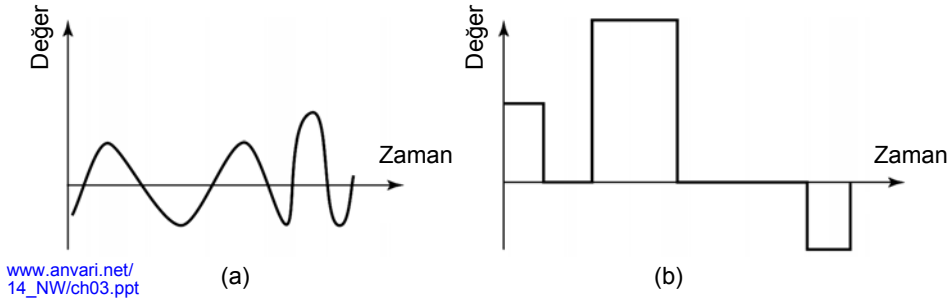


DİĞİTAL ELEKTRONİKLER

Ref. Enstrümantal Analiz, Mikrobilgisayarlar ve Mikroişlemciler

Kimyasal sinyaller iki tiptir: (1) Analog sinyaller; sürekli sinyallerdir, örneğin, pH metreler, moleküler spektroskopi gibi. (2) Digital sinyaller; kesikli sinyallerdir, örnek olarak radioaktif bozunma, radyasyonun atomik absorpsiyonu gösterilebilir.



(a) Analog ve, (b) digital sinyallerin kıyaslaması

Digital devrelerin, karşıtı olan analog devrelere göre bazı avantajları vardır: bunlarda,

- 110 V 'luk güç kaynağından oluşan 60 Hz kadar çevresel gürültüye karşı hassasiyeti düşüktür.
- Çok kararlıdır, çekme veya flicker gürültüsünden daha az etkilenirler.
- Uzun mesafelerden daha kolay geçerler ve sonraki işlemler için saklanabilirler; örneğin, Saturn'ün uydu fotoğrafları yeryüzüne digital olarak gönderilmiş, saklanmış, ve sonra analog bilgiler şeklinde basılmıştır.
- Digital bilgiler ve aletler bilgisayarlarla uyumludur.

İster analog ister digital olsun, her iki halde de önemli olan bilginin elde edilme mekanizmasına bağlı olmasıdır. Örneğin, sodyum iyonlarının alevde ısıtılmasıyla

çıkan sarı ışın çoğu zaman bir fotodedektör ile ölçülür. Fotodedektör ışın enerjisini bir aralık içinde sürekli olarak değişen analog bir elektrik akımına çevirir. Bilindiği gibi bu ışın kuvantizedir ve bu nedenle her biri bir atomik olay sonucu çıkan ve fotonlar denilen enerji pulsları şeklinde emittlenir. Tipik dedektör algılama zamanı çok kısa olduğundan herbir foton saptanamaz. Bunun yerine, verilen bir zaman aralığındaki sadece ortalama sayı ölçülür. Düşük ışın şiddetinde, yine de, özel olarak dizayn edilmiş bir dedektörle herbir foton algılanabilir; burada, bir seri elektrik pulslarından oluşan ve sayılan digital bir sinyal üretilir.

Digital sinyallerin pek çok avantajları vardır. Bu nedenle, bir analog veya sürekli sinyal digital bir sinyale çevrilerek eşit-büyükte bir seri voltaj pulsları saptanır; bu pulsların sayısı orijinal sinyalin büyüklüğü ile doğru orantılıdır. Alınan pulslar sonra elektronik olarak sayılır veya digital halde görüntülenir, veya tekrar analog bir sinyale dönüştürülerek metrelere veya analog kaydedicilere gönderilir. Her iki durumda da digital aletlerin en önemli kısmı puls sayıcısıdır.

