

Escola Universitària Politécnica de Mataró

Centre adscrit a:



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

**Enginyeria tècnica industrial,
Especialitat Electrònica Industrial.**

DISSENY SONÒMETRE

Memòria

**ALBERT SIMÓN SÁNCHEZ
PONENT: JOAN ALTABELLA**

PRIMAVERA 2012



**TecnoCampus
Mataró-Maresme**

Dedicatòria

Vull dedicar aquest treball als meus pares, que sempre estan amb mi.

Agraïments

Vull donar les gràcies a totes les persones que han cregut en mi, i a tots els que m'han ajudat en moments difícils, amics, familiars i professors. Especialment a Juan Egea, la meva germana, la Bel, Mario, Paco, M. Bella, la meva parella Montse i al meu fill Pol, que amb la seva carona m'ha fet adonar que tot a la vida és relatiu per bé o per mal.

Resum

El projecte consisteix en el disseny i muntatge d'un circuit simple eficient de baix consum i molt econòmic capaç de mesurar amb una precisió suficient el nivell de soroll en el medi ambient urbà o industrial dintre el marge de 40-120 dB.

Utilitzant un micròfon electret omnidireccional de baix cost es dissenyarà un preamplificador seguit d'un rectificador de precisió i un integrador per tal de obtenir una tensió proporcional al nivell de pressió sonora.

El projecte es pot ampliar amb la interfície per visualització de dades i un sistema de comunicació wifi. Es vol implementar aquest dispositiu a la roba dels treballadors per a poder mesurar els nivells de soroll al qual estan exposats.

Resumen

El proyecto consiste en el diseño y montaje de un circuito simple eficiente de bajo consumo y muy económico capaz de medir con una precisión suficiente el nivel de ruido en el medio ambiente urbano o industrial dentro el margen de 40-120 dB.

Utilizando un micrófono electret omnidireccional de bajo coste se diseñará un preamplificador seguido de un rectificador de precisión y un integrador para obtener una tensión proporcional al nivel de presión sonora.

El proyecto se puede ampliar con la interfaz por visualización de datos y un sistema de comunicación wifi. Se desea implementar este dispositivo en la ropa de los trabajadores para poder medir los niveles de ruido al cual están expuestos.

Abstract

The project involves the design and installation of a simple circuit of low power efficient and very economical able to measure with sufficient accuracy the noise level in the urban or industrial environment within the range of 40-120 dB.

Using an omnidirectional electret microphone low cost will design a preamplifier followed by a precision rectifier and an integrator to obtain a voltage proportional to sound pressure level.

The project can be extended with the data display interface and a wireless communication system. This device was implemented in the clothing of workers to measure noise levels to which they are exposed

Índex.

Índex de figures.....	III
Índex de taules.....	VIII
Glossari de termes.....	IX
1. Objectius.....	1
1.1. Propòsit.....	1
1.2. Finalitat.....	1
1.3. Objecte.....	1
1.4. Abast.....	1
2. Antecedents. Comparativa de mercat.....	3
2.1. Estudi aspectes tècnics del so.....	4
2.2. Estudi del circuit sonòmetre.....	4
3. Disseny.....	5
3.1. Selecció del material.....	5
3.2. Amplificadors operacionals.....	5
3.3. Components passius.....	6
3.3.1. Resistències i potenciòmetres.....	7
3.3.2. Condensadors.....	7
3.3.3. Díodes.....	8
3.3.4. Micròfon electret.....	9
3.4. Etapes del circuit.....	9
3.4.1. Etapa amplificadora.....	10
3.4.1.1. Proves i mesures.....	12
3.4.2. Filtres ponderació A.....	15
3.4.3. Rectificador d'ona complerta.....	19
3.4.4. Integrador.....	22
3.4.5. Sumador.....	26
3.4.6. Amplificador logarítmic.....	27
3.4.7. Circuit complert.....	30
3.5. Visualització de les dades.....	33
3.6. Orcad Layout (disseny targeta).....	33

3.7. Prototip.	36
4. Impacte ambiental.....	37
5. Conclusions.....	39
6. Referències.....	41

Índex de figures.

Fig. 2.1. Sonòmetre BS15.....	3
Fig. 2.1. Sonòmetre SL300.....	4
Fig. 3.1. Amplificador operacional TL084.....	5
Fig. 3.2. Amplificador operacional Norton LM3900.....	6
Fig. 3.3. Resistències pel.lícula metàl.lica.....	7
Fig. 3.4. Condensador electrolític axial.....	7
Fig. 3.5. Condensador poliester tipus MKT.....	8
Fig. 3.6. Tipus de díodes.....	8
Fig. 3.7. Electret condenser microphone.....	9
Fig. 3.8. Diagrama de blocs etapes sonòmetre.....	9
Fig. 3.9. Connexió càpsula electret.....	10
Fig. 3.10. Etapa amplificadora.....	10
Fig. 3.11. O.A.P. inversor.....	11
Fig. 3.12. Resposta etapa amplificadora, freqüència d'1k.....	12
Fig. 3.13. Resposta etapa amplificadora, amb un to d'1k.....	13
Fig. 3.14. Proves a la cambra semi - anecoica	14
Fig. 3.15. Resposta etapa amplificadora amb 100dBA de pressió sonora(soroll rosa).....	14
Fig. 3.16. Resposta filtre ponderació A. Primer estudi.....	15
Fig. 3.17. Comparativa entrada – sortida, filtre ponderació A(primer estudi).....	16

Fig. 3.18. Circuit, filtre ponderació A.....	16
Fig. 3.19. Resposta filtre ponderació A, funcionament òptim.....	18
Fig. 3.20. Comparativa entrada – sortida, filtre ponderació A, funcionament òptim.....	19
Fig. 3.21. Resposta teòrica, filtre ponderació A.....	19
Fig. 3.22. Circuit rectificador d’ona complerta.....	20
Fig. 3.23. Captura, circuit rectificador d’ona complerta, rectificació negativa.....	20
Fig. 3.24. Captura, circuit rectificador d’ona complerta, rectificació positiva.....	21
Fig. 3.25. Captura, circuit rectificador d’ona complerta, rectificació positiva (to d’1k).....	21
Fig. 3.26. Resposta circuit rectificador, amb pressió sonora de 100dBA(soroll rosa).....	22
Fig. 3.27. Circuit integrador.....	23
Fig. 3.28. Simulació Multisin, circuit integrador.....	24
Fig. 3.29. Captura V_o augmentant (circuit integrador).....	24
Fig. 3.30. Captura a 125ms (circuit integrador).....	25
Fig. 3.31. Gràfic $V_i(mV) / V_o(mV)$. Circuit integrador.....	26
Fig. 3.32. Circuit sumador.....	27
Fig. 3.33. Amplificador logarítmic.....	28
Fig. 3.34. Gràfic $V_i(mV) / V_o(mV)$. Amplificador logarítmic.....	29
Fig. 3.35. Circuit complert.....	30
Fig. 3.36. Gràfic, linealitat resposta del sistema (primeres proves).....	31
Fig. 3.37. Gràfic, linealitat resposta del sistema.....	32
Fig. 3.38. Circuit convertidor tensió – corrent.....	33

Fig. 3.39. Targeta electrònica amb Orcad Layout.....	34
Fig. 3.40. Disseny targeta electrònica amb Orcad Layout. Bot. (8x3,5cm).....	34
Fig. 3.41. Disseny targeta electrònica amb Orcad Layout. Top. (8x3,5cm).....	34
Fig. 3.42. Disseny targeta electrònica amb Orcad Layout. Serigrafia. (8x3,5cm).....	35
Fig. 3.43. Disseny targeta electrònica amb Orcad Layout. Mapa de forats. (8x3,5cm).....	35
Fig. 3.44. Prototip.....	36

Índex de taules.

Taula 3.1. $V_{out}(mV)$ / Freq.(Hz), filtre ponderació A. Primer estudi.....	15
Taula 3.2. $V_{out}(mV)$ / Freq.(Hz), filtre ponderació A. Prova final.....	17
Taula 3.3. $V_i(mV)$ / $V_o(mV)$. Circuit integrador.....	25
Taula 3.4. $V_i(mV)$ / $V_o(mV)$. Amplificador logarítmic.....	29
Taula 3.5. Comparativa $V_o(mV)$ / dBA. Primeres proves.....	31
Taula 3.6. Comparativa $V_o(mV)$ / dBA. Estudi final.....	32

Glossari de termes.

V Tensió en volts

mV Milivolts

I Intensitat en ampers

mI Miliampers

dB Decibels

dBA Decibels després de passar per un filtre que simula la sensibilitat auditiva de l'home.

O.A.P. Amplificador operacional.

1. Objectius.

1.1. Propòsit.

Disseny del circuit eficient, de baix consum i baix cost per un sonòmetre-dosímetre.

1.2. Finalitat.

Disminuir dràsticament el volum, el pes i el consum d'un sonòmetre convencional amb el mínim detriment de les seves especificacions per aplicacions com a sensors per la monitorització ambiental en entorns urbans i industrials.

1.3. Objecte.

Dissenyar, muntar i comprovar un sonòmetre de baix consum i baix cost, per aplicacions en entorns urbans i industrials. Es seleccionaran els components més òptims per al correcte funcionament de cada part del circuit, així com també s'avaluaran els possibles dissenys per a cada part del mateix.

