

Pràctica II.

Disseny de PCBs – Tècniques Bàsiques

Introducció

En la pràctica anterior, hem estudiat el flux de disseny de PCB i les seves etapes principals. A més a més, hem vist com KiCad EDA v6 ens proporciona eines per abordar un gran nombre d'aquestes etapes de forma integrada. Per tant, ja estem llestos per començar a implementar els nostres dissenys!

L'objectiu a partir d'ara és seguir practicant i incorporar, pas a pas, tècniques avançades que us permetin realitzar dissenys més complexes i amb un millor funcionament tècnic.

En aquesta pràctica es proposen dos circuits senzills a implementar d'acord amb unes especificacions estrictes, relatives al **format dels components i les seves especificacions**.

Disseny A: Driver de LEDs

En aquest primer exercici, us proposem implementar amb KiCad un driver basat en amplificadors operacionals (OpAmps) per controlar LEDs. La **figura 1** mostra el circuit a implementar, que resulta útil quan volem controlar la brillantor d'un LED.

Amb el circuit proposat, podem ajustar l'amplitud del senyal aplicat al terminal d'entrada VIN (mitjançant el guany de la primera etapa no-inversora entorn de l'OpAmp_a) i proporcionar corrent suficient al LED (mitjançant el seguidor de tensió amb alta corrent de sortida implementant amb l'OpAmp_b) pels casos en els quals la font no ho pot fer si el LED es molt lluminós (com una sortida digital d'un microcontrolador que dona poc corrent).

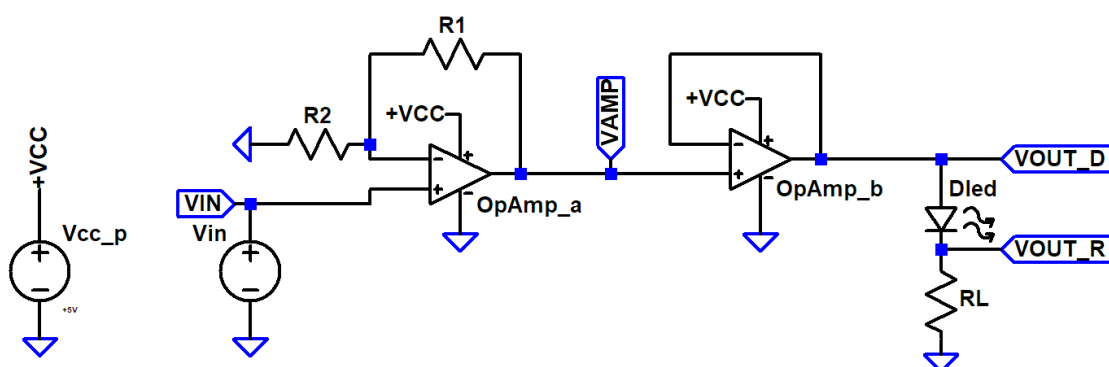


Figura 1. Disseny A: sistema d'amplificació i control d'un LED a partir de amplificadors operacionals

L'exercici consisteix en implementar un PCB amb les següents **especificacions**:

Entrades:

- A.1. Definiu un connector de 3 pins, que proporcioni l'alimentació (+VCC i GND) i el senyal d'entrada (VIN).
- A.2. Utilitzeu una tira de 3 pins de tecnologia de forats passants (o "Through-Hole Technology", THT) amb espaiat estàndard de 2,54 mm (aquest tipus de connector se'l sol anomenar "tira de postes").

Sortides:

- A.3. Col·loqueu un LED de format THT per a muntatge directe sobre la placa.
- A.4. A més a més definiu un connector de 2 pins addicional (2 pins THT 2,54), que permeti connectar un altre LED extern en paral·lel.

Amplificador operacional:

- A.5. Utilitzeu un OpAmp que compleixi les següents característiques: $I_{out} > 40mA$, *single supply*, $V_{cc} \geq 5V$).
- A.6. Consultant el seu *datasheet*, assegureu-vos que el podeu trobar comercialment en format DUAL (és a dir, amb dos operacionals en un sol xip) i en format de muntatge superficial (*Surface Mount Device*, SMD) de tipus SOIC8 (ó S8).
- A.7. Afegiu les capacitats de desacoblament de l'alimentació necessàries, tal i com heu après a teoria.
- A.8. Aquestes capacitats han de tenir format SMD 1206.

LED:

- A.9. Feu servir un LED verd THT model L-53GD.

