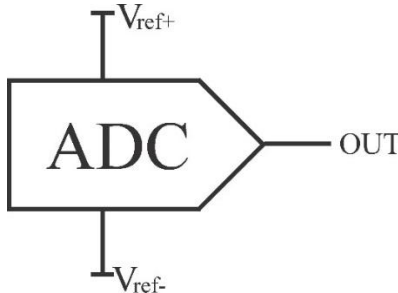


Senzor osvetljenja APDS 9005

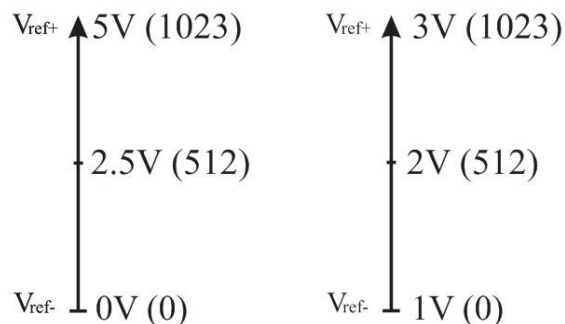
A/D konvertori su komponente koje vrše proces pretvaranja analognog (kontinualnog) signala u digitalni (diskretni).



Slika 1: Simbol A/D konvertora

A/D konvertor koji se nalazi u mikrokontroleru PIC18F25K22 je 10-bitni, što znači da može da detektuje 1024 diskretnih nivoa (2^{10}).

Da bi došlo do konverzije, potrebno je definisati referentne napone (slika 1). V_{ref+} predstavlja maksimalni napon koji A/D konvertor može da meri, dok je V_{ref-} minimalan napon. Referentni naponi mogu biti razni, za V_{ref+} to može biti neki spoljašnji napon, predefinisani interni napon ili napon sa pina. Za V_{ref-} može biti napon sa pina ili GND. Na osnovu ovako definisanih referentnih napona, zavisi i očitavanje izlaznih podataka A/D konvertora (u bitima ili voltima, zavisi od očitavanja). Ako je očitana vrednost iz A/D konvertora u bitima, potrebno je da se zna koliko je to u voltima.



Slika 2: Prikaz očitanih vrednosti sa A/D konvertora

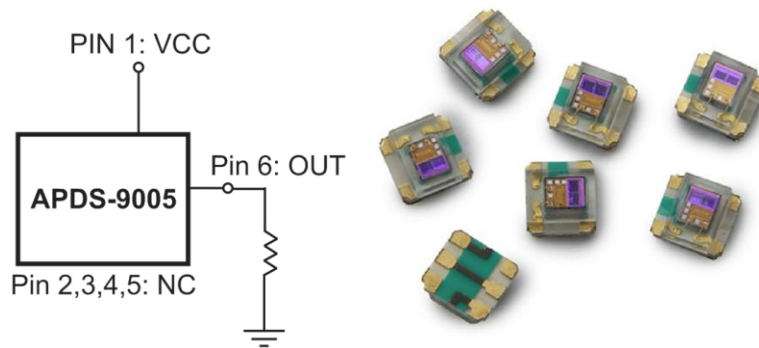
Za slučaj da su očitane vrednosti na polovini skale (512, za 10-bitni konvertor), vrednost konvertovanja se može lako izračunati. Kada se radi o traženju nekih drugih vrednosti, to se lako može izračunati preko proporcije:

$$V_{ref} : 1024 = X_V : A$$

$$X_V = \frac{V_{ref} \cdot A}{1024}$$

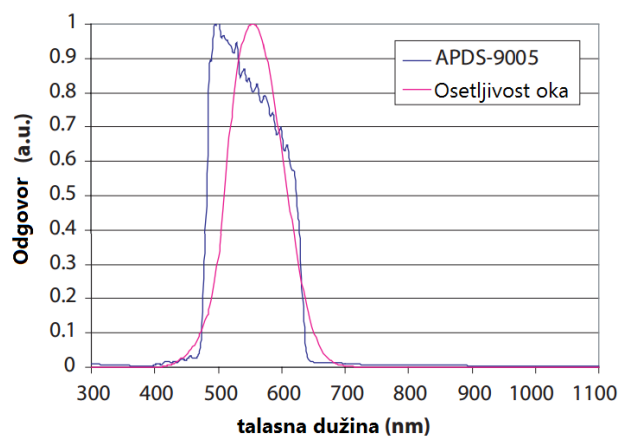
gde je A izmerena vrednost u bitima, a nX_V izmerena vrednost u voltima.