Es muntarà un prototip, i un cop arribat al funcionament que ens garanteixi complir les especificacions demanades al projecte, es passarà a efectuar un muntatge en una targeta electrònica. Aquest projecte, en un futur es podrà ampliar, amb una memòria EPROM per a l'adquisició de dades o per transmissió via WIFI de les mateixes.

1.4. Abast.

L'abast d'aquest projecte va des de la selecció dels components més adequats i la verificació de les seves especificacions fins a la realització d'un prototip experimental que presenti una característica marcadament omnidireccional, un rang de mesura entre 40 i 120 dBA, una precisió superior a 3 dBA, alimentable amb piles i amb un pes inferior a 100 gr.

2. Antecedents. Comparativa de mercat.

La gran majoria de sonòmetres que hi han actualment al mercat, són de dimensions. Massa grans per a poder implantar-los a la roba dels treballadors, o són massa cars, tenen un consum elevat. Seguidament es mostren alguns exemples:

El sonòmetre següent, BS15, és un dels més petits que hi ha actualment al mercat. Les seves dimensions són 130x52x32mm. El seu pes és de 130gr, i el seu preu és de 35 euros.

El seu rang de medició està entre els 40 i els 130 dB, amb una precisió de 3.5dB.



Figura 2.1. Sonòmetre BS15

Tot i que aquest sonòmetre, s'ajustaria bastant a les especificacions del projecte, encara és massa gran, massa pesat i massa car.

Després del BS15, les dimensions i els preus és disparen. A continuació és mostren alguns exemples:

El sonòmetre SL300, que seria l'alternativa al BS15, té un preu de 117 euros. Les seves dimensions, són 210x55x32mm, amb un pes de 230 gr.



Figura 2.2. Sonòmetre SL300

2.1. Estudi aspectes tècnics del so.

Per tal de dur a terme amb èxit aquest projecte s'ha hagut de dur a terme per part de l'alumne un estudi dels aspectes tècnics relacionats amb la pressió sonora, tals com mesures en dB, aspectes de pressió i potència sonora, corbes de ponderació i altres. Aquesta informació es pot trobar a l'annex I.

2.2 Estudi del circuit del sonòmetre.

Després d'un profund estudi tant dels aspectes tècnics, teòrics com de les especificacions del projecte, s'ha arribat a la conclusió que el circuit constarà de diferents etapes.

Una etapa amplificadora, una etapa de filtratge, una etapa de rectificació d'ona complerta, una etapa integradora, un amplificador logarítmic, i un circuit sumador. Totes aquestes etapes es descriuen en detall en posteriors pàgines.

3 Disseny.

Aquest capítol de disseny del projecte, consta de diferents parts. Per una banda, s'ha fet un procés de selecció dels components més adients per a la realització del circuit. S'han fet proves de les diferents etapes del circuit per separat, optimitzant tant circuits com components, i finalment s'ha implementat tot el circuit per poder fer l'ajust final.

3.1 Selecció del material.

Per a la selecció dels components del circuit, s'ha fet un estudi-comparativa, dels diferents components que es troben al mercat, segons la necessitat de cada etapa del circuit. Les diferents etapes del circuit demanen components de diferents característiques. L'etapa de filtratge, una de les més sensibles, necessita components d'alta precisió, amb un marge d'error del 1%, l'etapa rectificadora necessita díodes específics(bigoti de gat), a la resta del circuit, s'han fet servir components convencionals, amb un marge d'error del 5%.

3.2 Amplificadors operacionals.

Inicialment es van provar amplificadors operacional tipus TL084.

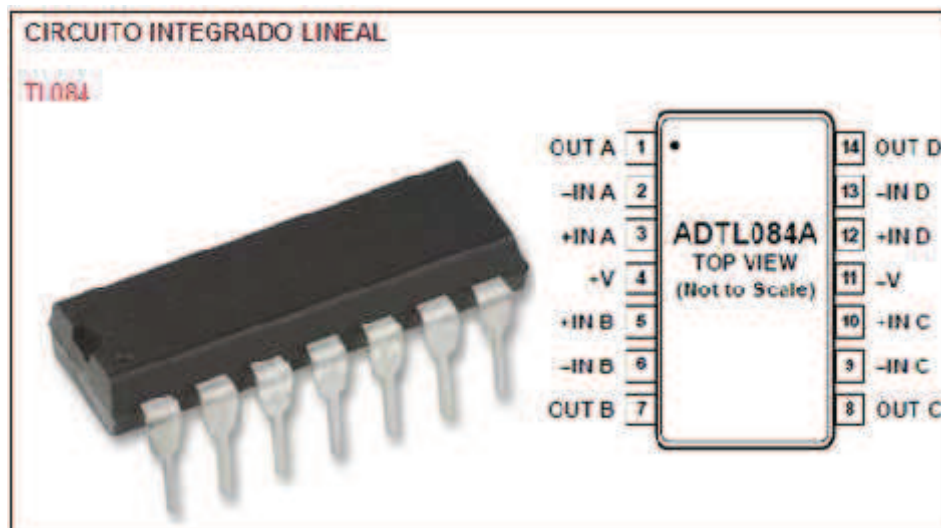


Figura 3.1. Amplificador operacional TL084

Aquest operacionals funcionen amb alimentació simètrica, en el cas del projecte, s'alimenten a $V+ = 9V$ i $V- = -9V$.

Tenen una elevadíssima impedància d'entrada, elevadíssim guany en bucle obert, baix offset de tensió y un ample de banda adequat per freqüències d'àudio amb els guanys que utilitzarem.

També es va provar un altre operacional amb alimentació simple, ja que es pensava que el fet de no haver de fer una alimentació simètrica, facilitaria el funcionament del circuit. Després de diverses proves, es va optar per tornar al TL084, doncs el Norton LM3900, demanava incrementar el nombre de components utilitzats en algunes etapes i per tant la complexitat, volum i pes del conjunt.

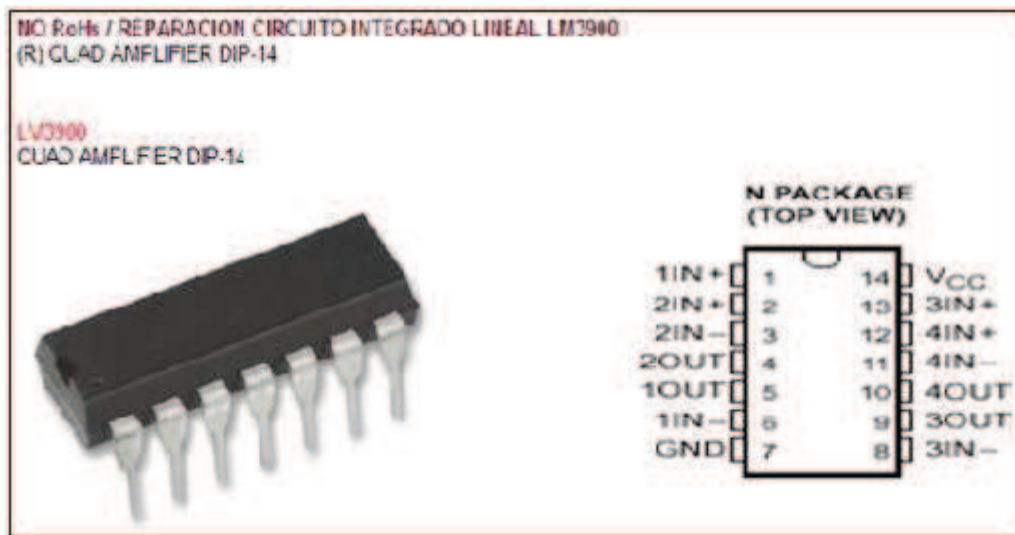


Figura 3.2. Amplificador operacional Norton LM3900

Aquest operacional, dona un decalatge molt marcat entre les seves dues etapes, i la resposta del senyal de sortida queda molt desajustat.

3.3 Components passius.

Com s'ha esmentat abans, els components passius, varien segons les diferents etapes del circuit. A l'etapa d'amplificació es fan servir condensadors electrolítics, i resistències de pel·lícula metàl·lica del 1%.

3.3.1 Resistències i potenciòmetres

Per al circuit sonòmetre s'han fet servir resistències de pel·lícula metàl·lica del 5%, excepte per a l'etapa de filtratge i l'etapa de rectificació en les quals, s'han fet servir amb un marge d'error del 1%

Els potenciòmetres multi - volta donen una precisió molt adequada per aquest instrument de mesura i ens permeten un ajust de precisió.



Figura 3.3. Resistències pel·lícula metàl·lica.

L'aspecte físic de les resistències de 1% i 5%, es similar, per això sol s'adjunta una figura de les resistències.

3.3.2. Condensadors.

Per a l'etapa d'amplificació, s'han fet servir condensadors electrolítics.



Figura 3.4. Condensador electrolític axial.

Per a la resta del circuit s'han fet servir condensadors tipus MKT.



Figura 3.5. Condensador poliester tipus MKT

3.3.3. Díodes

S'han fet servir díodes rectificadors convencionals, excepte per a l'etapa de rectificació d'ona, on s'han fet servir díodes tipus Schottky "bigoti de gat" que tenen una tensió ànode-càtode més baixa .