Tipik bir digital ölçümede, belirtilen sınır koşulları içinde oluşan sinyalleri saymak için, yüksek-hızlı bir "elektronik sayıcı" kullanılır. Sinyaller ve sınır koşullarına örnek olarak analitten bir saniyede emittlenen fotonların veya α taneciklerinin sayısı, bir mol analit için harcanan titrantın damla sayısı, veya bir şırıngadan verilen bir mililitre reagent için hareketli motorun adım sayısı gösterilebilir.

Bu gibi sinyallerin elektronik olarak sayılmasında bunların önce birbirine eşit voltajda (yaklaşık olarak) bir seri pulsa dönüştürülmesi gerekir. Bu pulslar görüntü alınması için sayıcı ile bir ondalık sayıya dönüştürülür. Sayma işleminde sayıları doğrudan ondalık sistemle tanımlamak uygun değildir, çünkü bu sistemde 0 'dan 9 a kadar olan rakamlar için 10 değişik elektrik sinyaline gereksinim vardır. Bu nedenle elektronik saymada ikili sayılar kullanılır; bunda, herhangi bir sayıyı tanımlamak için sadece iki rakam (0 ve 1) yeterlidir. Elektronik sayıcılarda sıfır, 0 ± 0.5 V 'luk bir voltaj sinyali ile, bir ise 5 ± 1 V 'luk bir voltaj sinyali ile tanımlanır; veya bunun tersi de olabilir.

İkili (Binary) Sayı Sistemi

Ondalık sayı sistemindeki her rakam 10 un bazı katsayılarını gösterir. Buna göre 5078 sayısı aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$8 \times 10^0 = 0008$$

$$7 \times 10^1 = 0070$$

$$0 \times 10^2 = 0000$$

$$5 \times 10^3 = 5000$$

$$\text{Toplam} = 5078$$

Benzer şekilde ikili sayı sistemindeki her rakam da ikinin katlarını gösterir. İkili sayılar 0 veya 1 ile tanımlanır.

$2^8 = 256$ mümkün değeri gösterir. Örneğin, 255 değeri 256'dan küçük olduğundan, ikili sistemdeki değeri $255 = 0$ 'dır. 8 BIT ikili veri sistemi 2^8 değil, 2^7 den başlayarak yazılır.

2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
128	64	32	16	8	4	2	1

İkili Sayıların Ondalık Sayıya Dönüşümü

00010111 ikili sayısı kaç ondalık sayıdır?

2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0							
128	64	32	16	8	4	2	1							
0	0	0	1	0	1	1	1							
0	+	0	+	0	+	16	+	0	+	4	+	2	+	1

$$\text{ondalık sayı} = 23$$

Ondalık Sayıların İkili Sayıya Dönüşümü

144 ondalık sayısı kaç ikili sayıdır?

İlk olarak 144 'dan küçük olan 2 'nin kuvveti bulunur. $2^7 = 128$ olduğuna göre,

$2^7 = 128$	$144 - 128 = 16$	1
$2^6 = 64$	16'da 64 yoktur	0
$2^5 = 32$	16'da 32 yoktur	0
$2^4 = 16$	$16 - 16 = 0$	1
$2^3 = 8$	0'da 8 yoktur	0
$2^2 = 4$	0'da 4 yoktur	0
$2^1 = 2$	0'da 2 yoktur	0
$2^0 = 1$	0'da 2 yoktur	0

ikili sayı: 10010000

İkili Aritmetik

İkili sayılarla aritmetik işlem ondalık sayılarla yapılan işleme benzer, fakat daha basittir. Toplamada sadece dört olasılık bulunur.

