



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA**  
**BARCELONATECH**

---

**Facultat d'Informàtica de Barcelona**

---

Enunciat de la pràctica de laboratori

---

## **Lab 6: CCP + ADC**

---

## L6. CCP + ADC

### L6(A) Sortida modulada amb PWM per ventilador

### L6(B) Entrada amb sensor analògic de temperatura

#### 1- Objectius

Continuant amb la interfície per la cafetera que va començar a la pràctica L5, ara necessitem fer un control de temperatura. L'equip de desenvolupament de nous productes diu que una regulació acurada de la temperatura és essencial per un bon gust del café. Degut al disseny de la cafetera, s'ha disposat un ventilador al final del procés i un sensor de temperatura.

L'objectiu d'aquesta pràctica és fer una petita aplicació que reguli la velocitat de gir del ventilador segons la temperatura que detecti el sensor. L'aplicació té com a entrada el senyal analògic provinent d'un sensor de temperatura anomenat NTC (Negative Temperature Coefficient), i com a sortida un ventilador connectat a un pin digital configurat en mode de modulació d'amplada de polsos (Pulse Width Modulation).

Si el sensor detecta més temperatura, llavors el cicle de treball aplicat al ventilador serà gran causant que el ventilador giri més ràpid i refredi més. Si el sensor detecta menys temperatura, llavors el cicle de treball serà més petit i el ventilador girarà a menys velocitat.

La pràctica està dividida en dues parts.

A la primera part L6(A) es farà la part de sortida PWM amb ventilador.

A la segona part L6(B) es farà la part de sensat analògic amb la resistència NTC model 4.7k $\Omega$

El diagrama amb els components del sistema es pot veure a la següent figura.

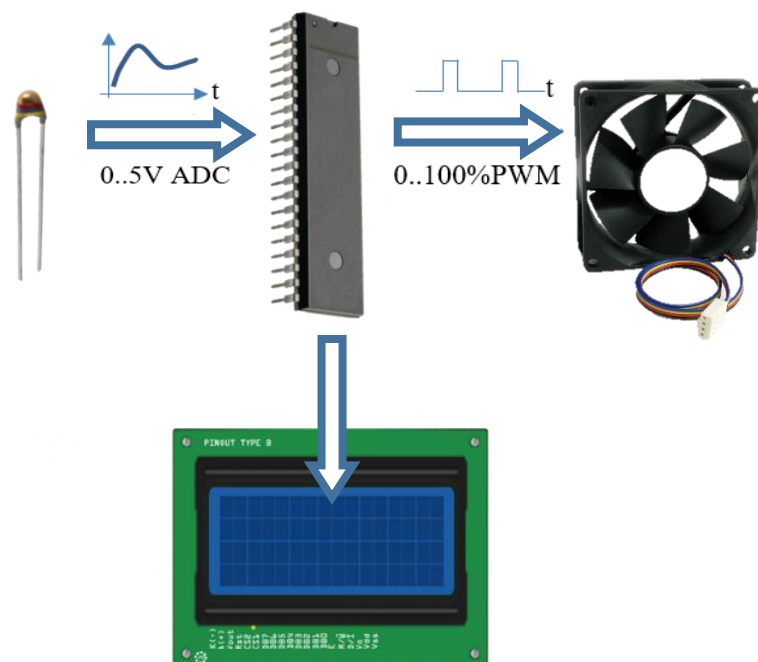


Figura 1. Elements principals de la pràctica

## 2- Treball previ PWM L6 (A)

Recordeu que les dues característiques principals d'un PWM són la freqüència i el duty-cycle. La freqüència és la inversa del temps en què la ona es repeteix, i el duty o cicle de treball, és la relació de temps en què la senyal està a ON respecte al temps total.

