Teknoloji Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü

EE-302
Mikroişlemciler

Analog/Dijital Çevrim Modülü
ADC Uygulamaları

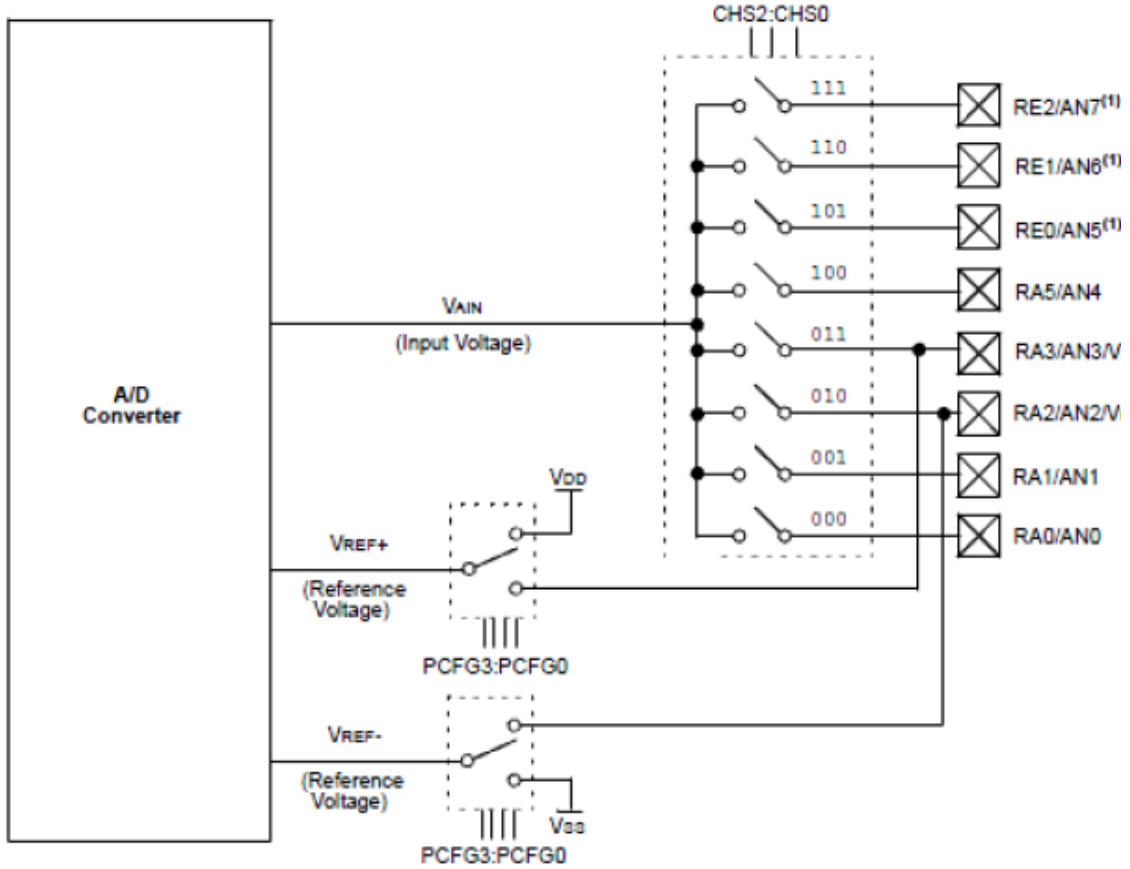
9. Hafta

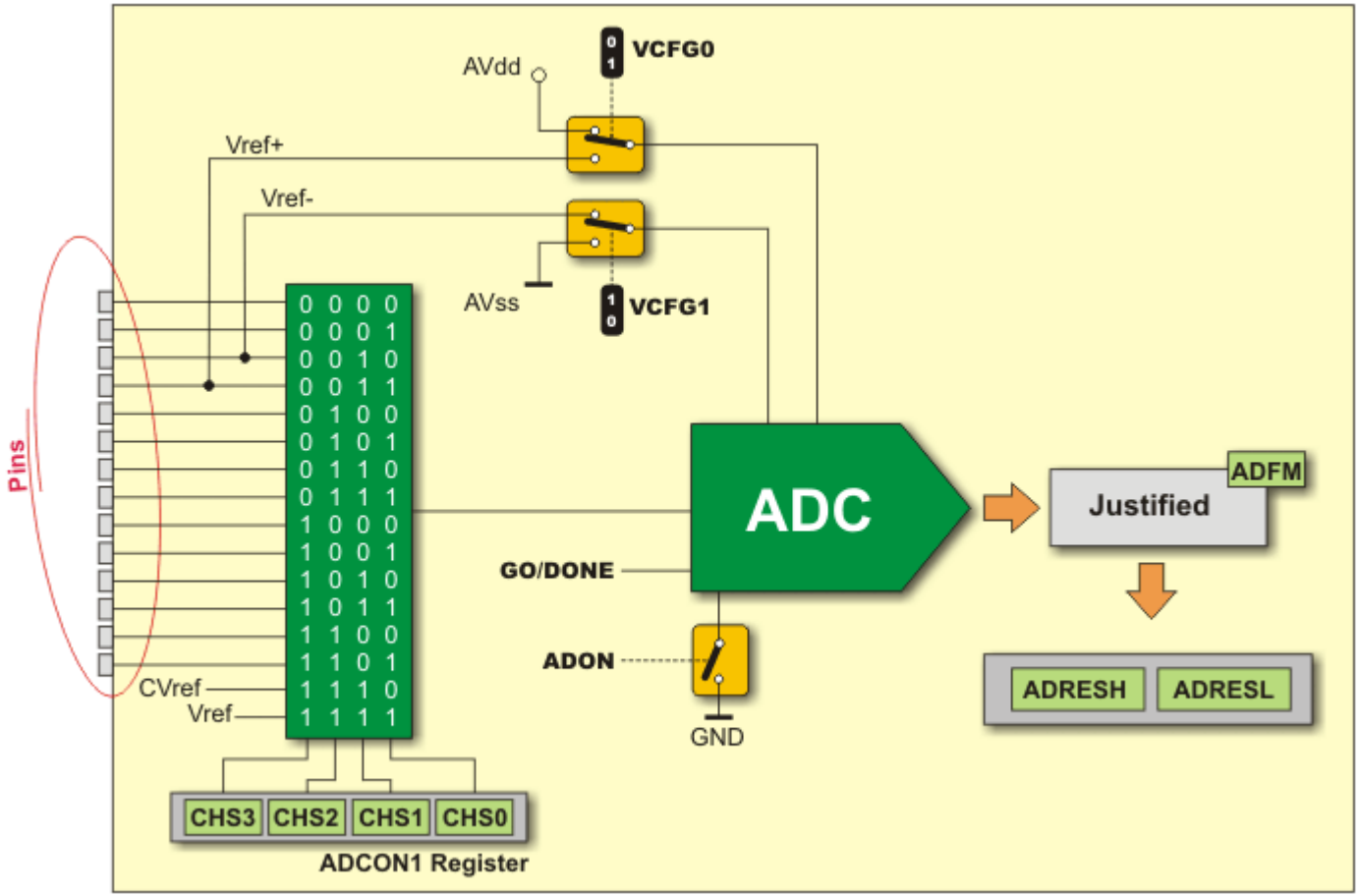
Prof. Dr. Mehmet DEMİRTAŞ

Analog/Dijital (ADC modülü)

- Doğada doğal olarak bulunan tüm sistemler analog düzendedir. Kullandığımız mikrodenetleyiciler ise dijital sistemlerdir. Bu nedenle dış dünya ile iletişim kurmak ve dış dünyadan veri almak - algılama yapmak - için bu iki sistemin bir şekilde birbirini anlaması gereklidir. Bu iş içinde doğada bulunan analog sinyallerin (ısı, ışık, ses, nem vb.) dijital sistemlerin anlayacağı dijital sinyallere çevrilmesi gereklidir. Bu işlem için ADC devreleri ve entegreleri kullanılmaktadır. PIC16F877 mikrodenetleyicisinde ADC modülü bulunmaktadır. Böylece harici bir devre veya entegre kullanmadan analog sinyaller dahili ADC modülü sayesinde dijital sinyallere çevrilebilir. Şekil 1'de PIC16F877'de bulunan ADC modülünün blok diyagramı görülmektedir.

