



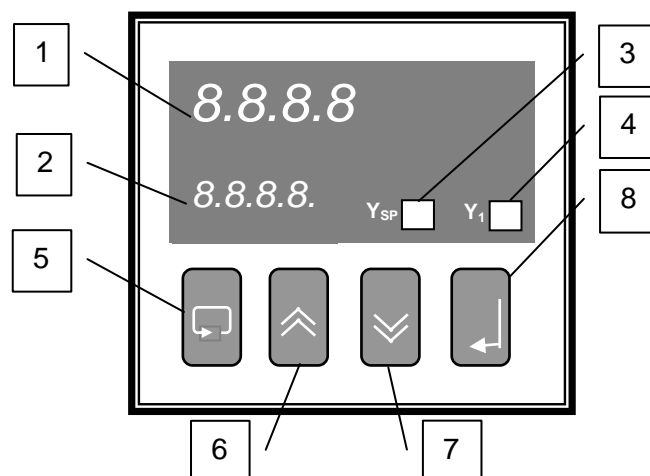
Universitat de Girona
ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR

PRÀCTICA 4

ADQUISICIÓ DE DADES I AUTOMATITZACIÓ

3^{er} ETQI-ETIM

CONTROL DE PROCESSOS AMB REGULADOR PID



1. OBJECTIUS

Després d'una breu introducció als controladors tipus PID, aquesta pràctica pretén que us familiaritzeu amb el procés de control sobre un procés real. En aquest cas es controlarà un procés de temperatura, primer utilitzant un controlador realitzat mitjançant el PC amb una tarja d'adquisició de dades, i després amb el controlador industrial PM-5840/C. Finalment compararem els resultats obtinguts amb un i altre.

2. EL CONTROLADOR PID

L'esquema global d'un control mitjançant un PID és el que es representa a la Figura 1.

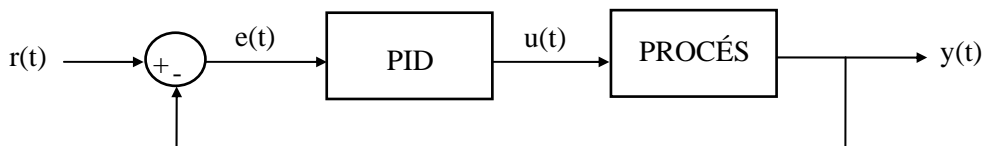


Figura 1. Control d'un procés amb PID

on $e(t)$ representa el senyal d'error sobre el que opera el controlador per a donar el senyal de control $u(t)$ que actuarà sobre el procés.

L'algorisme bàsic de control PID es pot expressar de la forma següent:

$$u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} e(t) + T_d \frac{de(t)}{dt} \right] \quad \text{eq. 1}$$

o bé com

$$u(t) = K_p e(t) + K_I e(t) + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad \text{eq. 2}$$

Com que les dues representacions són equivalents, s'ha de tenir que

$$K_I = \frac{K_p}{T_i}$$

$$K_d = K_p \cdot T_d$$

Es pot veure doncs que sobre l'error $e(t)$ es combinen tres accions per a obtenir el senyal de control $u(t)$:

- **Proporcional (K_p):** La seva principal característica és que produeix un senyal de control proporcional al senyal d'error. En general, com més guany proporcional més ràpid respondrà el sistema, però més oscil·lacions podrà produir. Aplicant només aquest tipus de control, normalment queda un error estacionari.

- **Integral (K_i o T_i):** El senyal de control $u(t)$ i el senyal d'error $e(t)$ estan relacionats mitjançant una integral. Aquesta part s'encarrega d'eliminar l'error estacionari, encara que s'ha d'anar en compte perquè augmenta la inestabilitat del procés.

- **Derivativa (K_d o T_d):** El senyal de control $u(t)$ produït per aquesta acció de control és proporcional a la derivada de l'error. La seva principal característica és que permet modificar el factor d'esmoreïment del sistema, de manera que es pot posar més part proporcional sense introduir oscil·lacions en el sistema. Això vol dir que es poden aconseguir respostes transitòries molt més ràpides sense perill d'oscil·lacions. Cal dir que aquesta acció de control és molt sensible al soroll, i que en sistemes sorollosos pot produir respostes no desitjades.