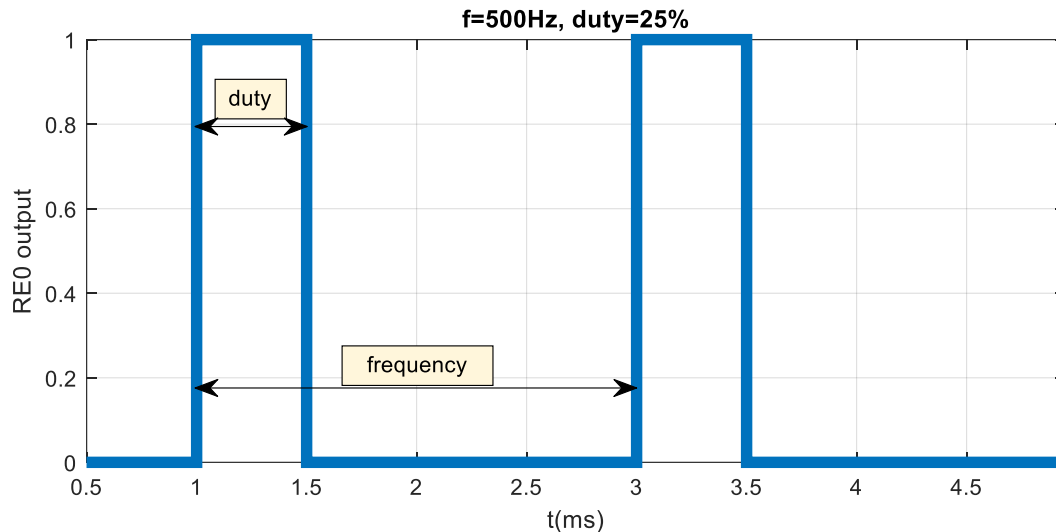


Figura 2. Forma de la senyal PWM al llarg del temps.

L'aplicació que es vol realitzar consisteix en canviar la velocitat de gir d'un ventilador mitjançant la modificació del cicle de treball o duty-cycle. Si el cicle de treball és molt gran, el ventilador estarà més estona connectat a ON i per tant girarà més ràpid. Si el cicle de treball és petit, el ventilador estarà més temps connectat a OFF i per tant la seva velocitat de gir serà més petita.

D'altra banda, no es pot connectar un motor directament a un pin d'un microcontrolador, sinó que hauríem de connectar-lo a través d'un driver que pugui subministrar el corrent necessari, com pot ser un transistor o un integrat L293D, etc. A continuació teniu alguns exemples de connexions. En el nostre cas, connectarem directament el motor a un pin del micro per simplificar el sistema ja que aquests elements per actuar sobre el motor acostumen a sobrecarregar la simulació de Proteus.

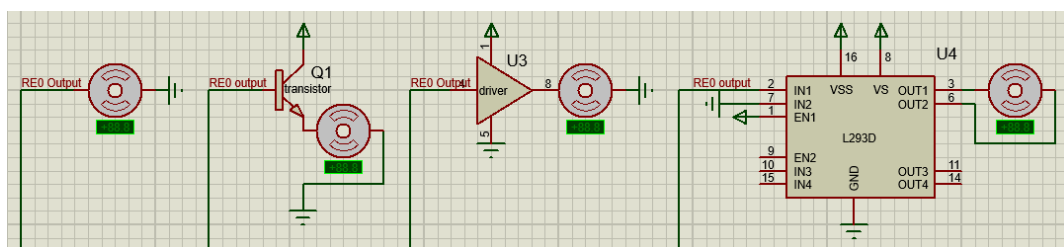


Figura 3. Diferents simulacions d'un motor a Proteus. La simulació de l'esquerra es connecta directament al pin del microcontrolador (aquesta simulació és ràpida però poc acurada ja que els pins dels micros no poden donar gaire corrent, tot i això serà la que farem servir en aquesta pràctica perquè la simulació vagi ràpida). La segona simulació fa servir un transistor. La tercera simulació és més genèrica i consta d'un driver de potència qualsevol que permeti adaptar la sortida del micro a l'entrada del motor. Per últim, la darrera simulació fa servir un integrat comercial molt utilitzat per controlar motors de corrent contínua com és el L293D.

El programa a realitzar en aquesta pràctica L6A consisteix en generar una senyal de PWM amb una freqüència de  $500\text{Hz} = 2.0$  milisegons i un cicle de treball o duty del 25%. S'utilitzarà la unitat **CCP3** associada al *timer* **TMR2** per generar el senyal PWM mitjançant el maquinari del micro. El resultat haurà de ser visible al **pin RE0** on connectarem un motor. Podeu fer servir el MOTOR-DC de la llibreria motors del Proteus.

Per comprovar el funcionament s'haurà d'afegir un oscil·loscopi per veure els resultats.

També s'haurà de posar la informació per pantalla de la forma que considereu més adient.