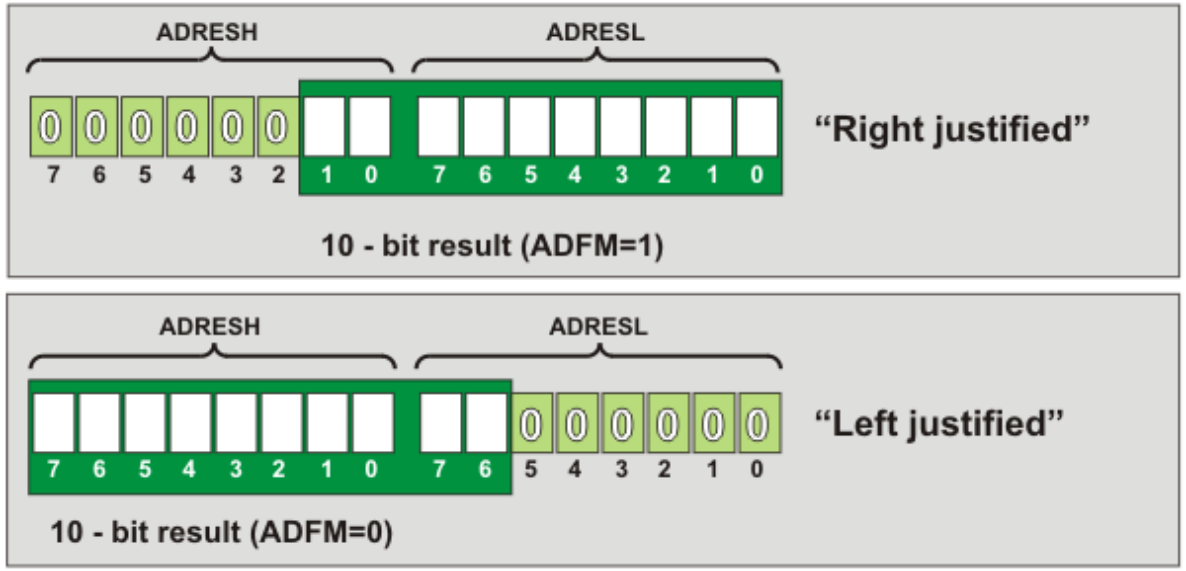
Analog/Dijital (ADC modülü)





Analog/Dijital (ADC modülü)

- PIC16F877 8 ADC giriş ucu (RA0/AN0, RA1/AN1, RA2/AN2, RA3/AN3, RA5/AN4, RE0/AN5, RE1/AN6, RE2/AN7) vardır. ADC modülünün çözünürlüğü 10 bit'tir. ADC birimi için gerekli referans voltajı VDD, Vss, RA2 ve RA3 uçları ve/veya bunların kombinasyonlarından seçilerek elde edilir.
- ADC birimi 4 adet kaydediciye sahiptir. ADC çevrim sonucunun yazıldığı ADRESH (ADRES High Register), ADRESL (ADRES Low Register). ADC birimi kontrol kaydedicileri ise ADCON0 (A/D Control Register0) ve ADCON1'dir (A/D Control Register1).



ADCON0 Register

	R/W (0)	R/W (0)	R/W (0)	R/W (0)	R/W (0)	R/W (0)	(0)	R/W (0)	Features
ADCON0	ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	-	ADON	Bit name
	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	

Legend

R/W	Readable/Writable bit
(0)	After reset, bit is cleared

Bit 7-6 **ADCS1:ADCS0** = A/D Çevrim Clock Seçme Bit'i.

