) mikrofonlar,
- 3- Kondansatör (consender) veya elektret mikrofonlar [3].

1. DİNAMİK VEYA HAREKETLİ BOBİN (MOVING COİL) MİKROFONLAR:

Dinamik veya hareketli bobin mikrofonlarda ses basıncındaki değişikliklerle (insan veya müzik aleti sesi) hareket eden bir diafram bulunur. Bu hareket sonucu bir elektrik akımı meydana gelir. Sesin vibrasyonundan dolayı oluşan manyetik alan değişimi ile akım oluşur çünkü mikrofonun yapısı içinde manyetik bir malzeme ve hareketli bobin vardır. Bobinin hareketi manyetik malzeme ile beraber değişen bir manyetik alan oluşturur bu da bobinden bir akım akmasını sağlar.

Dinamik mikrofonlara dışardan bir güç verilmesine gerek yoktur. Kendi akımını oluşturur ve çalışır. Günlük yaşamda oldukça kullanışlıdır ancak stüdyo ortamında kayıtlarda bazı müzik aletlerinin seslerini sağlıklı bir şekilde algılamıyabilir. Bu da 16K-19K Hz frekans civarındaki seslerde ortaya çıkar, 12-14 KHz civan dinamik mikrofon için limittir denebilir. Piyasada kolayca bulunabilen bu mikrofonların malesef fiyatları o kadar ucuz değildir. Piyasadaki dinamik mikrofonlarda manyetik malzemeler mıknatıslardır. Bir dinamik mikrofon kapsülü hacim olarak da büyük ve kullanışsız olabilir; özellikle de bir elektronik devresinde kullanılıyor ise.

2. ŞERİT (RİBBON) MİKROFONLAR:

Bu tip mikrofonlar, sesin vibrasyonu sonucu değişen manyetik alan ile bir akım üreten dinamik mikrofonlara benzerdir. Fakat bu mikrofonun yapısal farkı, manyetik malzemenin bir bobin ile sarılması yerine, malzemenin manyetik kutuplan arasına bir şerit veya kıvrımlı bir metal dar bir parça konulması ve bu şekilde aynı dinamik mikrofon mantığı ile akımı oluşturulmasıdır [3]. Ancak şerit mikrofon dinamik mikrofona göre daha hassastır. Bu nedenle yüksek seviyede ses basıncı olan ortamlardan uzak tutulmalıdır. Ayrıca bu mikrofonlar ses kayıt işlerinde oldukça iyi performans verirler ve genelde klasik müzik kayıttan ve konserlerinde kullanılırlar.

3. KONDANSATÖR VEYA ELEKTRET MİKROFONLAR:

Kondansatör mikrofon içinde iki tane küçük metal yüzey vardır ve bu metal yüzeyler arasında bir boşluk bulunur. Bu metal yüzeyler paraleldir ve kondansatör yapısındadır. Bu iki metal yüzeyden biri sabit diğeri ise sesin vibrasyonu ile hareket eden hareketli bir parçadır. Herhangi bir ses geldiğinde sesin yaptığı basınç sonucu hareketli yüzey konum değiştirir ve metal yüzeyler üzerinde elektrostatik bir yük oluşur. Bu etki kapasitif etki olarak adlandırılabilir. Bu etkiden dolayı oluşan sinyal direk olarak kayıt mixer devresine girilemeyecek kadar küçüktür. Bu demek oluyor ki mikrofon yapısı içine bir ön-yükseltici konmalıdır. Bir ön-yükseltici devresinin çalışabilmesi için bir güç kaynağına ihtiyaç duyulduğu bilinmektedir. Bu durumda mikrofonun iyi bir şekilde çalışabilmesi için 1.5-9 Volt arası bir gerilimle beslenmesi gerekir.

Kondansatör mikrofonlar oldukça hassastırlar. Bu nedenle kullanılırken çok yüksek ses seviyelerinden ve darbelerden kaçınılmalıdır. Her türlü kayıt için stüdyo ortamında mükemmel sonuç verir. Ayrıca oldukça geniş bir band (20 Hz - 22 kHz) aralığında yüksek kalitede çalışır. Çoğunlukla profesyonel ses kayıtlarında kondansatör mikrofonlar kullanılır.