Figura 3.6. A l'esquerra un díode tipus bigoti de gat, a la dreta un díode rectificador convencional.

3.3.4. Micròfon electret

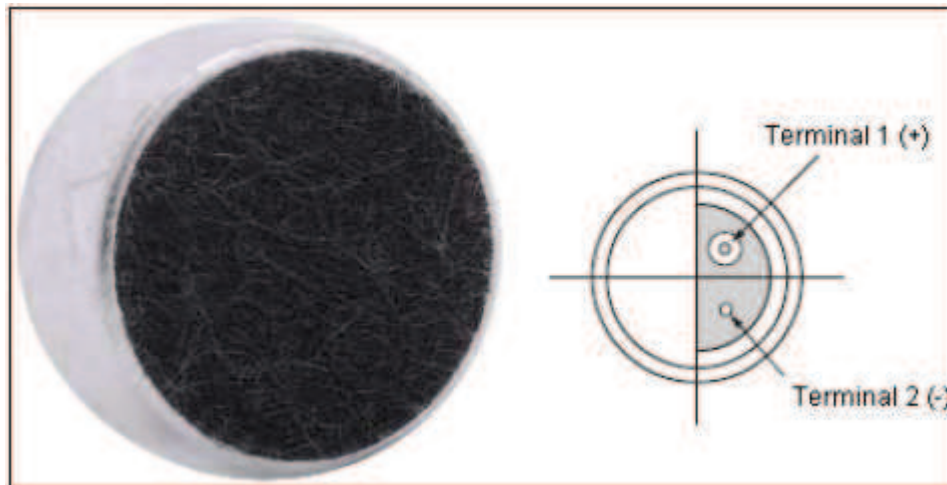


Figura 3.7. Electret condenser microphone.

Micròfon omnidireccional, amb rang de voltatge de funcionament de 2V a 10V.

Consum 0,5mA.

Freqüència: entre 50Hz i 16KHz

Es pot trobar més informació dels components a l'annex II.

3.4. Etapes del circuit.

Al següent diagrama de blocs es mostren les etapes del circuit.

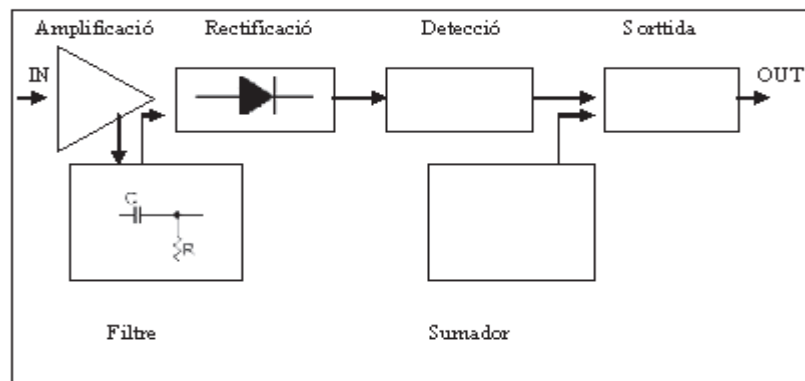


Figura 3.8. Diagrama blocs etapes sonòmetre.

S'ha dividit el projecte en les següents etapes. Etapa amplificadora, etapa de filtratge, etapa de rectificació d'ona, etapa de detecció o integració, etapa sumadora, i etapa de l'amplificador logarítmic. En les següents pàgines s'expliquen totes aquestes etapes amb detall.

3.4.1. Etapa amplificadora.

Aquesta etapa consta de dos amplificadors operacionals TL084, amb guany 100(ajustable) i guany 10(ajustable). La configuració és d'etapa inversora amb desacoblo de tensió continua mitjançant condensadors abans i després de cada etapa de manera que tan sols el senyal altern resulta amplificat. El guany es reparteix per tal de mantenir el mateix guany a qualsevol freqüència d'àudio ja que amb una sola etapa amb un guany molt elevat l'ample de banda resultant es reduiria massa. Aquests operacionals, s'alimenten amb tensió mixta, de $V+ = 9V$ i $V- = -9V$.

La connexió del micròfon electret és fa seguint les instruccions del fabricant.

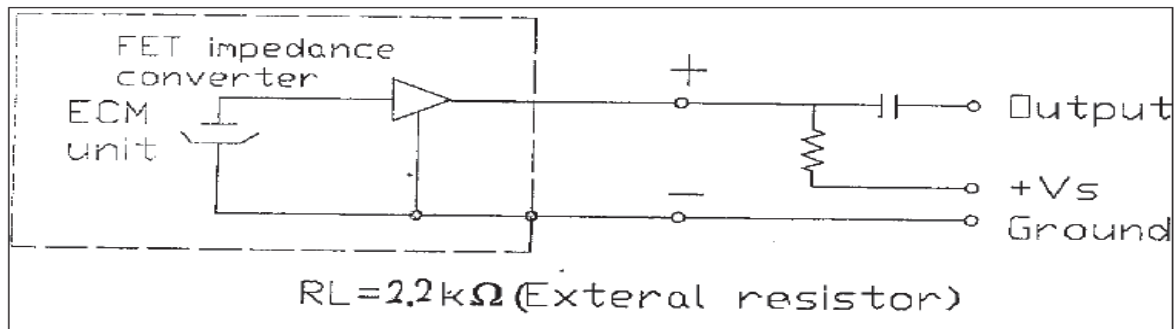


Figura 3.9. Connexió càpsula electret.

A continuació es mostra el circuit d'alimentació del micròfon electret, junt amb l'etapa d'amplificació.

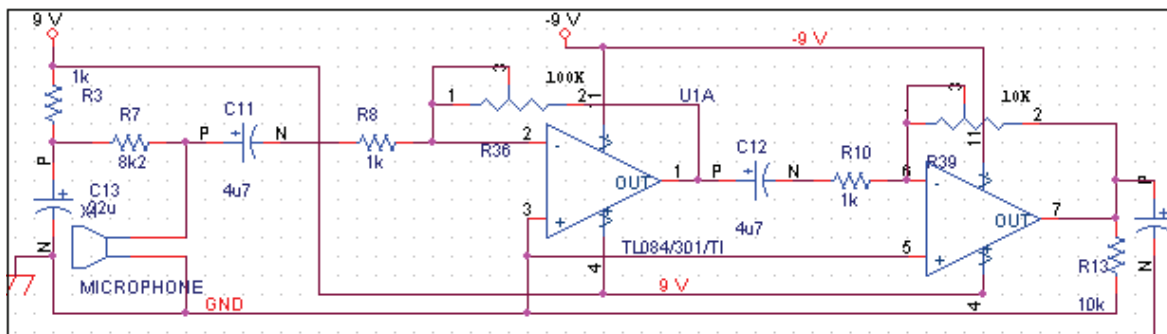


Figura 3.10. Etapa amplificadora

Per calcular la tensió de sortida de les etapes s'utilitzen les següents equacions.

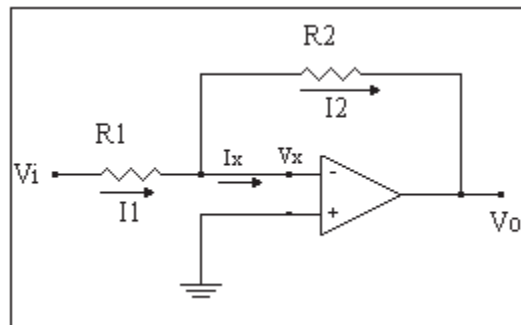


Figura 3.11. O.A.P. inversor

Amplificador inversor(equacions).

Per calcular V_o , es té l'equació (3.1).

$$V_o = -V_i \cdot \left(\frac{R_2}{R_1}\right) \quad (3.1)$$

Per calcular el guany, es té l'equació (3.2).

$$\frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_2}{R_1} = G \quad (3.2)$$

A la primera etapa s'ha connectat un potenciòmetre de 100k, i una resistència d'1k a l'entrada inversora, llavors el seu guany és ajustable entre 100 i 1.

A la segona etapa s'ha connectat un potenciòmetre de 10k i una resistència d'1k a l'entrada inversora, llavors el seu guany, és ajustable entre 10 i 1.

Amb aquesta configuració es pot ajustar el guany total del circuit, segons les necessitats de guany que es demanin.

A la sortida de l'etapa amplificadora, tenim una tensió sinusoidal, és pot observar que el component de continua, s'elimina per mitja dels condensadors de pas de 4,7uF.

Per a calibrar el sistema, s'ha fet servir un to d'1k, emes amb el telèfon mòbil a 5cm de distancia del micròfon, a màxim volum.

També s'ha comprovat fent un escombrat en freqüència des de 1k fins a 20k i observant la sortida.

Per últim s'han realitzat els ajustos finals a la cambra semi - anecoica.

3.4.1.1. Proves i mesures.

Per a comprovar el funcionament d'aquesta etapa, s'han realitzat diferents mesures. S'injecta un senyal, amb un generador de senyals, al terminal positiu, on es situarà el micròfon. Aquest senyal té una freqüència d'1k i una amplitud de 4mV.