Moguć napon napajanja je od 1.8 V do 5.5 V. Ovaj senzor ima šest pinova, od kojih su za vezu iskorišćeni prvi pin koji služi za napajanje i šesti pin za izlaz. Ostali pinovi su NC, što znači da nisu povezani (*not connected*). Primer standardnog povezivanja je prikazan na sledećoj slici. Preporučena vrednost otpornika R_{LOAD} je 1 k Ω .



Slika 3: Standardno povezivanje APDS-9005 senzora

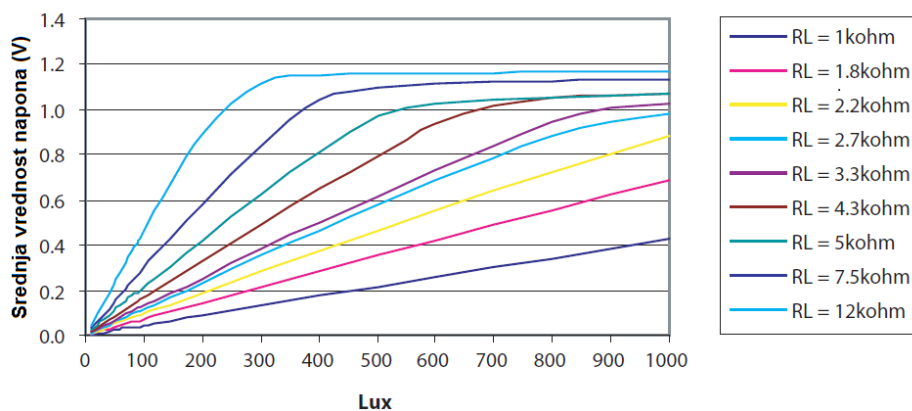
Spektralna osetljivost predstavlja relativnu osetljivost detekcije bilo kakvog signala, u funkciji zavisnosti od frekvencije, odnosno talasne dužine signala. U vizuelnoj neurohirurgiji, spektralna osetljivost se koristi kako bi opisala različite karakteristike fotopigmenta u mrežnjači oka. Čoveče oko nije podjednako osetljivo na svetlost svih boja. Međutim, kriva spektralne osetljivosti oka zavisi od vrste viđenja, tj. od sjajnosti vidnog polja. Utvrđeno je da maksimalna spektralna osetljivost ljudskog oka pod dnevnim uslovima za plavu boju na talasnoj dužini od 460 nm do 510 nm, za crvenu boju od 660 nm do 760 nm, a za zelenu boju od 510 nm do 560 nm. U senzorskim sistemima, gde izlaz može lako da se kvantifikuje, odgovor senzora može da bude zavisian u odnosu na talasnu dužinu, uključujući spektralnu osetljivost.



Slika 4: Normalizovani spektralni odgovor APDS-9005 senzora

Osetljivost senzora je približna osetljivosti ljudskog oka (Slika 4). S obzirom da je senzor najosetljiviji na oko 500 nm, može se zaključiti da će ovaj senzor imati najveću osetljivost za plavu

boju, dok je osetljivost senzora najmanja za crvenu boju. Zbog ovakve karakteristike senzora kada se koristi detekcija crvene boje, treba obratiti pažnju na jačinu svetlosti kako bi senzor što tačnije bio u mogućnosti da je detektuje.