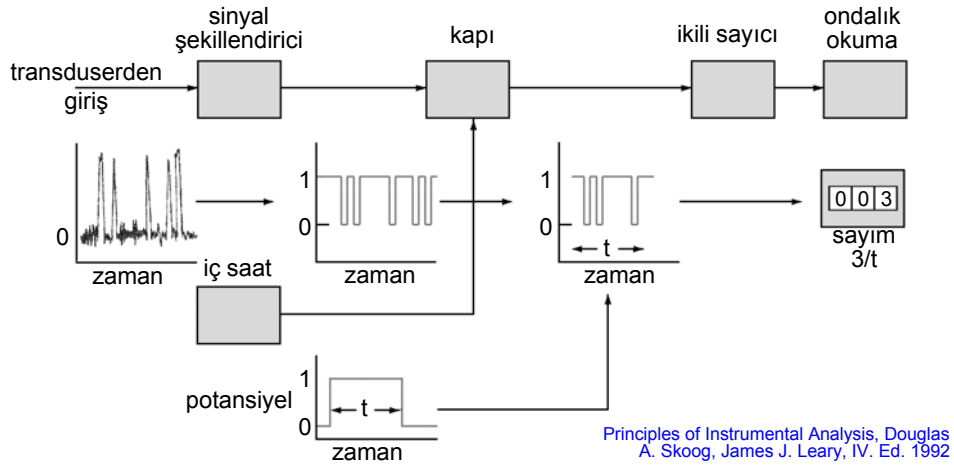
0	0	1	1
+0	+1	+0	+1
—	—	—	—
0	1	1	10

Çarpmada da benzer bir durum vardır,

0	0	1	1
x 0	x 1	x 0	x 1
—	—	—	—
0	0	0	1

Sayıçılar

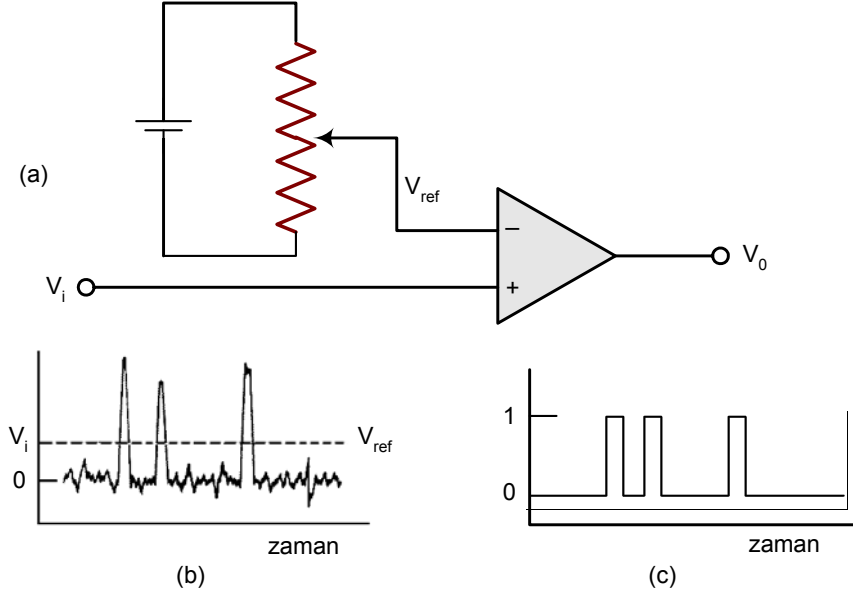
Şekilde, bir transduserden birim zamanda alınan elektrik pulslarını sayan bir cihazın blok diagramı görülmektedir. Transduserden gelen voltaj sinyali önce bir şekildendiriciye girer; burada küçük taban sinyalleri uzaklaştırırken büyük pulslar, giriş sinyali ile aynı frekansta, kare dalgalara dönüştürülür. Sinyal çoğu kez bu işlemle çevrilir. Sonuç sinyali sonra bir girişe girer, burada bir dahili saatten alınan çıkış sayma süresince geçen zaman aralığını (t) tam olarak belirler. Son olarak sayıcının ikili sayı sistemli çıkışı bir ondalık sayıya dönüştürülerek okuyucuya gönderilir.



