

Dijital İletişim Yöntemleri

İletişim sistemlerinde yaygın olarak kullanılan AM ve FM modülasyonlarında analog sinyaller kullanılmaktadır. Bu sistemlerde, iletilmek istenen analog sinyallerdeki değişimler, başka bir analog sinyal olan sinüzoidal taşıyıcı sinyaldeki değişimler olarak ifade edilmektedir. Dijital sistemlerde de analog iletişimdeki gibi bir taşıyıcı sinyal kullanılmaktadır. Bu taşıyıcı sinyal, elektronikteki temel sinyallerden biri olan kare dalgadır. "Vurum dizisi" adı verilen bu kare dalga bir süre için belirli bir değer alırken, periyodunun kalan süresi içerisinde sıfır değerini almaktadır. Yani bu dalganın voltaj değeri, iki sabit değer almaktadır. Dijital iletişimde de iletilmek istenilen sinyaldeki değişimler, bu taşıyıcı kare dalganın özelliklerinde değişimlere neden olmaktadır. Dijital sinyaller sürekli değerler almamaktadırlar. Bu



tip sinyaller kesikli, bir başka deyişle belirli değerler aldığından, dijital veriler kare dalgalar yardımıyla kolaylıkla ifade edilebilmektedir.

Matematiksel Temel

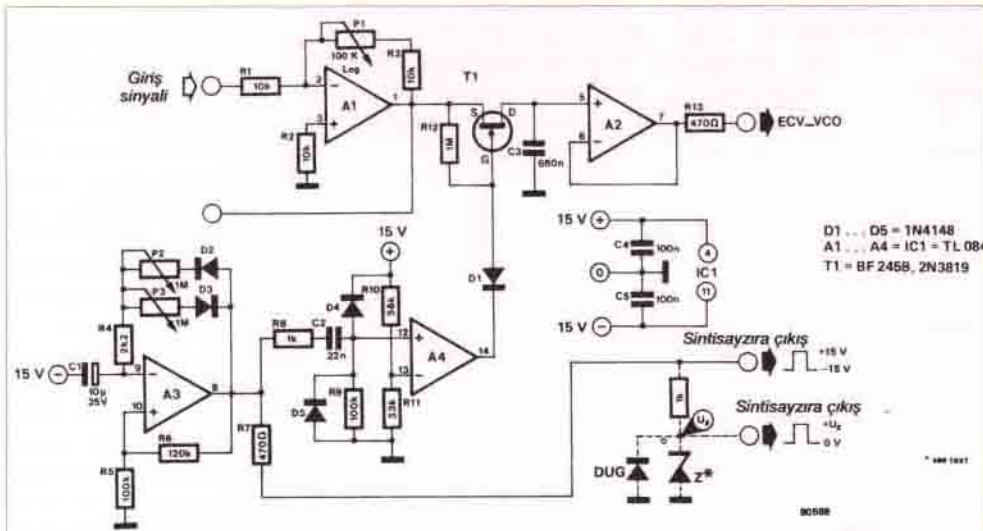
Kare dalgaların dijital iletişiminde neden kullanıldığını anlamak için, sinyallerin matematiksel analizine değinmek gerekmektedir. Genelde iletilmek istenilen sinyaller, belirli frekans aralığında yer almaktadır. Bu sinyallerin an-

lık değerleri alınıp, sinyaller rakamlar dizisi olarak ifade edildiğinde frekans özellikleri değişim göstermektedir. Frekansa göre değişimi incelendiğinde bir sinyal, belirli frekans değerlerine sahipken, bu sinyalin anlık değerleri alınarak oluşturulan sinyal, esas sinyalin belirli frekans aralığında gösterdiği değişimleri birbirini takip eden bütün frekans aralıklarında göstermektedir. Bu özelliği daha iyi anlayabil-

