



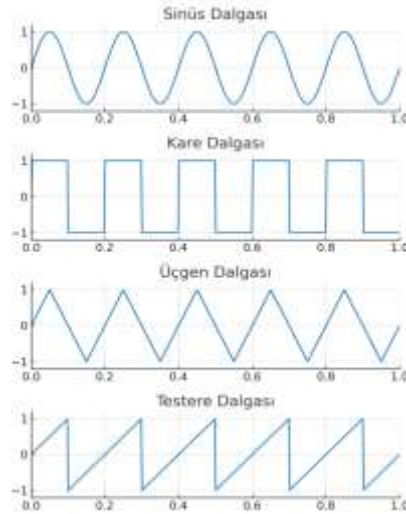
Karadeniz Teknik Üniversitesi
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Bilgisayar Organizasyonu Laboratuvarı



MİKROİŞLEMCİ TABANLI ANALOG-DİJİTAL DÖNÜŞTÜRÜCÜ (ADC)

1. GİRİŞ

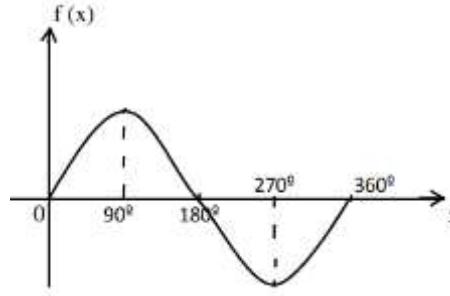
Fonksiyon üretici, kare, üçgen, testere ve sinüs gibi temel dalga biçimlerini üretebilen bir elektronik kaynaktır. Üretilen bu periyodik işaretlerin frekansları, uygun bir alt programla ayarlanabilir. Üretilen işaretin biçim düzgünlüğü ve frekans üst değeri, mikrobilgisayarın çalışma hızıyla sınırlıdır. Yani işaret ayrık (discrete) olarak üretildiği için, üretilecek işaretin komşu iki noktası arasındaki zaman olabildiğince küçük olmalıdır. Bu da ancak mikrobilgisayarların çalışma hızının yeterince büyük olmasıyla mümkündür. Aşağıda elektronik ve sinyal işleme derslerinde sıkça kullanılan dört temel dalga biçimi gösterilmektedir: Sinüs, Kare, Üçgen ve Testere dalgaları.



Doğrusal parçalardan oluşan periyodik işaretleri (kare dalga, testere dişi, üçgen vs) mikrobilgisayarlarda üretmek oldukça basittir. Çünkü bu tür işaretlerin yapısını oluşturan doğrusal artış veya azalışlar, mikrobilgisayardaki bir sayıcının içeriğinin artırılması veya azaltılması ile sağlanabilir.

Örneğin, sayısal sistemlerde sıklıkla kullanılan kare dalga'nın üretimi için iki seviye (lojik 1 ve lojik 0) yeterli olduğundan, düşük hızda çalışan bir mikrobilgisayarla dahi oldukça düzgün bir şekil elde edilebilir. Çünkü farklı seviye geçişleri yoktur. Fakat üretilecek işaretin maximum frekansı yine mikrobilgisayarın hızı tarafından sınırlandırılmaktadır.

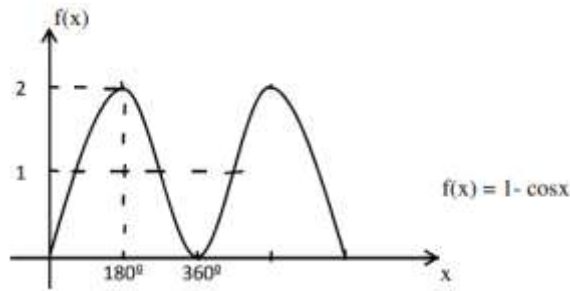
Doğrusal olmayan (nonlinear) yapıdaki periyodik işaretlerin (sinüs vs) üretilmesi zordur. Bu durumda, doğrusal olmayan bu karakteristiği temsil edecek olan bir data tablosunun uygun bir bellek bölgesine önceden yazılması gerekir. Daha sonra, üretilecek işaretin her bir noktasına karşılık düşen bilgi, sırayla bu bellek bölgesinden alınıp çıkış kapısına gönderilir. Burada örnek olarak sinüzoidal bir işaretin üretimi için gerekli data tablosunun nasıl elde edileceği incelenecektir Şekil-1 de sinüzoidal bir işaret görülmektedir.



