

DISSENY I IMPLEMENTACIÓ D'UNA ETAPA D'ACONDICIONAMENT PER A MESURES DE CONDUCTIVITAT REALITZADES AMB UN MICROSCOPI DE FORCES ATÒMIQUES

Treball Fi de Carrera

Miquel Moras Alberó

Director: Marc Porti Pujal



Introducció

- Progrés Tecnològic en el camp de la nanotecnologia → Reducció dels dispositius MOS.
- Es volen obtenir gruixos de dielèctric de porta cada vegada més prims. El més utilitzat és el **SiO₂**.
- Per gruixos molt prims → apareixen **corrents d'efecte túnel**. Comporten reducció del temps de vida i incrementen el consum.
- Per estudiar el dielèctric de porta s'utilitza una tècnica de microscopia basada amb Sonda Local: **el C-AFM**. Permet obtenir imatges topogràfiques i de corrent de la superfície analitzada a escala nanomètrica.
- Es pretén **sotmetre el dielèctric de porta a estressos elèctrics** fins obtenir ruptura dielèctrica. Si no es produeix ruptura, s'apreciaran corrents de ~pA. Si n'hi ha, s'apreciaran corrents de ~mA.
- Com que els corrents a mesurar són molt petis, es farà **us d'un preamplificador de baix soroll** de guany $10^{10}V/A$.
- Les proves amb el C-AFM es realitzen al laboratori del grup de recerca REDEC del departament d'enginyeria electrònica.

Temàtica a tractar

- En tot circuit electrònic es creen o s'acoblen petits senyals interferents.
- En les tècniques de microscopia SMP la principal font de soroll és la xarxa elèctrica. Aquest és a 50Hz i d'amplitud considerable.

Interessa doncs, reduir-lo, ja que podria emmascarar el senyal de sortida del C-AFM i donar lectura errònia.

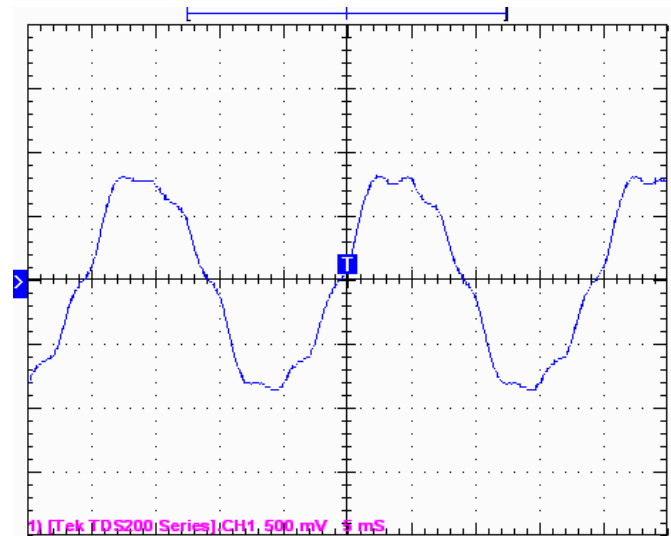
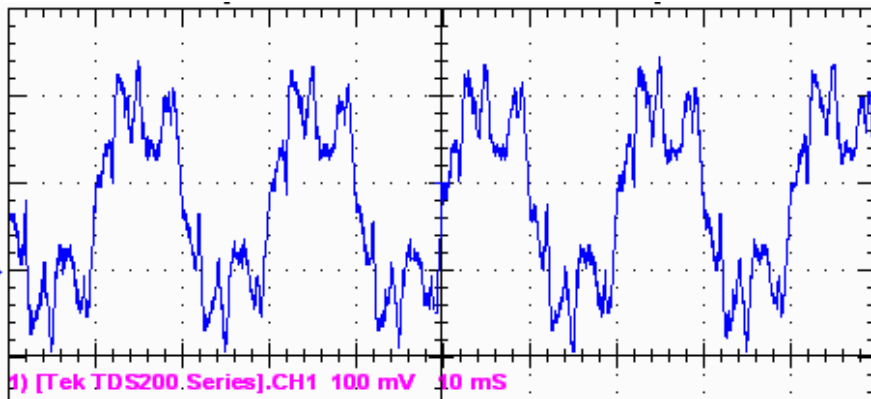
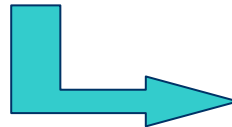
Les fonts de soroll externes (radiacions electromagnètiques) s'evitaran introduint el sistema en una Gàbia de Faraday.

Soroll de xarxa a la sortida dels dos AFMs.

Soroll de xarxa elèctrica a 50Hz a la sortida del preamplificador de l'AFM Nanotec.

$1,74V_{pp} \rightarrow 174pA$

S'HA DE FILTRAR!!!



Soroll de xarxa elèctrica a 50Hz a la sortida del preamplificador de l'AFM Scientec.

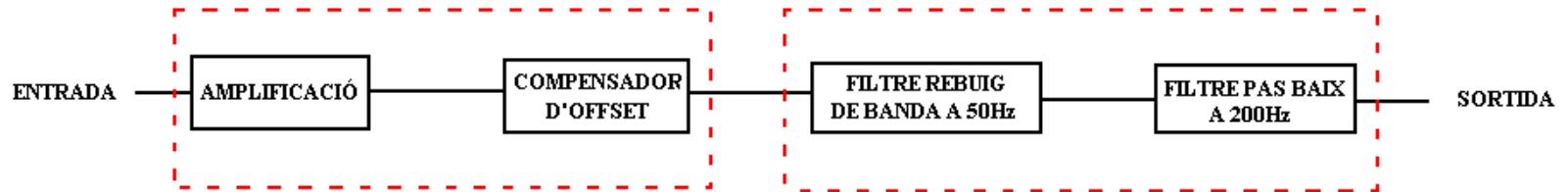
$280mV_{pp} \rightarrow 28pA$

Presenta un offset de 50mV aprox.

