

# ELEKTRONİKTE TOPRAK, EKLAN, SÜZME SORUNLARI

derleyen:  
**haya yazgan**

## 1. GİRİŞ

Elektronik aygıtlarda devre tasarımı devre elemanlarının bağlantısı, baskı devre üzerine, kutular içine yerleştirilmeleri aşamalarında topraklama ekranlama ve süzme konuları büyük önem taşımaktadır. Bu incelemede dört grup altında toplanan örnek olaylarla konunun önemi sergilenmekte ve önlemler tartışılmaktadır.

## 2. TOPRAK BAĞLANTILARINDA İSTENMEYEN EMPEDANS

Bir noktanın toprağa bağlanması için kullanılan iletkenler çoğu kez önemli sayılabilecek bir empedans oluşturabilirler. Örneğin 30 cm uzunluğunda 0,25 mm çaplı iletkenin (14 a.W.g.) 2,5 mohm'luk bir direnci vardır. İmin (signal) sıklığı 3 kHz'in üzerine çıkınca 0,6 yH'lik endüktansı belirgin olacaktır. Baskı devrenin direnci ise bundan çok daha fazladır. Kalınlığı 36 ym, genişliği 0,4 mm kadar olan bakır baskı devre izininin aynı uzunluktaki bir parçasının direnci 360 mohm'u bulmaktadır.

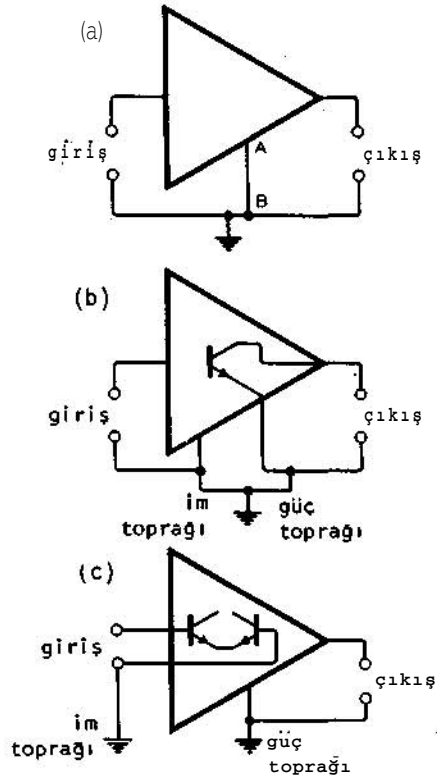
Kaya. Yazgan, TCDD Elektronik Araştırma Merkezi

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 242

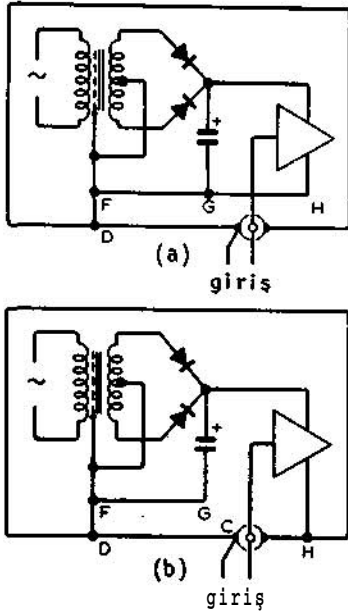
Bu dirençlerin önemi kuşkusuz devredeki yerine bağlıdır. Küçük bir ses yükselticinin kaynağında 1 A'lık dalgalanma akımı yukarıda sözü edilen telde 2,5 mV gerilim düşümüne yol açabilir. Bunun binde birinin 1 mV'luk giriş gerilimini etkilemesi sonucunda im/vınıltı (hum) oranı 52 dB olacaktır.'

Şekil 1(a)'da simgesel olarak gösterilen yükselteç veya sayısal tampon devresinde, hoparlör bobin yada lamba sürücü gibi büyük çıkış akımı gerektiği varsayılırsa AB bağlantısı üzerinde oluşacak gerilim giriş imiyle toplanacaktır. Sonuçta salınım, beklenmeyen bir kazanç eğrisi, çıkış yüküyle değişen giriş eşiği, histeresiz gibi birçok sakınca gözlenebilir. Şekil 1(b)'de gösterildiği gibi im ve güç topraklarını ayırıp bunları tek noktada birleştirmek yada 1(c)'deki gibi bağlantılar yapmak olumlu sonuç verecektir.