Mikrofonlar ayrıca çıkış empedanslarına göre üçe ayrılır:

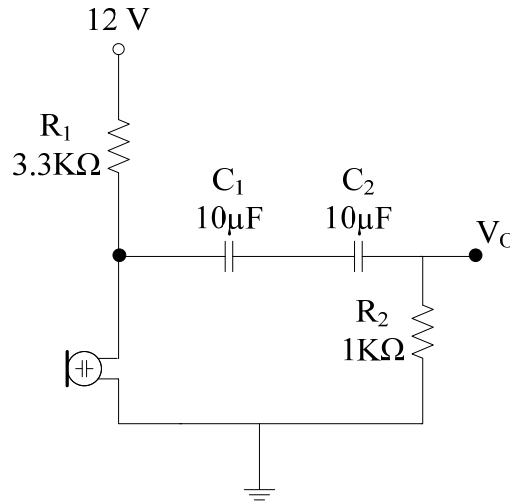
- 1- Düşük empedanslı mikrofonlar: 600Ω veya daha düşük,
- 2- Orta empedanslı mikrofonlar: $1-6K\Omega$,
- 3- Yüksek empedanslı mikrofonlar: $10K\Omega$ veya daha yüksek.

Buna göre; kristal mikrofonlar yüksek empedanslı, kondansatör veya elektret

mikrofonlar düşük empedanslı (kapasitör bu değeri yükseltir ancak ön-yükseltici devresi düşürür), şerit (ribbon) mikrofonlar düşük çıkış empedanslarına sahiplerdir.

SESİN ALGILANMASI

Ses sinyalinin karakteristiği iyice anlaşıldıktan sonra ses sinyalinin sağlıklı bir şekilde alınması ve yükseltilmesi sağlanmıştır. İlk olarak kondansatör mikrofondan ses sinyali elde edilebilmesi için aşağıdaki devre kurulmuştur.

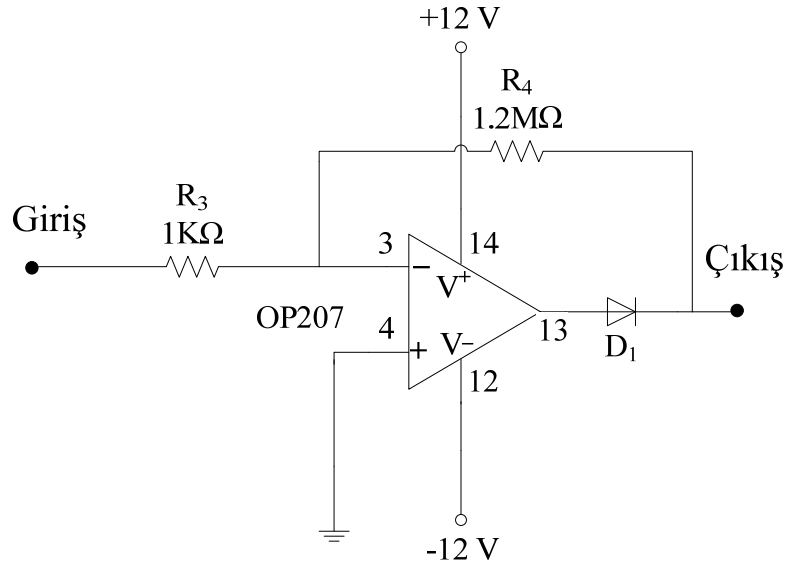


Şekil 2: Mikrofon Giriş Devresi.