Objectius

- Reduir el soroll de Xarxa elèctrica a 50Hz un factor mínim de 10 (20dB), ja que pot afectar i emmascarar la mesura de corrents amb el C-AFM.
- Eliminar fonts de soroll superiors a l'amplada de banda del AFM (200Hz) i aconseguir a 500Hz 40dB d'atenuació.
- Poder ajustar a zero la tensió d'offset.
- Dissenyar una etapa d'amplificació de guany variable: 1, 10 i 100, per donar més flexibilitat al sistema.

Com es farà?

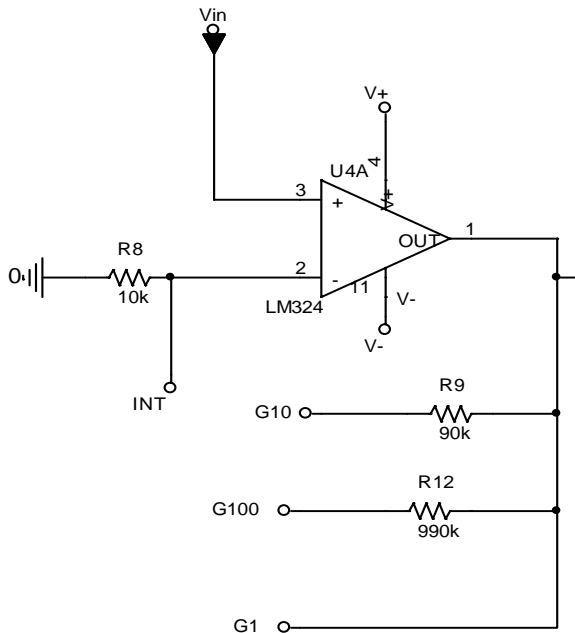


1. Etapa d'amplificació amb guany variable: 1, 10 i 100.
2. Un divisor de tensió amb un potenciòmetre per regular la tensió d'offset del sistema.
3. Filtre rebuig de banda a 50Hz per eliminar el soroll de Xarxa elèctrica.
4. Filtre pas baix a 200Hz per limitar l'amplada de banda del AFM.

Planificació

1. Especificacions.
2. Buscar informació dels filtres i fer càlculs de paràmetres.
3. Simulacions virtuals amb PSPICE.
4. Si es compleixen les especificacions implementar el circuit sobre una protoboard.
5. Proves amb la protoboard al laboratori de Telecomunicacions.
6. Si els resultats s'ajusten a les simulacions virtuals amb PSPICE, fer el Disseny del mòdul d'acondicionament (Layouts).
7. Procés de fabricació de la placa PCB.
8. Comprovar al laboratori de Telecomunicacions i proves amb l'AFM.

Disseny: Amplificació

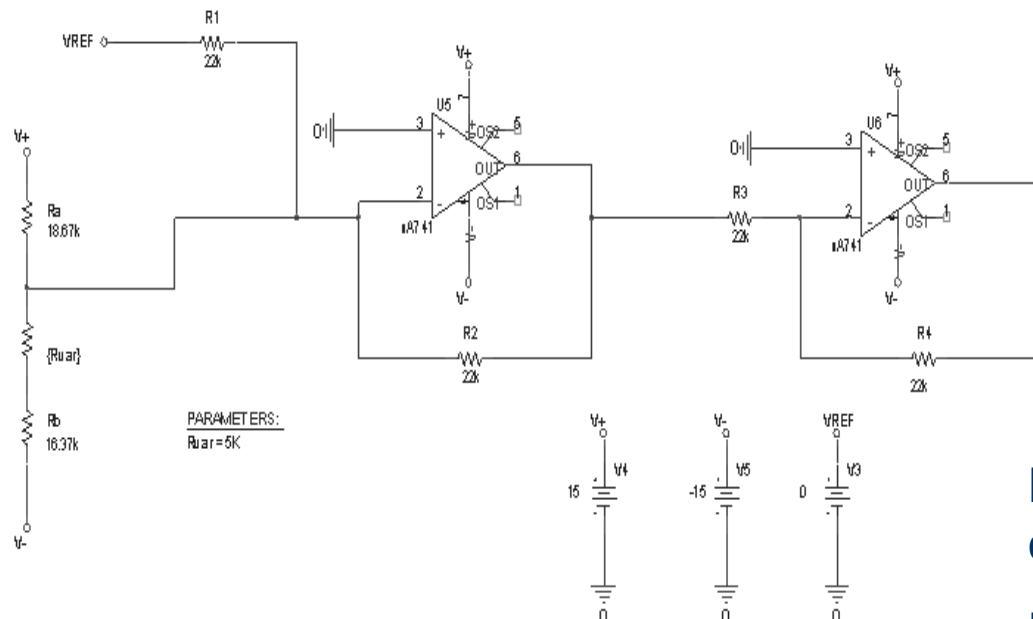


Configuració no inversora
amb un sol A.O.