Şekil-1

Bu işareti oluşturacak data tablosunu elde edebilmek için 0° den 90° ye kadar olan fonksiyon değerleri yeterli olabilir. Fakat fonksiyonun negatif kısmını belirleyecek bir işaret bitine ihtiyaç vardır. Çünkü mikrobilgisayarlar çıkışa sadece pozitif genlik değerleri aktarabilmektedir. Bu işaret biti sayesinde negatif alternansın başlayacağı algılanır ve bir faz dönüştürücü devre yardımıyla, pozitif genlik değerleri negatife çevrilir.

Görüldüğü gibi bu yöntemde bir bit, işaret biti olarak kullanılmakta ve ek bir donanım gerekmektedir. Ama doğrultulmuş bir sinüs üretmek için sadece 0° - 90° arasındaki açılar sinüslerinin kullanılması yeterli olabilir. Bunun için yapılacak işlem, hazırlanan bu sinüs tablosundaki değerleri ardışık olarak ileri ve geri yönde okuyup, çıkışa aktarmaktır. Böylece ek bir donanım ve işaret biti kullanmadan sinüzoidal bir işaret üretilmiş olur.



Şekil-2

Şekil-2 de görüldüğü gibi, pozitif değere ötelenmiş sinüzoidal bir işarete negatif değerler bulunmamaktadır. O halde, 0° den başlayarak 1° er derecelik artımlarla 180° ye kadar her bir dereceye karşılık düşen fonksiyon değerlerinin hexadesimal karşılıkları kullanılarak data tablosu hazırlanır. Hazırlanan bu data tablosundaki değerler, uygun bir programla ardışık olarak ileri ve geri yönde taranıp çıkışa bağlanan bir D/A dönüştürücüye gönderilirse, istenen sinüzoidal işaret elde edilmiş olur. Burada önemli olan nokta, şekildeki fonksiyonun 0 ile 2 arasındaki değerlerinin 8 bitlik mikrobilgisayarlar için, fonksiyonun maximum

değeri olan 2'nin 255 sayısına karşılık gelecek şekilde normalize edilmesidir. Dışaretin örnekleme frekansı, üretilecek olan sinüsün düzgünlüğünü etkileyeceğinden, kaba sinüsler için daha az örnek kullanılabilir.

Tablo-1 de 5'er derecelik artımlarla 36 adet fonksiyon değerinin normalize ve hexadesimal karşılıkları verilmiştir.

Tablo - 1

X (derece)	Normalize karşılığı	Hexadesimal karşılığı
0	0	00
5	0	00
10	1	01
15	4	04
20	7	07
25	11	0B
30	17	11
35	23	17
40	29	1D
45	37	25
50	45	2D
55	54	36
60	63	38
65	73	49
70	83	53
75	94	5E
80	105	69
85	116	74
90	127	7F
95	138	8A
100	149	95
105	160	A0
110	171	AB
115	181	B5
120	191	BF
125	200	C8
130	209	D1
135	217	D9
140	225	E1
145	231	E7
150	237	ED
155	243	F3
160	247	F7
165	250	FA
170	253	FD
175	254	FE
180	255	FF