Simulació del circuit:

- A.10. Abans de continuar amb el disseny, verificarem el correcte funcionament del circuit de la **Figura 1**. El simularem fent servir **LTspice**:
 - Localitzeu a Internet el model elèctric de l'OpAmp triat anteriorment i incloeu-lo en la simulació. Trobareu a la secció de Material Addicional, **una guia per incloure un nou model de component SPICE a la vostra simulació.**
 - Genereu el model SPICE del LED L-53GD utilitzant les dades del *datasheet*. Trobareu a la secció de Material Addicional, una guia per analitzar el *datasheet* i extreure els paràmetres necessaris pel model.
 - Apliqueu a l'entrada VIN un senyal que simuli una sortida digital. Podeu fer servir un tren de polsos quadrats, entre 0V i 3.3V d'amplitud, freqüència d'1kHz i *duty cycle* del 50%.
 - Alimenteu el circuit amb $V_{cc} = +5V$.
 - De moment, fixeiu el valor de la resistència R_L a 1kΩ.
- A.11. Simularem primer el **funcionament** del circuit **amb diferents guanys**. Configureu la simulació per fer un anàlisi del transitori dels senyals (*.tran ...*) per diferents valors de guany de l'etapa no-inversora (utilitzeu l'eina *.step param ...* per variar els valors de R_1 i R_2). Observeu la sortida VAMP per guanys entre 1 i 3. Verifiqueu que els resultats



encaixen amb el que sabeu de teoria. Quin és el màxim guany que té sentit utilitzar? Per quin motiu?

- A.12. Seguidament, analitzarem l'efecte de la resistència RL. La seva funció és limitar el corrent màxim que pot circular pel LED. Fixeu R1 i R2 per obtenir un guany d'entorn a 1,67 (que ens permetria obtenir 5V de sortida per un senyal d'entrada de 3.3V). Torneu a realitzar un anàlisi transitori (.tran ...) aplicant el mateix tren de polsos quadrats, però variant ara únicament el valor de RL entre 10Ω i 1kΩ. Observeu el corrent que circula pel LED i la caiguda de tensió al terminal de sortida VOUT_D. Quin valor de RL proporciona la màxima brillantor al LED? I la mínima? Per la resistència més baixa, què limita el corrent que circula pel LED?
- A.13. Finalment, analitzarem la **resposta en freqüència** del circuit. Amb aquesta informació sabrem si hi ha cap limitació en la velocitat amb la que podem operar el LED, sense afectar-ne la brillantor. Farem una simulació AC de la resposta en petit senyal del circuit (.ac ...) entre 1Hz i 10MHz. Recordeu-vos de configurar la font VIN per que realitzi una simulació AC. Fixeu RL a 1kΩ. Observeu la sortida a VOUT_D en funció de la freqüència. Quina és la freqüència de tall a diferents guanys? Per què varia? Quin impacte pot tenir això en el funcionament del circuit?

Configuració del circuit a dissenyar:

- A.14. Després de verificar el funcionament del circuit, passarem a implementar-ne la PCB. Ajusteu els valors de les resistències R1 i R2 per obtenir un guany de 1,67 en l'etapa d'amplificació no inversora.
- A.15. Aquestes resistències R1 i R2 han de tenir format SMD 1206. Utilitzeu únicament valors de resistència estàndard, amb 5% de tolerància (vegeu la secció Material Addicional).
- A.16. Calculeu el valor de la resistència de limitació de corrent RL, per que el LED treballi en les condicions òptimes (valors IF i VF del datasheet) si li apliquem un voltatge de +5V a VOUT_D.
- A.17. Aquesta resistència RL ha de tenir un format axial THT. Utilitzeu únicament valors de resistència estàndard, amb 10% de tolerància (vegeu la secció Material Addicional).

Característiques generals del disseny:

- A.18. Podeu fer servir únicament la capa TOP (és a dir, tots els components i totes les pistes a la mateixa cara).
- A.19. Assigneu tots els nodes (nets) a la classe corresponent, segons siguin Signal, Power o GND, i feu que tinguin gruixos adients.
- A.20. Busqueu la referència dels components principals al catàleg de online de RS-Amidata (és a dir, de tots els components excepte resistències i tires de pins).

Disseny B: Regulador d'alimentació

En molts casos, volem fer circuits electrònics que funcionin de forma autònoma, alimentats per exemple amb bateries. Però, com sabeu, les piles varien el seu voltatge de sortida a mesura que es descarreguen i això pot afectar el correcte funcionament de components complexos com OpAmps, LEDs, microcontroladors, etc. Per evitar aquest problema, cal fer servir circuits reguladors, que garanteixin un voltatge d'alimentació estable. Els més senzills són els circuits reguladors lineals (*Low-DropOut*, LDO), que a partir d'una font de tensió contínua d'entrada, proporcionen una tensió de sortida, més baixa, però molt estable. Solen estar disponibles al mercat en molts formats: THT i SMD, amb sortida prefixada o ajustable, etc. La **figura 2** mostra una possible implementació d'un regulador ajustable basat en el LM1117.