00 = $F_{OSC}/2$
01 = $F_{OSC}/8$
10 = $F_{OSC}/32$
11 = F_{RC} (Dahili RC Osilatör)

Bit 5-3 **CHS2:CHS1** = Analog Sinyal Giriş Kanalı Seçme Bit'i. Seçilen uçtaki sinyalin analog değeri dijital bilgiye çevrilir.

000: Kanal 0, (RA0, AN0)
001: Kanal 1, (RA1, AN1)
010: Kanal 2, (RA2, AN2)
011: Kanal 3, (RA3, AN3)
100: Kanal 4, (RA4, AN4)
101: Kanal 5, (RA5, AN5)
110: Kanal 6, (RA6, AN6)
111: Kanal 7, (RA7, AN7)

ADCON0 Register

	R/W (0)	R/W (0)	R/W (0)	R/W (0)	R/W (0)	R/W (0)	(0)	R/W (0)	Features
ADCON0	ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	-	ADON	Bit name
	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	

Legend

R/W	Readable/Writable bit
(0)	After reset, bit is cleared

Bit 2 **GO/DONE** = A/D Çevrim Durum Bit'i
Eğer ADON bit'i 1 ise;
1: A/D modülü işlem yapıyor. (ADC çevrimine başlamak için ayarlanır.)
0: A/D modülü işlem yapmıyor.(Bu bit ADC çevrimi bitince otomatik olarak 0 olur.)

Bit 1 Kullanılmayan bit. Okunduğunda "0" değeri alınır.

Bit 0 **ADON** = A/D On Bit'i
1: ADC modülü açık
0: ADC modülü kapalı

ADCON1 Register

	R/W (0)				R/W (0)	R/W (0)	R/W (0)	R/W (0)	Features
ADCON1	ADFM	-	-	-	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	Bit name
	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	

Legend

-	Bit is unimlemented
R/W	Readable/Writable bit
(0)	After reset, bit is cleared

Bit 7 **ADFM** = A/D çevirimi sonuç Formatı Yazılma Seçenekleri

1: ADRESH ve ADRESL kaydedicileri 8'er bit'tir. Toplam 16 bit'lik sayıyı muhafaza edebilirler. ADC çevrim sonucu 10 bit'lik sayı olarak bu kaydedicilere yazılır. Bu bit lojik-1 olunca sonuç **sağa dayalı** olarak yazılır. Yani ADRESH kaydedicisi içindeki 6 yüksek değerlikli bit'in değeri 0'dır. Çünkü sonuç sağa dayalı yazılmıştır.

0: ADC çevrim sonucu sola dayalı olarak yazılır. Yani ADRESL kaydedicisi içindeki 6 az değerlikli bit'in değeri 0'dır.

Bit 6-4 = Kullanılmayan bit'ler. Okunduğunda "0" değeri alınır.

ADCON1 Register

	R/W (0)				R/W (0)	R/W (0)	R/W (0)	R/W (0)	Features
ADCON1	ADFM	-	-	-	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	Bit name
	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	

Bit 3-0 **PCFG3:PCFG0** = ADC Analog Uç Ayar Bit'leri. Aşağıdaki tabloda bu bit'lere verilen değerlere göre analog uçların hangilerinin voltaj referans gerilim ucu, hangilerinin analog sinyal giriş ucu olacağı belirlenir.

PCFG <3:0>	AN7	AN6	AN5	AN4	AN3	AN2	AN1	AN0	VREF+	VREF-	C/R
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	8/0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5/0
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	VSS	3/0
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	AN3	VSS	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	—	—	0/0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	6/0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	5/1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	4/2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	3/2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	VSS	1/0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	AN3	AN2	1/2

A = Analog input D = Digital I/O
C/R = # of analog input channels/# of A/D voltage references

ADCON1 Register

PCFG <3:0>	AN7	AN6	AN5	AN4	AN3	AN2	AN1	AN0	VREF+	VREF-	C/R
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	8/0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5/0
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	VSS	3/0
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	AN3	VSS	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	—	—	0/0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	6/0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	5/1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	4/2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	3/2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	VSS	1/0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	AN3	AN2	1/2

A = Analog input D = Digital I/O

C/R = # of analog input channels/# of A/D voltage references

Analog/Dijital (ADC modülü)

- 10 bit'lik bir ADC en fazla 2^{10} = 1024 adet değer ile bir analog işareti örnekleyebilir. ADC biriminin elde ettiği dijital bilginin bit sayısı ADC modülünün çözünürlüğünü ifade eder. Çözünürlük ne kadar yüksekse o kadar iyi bir dönüşüm yapılır. Örneğin; ADC'nin dijital bilgiye çevireceği sinyalin maksimum gerilim değeri yani belirlenen V_{REF} değeri 5V ise ADC **adım büyüklüğü** şu şekilde hesaplanır.

$$\text{Adım Büyüklüğü} \quad \frac{\text{Sinyalin Maksimum Gerilim Değeri}}{2^{\text{ADC Bit Sayısı}}} \quad \frac{5V}{2^{10}} \quad \frac{5}{1024} \quad 0,0048828125V$$

- Dijital çıkış değerlerini (10 bit'lik ADC için) Tablo'da daha iyi görebilirsiniz. 10 bit'lik ADC için, dijital değer 0000000000 (desimal 0)'dan başlar 1111111111 (desimal 1023)'e kadar gider. 0'dan başlandığı için son değer 1024 değil 1023 olur.