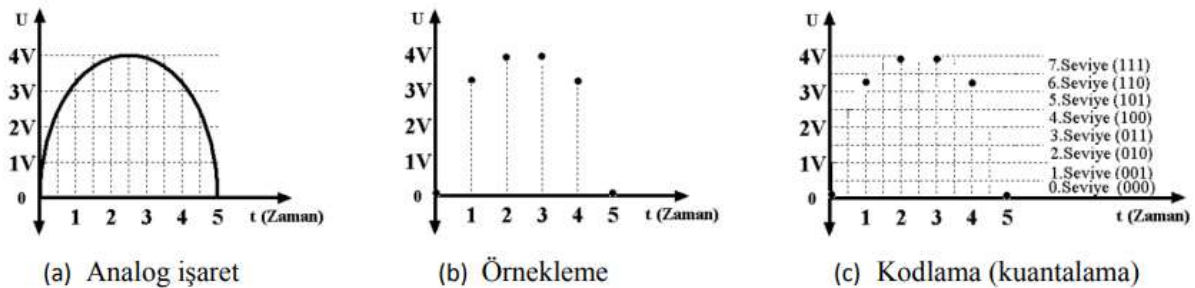
2. ANALOG DİJİTAL DÖNÜŞTÜRÜCÜ

Analog işaretleri sayısal işaretlere dönüştüren elektronik devrelere Analog-Dijital Dönüştürücü denilmektedir. Analog işaretler analog donanım kullanılarak işlenebilir. Bunun yanında analog donanım üzerinde değişiklik yapmak hem masraflı hem de çok zaman alıcı bir işlemdir. Oysaki yazılım düzeyinde değişiklik yapmak oldukça kolaydır. Bu yüzden yazılım olarak işlenebilecek işaretler bir A/D dönüştürücü üzerinden sayısal işaretlere dönüştürülür ve değişiklik işlemi sadece yazılım üzerinde yapılır.

Analog-Dijital dönüştürücüler (ADC - Analog to Digital Converter) günümüzde değişik amaçlar için birçok elektronik cihaz içerisinde kullanılmaktadır. Bu elektronik cihazlar, fiziksel değişimleri çeşitli sensörler (duyargalar) ile algılayıp kontrol edilmesini sağlar. Sensörler, ağırlık, uzunluk, ışık şiddeti, sıcaklık, basınç, debi gibi fiziksel büyüklükleri, bunlarla orantılı akım veya gerilim cinsinden elektriksel değerlere dönüştürür. Maksimum ve minimum sınırları arasında farklı değerler olarak değişen elektriksel büyüklüklere analog bilgi ya da analog değer denir.

Akım ve gerilim analog değerlerdir. Büyüklüklerin gerilim “var” veya “yok” anlamına gelen “1” ve “0” şeklinde iki rakam kullanılarak ifade edilmesine dijital bilgi ya da dijital değer denir. Sensörler çıkışlarında genellikle analog değer bulunur.

Mikroişlemci ile çalışan elektronik cihazlar sadece dijital bilgileri alıp değerlendirebilir. Bu durumda mikroişlemcili ve dijital birçok cihaz için analog bilgilerin dijital bilgilere dönüştürülmesi gerekir. İşte sensörlerden elde edilecek ve analog olan bu gerilim değerlerinin sayısal sistemlerde yazılımla işlenebilmesi için sayısal dönüşümü için Analog-Dijital dönüştürücüler kullanılmaktadır. Analog değerler zamana göre sürekli (kesintisiz) olduğundan, tüm zaman dilimlerine karşılık gelen bir analog gerilim değeri vardır. Her analog değer için bir dijital değer oluşturmak çok maliyetli ve karmaşık olacağından uygulamada pratik değildir. Bu nedenle analog değer üzerinden belirli zaman aralıklarında örnekler alınır. Bu işleme örnekleme denir. Her örnek için seviyesine göre kodlanmış dijital bir değer üretilir. Bu işleme kuantalama (kodlama) denilmektedir. Kısaca ADC devrelerin çalışmasını “örnekle, karşılaştı, dijital olarak kodla” şeklinde özetlenebilir. Şekil 3’de bu işlem grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil-3 . Örnekleme ve kuantalama (kodlama) işlemleri

Çözünürlük: ADC’nin analog girişindeki en küçük değer değişimine karşılık çıkışında dijital farklılık oluşturma yeteneğidir. Uygulamada ADC’ler için çözünürlük denildiğinde çıkıştaki bit sayısı akla gelmektedir. Çeşitli üretici firmalar tarafından 8, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 24 bit

