

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

UÇAK BAKIM

**SAYI SİSTEMLERİ VE DATA
ÇEVİRİCİLER
523EO0004**

Ankara, 2011

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	iii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. SAYI SİSTEMLERİ.....	3
1.1. Desimal (Onluk) Sayı Sistemi	3
1.1.1. Desimal (Onluk) Tam Sayılar	3
1.1.2. Ondalık Desimal (Onlu) Sayılar.....	4
1.2. Binary (İkili) Sayı Sistemi.....	4
1.2.1. Binary Sayı Sistemi Aritmetiği	5
1.3. Oktal (Sekizlik) Sayı Sistemi	10
1.4. Heksadesimal (Onaltılık) Sayı Sistemi.....	10
1.5. Sayı Sistemlerinin Birbirine Çevrilmesi.....	11
1.5.1. Binary -Desimal Sayılar Arası Çevrimler	11
1.5.2. Oktal -Desimal Sayılar Arası Çevrimler	14
1.5.3. Binary -Oktal Sayılar Arası Çevrimler.....	16
1.5.4. Heksadesimal -Desimal Sayılar Arası Çevrimler.....	17
1.5.5. Binary -Heksadesimal Sayılar Arası Çevrimler	19
UYGULAMA FAALİYETİ.....	21
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	22
ÖĞRENME FAALİYETİ-2.....	24
2. LOJİK KAPILAR.....	24
2.1. Lojik Kapı Çeşitleri, Sembolleri ve Doğruluk Tabloları.....	24
2.1.1. VE Kapısı (AND Gate)	24
2.1.2. VEYA Kapısı (OR Gate).....	25
2.1.3. DEĞİL Kapısı (NOT Gate)	26
2.1.4. VEDEĞİL Kapısı (NAND Gate)	27
2.1.5. VEYADEĞİL Kapısı (NOR Gate)	28
2.1.6. ÖZELVEYA Kapısı (EXOR (EXclusive OR) Gate)	29
2.1.7. ÖZELVEYADEĞİL Kapısı [EXNOR (EXclusive Not OR) Gate].....	30
2.2. Lojik Kapı Eş Değerleri	31
2.2.1. VE Kapısının Elektriksel Eş Değer Devresi.....	31
2.2.2. VEYA Kapısının Elektriksel Eş Değer Devresi.....	31
2.2.3. DEĞİL Kapısının Elektriksel Eş Değer Devresi	32
2.2.4. VEDEĞİL Kapısının Elektriksel Eş Değer Devresi.....	32
2.2.5. VEYADEĞİL Kapısının Elektriksel Eş Değer Devresi	32
2.2.6. ÖZELVEYA Kapısının Elektriksel Eş Değer Devresi.....	33
2.2.7. ÖZELVEYADEĞİL Kapısının Elektriksel Eş Değer Devresi.....	33
2.3. Lojik Devrelerin Tanımı ve Çalışması	34
2.4. Lineer Devre / Operasyonel Amplifikatörlerin (Op-Amp) Tanımı ve Çalışması.....	34
2.4.1. İdeal Op-amp Özellikleri.....	36
2.4.2. Op-Amplarin Yapısı	36
2.4.3. Op-Amp Parametreleri	36
2.4.4. Op-Amplarin Uygulama Alanları.....	38
2.5. Uçak Sistemlerinde, Şematik Diagramlarda Kullanılan Uygulamalar	38
UYGULAMA FAALİYETİ.....	39
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	41

3. ANALOG/DİJİTAL ÇEVİRİCİLER (A/D-ADC).....	42
3.1. Analog ve Dijital Kavramlar	42
3.1.1. Dijital Mantık Seviyeleri ve Dalga Formları.....	43
3.2. Kodlayıcı (Enkoder) ve Op-Amplarla Yapılan A/D Çeviriciler	45
3.3. Merdiven Tipi A/D Çeviriciler.....	46
3.4. Tek Eğimli A/D Çeviriciler	47
3.5. Çift Eğimli A/D Çeviriciler.....	49
UYGULAMA FAALİYETİ.....	51
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	54
ÖĞRENME FAALİYETİ-4.....	55
4. DİJİTAL/ANALOG ÇEVİRİCİLER (D/A -DAC)	55
4.1. Paralel Girişli D/A Çeviriciler (Ağırlık Dirençli D/A Çeviriciler).....	55
4.2. R-2R Merdiven Tipi D/A Çeviriciler	57
4.3. Bazı D/A Çevirici Entegreleri	59
4.3.1. AD558 Entegresi	59
UYGULAMA FAALİYETİ.....	60
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	63
MODÜL DEĞERLENDİRME	64
CEVAP ANAHTARLARI.....	66
KAYNAKÇA	67

AÇIKLAMALAR

KOD	523EO0004
ALAN	Uçak Bakım
DAL/MESLEK	Uçak Gövde Motor Teknisyenliği/ Uçak Elektronik Teknisyenliği
MODÜLÜN ADI	Sayı Sistemleri ve Data Çeviriciler
MODÜLÜN TANIMI	Bu modül; sayı sistemleri, lojik kapılar, analog/dijital çeviriciler ve dijital/analog çeviriciler ile ilgili bilgilerin verildiği öğrenme metaryalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	Matematik dersini ve Elektrik Devre Analizi dersini başarmış olmak
YETERLİK	Tekniğine uygun olarak data işlemlerini yapabilmek
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Bu modül ile gerekli ortam sağlandığında tekniğine uygun olarak data işlemlerini yapabileceksiniz. Amaçlar 1. Dijital devreler için sayı sistem dönüşümlerini hatasız olarak yapabileceksiniz. 2. Lojik kapıların çalışmalarını tekniğine uygun olarak analiz edebileceksiniz. 3. Analog dijital çevirici devrelerini hatasız olarak yapabileceksiniz. 4. Dijital analog çevirici devrelerini hatasız olarak yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: Sınıf, dijital elektronik atölyesi, jar 145 onaylı bakım merkezleri Donanım: Dijital Elektronik elemanları
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Eski zamanlarda mantık olarak adlandırılan lojik, temelleri antik felsefeye dayanan çok eski bir bilim dalıdır. Çağdaş bilim ve teknoloji, bu geleneksel felsefede gelişerek bugünkü tartışılmaz konumuna ulaşmıştır. Günümüzde kullandığımız tüm elektronik cihazların temel yapı taşı mantık bilimidir.

Dünyamız her geçen gün biraz daha dijital olmaktadır. Bu dijital dünyayı anlamak onun temel taşları olan sayı sistemleri ve lojik kapıları kavramaktan geçer. İşte bu modülde sizlere verilen öğretim ve uygulama faaliyetleri bu dijital dünyayı anlamanızı sağlayacak temel işlemleri ve aygıtları açıklamaktadır.

Doğada bulunan ve ölçülebilen tüm değerler analog değerlerdir. Bu değerleri dijital dünyanın olanaklarını kullanarak incelemek ve kullanmak ancak bu değerlerin dijital ortama aktarılması, bu ortamda işlenip tekrar analog olarak sizlere sunulması ile mümkündür. İşte bu çevrimleri yapan çeviriciler de bu modülde yer alan bir diğer konudur.

Bu modül, iyi birer uçak teknisyeni olarak yetişmeniz için bilmeniz gereken dijital uygulamaları açıklamaktadır.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Dijital devreler için sayı sistem dönüşümlerini hatasız olarak yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Onluk (decimal), ikilik (binary), sekizlik (oktal), onaltılık (heksadecimal) sayı sistemlerini araştırınız. Bulduğunuz verileri sınıf ortamında arkadaşlarınızla değerlendiriniz.

1. SAYI SİSTEMLERİ

Sayılar değişik tabanlara dayanılarak farklı şekillerde gösterilebilir. Örneğin, günlük yaşamda kullandığımız sayı sistemi 10 tabanına dayanır; yaptığımız toplama, çıkarma, çarpma gibi işlemler 10 tabanına göre yapılmaktadır ve buna oldukça alışığız. Ancak 10 tabanı dışında da sayı sistemleri vardır ve birçok uygulamada bu sayı sistemleri işin doğasına daha uygundur. Örneğin sayısal uygulamalarda ve doğal olarak bilgisayar uygulamalarında ikili (2 tabanı), sekizli (8 tabanı) ve onaltılık (16 tabanı) sayı sistemleri kullanılması yaygındır. Üstelik ikili sayı sistemi, bilgisayar sistemleri ve lojik devre tasarımının temelini, başlangıç noktasını teşkil eder.

Çeşitli sayı sistemleri vardır. Rakamların yan yana konmasıyla oluşturulan bir sayının gerçek değeri, o sayı için temel alınan tabana bağlıdır. Yani bir sayının hangi tabanda yazılmış olduğu büyük önem taşımaktadır. Bu sayı 10 tabanında yazılmışsa farklı, 8 tabanında yazılmışsa farklı değere sahiptir. Genel olarak bir sayı, örneğin 37 sayısı, 37_{10} , 37_8 şeklinde yazılarak gösterilir; sayının sağ altına tabanı yazılır. Tabanı yazılmayan sayıların 10 tabanında olduğu kabul edilir.

1.1. Desimal (Onluk) Sayı Sistemi

1.1.1. Desimal (Onluk) Tam Sayılar

Desimal (onlu) sayı sistemi günlük hayatta kullandığımız 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 rakamlarından oluşur. Desimal (onlu) sayı sisteminde her sayı bulunduğu basamağa göre değer alır. Sistemin tabanı 10'dur.

Örnek: 128 sayısı:

$$128 = 1 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 8 \times 10^0$$

$$128 = 1 \times 100 + 2 \times 10 + 8 \times 1$$

$$128 = 100 + 20 + 8 \text{ şeklinde yazılacaktır.}$$

Örnekten görüldüğü gibi desimal (onlu) bir sayıda her basamak farklı üstel ifadelerle gösterilmiştir. Bu üstel ifade o basamağın ağırlığı olarak adlandırılır. O hâlde desimal (onlu) bir sayıyı analiz ederken basamaklardaki rakam ile basamak ağırlığını çarpmamız gerekiyor. Örnekte 3. basamaktaki 1 sayısı 100 ile, 2. basamaktaki 2 sayısı 10 ile ve 1. basamaktaki 8 sayısı 1 ile çarpılır. Her basamaktaki çarpım sonucu toplanarak analiz sonlandırılır.

Not: $10^0=1$ olduğunu unutmayınız.

	n. Basamak	.....	4. Basamak	3. Basamak	2. Basamak	1. Basamak
Üstel Değer	10^{n-1}	.....	10^3	10^2	10^1	10^0
Ağırlık	10^{n-1}	.....	1000	100	10	1

Örnek: Desimal (onlu) 2784 sayısının analizini yapalım:

$$2784 = 2 \times 10^3 + 7 \times 10^2 + 8 \times 10^1 + 4 \times 10^0$$

$$2784 = 2 \times 1000 + 7 \times 100 + 8 \times 10 + 4 \times 1$$

$$2784 = 2000 + 700 + 80 + 4$$

$$2784 = 2784 \text{ şeklinde tanımlayabiliriz.}$$

1.1.2. Ondalık Desimal (Onlu) Sayılar

Eğer verilen desimal (onlu) sayı ondalıklı ise bu durumda normal analiz işlemi devam eder. Yalnız ondalıklı ifadeyi 0'ı takip eden negatif sayılarla tanımlarız.

Örnek: 568,25 sayısının analizini yapınız.

Çözüm :

$$568,25 = 5 \times 10^2 + 6 \times 10^1 + 8 \times 10^0 + 2 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$$

$$568,25 = 5 \times 100 + 6 \times 10 + 8 \times 1 + 2 \times (1/10) + 5 \times (1/100)$$

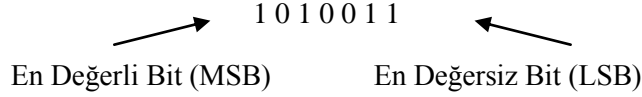
$$568,25 = 500 + 60 + 8 + 0,2 + 0,05$$

$$568,25 = 568,25 \text{ şeklinde tamamlanabilir.}$$

1.2. Binary (İkilik) Sayı Sistemi

İkili sayı sisteminde rakamlar 0 ve 1 şeklindedir. Bunlar ardı ardına konularak ikili sayı oluşturulur. Binary (ikilik) sayı sisteminin tabanı 2'dir. Binary sayı sisteminde de

Desimal (onlu) sayı sisteminde olduğu gibi her sayı bulunduğu basamağın konum ağırlığı ile çarpılır. Binary (ikilik) sayı sisteminde bulunan her '0' veya '1' rakamları BIT (BInary DiGiT) adı ile tanımlanır. Bir ikili sayının en soldaki biti en değerli (MSB), en sağdaki biti de en değersiz bit (LSB) olarak adlandırılır. Gerçekten de en soldaki bit en değerlidir. Çünkü bu bit üzerindeki bir değişiklik sayının değerini büyük oranda değiştirir; ancak en sağdaki bit üzerindeki bir değişiklik sayının değerini yalnız 1 azaltır veya artırır.



Desimal (onlu) sayıları sadece iki rakamdan oluşan binary (ikilik) sayılarla tanımlayabilmemiz sayısal sistemlerin iki voltaj seviyesini kullanarak farklı büyüklükleri tanımlanmasının anlaşılmasını sağlamaktadır.

1.2.1. Binary Sayı Sistemi Aritmetiği

1.2.1.1. Binary Sayılarda Toplama İşlemi

Binary (ikilik) sayı sistemindeki temel toplama kuralları:

0	+	0	0	Elde 0	Toplam 0	
0	+	1	1	Elde 0	Toplam 1	
1	+	0	1	Elde 0	Toplam 1	
1	+	1	10	Elde 1	Toplam 0	
1	+	1	+ 1	11	Elde 1	Toplam 1

Şeklinde belirtilebilir. Binary sayı sisteminde de iki sayı toplandığında eğer sonuç bir haneye sığmıyorsa bir elde (cary) oluşur.

Örnek: Aşağıdaki iki binary (ikilik) sayıyı toplayınız.

$$(011)_2 + (001)_2 = (?)_2$$

Çözüm: $(011)_2 + (001)_2$ toplama işlemine desimal (onluk) sayılarda olduğu gibi önce en düşük basamaktan başlarız.

		1	1						
		0	1	1					
		+	0	0	1				

		1	0	0					
		Toplam		Elde					
En sağdaki sütun	1 + 1 =	0		1	oluşan	elde	bir	üst	
basamakla toplanır.									
Ortadaki sütun	1 + 1 + 0 =	0		1	oluşan	elde	bir	üst	
basamakla toplanır.									

En soldaki sütun $1 + 0 + 0 = 1$ 0

NOT: Eğer en yüksek değerlikli basamakların toplamında bir elde oluşmuş olsaydı, bu elde toplamın en yüksek değerlikli biti olarak yazılacaktı.

1.2.1.2. Binary Sayılarda Çıkarma İşlemi

Binary (ikilik) sayı sistemindeki temel çıkarma kuralları;

0	-	0	0	Borç 0	Sonuç 0
1	-	1	0	Borç 0	Sonuç 0
1	-	0	1	Borç 0	Sonuç 1
0	-	1	1	Borç 1	Sonuç 1

şeklinde belirtilebilir. Binary sayı sisteminde de küçük değerlikli bir basamaktan büyük değerlikli bir basamak çıkarıldığında bir üstteki basamaktan bir borç (borrow) alınır ve çıkarma işlemi tamamlanır.

Örnek: Aşağıda verilen çıkarma işlemini yapınız.

$$(011)_2 - (001)_2 = (?)_2$$

Çözüm :

			0	1	1	
			-	0	0	1
			<hr/>			
			0	1	0	
		Sonuç			Borç	
En sağdaki sütun	$1 - 1 =$	0			0	şeklinde çıkarılır.
Ortadaki sütun	$1 - 0 =$	1			0	şeklinde çıkarılır.
En sağdaki sütun	$0 - 0 =$	0			0	şeklinde çıkarılır ve işlem tamamlanmış olur.

Örnek: Aşağıda verilen çıkarma işlemini yapınız.

$$(100)_2 - (011)_2 = (?)_2$$

Çözüm:

$$\begin{array}{r} \begin{array}{c} \nearrow 1+1 \searrow \\ \mathbf{1} \quad \mathbf{10} \\ \downarrow \\ 1 \quad 0 \quad 0 \end{array} \\ - \quad 0 \quad 1 \quad 1 \\ \hline 0 \quad 0 \quad 1 \end{array}$$

Bu işleme en sağdaki sütundan başlanır. En sağdaki basamakta “0-1” işlemi vardır. Bu işlemin yapılabilmesi için soldaki (ortadaki) basamaktan borç alınması gereklidir. Ortadaki basamakta ise 0 (sıfır) vardır. Bu nedenle bu basamaktan borç alınamaz, bir soldaki basamağa (en soldaki) bakılır. En soldaki basamakta 1 (bir) vardır. Bu basamaktaki 1 (bir)

bir sağdaki basamağa 10 (yani 2) olarak aktarılır. Buradaki 10'dan bir adet 1, yine sağa aktarılır ve ortadaki basamakta 1 kalır. En sağdaki basamakta ise 10 rakamı çıkarmaya dâhil edilir.

		Sonuç	Borç	
En sağdaki sütun	$10 - 0 - 1 =$	1	1	En soldaki basamaktan getirilen borç işleme sokulur.
Ortadaki sütun	$1 - 0 - 1 =$	0	1	şeklinde çıkarılır.
En sağdaki sütun	$0 - 0 =$	0	0	şeklinde çıkarılır ve işlem tamamlanmış olur.

1.2.1.3. Binary Sayılarda arpma İşlemi

Binary (ikilik) sayılarla çarpma işlemi desimal (onluk) sayı sisteminin aynısı olup temel çarpma kuralları aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned}
 0 \times 0 &= 0 \\
 0 \times 1 &= 0 \\
 1 \times 0 &= 0 \\
 1 \times 1 &= 1
 \end{aligned}$$

Örnek: Aşağıdaki iki binary (ikilik) sayının çarpımını hesaplayınız.

$$\begin{array}{r}
 (11)_2 \\
 - (11)_2 \\
 \hline
 \end{array}$$

özüm: Çarpma işlemi onlu sayılardaki gibi gerçekleşir.

$$\begin{array}{r}
 1 1 \\
 \times 1 1 \\
 \hline
 1 1 \\
 + 1 1 \\
 \hline
 1 0 1
 \end{array}$$

1.2.1.4. Binary Sayılarda Bölme İşlemi

Binary (ikilik) sayılarda kullanılan temel bölme kuralları aşağıdaki gibidir. Binary (ikilik) sayılardaki bölme işlemi desimal (onluk) sayı sisteminin aynısıdır.

$$\begin{aligned}
 0 \div 0 &= 0 \\
 0 \div 1 &= 0 \\
 1 \div 0 &= \text{Tanımsız} \\
 1 \div 1 &= 1
 \end{aligned}$$

Örnek: Aşağıdaki bölme işlemini gerçekleştiriniz.

