

Pràctica IV.

Test de PCBs

A. Introducció:

L'objectiu d'aquesta pràctica és veure els efectes del disseny en el funcionament d'un PCB real.

En aquesta pràctica aprendreu a:

1. Interpretar els diagrames de disseny del PCB, comparar-los amb el PCB real, i identificar tots els components.
2. Detectar efectes tèrmics en pistes i components.
3. Detectar efectes de soroll.
4. Detectar errors en el disseny de la placa.

Per tot això, seguint aquest guió podreu observar al laboratori:

1. Efectes tèrmics en pistes i components degut al pas de corrent.
2. Efectes de diafonia o *crosstalk*
3. Funcionament d'un PCB híbrid analògic/digital amb zones de comunicacions i potència.
4. Efectes de desadaptació d'impedància característica en pistes de mitja/alta velocitat

B. Repàs d'aspectes bàsics del disseny del PCBs

El disseny d'un PCB no és una cosa en absolut trivial. S'ha de tenir en compte la distribució de components, els plànols de massa, la col·locació de condensadors de desacoblament, i una gran quantitat de conceptes, explicats a teoria, que faran que la placa funcioni correctament.

B.1 Workflow:

Des del punt de vista de l'**esquemàtic**, s'ha de pensar entre d'altres coses en la selecció de components, quin tipus de tecnologia farem servir i perquè. No es el mateix utilitzar una lògica d'entrada bipolar que una MOS, per exemple. L'esquemàtic ens ha d'ajudar a visualitzar com serà el nostre circuit. És una transcripció del diagrama de blocs als components que necessitem per assolir l'objectiu. A més, ens ha de servir per fer les simulacions que considerem necessàries per tal d'aconseguir un correcte funcionament del sistema electrònic.

Un cop tractats tots els temes de simulació, selecció de components i tecnologia, passem al disseny del PCB pròpiament o **layout**. Un dissenyador de PCB's ha de pensar els camins per on circularà el corrent i tenir present per on es farà el camí de retorn. La correcta circulació d'aquest corrent és necessari per evitar fenòmens indesitjables com són el soroll en mode comú i/o en mode diferencial, la diafonia (*crosstalk*), les emissions radiades i les induïdes (EMI).

B.2 Criteri de masses:

Seguint amb la explicació anterior, i tenint en compte la documentació entregada a teoria i a les pràctiques anteriors, és important aplicar sempre el que s'anomena "**criteri de masses**".

Per tal de veure aquest criteri, considerarem una massa digital i una massa de potència, que es corresponen a un *sub-circuit digital* i a un *sub-circuit de potència* dins de l'esquemàtic. Donant un cop d'ull a la **Figura 2** es veuen els dos tipus de masses (senyal i potència) amb símbols diferents. Si tinguéssim circuiteria analògica dins d'aquest PCB hauríem de definir una altra massa associada precisament a aquest altre de *sub-circuit*.

L'objectiu de mantenir “*diferents masses*” és fer que els corrents que circulen per la part digital, acabin a la part digital sense interferir en la part de potència; que els corrents que circulen per la part de potència, que en alguns casos poden ser d'uns quants ampers, no facin cap interferència amb la part digital; i el mateix amb la part analògica si fos el cas.

A la **Figura 1** es presenta el detall de la unió de masses. Per tal d'ajudar en el moment de fer el disseny del PCB utilitzem dins de l'esquemàtic una resistència de $0\ \Omega$ per tal de diferenciar la *net* associada a la massa de senyal de la *net* associada a la massa de potència. Si no ho féssim d'aquesta forma, i féssim servir el mateix símbol, a l'hora de fer el *routing* de les pistes, podríem passar una pista digital per sota d'un element de potència o a l'inrevés, ja que no podríem distingir entre les dues masses. Un cop finalitzat el *layout* del PCB, aquesta resistència es treu i s'uneixen les masses a prop del connector de GND.

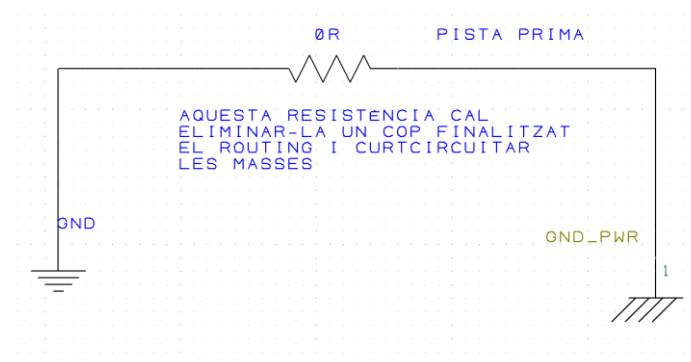


Figura 1. Detall de la unió de dues masses dins de l'esquemàtic.