Slika 5: Dijagram srednje vrednosti izlaznog napona u zavisnosti od svetlosne osetljivosti

Napon V_{OUT} uglavnom proporcionalno zavisi u odnosu na foto struju, koja je generisana jačinom svetlosti ili opterećenja otpornika R_L . Povećanjem jačine svetlosti i otpornosti će se povećati izlazni napon. Osvetljenje je izraženo u luksima (lux) koji označava koliko je intezivan izvor svetlosti koji naše oči detektuju. Izvori svetlosti koji imaju isti nivo u luksima se pojavljuju istim osvetljenjem ljudskom oku. Za ovu vežbu se koristi otpornik otpornosti $2.2\text{ k}\Omega$ zato što je njegova izlazna karakteristika najlinearnija u odnosu na ostale, a pritom ispunjava uslov da se vrednost kreće oko 1.024 V , što je referentni napon koji će se koristiti.

Pre nego što se pređe na povezivanje senzora i pisanje koda, potrebno je da se osvrnemo na registre koji će se koristiti u ovoj vežbi. To su ADCON0, ADCON1, ADCON2 i VREFCON0 registri.

ADCON0

Ovaj registar omogućava selektovanje A/D konverzije, kao i pokretanje i stopiranje konverzije. S obzirom da želimo da se A/D konverzija izvrši, potrebno je bit 0 postaviti na logičku 1.

REGISTER 17-1: ADCON0: A/D CONTROL REGISTER 0

U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—						GO/DONE	ADON
bit 7							bit 0
bit 7 Unimplemented: Read as '0'							
bit 6-2 CHS<4:0>: Analog Channel Select bits							
00000	= AN0	10100	= AN20 ⁽¹⁾				
00001	= AN1	10101	= AN21 ⁽¹⁾				
00010	= AN2	10110	= AN22 ⁽¹⁾				
00011	= AN3	10111	= AN23 ⁽¹⁾				
00100	= AN4	11000	= AN24 ⁽¹⁾				
00101	= AN5 ⁽¹⁾	11001	= AN25 ⁽¹⁾				
00110	= AN6 ⁽¹⁾	11010	= AN26 ⁽¹⁾				
00111	= AN7 ⁽¹⁾	11011	= AN27 ⁽¹⁾				
01000	= AN8	11100	= Reserved				
01001	= AN9	11101	= CTMU				
01010	= AN10	11110	= DAC				
01011	= AN11	11111	= FVR BUF2 (1.024V/2.048V/2.096V Volt Fixed Voltage Reference) ⁽²⁾				
01100	= AN12						
01101	= AN13						
01110	= AN14						
01111	= AN15						
10000	= AN16						
10001	= AN17	bit 0	ADON: ADC Enable bit				
10010	= AN18						
10011	= AN19						
bit 1 GO/DONE: A/D Conversion Status bit 1 = A/D conversion cycle in progress. Setting this bit starts an A/D conversion cycle. This bit is automatically cleared by hardware when the A/D conversion has completed. 0 = A/D conversion completed/not in progress							
bit 0 ADON: ADC Enable bit 1 = ADC is enabled 0 = ADC is disabled and consumes no operating current							

U kodu ovaj registar će biti predstavljen: `ADCON0=%00000001`
Svi ostali bitovi će biti postavljeni na 0, jer više ne želimo da aktiviramo nijednu opciju registra.

ADCON1

Ovim registrom se bira koja će biti vrsta referentnih napona, kao što je već napomenuto, ima ih više vrsta, a mi ćemo za vežbu iskoristiti interne napone.

REGISTER 17-2: ADCON1: A/D CONTROL REGISTER 1

R/W-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
TRIGSEL	—	—	—	PVCFG<1:0>		NVCFG<1:0>	
bit 7							bit 0