3. DESCRIPCIÓ DEL SISTEMA DESENVOLUPAT EN EL PC

Per a la realització d'aquesta pràctica, es disposa d'un hardware bàsic format per un ordinador PC equipat amb una tarja d'adquisició de dades PCI-1711, i un entrenador que emula diferents processos a controlar posteriorment.

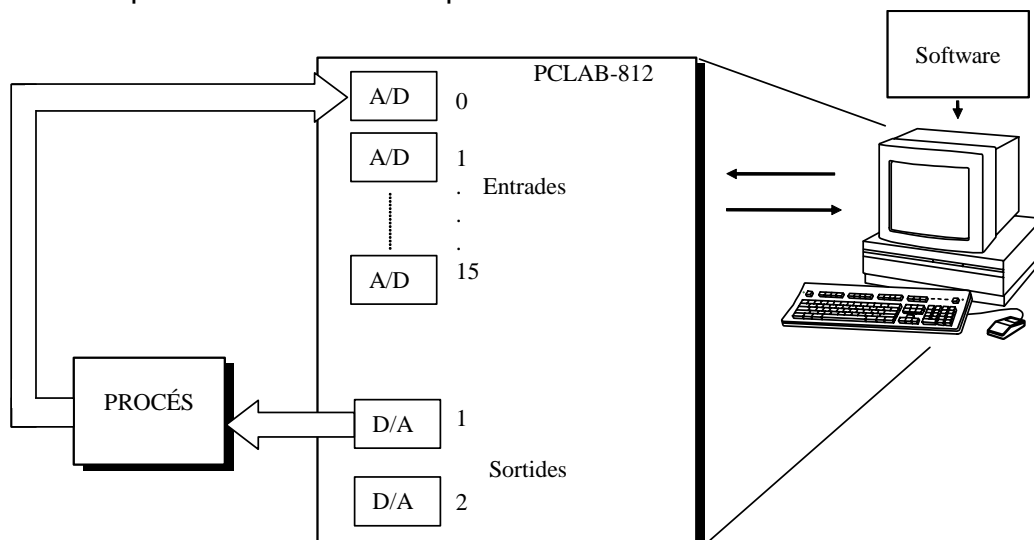


Figura 2 Connexions del procés amb el PC

Pel que fa a la tarja PCI-1711, disposa de 16 entrades i de 2 sortides analògiques. L'entrada A/D 0 és la que s'utilitzarà per a efectuar la lectura del senyal que prové del procés, mentre que la sortida D/A 1 serà l'encarregada de proporcionar la consigna al circuit. A l'ordinador es disposarà d'un software realitzat amb Labwindows per tal de gestionar la visualització de les dades, el controlador i la consigna a aplicar al procés.

La finestra de Labwindows per a visualitzar els senyals i aplicar el controlador desitjat és la que es mostra a la Figura 2. Bàsicament consta d'una pantalla que es comportarà a mode d'oscil·loscopi per a anar representant 4 senyals: el senyal que entri pel convertidor A/D 0 (senyal sortida del procés), el senyal de control calculat interiorment amb l'algorisme corresponent, el senyal d'error i la consigna seleccionada. El procés

començarà a adquirir dades, i per tant a representar-les quan es premi sobre el botó Go. La pantalla s'anirà desplaçant i anirà representant les dades fins que no es premi a Stop.