Toprak bağlantılarının sırasındaki yanlışlık da benzer bir sakınca doğurabilir. Örneğin Şekil 2(a)'da görülen devrede sığacın dalgalanma akımının FG'den geçmesi sonucunda yine giriş imi ile toplanan bir gerilim oluşmaktadır. Yükselteç çıkışında kaynak sıklığının iki katı sıklıkta vuruşlar gözlenir. Bu durumu önlemek için Şekil 2(b)'deki topraklama bağlantıları başarılı olacaktır.



Şekil 1.

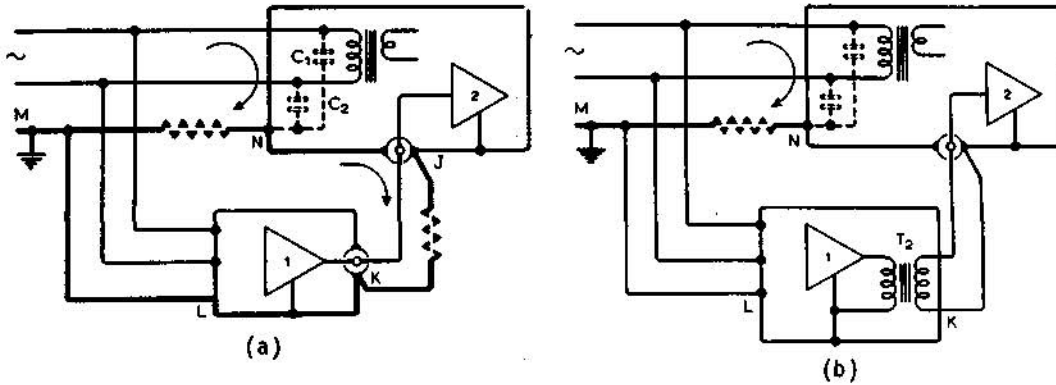


Şekil 2.

Belirli sayıda birimin bağlanmasından oluşan devrelerde de topraklama ilişkileri birçok kez önemli zorluklar oluşturmaktadır. Şekil 3(a)'daki 1 ve 2 sayılı yükselteçlerin ayrı iki kutuda olduğunu varsayalım. İkinci yükseltecin çıkışında besleme sıklığında bir gürültü beklenebilir. Sembol C<sub>1</sub> ve Q<sub>2</sub> sığaçları transformatör sarımlarının sığaçlarıdır. 240 V 50 Hz 60 W'lık bir transformatörde birincil sargıdan sarımlar arası ekrana -böyle bir ekran yoksa ikincil sargıya- 50 uA dolayında bir akım geçer. Bu akım kaynağa iki koşt yoldan, NM ve NJKLM yollarından döner. JK bölümünde oluşturduğu gerilim 2 sayılı yükseltecin girişi ile toplanır. ML veya MN yollarını kesmek iyi sonuç verecektir. Şekil 3(b)'de görüldüğü gibi dar bantlı bir T<sub>2</sub> ayırma transformatörü yada özellikle sayısal dizgelerde optik ayırıcılar kullanılabilir.

Topraklama yanlışlarındaki kimi nedenler ise doğrudan aygıtın kullanıldığı yerdeki topraklamanın

Şekil 3.

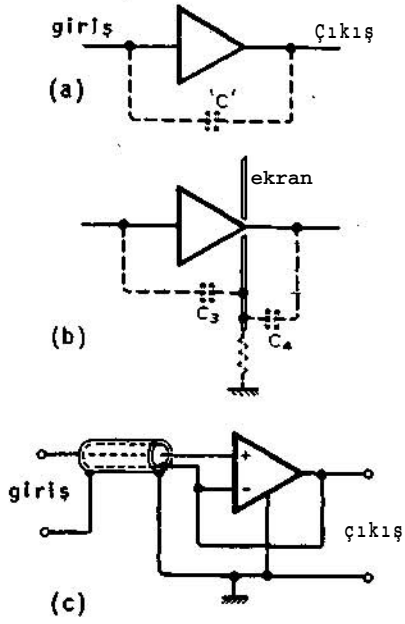


yetersizliğine dayanır. Çelik yapısal elemanlar, su veya havagazi boruları zararlı akımların aygıtlara ulaşmasında iletken olarak yer alabilirler. Yıldırım yada güç arızalarının iki topraklama arasında oluşturabileceği 100-100 000 V'luk gerilimler çok seyrek olaylar değildir. Güç dizgesinin topraklamasından ayrı, daha düşük empedanslı "elektronik aygıt topraklamaları", zener diyotlar, kıvılcım aralıkları, gaz boşalma lambaları kullanımı akla gelen önlemler arasındadır.