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
-n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

bit 7	TRIGSEL: Special Trigger Select bit 1 = Selects the special trigger from CTMU 0 = Selects the special trigger from CCP5
bit 6-4	Unimplemented: Read as '0'
bit 3-2	PVCFG<1:0>: Positive Voltage Reference Configuration bits 00 = A/D VREF+ connected to internal signal, AVDD 01 = A/D VREF+ connected to external pin, VREF+ 10 = A/D VREF+ connected to internal signal, FVR BUF2 11 = Reserved (by default, A/D VREF+ connected to internal signal, AVDD)
bit 1-0	NVCFG<1:0>: Negative Voltage Reference Configuration bits 00 = A/D VREF- connected to internal signal, AVSS 01 = A/D VREF- connected to external pin, VREF- 10 = Reserved (by default, A/D VREF- connected to internal signal, AVSS) 11 = Reserved (by default, A/D VREF- connected to internal signal, AVSS)

Na slici su obeleženi bitovi koji se koriste, pa će u kodu pisati: `ADCON1=%0001000`

ADCON2

Ovim registrom biramo da li će rezultati konverzije biti sa leve ili desne strane (bit 7, mi želimo desno poravnanje), vreme izvršavanja konverzije (bit 5-3), selekcija clock-a (želimo da traje što duže, bit 2-0).

REGISTER 17-3: ADCON2: A/D CONTROL REGISTER 2

R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	
ADFM	—	ACQT<2:0>			ADCS<2:0>			
bit 7								bit 0

bit 7	ADFM: A/D Conversion Result Format Select bit 1 = Right justified 0 = Left justified
bit 6	Unimplemented: Read as '0'
bit 5-3	ACQT<2:0>: A/D Acquisition time select bits. Acquisition time is the duration that the A/D charge holding capacitor remains connected to A/D channel from the instant the GO/DONE bit is set until conversions begins. 000 = 0 ⁽¹⁾ 001 = 2 T _{AD} 010 = 4 T _{AD} 011 = 6 T _{AD} 100 = 8 T _{AD} 101 = 12 T _{AD} 110 = 16 T _{AD} 111 = 20 T _{AD}
bit 2-0	ADCS<2:0>: A/D Conversion Clock Select bits 000 = Fosc/2 001 = Fosc/8 010 = Fosc/32 011 = FRC ⁽¹⁾ (clock derived from a dedicated internal oscillator = 600 kHz nominal) 100 = Fosc/4 101 = Fosc/16 110 = Fosc/64 111 = FRC ⁽¹⁾ (clock derived from a dedicated internal oscillator = 600 kHz nominal)

U kodu programa ovaj registar će izgledati: ADCON2=%10111110

VREFCON0

Pošto je napomenjeno da će se koristiti interni referentni naponi, potrebno je odrediti koji su i kolika je njihova vrednost.

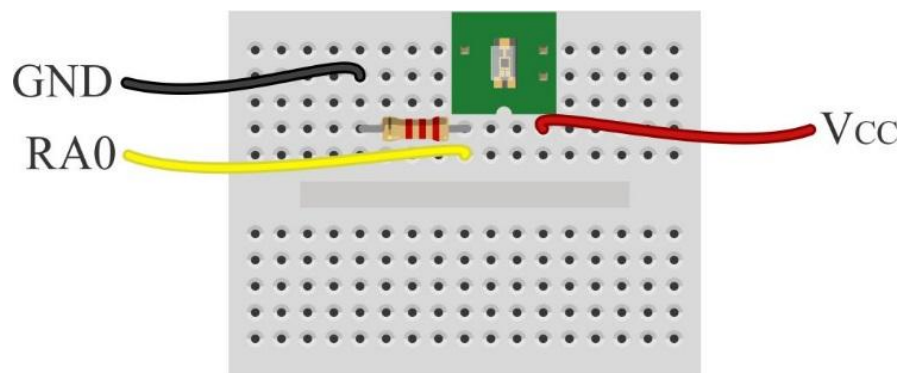
REGISTER 21-1: VREFCON0: FIXED VOLTAGE REFERENCE CONTROL REGISTER