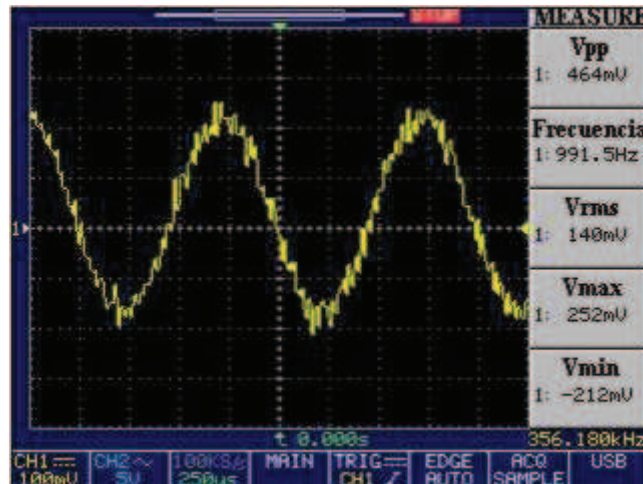


Figura 3.12. Resposta etapa amplificadora freqüència d'1k.

A la figura 3.12., s'observa la resposta de l'etapa amplificadora amb una freqüència d'1k i una amplitud de 4mV(generator de funcions).

Amb la freqüència d'1k, dona 464mVpp, amb guany 110.

Seguidament, es mostra la resposta de l'etapa amplificadora amb un to d'1k, emes pel telèfon mòbil a volum màxim, una distància de 5cm del micròfon. S'ha de tenir en compte que aquestes proves s'han realitzat al laboratori, amb un cert soroll ambiental.

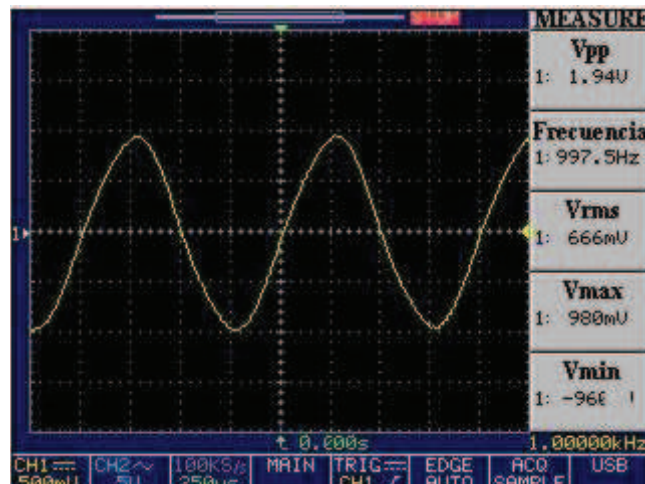


Figura 3.13. Resposta etapa amplificadora amb un to d'1k.

A la figura 3.13., s'observa la resposta de l'etapa amplificadora amb un to d'1KHz amb la potència que s'ha pres com referència pel desenvolupament de les diferents etapes, o sigui, to de 1KHz, màxim volum en el telèfon mòbil que s'utilitza com reproductor i a una distància de 5cm del micròfon sensor.

A la sortida de l'etapa amplificadora, dona 2Vpp, com s'observa a la figura 3.13.,

Amb aquesta prova s'ha ajustat el potenciòmetre del previ, per tal que doni un guany 80, doncs amb guany 110, saturava el senyal de sortida. Així doncs queda amb guany 80, del previ, més guany 10 de la segona amplificació. L'etapa queda amb un guany total de 90.

L'últim ajust del guany s'ha efectuat a la cambra semi - anecoica. S'ha ajustat perquè a 110dB, l'etapa tingui senyal de sortida de 6Vpp.

S'ha de tenir en compte, que el guany real de la primera etapa, és ajustable. S'ha hagut de regular per tal de no saturar el sistema, donant el major rendiment possible.

Aquesta etapa, tal com estava en les proves anteriors, amb guany 100 i guany 90, al produir un soroll rosa de 100dBA, saturava la sortida, aquest nivell de pressió sonora no es pot aconseguir amb el telèfon mòbil, finalment, regulant el guany, s'ha resolt.

A continuació es mostren unes figures de les proves realitzades a la cambra semi - anecoica de la universitat.



Figura 3.14. Proves a la cambra semi - anecoica.

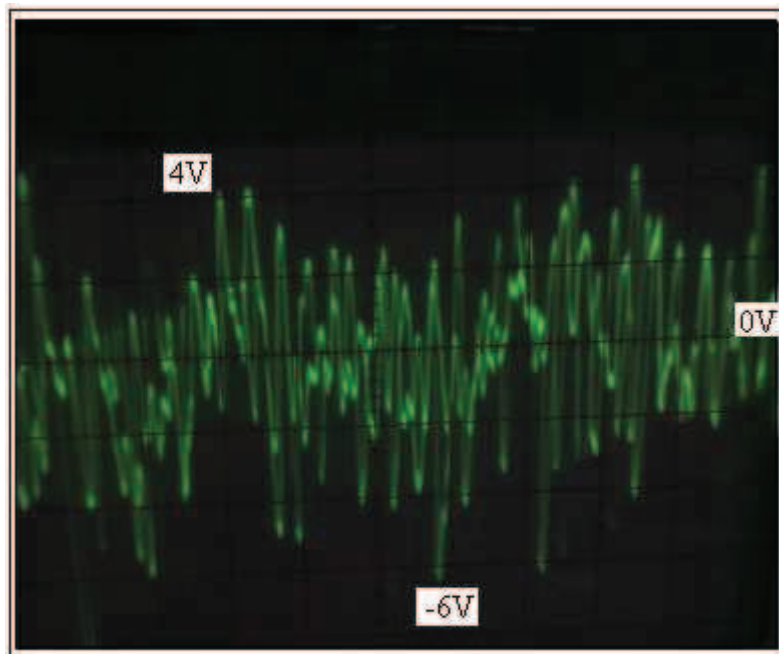


Figura 3.15. Resposta etapa amplificadora amb 100 dBA de pressió sonora, produït per soroll rosa.

2V/div 50ms/div

3.4.2 Filtre ponderació A

Primer estudi filtre de ponderació A.

Per tal de validar el filtre s'han efectuat les següents proves:

Valors obtinguts amb oscil.loscopi. Injectant un senyal sinusoidal de 400mVpp, es varia la freqüència des de 20Hz fins a 20KHz, obtenint la següent resposta:

Vout(mV)	Freq.(Hz)
7	20
13	40
48	80
104	160
216	320
328	640
428	1280
460	2560
412	5120
280	10240
111	20480

Taula 3.1. Vout(mV)/Freq.(Hz), filtre ponderació A. Primer estudi.

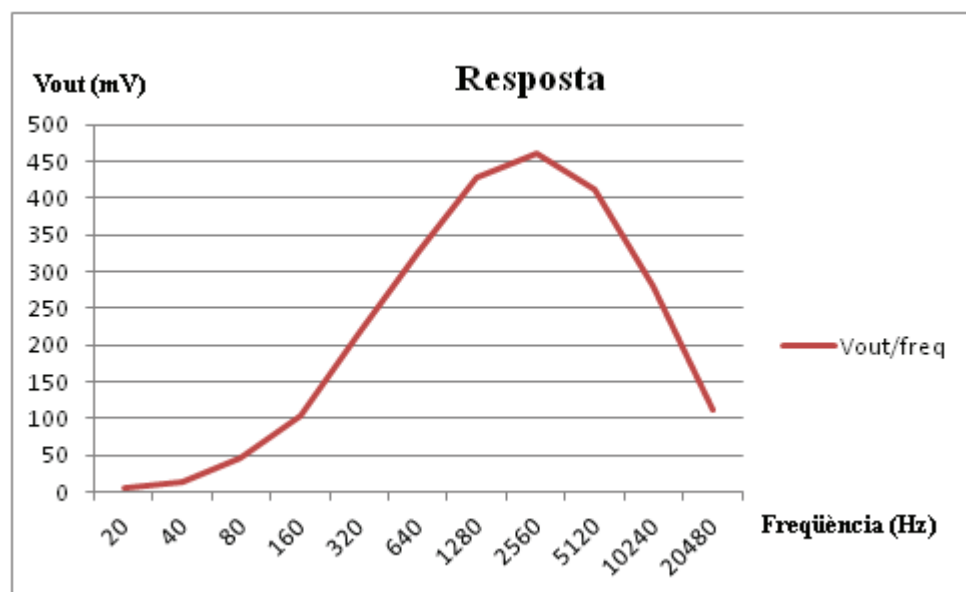


Figura 3.16. Resposta filtre ponderació A. Primer estudi.

De les següents dades, s'observa que el filtre triat, és l'adequat, però es necessita optimitzar els valors d'alguns components per obtenir una resposta més adequada.

Per començar si s'entra un senyal d'1KHz amb 400mVpp, s'observa que té guany 1, per tant a la sortida s'ha de llegir el mateix que a l'entrada.

En aquest primer estudi al injectar un senyal d'1KHz a 400mV, s'observa com la sortida surt una mica atenuada, i això repercutirà a tot el sistema, s'ha d'aconseguir doncs tenir a la sortida el mateix que a l'entrada. Això s'observa a la figura 3.17.