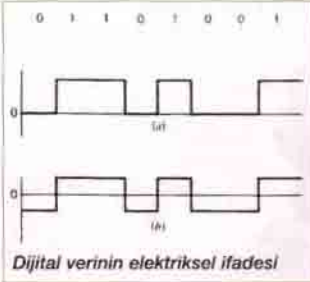
mek için bir sinyalin 100 Hz ile 200 Hz arasında değişen frekanslara sahip olduğunu düşünelim. Eğer bu sinyalin belirli andaki değerleri alınarak oluşturulan rakamlar dizisinin frekans özellikleri incelendiğinde, elde edilen sinyalin her 100 Hz'lik aralıkta, işlenen sinyalin 100 Hz ile 200 Hz arasında gösterdiği değişimlerin aynı-
sını gösterdiği görü-

rülür. Ancak elde edilen sinyalin, her frekans aralığında işlenen sinyal aynı özelliği göstermesi için, sinyalin belirli aralıklardaki değerinin alınması gerekmektedir. Bunun için sinyal den belirli aralıklarla değerler alınmalıdır. İstenilen sonucun elde edilmesi için sinyalden, sınırlı bulunduğu frekans aralığından büyük veya eşit değerdeki frekanslarda değerler alınmalıdır. Gerekli bu şartlar sağlandığında oluşturulan rakamlar bir filtreden geçirildiğinde, işlenen sinyal elde edilebilmektedir. Analog sinyal iletilmeyiip, sinyalin belirli aralardaki değerleri iletildiği halde sinyal, algılandığı yerde kolaylıkla elde edilmektedir. Bir frekans aralığında sınırlı sinyallerin bütün bu özellikleri matematikte Fourier dönüşümleriyle incelenebilmektedir. Fourier dönüşümleri bir sinyalin frekansa göre değişimini göstermektedir.

Teorik olarak bir sinyalin belirli aralardaki değerleri alınması kolaylıklar sağlasa da, pratikte bir sinyalin sadece istenilen anda değeri alınamamaktadır. Ancak kullanılan devrelerle istenilen sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu da vurumların kullanılmasıyla mümkün olmaktadır. Bir sinyalin sadece belirli bir andaki



Şekilde sintisyazrılarda kullanılan bir devre görülmektedir. Bu devrenin amacı giriş sinyalinden belirli aralıklarda değerler almaktır. Devre temel olarak iki bölümden oluşmaktadır. T1 transistörünün kapısına (G) bağlı, A3 ve A4 op-amp'ından oluşan kısmın amacı transistörün kapısına bir kare sinyal göndermektir. P2 ve P3 potları oluşan kare dalganın ne kadar süre boyunca 0'dan farklı değer alacağını belirler. Kesikli çizgilerle gösterilen zener diyod da sintisyazrının kapısına verilecek sinyalin genliğini belirli değerde tutmaktadır. A3'ün çıkışındaki sinyal, A4 op-amp'ıyla oluşturulan türev alıcı ve karşılaştırıcı devreden geçildiğinde, T1 transistörünün kapısında kısa bir süre 0'dan farklı değer alan kare dalgalar oluşturulur. Bu sinyal sıfırdan farklı değer aldığı anda T1 transistörü çalışır ve A2 op-amp'ı tarafından yükselttilen giriş sinyalinin o andaki değeri belirlenmiş olur. T1 transistörünün çalıştığı kısa süre içinde C3 kondansatörü üzerindeki gerilim, yükselttilen giriş voltajının anlık değerine eşit olur. A2 op-amp'ının giriş empedansı çok yüksek olduğundan T1 transistörü kapalıyken kondansatörün üzerindeki gerilim sabit tutulur. Böylece giriş sinyalinin belirli aralardaki değeri alınmış ve bu değer bir sonraki değere alınmaya kadar sabit tutulmuş olur.

