



# Kendimiz Yapalım

Yavuz Erol\*

## Metal Detektörü

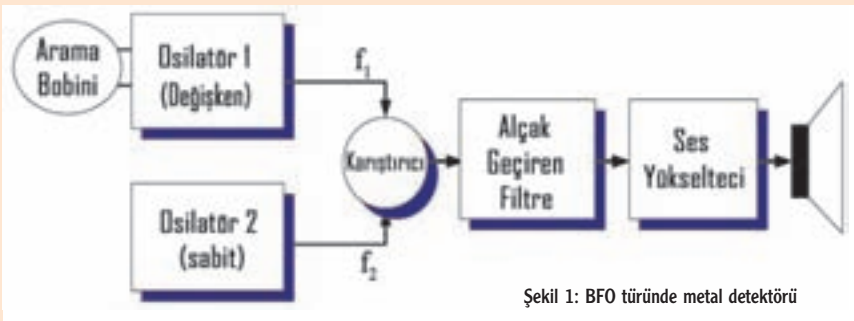
Bu yazıda düşük maliyetli basit bir metal detektörünün nasıl yapılabileceği anlatılıyor. Gerçekleştirilen detektör ile demir, nikel gibi ferromanyetik özellikteki malzemeler yakın mesafeden algılanabiliyor. Tasarlanan detektör devresi BFO (beat frequency oscillator, vuru frekans osilatörü) türünde. Farklı çalışma şekillerine sahip metal detektörleri hakkında bilgiler, Bilim ve Teknik dergisinin 445. sayısının "nasıl çalışır" köşesinden incelenebilir.

BFO türündeki metal detektörlerinde biri değişken, diğeri sabit frekanslı olmak üzere iki osilatör bulunur. Birbirine yakın frekansta çalışan bu osilatörlerin ürettiği sinyaller bir karıştırıcı (mixer) yardımıyla karıştırılarak fark frekans oluşması sağlanır. Bu yöntem heterodin karıştırma olarak da adlandırılır. Şekil 1'de BFO türündeki metal detektörünün blok diyagramı görülmüyor.

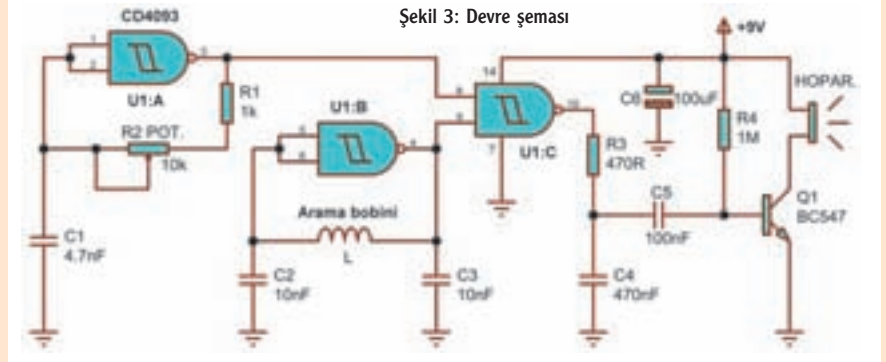
Blok diyagramından görüldüğü gibi, değişken frekanslı osilatör devresinde bir arama bobini bulunmaktadır. Arama bobini osilatörün bir parçası ve aynı zamanda detektörün metale duyarlı birimi. Arama bobinine metal bir cisim yaklaştırıldığında osilatör frekansı bu durumdan hemen etkilenir. Sabit frekansta çalışan diğer osilatör ise ortam şartlarından etkilenmeyecek şekilde tasarlanır. Detektör devresinin doğru şekilde çalışması için öncelikle 1. ve 2. osilatörün frekansını birbirine eşitlemek gerekir. Bu işlem, devrenin yapısına göre değişken bir kondansatör veya potansiyometre yardımıyla yapılır. Ayarlama işleminin ardından eşit frekanslı iki sinyal, fark frekans oluşturmak amacıyla karıştırıcı birimine uygulanır. Karıştırıcının yaptığı iş, girişlerine uygulanan f1 ve f2 frekanslı iki sinyali çarpıktan ibaret. Bu işlem sonucunda (f1+f2) ve (f1-f2) frekanslı sinyaller oluşur. Toplam frekanslı sinyalin frekansı oldukça yüksek olduğundan bu sinyal bir alçak geçiren filtre kullanılarak süzülür. Böylece filtre devresinin çıkışında sadece fark frekanslı olan sinyal kalmış olur. Tahmin edileceği üzere iki osilatör aynı frekansa sahip iken, fark frekans sıfır olacağından ses yükseltici çıkışındaki hoparlörden bir ses duyulmaz. Fakat herhangi bir nedenle osilatörlerden birinin frekansı artar veya azalır, hoparlörden düşük frekanslı bir ses duyulur.