Saniyedeki voltaj pulslarını sayan bir sayıcının diagramı

Sinyal Şekillendiriciler

Bir sinyal şekillendirme devresinde giriş sinyallerini kare dalga şekline çeviren (Şekil-c) bir voltaj kıyaslayıcı bulunur. Voltaj kıyaslayıcının çıkışı iki voltaj seviyesinden (yüksek veya düşük; örneğin, +5 V veya, 0 V) birindedir; bu iki seviyeye "lojik (mantıki) haller" denir. Bu haller arasındaki potansiyel farkı, tipik olarak, 5 V 'dur. Kıyaslayıcı giriş voltajı V_i , referans voltaj V_{ref} 'den büyük olduğunda çıkış lojik hal 1'dedir. Diğer taraftan, V_i , V_{ref} 'den küçük olduğunda çıkış lojik hal 0 olur. Kıyaslayıcı sadece V_{ref} 'den büyük olan sinyallere tepki verir, taban sinyalindeki dalgalanmaları görmez.

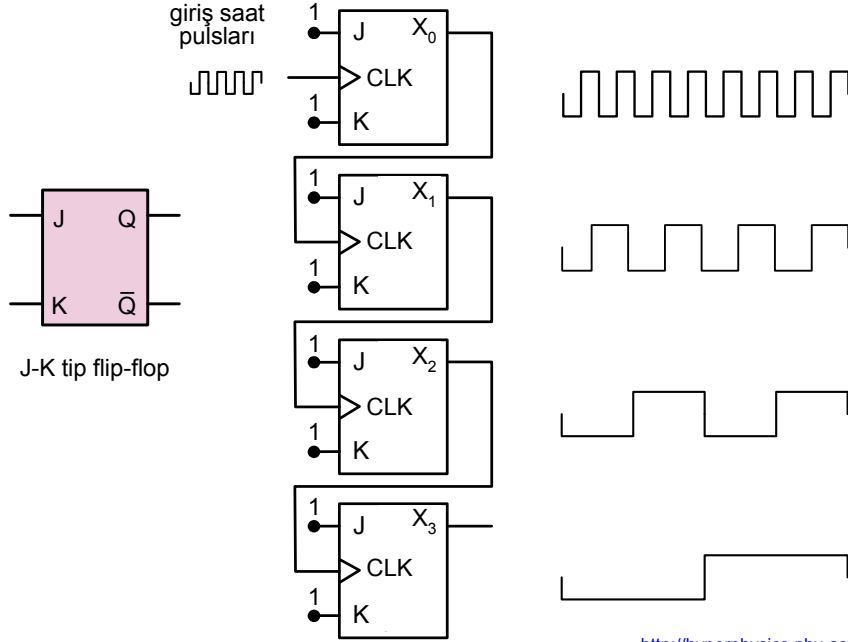


Tipik bir sinyal şekillendirme devres; (a) devre, (b) giriş sinyali, (c) çıkış sinyali

İkili Sayıcılar

Elektronik sayıcılarda elektrik pulslarını sayan bir seri ikili devre vardır. Bu devreler açma ve kapama veya 0 ve 1 lojik halleri bulunan elektronik anahtarlardır. Her çift bir ikili sayının bir rakamını tanımlar (veya 2'nin bir üst kat sayısını). Seri veya paralel, iki ikili devrenin dört olası çıkışı vardır, bunlar 0/0, 0/1, 1/0, ve 1/1 dir. Üç ikili devrede bu olasılık 8'e, dört ikili devrede 16'ya çıkar. Buna göre n ikili devrenin 2^n çıkış olasılığı bulunur. Uygun ikili sistemler kullanılarak bir sayıdaki rakamların sayısı istenildiği kadar artırılabilir. Yedi ikili devrede 128 hal vardır ve 128 de bir veya relatif olarak %1 den daha iyi doğru bir sayım alınabilir.

Sayma işleminde kullanılan ikili devrelerin en uygun şekli çok bilinen "J-K flip-flop" şeklindedir. Bu devre, giriş sinyali lojik hal 1'den 0'a değiştiğinde çıkış seviyesini değiştirir; girişin 0'dan 1'e değişmesinde ise "çıkışta bir değişiklik olmaz". Flip-flop devreler diodlar ve/veya transistörlerin uygun bir şekilde birleştirilmesiyle hazırlanmış anahtarlardır.