### 3. SIĞA ETKİLERİ ve GERİBESLEME

Sıklığın ve devre empedansının yüksek olduğu durumlarda küçük sığaçlar bile büyük önem kazanabilmektedir, örneğin 15 pF'lık bir sığaçm 1 MHz'de 10 k ohm'luk bir reaktans oluşturacağı belirtilir. Bu sığaç ise 15 cm uzunluğundaki ekranlı veya eşeksenli (coaxial) bir kablo yada 1 m uzunlukta 0,75 mm aralıkla çizilmiş 0,4 mm kalınlığında iki baskı devre izi ile elde edilebilir.

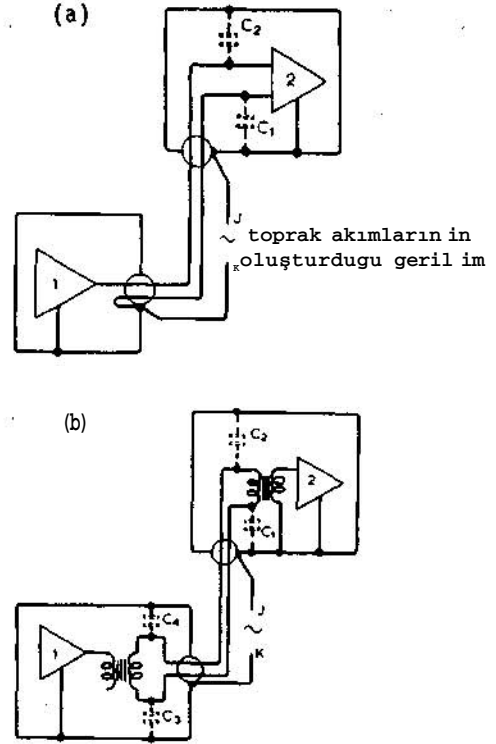
Şekil 4(a)'da görülen, yükselteç yada sayısal tampon devresinin yüksek kaynak empedansı ve büyük kazançbantgenişliği çarpımı varsa, salınım, beklenmedik kazanç faz veya yükselme süresi özellikleri gözlenebilir. Çoğunlukla Miller sığacı olarak adlandırılan giriş ile çıkış arasındaki sığa etkisi temel nedendir. Topraklanmamış metal parçalar hatta aygıtın üzerine yapıştırılan metal etiket bile bu etkiyi önemli oranda artırabilir. Sakıncanın giderilmesi için kaynak direncinin azaltılması, bant genişliğinin -sayısal dizgelerde yükselme süresinin- azaltılması, devre elemanlarının fiziksel yerlerinin değiştirilip sığacın azaltılması, Şekil 4(b)'de görüldüğü gibi giriş-çıkış arasına topraklanmış bir ekran yerleştirilmesi düşünülebilir. Ekranın iyi topraklanmış olmasına dikkat edilmelidir yoksa Şekil 1'de tartışılan nedenle kararsızlık durumu yeniden belirebilir. Sığa etkisinin azaltılması için özellikle sayısal voltmetrelerde çok uygulanan bir teknik Şekil 4(c)'de gösterilmiştir. A kazançlı yükselteç şeklindeki gibi bağlandığında (1-1/A) kazançlı bir birim oluşturur, sığa etkisi ve giriş kablosundaki kaçak direnç üzerindeki gerilim,



Şekil 4.

imin A'da birine indirilmiş olur. Yayıcı izleyici (eaitter follotrer) bu amaçla kullanılabilir bir yükselteçtir. Şekil 4(c)'de görülen dış ekran da çoğunlukla sürülen ekranın üzerine eklenir.

Şekil 3'de tartışılan örneğe sığa etkilerini de göz önüne alarak yeniden bakmamız bizi ilginç uygulamalara yönlerecektir. Şekil 5(a)'da gösterildiği gibi JK üzerinde toprak akımlarının oluşturduğu gerilim  $C_1$  ve  $C_2$  ile 2 sayılı yükseltece yansımaktadır. Dengeli bir dizge kurmak bu konuda yapılacak en başarılı uygulama olmaktadır. Şekil 5(b)'de görüldüğü gibi 1 sayılı yükseltecin çıkışı dengeli yapılırsa, dengeli ikiz kablo kullanılırsa ve 'yükselteç 2' nin girişi de dengeli bir it-çek (push-pull) olarak tasarımırsa,  $C_1$  in  $C_2$  yi  $C_3$  ün de  $C_4$  ü dengelemesi sağlanacaktır. Özellikle alçak empedans mikrofonlarının transformatörlerini sürmekte bu tür yöntemler çok kullanılmaktadır.