### İndüktans

Şekil 2'de görüldüğü gibi, arama bobinine metal bir cisim yaklaştırıldığında 1. osilatörün frekansı bir



Şekil 1: BFO türünde metal detektörü



Şekil 3: Devre şeması

miktar değişim gösterir. Frekansta değişikliğe neden olan etki, bobinin indüktansındaki değişimdir. Denklem 1'den de görüldüğü üzere bobinin indüktansı (L), sarım sayısının karesine, bobinin geometrik yapısına ve ortamın bağlı manyetik geçirgenliğine bağlı.

$$L = \frac{N^2 \mu_0 \mu_r S}{\ell} \quad (1)$$

Ferromanyetik malzemeler, yüksek manyetik geçirgenliğe (İr) sahip olduğundan indüktans değerini arttıracak şekilde etki yapar. İndüktans değerindeki artış, osilatör frekansının azalmasına neden olur. Frekansın biraz kayması, karıştırıcı çıkışında bir fark frekans meydana getirir. Hoparlörden duyulan ses ile bobinin yakınında metal bir cisim olduğu anlaşılır.



Şekil 2: Metal algılama

### Detektör devresi

Metal detektörünün devre şeması şekil 3'de görülmüyor. Devrenin en önemli elemanı CD4093 adlı CMOS entegre. İç yapısında 4 tane iki girişli VE-DEĞİL (NAND) kapısı bulunan bu entegre, Schmitt tetikleyici özelliğine de sahip. Devredeki sabit ve değişken frekanslı iki osilatör ile karıştırıcı devresi bu lojik kapı kullanılarak tasarlanmıştır. U1A kapısı ile R1, R2 ve C1 elemanları sabit frekanslı osilatör devresini oluşturur. Frekans ayarı R2 potansiyometresi yardımıyla yapılır. Hassas ayarlama için çok turlu trimpot kullanmak daha uygun bir seçim olacaktır. U1B kapısı ile C2, C3 ve L elemanları ise değişken frekanslı osilatör devresini oluşturur. Colpitts türündeki LC osilatörün salınım frekansı (2) nolu formülle hesaplanır. Formülden görüldüğü gibi osilatörün çalışma frekansı, bobinin indüktansına ve kondansatörlerin kapasite değerine bağlı.

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \frac{C_2 \cdot C_3}{C_2 + C_3}}} \quad (2)$$

Devre şemasında görülen U1C kapısı, tek başına karıştırıcı olarak görev yapar. Karıştırıcı çıkışındaki sinyalin yüksek frekanslı bileşenlerini süzmek amacıyla R3 ve C4 elemanlarından oluşan 1. dereceden alçak geçiren filtre kullanılır. C5 kondansatörü, ses yükseltici ile karıştırıcı arasındaki kapasitif bağlantıyı sağlar. R4 ve Q1 ise hoparlörü (veya kulaklığı) sürmek amacıyla kullanılır. Hoparlörün ses şiddetini arttırmak için LM386 ile tasarlanmış daha iyi bir ses yükseltici de kullanılabilir.

### Arama bobini

Arama bobini olarak 50 sarımdan oluşan bir bobin hazırlanmalı. Sarım işleminin 13cm çaplı silindirik bir malzeme üzerine 0.30mm çaplı emaye kaplı bakır tel kullanılarak yapılması gerekiyor. Bobini ha-

# Kendimiz Yapalım



Şekil 4: Bobin

zırlamak için yaklaşık 20m tel gerekli. Arama bobini detektörün en önemli kısmını oluşturduğundan sarımlar gevşek yapılmamalı. Sarım işleminin ardından bobinin dağılmasını önlemek amacıyla izole bant yardımıyla bobinin çevresi sarımalı (şekil 4). Bobini devreye lehimlemeden önce boşta kalan iki ucu ince zımpara kağıdı ile kazıyarak iletken kısmı açığa çıkarmak gerekiyor. Arama bobini yukarıda belirtilen şekilde sarıldığında bobinin indüktansı yaklaşık 780uH (mikro Henry) oluyor. Bu indüktans değerine göre osilatör frekansı formül (2) kullanılarak hesaplanırsa frekansın yaklaşık 80kHz olduğu görülür.