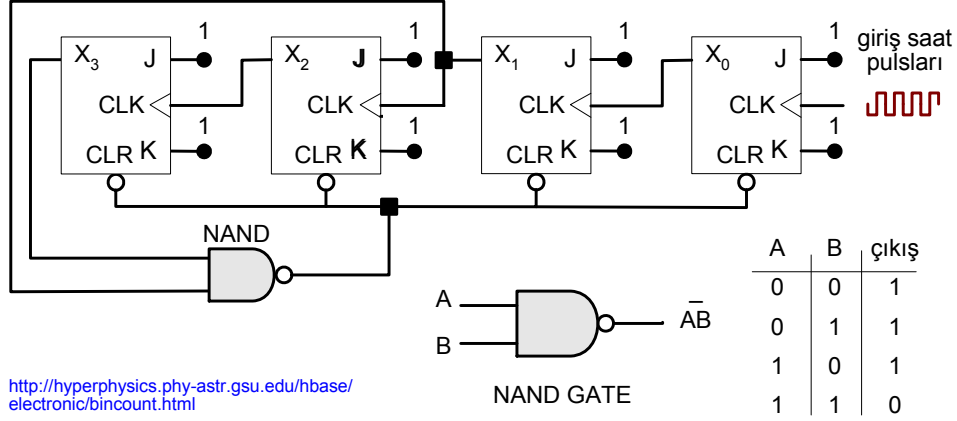


<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electronic/counter.html#c1>

J-K flip-flop'lu bir ikili sayma devresi.

Ondalık Sayma

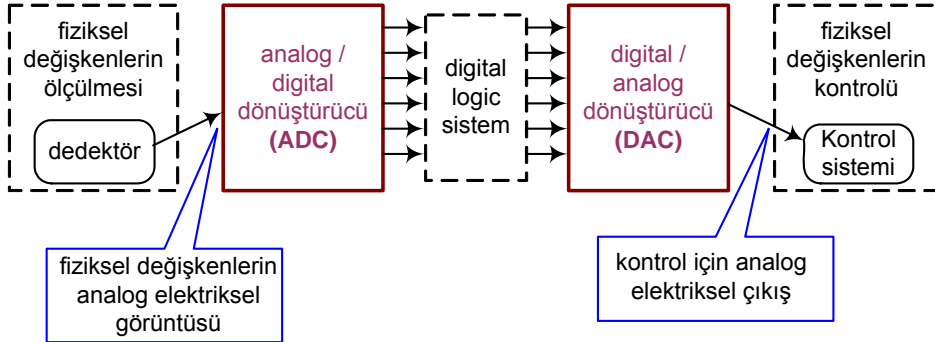
Sayıcıların çoğunda görüntü ikili sistemde değil, ondalık sisteme çevrilerek verilir. İkili-ondalık çevrimi için birkaç sistem geliştirilmiştir. Bunlardan en yaygın olanı "ikili kodlu ondalık sistem" di (BCD; binary coded decimal). Bunda ondalık sistemdeki her bir rakam, dört ikili sistemle tanımlanır. Bu durumda olası 16 halden sadece 9 'u kullanılır. Sistem o şekilde hazırlanmıştır ki, bir 9 sayım alındıktan sonra ikili devrelerin hepsinin çıkışı sıfıra döner; bu işlem, bir sonraki dört ikili sistemin ilk ikilisine beslenen son ikilisinden 1 → 0 geçişiyle gerçekleşir. Ondalık sistemin bir onlu grubu için dördü bir ikili sistem takımına gereksinim olduğundan bir takıma "onlu sayma birimi (decade counting unit) DCU" veya BCD denir.