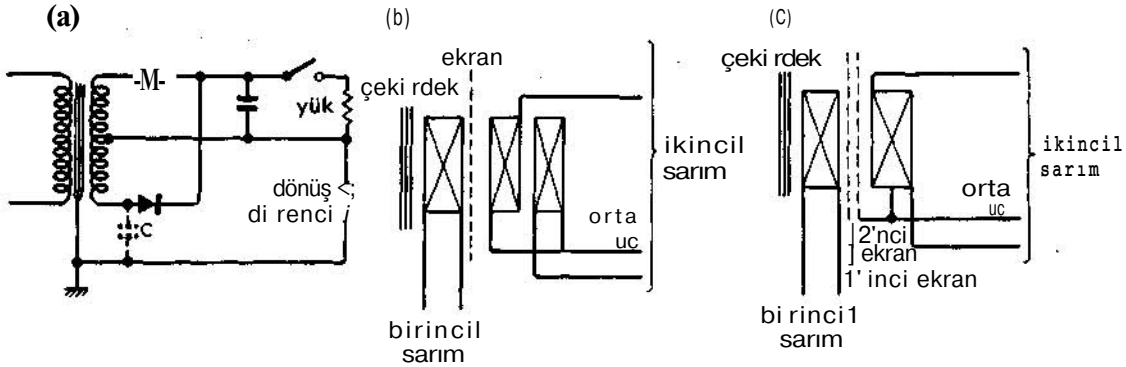
Şekil 5.

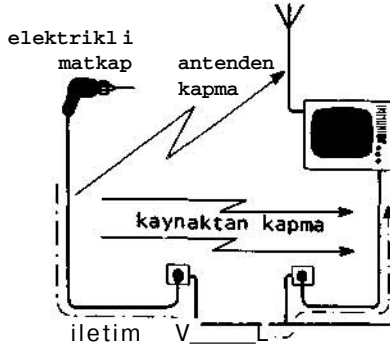
#### 4. ÇEVREDEDEN ETKİLENME SORUNLARI

Çevredeki elektriksel, elektromıknatıssal koşullardan zarar görme durumu elektronik aygıt tasarımıyıcılarının sık karşılaştıkları bir zorluktur.

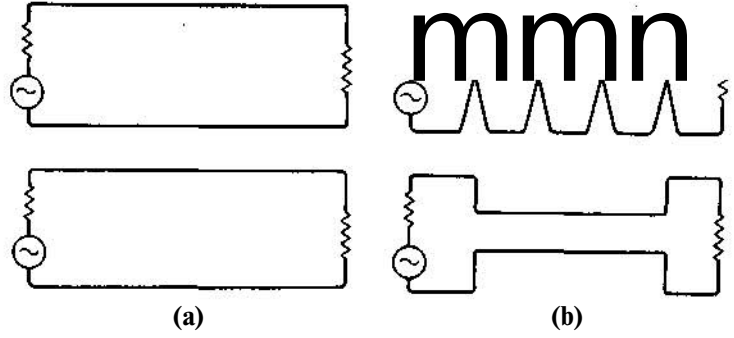
Bağlantı tellerinin anten olarak çalışması, giriş ucumuzun başka iletkenlere sığaç etkisi ile bağlanması ve bu alçak veya yüksek sıklıklı gürültünün herhangi bir doğrusal olmayan (nonlinear) elemanda demodüle edilmesi devremizi etkileyecektir. Klasik yaklaşımlar olarak kaynak direncini azaltıp sığaçını artırmak, bant genişliğini da-

Şekil 6.





Şekil 7.



Şekil 8.

raltmak, topraklanmış mıknatıslanmayan (*non-ferrous*) ekran veya kutu içine almak, çevredeki her iletkeni topraklamak önerilebilir.

Sorunla yakından ilişkili bir durum da Şekil 6(a)'da görüldüğü gibi elektrostatik etkilenmeye karşı yerleştirilen ekranın yetersiz olduğu durumdur, ikincil sarımın iç ucu ile ekran arasındaki sığa etkisinin önüne geçmek için ya Şekil 6(b)'de gösterildiği gibi sarımı ters sarıp orta ucu ekrana yakın tutmak veya 6(c)'deki gibi ikinci bir ekran kullanmak düşünülebilir.