Analog/Dijital (ADC modülü)

Analog Giriş (V)	Sayısal Bilgi Karşılığı
0,00	0000000000
0,0048828125	0000000001
0,009765625	0000000010
0,146484375	0000000011
0,01953125	0000000100
0,0244140625	0000000101
...	...
...	...
...	...
4,9951171875	1111111111

- ADC biriminin analog uçlarına gelen sinyalin gerilim değerini hesaplamak içinse aşağıdaki formül kullanılır.
- ADC Girişine Gelen Sinyal Gerilimi=Sayısal Çıkış Değerinin Desimal Değeri x Adim Büyüklüğü
- Örnek olarak 10 bit'lik ADC ucuna gelen analog sinyalin dijital karşılığı çevrim sonucunda 1000000000 olarak bulunduysa. Bu dijital bilginin gerilim değeri verilen formüle göre aşağıda gösterildiği gibi hesaplanır.
- ADC Girişine Gelen Sinyalin Gerilimi=512 (binary olarak 1000000000)x0,0048828125= 2,5V

- **A/D Kesmesi**
- ADC birimi için ayni zamanda birde kesme mevcuttur. ADC işlemi bitince istenirse kesme meydana getirtilebilir. #INT_AD kesmesi, ADC birimi analog sinyali dijital bilgiye çevirme işlemini bitirince meydana gelir.
- **SETUP_ADC ( ) FONKSIYONU**
- Bu fonksiyon ile A/D biriminin mod ayarı yapılır. ADC'nin kapalı olup olmayacağı, ADC frekansı olarak mikrodenetleyicinin kendi frekansını mı? yoksa dışarıdan bir giriş frekansını mı? kullanacağını, ADC işlemi için denetleyicinin kendi frekansını kullanacaksa bu frekansı kaça bölerek kullanacağı gibi işlemleri belirlemek için kullanılır. Kullanılacak "mod " seçenekleri mikrodenetleyici modeline göre değişebilir. Kullanılan mikrodenetleyicinin tanıtım dosyasında (16f877.h gibi) bu mod seçeneklerine bakılarak kullanılabilecek komutlar öğrenilir.

- setup_adc (mod);
- setup_adc(ADC_OFF); // ADC biriminin kullanılmayacağını belirtir.
- setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL); // ADC çalışma frekansı mikrodenetleyicinin içindeki RC osilatörden olacağını belirtir.
- setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_2); //ADC çalışma frekansı f_{ADC}= fosc / 2
- setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_8); //ADC çalışma frekansı f_{ADC}= fosc / 8
- setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_32); //ADC çalışma frekansı f_{ADC}= fosc / 32

- **SETUP_ADC_PORTS ( )**
- ADC birimine sahip PIC mikrodenetleyicilerinde sadece A/D çevrimi için kullanılan özel giriş port'ları yoktur. Genel giriş/çıkış port'ları hem normal kullanım hem de A/D çevrimi için kullanılır. Fakat A/D çevrimi için denetleyicide hangi pin'lerin kullanılacağı bellidir. Programcının yapması gereken bu pin'lerden hangisinin A/D çevriminde analog giriş için kullanılacağı hangisinin de normal dijital giriş/çıkış işlemi için kullanılacağını derleyiciye bildirmesidir. Bu fonksiyon ile kullanılacak analog giriş pin'leri derleyiciye bildirilir. Ayni zamanda bu komut ile A/D çevriminde kullanılacak V_{REF} voltaj girişi belirlenir.
- **setup_adc_ports (sabit tanım);**

- **SETUP_ADC_PORTS ( )**
- **ALL_ANALOG** = Denetleyicide A/D çevrimi için ayrılan tüm pin'lerin analog giriş için kullanılacağını ve V_{DD} beslemesinin $+V_{REF}$ olarak, $-V_{REF}$ olarak da Vss beslemesinin kullanılacağını belirtir.
- **NO_ANALOGS** = Denetleyicide A/D çevrimi için ayrılan hiçbir pin'in analog giriş için kullanılmayacağını belirtir.
- **AN0_AN1_AN2_AN4_AN5_AN6_AN7 _VSS_VREF** = RA0, RA1, RA2, RA5, RE0, RE1, RE2 girişlerinin analog giriş olacağını, $+V_{REF}$ olarak RA3 pin'inden alınan sinyalin, $-V_{REF}$ olarak da Vss beslemesinin kullanılacağını belirtir.
- **AN0_AN1_AN2_AN3_AN4** = RA0, RA1, RA2, RA3, RA5 girişlerinin analog giriş olacağını ve V_{DD} beslemesinin $+V_{REF}$ olarak, $-V_{REF}$ olarak da Vss beslemesinin kullanılacağını belirtir.

- **SETUP_ADC_PORTS ( )**
- **AN0_AN1_AN2_AN4_VSS_VREF** = RA0, RA1, RA2, RA5 girişlerinin analog giriş olacağını ve RA3 pin'inden alınan sinyalin $+V_{REF}$ olarak kullanılacağını, $-V_{REF}$ olarak da Vss beslemesinin kullanılacağını belirtir.
- **AN0_AN1_AN3** = RA0, RA1, RA3 girişlerinin analog giriş olacağını ve V_{DD} beslemesinin $+V_{REF}$ olarak, $-V_{REF}$ olarak da Vss beslemesinin kullanılacağını belirtir.
- **AN0_AN1_VSS_VREF** = RA0, RA1 girişlerinin analog giriş olacağını, $+V_{REF}$ olarak RA3 pin'inden alınan sinyalin, $-V_{REF}$ olarak da Vss beslemesinin kullanılacağını belirtir.
- **AN0_AN1_AN4_AN5_AN6_AN7_VREF_VREF** = RA0, RA1, RA5, RE0, RE1, RE2 girişlerinin analog giriş olacağını, $+V_{REF}$ olarak RA3 pin'inden alınan sinyalin, $-V_{REF}$ olarak da RA2 pin'inden alınan sinyalin kullanılacağını belirtir .

