



Kendimiz Yapalım

Yavuz Erol

Cep Telefonu Dedektörü

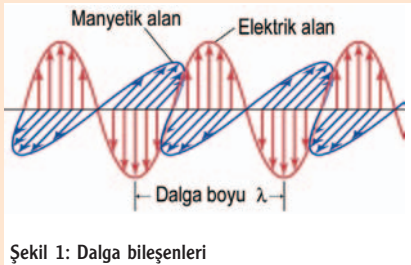
Günümüzde iletişim, kablolu ve kablosuz olmak üzere iki şekilde yapılıyor. Kablosuz iletişim cihazları, sağladığı kolaylıklar ve hizmetler nedeniyle kablolu iletişim cihazlarına göre daha çok tercih ediliyor. Çevremize baktığımızda çok çeşitli kablosuz iletişim araçlarına rastlıyoruz. Telsiz sistemleri, cep telefonları, radyo-televizyon alıcı ve vericileri, uydu haberleşme sistemleri bunlardan bazıları. Bu cihazlardan kimi tek yönlü iletişim sağlarken, kimi de çift yönlü iletişim sağlıyor. Her birinin kullanım alanı farklı olsa da bu cihazların ortak yönü, radyo dalgaları ile çalışıyor olmaları.

Cep telefonu, kablosuz iletişim imkanı sağlama en önemli cihaz kuşkusuz. Dünyanın herhangi bir yerinden bir başka yerini arama imkanı sağlama ve taşınabilir olması nedeniyle toplumun büyük kesimi tarafından tercih ediliyor. Sağladığı kolaylıklar yanında, ortama yaydığı elektromanyetik dalgalar ile bizleri ve çevresindeki elektronik cihazları da olumsuz etkiliyor aslında. Alan şiddeti zayıf olduğu için normal şartlarda bu sinyallerden pek etkilenmiyoruz. Fakat cep telefonunu bir hoparlöre, televizyona veya radyoya yaklaştırdığımızda ortaya çıkan parazitik sesleri rahatça duyabiliyoruz. Cep telefonunun anteni vasıtasıyla ortama yayılan bu elektromanyetik radyasyon (iyonlaştırmayan radyasyon) özel cihazlarla tespit edilebiliyor. RF sniffer veya RF dedektör diye adlandırılan bu cihazlar, ortamdaki en küçük elektromanyetik etkinliği algılayabiliyor. Bu yazıda, cep telefonlarının çalıştığı GSM bandındaki sinyalleri tespit etmeye yarayan bir RF dedektörünün yapımı anlatılıyor.

Radyo Frekans

Radyo frekans (RF) iletişim, bilindiği gibi elektromanyetik dalgalar vasıtasıyla sağlanıyor. Elektromanyetik dalgalar, elektrik alan ve manyetik alan olmak üzere iki bileşene sahip ve boşlukta ışık hızında ilerliyor. Şekil 1'de görüldüğü gibi dalga bileşenleri birbirine dik durumda. Dalga boyu, ışık hızının frekansa oranı ile hesaplanıyor ($\lambda=c/f$).

Elektrik alan ve manyetik alan bileşenlerinin zamana bağlı değişimi sayesinde dalga şeklinde yayılım mümkün oluyor. Faraday yasasına göre, zamanla değişen bir manyetik alan, alan içinde



Şekil 1: Dalga bileşenleri



Şekil 2: Baz istasyonu ve radyo dalgaları

bulunan iletken çerçevede bir gerilim indükler. Bu etkiye benzer olarak, elektromanyetik alan içinde bulunan bir antene de gerilim indüklenir. Yani, verici cihazın anteninden ortama yayılan elektromanyetik enerji, alıcı cihazın anteni ile alınarak bir elektriksel sinyale dönüştürülür. Bu sayede çok uzak mesafeler arasında analog veya sayısal veri iletimi mümkün hale gelir.