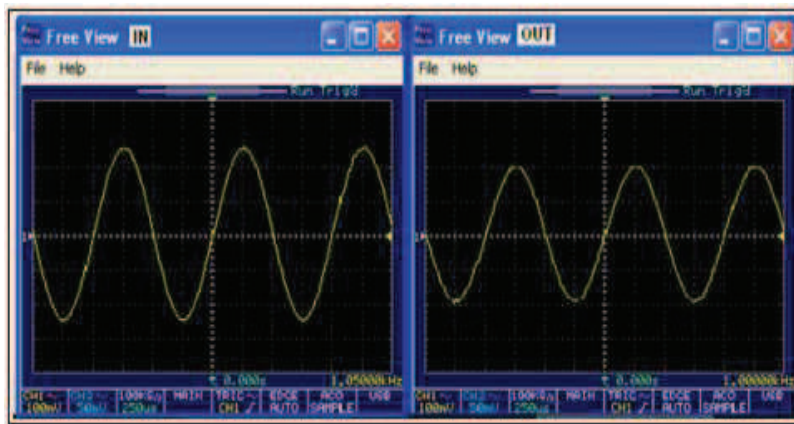


Figura 3.17. Comparativa entrada –sortida, filtre ponderació A(primer estudi)

En el següent estudi, ja amb els components optimitzats es farà el gràfic amb l'eix d'abscisses amb les freqüències d'un terç d'octava representades.

Circuit filtre ponderació A:

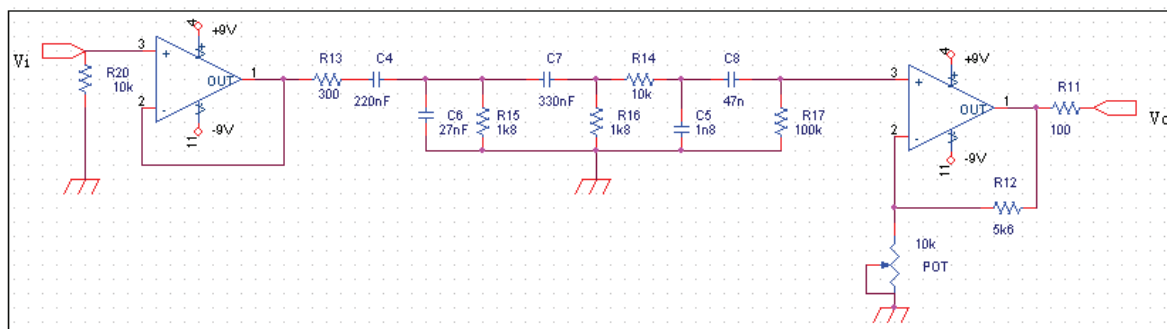


Figura 3.18. Circuit, filtre ponderació A.

Un cop optimitzat el circuit filtre ponderació A, s'aconsegueix que no hi hagi atenuació a la sortida, obtenint la resposta desitjada.

Injectant un senyal sinusoidal de 400mVpp, es varia la freqüència des de 20Hz fins a 20KHz, obtenint la següent resposta:

Freqüència(Hz)	Vout(mV)
31,5	24
40	32
50	40
63	48
80	56
100	80
125	96
160	136
200	168
250	198
315	248
400	308
500	370
630	420
800	468
1000	504
1250	536
1600	560
2000	580
2500	588
3150	588
4000	584
5000	564
6300	532
8000	488
10000	440
12500	384
16000	308
20000	240
25000	184

Taula 3.2. Vout(mV)/Freq.(Hz), filtre ponderació A. Prova final.

En negreta les freqüències d'octava:

La resta, freqüències de

1/3d'octava:

Resposta filtre ponderació A:

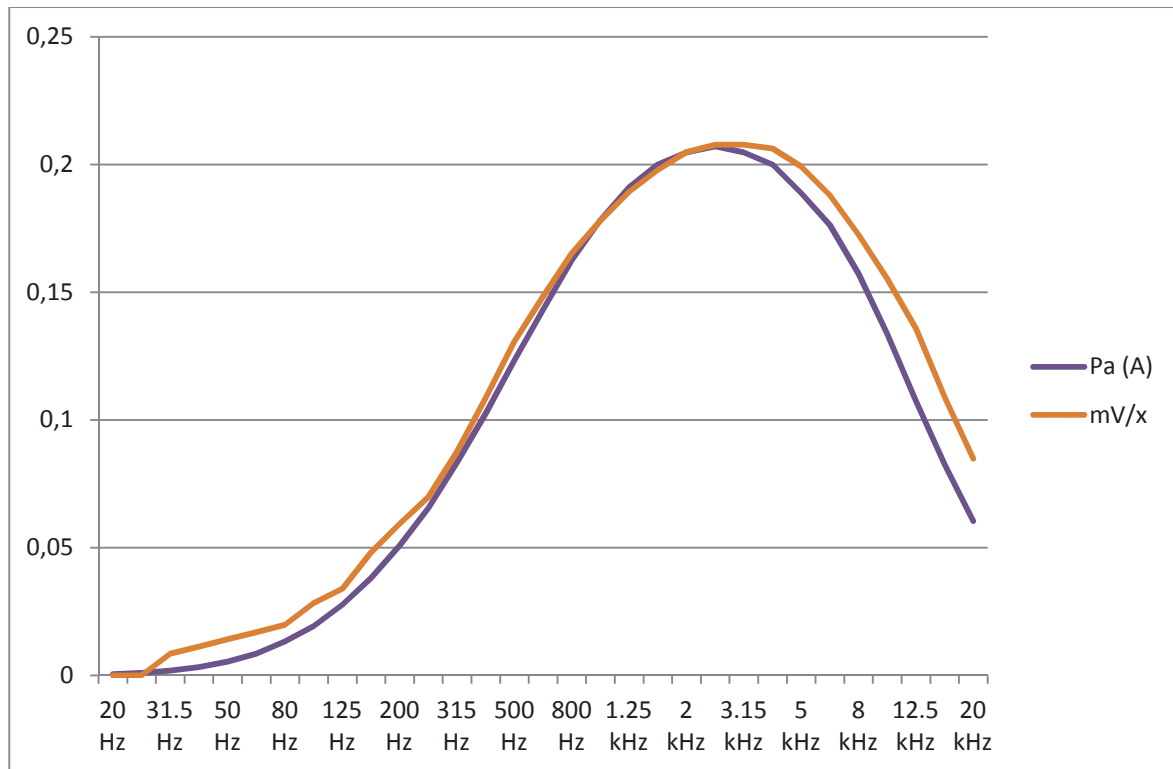


Figura 3.19. Resposta filtre ponderació A, funcionament òptim.

El decalatge que s'observa a la resposta del filtre pot respondre al tant per cent d'error d'alguns components, s'aprecia però que la corba és òptima.

A continuació es mostren les últimes captures d'oscil·loscopi on es pot observar que a la sortida ja no hi ha atenuació.

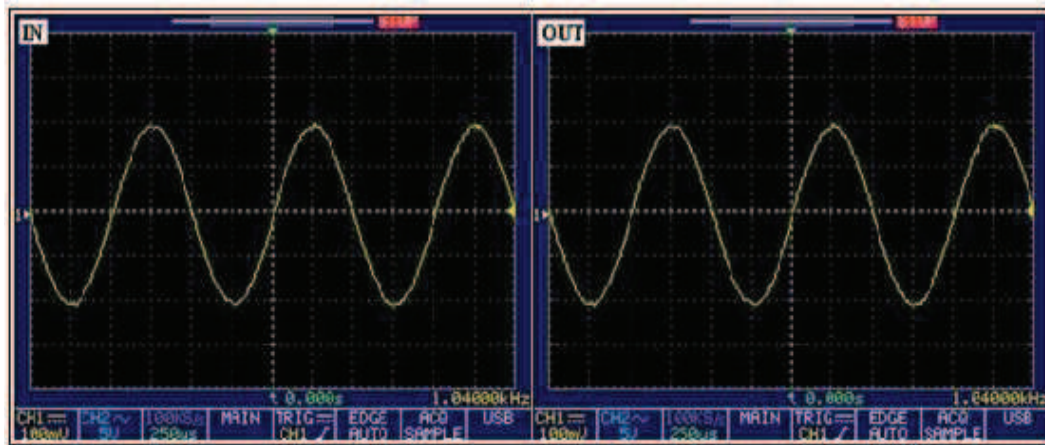


Figura 3.20. Comparativa entrada- sortida, filtre ponderació A, funcionament òptim.

Resposta IN/OUT amb una entrada d'1k amb 400mVpp.

Tot i que es pot observar per les gràfiques que les respostes dels diferents estudis són semblants, s'ha aconseguit que l'atenuació disminueixi, millorant així el comportament del circuit.

A la figura 3.20., s'observa, la resposta teòrica del filtre.