Çözüm :

$$\begin{array}{r|l} 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ - & 1 & 0 & & 1 & 1 & 0 \\ \hline & 0 & 1 & 0 & & & \\ - & & 1 & 0 & & & \\ \hline & & 0 & 0 & 0 & & \end{array}$$

1.2.1.5. Tamamlayıcı (Komplementer) Aritmetiği

Sayı sistemlerinde direkt çıkarma yapılacağı gibi tamamlayıcı (komplementer) yöntemiyle de çıkarma yapılabilir Tamamlayıcı (komplementer) yöntemiyle çıkarma işlemi aslında bir toplama işlemidir. Bu işlemde bir üst basamaktan borç alınmaz. Her sayı sistemine ilişkin iki adet tümleyen (komplementer) bulunabilir. Bunlar; r sayı sisteminin tabanını göstermek üzere,

- r-1'e tümleyen (komplementer)
- r'ye tümleyen (komplementer)

olarak gösterilebilir. Taban yerine konduğunda bu iki tümleyen (komplementer) binary (ikilik) sayılarda 1. ve 2. tümleyen (komplementer), desimal (onlu) sayılarda 9. ve 10. tümleyen (komplementer) adını alır.

- r-1. tümleyen (komplementer)

n haneli bir tamsayı kısmı ve m haneli bir kesiri bulunan r tabanında bir N pozitif sayı için,

$$r-1. \text{ komplementeri} = r^n - r^{-m} - N \text{ olur.}$$

- r. tümleyen (komplementer)

n haneli bir tamsayı kısmı bulunan r tabanında bir N pozitif sayı için N' in

$$r. \text{ komplementeri} = r^n - N \text{ şeklinde bulunur.}$$

Not: Binary sayılarda kolay bir yöntem olarak 2'ye tümleyen 1'e tümleyene "1" eklenerek elde edilebilir. 2'ye tümleyen = 1'e tümleyen +1

- **Bire-Tümleyenle Çıkarma İşlemi**

Bir binary (ikilik) sayının 1. komplementeri basitçe her bir bitin tersinin alınması ile bulunur. İki binary (ikilik) sayıyı 1.tümleyen (komplementer) yardımı ile çıkarmak için;

- Çıkan sayının 1. tümleyen (komplementer)i bulunur. 1. tümleyen (komplementer) bulunurken çıkan sayı ile çıkarılan sayının basamak sayısının eşit olması gerekir.

- Çıkarılan sayı ile çıkan sayının 1. tümleyen (komplementer)i toplanır.
- En büyük değerlikli basamakta elde 1 oluşursa bu işlem sonucunun pozitif olduğu anlamına gelir.
- Doğru sonuca ulaşmak için elde 1 buradan alınarak en küçük değerlikli basamakla toplanır.
- Eğer elde 1 oluşmamışsa sonuç negatiftir doğru cevabı bulmak için sonuç terslenerek yazılır.

Örnek: Aşağıdaki iki binary (ikilik) sayıyı 1. tümleyen (komplementer) yardımı ile çıkarınız.

Çözüm

$$\begin{array}{r} 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \\ - \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \\ \hline \end{array} \longrightarrow \text{Çıkan sayının 1. tümleyeni } (10100)_2 \longrightarrow (01011)_2$$

$$\begin{array}{r} 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \\ + \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \\ \hline 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \\ + \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \\ \hline 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \end{array} \longrightarrow \begin{array}{l} \text{1. tümleyen çıkarılan sayı ile toplanır.} \\ \text{Elde olduğu için sonuç pozitiftir. Gerçek} \\ \text{sonuç eldenin en sağdaki basamağa} \\ \text{eklenmesiyle bulunur.} \end{array}$$

Örnek: Aşağıdaki iki binary (ikilik) sayıyı 1. tümleyen (komplementer) yardımı ile çıkarınız.

Çözüm:

$$\begin{array}{r} 1 \ 0 \ 0 \ 1 \\ - \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \\ \hline \end{array} \longrightarrow \text{Çıkan sayının 1. tümleyeni } (1110)_2 \longrightarrow (0001)_2$$

$$\begin{array}{r} 1 \ 0 \ 0 \ 1 \\ + \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \\ \hline 1 \ 0 \ 1 \ 0 \\ - \ (1 \ 0 \ 1)_2 \end{array} \longrightarrow \begin{array}{l} \text{1. tümleyen çıkarılan sayı ile toplanır.} \\ \text{Elde olmadığı için sonuç negatiftir. Gerçek sonuç} \\ \text{için sonuç terslenir. Sonuç negatif bir sayıdır.} \end{array}$$

➤ **Tümleyenle Çıkarma İşlemi**

Binary sayının 2. tümleyen (komplementer)i o sayının 1. tümleyenine (komplementer) 1 eklenerek bulunur.

2. tümleyen (komplementer)= 1. tümleyen (komplementer)+1

İki binary sayıyı 2. tümleyen (komplementer) yardımı ile birbirinden çıkarmak için;

- Çıkan sayının 2. tümleyen (komplementer)i bulunur. Çıkan sayı ile çıkarılan sayının basamak sayıları eşit olmalıdır.
- Çıkarılan sayı ile çıkan sayının 2. tümleyen (komplementer)i toplanır.
- Eğer toplama işlemi sonucunda en yüksek değerlikli basamakta bir elde oluşmuşsa çıkan sonuç pozitifdir, elde atılarak gerçek sonuca ulaşılır.
- Toplam sonucunda bir elde oluşmamışsa sonuç negatifdir. Çıkan sonucun tersi alındıktan sonra 1 eklenerek gerçek sonuca ulaşılır.

Örnek: Aşağıdaki iki binary (ikilik) sayıyı 2. tümleyen (komplementer) yardımı ile çıkarınız.

Çözüm:

$$\begin{array}{r} 1\ 1\ 0\ 0\ 1 \\ -\ 1\ 0\ 1\ 1\ 1 \\ \hline \end{array} \longrightarrow \text{Çıkan sayının 2. tümleyeni}$$

$10111 \longrightarrow 01000+1 \longrightarrow 01001$

$$\begin{array}{r} 1\ 1\ 1\ 0\ 1 \\ +\ 0\ 1\ 0\ 0\ 1 \\ \hline 1\ 0\ 0\ 1\ 1\ 0 \\ \hline \end{array} \longrightarrow \text{2. tümleyen çıkarılan sayı ile toplanır.}$$

$$\begin{array}{r} 1\ 0\ 0\ 1\ 1\ 0 \\ \hline 0\ 0\ 1\ 1\ 0 \\ \hline \end{array} \longrightarrow \text{Elde olduğu için sonuç pozitifdir. Gerçek sonuç eldenin atılmasıyla bulunur.}$$

1.3. Oktal (Sekizlik) Sayı Sistemi

Sayısal sistemler her ne kadar ikilik sayı sistemini kullansalar da bir tasarımcı için Binary (ikilik) sayılarla işlem yapmak zahmetli bir işlemdir. Bu nedenle farklı sayı sistemlerinin kullanımı tasarımcılar arasında yaygınlaşmıştır. Kullanılan bu sayı sistemlerinden oktal (sekizli) sayı sisteminin tabanı sekiz olup 0,1,2,3,4,5,6,7 rakamları bu sayı sisteminde kullanılır.

1.4. Heksadesimal (Onaltılık) Sayı Sistemi

Heksadesimal (onaltılık) sayı sisteminin tabanı 16 olup 0-9'a kadar rakamlar ve A-F'ye kadar harfler bu sayı sisteminde tanımlıdır. Bu sayı sisteminde rakamlar bu sembollerin yan yana yazılmasından elde edilir. Hanelerin basamak ağırlıkları sağdan sola doğru 16'nın artan kuvvetleri şeklinde belirtilir.

1.5. Sayı Sistemlerinin Birbirine Çevrilmesi

1.5.1. Binary -Desimal Sayılar Arası Çevrimler

1.5.1.1. Binary Sayıların Yazılışı ve Desimal Sayılara Çevrilmesi

Binary (ikili) sayıları desimal (onlu) sayılara dönüştürürken her bir bit basamak ağırlığı ile çarpılıp bu sonuçların toplanması gerekir.

	n. Basamak	.....	4.Basamak	3.Basamak	2.Basamak	1.Basamak
Üstel Değer	2^{n-1}	.....	2^3	2^2	2^1	2^0
Ağırlık	2^{n-1}	.....	8	4	2	1

Birkaç örnekle hem binary sayıların yazımını ve desimal (onlu) sayılara dönüşümünü inceleyelim.

Örnek: $(1010)_2 = (?)_{10}$ dönüşümünü gerçekleştiriniz.

Çözüm:

$$(1010)_2 = 1x2^3 + 0x2^2 + 1x2^1 + 0x2^0$$

$$(1010)_2 = 1x8 + 0x4 + 1x2 + 0x1$$

$$(1010)_2 = 8 + 0 + 2 + 0$$

$$(1010)_2 = 10$$

Örnek: $(11001)_2 = (?)_{10}$ dönüşümünü gerçekleştiriniz.

Çözüm:

$$(11001)_2 = 1x2^4 + 1x2^3 + 0x2^2 + 0x2^1 + 1x2^0$$

$$(11001)_2 = 16 + 8 + 0 + 0 + 1$$

$$(11001)_2 = 25$$

Not: Binary (ikilik) sayıların desimal (onlu) karşılıkları bulunurken her basamak kendi basamak ağırlığı ile çarpılır. Çarpım sonuçları toplanarak dönüşüm tamamlanır.

1.5.1.2. Ondalıklı Binary Sayıların Desimal Sayılara Dönüştürülmesi

Ondalıklı binary (ikilik) sayıları desimal (onlu) sayılara dönüştürmek için izlenilecek yol çarpım iki metodudur. Ondalıklı kısma kadar olan kısmı normal analiz yöntemini kullanarak dönüştürürken ondalıklı kısmın basamak ağırlığı 0'ı takip eden negatif sayılar olarak belirlenir.

Örnek: $(111,101)_2 = (?)_{10}$ dönüşümünü gerçekleştiriniz.

Çözüm:

$$(111,101)_2 = 1x2^2 + 1x2^1 + 1x2^0 + 1x2^{-1} + 0x2^{-2} + 1x2^{-3}$$

$$(111,101)_2 = 1x4 + 1x2 + 1x1 + 1x1/2 + 0x1/4 + 1x1/8$$

$$(111,101)_2 = 4 + 2 + 1 + 0,5 + 0 + 0,125$$

$$(111,101)_2 = (7,625)_{10}$$

1.5.1.3. Desimal Sayıların Binary Sayılara Çevrilmesi

Desimal (onlu) sayıları binary (ikilik) sayılara çevirirken "Bölme-2" metodu kullanılır. Çıkan sonuç tersinden yazılır.

Örnek: $(53)_{10} = (?)_2$ dönüşümünü gerçekleştiriniz.

Sayı	Bölen	=	Bölüm	Kalan	
53	÷ 2	=	26	1	LSB
26	÷ 2	=	13	0	
13	÷ 2	=	6	1	
6	÷ 2	=	3	0	
3	÷ 2	=	1	1	
1	÷ 2	=	0	1	MSB

$(53)_{10} = (110101)_2$
sonucu elde edilir.

Örnek: $(218)_{10} = (?)_2$ dönüşümünü gerçekleştiriniz.

Sayı	Bölen	=	Bölüm	Kalan	
218	÷ 2	=	109	0	LSB
109	÷ 2	=	54	1	
54	÷ 2	=	27	0	
27	÷ 2	=	13	1	
13	÷ 2	=	6	1	
6	÷ 2	=	3	0	
3	÷ 2	=	1	1	
1	÷ 2	=	0	1	MSB

$(218)_{10} = (11011010)_2$
sonucu elde edilir.

Aşağıda Tablo 1.1'de 0'dan 15'e kadar olan desimal (onlu) sayıların binary (ikilik) karşılıkları verilmiştir.

decimal	binary
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
10	1010
11	1011
12	1100
13	1101
14	1110
15	1111

Tablo 1.1: 0 ile 15 arasındaki onlu (desimal) sayıların ikili (binary) karşılığı

İkili sayı sistemi, sayısal sistemlerin bilgiyi tanımlayabilmesi için yeterli olmasına rağmen fazla sayıda basamak kullanılması, bu sayı sistemi ile ilgili işlemlerin çok uzun sürmesi hata olasılığını beraberinde getirmektedir.

1.5.1.4. Ondalıklı Desimal Sayıların Binary Sayılara Dönüştürülmesi

Ondalıklı desimal (onlu) sayıların binary (ikilik) karşılıkları bulunurken ondalıklı kısma kadar olan bölüm için normal çevrim yöntemi uygulanır. Ondalıklı kısım, kesirli kısmın sifıra veya sifıra yakın bir değere ulaşınca kadar 2 ile çarpılır.

Örnek: $(7,8125)_{10} = (?)_2$ Ondalıklı desimal (onluk) sayısının binary (ikilik) karşılığını yazınız.

Çözüm: İlk önce tam kısımları daha sonra ondalıklı kısımları çevirelim.

Sayı	Bölen	Bölüm	Kalan		
7	÷	2	=	3	1
3	÷	2	=	1	1
1	÷	2	=	0	1

↑ $(7)_{10} = (111)_2$

MSB

Şimdi de ondalıklı kısmı çevirelim.

Sayı	Çarpan	Çarpım	Tam Kısım		
0,8125	x	2	=	1,625	1
0,625	x	2	=	1,25	1
0,25	x	2	=	0,5	0
0,5	x	2	=	1	1

↓ $(0,8125)_{10} = (0,1101)_2$

MSB

LSB

$(7,8125)_{10} = (111,1101)_2$ sonucunu buluruz.

1.5.2. Oktal -Desimal Sayılar Arası Çevrimler

1.5.2.1. Oktal Sayıların Yazılışı ve Desimal Sayılara Çevrilmesi

Oktal (sekizli) sayıları desimal (onlu) sayılara çevirmek için her sayı bulunduğu basamağın konum ağırlığı ile çarpılır. Bu çarpım sonuçları toplanarak sonuç elde edilir.

	n. Basamak	.....	4.Basamak	3.Basamak	2.Basamak	1.Basamak
Üstel Değer	8^{n-1}	.....	8^3	8^2	8^1	8^0
Ağırlık	8^{n-1}	.....	512	64	8	1

Örnek: $(67)_8 = (?)_{10}$ dönüşümünü gerçekleştiriniz.

Çözüm:

$$(67)_8 = 6 \times 8^1 + 7 \times 8^0$$

$$(67)_8 = 6 \times 8 + 7 \times 1$$

$$(67)_8 = 48 + 7$$

$$(67)_8 = (55)_{10}$$

1.5.2.2. Ondalık Oktal Sayıların Desimal Sayılara Çevrilmesi

Ondalık oktal (sekizli) sayıları desimal (onluk) sayılara dönüştürmek için izlenilecek yol, çarpım 8 metodudur. Ondalık kısma kadar olan kısmı normal analiz yöntemini kullanarak dönüştürürken ondalıklı kısmın basamak ağırlığı 0'ı takip eden negatif sayılar olarak belirlenir.

Örnek: $(146,73)_8 = (?)_{10}$ dönüşümünü gerçekleştiriniz.

Çözüm:

$$(146,73)_8 = 1 \times 8^2 + 4 \times 8^1 + 6 \times 8^0 + 7 \times 8^{-1} + 3 \times 8^{-2}$$

$$(146,73)_8 = 1 \times 64 + 4 \times 8 + 6 \times 1 + 7/8 + 3/64$$

$$(146,73)_8 = 1 \times 64 + 4 \times 8 + 6 \times 1 + 7 \times 0,125 + 3 \times 0,0156$$

$$(146,73)_8 = 64 + 32 + 6 + 0,875 + 0,0468$$

$$(146,73)_8 = (102,9218)_{10}$$

1.5.2.3. Desimal Sayıların Oktal Sayılara Çevrilmesi

Desimal (onluk) sistemden oktal (sekizli) sisteme dönüşüm bölme-8 metodu ile yapılır. Çıkan sonuç tersinden yazılır.

Örnek: $(481)_{10} = (?)_8$ dönüşümünü gerçekleştiriniz.

Çözüm:

Sayı	Bölen	Bölüm	Kalan	
481	÷ 8	= 60	1	LSB
60	÷ 8	= 7	4	
7	÷ 8	= 0	7	MSB

↑
 $(481)_{10} = (741)_8$
sonucu elde edilir.

1.5.2.4. Ondalık Desimal Sayıların Oktal Sayılara Çevrilmesi

Ondalık desimal (onlu) sayıları oktal (sekizli) sayılara dönüştürürken ondalıklı kısma kadar olan bölüm için normal çevrim yöntemi uygulanır. Ondalık kısım ise 8 ile çarpılır. Bu işlem kesirli kısım sıfıra veya yakın bir değere ulaşmaya kadar devam eder.

Örnek: $(174,965)_{10} = (?)_8$ dönüşümünü gerçekleştiriniz.

Çözüm: İlk önce tam kısımları daha sonra ondalıklı kısımları çevirelim.

Sayı	Bölen	Bölüm	Kalan	
174	÷ 8	= 21	6	LSB
21	÷ 8	= 2	5	
2	÷ 8	= 0	2	MSB

$(174)_{10} = (256)_8$

Ondalıklı kısım çevrilirken sayı 8 ile çarpılır, çıkan sonuçta tam kısım yeni sayıyı oluşturmak üzere çıkarılır ve kalan ondalıklı kısım tekrar 8 ile çarpılır. Bu durum ondalıklı kısım 0'a yaklaşınca kadar veya tam kısım tekrarlayınca kadar devam eder ve sonuç yaklaşık olarak bulunur.

Sayı	Çarpan	Çarpım	Tam Kısım	
0,965	x 8	= 7,72	7	MSB
0,72	x 8	= 5,76	5	
0,76	x 8	= 6,08	6	
0,08	x 8	= 0,64	0	
0,64	x 8	= 5,12	5	
0,12	x 8	= 0,96	0	
0,96	x 8	= 7,68	7	
0,68	x 8	= 5,44	5	LSB

$(0,965)_{10} = (0,75605075)_2$

1.5.3. Binary -Oktal Sayılar Arası Çevrimler

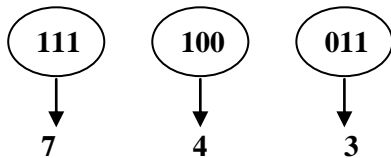
1.5.3.1. Binary Sayıların Oktal Sayılara Çevrilmesi

Binary (ikilik) sayıları, oktal (sekizli) sayılara dönüştürürken binary sayı, sağdan başlayarak sola doğru üçerli gruplara ayrılır. Her grubun oktal karşılığı bulunarak çevirme işlemi tamamlanmış olur.