## Ayarlamalar

Detektör devresi şekil 5'de görüldüğü gibi küçük bir bakır plaket üzerine monte edilir. Arama bobininin uçları devreye uygun şekilde lehimlenir. Detektör devresinin düzgün olarak çalışabilmesi için öncelikle frekans ayarını yapmak gerekir. Ayarlama esnasında bobinin yakınında herhangi bir metal malzeme bulunmamalı. Devreye 9V'luk pil bağlandıktan sonra hoparlörden hiç ses duyulmayacak şekilde R2 potansiyometresi ayarlanmalı. Bu ayarı yapmak biraz zaman alabilir. R2'nin doğru şekilde ayarlandığından emin olmak için arama bobinine metal bir cisim (örneğin anahtar veya madeni para) yaklaştırılır. Bu esnada hoparlörden tiz bir ses duyulması gerekir. Eğer ses duyulmuyorsa veya metal uzaklaştırıldığı halde ses duyulmaya devam ediyorsa R2 hassas şekilde tekrar ayarlanmalı. Böylece metal detektörü 5-10cm uzak-

tan algılama yapabilecek duruma gelmiş olur. Algılama uzaklığı metalin büyüklüğüne ve cinsine göre değişiklik gösterir. Örneğin bir tencere kapağı 10cm uzaktan algılanabilirken, madeni para ancak birkaç cm uzaktan algılanabilir.

Devreyi farklı bir şekilde çalıştırmak da mümkün. Bu çalışma şeklinde, bobinin yakınında metal bir cisim yokken bile hoparlörden ses duyulacak şekilde R2 ayarlanır. Bobine metal bir cisim yaklaştırıldığında hoparlörden duyulan sesin tonunda bir değişim meydana gelir. Detektör devresi sürekli ses yayacağından kulaklık kullanmak daha uygun olacaktır. Bu yöntem, sadece R2 potansiyometresinin hassas ayarlanmadığı durumlarda tercih edilmeli.

Metal detektörünün yapımı için gerekli malzemeler şunlardır.

| Gerekli malzemeler         |        |
|----------------------------|--------|
| CD4093 Entegre             | 1 adet |
| 100uF/ 25V kondansatör     | 1 adet |
| 4.7nF kutupsuz kondansatör | 1 adet |
| 10nF kutupsuz kondansatör  | 2 adet |
| 100nF kutupsuz kondansatör | 1 adet |
| 470nF kutupsuz kondansatör | 1 adet |
| 470Ω direnç (1/4W)         | 1 adet |
| 1kΩ direnç (1/4W)          | 1 adet |
| 1MΩ direnç (1/4W)          | 1 adet |
| 10kΩ çok turlu trimpot     | 1 adet |
| BC547 Transistör           | 1 adet |
| Hoparlör veya Buzzer       | 1 adet |
| 9V'luk pil ve pil başlığı  | 1 adet |
| 0.30 mm çaplı bakır tel    | 20 m   |

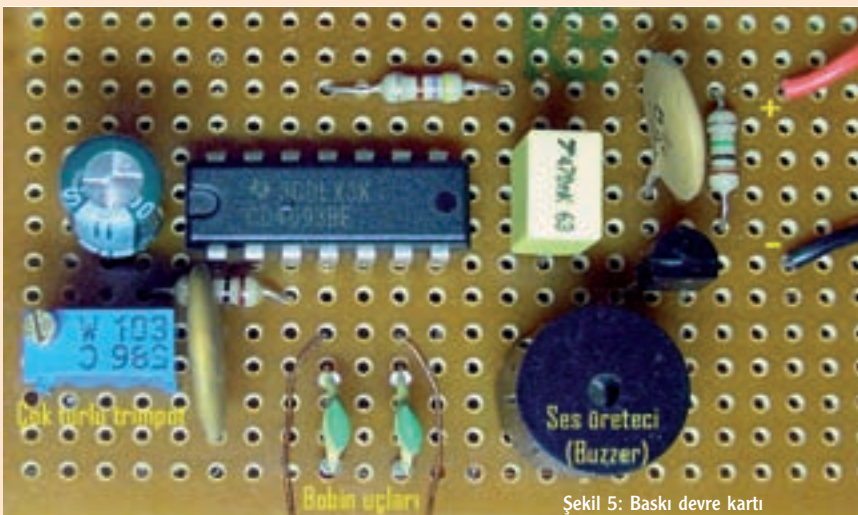
Detektörün elde taşınabilmesi amacıyla şekil 6 ve 7'dekine benzer tasarımlar yapılabilir. Plastik tutacak sayesinde detektörün yüzeye paralel şekilde kolayca gezdirilmesi sağlanır.



Bu basit detektör tasarımı çok ideal özelliklere sahip olmasa da, bir metal detektörünün nasıl çalıştığını göstermesi açısından oldukça güzel bir uygulama özelliği taşıyor. Yapılan detektör, hangi malzemelerin ferromanyetik özelliği sahip olduğunu tespit etmek açısından deneysel uygulamalarda rahatlıkla kullanılabilir.

Kaynaklar  
V. Gülleryüz, Maden ve Define Detektörleri, Birsen Yayınevi  
H. Kuntman, Endüstriyel Elektronik, Birsen Yayınevi  
<http://siliconchip.com.au>

\*Fırat Üniv. Elek-Elektronik Müh. Bölümü  
yerol@firat.edu.tr



Şekil 5: Baskı devre kartı