

Pràctica 5. Condicionament de senyals

Condicionament de la sortida analògica d'un sensor de temperatura

Jordi Bonet i Dalmau

Rosa Giralt Mas

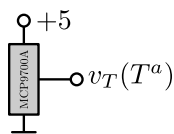
Maig de 2013

En aquesta sessió treballarem amb un sensor de temperatura que transforma variacions de temperatura en variacions analògiques de tensió. Aquestes variacions de tensió habitualment són tan petites que si s'usen directament apareixen problemes de resolució i soroll. Per això, el senyal provinent del sensor de temperatura es condiciona per tal d'evitar aquests problemes. El condicionament de senyals consisteix bàsicament, però no únicament, en amplificar el senyal.

1 El sensor de temperatura

Per a la realització d'un sensor de temperatura s'usen dispositius com resistències o condensadors que variïn les seves característiques amb la temperatura. Aquestes variacions es poden usar per a variar una tensió (o un corrent). Per exemple, fent un divisor de tensió amb una resistència *normal* i una resistència que augmenti el seu valor amb la temperatura, la tensió d'aquesta darrera resistència augmentarà quan augmenti la temperatura. El coneixement de la variació de la resistència amb la temperatura i del circuit que s'ha construït per a variar la tensió (en l'exemple anterior un divisor de tensió) permet recuperar la temperatura a partir de la tensió.

En aquesta pràctica usarem un sensor de temperatura integrat, que directament ens proporciona una tensió variable amb la temperatura (T^a): el MCP9700A. Aquest integrat l'alimentarem a +5V tal i com s'indica a la figura:



El seu *datasheet* ens diu que la tensió v_T que proporciona val 0.5V a 0°C i que varia 10mV/°C. Observeu que la següent equació concentra tota aquesta informació:

$$v_T(T^a) = 0.5 + T^a * 10^{-2}. \quad (1)$$

A més, el rang de temperatures que pot mesurar va de -40°C a +125°C.

Previ 1. Amb la informació anterior, calculeu el valor de v_T a 25°C. Quin és el rang de valors que pren v_T si la temperatura es mou entre la mínima i la màxima que pot mesurar.

Tasca 1. Inserir l'integrat MCP9700A a la protoboard, alimenteu-lo a +5V i mesureu la tensió v_T . A quina temperatura es troba el sensor? Comproveu que en escalfar el sensor, per exemple bufant o amb els dits, la tensió augmenta. Fins a quina temperatura aconsegiu escalfar el sensor?

2 Conversió sense condicionament del senyal: baixa resolució

Imagineu que voleu monitoritzar la temperatura d'una aula. Per a això usareu el sensor de temperatura MCP9700A. Us caldrà un conversor analògic-digital (AD) com a primer pas abans d'emmagatzemar la tensió analògica proporcionada per aquest sensor. Aquestes dades les podeu recollir i tractar (ho feu a la pràctica de Tecnologia de Programació) i podríeu fer un estudi estadístic (tal com esteu aprenent a fer a Estadística). Amb això podríeu relacionar l'evolució de la temperatura de l'aula amb l'hora del dia, l'ocupació de l'aula i fins i tot la temperatura exterior (mesurada amb un altre sensor). Fruit d'aquest estudi estadístic es podrien proposar solucions per tal de millorar la climatització de l'aula.

Previ 2. Per començar, suposem que connectem directament v_T , amb el rang de valors calculats al *Previ 1*, a l'entrada del conversor AD. Si treballem amb un conversor AD de 8 bits amb un rang de 0 a 5 V, quina és la resolució de temperatura que es pot mesurar? Us pot ser útil buscar el significat de resolució i diferenciar-lo del significat de precisió.

Resolució del previ 2: D'una banda, un conversor de 8 bits amb un rang de 0 a 5V té una resolució = $5V/2^8 = 5V/256 \simeq 20mV$. Això vol dir que d'un valor codificat al següent hi ha $20mV$. D'altra banda, la sensibilitat del nostre sensor és $(v_2 - v_1)/(T_2 - T_1) = (1.75V - 0.1V)/(125^\circ + 40^\circ) = 10mV/^\circ C$ (busquem la relació entre el rang de tensions i el rang de temperatures). Si la resolució del conversor AD és de $20mV$ i el nostre sensor té una sensibilitat de $10mV/^\circ C$, buscaríem la relació entre les dues dades i aleshores trobaríem que la resolució en temperatura és de $2^\circ C$. Això vol dir que entre un valor codificat i el següent hi ha un salt de $2^\circ C$.

Ja que ens proposem una resolució de com a mínim $0.5^\circ C$, el disseny basat en la connexió directa del sensor al conversor AD es desestima.

3 Condicionament del senyal. Ús de tot el rang de temperatures: resolució millorada

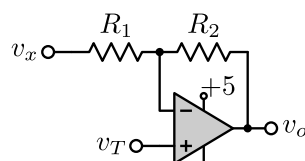
En el *Previ 1* heu calculat el rang de valors de v_T , el qual és inferior al rang de valors del conversor AD que va de 0 a 5V. La manera de millorar la resolució és aprofitar tot el rang de valors del conversor AD.