Gràfic comportament teòric, filtre ponderació A:

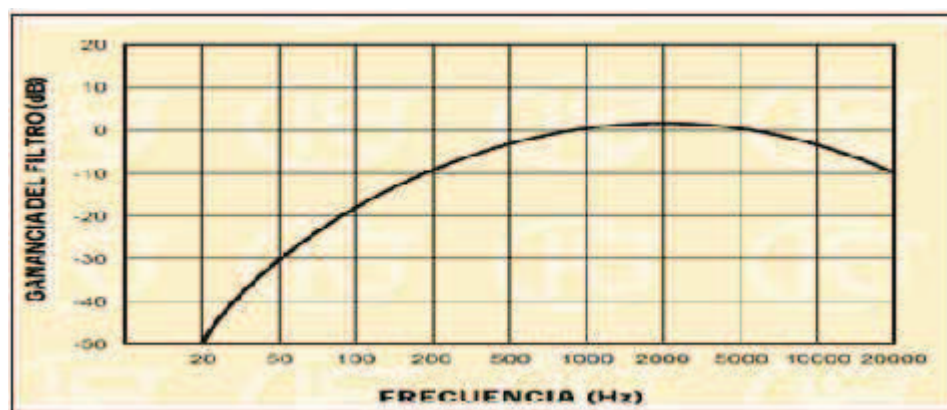


Figura 3.21. Resposta teòrica, filtre ponderació A.

3.4.3. Rectificador d'ona completa.

Circuit rectificador.

El circuit rectificador consta d'un etapa de rectificador d'ona completa i un seguidor de tensió.

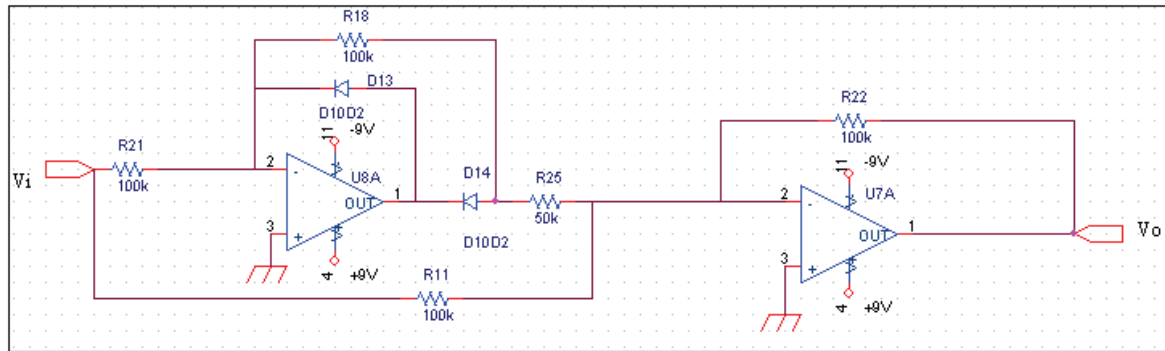


Figura 3.22. Circuit rectificador d'ona completa.

Aquest circuit realitza una rectificació d'ona completa del senyal d'entrada, que dona un resultat negatiu. Si es desitja que el resultat final sigui positiu en lloc de negatiu, simplement cal revertir els dos díodes a la secció de rectificador de mitja ona. El rectificador d'ona completa depèn del fet que tant el rectificador de mitja ona i l'amplificador sumador són circuits de precisió.

Les resistències han de ser d'alta precisió (en aquest cas del 1%) per mantenir el procés de rectificació exacta. La relació entre les resistències és 2:1.

És un rectificador de senyal d'ona completa sense caiguda de tensió en els díodes. Després d'algunes proves, els elements més susceptibles d'alterar una bona resposta, han estat els díodes. Finalment s'han triat uns díodes de senyal “bigoti de gat”, amb resistors de pel·lícula metàl·lica del 1%. La resposta del circuit de precisió rectificador d'ona completa, és la següent.

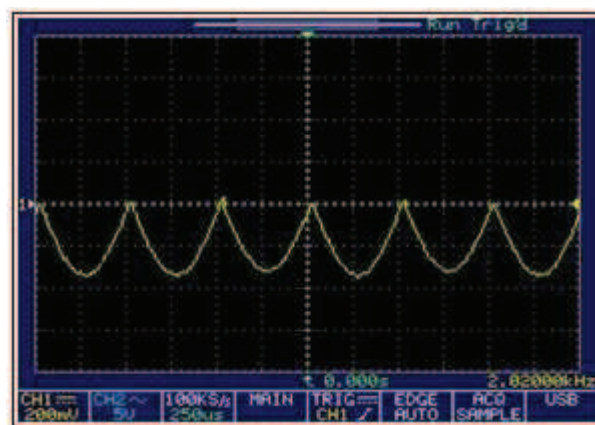


Figura 3.23. Captura circuit rectificador d'ona completa, rectificació negativa.

A la figura 3.23., s'observa que fa una rectificació negativa d'ona completa.

S'ha invertit el sentit dels díodes per obtenir una resposta positiva.

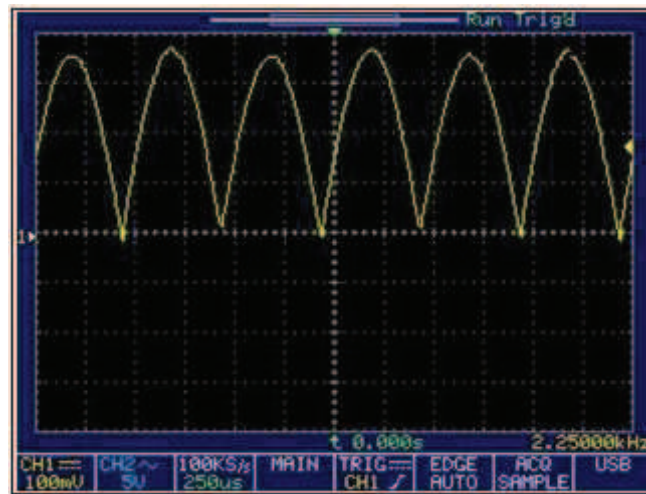


Figura 3.24. Captura circuit rectificador d'ona completa, rectificació positiva.

A la figura 3.23., s'observa la resposta del circuit rectificador d'ona completa. Amb una freqüència d'entrada d'1k i 400mVpp. S'observa també, com el retall, és desigual just en el pas per zero. Això s'ha corregit solucionar implementant un potenciòmetre en aquesta etapa per a ajustar el guany.

Ara es pot observar, la resposta del circuit Rectificador d'ona completa amb un to d'1k emes amb el telèfon mòbil al màxim volum a 5cm de distancia del micròfon.

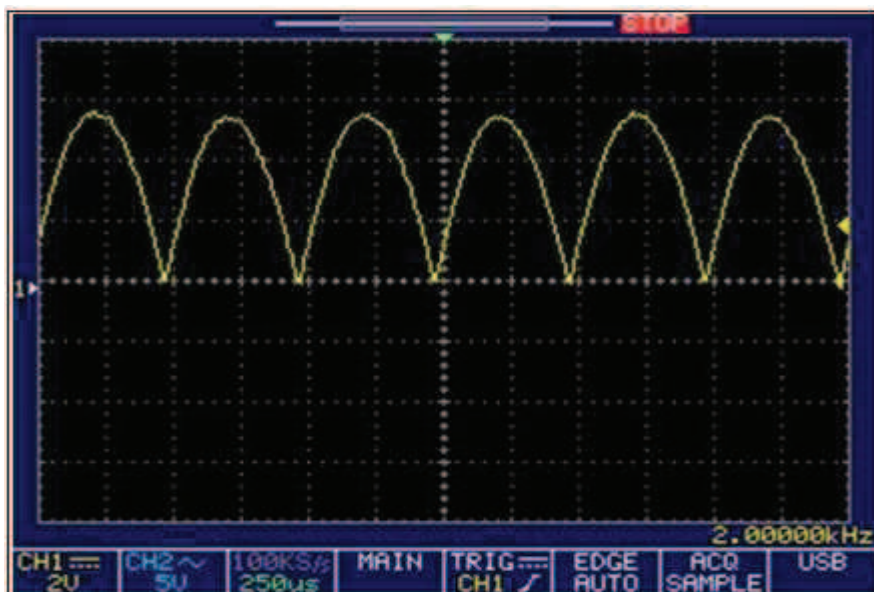


Figura 3.25. Captura oscil.loscopi, circuit rectificador d'ona completa, rectificació positiva(to d'1k).

S'observa també que amb el to d'1k, emes amb el telèfon mòbil al màxim volum a 5cm de distancia del micròfon, dona una tensió de 2,5Vp.

Aquí ja es pot observar que el retall és igual a tota l'ona.

Proves cambra semi - anecoica. Circuit rectificador.