GSM

“Global System for Mobile Communication” kelimelerinin kısaltılmış hali olan GSM, hücreli bir yapıya sahip. 900 MHz ve 1800 MHz olmak üzere iki ayrı frekans bandını kullanıyor. GSM sisteminde cep telefonu ile yakınındaki baz istasyonu arasında radyo dalgaları ile iletişim gerçekleşiyor (Şekil 2). Telefonun hangi hücre içerisinde bulunduğu dair bilgi, belirli zaman aralıklarıyla baz istasyonuna gönderilen sinyallerden anlaşılıyor. GSM sistemi, hücreli yapıyı sayesinde kapsama alanı içinde bulunan binlerce abonenin kablosuz olarak görüşmesini sağlıyor.

GSM sisteminde cep telefonunun baz istasyonuna gönderdiği sinyalin frekansı ile baz istasyonunun cep telefonuna gönderdiği sinyalin frekansı farklı olduğundan görüşme esnasında hem konuşma hem de dinleme mümkün oluyor. Şekil 3'de gönderme (uplink) ve alma (downlink) frekansları görülmüyor.

	GSM 900	GSM 1800
Gönderme (uplink)	890 – 915 MHz	1710 – 1785 MHz
Alma (downlink)	935 – 960 MHz	1805 – 1880 MHz

Şekil 3: Frekans bandı

Telefon bataryasının daha uzun süre kullanılmasını sağlamak için telefonun baz istasyonuna olan uzaklığına göre RF sinyal gücü otomatik olarak ayarlanıyor. Yani telefon baz istasyonundan uzakta iken RF sinyal gücü daha yüksek oluyor. Uygun elektronik devreler kullanılarak 900 MHz veya 1800 MHz bandında çalışan cep telefonları-

nın ortama yaydığı RF sinyalleri tespit edilebiliyor. Bu radyo sinyalleri kodlanmış yapıda olduğu için görüşmenin içeriği değil sadece sinyal etkinliği algılanıyor.

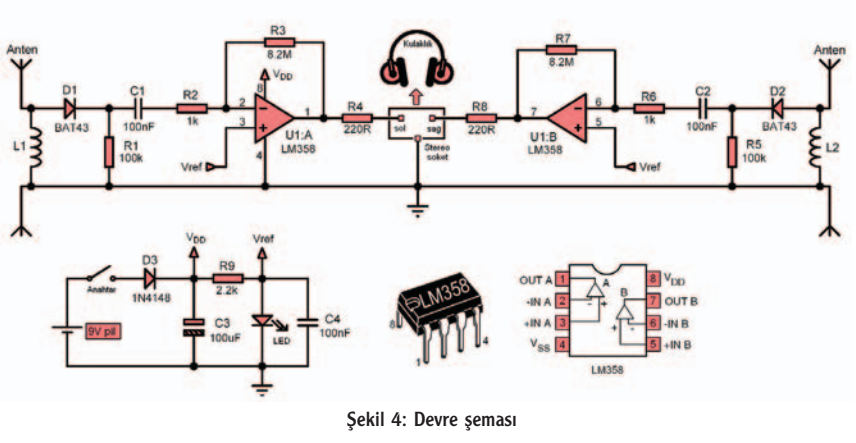
Elektronik devre

Cep telefonu dedektörünün devre şeması Şekil 4'de görülmüyor. Devre, birbirine benzer iki algılayıcı birimden oluşuyor. Her bir algılayıcıda bobin, dipol anten ve diyot bulunuyor. Devre bir elektromanyetik alan içerisinde bulunduğu bobinde küçük bir gerilim indükleniyor. Bobin uçlarına bağlı dipol anten ile RF sinyalin uzak mesafelerden algılanması sağlanıyor. Devredeki D1 ve D2 diyotları RF sinyalin algılanmasında ve demodüle edilmesinde görev alıyor. Devrenin verimli olarak çalışması için bu diyotların germanyum veya schottky türünde olması gerekiyor. İleri yön gerilimi yüksek olduğundan silisyum diyotların kullanılması uygun değil.