Guany variable: 1,10 i 100.

Més flexibilitat al sistema.

Disseny: Compensador d'Offset

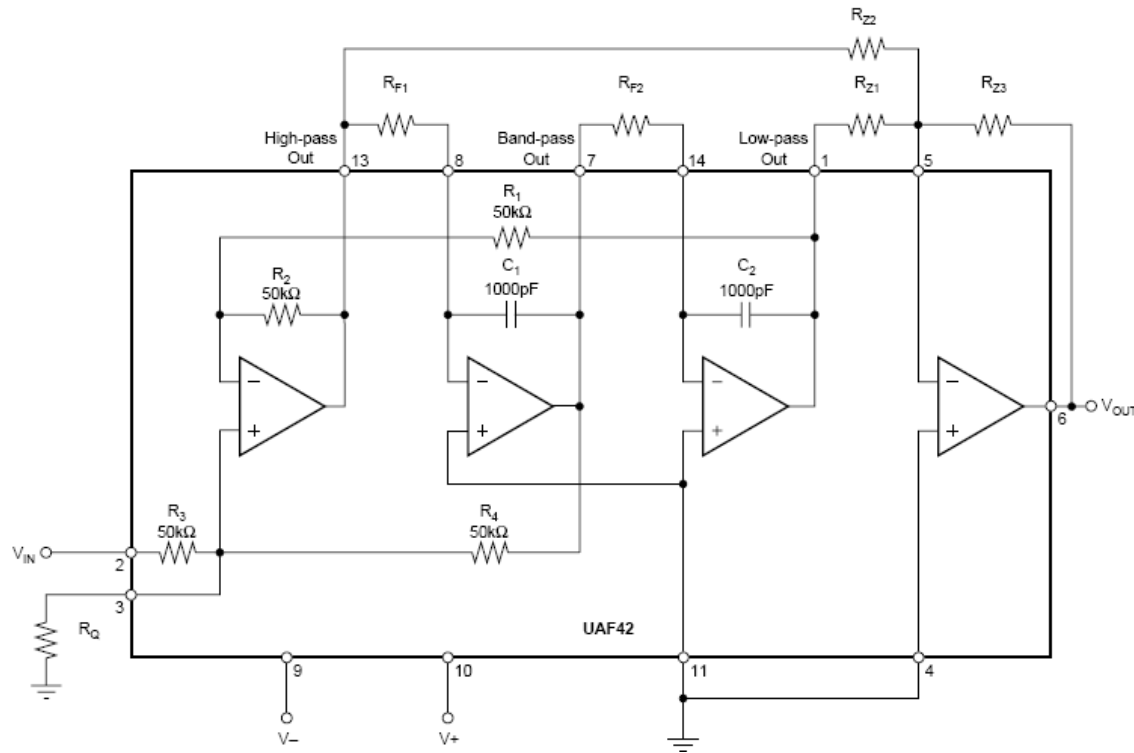


Divisor de tensió per corregir la tensió d'offset.

Dues configuracions inversores amb 2 A.O.

Guany unitari.

Disseny: Rebuig de Banda a 50Hz



Filtre de variable d'estat; KHN.

Esquema circuital del filtre rebuig de banda a 50Hz.

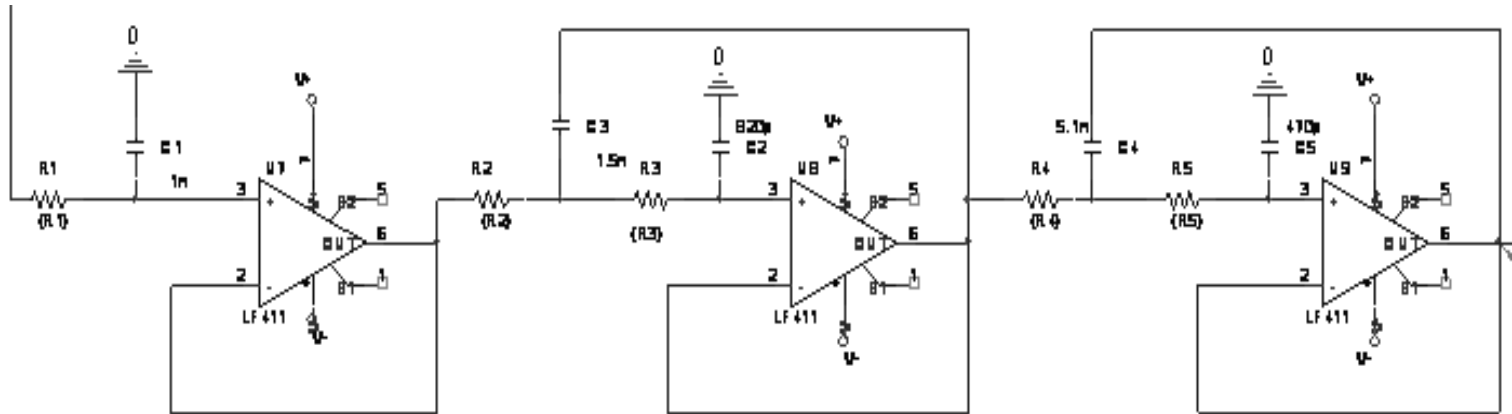
Xip utilitzat \rightarrow UAF42

R_{F1} i R_{F2} \rightarrow marquen la freqüència central de rebuig i l'atenuació.

R_{Z1} , R_{Z2} , R_{Z3} i R_Q \rightarrow marquen l'amplada de banda del filtre i l'atenuació.