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-1	U-0	U-0	U-0	U-0	
FVREN	FVRST	FVRS<1:0>		—	—	—	—	
bit 7								bit 0

bit 7	FVREN: Fixed Voltage Reference Enable bit 0 = Fixed Voltage Reference is disabled 1 = Fixed Voltage Reference is enabled
bit 6	FVRST: Fixed Voltage Reference Ready Flag bit 0 = Fixed Voltage Reference output is not ready or not enabled 1 = Fixed Voltage Reference output is ready for use
bit 5-4	FVRS<1:0>: Fixed Voltage Reference Selection bits 00 = Fixed Voltage Reference Peripheral output is off 01 = Fixed Voltage Reference Peripheral output is 1x (1.024V) 10 = Fixed Voltage Reference Peripheral output is 2x (2.048V) ⁽¹⁾ 11 = Fixed Voltage Reference Peripheral output is 4x (4.096V) ⁽¹⁾
bit 3-2	Reserved: Read as '0'. Maintain these bits clear.
bit 1-0	Unimplemented: Read as '0'.

Takođe je napomenjeno da će nam maksimalni referentni napon biti 1.024 V, potrebno je to da selektujemo. U kodu će to izgledati: `VREFCON0=%11010000`.

Povezivanje senzora

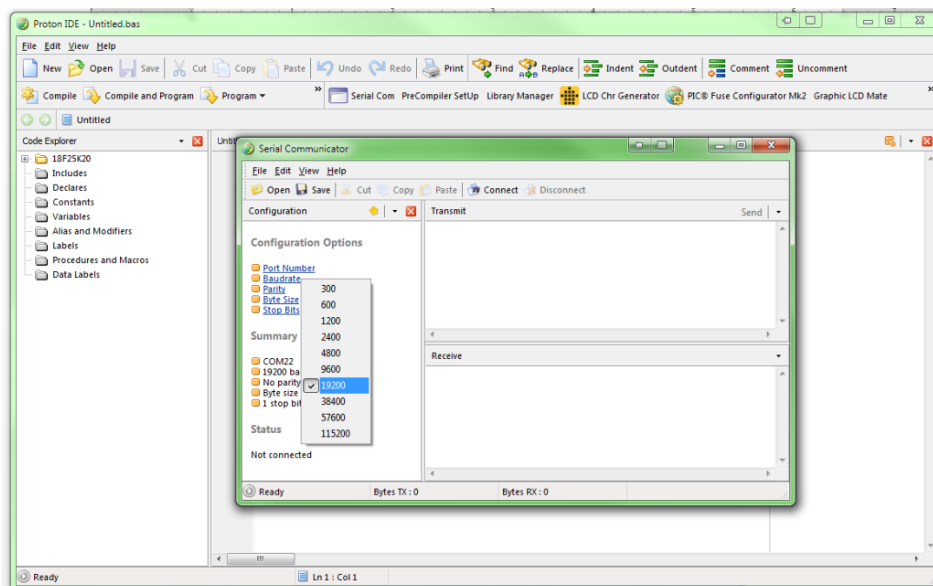


Slika 6: Povezivanje senzora na protoploči

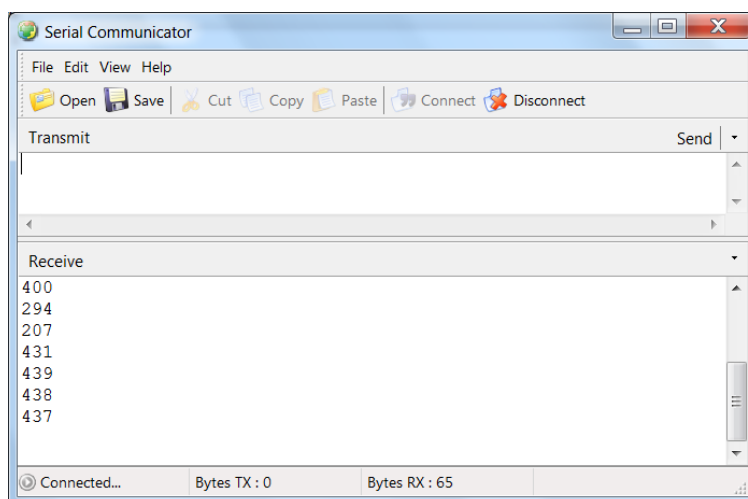
Kod programa

```
Device = 18F25K22
Xtal 32
Dim L As Float
' =====
START:
' =====
ANSELA=%00000001      'RA0 pin selektovan kao analogni
TRISA=%00000001      'RA0 postavljen kao ulazni pin
VREFCON0=%10010000   'VREFCON0=1.024 V
ADCON0=%00000001     'ADC on
ADCON1=%00001000     'FVR buf za Vref+, GND za Vref-
ADCON2=%10111110     'Desno ravnanje, Fosc/64
' =====
MAIN:
' =====
ADCON0.1=1           'Pokrećemo konverziju
While ADCON0.1=1
Wend
L=(ADRESH * 256 + ADRESL)  'L je u mV
L=(L * 900)/800          'Konverzija u lux
HserOut [Dec L, 13,10]
DelayMS 200
GoTo MAIN
End
```