### 3- Rúbrica treball previ L6(A)

	Iniciat (0-2.5 punts)	En desenvolupament (2.5-5.0 punts)	Aconseguit (5.0-7.5 punts)	Exemplar (7.5-10 punts)
Configuració freqüència (5 punts):	Mal configurat	Hi ha errors de configuració del CCP i la configuració del timer no funciona segons especificació	Hi ha errors de configuració del CCP o la configuració del timer no funciona segons especificació	Registres ben configurats, es descriu detalladament cada un dels bits, hi ha informació addicional per entendre la configuració, es segueix la recepta de programació del datasheet
Configuració duty (2 punts):	Mal configurat	Les operacions per calcular el cicle de treball són errònies i els tipus de dades no són adequats	Les operacions per calcular el cicle de treball són errònies o els tipus de dades no són adequats	Les operacions per calcular el cicle són correctes, es fan servir tipus de dades adequats i s'utilitza correctament els elements de càlcul del PIC
Info GLCD (3 punts):	La informació és errònia	S'actualitza massa vegades i s'esborren massa caràcters	S'actualitza massa vegades o s'esborren massa caràcters	Funciona perfectament i es fa un bon ús del recursos de la GLCD per només escriure els elements canviant i esborrar els elements que són estrictament necessaris

## 4- Treball previ ADC L6(B)

### Tasques a realitzar

A l'esquema anterior, afegir una resistència NTC. La resistència NTC és un dispositiu físic que canvia la seva resistència en funció de la temperatura (quan augmenta la temperatura, baixa la seva resistència). Trobareu el sensor a la llibreria TRXD amb el nom NTC.

Hi ha diferents maneres de connectar el sensor NTC, en aquesta pràctica farem servir un **divisor de tensió** com el que s'indica a la Fig. 5 i que ja havíem vist al principi del curs. Per fer-lo servir, la NTC s'ha de connectar a 5V per un extrem, al convertidor analògic digital del pin AN6 per l'altre extrem i cap a terra mitjançant una resistència convencional de 4.7kΩ que farà el divisor de tensió. Trobareu l'esquema de connexió a la següent figura juntament amb un voltímetre per veure com efectivament canvia la tensió del circuit i per tant també canviarà el valor digital que mesurarà el nostre PIC. Nota: busqueu el pin on es troba l'entrada analògica AN6.

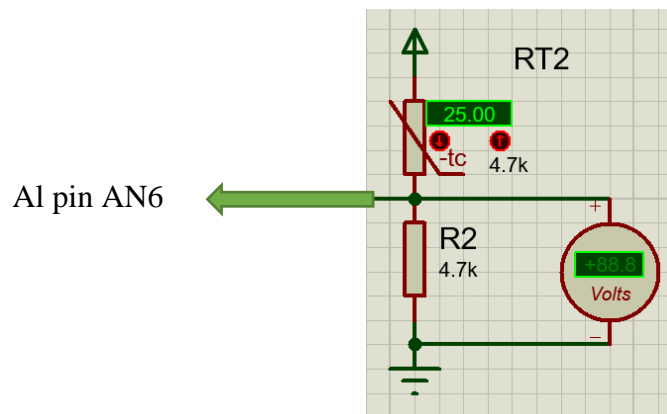


Figura 5. Connexions del sensor de temperatura NTC.

Al simulador Proteus podreu modificar la temperatura del sensor amb les fletxes vermelles al costat dret de la resistència NTC. Inicialment es troba a 25°C.

El valor de la lectura de la temperatura sense decimals s'haurà de pintar a la GLCD de la forma que creieu convenient.

Les resistències NTC són no-lineals i per tant la seva resistència no és proporcional a la temperatura. En realitat hi ha una relació logarítmica entre ambdues magnituds. La relació existent entre temperatura i tensió mesurada entre el pin RE0 i terra segons la Fig. 5 és:

$$T(^{\circ}C) = \frac{\beta}{\ln\left(\frac{R_2 - \frac{R_2 \cdot V_{cc}}{V_{out}}}{A}\right)} - 273.2$$

on  $\beta = 4050$  es una constant depenent del material de fabricació de la NTC,

$A = R_{NTC(25^{\circ}C)} e^{(-\beta/(273.2+25))} = 0.0059257$  és un paràmetre de la NTC,