Filtre molt selectiu en freqüència. Volem una caiguda molt abrupte.

Disseny: Limtador d'amplada de banda



PARAMETERS:

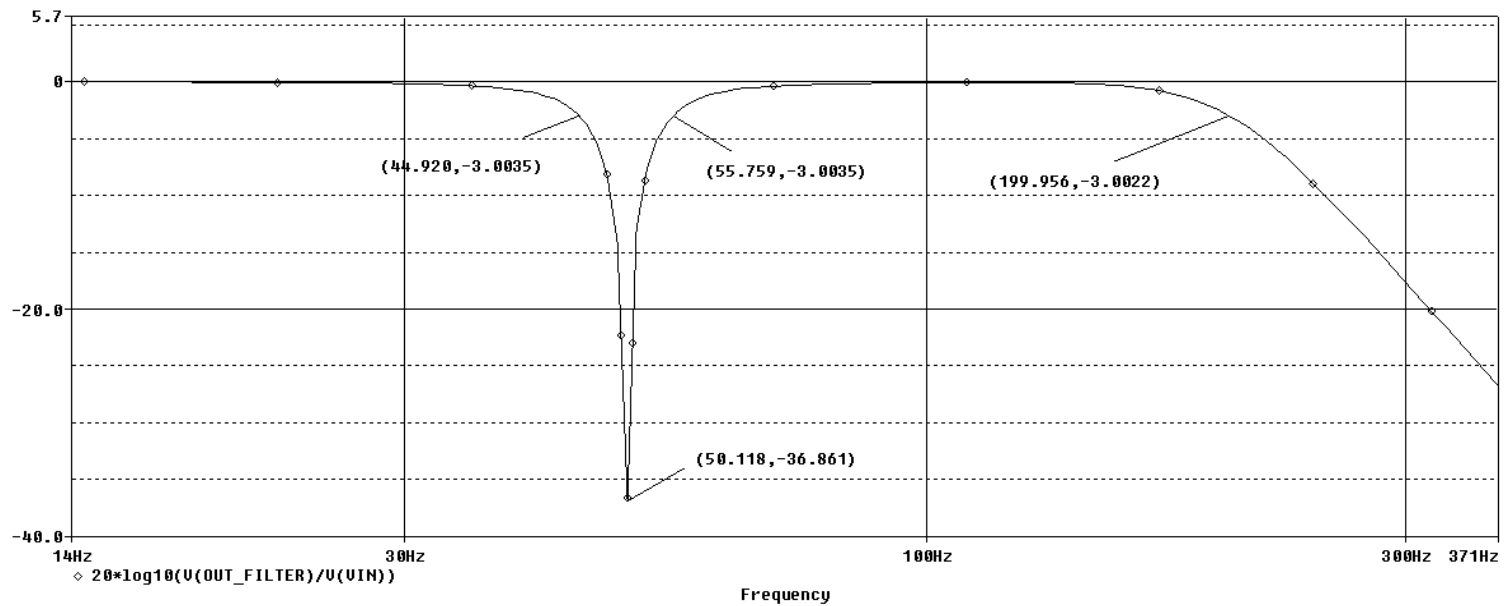
R1 = 796k
R2 = 466k
R3 = 1103k
R4 = 425k
R5 = 620k

Filtre pas baix Butterworth de 5è ordre a 200Hz .

1 Filtre pas baix de 1er ordre

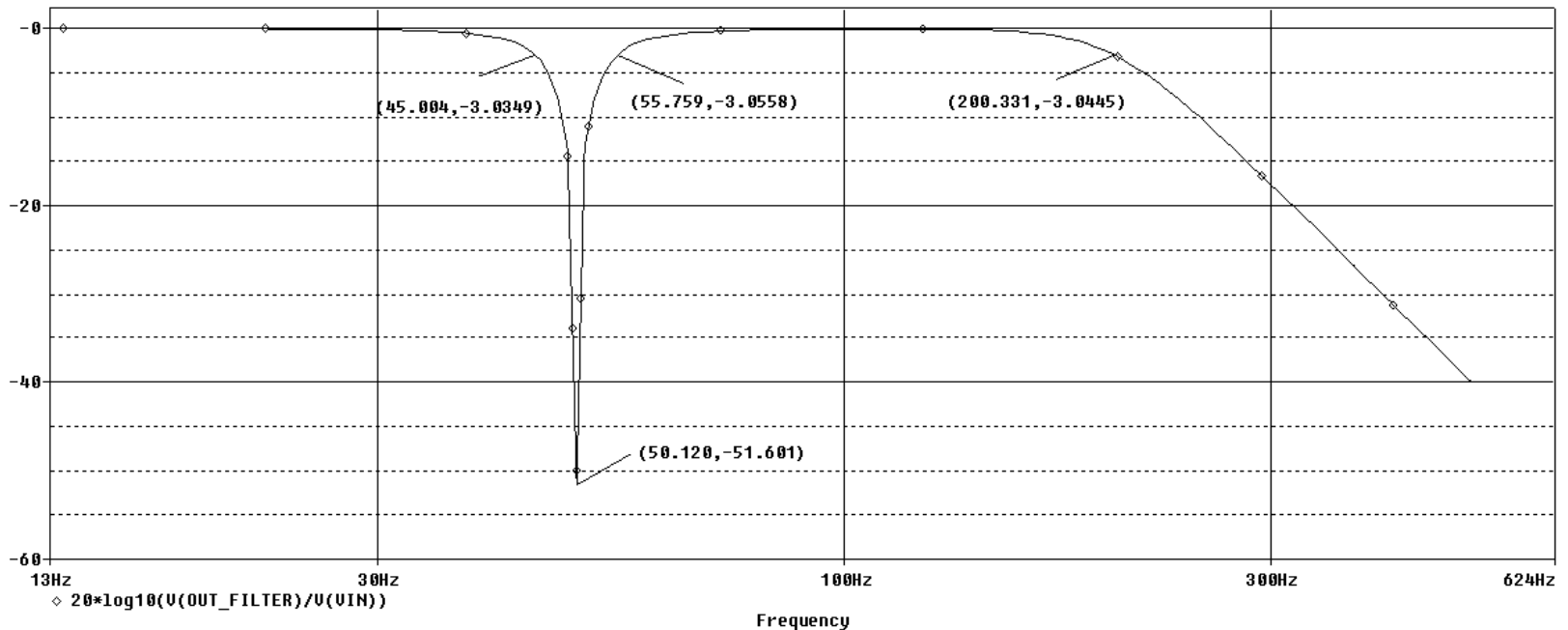
2 Filtres pas baix de 2on ordre amb configuració Sallen-Key.