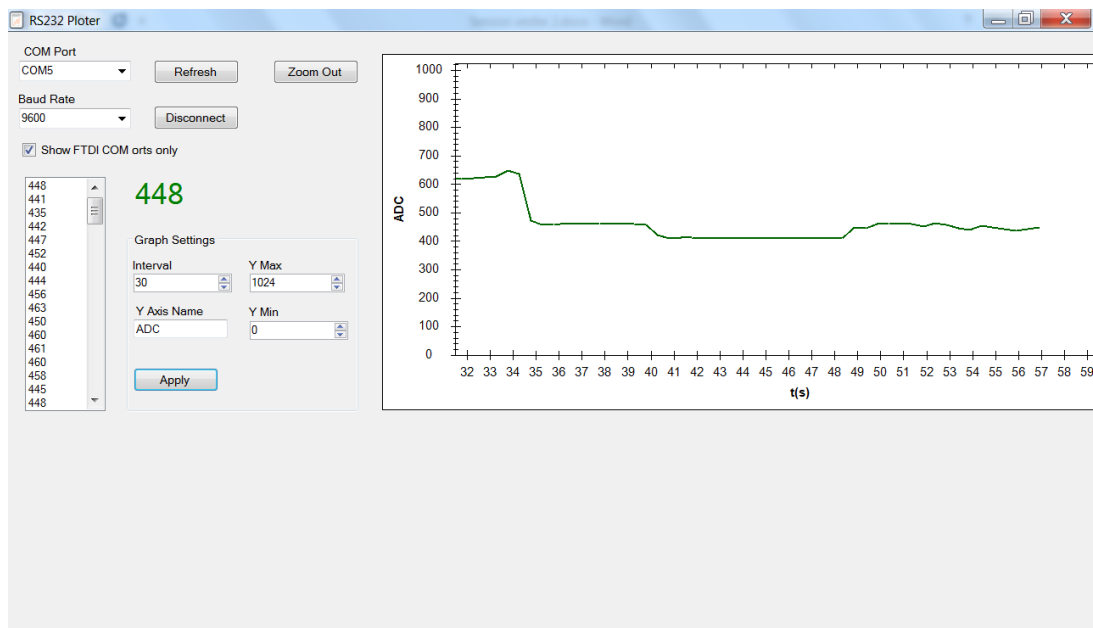
Kada se program iskompajlira i poveže sa okruženjem, rezultati se posmatraju pomoću *plugin-a Serial Com*, koji je implementiran u Protonu. Koraci za prikaz rezultata su prikazani na sledećoj slici.



Kada se povežemo putem programa *Serial Com*, dobijaju se očitavanja sa senzora:



Rezultate očitavanja senzora moguće je pratiti i grafički, a to vrši pomoću programa *SerialDataPlot*:



Sa leve strane postoji opcija za biranje porta na kom je povezano okruženje, *baudrate* postaviti na 19200, mogu se podešavati maksimalne i minimalne vrednosti na Y osi. Kada se konektujemo sa okruženjem, vrednosti očitavanja senzora prikazuju se grafički i brojčano.