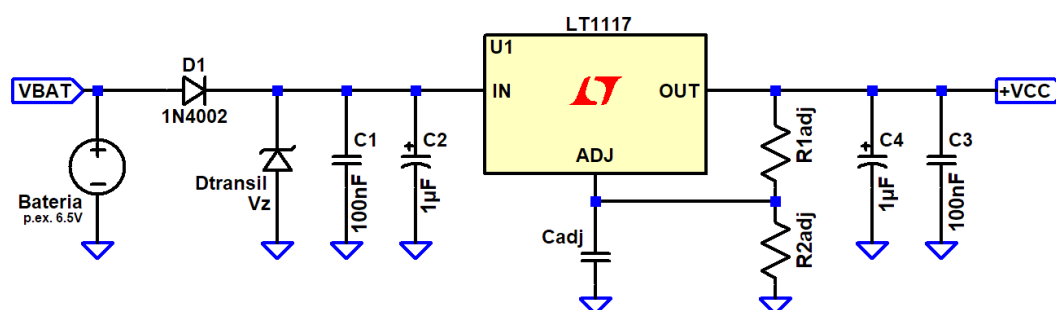


Figura 2. Disseny B: una possible implementació de circuit de regulació de voltatge ajustable basat en el LDO LM1117 sistema d'amplificació i control d'un LED a partir de amplificadors operacionals

L'exercici consisteix en implementar un PCB amb les següents **especificacions**:

Entrada:

- B.1. Assumiu que fem servir com a font d'alimentació a VBAT 4x bateries tipus LR6 AA de 1.5V instal·lades en un porta-piles el de la **figura 3**.
- B.2. Col·loqueu uns terminals adients per connectar-les a la placa.

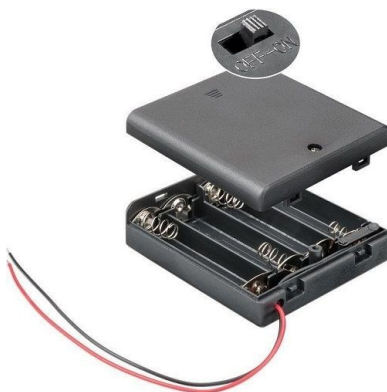


Figura 3. Porta-piles a utilitzar en el nostre disseny.

Sortida:

- B.3. La sortida del circuit serà una tensió d'alimentació regulada al nivell desitjat (+VCC) referenciada al nivell de terra (GND).
- B.4. Col·loqueu uns terminals adients per connectar aquesta tensió de sortida a un circuit extern, si fos necessari.

Regulador LT1117:

- B.5. Utilitzeu el regulador ajustable LT1117 en format TO220. Aquest encapsulat està pensat per poder dissipar molta calor si fos necessari. Per aquest motiu es pot col·locar al PCB de moltes formes diferents, en funció de diferents estratègies de dissipació.
- B.6. En el nostre cas, el col·locarem tombat a la PCB, amb els terminals THT soldats i el terminal de dissipació fixat amb un cargol de 3 mm de diàmetre, tal i com es mostra a la **figura 4**. Dissenyeu el **footprint del component a mà** de forma que es pugui realitzar aquest tipus de muntatge.



Figura 4. Muntatge típic d'un integrat en format TO220, tombat en placa i sense dissipador.

Díodes:

- B.7. Els dos díodes a l'entrada del circuit actuen com a protecció.
- B.8. El díode D1 evita danys al circuit si algú connecta la bateria amb polaritat invertida. Utilitzeu el díode 1N4002 en format axial THT.
- B.9. El díode Dtransil és un díode TRANSIL, o supressor de transitoris de voltatge. Ve a ser una mena de díode Zener però molt més ràpid, i capaç d'absorbir qualsevol excés de voltatge per sobre de la seva tensió Zener (V_Z). Serveix per protegir el circuit en cas de connectar una tensió excessiva a entrada (trobareu més informació a l'apartat Material Addicional). Busqueu un díode Transil en format axial THT amb una V_Z suficient per protegir el regulador LM1117 (consulteu el *datasheet*).

Capacitats d'estabilització de l'alimentació:

- B.10. En els components C1 i C3, utilitzeu capacitats ceràmiques en format SMD 0805, capaces de suportar els voltatges adients.
- B.11. En els components C2 i C4, utilitzeu capacitats electrolítiques en format THT, capaces de suportar els voltatges adients.