Resultats amb PSPICE del filtre rebuig de banda a 50Hz i el filtre pas baix.



Amplada de banda de 10,7Hz i $RF = RF1 = RF2 = 3182K$

Resultats amb PSPICE del filtre rebuig de banda a 50Hz i el filtre pas baix.



$RF = RF1 = RF2 = 3178K \rightarrow$ Ofereix millor atenuació que utilitzar una $RF=3182K$.

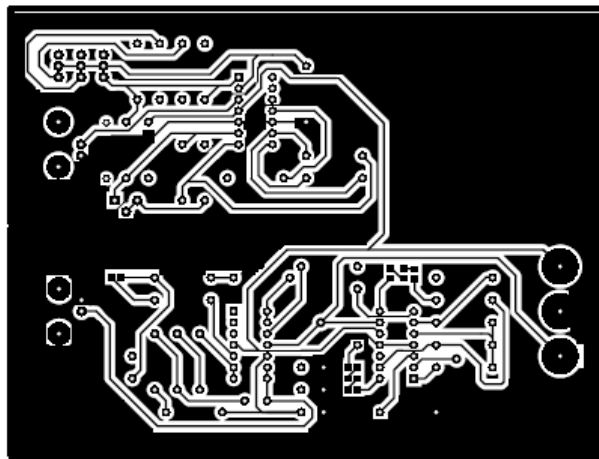
Amplada de banda a 10,7Hz.

Procés de Fabricació de la PCB

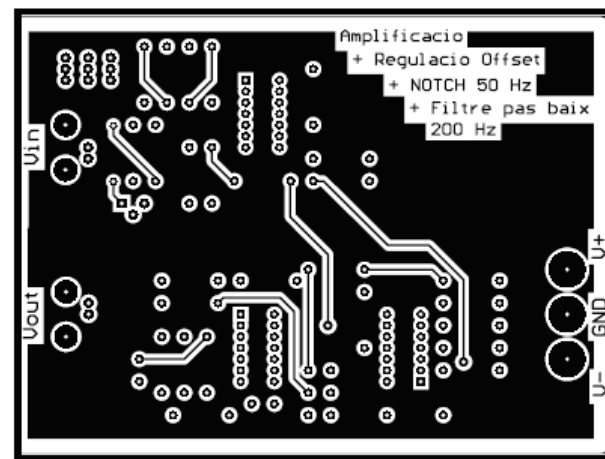
Layouts de la placa PCB.

Pla de massa comú a les dues cares.

Tots els components tenen tecnologia “Trough Hold” (excepte 7 resistències SMD)