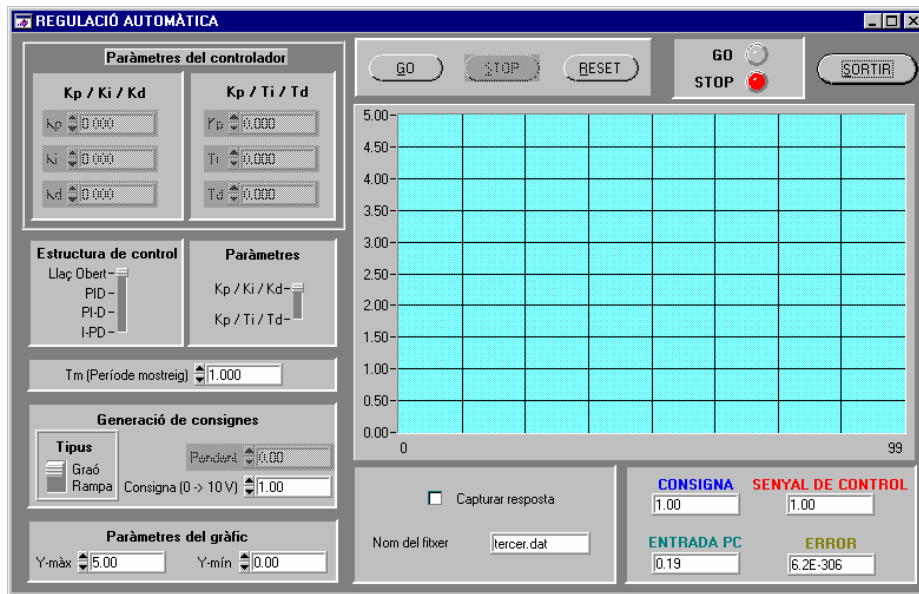


Figura 3 Aspecte de la pantalla Labwindows

A sota de la pantalla de visualització es poden veure els valors numèrics dels 4 senyals que van prenent a cada moment: Consigna, Entrada PC, Senyal de Control i Error. Si es selecciona el requadre capturar resposta, es guardaran els valors dels 4 senyals visualitzats des de que ha començat l'adquisició fins que s'ha parat. Aquest fitxer nom.dat pot ser analitzat més detalladament amb posterioritat utilitzant Matlab. L'estructura d'aquest fitxer és la següent:

- Columna 1: Vector temps.
- Columna 2: Resposta Sistema.
- Columna 3: Consigna.
- Columna 4: Senyal de control.

Per defecte, l'escalat de l'eix d'ordenades és de 0 a 10 V. En cas de que els senyals que es vulguin visualitzar estiguin en un marge molt inferior o bé que prenguin valors negatius, es pot fer us dels paràmetres del gràfic. Aquí es permet escollir un valor de ymàx i un de ymín per a canviar l'escala i escollir el marge de visualització que es cregui convenient. La tecla *Reset* permet netejar la pantalla per a que comenci una nova representació. És aconsellable fer una neteja abans de començar amb una adquisició, d'aquesta manera es podran veure els senyals des del principi de l'adquisició fins que es decideixi parar.

Pel que fa a la consigna es pot seleccionar un graó que pot anar de 0 a 10 V, o bé una rampa amb dos paràmetres: pendent de pujada i valor de saturació final. El temps de mostreig haurà de ser l'adient per a visualitzar la resposta del sistema.

Per a realitzar el control del procés s'ha de seleccionar l'estructura de control que es vulgui utilitzar. Pot ser un controlador PID, PI-D i un controlador I-PD. També es pot veure que hi ha una opció que és Llaç obert. Amb aquesta última opció seleccionada no es fa un control del procés, sinó que simplement es mira com respon el sistema a una consigna donada. Aquesta opció pot ser utilitzada per a obtenir un model aproximat del sistema usant la resposta temporal. Quan es selecciona algun dels tipus de controladors donats, la finestra permet entrar els paràmetres del controlador desitjats. Aquests paràmetres es poden donar com K_P , K_I i K_D o bé com K_P , T_I i T_D .

3. EL CONTROLADOR INDUSTRIAL PM-5840/C

És un regulador-indicador digital configurable per teclat que s'ha adaptat amb les característiques següents:

- Entrada: 0 -10V
- Sortida de regulació contínua : 0 -10 V
- Temps de mostreig $T_s=1$ seg.
- Consigna interna ajustable per teclat.

El seu aspecte físic és el que segueix

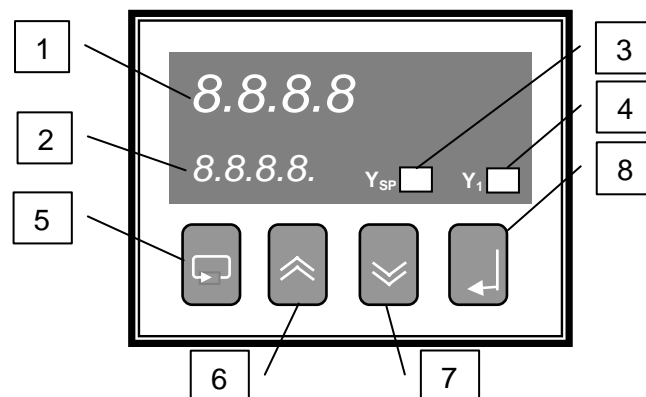


Figura 4. Frontal del regulador PM-5840/C

On

- 1- Indicador de la mesura real i missatges en el mode de programació
- 2- Indicador de consigna i valor dels paràmetres en el mode de programació
- 3- Y_{SP} LED indicador de regulació
- 4- Y_1 LED indicador Alarmes
- 5- Tecla de menú.
- 6- Tecla d'increment
- 7- Tecla de decrement
- 8- Tecla d'entrada o validació

Per a la seva configuració disposa d'un arbre de menús compost de tres branques: Parametrització, Configuració i Calibració.