Per tant, en el *layout* final del PCB s'haurà d'eliminar la resistència i unir les dues pistes al finalitzar el disseny. Aquest punt d'unió ha d'estar:

1. El més a prop possible del connector de sortida.
2. El més a prop possible de l'extrem de la nostra PCB.

B.3 EMI i interferències:

En la majoria de dissenys cal també tenir en compte les **emissions electromagnètiques radiades i induïdes** per la nostra PCB, és que es coneix com “EMI”s, que es poden minimitzar tenint en compte els aspectes següents:

- Fonts, commutacions i oscil·ladors:
 - Fer servir fonts que especifiquin un baix nivell d'emissions. S'ha d'anar amb compte a l'hora d'utilitzar fonts d'alimentació commutades, ajustant el disseny el màxim possible.
 - Operar amb els components en la regió lineal, evitant fenòmens d'intermodulació i harmònics.
 - Anar amb compte amb la velocitat dels oscil·ladors (rapidesa dels flancs de pujada i baixada) i el seu disseny. Col·locar el més a prop possible del microcontrolador. Pistes curtes.
- Transmissions.
 - Fer servir filtres per eliminar components espectrals no desitjats.
 - Localitzar els components potencialment sorollosos el més a prop possible de les càrregues per tal de minimitzar els camins d'acoblament.
 - Desacoblar les alimentacions.

S'ha de tenir en compte que els comportaments no lineals dels components que es puguin fer servir poden ser la causa més gran associada a interferències electromagnètiques i a la generació de components en freqüència no desitjats, en particular harmònics i intermodulacions. Una forma de minimitzar aquests efectes en aquells components que puguin ser crítics (microcontrolador, clock,...) és posant **plànols de massa** allà on considerem que sigui necessari per tal d'apantallar, en la mesura del possible, possibles interferències (**shielding**). Un bon plànol de massa sota del microcontrolador ens disminuirà molt els fenòmens de radiacions emeses i estimulades.

Els plànols de massa també ens ajuden a **dissipar potència**. L'àrea de dissipació dependrà de la resistència tèrmica del component i de la temperatura de la unió encapsulament/estany. Normalment això be donat en el *datasheet* del component, però no està de més recordar-ho.

C. Disseny de la placa a estudiar:

C.1 Funcionalitats:

La nostra placa té un total de sis línies d'entrada actives per nivell baix. Aquestes entrades van directament a un microcontrolador de 8 bits (MICRO_1), un PIC18F258 de 28 pins. Aquest microcontrolador es connecta mitjançant un bus paral·lel amb un altre microcontrolador (MICRO_2), idèntic a l'anterior i encarregat d'activar dos LED a la sortida i una zona de potència constituïda per un FET i un relé. Aquest últim s'utilitza per activar un motor DC.

Els dos microcontroladors també estan connectats per comunicació sèrie amb *transceivers* de bus diferencial CAN, els quals s'encarreguen de comunicar-se amb l'exterior. Aquest tipus de protocol és molt utilitzat a l'indústria de l'automòbil.

C.2 Components:

1. 2 microcontroladors PIC18F258
2. 2 transceivers 74LVT2245 paral·lel/paral·lel de 8 bits
3. 1 regulador de tensió ST LD1086V50
4. 1 FET Infineon BTS 133 (Referència Farnell 743458)
5. 2 LED's de sortida dels microcontroladors
6. 1 relé amb les seves etapes pertinents
7. 6 entrades digitals actives per nivell baix (de les quals utilitzarem 5)
8. Comunicacions CAN amb l'exterior
9. Oscil·ladors
10. Connectors de programació
11. Resistències i condensadors necessaris.
12. Connectors tipus pin d'entrada – sortida

C.3 Entrades digitals:

IMPORTANT: totes les entrades són actives per nivell BAIX (discrepàncies amb l'esquemàtic).