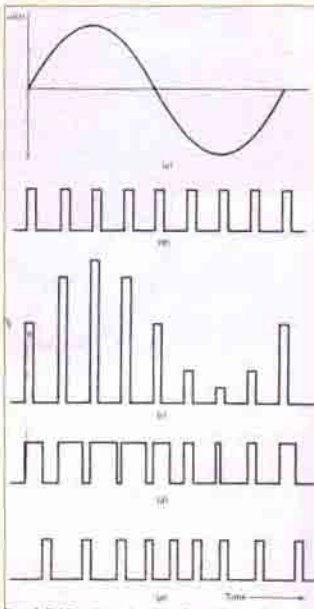


Dijital verinin elektriksel ifadesi

değerini almak yerine çok küçük bir zaman aralığındaki değerleri kullanılmaktadır. Bir anlamda sinyal kare dalgaya dönüştürülmektedir. Oluşturulan sinyal küçük bir zaman aralığında iletilecek sinyalle aynı genliğe sahipken, diğer bir süre için sıfır değerindedir. İstenilene yakın bir sonuç elde etmenin en basit yöntemini analog sinyali bir kare dalgayla çarpmaktadır. Eğer kare dalga sadece çok kısa bir süre için sıfırdan farklı değer alıyorsa çarpımla elde edilen sinyalin bu kısa süre içinde hemen hemen sabit bir değer aldığı düşünülebilir. Elektronikte gerekli kare dalgalar transistörlerin kullanıldığı anahtar devreleriyle elde edilmektedir.

İletim Yöntemleri

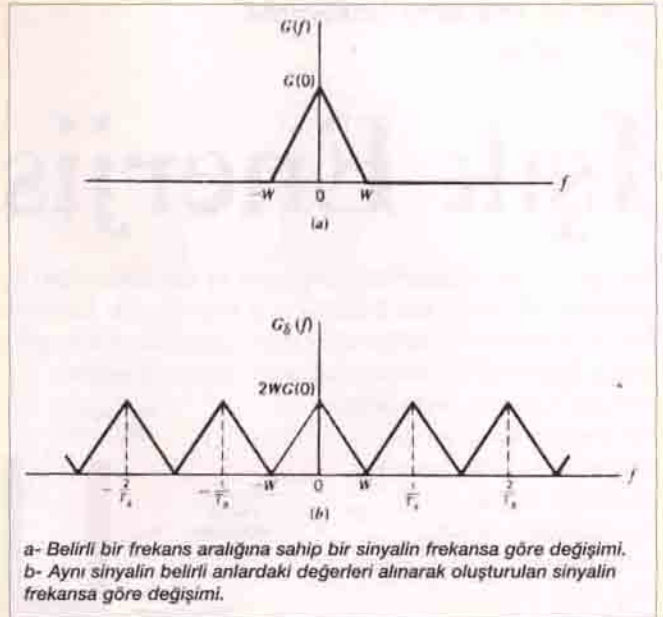
Analog iletişimde AM ve FM gibi modülasyonlarda farklı yöntemler kullanıldığı gibi dijital sistemlerde de iletilen sinyalin zaman içinde de-



a-İletilmek istenen sinyal
b-Taşıyıcı sinyal
c-PAM sinyali
d-PDM sinyali
e-PPM sinyali

ğişen özellikleri taşıyıcı sinyaller üzerindeki etkileri farklı şekillerde oluşturulabilir. Bu farklı etkiler tıpkı AM ve FM'de olduğu gibi kullanılan yöntemin adını belirlemektedir. Kullanılan yöntemlerden biri PAM'dır. Bu yöntemde iletilecek sinyalin belirli anlardaki genliği, vurumun genliğini belirlemede kullanılır. Elde edilen sinyal bir kare dalgayı andırmaktadır, ancak genliği sabit değer almamaktadır. Kare dalga sıfırdan farklı olduğunda sabit bir genliğe sahip değildir. Bu aralıklardaki genliği iletilmek istenen sinyalin genliğine eşittir.

Kullanılan diğer iki yöntemdeyse, vurumun genliği sabit tutulurken, sinyalin sıfırdan farklı konumda kalma süresi iletilmek istenen sinyale göre belirlenmektedir. Bunlardan ilki PDM yöntemidir. Bu yöntemde vurumun sıfırdan farklı kalma süresi iletilmek istenen sinyalin genliğine göre değişmektedir. Eğer sinyalin belirli bir andaki genliği ne kadar büyükse oluşturulan sinyalin sıfırdan farklı konumda kalması o kadar uzatılmaktadır. Ancak sinyal, bir sonraki genliğin belirlenmesinden önce mutlaka sıfır değerine çekilmektedir. Bu yöntem sonucunda oluşturulan sinyali gözümüzde canlandırarak olursak, sabit voltaj değerine sahip ancak genişliği değişen dikdörtgen şeklinde tepeler oluşacaktır. PDM ismi de oluşturulan dikdörtgen tepenin yani vurumun değişken bir genişliğe bir başka deyişle sıfırdan farklı konumda değişen süreler boyunca kaldığını göstermek için kullanılmaktadır. Genliğin sabit tutulduğu diğer yöntemse PPM'dir. Bu modülasyon sonucunda, elde edilen sinyalde sabit süreli vurumlar oluşmaktadır. Ancak bu vurumun ne zaman gönderileceği, iletilmek istenen sinyalin genliğince belirlenmektedir. Biraz açacak olursak, oluşturulan vurumun genişliği sabittir, ancak sinyalin sıfır seviyesinde kalma süresi değişmektedir.