Örnek: $(111100011)_2 = (?)_8$ dönüşümünü gerçekleştiriniz.

Çözüm:

İlk önce binary sayı sağdan sola doğru üçerli gruplara ayrılır.



Bu üçerli grupların oktal karşılıkları yazılarak işlem tamamlanır.

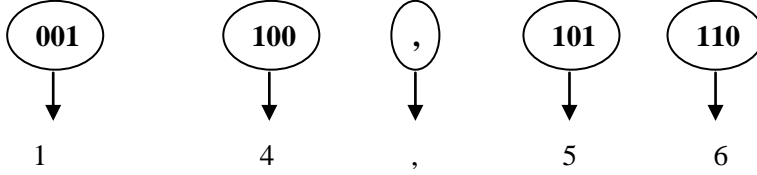
$$(111100011)_2 = (743)_8$$

Not: Üçerli gruplandırmayı sağlamak için en sola gerektiği kadar "0" ilave edilir.

Örnek: $(01100,10111)_2=(?)_8$ dönüşümünü gerçekleştiriniz.

Çözüm:

Örneğimizde olduğu gibi tam ve kesirli kısmı olan bir binary sayı hâlinde tam kısım için virgülden başlayarak sola doğru, kesirli kısım içinse virgülden başlayarak sağa doğru üçerli gruplar hazırlanır.



Burada en soldaki grupta normalde iki rakam vardır. Üçlü grup yapabilmek için en sola sıfır eklenir. Aynı şekilde kesirli kısımda da en sağa sıfır eklenerek üçlü grup yapılır.

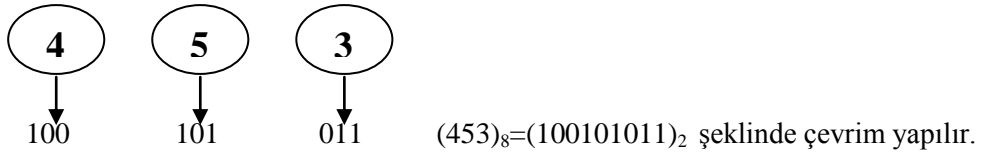
$$(01100,10111)_2=(14,56)_8$$

1.5.3.2. Oktal Sayıların Binary Sayılara Çevrilmesi

Oktal (sekizli) sayıları binary (ikilik) sayılara, her oktal (sekizli) sayının üç bitlik binary (ikilik) karşılığı yazılarak çevrilir.

Örnek: $(453)_8=(?)_2$ dönüşümünü gerçekleştiriniz.

Her oktal sayıyı üç bitlik binary karşılıkları ile ifade edelim.



1.5.4. Heksadesimal -Desimal Sayılar Arası Çevrimler

1.5.4.1. Heksadesimal Sayıların Yazılışı ve Desimal Sayılara Çevrilmesi

Heksadesimal (onaltılık) sayıları desimal (onlu) sayılara çevirmek için her sayı bulunduğu basamağın konum ağırlığı ile çarpılır. Bu çarpım sonuçları toplanarak sonuç elde edilir.

	n. Basamak	.....	4.Basamak	3.Basamak	2.Basamak	1.Basamak
Üstel Değer	16^{n-1}	.....	16^3	16^2	16^1	16^0
Ağırlık	16^{n-1}	.....	4096	256	16	1

Örnek: $(94)_{16} = (?)_{10}$ dönüşümünü gerçekleştiriniz.

$$(94)_{16} = 9 \times 16^1 + 4 \times 16^0$$

$$(94)_{16} = 144 + 64$$

$$(94)_{16} = (208)_{10}$$

Örnek: $(FB8)_{16} = (?)_{10}$ dönüşümünü gerçekleştiriniz.

$$(FB8)_{16} = F \times 16^2 + B \times 16^1 + 8 \times 16^0$$

F=15 ve B=11 için;

$$(FB8)_{16} = 15 \times 256 + 11 \times 16 + 8 \times 1$$

$$(FB8)_{16} = 3840 + 176 + 8$$

$$(FB8)_{16} = (4024)_{10}$$

1.5.4.2. Ondalıklı Heksadesimal Sayıların Desimal Sayılara Çevrilmesi

Ondalıklı heksadesimal (onaltılık) sayıları desimal (onluk) sayılara, ondalıklı kısma kadar olan bölüm normal analiz yöntemi kullanılarak dönüştürülürken ondalıklı kısmın basamak ağırlığı 16'nın negatif üsleri olarak belirlenir.

Örnek: $(F,7)_{16} = (?)_{10}$ dönüşümünü gerçekleştiriniz.

Çözüm:

$$(F,7)_{16} = F \times 16^0 + 7 \times 16^{-1}$$

$$(F,7)_{16} = 15 \times 1 + 7 \times 0,0625$$

$$(F,7)_{16} = 15 + 0,4375$$

$$(F,7)_{16} = (15,4375)_{10}$$

1.5.4.3. Desimal Sayıların Heksadesimal Sayılara Çevrilmesi

Desimal (onlu) sistemden heksadesimal (onaltılık) sisteme dönüşüm bölme metodu ile yapılır. Çıkan sonuç tersinden yazılır.

Örnek: $(6389)_{10} = (?)_{16}$ dönüşümünü gerçekleştiriniz.

Sayı	Bölen	Bölüm	Kalan	
6389	÷ 16	= 399	5	LSB
399	÷ 16	= 24	15 (F)	
24	÷ 16	= 1	8	
1	÷ 16	= 0	1	MSB

↑
(6389)₁₀ = (18F5)₁₆
sonucu elde edilir.

1.5.4.4. Ondalıklı Desimal Sayıların Heksadesimal Sayılara Çevrilmesi

Ondalıklı desimal (onlu) sayıları heksadesimal (onaltılık) sayılara dönüştürürken ondalıklı kısma kadar olan bölüm için normal çevrim yöntemi uygulanır. Ondalıklı kısım ise 16 ile çarpılır. Bu işlem kesirli kısım sıfıra veya sıfıra en yakın değere ulaşıncaya kadar devam eder.

Örnek: $(78,03125)_{10} = (?)_{16}$ dönüşümünü gerçekleştiriniz.

İlk önce tam kısımları çevirelim.

Sayı	Bölen	Bölüm	Kalan		
78	÷ 16	= 4	14 (E)	LSB	↑ $(78)_{10} = (4E)_{16}$
4	÷ 16	= 0	4	MSB	

Şimdi de ondalıklı kısımları çevirelim.

Sayı	Çarpan	Çarpım	Tam Kısım		
0,03125	x 16	= 0,5	0	MSB	↓ $(0,03125)_{10} = (0,08)_{16}$
0,5	x 16	= 8,0	8	LSB	

$(78,03125)_{10} = (4E,08)_{16}$ sonucu bulunur.

1.5.5. Binary -Heksadesimal Sayılar Arası Çevrimler

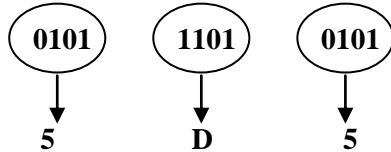
1.5.5.1. Binary Sayıların Heksadesimal Sayılara Çevrilmesi

Binary (ikilik) sayıları heksadesimal (onaltılık) sayılara dönüştürürken binary sayı sağdan başlayarak sola doğru dörderli gruplara ayrılır. Her grubun heksadesimal karşılığı bulunarak çevirme işlemi tamamlanmış olur.

Örnek: $(10111010101)_2 = (?)_{16}$ dönüşümünü gerçekleştiriniz.

Çözüm:

İlk önce binary sayı sağdan sola doğru dörderli gruplara ayrılır:



$(10111010101)_2 = (5D5)_{16}$ şeklinde bulunur.

Not: Dörderli gruplandırmayı sağlamak için **en sola** gerektiği kadar "0" ilave edilir.

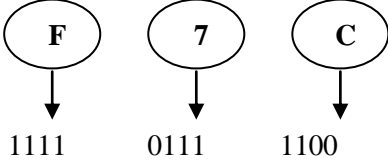
1.5.5.2. Heksadesimal Sayıların Binary Sayılara Çevrilmesi

Heksadesimal (onaltılı) sayıları binary (ikilik) sayılara; her heksadesimal (onaltılı) sayının dört bitlik binary (ikilik) karşılığı yazılması ile çevrim gerçekleştirilir.

Örnek: $(F7C)_{16} = (?)_2$ dönüşümünü gerçekleştiriniz.

Çözüm:

Her heksadesimal sayıyı dört bitlik binary karşılıkları ile ifade edelim.



$(F7C)_{16} = (111101111100)_2$ şeklinde bulunur.

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki uygulamaları yapınız.

İşlem Basamakları		Öneriler										
<p>➤ Aşağıdaki tabloda verilen desimal sayıların binary sayı karşılıklarını bularak tabloyu tamamlayınız.</p> <table border="1"><thead><tr><th>Desimal</th><th>Binary</th></tr></thead><tbody><tr><td>9</td><td></td></tr><tr><td>21</td><td></td></tr><tr><td>172</td><td></td></tr><tr><td>2545</td><td></td></tr></tbody></table>		Desimal	Binary	9		21		172		2545		<p>➤ Desimal ve binary sayı sistemleri konusunda öğrendiklerinizi kullanınız.</p> <p>➤ Tereddüt yaşadığınız konularda öğrenme faaliyetinin ilgili kısımlarına dönerek bilginizi güncelleyiniz.</p>
Desimal	Binary											
9												
21												
172												
2545												
<p>➤ Aşağıdaki tabloda verilen binary sayıların desimal sayı karşılıklarını bularak tabloyu tamamlayınız.</p> <table border="1"><thead><tr><th>Binary</th><th>Desimal</th></tr></thead><tbody><tr><td>1100111</td><td></td></tr><tr><td>01100,11</td><td></td></tr><tr><td>101011</td><td></td></tr><tr><td>01 001,01</td><td></td></tr></tbody></table>		Binary	Desimal	1100111		01100,11		101011		01 001,01		
Binary	Desimal											
1100111												
01100,11												
101011												
01 001,01												

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Desimal sayıları öğrendiniz mi?		
2. Binary sayıları öğrendiniz mi?		
3. Desimal sayıyı, binary sayıya çevirdiniz mi?		
4. Binary sayıyı, desimal sayıya çevirdiniz mi?		
5. Çevrimlerde kullanılan yöntemleri kalıcı olarak kavradınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. $(0,375)_{10}$ sayısının ikili sayı sisteminde karşılığı nedir?
A) 0,11
B) 0,011
C) 0,111
D) 1,001
2. $(101,01)_2$ şeklindeki ikili sayının onlu sayı karşılığı nedir?
A) 525
B) 0,525
C) 52,5
D) 5,25
3. $(707,1)_8$ sayısının ikili sayı sisteminde karşılığı nedir?
A) 1100110011,0011
B) 1111001111,001
C) 111000111,001
D) 111001111,001
4. $(1010,1)_2$ sayısını sekizli sayı sisteminde karşılığı nedir?
A) 26,5
B) 1,24
C) 12,4
D) 125
5. $(AF,8)_{16}$ sayısının onluk sayı sistemindeki karşılığı aşağıdakilerden hangisidir?
A) 175,5
B) 246
C) 17,55
D) 1,755
6. $(124,8)_{10}$ sayısının onaltılı sayı sistemindeki karşılığı aşağıdakilerden hangisidir?
A) 7CC,C
B) 7C,CC
C) 77,C
D) 7C,7C
7. $(1100110,11)_2$ sayısının onaltılı sayı sistemindeki karşılığı aşağıdakilerden hangisidir?
A) 6CC,C6
B) 6CC,6
C) 6C,6C
D) 66,C

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Lojik kapıların çalışmalarını tekniğine uygun olarak analiz edebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Sayıcı devrelerini, dijital saatleri ve hesap makinelerini inceleyiniz. Çalışma prensipleri hakkında bilgi edininiz. Edindiğiniz bilgileri sınıf ortamında arkadaşlarımızla değerlendiriniz.

2. LOJİK KAPILAR

Lojik devrelerin temel yapı taşı “kapı” adı verilen elemanlardır. Kapı devreleri ikili sayı sistemine göre işlem yapar. Lojik kapılarda iki gerilim düzeyi bulunur. Bu düzeylerden biri yüksek (high) düzey, diğer ise düşük (low) düzeydir. İkili sayı sisteminde yüksek düzey 1, düşük düzey ise 0 rakamlarıyla ifade edilir. Devre pratiğe aktarılırken 1 düzeyi +5 volt ile 0 düzeyi ise 0 voltla temsil edilir. +5 V'luk düzey “lojik 1”, 0 V'luk düzey ise “lojik 0” olarak adlandırılır.

2.1. Lojik Kapı Çeşitleri, Sembolleri ve Doğruluk Tabloları

Lojik kapıların girişleri ile çıkışları arasındaki ilişkiyi gösteren tabloya “Doğruluk Tablosu” denir. Doğruluk tablosuna bakılarak kapının fonksiyonu kolayca anlaşılır. Doğruluk tabloları ayrıca birden fazla kapıdan oluşan lojik devrelerin girişleriyle çıkışları arasındaki ilişkiyi de gösterir.

Lojik kapıların en az iki girişi vardır. Yalnız DEĞİL (NOT) kapısı tek girişli ve tek çıkışlıdır. Giriş uçları alfabenin ilk harfleriyle gösterilir. Örneğin iki girişli bir lojik kapının giriş uçları A ve B olarak adlandırılır. Üç girişli kapılarda ise girişler A,B ve C olarak adlandırılır. Kapıların çıkış ucu ise genellikle Q harfiyle gösterilir. Bazı kataloglarda çıkış uçları F ya da Y harfiyle de gösterilmektedir. Bu modülde kapıların çıkış ucu Q harfiyle gösterilecektir.

2.1.1. VE Kapısı (AND Gate)

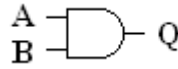
VE işlemi, Boole çarpımı, kesişim, lojik VE ya da AND işlemi olarak da isimlendirilir. Birbirine VE işlemi ile bağlı iki önermeden oluşan bir birleşik önermenin doğru olması, her iki önermenin de doğru olmasına bağlıdır. Burada adı geçen önermeler

A,B,C,D, ... gibi harflerle ifade edilir ve sadece “0” veya “1” değerlerinden birini alabilir. VE işlemi “.”(nokta) işareti ile gösterilir. VE Kapısının çıkış ifadesi ise $Q=A.B$ şeklinde gösterilir ve “Q eşit A ve B” şeklinde okunur. Bazı VE kapısı ifadelerinde aradaki nokta simgesi bulunmayabilir. Eğer iki harf arasında herhangi bir işaret yoksa bu “.” nokta varmış gibi kabul edilir ve bu işlem VE işlemi olarak değerlendirilir.

Aşağıda VE kapısının sembolü, doğruluk tablosu ve Boolean (Bulın) ifadesi verilmiştir.

GİRİŞLER		ÇIKIŞ
A	B	Q
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

a) Doğruluk tablosu



b) Sembolü

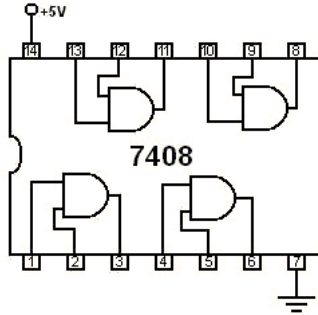
$$Q=A.B$$

c) Boolean ifadesi

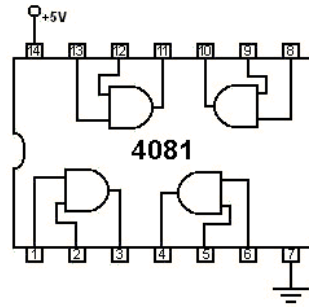
Şekil 2.1: VE kapısının a) Doğruluk tablosu, b) Sembolü, c) Boolean ifadesi

VE kapısının iki girişi de lojik 1 olunca çıkış 1, girişlerden herhangi birisi 0 ise çıkış 0 olur. VE kapısı ikiden fazla girişe sahip olabilir. Bu durumda da yine tüm girişler 1 olunca çıkış 1, herhangi bir giriş 0 olunca çıkış 0 olur.

TTL grubundan 7408 ve CMOS grubundan 4081 entegreleri iki girişli VE kapılarını içermektedir. Her iki entegrede de 4 adet VE kapısı vardır. Aşağıdaki şekilde bu iki entegrenin de bacak bağlantıları görülmektedir.



a) TTL 7408



b) CMOS 4081

Şekil 2.2: Entegre bacak bağlantıları a) TTL 7408, b) CMOS 4081

2.1.2. VEYA Kapısı (OR Gate)

VEYA işlemi, Boole toplamı, birleşim, lojik VEYA ya da OR işlemi olarak da isimlendirilir. Birbirine VEYA işlemi ile bağlı iki önermeden oluşan bir birleşik önermenin

doğru olması, önermelerden herhangi birisinin doğru olmasına bağlıdır. VEYA işlemi “+”(artı) işareti ile gösterilir. VEYA kapısının çıkış ifadesi ise $Q=A+B$ şeklinde gösterilir ve “Q eşit A veya B” şeklinde okunur.

VEYA Kapısının girişlerinden herhangi biri lojik 1 olunca çıkış 1, girişlerin tümü 0 ise çıkış 0 olur. VEYA kapısı ikiden fazla girişe sahip olabilir.

Aşağıda VEYA kapısının sembolü, doğruluk tablosu ve Boolean (Bulın) ifadesi verilmiştir.