Bir ondalık sayıcı (veya, BCD: Binary Coded Decimal) ve NAND kapının şematik görünümü

Veri Toplama Sistemleri

Fizik dünyası ve kontrol sinyalleri genellikle analogdur veya sürekli olarak değişen veriler şeklindedir.



Bir veri toplama sisteminin şematik görünümü

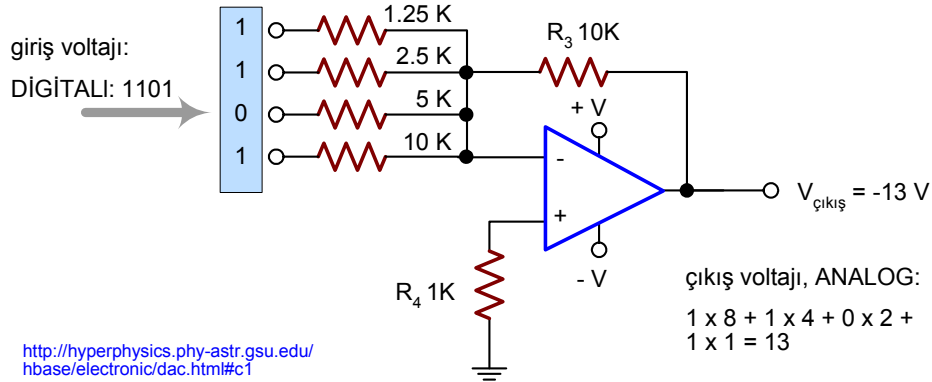
Digital elektroniğin gücünden yararlanabilmek için deneysel ölçme sonuçlarının analogdan digitale, ve bir laboratuvar sisteminin çıktılarını digitalden analog verilere dönüştürülmesi gerekir. Veri toplama sistemlerinde çeşitli elemanlar bulunur; örneğin, digital-analog ve analog-digital çeviriciler, ayarlarıcılar (scaler), saatler gibi. Şekilde basitleştirilmiş bir veri toplama sisteminin diyagramı verilmiştir.

Digital-Analog Çeviriciler (DAC)

4-Bit D/A Konverter

Metreler, analog kaydediciler gibi aletlerle görüntü almak için digital sinyaller karşıtı olan analog sinyallere çevrilir.

Veriler ikili digital şekilde ise, bir toplama amplifikatörü kullanılarak analog şekle dönüştürülebilir. Örneğin, basit bir 4-bit D/A (digital/analog) konverter, dört-giriş toplama amplifieri ile hazırlanır.



Dört-bit digital-analog konverter (DAC)

Analog-Digital Çeviriciler (ADC)

Analitik cihazlarda kullanılan dedektörlerin çoğunun çıkışı analog bir sinyaldir. Digital elektroniklerin avantajlarını gösterebilmek için analog sinyalin digital bir sinyale çevrilmesi gerekir. Bu tip çevirmeler çeşitli yöntemlerle yapılabilir. Burada voltaj ölçümlerine uygun bir çevirme yöntemi anlatılacaktır.