- **SETUP_ADC_PORTS ( )**
- **AN0_AN1_AN2_AN3_AN4_AN5** = RA0, RA1, RA2, RA3, RA5, RE0 girişlerinin analog giriş olacağını ve V_{DD} beslemesinin $+V_{REF}$ olarak, $-V_{REF}$ olarak da Vss beslemesinin kullanılacağını belirtir.
- **AN0_AN1_AN2_AN4_AN5_VSS_VREF** = RA0, RA1, RA2, RA5, RE0 girişlerinin analog giriş olacağını ve RA3 pin'inden alınan sinyalin $+V_{REF}$ olarak kullanılacağını $-V_{REF}$ olarak da Vss beslemesinin kullanılacağını belirtir.
- **AN0_AN1_AN4_AN5_VREF_VREF** = RA0, RA1, RA5, RE0 girişlerinin analog giriş olacağını $+V_{REF}$ olarak RA3 pin'inden alınan sinyalini $-V_{REF}$ olarak da RA2 pin'inden alınan sinyalin kullanılacağını belirtir.
- **AN0_AN1_AN4_VREF_VREF** = RA0, RA1, RA5 girişlerinin analog giriş olacağını $+V_{REF}$ olarak RA3 pin'inden alınan sinyalin $-V_{REF}$ olarak da RA2 pin'inden alınan sinyalin kullanılacağını belirtir.

- **SETUP_ADC_PORTS ( )**
- **AN0_AN1_VREF_VREF** = RA0, RA1 girişlerinin analog giriş olacağını $+V_{REF}$ olarak RA3 pin'inden alınan sinyalin, $-V_{REF}$ olarak da RA2 pin'inden alınan sinyalin kullanılacağını belirtir.
- **AN0** = RA0 girişinin analog giriş olacağını ve V_{DD} beslemesinin $+V_{REF}$ olarak, $-V_{REF}$ olarak da Vss beslemesinin kullanılacağını belirtir.
- **AN0_VREF_VREF** = RA0 girişinin analog giriş olacağını $+V_{REF}$ olarak RA3 pin'inden alınan sinyalin $-V_{REF}$ olarak da RA2 pin'inden alınan sinyalin kullanılacağını belirtir.
- setup_adc_ports(NO_ANALOGS); // Hiçbir giriş analog değil.
- setup_adc_ports(AN0_AN1_VSS_VREF); //RA1, RA2 analog RA3 $+V_{REF}$

- **SET_ADC_CHANNEL ( ) FONKSIYONU**
- Analog - Dijital çevrim yapılacak kanal seçimini yapan fonksiyondur. Analog sinyali dijital sinyale çevir komutu geldiğinde mikrodenetleyicinin hangi girişteki (kanaldaki) analog sinyali dijital bilgiye çevireceğini bilmesi gerekir.
- set_adc_channel (kanal);
- Bu fonksiyonda kanal kısmına 0,1,2, diye kanal numaraları yazılır. Her numara kullanılan mikrodenetleyicinin bilgi kitabında (data sheet) pin diyagramı kısmında (AN0, AN1, AN2, ... diye) görülebilir. Her rakam o kanalın sadece numarasını ifade eder. Yani AN2 kanalını ifade etmek için fonksiyonda kanal kısmına 2 yazılır. Örneğin PIC16F877'nin pin diyagramına baktığımızda;
- 0= RA0/AN0 pin'ini, 1= RA1/AN1 pin'ini, 2= RA2/AN2 pin'ini, 3= RA3/AN3 pin'ini, 4= RA5/AN4 pin'ini, 5= RE0/AN5 pin'ini, 6= RE1/AN6 pin'ini, 7= RE2/AN7 pin'ini ifade eder.
- set_adc_channel(2); // AN2 ucundaki analog girişinin dijitale çevrileceğini bildirir.

- **SET_ADC_CHANNEL ( ) FONKSIYONU**
- Belirtilen ayni kanalda (pin'de) her okuma yapmada yeniden bu fonksiyonu kullanmaya gerek yoktur. Her okuma komutunda denetleyici en son bildirilen kanaldaki analog sinyali dijitale çevireceğini bilir. Başka bir kanaldaki (pin'deki) analog sinyali dijitale çevirmek istediğimizde tekrardan bu fonksiyonu kullanarak yeni okunacak kanalı denetleyiciye bildirmemiz gerekmektedir. Bir ADC okuma işlemi bitmeden kanal değiştirme işlemi yapmamalıyız. Bunun için okuma komutundan sonra, ADC çevriminin yapılabilmesi için yaklaşık 10-20 μsn'lik bir gecikme vermek veya ADC çevrim işleminin bitip bitmediğini kontrol etmek gereklidir.