Simulació del circuit:

B.12. Abans de continuar amb el disseny, verificarem el correcte funcionament del circuit de la **Figura 2**. El simularem fent servir **LTspice**:

- Per simular el regulador, utilitzeu el model del LT1117 (un circuit equivalent fet per un altre fabricant). Podeu trobar el model SPICE en les darreres versions de LTspice, o bé buscant una mica per Internet.
- Per simular el díode D1 de tipus 1N4002, busqueu-ne els paràmetres SPICE a internet i introduïu-los en la simulació com heu fet amb el LED en l'apartat anterior (eina *.model ...*).
- Per simular el díode Dtransil, utilitzeu un díode Zener de la llibreria de l'LTspice que tingui una tensió Zener V_z adequada.
- Apliqueu a l'entrada VBAT un senyal que simuli la connexió de la bateria i el transitori que es produeix a partir d'aquell moment. Podeu fer servir un pols quadrat que comenci a 0V i acabi a la tensió VBAT que desitgeu. Inicialment, treballarem amb la tensió de les bateries indicades anteriorment.

B.13. Simularem primer el funcionament del circuit configurat per proporcionar diferents **nivells de tensió de sortida**. Prepareu la simulació per fer un anàlisi del transitori dels senyals (*.tran ...*) per diferents valors de tensió de sortida teòrics entre 1.25V i 10V (utilitzeu l'eina *.step param ...* per variar els valors de R1adj i R2adj segons indica el *datasheet*). Observeu la sortida +VCC i verifiqueu si obteniu les tensions esperades. En quins casos no s'obté la tensió esperada? Per quin motiu?

B.14. Seguidament, estudiarem els efectes dels **díodes de protecció**. Per això simularem dos possibles errors que podem cometre. D'una banda, podem **connectar els terminals de la bateria al revés**. Configureu la font d'alimentació que simula la bateria per simular aquesta situació. Quin díode actua en aquest cas com a protecció? Quina tensió obtenim a la sortida? Per quin motiu?

B.15. D'altra banda, podem equivocar-nos i utilitzar una **bateria de tensió massa elevada**. Configureu de nou la font d'alimentació per que apliqui una tensió excessiva a VBAT. Quin díode actua en aquest cas com a protecció? Quina tensió obtenim a la sortida? Per quin motiu?

Configuració de la tensió de sortida:

B.16. Utilitzant les dades del *datasheet*, seleccioneu el valors adjacents de R1adj, R2adj i Cadj per obtenir una tensió de sortida regulada a +4V.

B.17. Per R1adj, R2adj i Cadj utilitzeu components de superfícies format SMD 0805. Utilitzeu únicament valors de resistència estàndard, amb 10% de tolerància, i capacitats estàndard.

Característiques generals del disseny:

B.18. Podeu fer servir **únicament la capa BOTTOM** (és a dir, tots els components i totes les pistes a la cara del darrere de la placa).

B.19. Assigneu tots els nodes (nets) a la classe corresponent, segons siguin *Signal*, *Power* o *GND*, i feu que tinguin gruixos adjacents.

B.20. Busqueu la referència dels components principals al catàleg de online de RS-Amidata (és a dir, de tots els components excepte resistències i tires de pins).



Tasques a realitzar:

1. Implementeu els Dissenys A i B en un mateix projecte, utilitzant esquemàtics diferents, però un únic PCB, i d'acord amb les especificacions donades.
2. Feu que tots dos circuits es solapin, un a cada cara, sense fer cap curtcircuit! (verifiqueu-ho amb el DRC).
3. Genereu la llista de components (*bill of materials*, BOM) de tots els components necessaris per muntar el PCB.

Entrega:

- Pugeu al Campus Virtual els arxius de KiCad dels 2 dissenys realitzats: incloeu els esquemàtics (.kicad_sch), el layout (.kicad_pcb), el projecte (.kicad_pro), captures de pantalla que mostrin el 3D del circuit (.bmp o .jpeg) i la BOM (.csv) en un fitxer .zip.
- Incloeu també en el .zip unes transparències (en format .pdf) on mostreu els circuits LTspice, els resultats de les simulacions realitzades i les respostes a les preguntes A.11, A.12, A.13, B.13, B.14 i B.15.

Material Addicional:

- [Formats d'encapsulat estàndard](#)
 - [Incorporació d'un model SPICE extern a les vostres simulacions d'LTspice.](#)
 - [Extracció de paràmetres per model SPICE d'un LED/díode a partir del datasheet.](#)
 - [Valors de resistència estàndard](#)
 - [Díodes Zener](#)
 - [Díodes Transil](#)
-