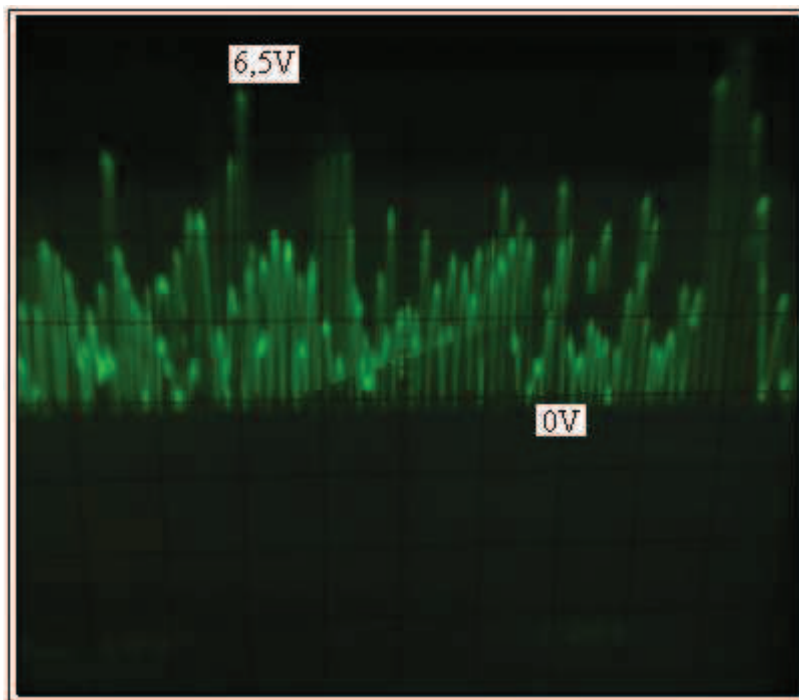


Figura 3.26. Resposta circuit rectificador, amb pressió sonora de 100 dBA, produïts per soroll rosa.

2V/div 50ms/div

3.4.4. Integrador.

El circuit integrador ha d'aconseguir un senyal continu, que va des de zero fins a aproximadament 2,5Vp amb el to d'1k i 6Vp amb 100dBA(cambra semi - anecoica), el temps que es triga per assolir aquesta tensió, és de 125ms, segons especificacions demanades pel projecte, aquest es el temps "fast" del sonòmetre. Informació temps fast a l'annex I.

La sortida del integrador, va a l'entrada del amplificador logarítmic.

L'esquema del circuit és el següent integrador, és:

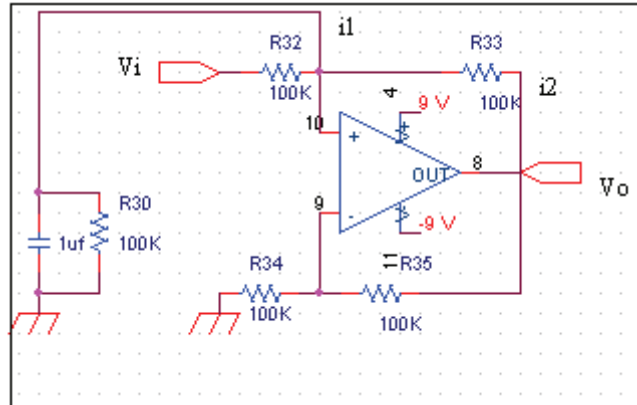


Figura 3.27. Circuit integrador.

Les seves equacions són:

$$i2 = \frac{0-Vx}{R} = \frac{Vx-Vo}{R} \rightarrow Vx = \frac{Vo}{2} i = i1 + i2 \quad (3.3)$$

$$C \cdot \frac{dVx}{dt} = \frac{Vi-Vx}{R} + \frac{Vo-Vx}{R} \quad (3.4)$$

$$Vo = \frac{2}{R \cdot C} \cdot \int Vi \cdot dt \quad (3.5)$$

Amb la condició que totes les resistències siguin iguals i majors d' 1k.

A continuació i a mode il.lustratiu, per mitjà del programa de simulació Multisim, s'ha efectuat una simulació de la resposta del circuit integrador.

A l'entrada del circuit integrador, s'ha col.locat la sortida del circuit rectificador d'ona completa amb un senyal de 2,5Vp. Simulant l'estudi amb un to d' 1k.

A continuació es pot observar la simulació i les captures realitzades. S'aprecia, com la tensió de sortida va augmentant fins assolir un nivell continu, en un temps de 125ms.

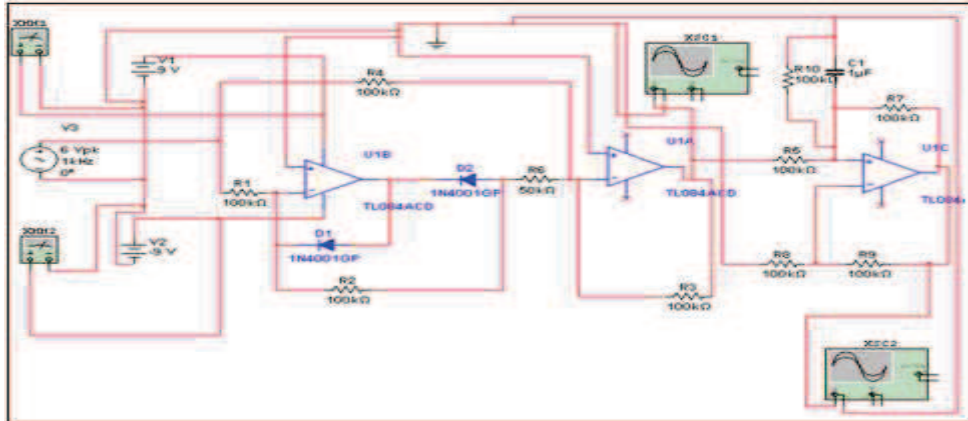


Figura 3.28. Simulació Multisim, circuit integrador.

Amb l'oscil·loscopi situat a la sortida del circuit integrador, s'observa la resposta.

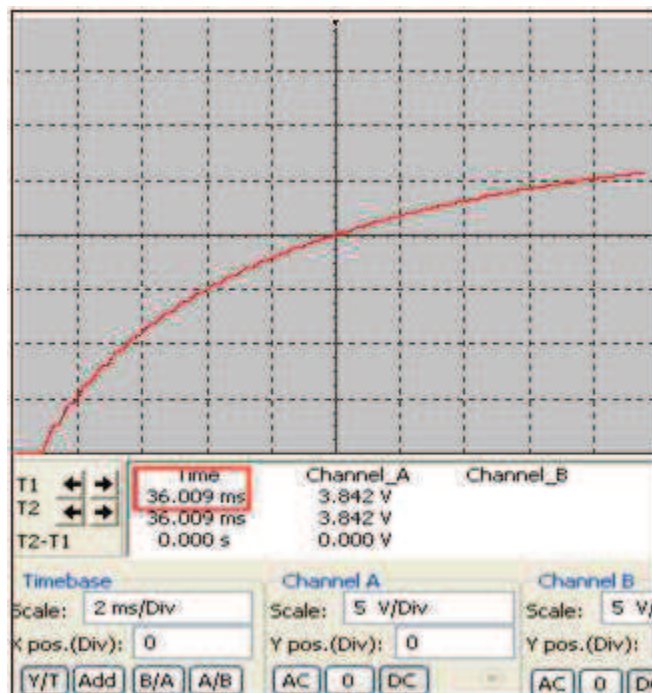


Figura 3.29. Captura V_o augmentant. Circuit integrador.

A la figura 3.29, s'observa com va augmentant la tensió de sortida en funció del temps, fins assolir un nivell continu, com es pot apreciar a la figura 3.30.

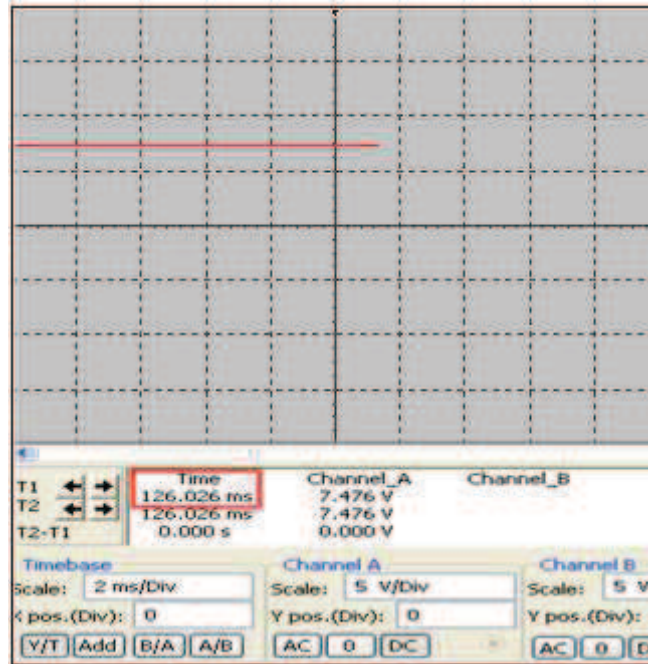


Figura 3.30. Captura amb $t = 126\text{ms}$. Circuit integrador.

A la figura 3.30, s'observa que amb $t = 125\text{ms}$, la tensió de sortida, ja és totalment continua. Per a comprovar la linealitat del circuit s'han donat valors de tensió d'entrada al circuit integrador, per observar la sortida.

$V_i(\text{mV})$	$V_o(\text{mV})$
50	18
110	43
150	58
200	80
500	200
750	300
1000	407
1500	620
2000	815
2500	1015
3000	1223
3500	1423
4000	1630
4500	1831
5000	2046
5500	2254
6000	2443
6500	2640

Taula 3. 3.Vi(mV)/Vo(mV). Circuit integrador.

La resposta, és.