Bir elektronik aygıtın -örneğin bir televizyon alıcısının- çevreden etkilenmesi güç hattı üzerinden yada anteninden olabilir (Şekil 7). Genellikle uluslararası standartlar elektromıknatıssal yayılmayı sınırlarlar ve yüksek sıklık alanında her 10 kHz bantgenişliğinde 1-6 mV sınırını, seyrek olarak 1 V'luk geçici durumları onaylarlar. Fakat el matkapları, floresan lambalar gibi birçok elektromıknatıssal gürültü yayıcısının etkisini ölçmek oldukça zordur. Daha iyi bir verinin bulunmadığı durumlarda 1-100 mV/metre/kHz gibi bir değer alınabilir. Beyaz gürültü ise bantgenişliğinin kareköküyle orantılı olarak artar, örneğin 10 MHz bantgenişlikte 100 kat büyüme beklenebilir.

Gürültülerin anten etkisiyle alınmasında karışan imin dalga uzunluğu ile kablo uzunluğunun dolaysız bir ilişkisi vardır. Kablonun uzunluğu dörtte bir dalga uzunluğuna çıkıncaya kadar anten etkisi artar, bu uzunlukta en yüksek değere çıkar, bu noktadan sonra yine sıfır ile en yüksek değer arasında salınarak devam eder. Bu nedenle önce dizgemizin etkilendiği en yüksek sıklığı hesaplayıp, dalga boyunun dörtte birini buluruz. Eğer kablolarımız bundan küçükse kapılan gerilim (uzunluk x alan) çarpımınca belirlenecek ve sıklıktan bağımsız olacaktır. Aksi durumda, yani kablo uzunlukları çok daha fazlaysa alçak sıklıklarda etkilenmenin artacağı beklenmelidir.

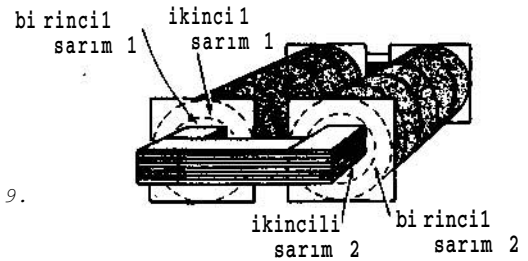
##### 5. MIKNATISSAL ETKİLENME

Alçak empedans, alçak sıklık devrelerinde, bir devredeki elektrik akımının başka bir devrede elektromıknatıssal yasaları uyarınca gerilim oluş-

turması beklenebilir. Güç kaynakları, dinamik mikrofonlar bazı endüstriyel aygıtlar sık sık bu tür etkilenmelerin gözlenebileceği uygulamalardır.

Şekil 8(a)'daki gibi iki devrenin mıknatıs etkilenmesini önlemek amacıyla alanın küçültülmesi, iletkenlerin örülmesi ilk akla gelen çözümlerdir (Şekil 8(b)).

Transformatör, motor, doyurulabilen bobinler, röleler birçok etkileme sorunu yaratabilir. Mıknatıssal bir malzeme ile transformatörün ekranlanması çok olumlu sonuç verir. Şebeke sıklığı olarak 50 Hz gözönüne alınırsa 30-60 dB'lik bir zayıflama normal sayılmalıdır. Bakır yada alüminyum kutular bu zayıflamayı yalnızca 10 kHz üzerinde sağlayabilirler. Mıknatıs ekranlaması yüksek permeabilite bir malzemeden yapılmalı ve küçük boyutlu olmalıdır. Tüm transformatörün çevresini saran sarımlarla eşeksenli kalın bakır bir halka sınırlı zayıflama sağlar ve mıknatıssal bir malzemenin aksine doyuma gitmez. ABD televizyon yapımcıları bu bakır halka tekniğini çok kullanmaktadır.



Şekil 9.

Birden fazla transformatörün birbirini etkilemesi için yönlendirmelerine büyük özen gösterilmelidir. Yönlendirme çalışmalarının sonuç vermesi durumunda transformatörün toroid veya iki bobinli (Şekil 9) sarılması, im transformatörü yerine dengeli giriş uçlu yükselteçler kullanılması önerilebilir.

(R.C.Marshall, "Hireless World" Ağustos, Eylül, Kasım, Aralık 1976 sayılarından özetlenmiştir.)