a- Belirli bir frekans aralığına sahip bir sinyalin frekansa göre değişimi.
b- Aynı sinyalin belirli anlardaki değerleri alınarak oluşturulan sinyalin frekansa göre değişimi.

Yukardaki bütün yöntemlerde sinyaller kesikli zaman aralıklarında iletilmektedir. Ancak iletilmek istenen sinyalin genliği sürekli değişim göstermektedir. PCM adı verilen yöntemde ise sinyalin genliği de kesikli veriler olarak iletilmektedir. Bunun için ilk önce iletilmek istenen sinyalin belirli anlardaki genliği belirlenmektedir. Daha sonra bu genlik değeri dijital değerlerle, yani 0 ve 1 değerleriyle ifade edilmektedir. Bunun için belirli bir genlik aralığı yani maksimum bir genlikle minimum bir genlik aralığı 2^n parçaya ayrıldığından n haneli sayılarla ifade edileceği anlamına gelmektedir. Buradaki n sayısı kaç bitlik bir sistem kullanılacağını göstermektedir. Aralık 2^n parçaya ayrıldığından iletilmek istenen sinyalin genliği, hangi aralığa denk geliyorsa, o parçanın 2^n lik sistemdeki ifadesiyle eşleştirilir. Bu da belirli bir bilgi kaybı anlamına gelmektedir. Ancak bu hata payı insanların algılayamayacağı düzeydedir. Bit sayısı artırıldıkça hata payı da düşülmektedir. Bunu daha iyi anlamak için bir sinyalin genliğinin 1 ile 16 arasında değiştiğini ve bu aralığın iki bitle ($n=2$) ifade edileceğini düşünelim. Bu durumda 1 ile 4 arası 00, 5-8 arası 01 vb olarak ifade edilir. bu durumda sinyalin farklı iki farklı andaki genliği 2 ve 3 olsa bile 00 ile ifade

edilecektir. Sistem 2 ile 3 arasında ayırım yapmadığından bilgi kaybolacaktır. Ancak daha önce değindiğimiz gibi hata payı insanlar tarafından algılanamayacak kadar küçüktür. İletilecek sinyalin genlik değeri ikilik sistemdeki eşitine çevrildikten sonra, bu sayıyı oluşturan 0'lar ve 1'ler sembollerle iletilir. Örneğin 0'lar sıfır voltajıyla ifade edilirken, 1 değeri sıfırdan farklı bir değerle iletir.

Algılayıcı ise n bitlik veriyi aldıktan sonra bu sayıyı genlik değerine çevirir ve istenilen sinyali elde etmiş olur. Dikkat edilmesi gereken iletilen sinyalin bir sonraki andaki genliğine bakılmadan önce bu n tane sembolün ilettilmesidir.

Burada kısaca dijital sistemlerde hangi modülasyon yöntemlerinin kullanıldığı anlatıldı. Daha doğrusu sinyali ileten kısımda neler yapıldığına değindik. Ancak algılayıcı kısımda bu sinyallerin gerekli sinyallerin nasıl elde edildiğine değinilmedi. İletilen bilgiler sürekli olmadığından algılayıcının bilginin ne zaman geldiğini anlaması bir başka deyişle eş zamanlılığı sağlaması ise bir başka yazı konusu yapmaya değer kadar ilgi çekicidir.

Kaynaklar
Haykin S., *Communication Systems*, John Wiley and Sons, 1983
Carlson B.A., *Communication Systems*, McGraw Hill, 1986.