çözünürlükte değişik ADC entegreleri üretilmiştir. Dijital çıkışın bit sayısının fazla olması çözünürlüğü artırır. Analog sinyalin doğrusal olmaması ve gürültü bulunması çözünürlüğü azaltır. Analog-dijital dönüştürücüde çözünürlüğün yüksek olması istenir. Quantum Seviyesi (Bölüntü Seviyesi, q): ADC girişine uygulanan analog sinyal, minimum ve maksimum genlik değerleri arasında eşit aralıklara bölünür. Her aralık dijital çıkışta bir bitlik değişime neden olur. Örneğin “n” sayıda dijital çıkışı olan bir ADC 2 n adet ayrık quantum seviyesine sahip demektir. Girişteki analog sinyalin minimum-maksimum arası 2 n adet eşit parçaya bölünmüş olur. Quantum seviyesi q, Eşitlik (1) ile hesaplanır.

$$q = \frac{V_{max} - V_{min}}{2^n - 1} \quad (1)$$

3. ADC Çeşitleri

3.1. Sayısal Eğimli (Basamak Rampalı) A/D Dönüştürücü

Şekil 4’te Sayısal Eğimli (Rampa) A/D Dönüştürücü nün çalışma şeması verilmektedir. Şekil 4’te DA dönüştürücünün girişine bir sayıcı aracılığı ile sıfırdan başlayarak sayısal bilgi sırayla uygulanır. Vd gerilimi Va’dan küçük olduğu her durum için Vo dan küçük olacaktır. Bu durumda sayıcının içeriği sırayla artırılarak DA dönüştürücünün girişine uygulanmaya devam edilir. Vo ‘ın sıfırdan büyük bir gerilim olarak bulunduğu ilk durumda DA dönüştürücünün girişindeki sayısal bilgi Va analog işaretinin sayısal olarak eşdeğeri olmuş olur.



Şekil-4 A/D Dönüştürücünün blok şeması

3.2. Ardışıl Yaklaşım (Successive Approximation) Yöntemi

Şekil 4’teki dönüştürücüye verileri sıra ile uygulamak ve uygun sonuca ulaşmak oldukça yavaş bir yöntemdir. Bunun yerine en anlamlı bittten başlanarak D/A dönüştürücüye uygulanan verilerin bitleri lojik 1 yapılır ve Vo gerilimi okunur. Eğer Vo >= 0 ise o bitin yerine 0, değilse 1 konulur. Bu işlem tüm bitler için tekrarlandığında Va ‘nın sayısal eşdeğeri elde edilmiş olur. Bu tür dönüştürücüler rampa yöntemine göre daha hızlıdır.

Adım	MSB	LSB	?
1	1 0 0 0 0 0 0 0		Vo >= 0 0
2	0 1 0 0 0 0 0 0		Vo < 0 1
3	0 1 1 0 0 0 0 0		Vo >= 0 0
4	0 1 0 1 0 0 0 0		Vo >= 0 0
5	0 1 0 0 1 0 0 0		Vo < 0 1
6	0 1 0 0 1 1 0 0		Vo < 0 1
7	0 1 0 0 1 1 1 0		Vo >= 0 0
8	0 1 0 0 1 1 0 0		Vo > 0 0

Tablo 2. 8 bit için A/D dönüştürücü

Burada Va'nın sayısal eşdeğeri 8 adım sonunda 01001100 olarak bulunmuştur. Örnekten de görüldüğü gibi elde edilecek sayısal bilgi DA dönüştürücünün bit sayısına bağlıdır. DA dönüştürücünün bit sayısı ne kadar az alınırsa sonuç o kadar hızlı bulunmuş olur. Bunun yanında bit sayısı ne kadar fazla alınırsa sonuç o kadar doğru çıkacaktır.

4. Deneyin Yapılışı

Deney Python dili ile yazılmış benzetim kodları kullanarak 4 farklı deney gerçekleştirilecektir. Bu benzetim uygulamaları ile sırasıyla

- Örnekleme
- Kuantalama
- Rampa Yöntemi ile Analog Dijital Dönüşümü
- Ardışıl Yaklaşım Yöntemi ile Analog Dijital Dönüşümü

yöntemlerinin nasıl çalıştığı ve bu yöntemlerin hangi parametrelere göre nasıl tepki verdiği deneysel olarak gerçekleştirilecektir. Her bir deneyde öğrenciler bireysel veya takım halinde deney tasarlama, deney yapma, veri toplama, sonuçları analiz etme ve yorumlama işlemleri ayrı ayrı gerçekleştireceklerdir.