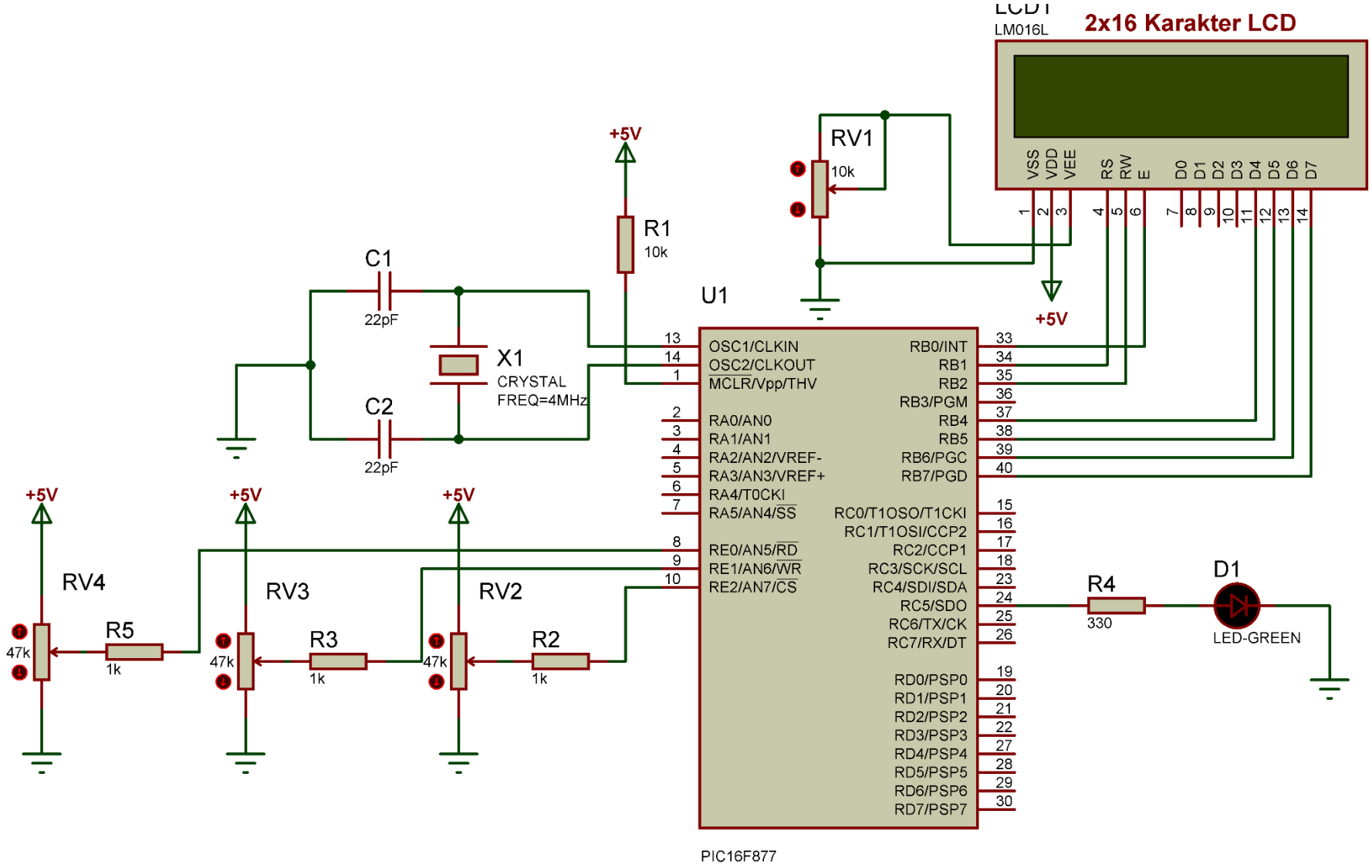
- **READ_ADC ( ) FONKSIYONU**
- Bu fonksiyon belirtilen kanaldan alınan sinyalin dijital bilgi karşılığını okur ve o değerle geri döner. Önceden anlatılan "setup_adc( ), setup_adc_ports( ), set_adc_channel( )" fonksiyonlarının önceden tanımlanması gerekmektedir.
- değişken ismi = read_adc( );
- setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);
- setup_adc_ports(ALL_ANALOG);
- set_adc_channel(1);
- bilgi=read_adc( );
- Yukarıdaki örnekte AN1 girişindeki analog sinyal dijitale çevriliyor ve "bilgi" adındaki değişkene aktarılıyor.
- READ_ADC( ) fonksiyonunda, parantez içine belli ''mod'' sabitleri de yazılarak kullanılabilir.

- **READ_ADC ( ) FONKSIYONU**
- read_adc (ADC_START_AND_READ); //Normal kullanımdır. Hiçbir yazılmasa bu mod yazılmış gibidir. ADC işlemine başlar ve çevrimi yapar.
- read_adc (ADC_START_ONLY); // Sadece AD çevrimi işlemini yapar.
- read_adc (ADC_READ_ONLY); // Son çevrim işlemi sonucunu okur ve o değerle geri gelir.

- Örn: bilgi=read_adc (ADC_READ_ONLY); // Son ADC çevrimi sonucunu okur.

- **#DEVICE ADC=X KOMUTU**
- Kullanılan mikrodenetleyicinin özelliğine göre ADC modülünün kaç bit olduğu (8 bit, 10 bit, 11 bit, 16 bit) değişir. Örneğin PIC16F877 denetleyicisinde 10 bit'lik A/D modülü vardır. Fakat biz programımızda A/D biriminin 8 bit'lik olarak işlem görmesinin isteyebiliriz. Bu komut bu amaç için kullanılır. Eğer biz derleyiciye kullanılacak A/D modülünün bit sayısını vermesek, derleyici otomatik olarak bir değer atar. Derleyiciye kullanılacak ADC'nin kaç birlik olacağını bildirmek için programın başına aşağıdaki komutlardan biri yazılmalıdır. Bu komutları programa denetleyici dosyasının tanıtım komutundan (#include <16f877.h>) sonra yazılmalıdır.
- #DEVICE ADC=8, #DEVICE ADC=10, #DEVICE ADC=11, #DEVICE ADC= 16

Örnek Programlar (ADC Uygulaması_1)



Örnek Programlar (ADC Uygulaması_1)

```
#include <16f877.h>
#device ADC=10
#fuses XT,NOWDT
#use delay (clock=4000000)
#use fast_io(c)
#use fast_io(e)
#define use_portb_lcd TRUE
#include <lcd.c>

#INT_AD                 // ADC çevrimi bitti kesmesi
void ADC_Kesmesi ( )
{
   output_high(pin_c5);  // RC5 çıkışı 1
   delay_ms(200);
   output_low(pin_c5);   // RC5 çıkışı 0
}
unsigned long int bilgi;
float voltaj;

void main ( )
{
```