Kondansatör mikrofonun içindeki ön-yükseltici devresinin çalışabilmesi için bir beslemeye ihtiyaç duyduğu ve mikrofonun içinden 1 mA'lık bir akımın geçmesinin gerekliliğinden bahsedilmiştir. İşte bunun sağlanması için kaynaktan alınan 12 Volt'luk DC gerilim 3,3KΩluk direnç üzerinden kondansatör mikrofonun pozitif bacağına bağlanmış, negatif bacak ise topraklanmıştır. Devrenin çıkışı V_o sinyalinde beslemeden kaynaklanabilecek gereksiz bir de gerilim oluşmamalıdır, çünkü bu çıkış yükseltici devresine girecektir ve gereksiz yere yükseltilecektir. Eğer yükseltici bir opamp ise de saturasyon gerçekleşecektir ve küçük genlikli ses sinyali kaybolacaktır. Bunu engellemek için mikrofondan sonra iki adet 10 uF'lık kapasitör ters kutuplu (- + ve + -) şeklinde bağlanarak de gerilim iyi bir şekilde süzlmüştür. Çıkıştaki paralel 1 Kohm'luk direnç ise yük görevindedir.

YÜKSELTİCİ VE DOĞRULTUCU DEVRESİ

Ses sinyalinin incelenmesi sonucu analog devrede kullanılması için iyi bir yükseltme ve doğrultma işleminden geçirilmesinin gerekliliği görülmüştür. Ses; Şekil 2'de görülen mikrofon giriş devresinin çıkışında 1-2 mVolt tepe genliğine sahip ortalaması yaklaşık sıfır olan sinyal olarak görülmüştür. Bu sinyal analog devrelerde işlem yapılabilmesi için oldukça düşük bir genliğe sahiptir. Bu durumda sinyal 1-2 Volt mertebesine yükseltilmelidir. Ayrıca bu sinyalin ortalamasının sıfırdan farklı ve pozitif bir değerde olması gerekmektedir. Bu iki önemli işlemi aynı anda sağlıklı bir şekilde gerçekleştirmek için precision rectifier kullanılmıştır. Bu devre aşağıda gösterilmiştir.



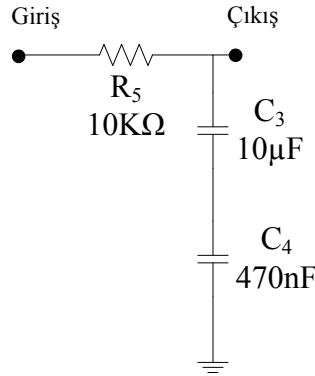
Şekil 3: Precision Rectifier.

Mikrofon katından çıkan sinyal bu devrenin girişine verilir. Devrenin iki işlevi vardır. Bunlardan bir tanesi tersleyerek yükseltme yapmak, diğeri ise doğrultmaktır, tersleyerek yükseltmenin kazancı devrede gözükteği üzere $1,2M\Omega/1K\Omega = 1200$ dir. Böylece mikrofon katından çıkan sinyal 1-2 V mertebesine yükseltilmiş olur. Doğrultma işlemi de aynı devrede yapılmaktadır. Bu işlem için tek diyotlu yarım dalga doğrultucu da kullanılabilir. fakat böylece doğrultulacak olan sinyalden 0.7 V luk bir gerilim düşümü olacaktır. Bu da ses sinyali gibi çok düşük genlikli sinyaller için büyük bir kayıp olacaktır. Bunun önlenmesi için

süper diyot, yani *precision rectifier* kullanılmıştır.

ALÇAK GEÇİREN FİLTRE (LOW - PASS FİLTRE)

Doğrultulmuş ve yükseltilmiş sinyal alçak geçiren filtreye uygulanarak, bu sinyalin de seviyesi bulunmuştur. Bu de seviye karşılaştırma işleminin gerçekleştirilmesi için gereklidir. Alçak geçiren filtre olarak seri R-C devresi kullanılmıştır [2]. Bu devre aşağıda gösterilmiştir.