ENTRADA	LED1	LED2	LED3	FET	RELÉ MOTOR
P1	OFF	OFF	OFF	OFF	ON
P2	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
P3	no connectar	no connectar	no connectar	no connectar	no connectar
P4	OFF	OFF	OFF	ON	OFF
P5	OFF	ON	OFF	OFF	OFF
P6	OFF	OFF	ON	OFF	OFF

Taula 1. Taula de la veritat de les entrades/sortides.

C.4 Esquemàtic:

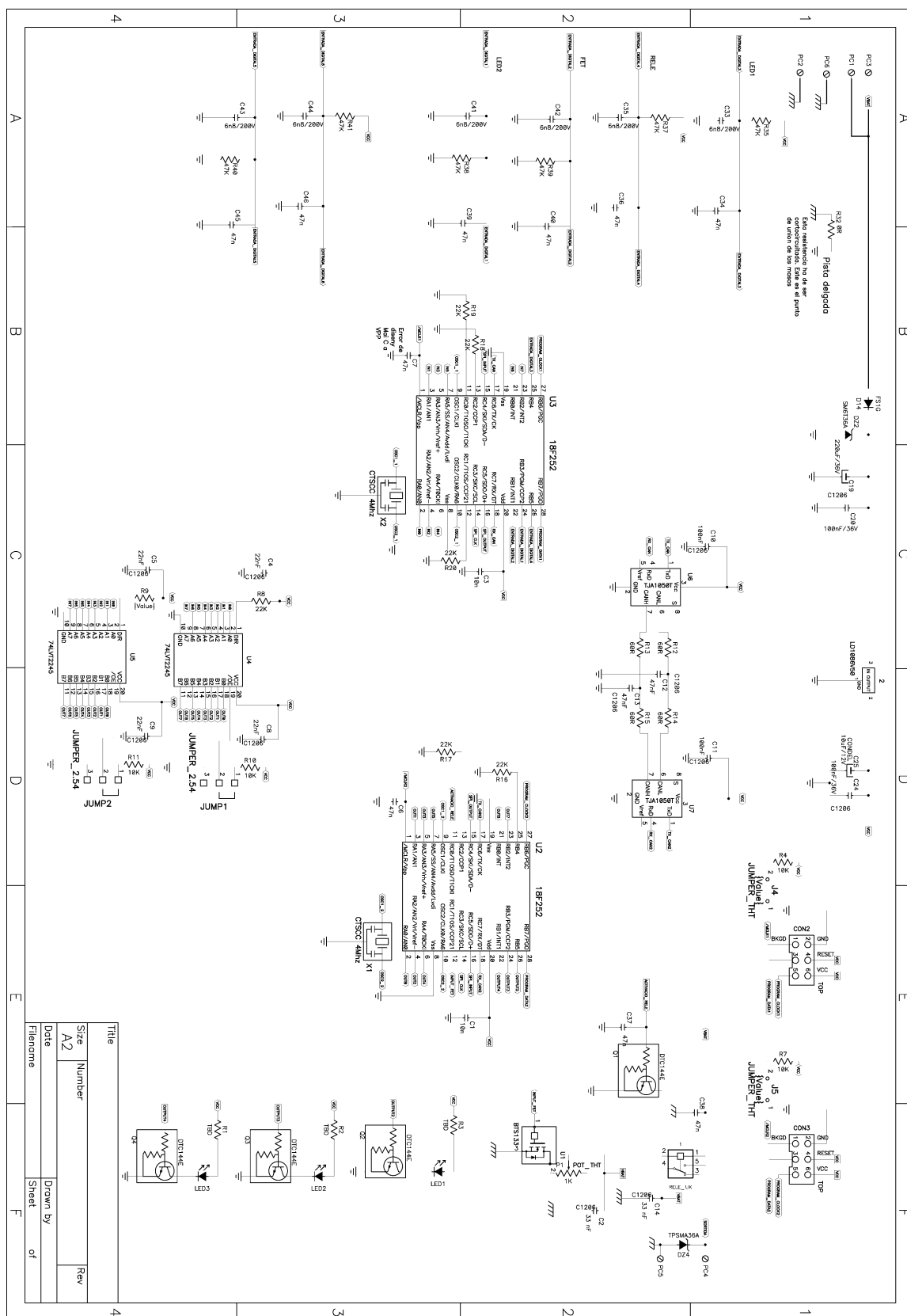


Figura 2. Esquema de la placa que farem servir al laboratori.