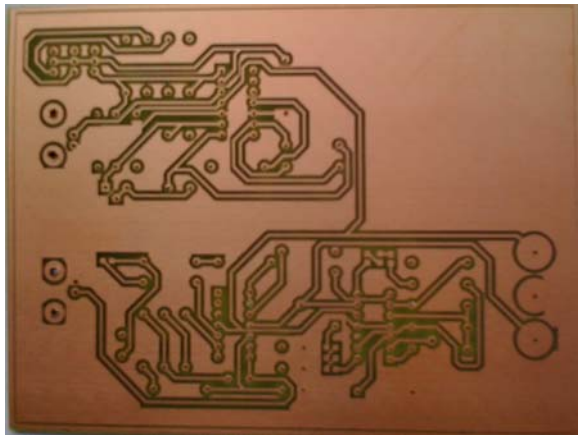


BOTTOM



TOP

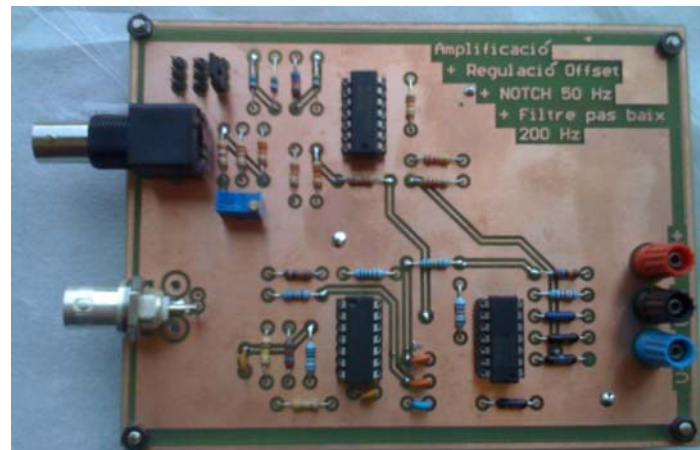
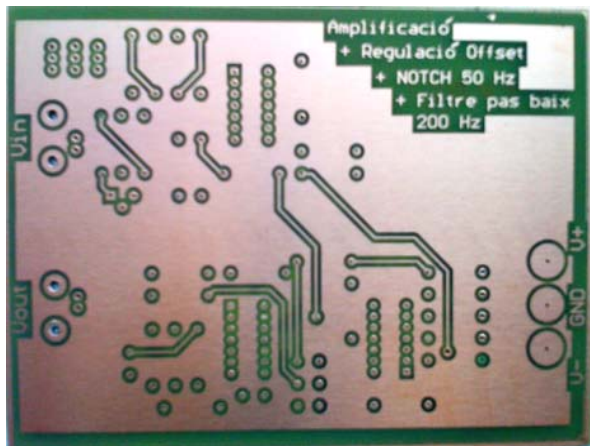
Procés de Fabricació de la PCB



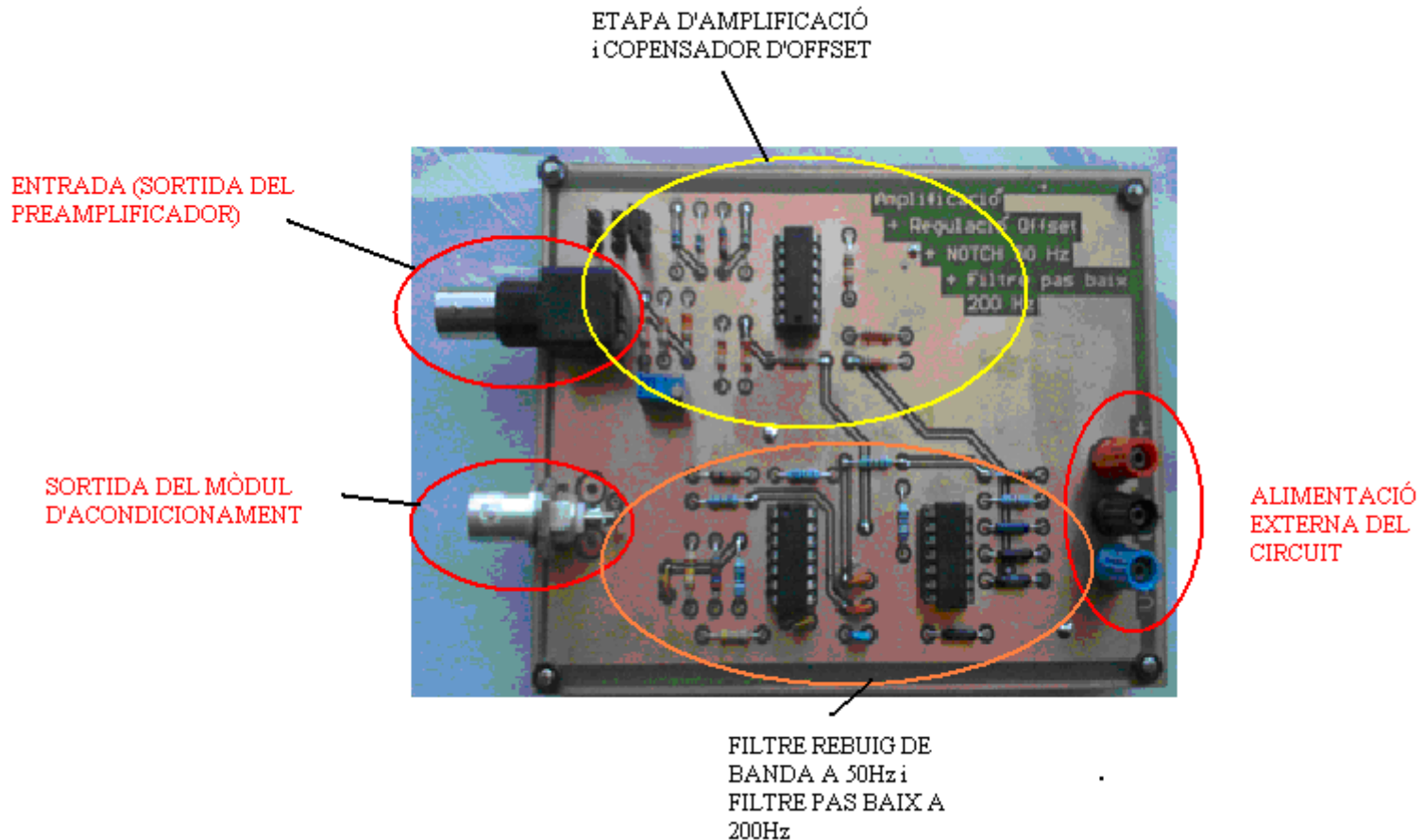
Revelat de la placa PCB.

Substrat: FR4

Acabat de final del mòdul d'acondicionament.