$R_{NTC(25^{\circ}C)} = 4700\Omega$  és el valor de resistència de la NTC a  $25^{\circ}C$ ,

$\ln$  indica logaritme neperià,

la constant 273.2 fa referència al zero absolut de temperatura i serveix per convertir de graus kelvin a graus centígrads,

$R_2$  és la resistència que fem servir com a divisor de tensió i que es posa a sota de la NTC (vegeu Fig. 5), el seu valor també és de  $4700\Omega$ ,

$V_{cc} = 5V$  és la tensió d'alimentació del circuit,

$V_{out}$  és la tensió mesurada al ADC del nostre PIC, aquesta tensió estarà en el rang  $[0, 5]V$ , i el llegirem amb un convertidor de 10 bits, per tant tindrem un valor en el rang  $[0, 1023]$ punts.

Haureu de buscar dos mètodes per calcular la temperatura i escriure els dos valors a la GLCD:

- el primer fent servir la fórmula exacta

- el segon fent servir una aproximació amb un error inferior a 2 graus en l'interval de  $0^{\circ}C$  a  $50^{\circ}C$ .

El programa haurà de canviar el duty del PWM del ventilador de la L6A de forma que si la temperatura és  $0^{\circ}C$ , el duty sigui 0%; i si la temperatura és de  $50^{\circ}C$ , el duty sigui 100%.

També s'haurà d'entregar el qüestionari **5- Qüestionari Pràctica L6B ADC** com a part del treball previ.

## 5- Rúbrica treball previ L6(B)

	Iniciat (0-2.5 punts)	En desenvolupament (2.5-5.0 punts)	Aconseguit (5.0-7.5 punts)	Exemplar (7.5-10 punts)
Configuració adc (4 punts):	Mal configurat	Registres ben configurats però no hi ha cap detall sobre els valors seleccionats	Registres ben configurats però no hi ha explicació o informació addicional	Registres ben configurats, es descriu detalladament cada un dels bits, hi ha informació addicional per entendre la configuració, i es compleix amb el temps de conversió descrit al datasheet del PIC
Càlcul de Temperatura (3 punts):	No hi ha cap mena de càlcul	El càlcul exacte no funciona i el càlcul aproximat té un error superior a 2 graus en l'interval $T=[0,50]^{\circ}\text{C}$	El càlcul exacte no funciona o el càlcul aproximat té un error inferior a 2 graus en l'interval $T=[0,50]^{\circ}\text{C}$ però computacionalment és extremadament ineficient	El càlcul exacte funciona i el càlcul aproximat té un error inferior a 2 graus en l'interval $T=[0,0]^{\circ}\text{C}$ i computacionalment és bastant o força eficient
Qüestionari (3 punts):	Tres o més respostes incorrectes i la resposta 11 és incorrecta	Dues respostes incorrectes i la resposta 11 és incorrecta	Una resposta incorrecta i la resposta 11 és incorrecta o fa servir una quantitat de recursos que no és apropiada pel PIC	Totes les respostes correctes i la resposta 11 és correcta, fent servir correctament els recursos del PIC



## 6- Qüestionari Pràctica L6B ADC

Nom i Cognoms \_\_\_\_\_ Grup \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- 1) Consulteu el resultat de la conversió de l'ADC per polling o per interrupcions?
- 2) Heu configurat el timer 2 perquè generi interrupcions? Tant si és que sí com si no, quin registre cal configurar perquè es generi una interrupció del timer 2 associada al PWM?
- 3) Quins pins heu configurat com entrades analògiques i quins com a digitals?
- 4) Amb quin valor (en binari) heu programat els següents registres?  
ADCON0bits.ADON =  
ADCON0bits.CHS =  
ADCON1bits.NVCFG =  
ADCON1bits.PVCFG =  
ADCON1bits.TRIGSEL =  
ADCON2bits.ACQT =  
ADCON2bits.ADCS =  
ADCON2bits.ADFM =
- 5) Què és el TAD?
- 6) A quina duració has configurat un TAD?
- 7) Què és el temps d'adquisició?

8) Quina és la duració del teu temps d'adquisició?

9) Quin és el temps de còmput i el tamany de programa pel càlcul exacte de la temperatura?

10) Quin és el temps de còmput i el tamany de programa pel càlcul aproximat de la temperatura?

11) Explica com has linealitzat la NTC, el procediment que has seguit i els càlculs necessaris.