C.5 Layout:

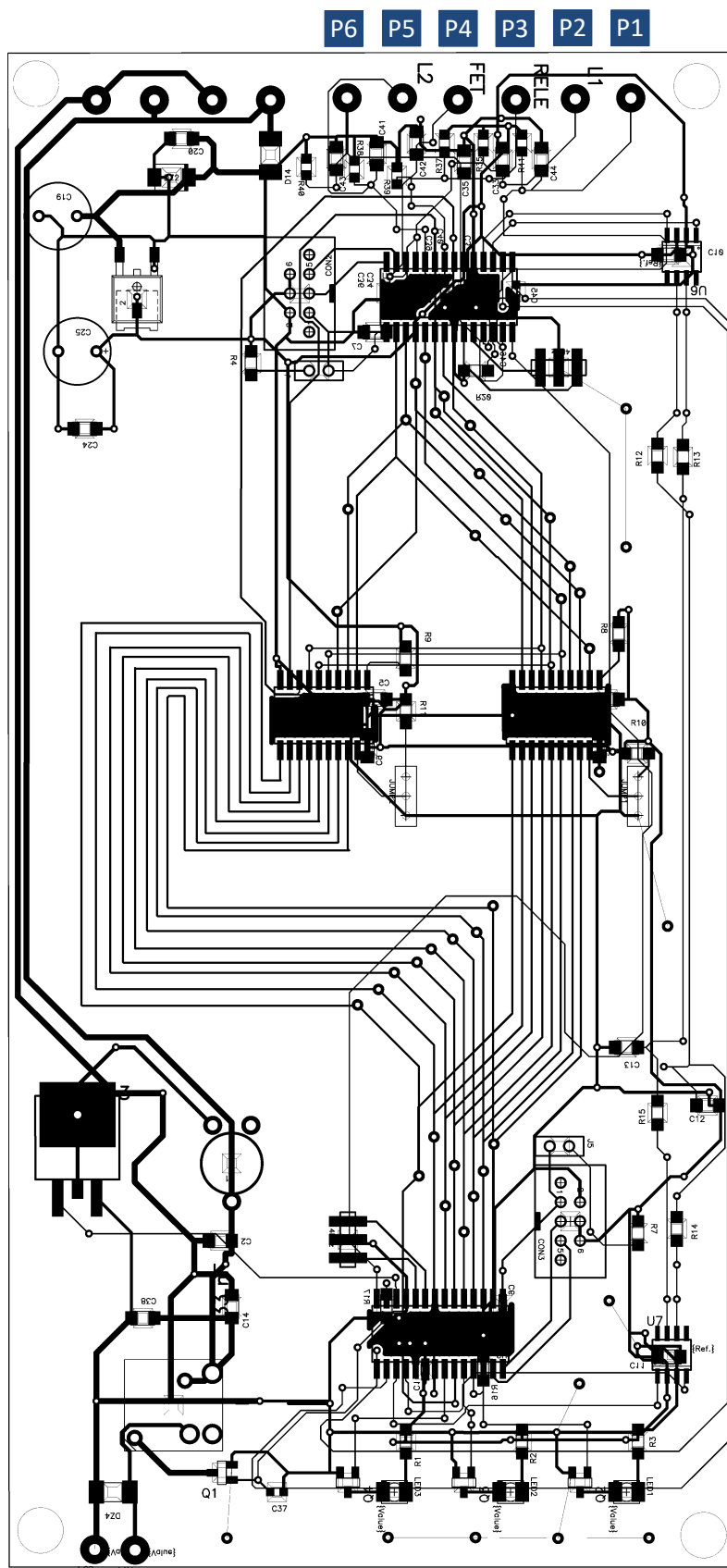



Figura 3. PCB, placement i routing de la placa que fem servir al laboratori.