Observeu que la manera de transformar una tensió v_T de 0.1 a 1.75V a una altra tensió v_o de 0 a 5V consisteix en fer les operacions de resta i multiplicació (o multiplicació i resta) tal i com es mostra a continuació:

$$v_o = (v_T - 0.1)(5/1.65) = (5/1.65)v_T - (0.5/1.65) = 3.0\hat{3}v_T - 0.3\hat{0}. \quad (2)$$

Veiem que primer restem 0.1 a v_T , de manera que aconseguiríem convertir l'extrem baix del rang de tensió a 0V. Després hem de multiplicar per una constant que faci que quan v_T valgui l'extrem alt del rang, s'obtingui 5V.

Previ 3. Utilitzeu el següent circuit per tal d'implementar l'equació 2: si v_T pren valors en el rang de 0.1 a 1.75V la sortida v_o prendrà valors en el rang de 0 a 5V. En concret, doneu els valors d' R_1 , R_2 i v_x , per tal que això sigui així. Considereu que l'AO utilitzat és *rail to rail IO*. Quin és el valor de v_o si connectem a v_T el sensor de temperatura a 25°C?



Previ 4. Si connectem ara la v_o del circuit anterior, que compleix l'equació 2, a l'entrada del convertidor AD, quina és la resolució de temperatura que es pot mesurar?

Malauradament, tot i que la resolució ha millorat molt respecte als 2°C que teníem anteriorment, la resolució encara és superior a 0.5°C. Així, el disseny basat en condicionar un senyal que contempla tot el rang de temperatures, de -40°C a +125°C, cal desestimar-lo.

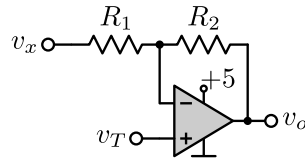
4 Condicionament del senyal. Ús d'un rang de temperatures restringit: resolució òptima

En el *Previ 1* heu calculat el rang de valors de v_T quan considerem tot el rang de temperatures, de -40°C a +125°C. Com que mai arribarem a aquestes temperatures extremes si la nostra aplicació mesura la temperatura d'una aula, es proposa repetir tots els previs anteriors suposant una situació més realista que consideri un rang de temperatures de -10°C a +50°C, amb l'objectiu d'assolir la resolució desitjada.

Previ 5. Calculeu ara el nou rang de valors que pren v_T si volem mesurar un rang de temperatures més reduït, per exemple de -10°C a +50°C. Quin és el valor de v_T a 25°C?

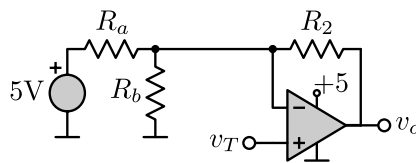
Previ 6. Volem continuar aprofitant tot el rang del convertidor AD. Així, per al rang de valors de tensió calculat al *Previ 5*, determineu una expressió similar a l'equació 2 per tal que v_o prengui valors de 0 a 5V.

Previ 7. Utilitzeu el següent circuit per tal d'implementar l'equació que heu trobat al *Previ 6*: si v_T pren valors en el rang calculat al *Previ 5*, cal que la sortida v_o prengui valors en el rang de 0 a 5V. En concret, doneu els valors d' R_1 , R_2 i v_x . Considereu que l'AO utilitzat és *rail to rail IO*. Quin és el valor de v_o si connectem a v_T el sensor de temperatura a 25°C?



No és el primer cop que ens trobem amb la necessitat d'una tensió (en aquest cas v_x) que no coincideix amb la d'alimentació de l'AO (en aquest cas 5V). Tal i com hem fet anteriorment per tal d'evitar l'ús d'una altra font de tensió, es proposa l'ús d'un divisor de tensió, l'equivalent Thevenin del qual ha de coincidir, en aquest cas, amb una font de tensió de valor v_x en sèrie amb R_1 .

Previ 8. Utilitzeu el següent circuit per tal d'implementar l'equació del *Previ 6*: si v_T pren valors en el rang calculat al *Previ 5*, cal que la sortida v_o prengui valors en el rang de 0 a 5V. En concret, doneu els valors d' R_a , R_b i R_2 . Considereu que l'AO utilitzat és *rail to rail IO*.



Tasca 2. Construïu el circuit dissenyat al *Previ 8*. Verifiqueu el seu funcionament connectant a v_T una de les fonts de tensió del laboratori. Un cop verificat el seu funcionament connecteu a v_T el sensor de temperatura. Quan val v_o ? A quina temperatura es troba el sensor?

Previ 9. Si ara connectem v_o del circuit anterior, que compleix l'equació del *Previ 6*, a l'entrada del convertidor AD, quina és la resolució de temperatura que es pot mesurar?

Sembla que finalment hem aconseguit una resolució inferior a 0.5°C , i fins i tot inferior a 0.25°C .