GİRİŞLER		ÇIKIŞ
A	B	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

a) Doğruluk tablosu



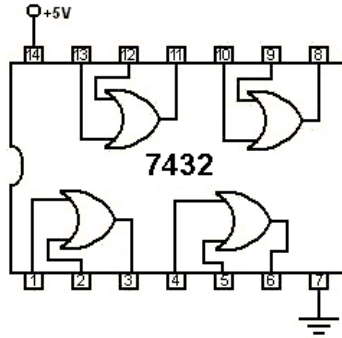
b) Sembölü

$$Q=A+B$$

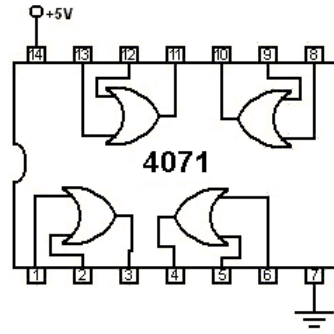
c) Boolean ifadesi

Şekil 2.3: VEYA kapısının a) Doğruluk tablosu, b) Sembölü, c) Boolean ifadesi

TTL grubundan 7432 ve CMOS grubundan 4071 entegreleri iki girişli VEYA kapılarını içermektedir. Her iki entegrede de 4 adet VEYA kapısı vardır. Aşağıdaki şekilde bu iki entegrenin de bacak bağlantıları görülmektedir.



a) TTL 7432



b) CMOS 4071

Şekil 2.4: Entegre bacak bağlantıları a) TTL 7432, b) CMOS 4071

2.1.3. DEĞİL Kapısı (NOT Gate)

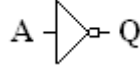
DEĞİL işlemi, Boole komplementi, tümlenme, lojik tersleme, invertör, inverting buffer ya da NOT işlemi olarak da isimlendirilir. Aslında kapı sınıfına girmez, VEDEĞİL ya da VEYADEĞİL işlemini gerçekleştirmek için kullanılır. DEĞİL işlemi uygulanan önerme başlangıçta doğru ise yanlış, yanlış ise doğru olacaktır. DEĞİL işlemi ' (tek tırnak) veya $\bar{\quad}$ (üst çizgi) işareti ile gösterilir. DEĞİL kapısının çıkış ifadesi ise $Q=A'$ şeklinde gösterilir ve “Q eşit A veya B” şeklinde okunur.

DEĞİL kapısının girişi lojik 1 ise çıkışı lojik 0, lojik 0 ise çıkışı lojik 1 olur. DEĞİL kapısının tek girişi ve tek çıkışı vardır.

Aşağıda DEĞİL kapısının sembolü, doğruluk tablosu ve Boolean (Bulın) ifadesi verilmiştir.

GİRİŞ	ÇIKIŞ
A	Q
0	1
1	0

a) Doğruluk tablosu



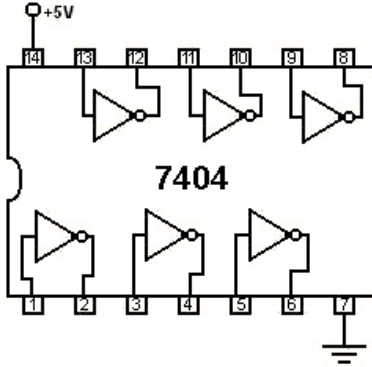
b) Sembolü

$$Q=A'$$

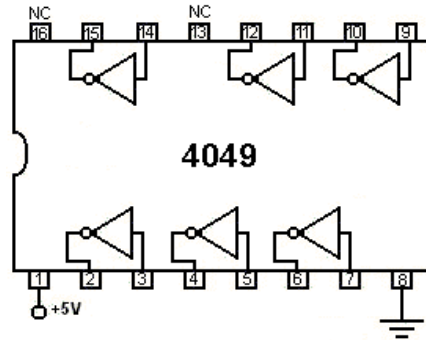
c) Boolean ifadesi

Şekil 2.5: DEĞİL kapısının a) Doğruluk tablosu, b) Sembolü, c) Boolean ifadesi

TTL grubundan 7432 ve CMOS grubundan 4071 entegreleri DEĞİL kapılarını içermektedir. Her iki entegrede de 6 adet DEĞİL kapısı vardır. Aşağıdaki şekilde bu iki entegrenin de bacak bağlantıları görülmektedir.



a) TTL 7404



b) CMOS 4049

Şekil 2.6: Entegre bacak bağlantıları a) TTL 7404, b) CMOS 4049

2.1.4. VEDEĞİL Kapısı (NAND Gate)

VEDEĞİL işlemi, VE işlemine DEĞİL işleminin uygulanmasıyla elde edilir. VEDEĞİL kapısının çıkış ifadesi ise $Q=(A.B)'$ şeklinde gösterilir ve "Q eşit A ve B değil" şeklinde okunur.

VEDEĞİL Kapısının iki girişi de lojik 1 olunca çıkış 0, girişlerden herhangi biri 0 ise çıkış 1 olur. VEDEĞİL kapısı ikiden fazla girişe sahip olabilir. Bu durumda da yine tüm girişler 1 olunca çıkış 0, herhangi bir giriş 0 olunca çıkış 1 olur.

Aşağıda VEDEĞİL kapısının sembolü, doğruluk tablosu ve Boolean (Bulın) ifadesi verilmiştir.

GİRİŞLER		ÇIKIŞ
A	B	Q
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

a) Doğruluk tablosu



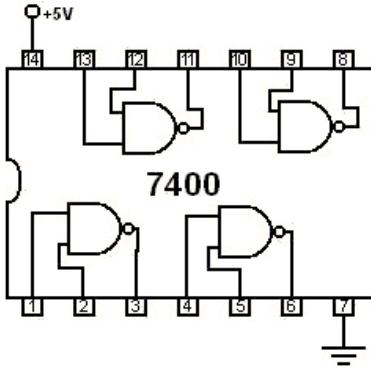
b) Sembolü

$$Q=(A.B)'$$

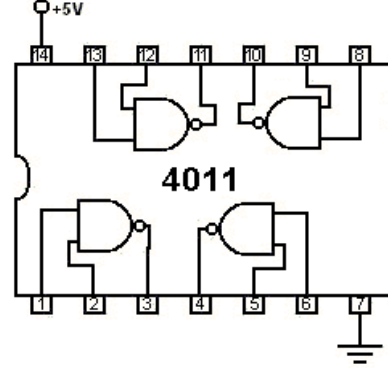
c) Boolean ifadesi

Şekil 2.7: VEDEĞİL kapısının a) Doğruluk tablosu, b) Sembolü, c) Boolean ifadesi

TTL grubundan 7400 ve CMOS grubundan 4011 entegreleri iki girişli VEDEĞİL kapılarını içermektedir. Her iki entegrede de 4 adet VEDEĞİL kapısı vardır. Aşağıdaki şekilde bu iki entegrenin de bacak bağlantıları görülmektedir.



a) TTL 7400



b) CMOS 4011

Şekil 2.8: Entegre bacak bağlantıları a) TTL 7400, b) CMOS 4011

2.1.5. VEYADEĞİL Kapısı (NOR Gate)

VEYADEĞİL işlemi, VEYA işlemine DEĞİL işleminin uygulanmasıyla elde edilir. VEYADEĞİL kapısının çıkış ifadesi ise $Q=(A+B)'$ şeklinde gösterilir ve “Q eşit A veya B değil” şeklinde okunur.

VEYADEĞİL kapısının iki girişi de lojik 0 olunca çıkış 1, girişlerden herhangi biri 1 ise çıkış 0 olur. VEYADEĞİL kapısı ikiden fazla girişe sahip olabilir. Bu durumda da yine tüm girişler 0 olunca çıkış 1, herhangi bir giriş 1 olunca çıkış 0 olur.

Aşağıda VEYADEĞİL kapısının sembolü, doğruluk tablosu ve Boolean (Bulın) ifadesi verilmiştir.

GİRİŞLER		ÇIKIŞ
A	B	Q
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

a) Doğruluk tablosu



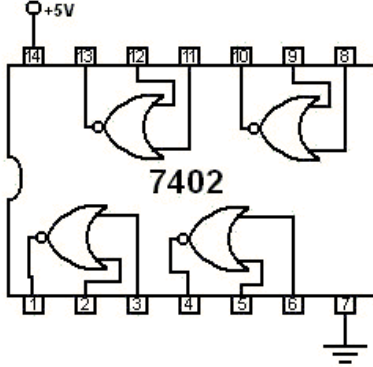
b) Sembolü

$$Q=(A+B)'$$

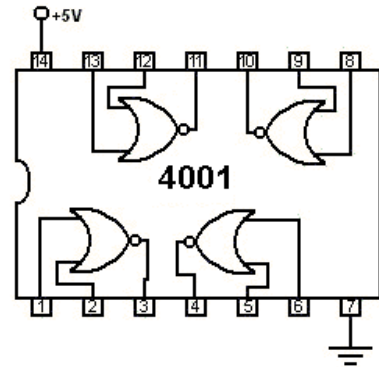
c) Boolean ifadesi

Şekil 2.9: VEYADEĞİL kapısının a) Doğruluk tablosu, b) Sembolü, c) Boolean ifadesi

TTL grubundan 7400 ve CMOS grubundan 4011 entegreleri iki girişli VEYADEĞİL kapılarını içermektedir. Her iki entegrede de 4 adet VEYADEĞİL kapısı vardır. Aşağıdaki şekilde bu iki entegrenin de bacak bağlantıları görülmektedir.



a) TTL 7402



b) CMOS 4001

Şekil 2.10: Entegre bacak bağlantıları a) TTL 7402, b) CMOS 4001

2.1.6. ÖZELVEYA Kapısı (EXOR (EXclusive OR) Gate)

ÖZELVEYA işlemi, YA DA İşlemi, XOR, EXOR olarak da isimlendirilir. ÖZELVEYA kapısının çıkış ifadesi ise $Q=A(+)B$ şeklinde gösterilir ve “Q eşit A özelveya B” şeklinde okunur.

ÖZELVEYA kapısının girişleri birbirinden farklı ise çıkış 1, girişler birbirinin aynı ise çıkış 0 olur. Bu kapının işlevi DEĞİL, VE, VEYA kapıları ile de gerçekleştirilebilir.

$$Q= A.B'+A'.B$$

Aşağıda ÖZELVEYA kapısının sembolü, doğruluk tablosu ve Boolean (Bulın) ifadesi verilmiştir.

GİRİŞLER		ÇIKIŞ
A	B	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

a) Doğruluk Tablosu



b) Sembolü

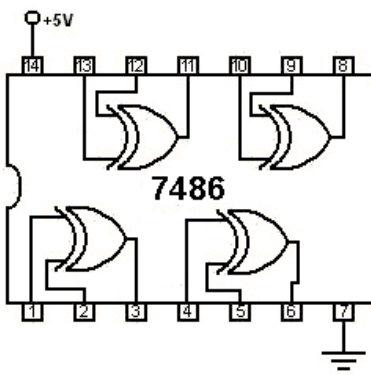
$$Q=A(+)B$$

$$Q=A.B'+A'.B$$

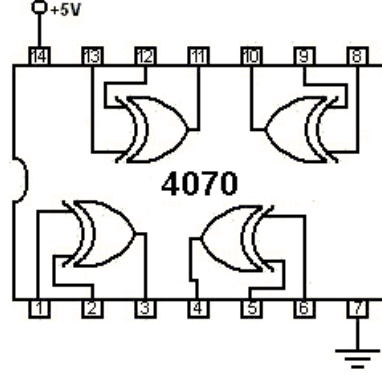
c) Boolean İfadesi

Şekil 2.11: ÖZELVEYA kapısının a) Doğruluk Tablosu, b) Sembolü, c) Boolean İfadesi

TTL grubundan 7400 ve CMOS grubundan 4011 entegreleri iki girişli VEYADEĞİL kapılarını içermektedir. Her iki entegrede de 4 adet VEYADEĞİL kapısı vardır. Aşağıdaki şekilde bu iki entegrenin de bacak bağlantıları görülmektedir.



a) TTL 7486



b) CMOS 4070

Şekil 2.12 : Entegre bacak bağlantıları a) TTL 7486, b) CMOS 4070

2.1.7. ÖZELVEYADEĞİL Kapısı [EXNOR (EXclusive Not OR) Gate]

ÖZELVEYADEĞİL işlemi, ÖZELVEYA işlemine DEĞİL işleminin uygulanmasıyla elde edilir. ÖZELVEYADEĞİL kapısının çıkış ifadesi ise $Q=(A(+))B'$ şeklinde gösterilir ve “Q eşit A özel veya değil B” şeklinde okunur.

ÖZELVEYADEĞİL kapısının girişleri birbirinden farklı ise çıkış 0, girişler birbirinin aynısı ise çıkış 1 olur. Bu kapının işlevi DEĞİL, VE, VEYA kapıları ile de gerçekleştirilebilir.

$$Q= A.B+A'.B'$$

Aşağıda ÖZELVEYADEĞİL kapısının sembolü, doğruluk tablosu ve Boolean (Bulın) ifadesi verilmiştir.

GİRİŞLER		ÇIKIŞ
A	B	Q
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

a) Doğruluk tablosu



b) Sembolü

$$Q=A(+)B$$

$$Q=A.B+A'.B'$$

c) Boolean ifadesi

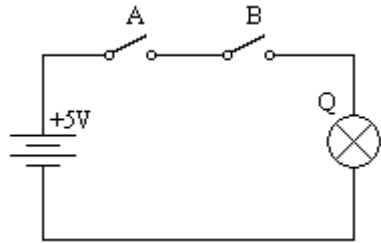
Şekil 2.13: ÖZELVEYADEĞİL kapısının a) Doğruluk tablosu b) Sembolü c) Boolean ifadesi

2.2. Lojik Kapı Eş Değerleri

Lojik kapıların fonksiyonlarının daha net anlaşılması için bu bölümde her kapının elektriksel eş değer devresi verilecektir. Elektriksel eş değer devrelerde giriş elemanı olarak anahtarlar, çıkış elemanı olarak LED diyot ve bu diyot akımını sınırlamak için bir direnç kullanılacaktır. Anahtarların açık olduğu durum lojik 0 düzeyini, kapalı olduğu durum ise lojik 1 düzeyini temsil eder. Çıkıştaki ledin ışık verdiği durum lojik 1 düzeyini, ledin ışık vermediği durum ise lojik 0 düzeyini gösterir.

2.2.1. VE Kapısının Elektriksel Eş Değer Devresi

Aşağıdaki devrede LED'in yanması için her iki anahtarın da aynı anda kapalı olması gerekir. Anahtarlardan herhangi biri veya her ikisi açık durumda olursa LED yanmaz. Anahtarların açık olduğu durumu lojik 0, kapalı olduğu durumu lojik 1, LED'in sönmük durumunu lojik 0 ve ışık verdiği durumu lojik 1 olarak düşünebiliriz.

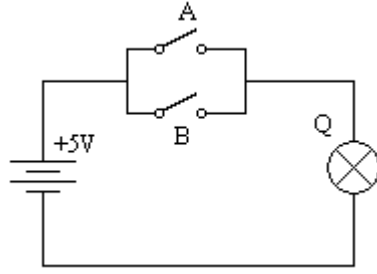


Anahtarlar		LED
A	B	Q
Açık	Açık	Sönmük
Açık	Kapalı	Sönmük
Kapalı	Açık	Sönmük
Kapalı	Kapalı	Yanık

Şekil 2.14: VE kapısının elektriksel eş değer devresi

2.2.2. VEYA Kapısının Elektriksel Eş Değer Devresi

Aşağıdaki devrede LED'in yanması için anahtarlardan en az birinin kapalı olması gerekir. Anahtarların her ikisi açık durumda olursa LED yanmaz. Anahtarların açık olduğu durumu lojik 0, kapalı olduğu durumu lojik 1, LED'in sönmük durumunu lojik 0 ve ışık verdiği durumu lojik 1 olarak düşünebiliriz.

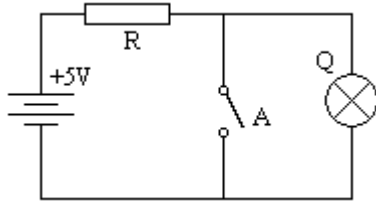


Anahtarlar		LED
A	B	Q
Açık	Açık	Sönük
Açık	Kapalı	Yanık
Kapalı	Açık	Yanık
Kapalı	Kapalı	Yanık

Şekil 2.15: VEYA kapısının elektriksel eş değer devresi

2.2.3. DEĞİL Kapısının Elektriksel Eş Değer Devresi

Aşağıdaki devrede A anahtarı açık durumda iken LED'den akım geçer ve LED ışık verir. Dolayısıyla giriş 0 durumundayken çıkış 1 olur. Anahtar kapatıldığında ise LED kısa devre edilmiş olur ve söner. Buna göre giriş 1 olduğunda çıkış 0 olmaktadır.

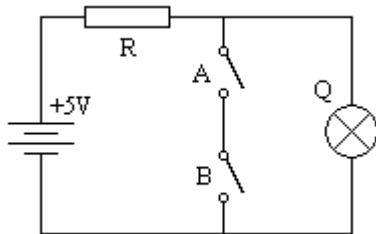


Anahtar	LED
A	Q
Açık	Yanık
Kapalı	Sönük

Şekil 2.16: DEĞİL kapısının elektriksel eş değer devresi

2.2.4. VEDEĞİL Kapısının Elektriksel Eş Değer Devresi

Aşağıdaki devrede LED'in yanması için anahtarlardan en az birinin açık olması gerekir. Anahtarların her ikisi kapalı durumda olursa LED yanmaz. Anahtarların açık olduğu durumu lojik 0, kapalı olduğu durumu lojik 1, LED'in sönmüş durumunu lojik 0 ve ışık verdiği durumu lojik 1 olarak düşünebiliriz.



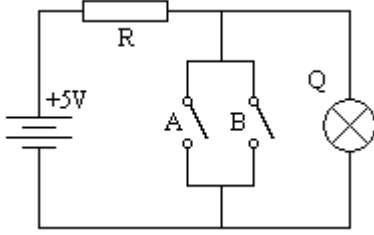
Anahtarlar		LED
A	B	Q
Açık	Açık	Yanık
Açık	Kapalı	Yanık
Kapalı	Açık	Yanık
Kapalı	Kapalı	Sönük

Şekil 2.17: VEDEĞİL kapısının elektriksel eş değer devresi

2.2.5. VEYADEĞİL Kapısının Elektriksel Eş Değer Devresi

Aşağıdaki devrede LED'in yanması için anahtarlardan her ikisinin de açık olması gerekir. Anahtarlardan herhangi biri kapalı durumda olursa LED yanmaz. Anahtarların açık

olduğu durumu lojik 0, kapalı olduğu durumu lojik 1, LED'in sönük durumunu lojik 0 ve ışık verdiği durumu lojik 1 olarak düşünebiliriz.

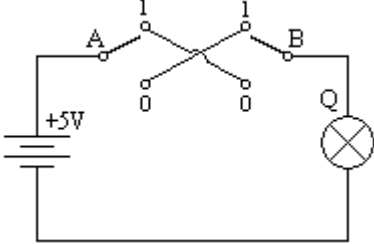


Anahtarlar		LED
A	B	Q
Açık	Açık	Yanık
Açık	Kapalı	Sönük
Kapalı	Açık	Sönük
Kapalı	Kapalı	Sönük

Şekil 2.18: VEYADEĞİL kapısının elektriksel eş değer devresi

2.2.6. ÖZELVEYA Kapısının Elektriksel Eş Değer Devresi

Aşağıdaki devrede LED'in yanması için anahtar durumlarının birbirinden farklı olması gerekir. Yani biri açık, diğeri kapalı ya da tam tersi iken lamba yanar ama her ikisi de aynı anda açık veya kapalı iken devreden akım geçmeyeceği için lamba sönük kalır. Anahtarların açık olduğu durumu lojik 0, kapalı olduğu durumu lojik 1, LED'in sönük durumunu lojik 0 ve ışık verdiği durumu lojik 1 olarak düşünebiliriz.