D. Test experimental de la placa:

D.1 Alimentació i verificació inicials:

Un cop tenim la placa sobre la taula i abans de fer cap connexió feu el següent:

- Verifiqueu que no hi ha curtcircuit entre les alimentacions i les masses (mode continuïtat del multímetre , pita quan dos punts estan connectats).
- Verifiqueu que la sortida del regulador està connectada a l'alimentació de tots els xips.
- Mesureu el valor de les resistències del circuit i verifiqueu si són les apropiades.
- Ajusteu el potenciòmetre POT_THT a la màxima resistència.
- Verifiqueu que les connexions externes són les adequades (tensió d'alimentació, GND).
- Connecteu l'alimentació a la placa (font d'alimentació apagada).
- **AVISEU AL PROFESSOR ABANS DE CONTINUAR.**
- **Aneu pujant lentament** la tensió fins arribar a la tensió de 10 V. Si detecteu un increment del corrent a la font, baixeu la tensió i repetiu els passos anteriors.
- Mesureu i verifiqueu que els nivells de tensió en el circuit són els adequats (tensió d'alimentació, GND, entrades a 5V, etc.)
- Mesureu la freqüència i nivells de tensió del rellotge del microcontrolador.
- Analitzeu els senyals del bus sèrie al microcontrolador (pin 17 i 18 de U3). Tot i que els xips del bus CAN (U6 i U7) no estan soldats, el microcontrolador envia senyals pel port sèrie cap a aquests. Busqueu informació a Internet sobre el bus CAN, us servirà pel vostre projecte.
- Calculeu el temps de pujada i el temps de baixada de les comunicacions sèrie (feu servir el criteri 10%-90% del valor del senyal).
- Quin és el temps de bit?
- Quina és la velocitat de la transmissió?

Amb tot això, haurem verificat que els fitxers de sortida per fabricar el PCB són correctes, que els components soldats són els esperats i que no s'ha produït cap error ni de fabricació ni de muntatge. A més a més, també sabrem que l'alimentació és correcta, que el microcontrolador està funcionant i que té entrades i sortides actives.

Qüestions:

- Q.1. *Quin és el consum de la placa?*
- Q.2. *Quin és el valor de l'alimentació del microcontrolador?*
- Q.3. *Quin valor RMS té el soroll a l'alimentació principal? I a la del microcontrolador? (Adjunteu imatges del oscil·loscopi).*
- Q.4. *Per què cal mesurar les impedàncies abans d'alimentar la placa?*
- Q.5. *Quina és la freqüència del rellotge del microcontrolador? (Adjunteu imatges del oscil·loscopi).*
- Q.6. *Expliqueu els senyals que veieu en els pins 17 i 18 de U3. (Adjunteu imatges del oscil·loscopi).*
- Q.7. *Quin és el temps de bit i la velocitat de transmissió del microcontrolador a través del bus sèrie de la placa?*

D.2 Test de les comunicacions:

A continuació testejarem les comunicacions d'un **bus paral·lel** que comuniquen els microcontroladors U3 i U2 **amb diferents longituds de pista**. A la placa tenim dos *transceivers* paral·lels de 8 bits bidireccionals (U4 i U5). Un d'ells (U4) té les pistes de la comunicació

paral·lela directa, amb una bona *clearance* (**pistes curtes**); mentre que l'altre (U5) té una sèrie d'angles rectes que fan que la impedància característica variï justament als angles (**pistes llargues**). Per aquesta raó, podem veure efectes com rebots i reflexions.

- L'habilitació dels transceivers es realitza mitjançant una línia de control activa per nivell baix (/OE: *output enable negat*). Mitjançant els *jumpers* de tres posicions (JUMP1 per U4 i JUMP2 per U5) podem connectar les respectives línies /OE de cada transceiver o bé a GND (activat) o bé a l'alimentació (desactivat).

Qüestions:

Q.8. Començarem treballant amb el transceiver connectat a les **pistes curtes**. Mesureu (veure **Figura 4**) el valor del temps de pujada i del sobre-pic al principi i al final de la línia. El temps de pujada (*rise time*) es refereix al temps requerit per tal que el senyal passi d'un nivell baix (típicament el 10%) a un nivell alt (típicament el 90% de l'alçada del pols quadrat). El sobre-pic (*overshoot*) és el valor del pic màxim de la corba de resposta respecte de la resposta desitjada del sistema. Podeu fer servir les funcions de mesura definides a l'oscil·loscopi. Feu captures de les pantalles principals que aneu observant.

Q.9. Repetiu el punt anterior amb el transceiver connectat a les **pistes llargues**.

Q.10. Quin escenari creieu que és preferible? Expliqueu perquè.