Algılanan RF sinyali kuvvetlendirme işlemi LM358 entegresi yapıyor. Bu entegre iki adet op-amp (işlemsel kuvvetlendirici) içeren ve tek kaynakla beslenebilen özelliğe sahip. Devre şemasından görüldüğü gibi LM358'in 3 ve 5 nolu uçları birbirine bağlı. Bu uçlar aynı zamanda C4 kondansatörünün sağladığı Vref gerilimine bağlı. Devrenin çıkış sinyali LM358'in 1 ve 7 nolu uçlarından alınıyor. Bir stereo kulaklık ile dedektör devresinin ürettiği sinyaller dinlenebiliyor. Yani, ortamdaki RF sinyal etkinliği, kulaklıktan şiddeti zamanla değişen bir ses duyulmasını sağlıyor. Parazit şeklindeki bu sesin duyulması 3-4 metre yarıçapındaki alanda bir RF sinyal kaynağı olduğunu gösteriyor.

Devredeki bir diğer önemli nokta, kuvvetlendirme katsayısını belirleyen R3 ve R7 dirençleri. Bu dirençlerin değeri küçük olduğunda (örneğin 100k), kazanç düşük olacağından RF sinyali algılamak zorlaşıyor. Direnç değeri çok büyük olduğunda ise (örneğin R>10M) kazanç çok yüksek oluyor ve kulaklıktan duyulan sesin gürlüğü artıyor. Bu nedenle 8.2M direnç kullanmak iyi bir seçim olacaktır.

Kendimiz Yapalım



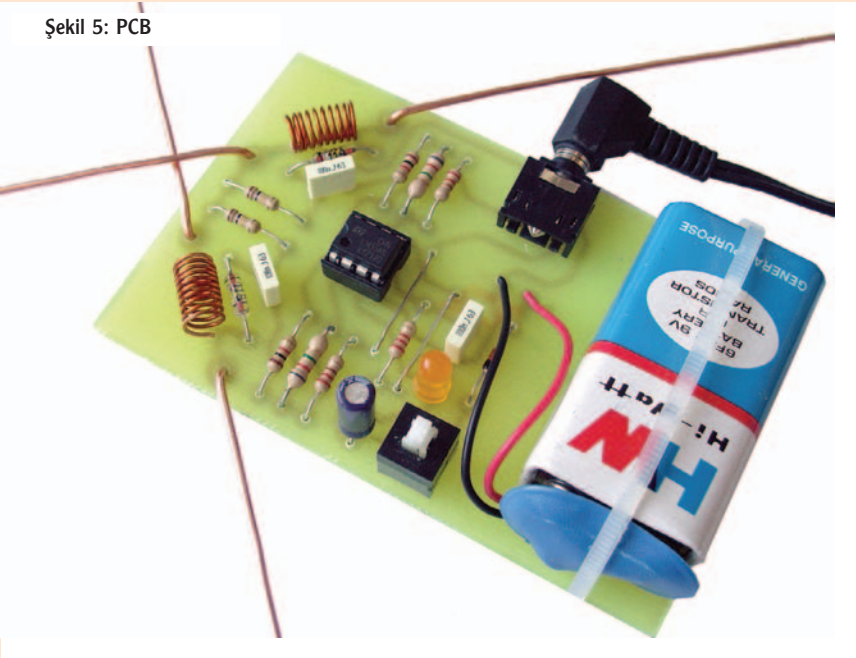
Şekil 4: Devre şeması

Şekil 5'de cep telefonu dedektörünün son hali görülmüyor. Dedektörün hassasiyeti birkaç faktöre bağlı. Bunlar, kullanılan diyotların türü, anten uzunluğu ve LM358'in kazanç katsayısı.

Cep telefonu dedektörü için gerekli malzemelerin listesi aşağıdaki gibi.

- 1 adet LM358 entegre
- 1 adet 8'li entegre soketi
- 2 adet 8.2M direnç
- 2 adet 100k direnç
- 2 adet 1k direnç
- 2 adet 220R direnç
- 1 adet 2.2k direnç
- 3 adet 100nF kondansatör
- 1 adet 100uF/16V kondansatör
- 2 adet BAT43 diyot
- 1 adet 1N4148 diyot
- 2 adet bobin (10 sarım)
- 4 adet 8 cm uzunluğunda bakır tel
- 1 adet LED
- 1 adet stereo kulaklık
- 1 adet stereo kulaklık soketi (pcb montajlı)
- 1 adet anahtar
- 1 adet 9V pil
- Bakır plaket (6cm x 9cm)