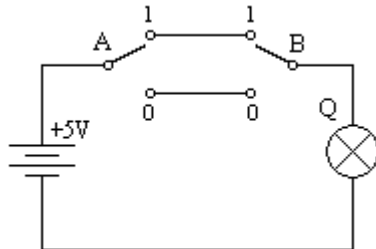


Anahtarlar		LED
A	B	Q
Açık	Açık	Sönük
Açık	Kapalı	Yanık
Kapalı	Açık	Yanık
Kapalı	Kapalı	Sönük

Şekil 2.19: ÖZELVEYA kapısının elektriksel eş değer devresi

2.2.7. ÖZELVEYADEĞİL Kapısının Elektriksel Eş Değer Devresi

Aşağıdaki devrede LED'in yanması için anahtar durumlarının aynı olması gerekir. Yani her ikisi de aynı anda açık veya kapalı iken lamba yanar ama biri açık diğeri kapalı ya da tam tersi iken lamba kısa devre olur ve sönük kalır. Anahtarların açık olduğu durumu lojik 0, kapalı olduğu durumu lojik 1, LED'in sönük durumunu lojik 0 ve ışık verdiği durumu lojik 1 olarak düşünebiliriz.



Anahtarlar		LED
A	B	Q
Açık	Açık	Yanık
Açık	Kapalı	Sönük
Kapalı	Açık	Sönük
Kapalı	Kapalı	Yanık

Şekil 2.20: ÖZELVEYADEĞİL kapısının elektriksel eş değer devresi

2.3. Lojik Devrelerin Tanımı ve Çalışması

Dijital elektronik devrelerine “lojik devreler” de denilmektedir. Lojik devrelerde kullanılan entegreler “lojik entegreler” olarak adlandırılır. Lojik devrelerin temel elemanı olan kapılar, flip-floplar, sayıcılar ve diğer pek çok devre lojik entegrelerde bulunur. Bazı lojik devrelerin gerçekleştirilmeleri için bir tek lojik entegre yeterlidir. Böyle devrelerin tüm fonksiyonları tek entegreye sığdırılmıştır. Daha karmaşık devreler ise birden fazla lojik entegre kullanılarak gerçekleştirilebilir.

Lojik kapılar bölümünde sizlere 7 adet kapı gösterilmiştir. Bu kapılardan 3 tanesi lojik devrelerin temel elemanıdır, diğer kapılar ise bu kapıların çeşitli kombinasyonlarından türetilmiş, çok kullanıldığı için “lojik kapı” adını almış bileşik fonksiyonlardır. Bu 3 temel kapı; VE, VEYA ve DEĞİL kapıdır. Bu üç temel kapı yardımıyla lojik problemlerin tümünü çözmek mümkündür.

Lojik devre tasarımı, herhangi bir işi veya fonksiyonu dijital olarak yapacak sistemlerin tasarımıyla ilgilendir, burada söz konusu olan 2 tabanında sayı sistemi (ikili sayı sistemi)dir. İkili sayı sisteminde bir durumu ifade edebilmek için en temelde, VAR ve YOK ifadeleri kullanılır; ilki lojik 1, ikincisi lojik 0 değerine karşılık gelir. Her durumda bu iki ifadenin kombinasyonları elde edilir.

Lojik devre tasarımı basitten karmaşığa birçok dijital devrenin tasarımını içerir. En basitinden iki nesnenin varlığını tespit eden lojik VE kapısı da bir lojik devredir; bir kapıdan içeri girenleri sayan devre, dijital saat veya bilgisayardaki işlemci de birer lojik devredir.

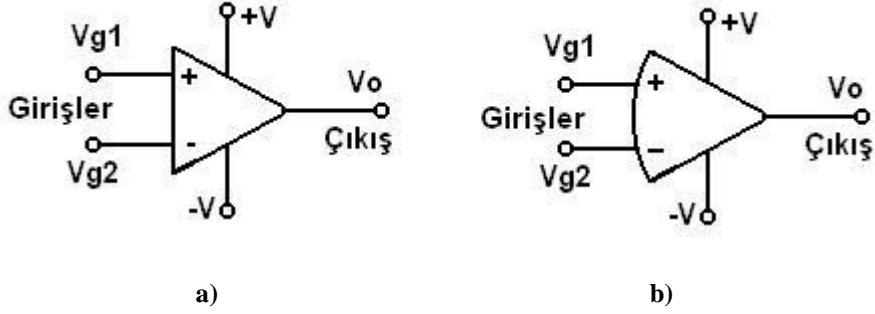
Lojik devreleri tasarlama işlemi öncelikle bir problem çözme işlemidir. Lojik bir problemin VE, VEYA, DEĞİL sistemiyle çözülmesi ve uygulamaya geçilmesi sürecini 6 aşamada inceleyebiliriz.

- Lojik problemin bir lojik fonksiyon olarak düşünülmesi ve lojik fonksiyon için değişkenlerin belirlenmesi
- Lojik fonksiyon için doğruluk tablosunun hazırlanması
- Doğruluk tablosuna göre lojik ifadenin çıkartılması
- Lojik ifadenin sadeleştirilmesi
- Sadeleştirilmiş olan lojik ifadenin devresinin hazırlanması
- Devrenin kurulup uygulamaya geçilmesi

2.4. Lineer Devre / Operasyonel Amplifikatörlerin (Op-Amp) Tanımı ve Çalışması

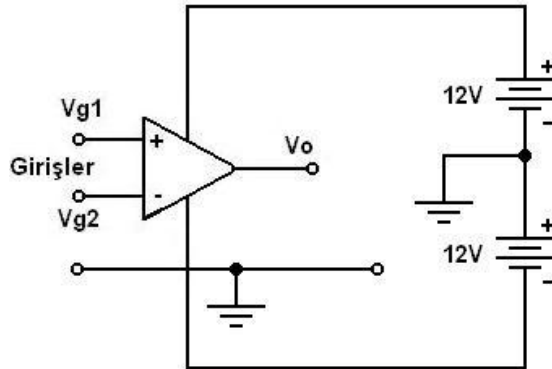
Operasyonel amplifikatör (işlemsel yükselteç) direkt kuplajlı yüksek kazançlı bir devre elemanıdır. Günümüzde op-amplar, entegre devre yapısında gerçekleştirilir. Dışarıdan ilave edilecek birkaç devre elemanının kolayca değişimi ile eviren yükselteç, evirmeyen yükselteç, türev ve integral devresi, alçak ve yüksek bant geçiren filtre devreleri, bant durduran filtre devreleri, dijital/analog ve analog/dijital çevirici gibi geniş bir kullanım alanı vardır.

Op-amp genelde aşağıdaki şekilde gösterilen iki değişik sembolden biri ile gösterilir. Daha çok a'daki sembol kullanılır.



Şekil 2.21: Op-amp sembolleri

Şekilde görüldüğü gibi op-ampın biri (+), diğeri (-) ile işaretlenmiş iki girişi vardır. (+) giriş, evirmeyen –terslemeyen- giriş ve (-) giriş eviren –tersleyen- giriş olarak isimlendirilir. (+) girişe uygulanan işaret çıkışa aynı fazda, (-) girişe uygulanan işaret ise çıkışa 180° ters fazda aktarılır. Devrenin özellikleri, giriş ucu olarak hangi ucun kullanıldığında ve çıkıştan girişe yapılacak geri besleme (feedback) miktarına bağlıdır. Op-ampın iki giriş ucundan başka iki adet besleme ve bir adet çıkış ucu vardır. Besleme gerilimleri tek kaynak sağlanabileceği gibi simetrik çıkışlı kaynaklarla da temin edilebilir. Genelde simetrik çıkışlı besleme kullanılır. Bu simetrik çıkışlı besleme kaynağı olarak iki batarya yardımı ile şekildeki gibi gerçekleştirilir.



Şekil 2.22: Op-ampın simetrik çıkışlı besleme kaynağı ile çalıştırılması

Simetrik çıkışlı kaynak kullanıldığında besleme gerilimleri $\pm 6V$, $\pm 12V$, $\pm 15V$ gibi belirtilir.

2.4.1. İdeal Op-amp Özellikleri

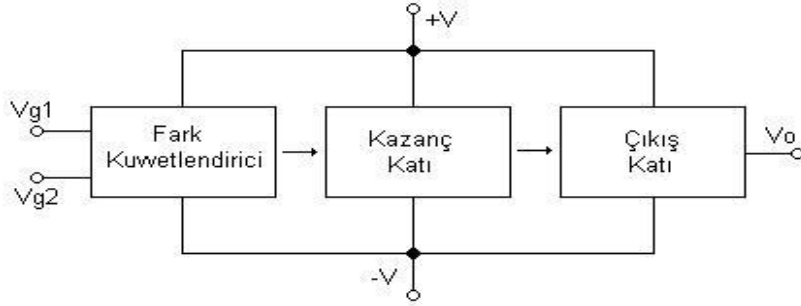
İdeal bir op-ampın özellikleri aşağıdaki gibidir:

- Giriş empedansı çok yüksek veya sonsuzdur.
- Çıkış empedansı çok düşük veya sıfırdır.
- Gerilim kazancı çok yüksek veya sonsuz denecek durumdadır.
- Bant genişliği çok yüksektir.
- Besleme gerilimleri tek veya simetrik çıkışlı kaynaklardan temin edilebilir.
- Eğer $V_{g1}=V_{g2}$ ise V_o çıkış gerilimi "0"dır.

2.4.2. Op-Amplıların Yapısı

Bir op-amp genelde üç kattan oluşur. Bu katlar aşağıdaki blok şemada gösterilmiştir.

- Fark kuvvetlendirici
- Kazanç katı
- Çıkış katı



Şekil 2.23: Op-ampın yapısı

Op-ampın giriş katı olan fark kuvvetlendirici, diferansiyel amplifikatör veya uzun kuyruklu çift devresi adı ile de anılır. Fark kuvvetlendiricinin özellikleri op-ampın özelliklerini belirler.

Op-ampın ikinci katı olan kazanç katı fark kuvvetlendiriciden gelen sinyalleri kuvvetlendirmektedir. Bu kat aynı zamanda giriş katı ile çıkış katı arasında bir tampon görevi yaparak çıkış katındaki değişmelerin giriş katını etkilemesini önler.

2.4.3. Op-Amp Parametreleri

Op-amp parametreleri 5 grupta incelenebilir. Bunlar:

- Giriş polarıma akımı (Input Bias Current)
- Giriş dengesizlik akımı (Input Offset Current)
- Giriş dengesizlik gerilimi (Input Offset Voltage)
- Eğim oranı (Slew Rate)
- Frekans cevabı (Frequency Response)

2.4.3.1. Giriş Polarma Akımı (Input Bias Current)

Giriş polarma akımı I_b ile temsil edilir. Bu akım, her iki girişten akan akımların ortalama değerleri toplamının yarısında eşittir ve

$$I_b = (I_{b1} + I_{b2}) / 2 \text{ formülü ile gösterilir.}$$

İdeal op-ampın girişlerinden hiç akım akmadığı düşünülmektedir. Bu iki akım birbirine zıt ağırlıklıdır. Örneğin sık kullanılan 741 entegresinde op-ampın giriş polarma akımı 80 nA civarındadır. Bu akım FET girişli op-amlarda 1 pA'den küçüktür. Giriş polarma akımının değeri çıkış dengesizlik gerilimini belirler.

2.4.3.2. Giriş Dengesizlik Akımı (Input Offset Current)

Giriş dengesizlik akımı I_{os} ile temsil edilir. Op-ampın çıkış gerilimi $V_0=0$ iken I_{b1} ve I_{b2} giriş akımlarının ortalama değerlerinin farkına giriş dengesizlik akımı adı verilir ve

$I_{os} = I_{b1} - I_{b2}$ formülü ile gösterilir. Bu akımın değeri giriş dengesizlik gerilimini belirler. 741 entegresinde bu akım 20 nA civarındadır.

2.4.3.3. Giriş Dengesizlik Gerilimi (Input Offset Voltage)

Giriş dengesizlik akımı V_{io} ile temsil edilir. İdeal op-amp'ta giriş gerilimleri arasındaki fark (her iki giriş topraklandığında) sıfırdır. Fakat uygulamada, op-amp yapısındaki elemanların tam uyum içinde olmaması nedeni ile giriş gerilimleri arasında farklılık vardır ve $V_0=0$ değildir. Giriş dengesizlik gerilimi, $V_0=0$ iken giriş gerilimleri arasındaki fark olarak tanımlanır. 741 entegresinde bu gerilim 1 mV civarındadır.

2.4.3.4. Eğim Oranı (Slew Rate)

Eğim oranı, op-ampın çıkışının ne derece hızlı değiştiğini açıklar ve SR ile temsil edilir.

$$SR = \Delta V_0 / \Delta t \text{ dir.}$$

$$\Delta V_0 = \text{Çıkış gerilimini değişimi (V)}$$

$$\Delta t = \text{Zamanın değişimi (sn.)}$$

Bu değer op-ampın bant genişliği ile ilgili bir parametredir. Bu değer ne kadar büyük ise op-ampın bant genişliği o kadar fazladır. 741 entegresinde bu değer 0,5 V/sn.dir.

Op-ampın içinde osilasyonları önlemek amacıyla genelde küçük bir kompanzasyon kapasitesi vardır veya bu kapasite dışarıdan ilave edilir. Bu kapasite içinden geçecek akım devre elemanları tarafından sınırlandırılır. Değişim oranı, bu kapasiteden akacak akımın kapasiteye oranıdır ve

$$SR = \Delta V_0 / \Delta t = I_{max} / C \text{ ile formüle edilir.}$$

I_{max} amper, C farattır. C ne kadar küçük olursa eğim oranı, dolayısıyla bant genişliği o kadar fazladır. 741 entegresinde C 30 pF civarındadır.

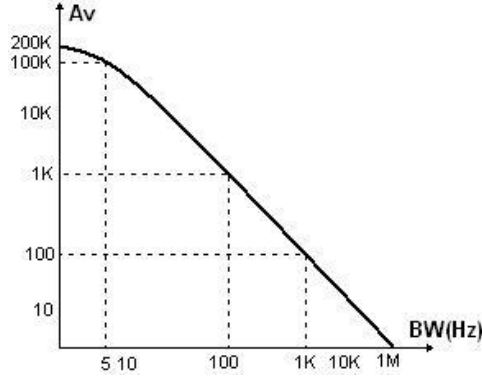
2.4.3.5. Frekans Cevabı (Frequency Response)

Op-ampın frekans cevabı eğim oranı ile sınırlanır. Eğim oranı arttıkça bant genişliği artacaktır. Kompanzasyon kapasitesinin kapasitif reaktansı $X_c=1/2\pi fC$ 'dir. Buradan da görüldüğü gibi bant genişliği, yani frekans arttıkça kapasitif reaktans azalacaktır. Bu op-amp'ta;

kazanç bant genişliği = bant genişliği x kazançtır.

Kazanç bant genişliği GB, bant genişliği BW, kazanç A_v ile ifade edilirse;

$GB=BW \times A_v$ 'dir. Kazanç bant genişliği sabittir. Bu sabit 1 Mhz'dir.



Şekil 2.24: Op-ampın kazanç-bant genişliği eğrisi

2.4.4. Op-Amplıların Uygulama Alanları

Op-amplı; eviren yükselteç, evirmeyen yükselteç, toplayıcı devre, gerilim izleyici devre, çıkarıcı devre, türev alıcı devre, integral alıcı devre, karşılaştırıcı devre, testere dişi generatör, alt ve üst geçiren filtre devre, bant durdurucu filtre devre, faz kaymalı sinüs dalga osilatörü, yarım dalga doğrultucu devre, kare dalga osilatör, gerilim kontrollü akım kaynağı D/A çevirici devreler, A/D çevirici devreler gibi birçok devrede kullanılmaktadır.

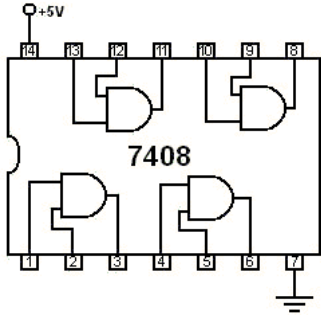
2.5. Uçak Sistemlerinde, Şematik Diagramlarda Kullanılan Uygulamalar

Lojik devreler uçaklardaki elektronik sistemlerin vazgeçilmez temel devreleridir. Uçaklardaki elektronik sistemlerin birçoğunda lojik uygulamalar karşımıza çıkar. Uçaklardaki hidrolik sistemler, iniş takımları, otomatik pilot sistemleri, uçuş güvenlik sistemi vb. gibi birçok sistemlerde lojik devreler kullanılmaktadır.

Bu konuyla ilgili daha geniş bilgi, ileri lojik teknikleri dersi Lojik Devre Dizaynı modülünde verilmektedir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Lojik kapıların çalışmalarını tekniğine uygun olarak analiz ediniz.

İşlem Basamakları	Öneriler															
 <p>➤ Yukarıda verilen 7408 entegresi ile “VE” kapısı doğruluk tablosu için gerekli bağlantıyı yapınız.</p> <p>➤ Kapı çıkışına bağladığımız diyot lamba ile hazırladığımız doğruluk tablosunu karşılaştırmız.</p>	<table border="1"><thead><tr><th>A</th><th>B</th><th>ÇIKIŞ</th></tr></thead><tbody><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table> <p>➤ 7408 için uygun gerilim kullanınız.</p> <p>➤ Çıkışa bağladığımız lamba yanıyor ise çıkış “1”, yanmıyorsa “0” dır.</p>	A	B	ÇIKIŞ												
A	B	ÇIKIŞ														

KONTROL LİSTESİ

Bu öğrenme faaliyeti kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Dijital uygulamalarda kullanılan lojik kapı çeşitlerini biliyor musunuz?		
2. Lojik kapı sembollerini biliyor musunuz?		
3. Lojik kapı doğruluk tablolarını biliyor musunuz?		
4. Lojik devreleri tanımlayabiliyor musunuz?		
5. Operasyonel amplifikatörlerin çalışma prensiplerini biliyor musunuz?		

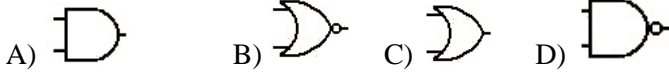
DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

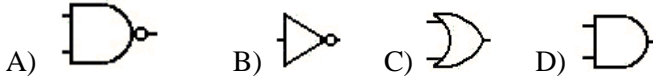
1. Aşağıdaki sembollerden hangisi VEYA kapısına aittir?