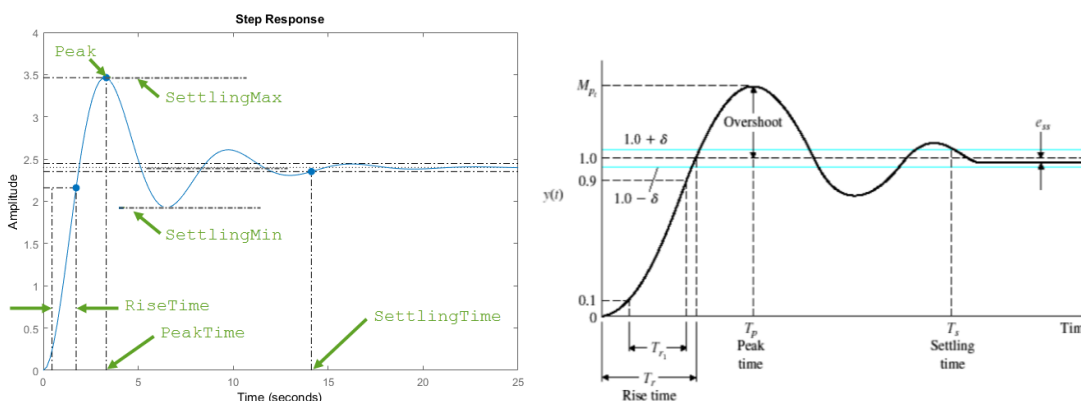


Figura 4. Resposta a un esglaió. Paràmetres característics.

D.3 Efectes tèrmics:

Com sabeu existeix una relació entre el corrent que circula per una pista i la seva amplada: es pot sobreescalfar, i molt. Per poder observar aquest efecte disposeu d'un FET (U1) i d'una resistència variable muntats a la placa. Feu el següent:

- Verifiqueu que el potenciòmetre POT_THT està ajustat al seu valor màxim.
- Durant la pràctica MAI BAIXEU el potenciòmetre POT_THT al seu valor MÍNIM
- Activeu l'entrada digital 2 (P4) corresponent al senyal de control RB1 del micro.
- Un cop activada la sortida, varieu **lentament** el valor de la resistència variable per tal d'incrementar el corrent que hi circula (compte!).
- Mesureu la temperatura del component.
- Mesureu la temperatura de les pistes.
- Mesureu el valor de la resistència variable (desconnecteu l'alimentació abans!!).



La mesura de la temperatura la farem amb la sonda HI 93531. Donat que el contacte de la sonda és metàl·lic (de fet la majoria de sondes que es fan servir per mesurar temperatura solen ser bimetalls) farem servir una pasta conductora tèrmica però aïllant elèctrica.

Qüestions:

- Q.11. *Per què cal activar l'entrada digital P2 abans de començar? Quina funció té aquest senyal?*
- Q.12. *Mostreu en una taula les temperatures assolides a les pistes i als components per diferents valors de resistència. Expliqueu el que succeeix.*

D.4 Commutació del motor:

La placa disposa també d'una etapa de potència que permet activar un motor mitjançant un relé. Activarem i desactivarem el motor amb l'entrada P1 (activa per nivell baix). Feu el següent:

- Augmenteu la tensió d'alimentació a 12V.
- Observeu l'escalfament de les pistes (el relé difícilment s'escalfarà, però també es pot mirar).
- Observeu els pics d'activació i desactivació del motor. Preneu imatges del mateix i mesureu el valor del pic.

Qüestions:

- Q.13. *Quant consumeix el motor?*
- Q.14. *Sobre el layout del circuit, indiqueu les temperatures mesurades.*
- Q.15. *Indiqueu i mostreu imatges del pic de commutació. Per què succeeix?*

D.5 Anàlisi crítica del disseny:

- Q.16. *La PCB la ha dissenyat en Manel. Quins errors trobeu que té l'esquemàtic? I el layout? Què milloràrieu/canviàrieu si haguéssiu de refer el disseny?*

Tasques a realitzar:

1. A casa, **abans** de la sessió de laboratori: llegiu i analitzeu les seccions A, B, C i D.
2. **Durant** la sessió de laboratori: seguiu les instruccions de la secció D i recolliu la informació necessària per respondre a les qüestions.
3. A casa, **després** de la sessió de laboratori: elaboreu en format de presentació un document que respongui a totes les qüestions des de Q.1 a Q.16.

Entrega:

- Pugeu al Campus Virtual la presentació passada a *.pdf*, amb les respostes a les qüestions.
-