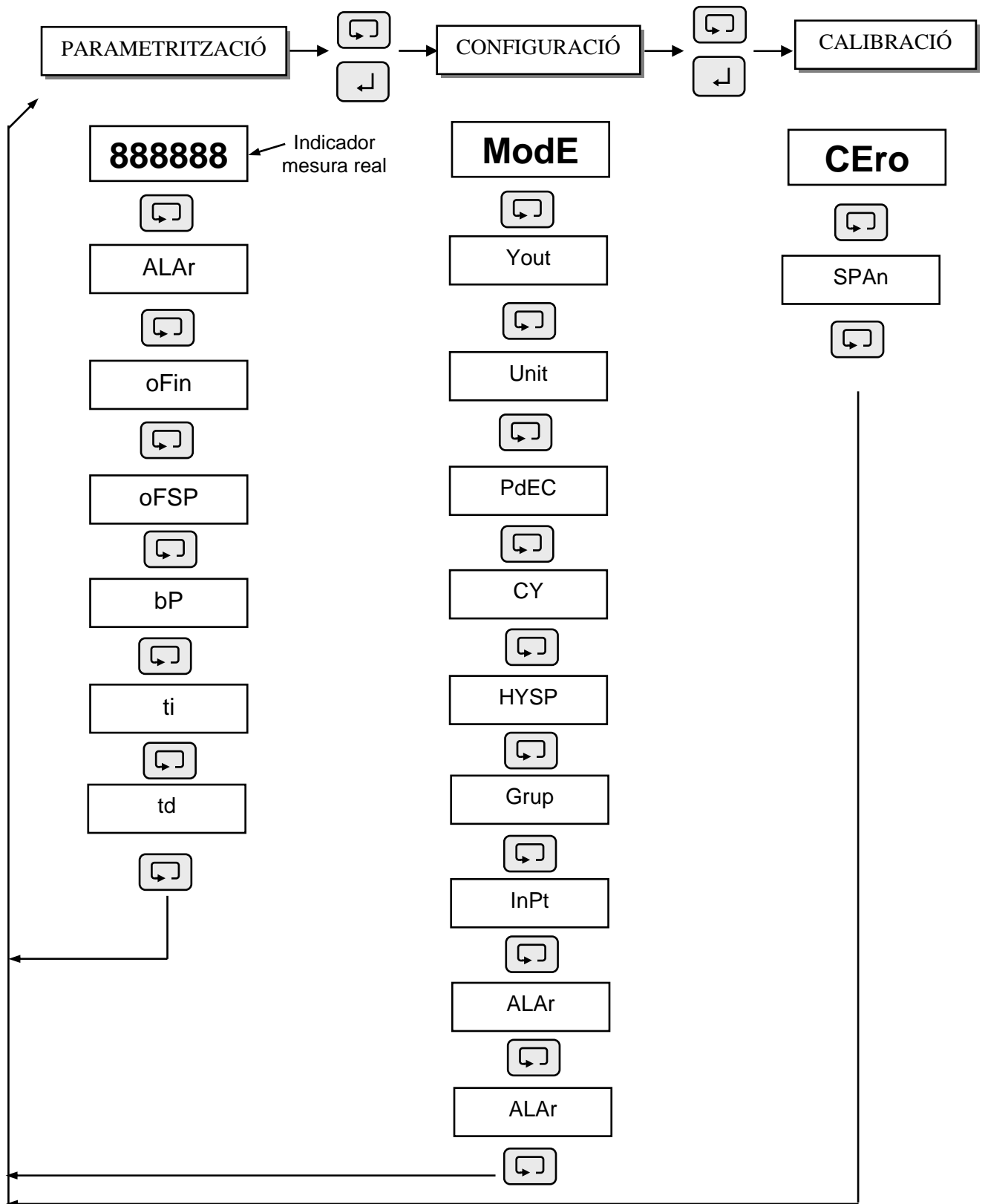


Figura 5. Arbre de menús del PM-5840/C

Quan es posa en funcionament, després de fer un auto-test, queda per defecte en el mode de *Parametrització*. És a dir, que apareix la mesura real de la variable d'entrada a l'indicador 1, i si es prem la tecla *Menú*, es va passant a les opcions posteriors de la branca de *Parametrització*. Una explicació detallada del que fa cada una d'aquestes opcions es dona al final de l'enunciat. Cal observar que és aquí on s'introduiran els paràmetres del PID. S'ha de tenir en compte que en lloc de K_p , al regulador s'ha d'entrar BP, és a dir la Banda Proporcional, que correspon a

$$BP = \frac{1}{K_p} 100$$

Per exemple si s'ha obtingut un $K_p = 5$, la Banda Proporcional serà de $BP = 20$.

Per a seleccionar el tipus d'entrada que es tindrà, les unitats amb les que treballar, el nombre de decimals que es mostraran, etc, cal passar al menú de *Configuració*. Per això s'han de prémer simultàniament les tecles de *Menú* i la de *Validació*. Una vegada aparegui *Mode* a la pantalla, ja es pot anar desplaçant dins el menú mitjançant la tecla de *Menú*.

Per a finalitzar, una vegada s'ha passat al menú *Configuració*, si es torna a prémer simultàniament les tecles de *Menú* i la de *Validació* es passa al menú de calibració. Aquesta opció es fa servir al principi per a ajustar el *Zero* i el *Span* per a que l'indicació de la mesura correspongui realment amb la magnitud de la mesura que s'està fent. Així el controlador operarà amb els valors adients. Per a veure com ajustar aquests paràmetres, s'explica amb detall als fulls adjunts.