2. Aşağıdaki sembollerden hangisi VE kapısına aittir?




3. Aşağıdaki sembollerden hangisi VEDEĞİL kapısına aittir?



4. Aşağıdaki sembollerden hangisi ÖZELVEYA kapısına aittir?



5.  Yanda sembolü aşağıda isimleri verilen lojik kapılardan hangisine aittir?

A) VEDEĞİL B) DEĞİL C) VEYADEĞİL D) ÖZELVEYADEĞİL

6. Op-amp'lar aşağıda belirtilen işlevlerden hangisini yerine getirme de kullanılmaz?

A) Eviren yükselteç devresi
B) Türev alıcı devre
C) Toplayıcı devre
D) İki değişkenli kod çözücü devre

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

Analog dijital çevirici devrelerini hatasız olarak yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Çevrenizde analogdan dijitale çevrim yapan cihazları araştırınız. Analogdan dijitale çevrimin gerekliliğini ve nedeni araştırınız. Bulgularınızı sınıfta tartışınız.

3. ANALOG/DİJİTAL ÇEVİRİCİLER (A/D-ADC)

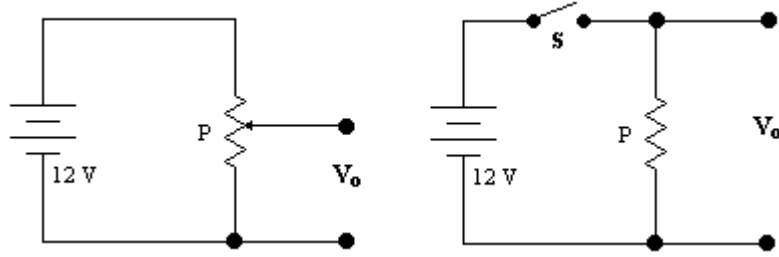
Analog işaretleri dijital işaretlere çeviren düzenlere analog/dijital çevirici veya kısaca A/D çevirici veya ADC adı verilir.

Bir analog işaret, dijital işarete çevrilirken belirli aralıklarla örneklenmek zorundadır. Örnekleme sonunda dijital işaret elde edilir. Bu çeviricilerde tek bir dijital işarete belli bir gerilim aralığı tanımlanır. Her değer için ayrı bir gerilim tanımlanamadığı için bir hata ortaya çıkar ve bu hatanın önüne geçilemez.

3.1. Analog ve Dijital Kavramlar

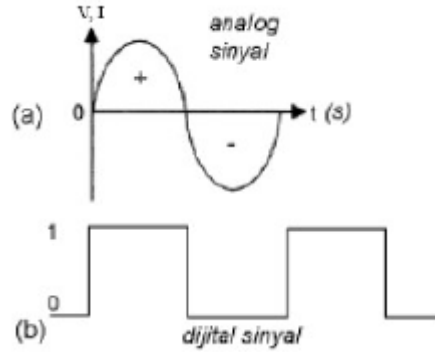
Dünyada, pek çok büyüklük analog olarak ortaya çıkar. Örneğin ısı, basınç, ağırlık gibi büyüklükler hep analog olarak değişir. Bunlarda sadece 0 ve 1 gibi iki değer değil en küçük ile en büyük değer arasında çok geniş bir yelpazede çeşitli değerler söz konusu olabilir. Sözgelisi bir ısı 10 °C olabileceği gibi 1 °C, 5 °C, 25 °C veya 100 °C de olabilir.

Günümüz elektroniği, analog ve dijital olmak üzere iki temel türde incelenebilir. Analog büyüklükler sonsuz sayıda değeri içermesine rağmen dijital büyüklükler sadece iki değer alabilir. Analog büyüklüklere örnek olarak basınç, sıcaklık gibi birçok fiziksel büyüklüğü verebiliriz. Şekil 3.2'deki elektrik devresinde çıkış gerilimi ayarlı direncin değiştirilmesi ile birlikte 0 ile 12 volt arasında sonsuz sayıda değer alabilir. Şekil 2.2'deki devrenin çıkış gerilimi sadece iki gerilim seviyesinde tanımlanabilir. Eğer anahtar açıksa 0 volt, anahtar kapalı ise 12 volt devrenin çıkış geriliminin alabileceği değerlerdir.



Şekil 3.1: Analog değerler

Dijital bir sistemde bilgiler sinyal adı verilen fiziksel niceliklerle temsil edilir. Dijital sistemlerin çoğu sadece iki değeri olan sinyallerle çalışıyorsa bir hesap makinesi sadece iki voltaj seviyesini kullanarak nasıl 1974 gibi bir sayıyı tanımlayabilmektedir? Böyle bir sorunun cevabı, sayısal sistemlerin normal hayatta kullandığımız desimal (onluk) sayı sistemini değil binary (ikilik) tabanda kodlanmış sayı sistemini kullanmasıdır.



Şekil 3.2: Analog ve dijital sinyal şekilleri

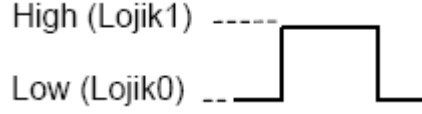
3.1.1. Dijital Mantık Seviyeleri ve Dalga Formları

Sayısal sistem iki gerilim seviyesine göre çalışır. Her sayısal sistemin bu iki gerilim seviyesine karşılık gelen bir biçimi olmalıdır. Bu nedenle sayısal devreler, binary (ikilik) sayı sisteminde kullanılan 1 ve 0 ile tanımlanmak zorundadır. Bu, sayısal sistemin girdilerinin ikilik koda dönüşmesini sağlar. Aşağıdaki pozitif mantık ifadelerini kullanarak sayısal kavramları tanımlayabileceğiz. Örneğin bir anahtarın kapalı olması sayısal sistemde '1' veya 5 V'a eşit olacaktır.

Pozitif Mantık

Yüksek	Alçak
1	0
Doğru	Yanlış
+5 V	0 V
Kapalı	Açık

Bir kare dalganın yükselme ve düşmesinin çok küçük zaman diliminde olduğu düşünülürse kare dalga sayısal sinyallere güzel bir örnek olabilir. Aşağıda bir kare dalga üzerindeki lojik seviyeler gösterilmiştir.

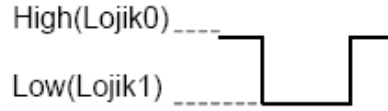


Şekil 3.3: Pozitif mantık dijital sinyal

Sayısal devrelerde negatif mantık kullanımı bazı uygulamalarda tasarımcıya büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Örneğin elektriksel gürültü problemi yaşanan sistemlerin tasarımında negatif mantık kullanımı gürültü probleminin ortadan kalkmasını sağlayabilir.

Negatif Mantık

Yüksek	Alçak
0	1
Yanlış	Doğru
0 V	+5 V
Açık	Kapalı



Şekil 3.3: Negatif mantık dijital sinyal

Sayısal sistemler sadece iki gerilim seviyesinde çalışır ve bu nedenle gündelik hayatta kullandığımız sayı sistemleri yerine binary (ikilik) sayı sistemi kullanılır.

Dış dünyanın daha çok, analog değerlerden oluşmasına karşılık, bilgi işleyen cihazlar dijitaldir. Çünkü dijital sistemler, bilgiyi daha güvenli, daha hızlı işler ve değerlendirir. Elde edilen bilginin tekrar dış dünyaya aktarılması da analog veya dijital biçimde olabilir. Bütün bu nedenlerle analog değerlerin dijital, dijital değerlerin de analog değere çevrilmesi gerekmektedir.

Dış dünyadaki fiziksel değişiklikler sensör ve transdüserler kullanılarak elektrik gerilimine çevrilir. Bu gerilim analog bir gerilimdir. Daha sonra bu analog gerilim analog / dijital (A /D) çevirici yardımıyla dijitalleştirilir. Dijital sistem bu bilgiyi işler ve bir sonuç elde eder. Bu sonuç dijital veya analog olarak değerlendirilmek istenebilir. Eğer elde edilen sonuç analog olarak değerlendirilecekse (örneğin bir hoparlörün sürülmesi) tekrar analoga çevrilmesi gerekir.

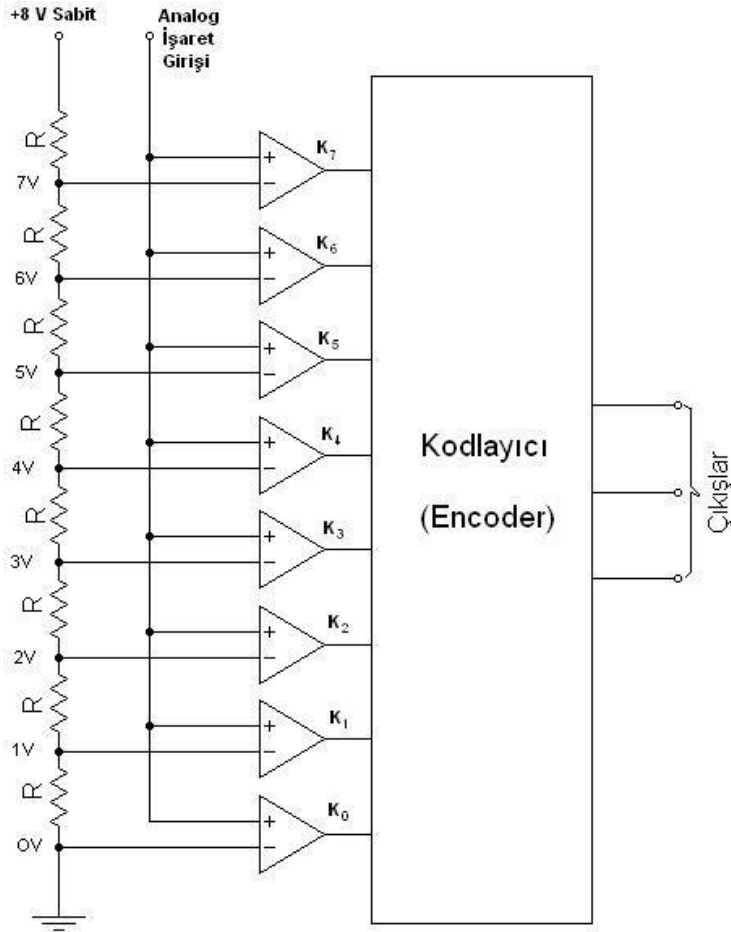


Yukarıdaki şekilde analog bir değerin dijitale çevrilip işlendikten sonra tekrar analog değere çevrilmesi sürecinin blok diyagramı görülüyor. Girişteki gerilim bir transdüser tarafından elektriksel büyüklüğe çevrilmiş bir fiziksel büyüklüğü temsil etmektedir. Bu gerilim daha sonra (A / D) çevrici vasıtasıyla dijitale çevrilir ve dijital olarak işlenir. Daha sonra elde edilen sonuç tekrar analog bilgiye çevrilir ve çıkışa aktarılır. Çıkışta kullanılan eleman ise elektriksel büyüklüğü (gerilim) fiziksel büyüklüğe (ses, ısı vb.) çevirir. Örneğin hoparlör elektriksel büyüklüğü sese çeviren bir aygıttır.

İşaret, fiziksel bir olayın elektriksel gösterimidir. Örneğin bir odadaki ısı değişimi veya bir elektrik devresinden çekilen akımın değişimi işaretle gösterilebilir. Doğadaki fiziksel olayların hemen hemen tümü işaretlerle gösterilebilir ve tanımlanabilir. Lojik devre tasarımı konusunun temeli de belirli özellikte işaretleri giriş olarak alıp belirli bir işi yerine getirecek biçimde çıkış işareti üretmektir. Fiziksel işaretlerin doğal hâli analog yapıdadır ancak lojik devre uygulamalarında dijital işaretler kullanılır. Bu bölümde analog ve dijital işaretlerin şekli ve analog işareten dijital işarete dönüşümün nasıl yapılabileceği ele alınmıştır.

3.2. Kodlayıcı (Enkoder) ve Op-Amplarla Yapılan A/D Çeviriciler

Kodlayıcı, desimal veya bilinen klasik şekillerdeki bilgileri dijital bilgilere çevirir. Şekil 3.4'te 8 adet op-amplı karşılaştırıcı ve bir adet 8 hattı 3 hatta çevirici kodlayıcı ile A/D çevirici devre yapımı görülmektedir. Karşılaştırıcılar evirmeyen yükselteç yapısındadır. Dijital işarete çevrilecek analog bilgi karşılaştırıcıların (+) girişlerine uygulanmıştır. Karşılaştırıcıların (-) girişleri bir gerilim bölücü direnç şebekesi ile sabit bir gerilimle beslenmektedir.



Şekil 3.4: Kodlayıcı ve op-amplarla yapılan A/D çevirici

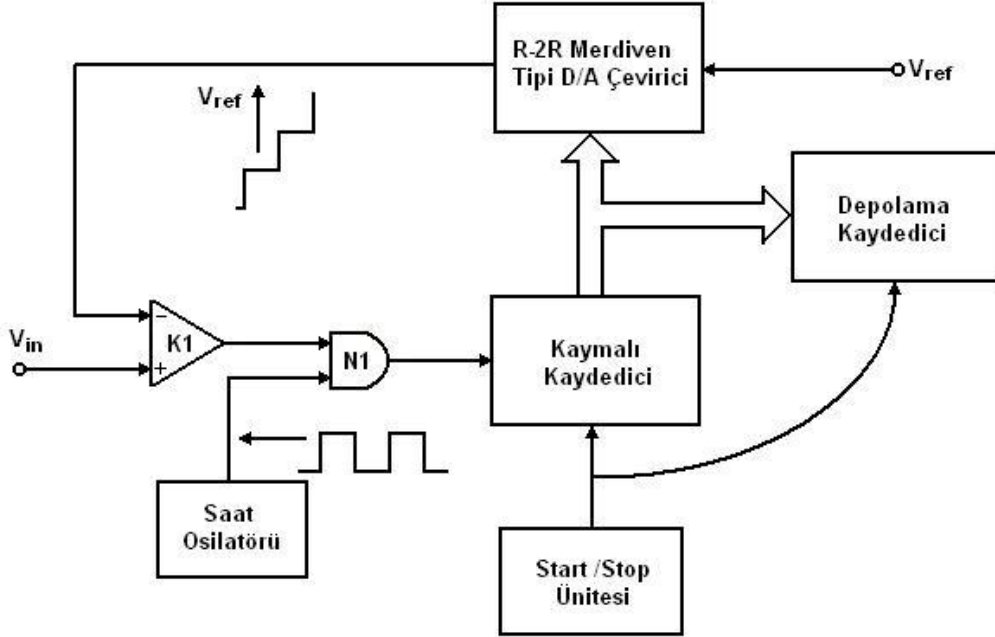
Kodlayıcı ile A/D çevirici yapımında sabit gerilim kaynağı çıkışı direnç şebekesi ile eşit değerlikli olarak karşılaştırıcı girişlerine taksim edilmiştir. Her girişte 1 V olduğunu kabul edelim. Bu durumda analog işaret “0” ise karşılaştırıcıların tamamının çıkışı “0”dir. Kodlayıcı çıkışı ise “000” ikili sayısına sahiptir.

Eğer analog işaret 4 V ise K_0, K_1, K_2 ve K_3 karşılaştırıcıları çıkışları “1”dir. Diğer karşılaştırıcılar “0” çıkış verir. Bu durumda kodlayıcı “100” ikili sayısına sahiptir.

Bu tür A/D çeviriciler “Flash A/D Çevirici” olarak da adlandırılır.

3.3. Merdiven Tipi A/D Çeviriciler

Bu çeviricide, dijital sinyale çevrilecek analog sinyal, direnç şebekesi tarafından üretilen merdiven şeklinde bir sinyalle karşılaştırılır. Merdiven işareti sıfırdan başlayıp kademeli olarak yükselmektedir. Her iki işaret düzeyinin eşit olduğu anda, o zamana kadar merdiven dalganın kaç basamak yükseldiği sayılır. Böylece analog işaret dijital işarete çevrilmiş olur.



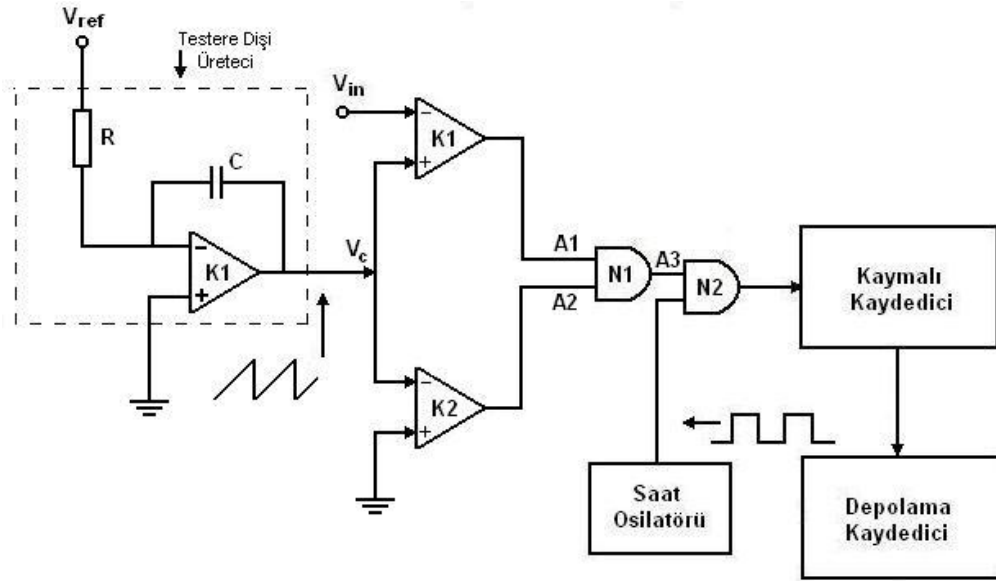
Şekil 3.5: Direnç merdiven dalgalı A/D çevirici

Yukarıdaki devrede K1 karşılaştırıcısının bir girişine D/A çevirici çıkışındaki V_{ref} işareti (merdiven dalgalı), diğer girişine dijital işarete çevrilecek analog işaret uygulanır. $V_{ref} < V_{in}$ olduğu sürece karşılaştırıcı “1” çıkışı verecektir. N_1 kapısına saat osilatörü tarafından kare dalga işaret uygulanmaktadır. N_1 in her iki girişi “1” olduğu anlarda N_1 çıkışında oluşan “1” darbesi ile kaymalı kaydedici bir adım ilerletilir. Kaymalı kaydedici çıkışı D/A çevirici ve depolama kaydediciye bağlıdır. $V_{ref} < V_{in}$ olduğu sürece kaymalı kaydedici D/A çıkışındaki V_{ref} işaretini bir basamak artıracaktır. Kaymalı kaydedici çıkışı aynı zamanda depolama kaydedicide depolanır.