Şekil 5: PCB

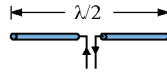


Anten

Dedektör devresinde iki adet dipol anten bulunuyor (şekil 6). Anten verimli şekilde çalışması için anten boyunun elektromanyetik dalganın frekansına göre belirlenmesi gerekiyor. 900 MHz frekans için uygun anten boyu şöyle hesaplanır.

$$\lambda = c/f = (300.000\text{km/s})/900\text{MHz} = 33.3 \text{ cm}$$

$$\text{Anten uzunluğu} = \lambda / 2 = 16.6 \text{ cm}$$



Şekil 6: Dipol anten

Dalga boyu 33.3 cm olduğu için tam dalga boyunda anten kullanmak yerine yarım dalga boyunda anten kullanmak daha uygun olur. Bu durumda antenin her bir kolunun uzunluğu, dalga boyunun dörtte biri seçilir. Yani 4 adet antenden herbiri yaklaşık 8 cm uzunluğunda olur. Anten olarak 1 mm çaplı bakır tel veya kolayca eğilme-yen başka bir malzeme kullanılabilir. Antenleri birbirine 90 derece açıyla yerleştirmek gerekiyor.

yor. Plaket üzerindeki bu yerleşim şekline göre sinyalin geldiği yön tespit edilebiliyor. Devrenin RF sinyal kaynağının sağında veya solunda olmasına göre kulaklığın sağ veya sol kanallarından duyulan sesin şiddeti farklı olacağından yön tayini yapılabilir.

Bobin

Devredeki her iki bobin 10 sarıma sahip. Tel olarak 0.5 veya 0.6 mm çaplı emaye kaplı bakır tel kullanılması gerekiyor. Sarım işlemi 5 mm çaplı silindirik bir malzeme (örneğin tornavida veya kurşun kalem) üzerine yapılabilir (şekil 7). Bu şekilde hazırlanan bobinin indüktansı 0.2 mikro henry civarında oluyor. Bobini lehimlemeden önce uç kısımlardaki emaye kaplamayı zımpara ile kazımak gerekiyor.



Şekil 7: Bobin ve AA119 diyot

Diyot

Dedektör devresinde kullanılan diyotlar hassasiyeti etkilediği için diyot seçimi önemli. BAT43 veya BAT45 adlı schottky türünde diyotlar kullanılabilir gibi AA112, AA116 veya AA119 adlı germanyum diyotlar da kullanılabilir. Silisyum diyot (örneğin 1N4001) kullanılması durumunda devre yine çalışıyor, ancak RF sinyali algılama mesafe çok çok azalıyor.

Testler

Kapalı durumda olan bir cep telefonu ilk açıldığı anda, baz istasyonu ile arasında kısa süreli bir iletişim gerçekleşiyor. Bu iletişim dedektör devresi ile tespit edilebiliyor. Yani telefon açıldığı sırada dedektör devresindeki kulaklıktan 2-3 saniye süresince parazitik sesler duyuluyor. Telefonla bir arama yapıldığında veya telefon çaldığında yaklaşık 5-6 metre uzaktan RF sinyali algılanabiliyor. Telefonun sessiz konumda veya titreşim modunda olması bu algılamayı etkilemiyor. Ayrıca, kısa mesaj (SMS) gönderme ve alma anındaki RF sinyaller de algılanabiliyor. Devredeki bobinlerin sarım sayısı ve antenlerin uzunluğu artırılarak daha düşük frekanslı sinyallerin algılanması sağlanabiliyor. Devre 9V'luk bir pille çalıştırıldığında yaklaşık 20mA akım çekiyor ve pil gerilimi 4V'un altına düşünceye kadar sorunsuz şekilde çalışıyor.

Kaynaklar

- Elektor Electronics Dergisi 5/2002
- www.elektor-electronics.co.uk
- E. Bayraklı, "Antenlerin Teorisi ve Tekniği", Güneş Kitabevi, 1992.
- S. Şeker, O. Çerezci, "Elektromagnetik Dalgalar ve Mühendislik Uygulamaları", Boğaziçi Üniversitesi Matbaası, 1994.

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