4.1. Örnekleme ve Kuantalama

Analog değerler zamana göre sürekli (kesintisiz) olduğundan, tüm zaman dilimlerine karşılık gelen bir analog gerilim değeri vardır. Her analog değer için bir dijital değer oluşturmak çok maliyetli ve karmaşık olacağından uygulamada pratik değildir. Bu nedenle analog değer üzerinden belirli zaman aralıklarında örnekler alınır. Bu işleme örnekleme denir. Her örnek için seviyesine göre kodlanmış dijital bir değer üretilir. Bu işleme kuantalama (kodlama) denilmektedir. Kısaca ADC devrelerin çalışmasını “örnekle, karşılaştı, dijital olarak kodla” şeklinde özetlenebilir. Deneyde örnekleme ve kuantalama işlemlerinin farklı değerlere göre nasıl çalıştığını inceleyiniz.

4.2. Rampa ve Ardışıl Yaklaşım Yöntemleri ile Analog-Dijital Çevirme (ADC)

Deneyde rampa ve ardışıl yaklaşım yöntemleri ile daha önce örneklenen değerler daha önce kuantalama ile belirlenen seviyelere izdüşürülür. Farklı değerler ile deneyler tekrar edilir. Dönüştürülen değerler orjinal değerler ile karşılaştırılır. Deney sonucunda elde edilen sonuçlar toplanır, analiz edilerek yorumlanır.

4.3. Analog-Dijital Çevirme (ADC) Devresi İnceleme

ADC elektronik devreleri kullandığı yönteme göre farklı elektronik devrelerle gerçekleştirilebilir. Analog Sayısal Dönüşümü işlemini kavramsal olarak anlayabilmek için kullanılan rampa yöntemi ile yapılan ADC devreleri piyasada bulunmamaktadır. Bu yöntem sadece dönüşüm işleminin kavramsal olarak anlaşılması için kullanılmaktadır. Ardışıl Yaklaşım Yöntemi kullanarak yapılan dönüştürücüler piyasada kullanım ve maliyet açısından uygun olduğu için daha çok karşılaşılmaktadır.

5. Deney Hazırlığı

1. Deneye gelmeden önce deney föyünü dikkatlice okuyunuz.
2. Analog-sayısal dönüşümünün nasıl yapıldığı araştırılmalıdır.
3. Örneklem ve kuantalama (kodlama) kavramları araştırılmalı öğrenilmelidir.
4. Çözünürlük ve örneklem frekansı ile ilgili ön bilgi edinilmelidir.

6. Deney Tasarımı ve Uygulaması

1. Deney föyünde verilen Şekil 4'ün hem birinci yöntem hem de 2. yöntemle çalışması açıklanır ve sayısal değerlerle pekiştirilir.
2. Örneklem ve kuantalamaya (kodlama) sayısal değerlerle örnek verilir.
3. Farklı değerlerin sayısal çevrilmesi ve bu değerler için örneklem ve kuantalama değerlerinin hesaplanması gerçekleştirilir.
4. Deney esnasında hesaplanan değerlerin öğrenciler tarafından not alınması sağlanır.

7. Deney Soruları

1. Mikroşlemcili fonksiyon üreteçlerinde kare, üçgen ve testere gibi doğrusal periyodik işaretlerin üretilmesi neden daha kolaydır? Bu işaretlerin üretiminde mikrobilgisayarın hangi özelliğinden yararlanılır?
2. A/D dönüştürücü nedir? Hangi amaçla kullanılır?
3. A/D dönüştürücünün kullanıldığı yerlere en az 3 örnek veriniz.
4. A/D dönüştürücü türleri nelerdir?
5. Örneklem ve kuantalama kavramları nelerdir, örnek vererek açıklayınız.

8. Deney Raporu

Deney raporunu hazırlarken aşağıda belirtilen maddelerin raporda olmasına dikkat ediniz.

1. Deney soruları
2. Deneyde yapılanlar
3. Sonuç ve değerlendirme