$V_{ref} = V_{in}$ olduğunda karşılaştırıcının çıkışında “0” oluşacağı için N_1 kapısı çıkışı da “0” olacak ve işlem sona erecektir. Çıkış depolama kaydediciden alınır.

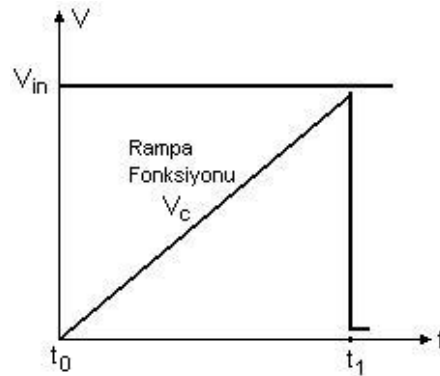
3.4. Tek Eğimli A/D Çeviriciler

Tek eğimli A/D çevirici devrenin temel prensibi, bir testere dişi dalganın rampa fonksiyonu ile analog işaretin karşılaştırılmasıdır. Bu nedenle tek eğimli A/D çevirici “testere dişi yöntemi ile A/D çevirici” olarak da adlandırılır. Testere dişi sinyal bir op-amp’li integral alıcı devre ile temin edilebilir. İlk anda sistem sıfırlanır. İntegral alıcı sabit bir V_{ref} gerilimi ile rampa fonksiyonu oluşturur.



Şekil 3.6: Tek eğimli A/D çevirici

K_1 karşılaştırıcısı rampa fonksiyonu ile analog işaretini ve K_2 karşılaştırıcısı rampa fonksiyonu ile de şase potansiyelini karşılaştırır. K_2 karşılaştırıcısı, kondansatörün şarj gerilimi yani integral alıcı çıkışı (V_c) pozitif olduğu sürece "1" çıkışı verecek durumdadır. $V_c < V_{in}$ olduğu sürece K_1 çıkışı da "1" verir. Bu anda N_1 çıkışı da "1" dir. N_2 girişine N_1 çıkışı ve saat osilatörü çıkışı uygulanmıştır. N_2 çıkışı her saat darbesinde "1" çıkışı verir. Bu darbeler kaymalı kaydediciyi adım adım ilerletir. Kaymalı kaydedici çıkışı bir depolama kaydedicide depolanır.



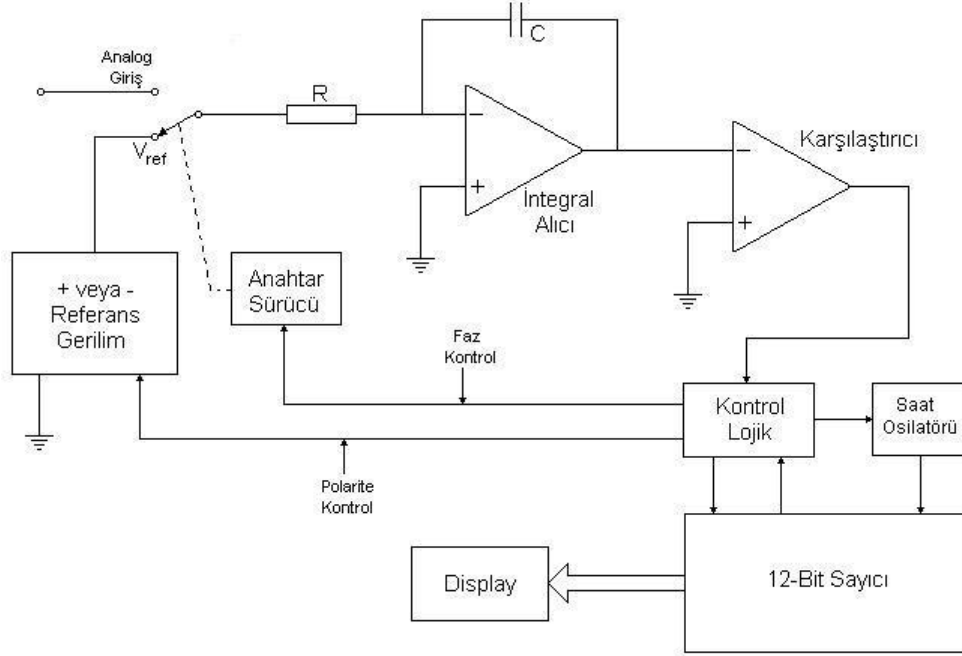
Şekil 3.7: Testere dişi işaret

$V_c = V_{in}$ olduğu anda (t_1 zamanı) K_1 çıkışı "0" olur. Bu nedenle N_1 çıkışı da "0" olacağından N_2 kapısının bir girişinin "0" olması darbelerin kaydediciye ulaşmasını önleyecektir. Böylece işlem tamamlanmıştır. Çıkışlar depolama kaydediciden alınır.

Tek eğimli A/D çeviricide rampa fonksiyonu lineer olmalı, dijital işarete çevrilecek analog işarete parazitik sinyaller olmamalı ve saat generatörü kararlı olmalıdır.

3.5. Çift Eğimli A/D Çeviriciler

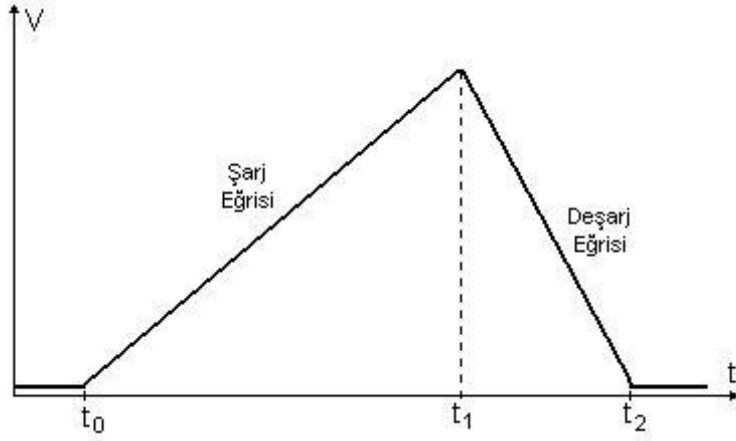
Çift eğimli A/D çeviricide tek eğimli A/D çeviricinin tersine, integral alıcı devredeki kondansatörün deşarj süresinden yararlanılmaktadır.



Şekil 3.8 : Çift eğimli A/D çevirici

Şekil 3.8'deki devrede anahtar, analog işaret giriş konumuna alınarak işlem başlatılır. İntegral alıcıdaki kondansatör lineer bir artışla şarj olmaktadır. Bu anda karşılaştırıcı çıkışı "0" olduğu için kontrol ünitesi (control logic) tarafından sayıcının sayması engellenir. Kondansatör şarj olduğu anda karşılaştırıcı çıkışı "1" olduğu için kontrol ünitesi tarafından anahtar sürme (switch driver) devresi uyarılarak anahtar V_{ref} konumuna alınır. Kondansatör bu sefer deşarj işlemine geçer.

Karşılaştırıcının çıkışının "1" olduğu anda kontrol ünitesi tarafından sayıcının saymaya başlamasına izin verilmiştir. Sayıcının saymaya başlaması ile anahtarın V_{ref} konumuna alınması aynı zamanda gerçekleşir.



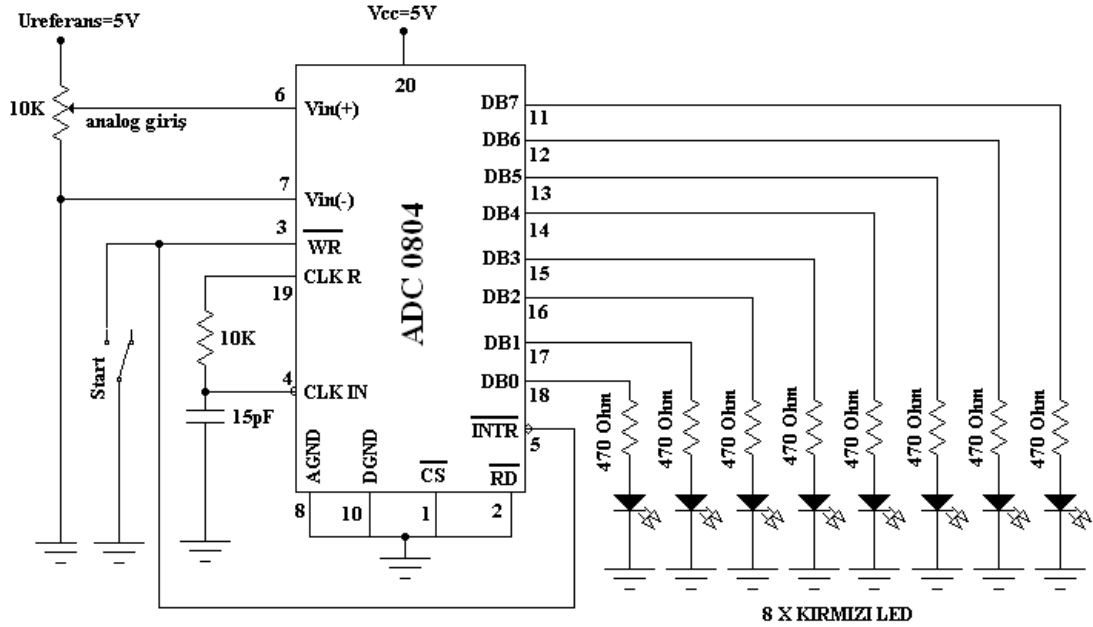
Şekil 3.9: Kondansatörün şarj/deşarj eğrisi

Kondansatörün deşarjı süresince geçen zaman, sayıcı ile tespit edilerek girişe uygulanan analog işaret dijital işarete çevrilmiş olur. Kondansatörün şarj ve deşarj eğrisi Şekil 3.9'da görülmektedir.

UYGULAMA FAALİYETİ

ADC 0804 entegresiyle yapılan analog dijital çevirici (ADC) uygulaması yapınız.

ADC 0804 entegresinin girişine 0-5V arası gerilim uygulanır. Entegrenin analog girişine 0V uygulandığında çıkıştan sekiz bit 00000000 ikili sayı değeri alınır. Giriş gerilimi 0,02V. Olduğunda çıkış 00000001 olur. +5V. Uygulandığında ise çıkış 11111111 olur. Başka bir ifadeyle girişte 0,02V. luk gerilim değişimi çıkış değerini bir basamak değiştirir.



Şekil:3.10.Analog/Dijital çevirici devresi

Malzeme listesi:

- 1 adet ADC 0804 entegre
- 8 adet 470 Ohm direnç
- 8 adet kırmızı led
- 1 adet iki konumlu anahtar
- 1 adet 10K potansiyometre
- 1 adet 10K direnç
- 1 adet 15 pF kondansatör
- 1 adet breadboard
- Çeşitli renklerde bağlantı iletkenleri

İşlem basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Çalışma ortamınızı hazırlayınız. ➤ Şekil 3.10'daki devrenin malzemelerini temin ediniz. ➤ Devreyi breadboard üzerine kurunuz. ➤ Devreye enerji uygulayınız. Start anahtarını şase konumuna alınız. ➤ Analog giriş değerini 0,02V artırarak entegre çıkışlarına bağlı olan ledlerin durumlarını gözleyiniz. ➤ Enerjiyi kestikten sonra devre bağlantılarını sökünüz. Elde ettiğiniz sonuçları arkadaşlarınızla tartışarak değerlendirme testi sonuçları ile birlikte öğretmeninize rapor ediniz. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ İş önlüğünüzü giyiniz. ➤ Çalışma masanızı düzenleyiniz. ➤ Çalıştığınız deney masasının üzerinde deney ile ilgisi olmayan araç-gereç ve malzemeyi kaldırınız. ➤ Malzemeleri öğretmeninizin yönlendirmesine göre temin ediniz. ➤ ADC 0804 entegresiyle ilgili bilgilerinizi gözden geçirin. ➤ Malzemelerin sağlamlığını kontrol ediniz. ➤ Elemanların bread board içerisine tam olarak yerleştiğinden emin olunuz. ➤ Bağlantı iletkenlerini değişik renklerde kullanmanız, devre takibi açısından size kolaylık sağlar. ➤ Öğretmeninize kontrol ettirmeden devreye enerji uygulamayınız. ➤ Entegreye besleme gerilimi uygulamayı unutmayınız. ➤ 0,02V. luk gerilim değişiminin çıkış değerini bir basamak değiştirdiğini gözlemleyiniz. ➤ Öldüğünüz ölçüm sonuçlarını arkadaşlarınızla karşılaştırınız. ➤ Kullandığınız malzemeleri tam ve sağlam olarak teslim ediniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri Evet, kazanamadığınız becerileri Hayır kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Analog ve dijital kavramları biliyor musunuz?		
2. Enkoder ve Op-amp'larla yapılan A/D çeviricilerin çalışma prensibini biliyor musunuz?		
3. Merdiven tipi A/D çeviricilerin çalışma prensibini biliyor musunuz?		
4. Tek eğimli A/D çeviricilerin çalışma prensibini biliyor musunuz?		
5. Çift eğimli A/D çeviricilerin çalışma prensibini biliyor musunuz?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin sonunda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. (...)Analog işaretleri dijital işaretlere çeviren düzenlere analog/dijital çevirici denir.
2. (...)Isı,basınç,ağırlık gibi büyüklükler dijital büyüklüklerdir.
3. (...)Pozitif mantıkta 0 V. dijital sistemde 1'in karşılığıdır.
4. (...)Tek eğimli A/D çevirici,bir testere dişi dalganın rampa fonksiyonu ile analog işaretin karşılaştırılması prensibine göre çalışır.
5. (...)Tek eğimli A/D çeviricide rampa fonksiyonunun lineer olması şart değildir.
6. (...)Tek eğimli A/D çeviricide dijital işarete çevrilecek analog işarete parazit sinyaller olmamalıdır.
7. (...)İntegral alıcı devredeki kondansatörün deşarj süresinden yararlanılarak yapılan A/D çevirici,çift eğimli A/D çeviricidir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-4

AMAÇ

Dijital analog çevirici devrelerini hatasız olarak yapabileceklerdir.

ARAŞTIRMA

- Çevrenizde dijitalden analoga çevrim yapan cihazları araştırınız. Bu çevirme işleminin nasıl gerçekleştiğini sınıfta tartışınız.

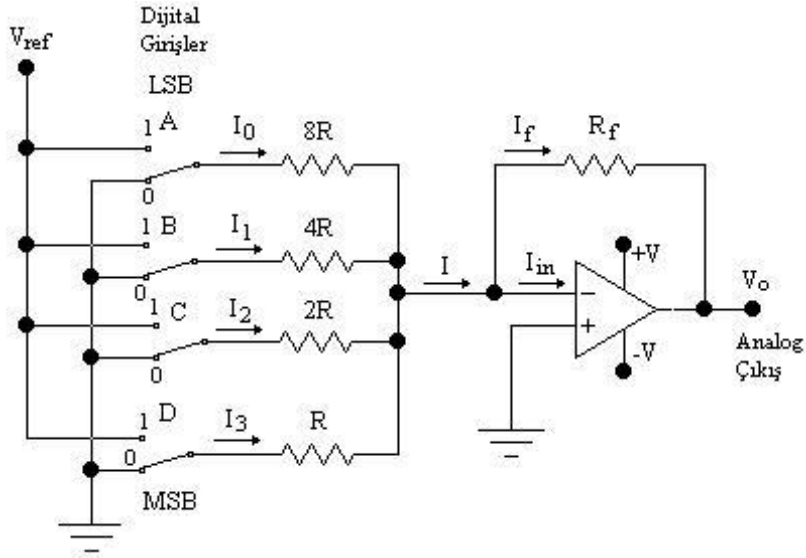
4. DİJİTAL/ANALOG ÇEVİRİCİLER (D/A -DAC)

Dijital özellikli sinyalleri analog sinyallere dönüştüren devrelere D/A çevirici ya da DAC denir. D/A devrelerinin basit yapılı olanlarında op-amplar kullanılır. İki çeşit op-ampli D/A çevirici devresi vardır.

Şimdi bu devreleri inceleyelim.

4.1. Paralel Girişli D/A Çeviriciler (Ağırlık Dirençli D/A Çeviriciler)

Ağırlık dirençli D/A çevirici aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi temel olarak bir toplayıcı devredir. Bazı kaynaklarda “Paralel Girişli D/A Çevirici” olarak da isimlendirilmektedir. Devredeki giriş dirençleri, veri bitlerinin ağırlığına göre seçilmiştir. A en az ağırlıklı bit (LSB) , D ise en ağırlıklı (MSB) bittir. Direnç ve anahtar sayısı veri bilgisindeki bit sayısına eşittir.



Şekil 4.1: Ağırlık dirençli D/A çevirici

Bu devre 4 bitlik bir D/A çevirici devresidir. Anahtarlar lojik durumlara göre anahtarlanırlar. Op-ampın giriş empedansı çok yüksek olduğu için $I_{in} = 0$ dır. Bu nedenle giriş dirençleri üzerinden geçen akımların toplamı I ve dolayısıyla I_f dir.

$I_0 + I_1 + I_2 + I_3 = I_f$ dir. Op-ampın giriş uçları arasındaki gerilim farkı sıfırdır. Çıkış gerilimi, R_f geribesleme direnci üzerindeki gerilimdir.

$$V_0 = -R_f \cdot I_f$$

$$I_0 = V_A / 8R, I_1 = V_B / 4R, I_2 = V_C / 2R, I_3 = V_D / R, I_f = -V_0 / R_f \text{ dir.}$$

Yukarıdaki akım formülünde bu değerleri kullanırsak;

$$V_A / 8R + V_B / 4R + V_C / 2R + V_D / R = -V_0 / R_f \text{ olur.}$$

$$V_0 = -R_f (V_A / 8R + V_B / 4R + V_C / 2R + V_D / R) \text{ Paydalar eşitlenirse;}$$

$$V_0 = -R_f (1 \cdot V_A + 2 \cdot V_B + 4 \cdot V_C + 8 \cdot V_D) / 8R \text{ elde edilir.}$$

$V = V_{ref}$ olduğuna göre;

$$V_0 = \frac{-R_f}{8R} (1 \cdot V_{ref} \cdot A + 2 \cdot V_{ref} \cdot B + 4 \cdot V_{ref} \cdot C + 8 \cdot V_{ref} \cdot D)$$

$$V_0 = \frac{-R_f}{8R} \cdot V_{ref} (8 \cdot D + 4 \cdot C + 2 \cdot B + 1 \cdot A) \text{ yazılabilir.}$$

Son formülden görüldüğü gibi çeviricinin çıkış gerilimi, giriş lojik durumlarının toplamlarının

$$(V_0 = \frac{-R_f}{8R} \cdot V_{ref}) \text{ ile çarpımına eşit bir analog çıkıştır.}$$

Bu çeviricinin kararlılığı çok düşüktür. Dirençlerin toleransları, sıcaklıkta değişim katsayıları sonucu etkiler. Bu nedenle dirençlerin çok kaliteli seçilmesi gerekir.