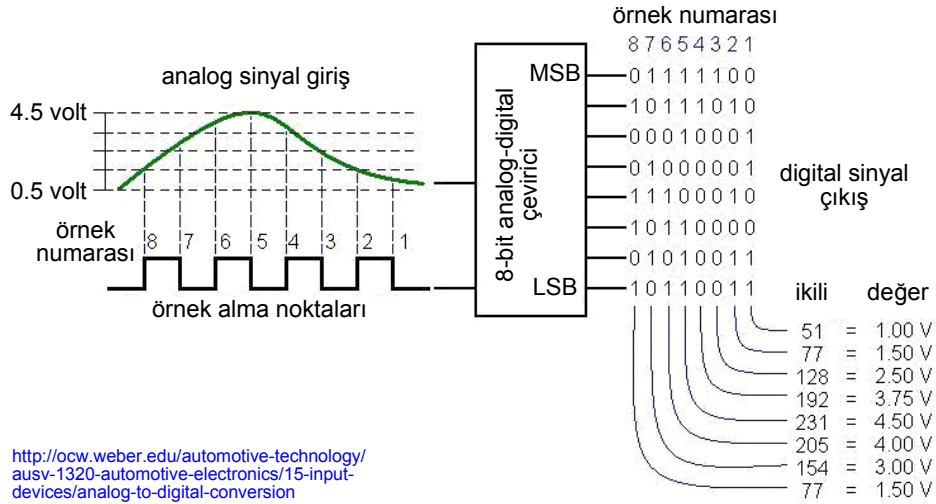
Aşağıda görüldüğü gibi, 8-bit bir dönüştürücü 256 farklı 8-bit çıkış sinyali üretir; sinyallerin her biri 256 giriş voltajını temsil eder. Örneğin, bir vananın konumunu gösteren algılayıcı (sensör) voltajının 0 - 5 volt arasında değiştiğini varsayalım; 5 volt 256 parçaya bölündüğünde her bir voltajdaki artış 0.0195 volt veya yaklaşık olarak 0.2 mV olur. Bu artış, vananın dönüş değerini gösteren bir ekranda görülür.

Şekilde girişteki 1 numaralı örneğin voltajı 1 voltur.

$$1.00 \text{ V} / 0.0195 = 51$$

51 sayısının ikili sistemdeki karşılığı = 00110011 dir.

Mikroişlemci, 51 sayısının karşılığı ortalama 1.00 volt olacak şekilde programlanır.



Sekiz-bitlik bir analog-digital konvertör (ADC)

Ayarlayıcılar: Bir sinyalin frekansı bir sayma aletininkinden büyükse ayarlama işlemine gereksinim olur. Bu durumda sinyal kaynağı ve sayıcı arasında bir "ayarlayıcı (scaler)" konulur. Ayarlayıcılar elektromekanik sayıcılarla birlikte kullanılırlar. Bunlar sadece, mesela, saniyede 100 pulsa tepki verirler.

Saatler: Digital uygulamaların çoğunda tekrarlanabilirliği yüksek ve doğru olarak bilinen frekans kaynağı zaman ölçümü ile bir arada kullanılır. Elektronik frekans kaynakları çoğunlukla, "pizoelektrik etki" gösteren kuvarz kristallere dayanır. Pizoelektrik kristaller bir elektrik alanına tutulduğunda mekanik olarak bozulur. Bunun tersi de olabilir; kristal mekanik bir kuvvetle bozulursa kristal boyunca bir potansiyel doğar. İletici elektrotlar arasında sıkıştırılmış ince bir kuvarz levha, elektrotlar bir AC kaynağına bağlandığında titreşir. Bu titreşimler, kaynaktan gelen akımla etkileşen bir elektrik akımı oluşturur. Titreşimler ve sinyaller kristalin doğal rezonant frekansında bir maksimuma ulaşır. Rezonant frekansı kristalin kütlelerine ve boyutlarına bağlıdır. Bu parametreler değiştirilerek 10 kHz 'den 10 MHz 'e kadar veya daha büyük elektriksel çıkış frekansları elde edilebilir. Bu frekanslar 100 ppm e kadar sabittir. Özel önlemler alınarak doğruluğu 0.1 ppm olan zaman standartları için kristal osilatörler yapılabilir.

Bir takım ondalık ayarlayıcı ile bir kuvarz osilatör kullanılarak frekansı örneğin, 0.1 Hz-1 MHz aralığında kademeli olarak değişebilen bir saat yapılabilir.

Yararlanılan Kaynaklar

Principles of Instrumental Analysis, D.A.Skoog, D.M. West, II. Ed. 1981

Principles of Instrumental Analysis, Douglas A. Skoog, James J. Leary, IV. Ed. 1992

www.anvari.net/14_NW/ch03.ppt

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electronic/counter.html#c1>

<http://ocw.weber.edu/automotive-technology/ausv-1320-automotive-electronics/15-input-devices/analog-to-digital-conversion>