Observeu que degut a que té un temps de mostreig bastant elevat, només es podrà realitzar el control de processos lents, com ara els de temperatura.

4. PROCÉS A CONTROLAR

Per realitzar aquesta pràctica es disposa d'un entrenador on hi ha dos processos per poder treballar: un de temperatura i un de llum. Ambdós processos consten d'una làmpada que dóna calor, mesurada per un sensor de temperatura i alhora es pot mesurar la lluminositat amb un sensor de lluminositat. A més en l'entrenador hi ha un ventilador que pot servir per ajudar en el control de temperatura i una segona làmpada per donar una pertorbació tant al procés de temperatura com al de llum.

A la Figura 1 es pot veure el frontal de l'entrenador on hi ha situat el ventilador abans esmentat i una sèrie de connectors per a poder fer les connexions d'entrada i sortida als dos processos, l'alimentació al ventilador i dues sortides de tensió variables a través de dos potenciòmetres .

La descripció de les entrades i sortides és la següent:

$V_i(\text{II})$: Entrada de tensió per a la làmpada (0 a 10V).

$V_o(\text{II})$: Mesura de lluminositat (0 a 10V).

$V_o(\text{T})$: Mesura de temperatura (0 a 10V).

$V_i(\text{n})$: Alimentació del ventilador (0 a 10V).

A i B: Tensions variables (0 a 10V).