Örnek 4.1: Ağırlık dirençli bir D/A çevirici devresinde $R_f=1\text{ K}$, $V_{\text{ref}}=5\text{ V}$ ve $R_f=R$ dir. Bu devrenin girişine 1011 değeri uygulanırsa çıkış (V_0) kaç volt olur?

Çözüm : $V_0 = \frac{-R_f}{8R} V_{\text{ref}} (8.D + 4.C + 2.B + 1.A)$ formülü V_0 değerinin formülüdür.

8R

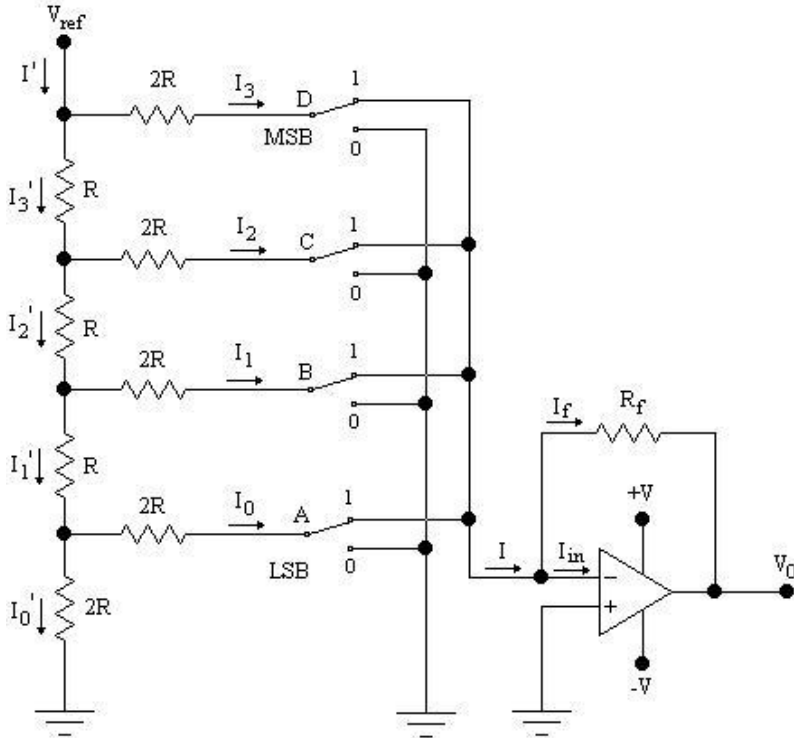
Burada verilenleri formülde yerine koyarsak;

$$V_0 = \frac{-1000}{8.1000} \cdot 5 (8.1 + 4.0 + 2.1 + 1.1) = \frac{5000}{8000} (8+2+1) = -6,875\text{ V}$$

$V_0 = -6,875\text{ V}$ olarak bulunur.

4.2. R-2R Merdiven Tipi D/A Çeviriciler

D/A çeviricilerde en çok kullanılan yöntemdir. Devredeki dirençler birer gerilim bölücü direnç gibi davranırlar. Kararlılığı iyi olan bir devredir. Anahtarlar girişlerin lojik durumlarına göre konum alırlar.



Şekil 4.2: R-2R Merdiven tipi D/A çevirici

Herhangi bir düğüm noktasından ayrılan akımlar birbirine eşittir.

$$I_3 = I_3', I_2 = I_2', I_1 = I_1', I_0 = I_0' \text{ dir.}$$

Op-ampın giriş empedansı çok yüksek olduğu için $I_{in}=0$ kabul edilirse $I=I_f$ dir. Bu durumda çıkış gerilimi $V_0 = -R_f \cdot I_f$ dir.

$$\begin{aligned} I = I_f &= I_3 + I_2 + I_1 + I_0 \\ -V_0 / R_f &= V_D / 2R + V_C / 2R + V_B / 2R + V_A / 2R \\ V_0 &= -R_f (V_D / 2R + V_C / 2R + V_B / 2R + V_A / 2R) \end{aligned}$$

Bu devrede gerilim bölücü dirençlerden dolayı D,C,B,A noktalarının V_{ref} gerilimleri farklıdır.

$$V_D = V_{ref}, V_C = V_{ref}/2, V_B = V_{ref}/4, V_A = V_{ref}/8 \text{ dir.}$$

Bunları yerine koyacak olursak ;

$$V_0 = -R_f \left(\frac{V_{ref} \cdot D}{2R} + \frac{V_{ref}}{2} \cdot C + \frac{V_{ref}}{4} \cdot B + \frac{V_{ref}}{8} \cdot A \right) \text{ eşitliği elde edilir.}$$

$$V_0 = -R_f \left(\frac{V_{ref} \cdot D}{2R} + \frac{V_{ref} \cdot C}{4R} + \frac{V_{ref} \cdot B}{8R} + \frac{V_{ref} \cdot A}{16R} \right) \text{ paydalar eşitlenirse;}$$

$$V_0 = -R_f \left(\frac{8 \cdot V_{ref} \cdot D + 4 \cdot V_{ref} \cdot C + 2 \cdot V_{ref} \cdot B + 1 \cdot V_{ref} \cdot A}{16R} \right)$$

$$V_0 = \frac{-R_f}{16R} (8 \cdot V_{ref} \cdot D + 4 \cdot V_{ref} \cdot C + 2 \cdot V_{ref} \cdot B + 1 \cdot V_{ref} \cdot A)$$

$$V_0 = \frac{-R_f}{16R} V_{ref} \cdot (8 \cdot D + 4 \cdot C + 2 \cdot B + 1 \cdot A) \text{ çıkış eşitliği elde edilmiş olur.}$$

Son eşitlikten görüldüğü gibi çıkış eşitliği giriş lojik durumlarının toplamlarının ($-R_f V_{ref}$) ile çarpımına eşit bir analog çıkıştır $16R$.

Örnek 4.2 : R-2R Merdiven tipi bir D/A çeviricinin geribesleme direnci ve R direnci 1K ve girişine 1001 değeri uygulanınca çıkışta -3,375 V görülüyorsa bu devreye uygulanan V_{ref} gerilimi kaç voltur?

Çözüm :

$V_0 = \frac{-R_f}{16R} V_{ref} \cdot (8 \cdot D + 4 \cdot C + 2 \cdot B + 1 \cdot A)$ formülü merdiven tipi D/A çevirici formülüdür.

$$16R$$

Bu formülde değerleri yerine koyarsak;

$$-3,375 = \frac{-1000}{16 \cdot 1000} V_{ref} \cdot (8 \cdot 1 + 4 \cdot 0 + 2 \cdot 0 + 1 \cdot 1) = \frac{-V_{ref} \cdot 9}{16}$$

$$-V_{ref} = \frac{-3,375 \cdot 16}{9} = \frac{-54}{9} = -6$$

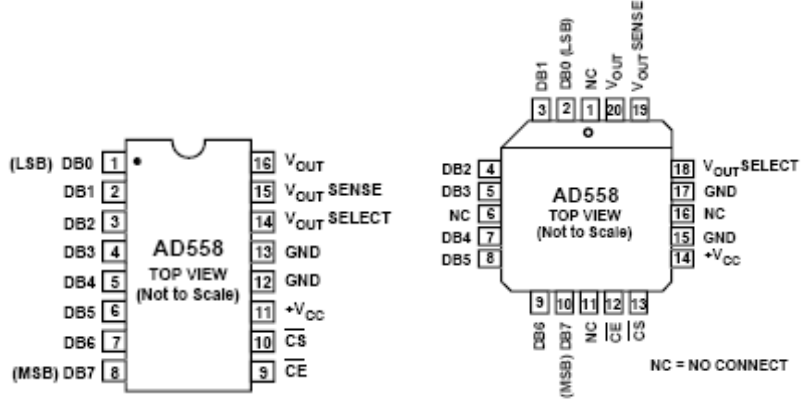
$$V_{ref} = 6 \text{ Volttur.}$$

4.3. Bazı D/A Çevirici Entegreleri

4.3.1. AD558 Entegresi

Şekil 4.3'te ayaklarının dizilişi verilen AD558 entegresi 8 bitlik giriş değerine sahip çıkıştan analog sinyal veren bir entegredir.

Entegrenin besleme gerilimi +5 V ile +15 V arasında olabilir. Çıkış gerilimi ise entegrenin bacaklarının bağlantısına bağlı olarak 0...+2,55 V ile 0...+10 V arasında değişir.



Şekil 4.3: AD558 Entegresinin ayak(pin) bağlantıları.

V_0 noktasında görülecek tam değer 2,55 V ise 14,15 ve 16. ayaklar birleştirilir. Eğer tam değer 10V olması isteniyorsa 15 ile 16 ve 13 ile 14 numaralı ayaklar birleştirilir.

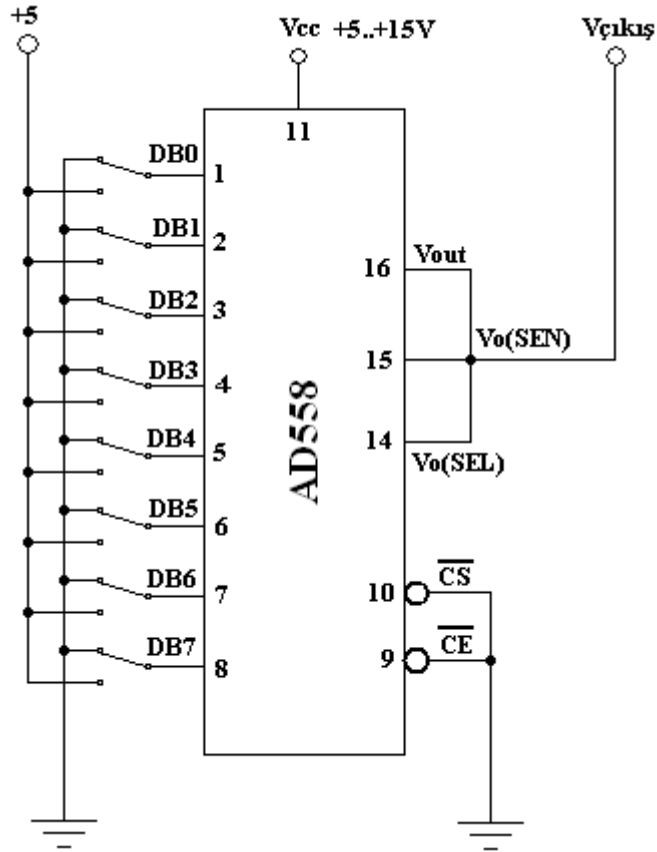
Çıkış geriliminin 0 ile 2,55 V arasında değiştiği durumda besleme gerilimi 5-15 V arası, çıkış geriliminin 0-10 V arasında değiştiği durumda ise 12-15V arasında olmalıdır.

UYGULAMA FAALİYETİ

AD 558 ENTEGRESİYLE YAPILAN DİJİTAL-ANALOG ÇEVİRİCİ (DAC) UYGULAMASI

GİRİŞ	ÇIKIŞ(V)
00000000	
00000001	
00000010	
00000011	
00000100	
00000101	
11111111	

Tablo.4.1. DAC uygulama tablosu



Şekil.4.4. AD558 entegresiyle yapılan DAC devresi

Malzeme listesi:

- 1 adet AD 558 entegre
- 8 adet iki konumlu anahtar
- 1 adet breadboard
- 1 adet dijital voltmetre
- Çeşitli renklerde bağlantı iletkenleri

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Çalışma ortamınızı hazırlayınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ İş önlüğünüzü giyiniz.➤ Çalışma masanızı düzenleyiniz.➤ Çalıştığınız deney masasının üzerinde deney ile ilgisi olmayan araç-gereç ve malzemeyi kaldırınız.
➤ Şekil 4.4'deki devrenin malzemelerini temin ediniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Malzemeleri öğretmeninizin yönlendirmesine göre temin ediniz.➤ AD 558 entegresiyle ilgili bilgilerinizi gözden geçirin.➤ Malzemelerin sağlamlığını kontrol ediniz.
➤ Devreyi breadboard üzerine kurunuz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Elemanların bread board içerisine tam olarak yerleştiğinden emin olun.➤ Bağlantı iletkenlerini değişik renklerde kullanmanız, devre takibi açısından size kolaylık sağlar.
➤ Devreye enerji uygulayınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Öğretmeninize kontrol ettirmeden devreye enerji uygulamayınız.➤ Entegreye besleme gerilimi uygulamayı unutmayınız.
➤ DB0-DB7 anahtarlarının konumlarını tabloda verilen değerlere göre değiştiriniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Her durum için çıkıştaki gerilim değerlerini ölçerek tablo 4.1'e yazınız.
➤ Enerjiyi kestikten sonra devre bağlantılarını sökünüz. Elde ettiğiniz sonuçları arkadaşlarınızla tartışarak değerlendirme testi sonuçları ile birlikte öğretmeninize rapor ediniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Ölçtüğünüz ölçüm sonuçlarınızı arkadaşlarınızla karşılaştırınız.➤ Kullandığınız malzemeleri tam ve sağlam olarak teslim ediniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri Evet, kazanamadığınız becerileri Hayır kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Ağırlıklı dirençli D/A çeviricilerin çalışma prensibini biliyor musunuz?		
2. R-2R merdiven tipi D/A çeviricilerin çalışma prensibini biliyor musunuz?		
3. Devre için gerekli malzemeleri doğru olarak seçebildiniz mi?		
4. Devre bağlantısını doğru olarak yapabildiniz mi?		
5. Deney sonuçlarına göre uygulama tablosunu doldurabildiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Ağırlık dirençli bir D/A çevirici devresinde $V_{ref} = 10 \text{ V}$, $R_f=R= 500 \Omega$ ise bu devreden alınabilecek en yüksek gerilim kaç voltur ?
A) 22,25V B) 18,75V C) 15V D) 24,35V
2. R-2R merdiven tipi bir D/A çevirici devresinde V_0 değeri en fazla -6 V olabilmektedir. Bu devrede $R_f = 800 \Omega$, $R= 1 \text{ K}\Omega$ ise bu devreye uygulanan V_{ref} kaç voltur?
A) 8V B) 12V C) 15V D) 18V
3. R-2R merdiven tipi bir D/A çevirici devresinde $V_{ref} = 5 \text{ V}$, $R_f = 1200 \Omega$, $R= 1 \text{ K}\Omega$ ise bu devreden $-2,625 \text{ V}$ çıkış alabilmek için uygulanan dijital giriş değeri nedir?
A) 0011 B) 0001 C) 0111 D) 1111
4. Dijital/Analog çeviriciler kaç çeşittir?
A) 5 B) 4 C) 3 D) 2

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. $(0,625)_{10}$ sayısının ikili sayı sisteminde karşılığı aşağıdakilerden hangisidir?
A) 0,101 B) 0,111 C) 0,001 D) 0,011
2. $(655,1)_8$ sayısının ikili sayı sisteminde karşılığı aşağıdakilerden hangisidir?
A) 111000001,101 B) 110011000,111
C) 110101101,001 D) 011100110,001
3. $(1001,1)_2$ sayısının sekizli sayı sisteminde karşılığı aşağıdakilerden hangisidir?
A) 21,4 B) 11,4 C) 14,1 D) 41,14
4. $(19,8)_{10}$ sayısının onaltılı sayı sisteminde karşılığı aşağıdakilerden hangisidir.
A) 13C,C B) CC,1C C) 1,3C D) 13,CC
5. Aşağıdaki toplama işlemlerinin karşılığı sırasıyla aşağıdakilerden hangisidir?
$$\begin{array}{r} (1\ 1\ 0)_2 \\ + (1\ 0)_2 \\ \hline \end{array}$$
$$\begin{array}{r} (1\ 0\ 0\ 0)_2 \\ + (0\ 1\ 0\ 1)_2 \\ \hline \end{array}$$
$$\begin{array}{r} (1\ 1\ 0\ 1\ 1)_2 \\ + (1\ 1\ 0\ 1\ 0)_2 \\ \hline \end{array}$$
$$\begin{array}{r} (1\ 0\ 0\ 1)_2 \\ + (1\ 0\ 0\ 1)_2 \\ \hline \end{array}$$


A) 1000 1101 110001 11100
B) 1000 1101 110101 10010
C) 1001 1010 111000 10110
D) 1100 1001 111001 10001

6. Aşağıdaki sembollerden hangisi Veyadeğil kapısına aittir?



7. Aşağıdaki sembollerden hangisi Ve kapısına aittir?



8.  Verilen sembol aşağıda isimleri verilen lojik kapılardan hangisine aittir?

- A) Vedeğil C) VeyaDeğil
B) Değil D) ÖzelVeyaDeğil

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	B
2	D
3	C
4	C
5	A
6	B
7	D

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	C
2	A
3	A
4	C
5	B
6	D

ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	Doğru
2	Yanlış
3	Yanlış
4	Doğru
5	Yanlış
6	Doğru
7	Doğru

ÖĞRENME FAALİYETİ-4'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	B
2	A
3	C
4	D

MODÜL DEĞERLENDİRME CEVAP ANAHTARI

1	A
2	C
3	B
4	D
5	B
6	B
7	D
8	D

KAYNAKÇA

- ARSAN Taner, Rifat ÇÖLKESEN, **Lojik Devre Tasarımı**, İstanbul, 2001.
- ASLAN Recai, **Dijital Elektronik ve Uygulamaları**, İstanbul, 2003.
- BAYRAM Harun, **Dijital Elektronik**, Bursa, 2002.
- CARR Joseph J., **Digital Interfacing With An Analog World**, USA, 1995.
- CLEMENTS Alan, **Bilgisayar Donanımının Temelleri**, Ankara,1994.
- EKİZ Hüseyin, **Sayısal Elektronik**, Sakarya, 2001.
- FLOYD Thomas L., **Digital Fundamentals**, USA, 2000.
- KAHRAMANLI Şirzat, Muciz ÖZCAN, **Lojik Tasarımın Temelleri ve Uygulamaları** , İstanbul,2002.
- KURTULDU Şaban, Mehmet Ali GÜLER, İlhan VARGÖR, **İleri Elektronik Dijital 1**, İzmir, 1985.
- MANO M.Morris, **Digital Logic and Computer Design**, USA, 1979.
- MANO M.Morris, **Sayısal Tasarım**, Ankara, 1994.
- NOWICKI J.R., L.J. ADAM, **Digital Circuits**, Great Britain,1990.
- ÖZDEMİR Ali, **Dijital Elektronik İleri Kumanda Teknikleri**, İstanbul, 2002.
- YARCI Kemal, **Dijital Elektronik**, İstanbul, 2004.