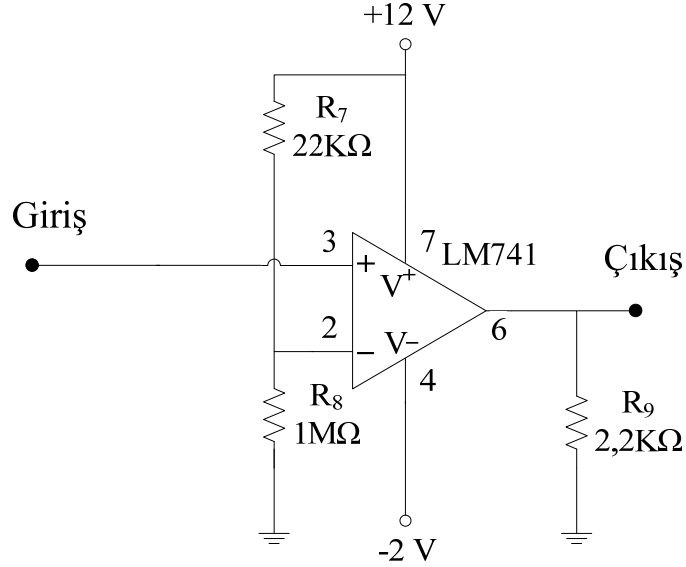


Şekil 4: Alçak Geçiren Filtre.

Bu DC seviye ses sinyalinin şiddetine göre 1 Volt ile 3 Volt değerleri arasında değişebilmektedir. Bu değerler karşılaştırıcı devresinin dizaynı için önemlidir.

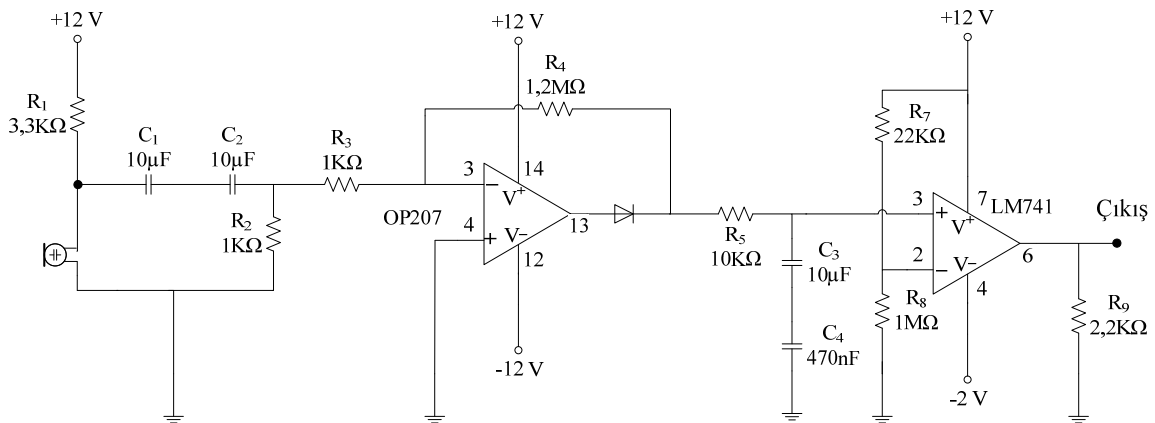
KARŞILAŞTIRICI DEVRESİ

Mikrofonun algılayabileceği ya da devrenin ortamdaki kapabileceği gürültülerin yükseltilmesi sonucu alçak geçiren filtrenin çıkışı 1 Volt civarına kadar ulaşabilmektedir. Devrenin bu gürültülerden etkilenmemesi için karşılaştırıcı devresinin referans voltajı 1 Volt olarak belirlenmiştir.



Şekil 5: Karşılaştırıcı devresi.

DC seviyesi elde edilmiş olan ses sinyali, karşılaştırıcı devrenin pozitif girişine verilmiştir[1]. Referans gerilimi olarak da 1 V seçilmiş ve op-ampın negatif girişine verilmiştir. Bu 1 V değeri daha önceden belirlenen gürültü sinyallerinin ses olarak algılanmaması için öngörülmüştür. Karşılaştırıcı devresinin çıkışında istenen, ses geldiğinde +12V, aksi durumda da 0V de gerilim üretebilmektir. Çünkü röle kontrol devresi, dijital olarak dizayn edilecektir. Bunun için teorik olarak op-ampın beslemeleri +12V ve 0V olarak verilmelidir. Ancak pratikte, çıkışta +12V ve +2V seviyeleri görülmüştür. Bunun nedeni kullanılan op-ampın karakteristiği ile ilgilidir. Bu durumun ortadan kalkması için, negatif besleme olarak 0V yerine -2V verilmiştir.