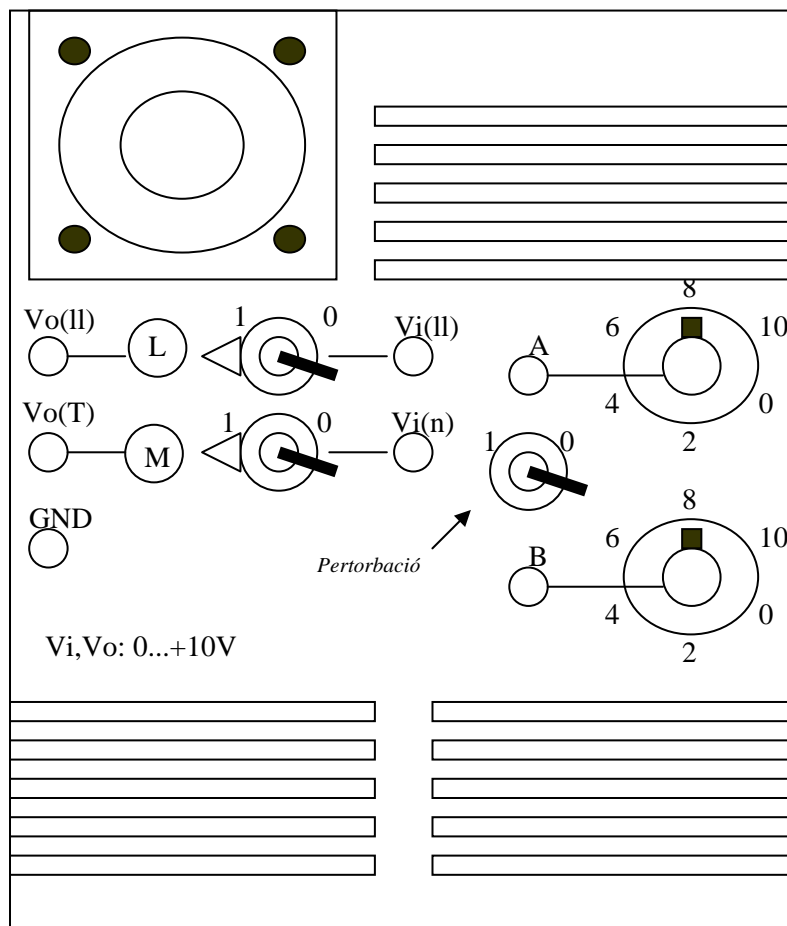


Figura 6 Frontal de l'entrenador.

3. REALITZACIÓ PRÀCTICA

- a) Connecteu a l'entrada del procés de temperatura un graó de 3.5V i també una entrada de 10V al ventilador per tal d'accelerar el procés de temperatura (Figura 7). Adquiriu la resposta amb el **programa pantalla**, tot posant un temps de mostreig de $T_S=5$ segons i que voleu fer l'adquisició en **llaç obert**. Abans de començar l'adquisició del senyal, seleccioneu l'opció **guardar les dades en un fitxer**, per poder fer-ne la seva visualització més tard. El procés aquest tarda uns minuts, ja que és força lent.