Acabat final de la placa PCB



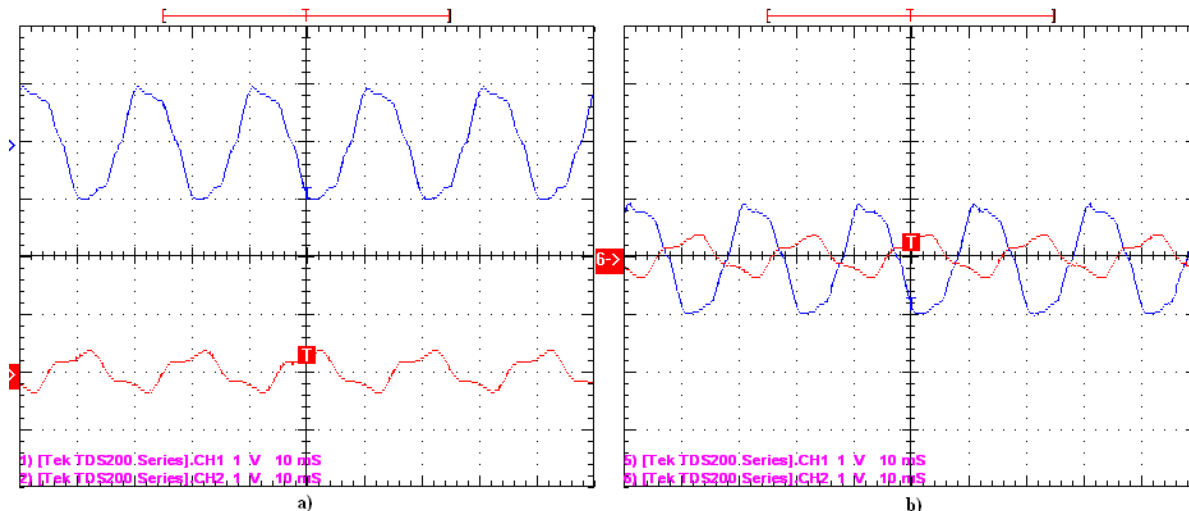
Resultats. AFM Nanotec

AFM Nanotec per $RF=3182K$

Senyal blau \rightarrow Soroll de xarxa de $1,92V_{pp} \rightarrow 192pA$

Senyal vermell \rightarrow senyal filtrat de $760mV_{pp} \rightarrow 76pA$

Atenuació: $8,04dB \rightarrow$ **ÉS BAIXA. NO ASSOLIM ESPECIFICACIONS**



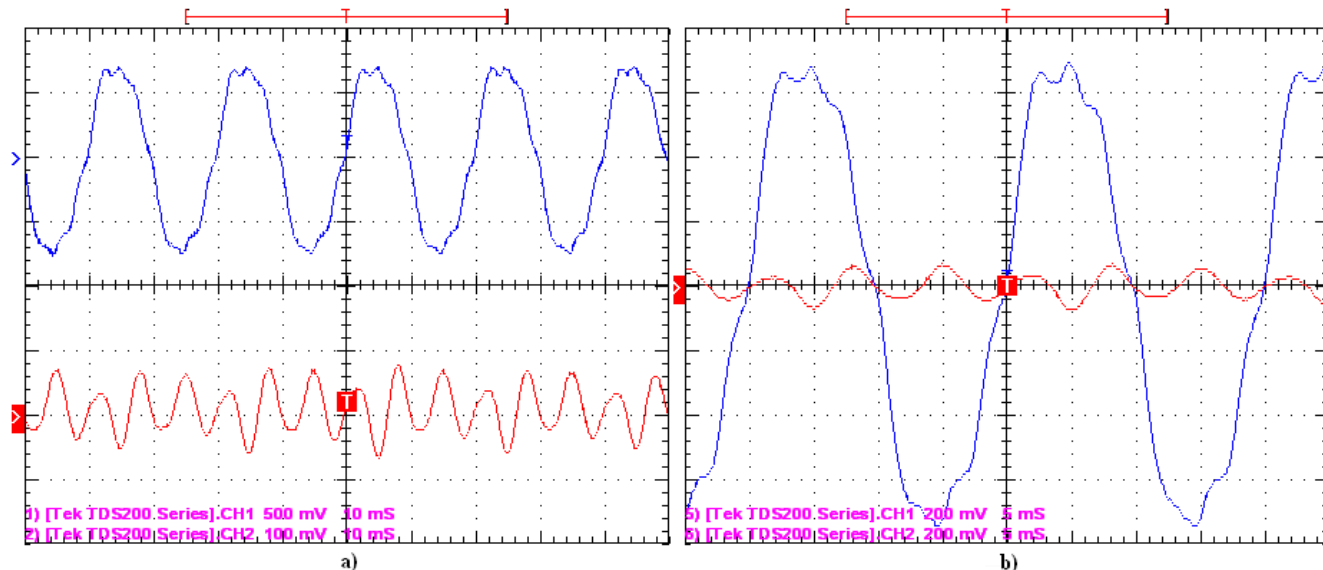
Resultats. AFM Nanotec

AFM Nanotec per $RF=3178K$

Senyal blau \rightarrow Soroll de xarxa de $1,52V_{pp} \rightarrow 152pA$

Senyal vermell \rightarrow senyal filtrat de $132mV_{pp} \rightarrow 13,2pA$

Atenuació: $21dB \rightarrow$ **COMPLEX ESPECIFICACIONS !!!**



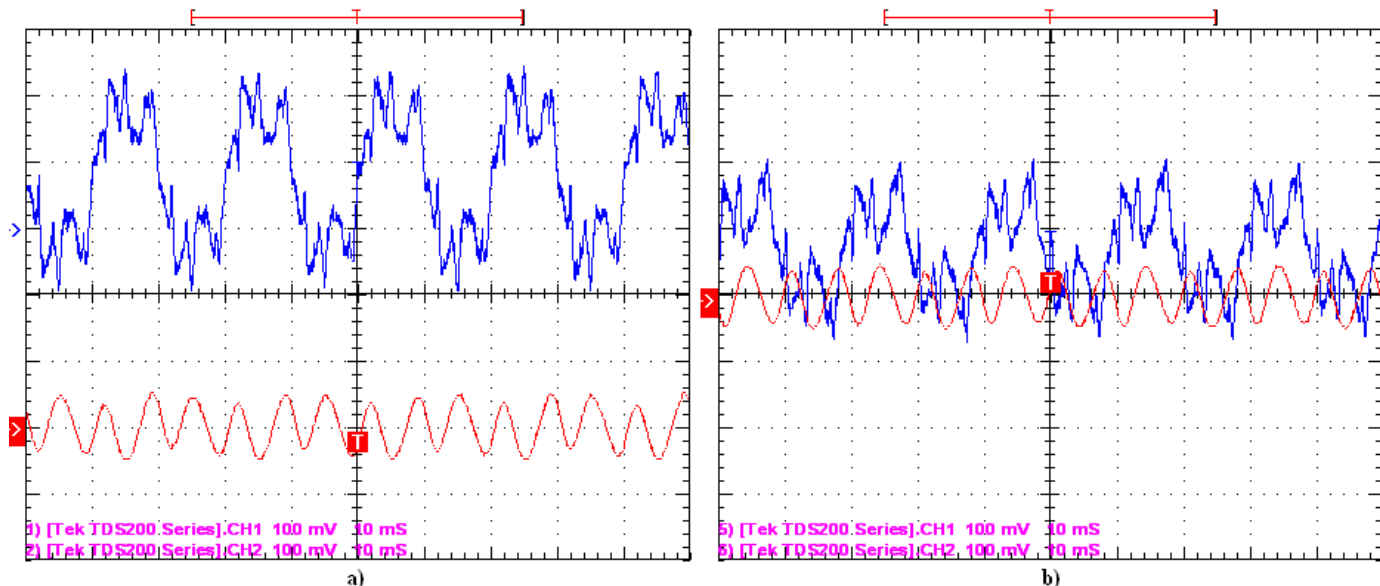
Resultats. AFM Scientec

AFM Scientec per $RF=3182K$

Senyal blau \rightarrow Soroll de xarxa de 280mVpp \rightarrow 28pA

Senyal vermell \rightarrow senyal filtrat de 104mVpp \rightarrow 10,4pA

Atenuació: 8,6dB \rightarrow **ÉS BAIXA. NO ASSOLIM ESPECIFICACIONS**



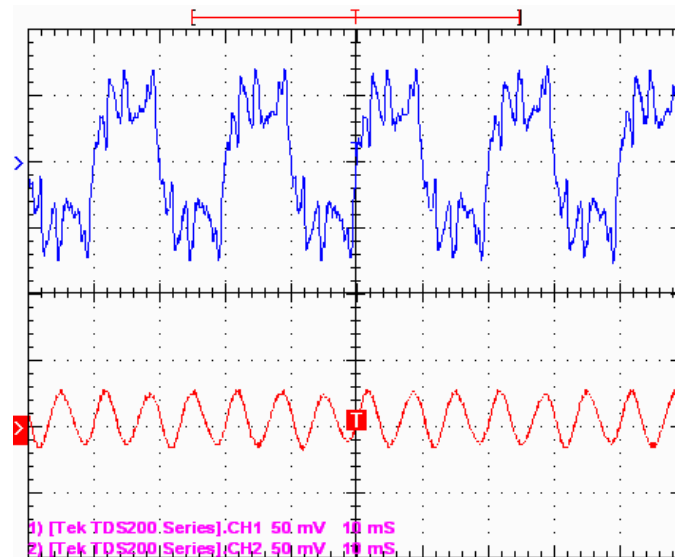
Resultats. AFM Scientec

AFM Scientec per $RF=3178K$

Senyal blau \rightarrow Soroll de xarxa de 280mVpp \rightarrow 28pA

Senyal vermell \rightarrow senyal filtrat de 46mVpp \rightarrow 4,6pA

Atenuació: 15,6dB \rightarrow **PRÒXIMA A LES ESPECIFICACIONS**



Conclusions

- Atenuacions baixes en comparació amb les simulacions fetes amb PSPICE.
- S'ha arribat a les especificacions: un factor 10 en atenuació amb $RF=3178K$.
- Vistos els resultats, s'ha vist que s'ha donat més importància al corrent que passa pel propi circuit del UAF42 que no pas als corrents de polarització i a la impedància d'entrada d'aquest. És degut això que no s'han aconseguit les atenuacions que les simulades amb PSPICE.
- Possible millora: intentar reduir o optimitzar RF per aconseguir més atenuació → problema: pot variar la freqüència central de rebuig.
- Alternativa: augmentar l'amplada de banda del filtre rebuig de banda → Problema: eliminarem components freqüencials que poden interessar quan mesurem amb l'AFM. Intentar buscar un altre configuració de filtre rebuig de banda.
- Situar el compensador d'offset abans de l'etapa d'amplificació. Podríem corregir l'offset més fàcilment.