Örnek Programlar (ADC Uygulaması_1)

```
20  void main ( )
21  {
22     setup_psp(PSP_DISABLED);         // PSP birimi devre dışı
23     setup_timer_1(T1_DISABLED);      // T1 zamanlayıcısı devre dışı
24     setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1); // T2 zamanlayıcısı devre dışı
25     setup_CCP1(CCP_OFF);             // CCP1 birimi devre dışı
26     setup_CCP2(CCP_OFF);             // CCP2 birimi devre dışı
27
28     set_tris_c(0x00);  // C portu komple çıkış
29     set_tris_e(0x0F);  // E portu komple giriş
30
31     output_c(0x00);    // C portu çıkışını sıfırla
32
33     setup_adc(adc_clock_div_32);   // ADC clock frekansı fosc/32
34     setup_adc_ports(ALL_ANALOG);   // Tüm AN girişleri analog
35     enable_interrupts(INT_AD);     // AD çevrimi bitti kesmesi tanıtılıyor
36     enable_interrupts(GLOBAL);     // Tüm kesmeler aktif
37
38     lcd_init();                          // LCD hazır hale getiriliyor
39
```

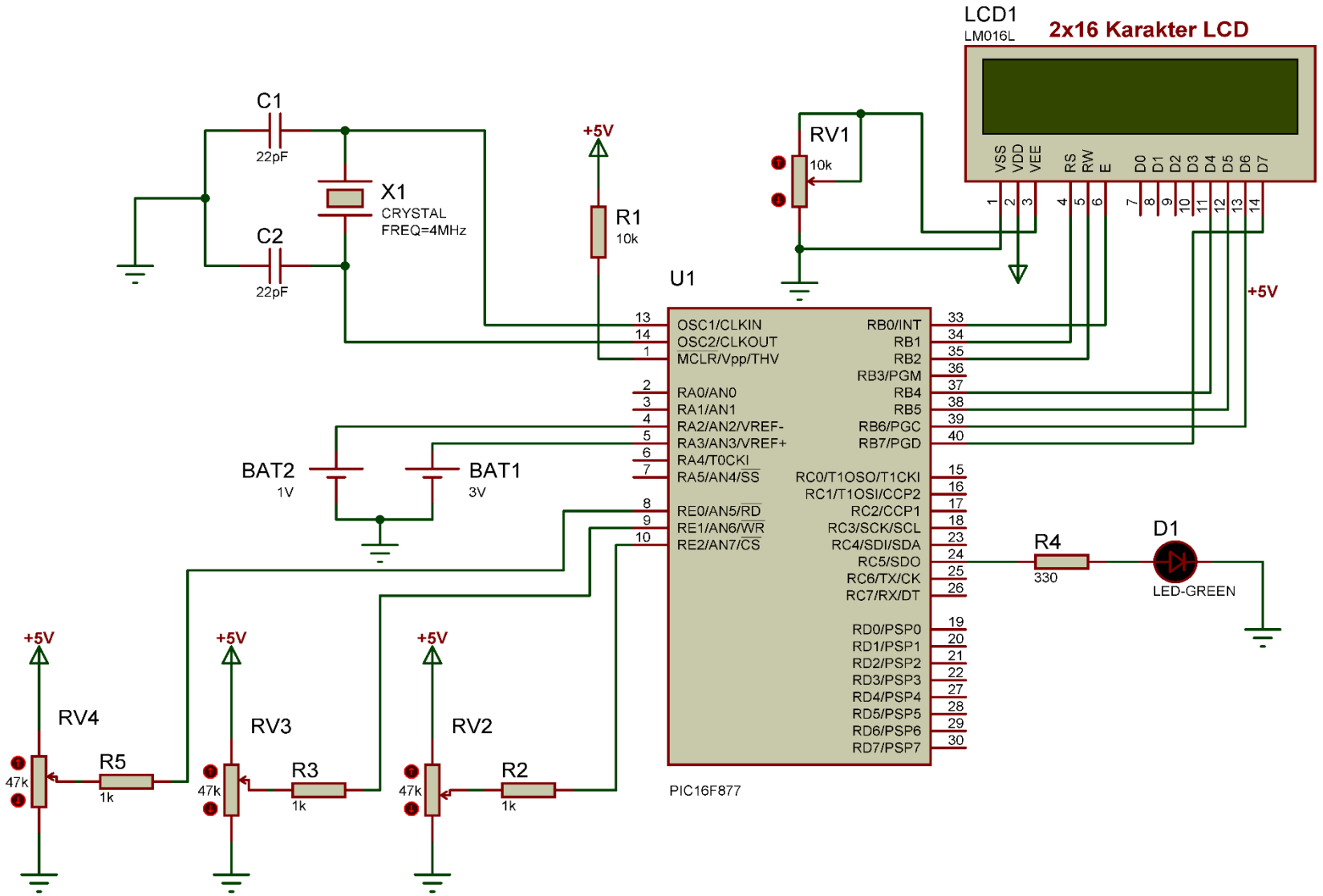
Örnek Programlar (ADC Uygulaması_1)

```
40    printf(lcd_putc,"\f ADC UYGULAMASI "); // LCD'ye yazı yazdırılıyor
41    delay_ms(1500);
42
43    while(1)   // sonsuz döngü
44    {
45       set_adc_channel(5);   // RE0/AN5 ucundaki sinyal A/D işlemine ta
46       delay_us(20);         // Kanal seçiminde sonra bu bekleme süresi
47       bilgi=read_adc();     // ADC sonucu okunuyor ve bilgi değişkenir
48
49       voltaj=0.0048828125*bilgi;   // Dijitale çevirme işlemine uğraya
50
51       printf(lcd_putc,"\fAN5 Kanali");
52       delay_ms(1500);
53       printf(lcd_putc,"\fDijital=%lu",bilgi); // AN5 ucundaki sinyalir
54       printf(lcd_putc,"\nVoltaj=%fV",voltaj); // AN5 ucundaki sinyalir
55       delay_ms(2500);
56
57       set_adc_channel(6);   // RE1/AN6 ucundaki sinyal A/D işlemine ta
58       delay_us(20);         // Kanal seçiminde sonra bu bekleme süresi
59       bilgi=read_adc();     // ADC sonucu okunuyor ve bilgi değişkenir
60
```