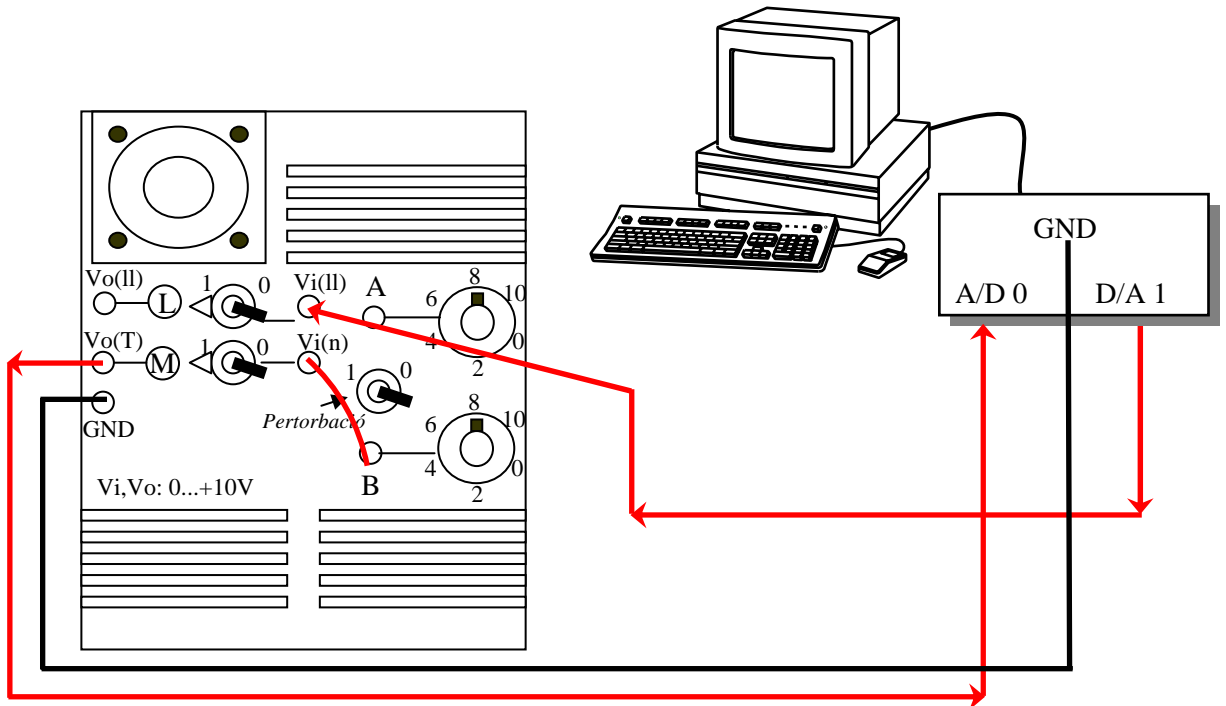


Figura 7 Connexions del procés amb la tarja d'adquisició

Quan tarda aproximadament a establir-se a un valor el senyal de sortida $V_o(T)$ del procés de temperatura? Assoleix la consigna proposada?

- b) Seleccioneu com a control del PC l'estructura **PID**. Ajustant ara els valors del controlador del PC (prenent $T_S = 5$ seg) i amb els paràmetres $K_P=100$, $K_I=5$ i $K_D = 500$, comproveu mitjançant la pantalla de Labwindows proporcionada la resposta del sistema controlat. Graveu també els resultats en un fitxer per al seu posterior anàlisi.
- c) Ajusteu el controlador industrial PM-5840 per a que tingui 2 xifres decimals en la seva representació numèrica.

- d) Ajusteu-lo per a que tingui una escala real de 0 a 10 V d'entrada. Per això entreu 0 V per a ajustar el Cero i després entreu 10 V per a ajustar el SPAn. Seguiu el procediment comentat als fulls adjunts proporcionats a part.
- e) Ajusteu ara el controlador PM-5840/C amb els valors $BP=1$, $T_I = 20$ i $T_D = 5$ i connecteu-lo al procés tal i com es mostra a la Figura 1. Comproveu la resposta del sistema amb aquests valors i reajesteu-los si ho creieu convenient. Captureu la resposta en un fitxer per poder comparar les dades posteriorment.

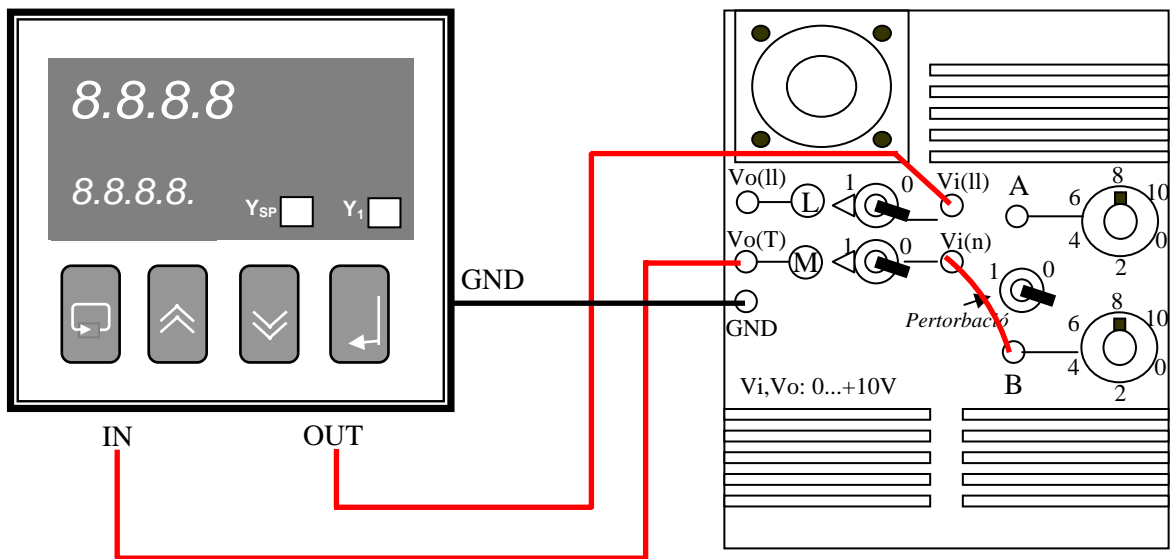


Figura 8 Connexió del controlador industrial PM 5840/C

- f) Dibuixeu sobre una mateixa gràfica la corba obtinguda pel procés sense controlar, la resposta del procés controlat amb el PC i la del procés controlat amb el PM 5840/C.