Şekil 7: Dizayn edilen devrenin analog kısmı.

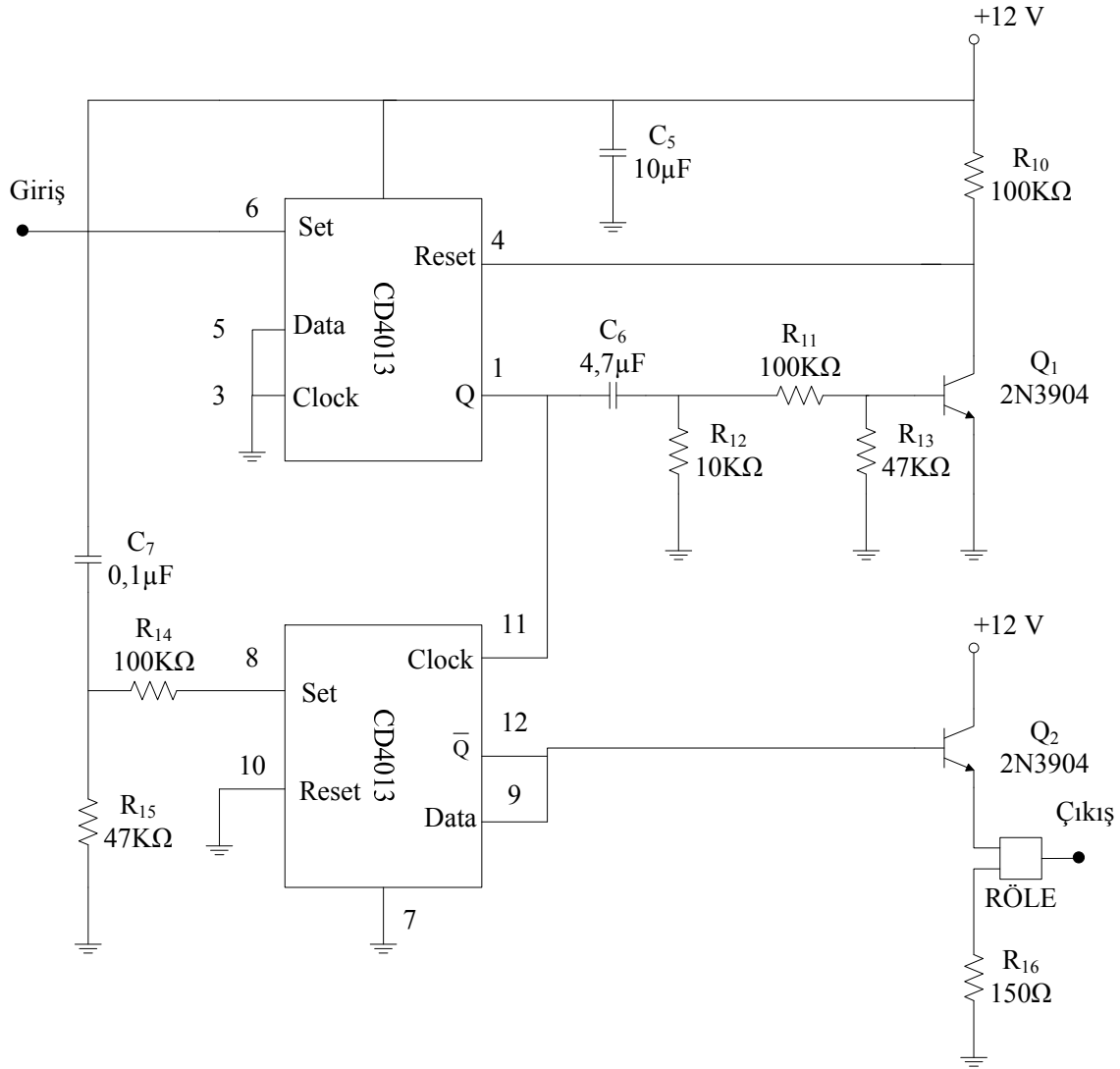
RÖLE KONTROL DEVRESİ

Buraya kadar oluşturulan devrenin çıkışı, ses sinyali olduğu sürece +12 Volt diğer anlarda ise 0 Volt olmaktadır. Anahtarlama elemanı olarak röle kullanılacaktır. Röle bir anahtar olarak çalışır. Besleme bacaklarına gerilim verildiğinde anahtarı kapar gerilim verilmediğinde ise açar. İki tip röle vardır:

- Tek kontaklı röle: Bu tip rölelerde besleme olduğu sürece anahtar kapanır ve besleme kesildiği anda anahtar açılır.
- Çift kontaklı röle: Bu röle tipi ise pozitif besleme geldiğinde anahtarı kapar; negatif besleme geldiğinde ise anahtarı açar.

Dizayn edilen devre de istenen anahtar kontrolü, ses geldiğinde açılacak ikinci bir ses geldiğinde ise kapanacak biçimdedir. Yani anahtar, her ses geldiğine bulunduğu konumun tersi durumuna geçecektir. Yukarıda anlatılan iki röle tipi de direk olarak devre çıkışına bağlandığında istenen anahtarlamayı gerçekleştiremez. Bu yüzden bir röle kontrol devresi tasarlanmıştır.

Röle kontrol devresi aşağıda gösterilmiştir.






Şek

il 8: Röle Kontrol Devresi.

Yukarıda gösterilen devrenin amacı piyasada bulunan rölelerden herhangi birine uygun kontrol sağlamaktır. Burada tek kontak röle kullanılmıştır. Bu tip rölenin kontrolü için, ses geldiğinde +12V gelen ve bir diğer sese kadar da bu durumunu muhafaza eden yukarıdaki röle kontrol devresi kullanılmıştır. Bu devrenin çalışmasının anlaşılabilmesi için, kullanılan CD4013 entegresinin doğruluk tablosunun bilinmesi gereklidir [4].

Tablo 1: CD4013 entegresinin doğruluk tablosu

CL [†]	D	R	S	Q	\overline{Q}
	0	0	0	0	1
	1	0	0	1	0
	x	0	0	Q	\overline{Q}
x	x	1	0	0	1
x	x	0	1	1	0
x	x	1	1	1	1

No change
† = Level change
x = Don't care case

SONUÇ

Dizayn edilen devre daha önceden belirlenen özelliklere sahiptir; kullanılan elemanlar piyasada rahatça bulunabilecek ucuz elemanlardır ve devre karmaşık bir yapıda değildir. Oluşturulan bu devre, her türlü elektrikle çalışan cihazın ses ile kontrolünü mümkün kılmaktadır.

Böyle bir aletin geniş bir kullanım alanı vardır çünkü günümüzde elektrik ile çalışan cihazlar hayatın bir parçası olmuştur. Örneğin böyle bir alet, hastane, bakım evleri ya da özürli insanların yaşadığı mekanlarda birçok kolaylıklar sağlayabilir. Ayrıca bu çalışmadan yola çıkılarak değişik ses şiddetlerini algılayarak belirlenebilecek bir kaç işlem yaptırabilen aletler de dizayn edilebilir. Ya da çok farklı ses sinyallerini algılayabilen (bu olay frekans ayırıcı filtreler ile yapılabilir) ve o sesler geldiğinde işlem (anahtarlama) yapabilen aletler tasarlanabilir. Ayrıca günümüzde güvenlik sektöründe (alarm devrelerinde) sıklıkla kullanılan hareket sensörleri yerine bu tarz devreler ile güvenlik sistemleri tasarlanabilir.

REFERANSLAR:

[1] BOYLESTAD, Robert ve NASHELSKY, Louis (1994), Elektronik elemanlar ve devre teorisi, (Çeviren: Hakan Özyılmaz ve Ünal Küçük), Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları

[2] HORENSTEIN, Mark N. (1996), Micro Electronic Circuits and Devices, Prentice Hall.

[3] <http://www.ortyd.org.tr/teknik/mikrofonlar.html>

[4] MANO, M. Morris, KIME, Charles R. (2003) Logic and Compute Design Fundamentals, Prentice Hall.