Örnek Programlar (ADC Uygulaması_1)

```
60
61          voltaj=0.0048828125*bilgi;  // Dijitale çevirme
62
63          printf(lcd_putc,"\fAN6 Kanali");
64          delay_ms(1500);
65          printf(lcd_putc,"\fDijital=%lu",bilgi);  // AN6
66          printf(lcd_putc,"\nVoltaj=%fV",voltaj);  // AN6
67          delay_ms(2500);
68
69          set_adc_channel(7);    // RE2/AN7 ucundaki sinya
70          delay_us(20);          // Kanal seçiminde sonra
71          bilgi=read_adc();      // ADC sonucu okunuyor ve
72
73          voltaj=0.0048828125*bilgi;  // Dijitale çevirme
74
75          printf(lcd_putc,"\fAN7 Kanali");
76          delay_ms(1500);
77          printf(lcd_putc,"\fDijital=%lu",bilgi);  // AN7
78          printf(lcd_putc,"\nVoltaj=%fV",voltaj);  // AN7
79          delay_ms(2500);
80      }
81  }
```

Örnek Programlar (ADC Uygulaması 2)



Örnek Programlar (ADC Uygulaması_2)

```
1  #include <16f877.h>
2  #device ADC=10
3  #fuses XT,NOWDT
4  #use delay (clock=4000000)
5  #use fast_io(c)
6  #use fast_io(e)
7  #define use_portb_lcd TRUE
8  #include <lcd.c>
9
10 #INT_AD                  // ADC çevrimi bitti kesmesi
11 void ADC_Kesmesi ( )
12 {  output_high(pin_c5);  // RC5 çıkışı 1
13    delay_ms(200);
14    output_low(pin_c5);   // RC5 çıkışı 0
15 }
16
17 unsigned long int bilgi;
18 float voltaj;
19
20 void main ( )
```

Örnek Programlar (ADC Uygulaması 2)

```
20  void main ( )
21  {  setup_psp(PSP_DISABLED);         // PSP birimi devre dışı
22     setup_timer_1(T1_DISABLED);      // T1 zamanlayıcısı devre dışı
23     setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1); // T2 zamanlayıcısı devre dışı
24     setup_CCP1(CCP_OFF);             // CCP1 birimi devre dışı
25     setup_CCP2(CCP_OFF);             // CCP2 birimi devre dışı
26
27     set_tris_c(0x00);  // C portu komple çıkış
28     set_tris_e(0x0F);  // E portu komple giriş
29
30     output_c(0x00);    // C portu çıkışını sıfırla
31
32     setup_adc(adc_clock_div_32);   // ADC clock frekansı fosc/32
33     setup_adc_ports(AN0_AN1_AN4_AN5_AN6_AN7_VREF_VREF);   //ADC girişleri ayarlanıyor
34     enable_interrupts(INT_AD);     // AD çevrimi bitti kesmesi tanıtılıyor
35     enable_interrupts(GLOBAL);     // Tüm kesmeler aktif
36
37     lcd_init();                          // LCD hazır hale getiriliyor
38
39     printf(lcd_putc,"\f ADC UYGULAMASI "); // LCD'ye yazı yazdırılıyor
40     delay_ms(1500);
41
```

Örnek Programlar (ADC Uygulaması_2)

```
42  while(1)   // sonsuz döngü
43  {  set_adc_channel(5);   // RE0/AN5 ucundaki sinyal A/D işlemine tab
44     delay_us(20);         // Kanal seçiminde sonra bu bekleme süresi
45     bilgi=read_adc();     // ADC sonucu okunuyor ve bilgi değişkenine
46
47     voltaj=1+(0.001953125*bilgi);   // Dijitale çevirme işlemine uğra
48
49     printf(lcd_putc,"\fAN5 Kanali");
50     delay_ms(1500);
51     printf(lcd_putc,"\fDijital=%lu",bilgi); // AN5 ucundaki sinyalin
52     printf(lcd_putc,"\nVoltaj=%fV",voltaj); // AN5 ucundaki sinyalin
53     delay_ms(2500);
54
55     set_adc_channel(6);   // RE1/AN6 ucundaki sinyal A/D işlemine tab
56     delay_us(20);         // Kanal seçiminde sonra bu bekleme süresi
57     bilgi=read_adc();     // ADC sonucu okunuyor ve bilgi değişkenine
58
59     voltaj=1+(0.001953125*bilgi);  // Dijitale çevirme işlemine uğray
60
```

Örnek Programlar (ADC Uygulaması_2)

```
60
61          printf(lcd_putc,"\fAN6 Kanali");
62          delay_ms(1500);
63          printf(lcd_putc,"\fDijital=%lu",bilgi);  // AN6 ucundaki s
64          printf(lcd_putc,"\nVoltaj=%fV",voltaj);  // AN6 ucundaki s
65          delay_ms(2500);
66
67          set_adc_channel(7);    // RE2/AN7 ucundaki sinyal A/D işler
68          delay_us(20);          // Kanal seçiminde sonra bu bekleme
69          bilgi=read_adc();      // ADC sonucu okunuyor ve bilgi değ
70
71          voltaj=1+(0.001953125*bilgi);  // Dijitale çevirme işlemi
72
73          printf(lcd_putc,"\fAN7 Kanali");
74          delay_ms(1500);
75          printf(lcd_putc,"\fDijital=%lu",bilgi);  // AN7 ucundaki s
76          printf(lcd_putc,"\nVoltaj=%fV",voltaj);  // AN7 ucundaki s
77          delay_ms(2500);
78      }
79  }
```

Kaynaklar

- CCS C Programlama Kitabı, Serdar Çiçek, Altaş Yayıncılık
- Mikroelektronika C programlama e-kitabı «https://www.mikroe.com/ebooks/pic-microcontrollers-programming-in-c»