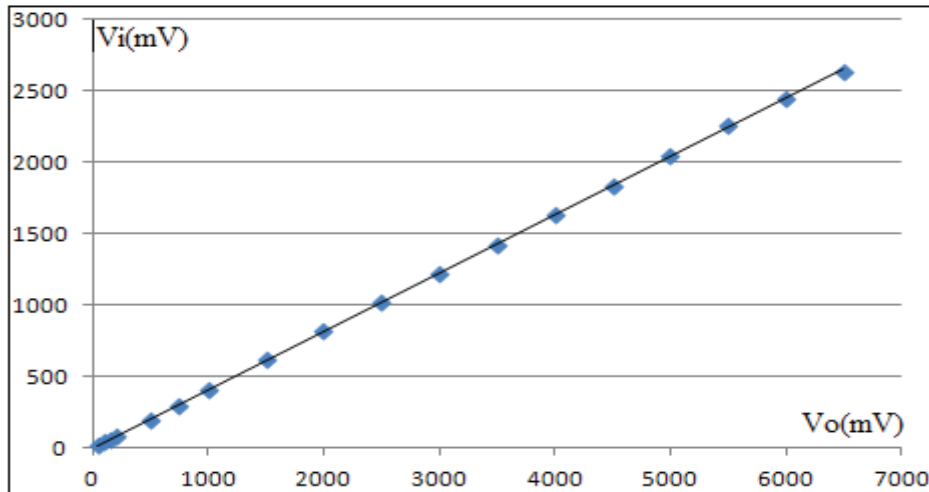


Figura 3.31. Gràfic Vi(mV)/Vo(mV). Circuit integrador.

A la figura 3.31, s'observa la linealitat del circuit.

3.4.5. Sumador.

Aquest circuit està basat en un amplificador inversor al qual s'ha introduït un element no lineal al bucle de realimentació. Quan la tensió V_i puja, la V_o baixa arribant a fer conduir el diode D1. El corrent que passa per D1 és V_i/R_1 ja que l'entrada no inversora manté sempre una tensió de 0V. Fig. 3.32.

Aquest circuit s'ha implementat per a donar un offset a la sortida del circuit logarítmic, doncs aquest donava una resposta, en una zona de la corba logarítmica que no convenia, i per mitjà d'aquest offset a la sortida s'ha aconseguit modificar-la, per a poder complir les especificacions del projecte.

La relació exponencial que hi ha entre el corrent del diode i la tensió és el que garanteix que la tensió de sortida del amplificador operacional sigui proporcional al logaritme de la tensió d'entrada.

El circuit sumador, és el següent.

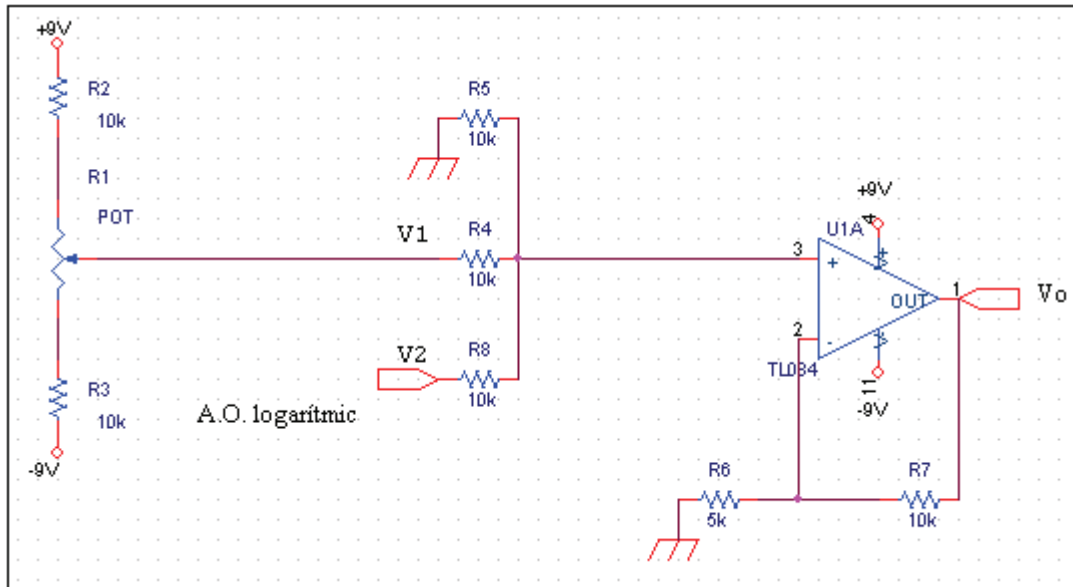


Figura 3.32. Circuit sumador.

La tensió d'entrada V1, es regula per mitjà d'un potenciòmetre.

La tensió d'entrada V2, és la tensió de sortida del circuit logarítmic.

La sortida del sumador va al convertidor tensió – corrent i al vu meter.

S'ha de complir que:

$$(R4//R8//R5) = (R6//R7) \rightarrow (10k//10k//10k) = (5k//10k) \quad (3.6)$$

$$(10k//10k//10k) = 3.33k \quad (3.7)$$

$$(5k//10k) = 3.33k \quad (3.8)$$

$$V_o = V1 + V2 \quad (3.9)$$

3.4.6. Amplificador logarítmic.

Aquest circuit està basat en un amplificador inversor. L'entrada positiva va connectada a massa i la negativa presenta alimentació de tensió a través d'una resistència. La realimentació negativa s'aconsegueix a través d'un diode polaritzat en directa. La relació

exponencial que hi ha entre la tensió en directa i el corrent del diode, és el que garanteix que la tensió de sortida del amplificador operacional sigui proporcional al logaritme de la tensió d'entrada.

El circuit de l'amplificador logarítmic, és el següent.

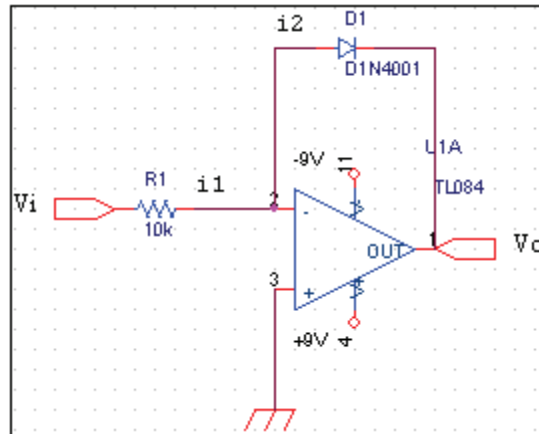


Figura 3.33. Amplificador logarítmic.

Les seves equacions són.

$$i1 = i2 \quad (3.10)$$

$$\frac{V_{i-0}}{R} = i_{diode} = I_0 \cdot e^{\frac{-V_o}{V_t}} \quad (3.11)$$

$$V_o = V_t \cdot \ln \cdot \frac{V_i}{R \cdot I_0} \quad (3.12)$$

On V_t , a temperatura ambient (25°C), és aproximadament de 26mV

i I_0 , dependent també de la temperatura, és aproximadament de 5,5uA.

Amb el to d'1k emes pel telèfon mòbil a 5cm de distància del micròfon, l'amplificador logarítmic dona una tensió contínua negativa de -0,400mV.

Per a comprovar la resposta del circuit, s'han donat valors de tensió d'entrada, el resultat

és.

Vi(mV)	Vo(mV)
0	-215
50	-359
100	-390
150	-405
200	-416
250	-423
300	-430
350	-436
400	-446
500	-451
1000	-480
1500	-496
2000	-511
2500	-522
3000	-531
3500	-539
4000	-545
4500	-550
5000	-556
5500	-561
6000	-565

Taula 3.4. Vi(mV)/Vo(mV). Amplificador logarítmic.

La resposta, és.

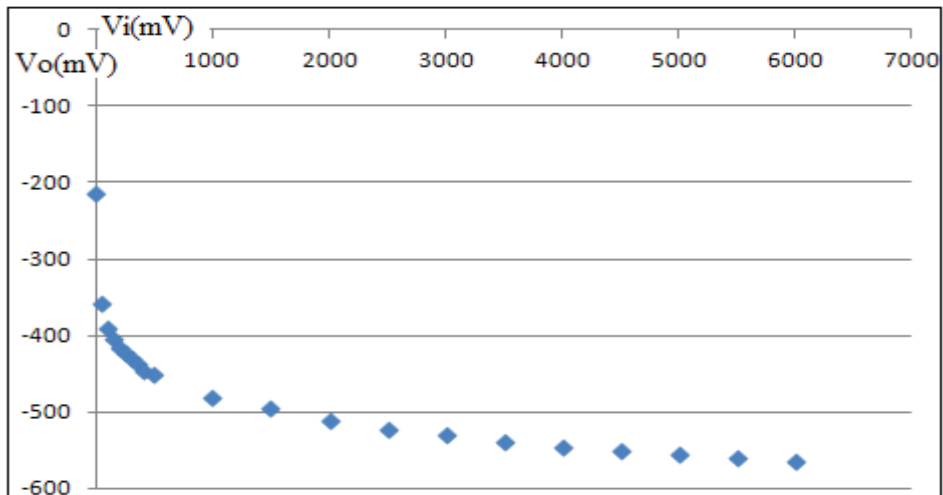


Figura 3.34. Gràfic $V_i(mV)/V_o(mV)$. Amplificador logarítmic.

A la figura 3.34., s'observa la resposta logarítmica del circuit.

3.4.7. Circuit complet.

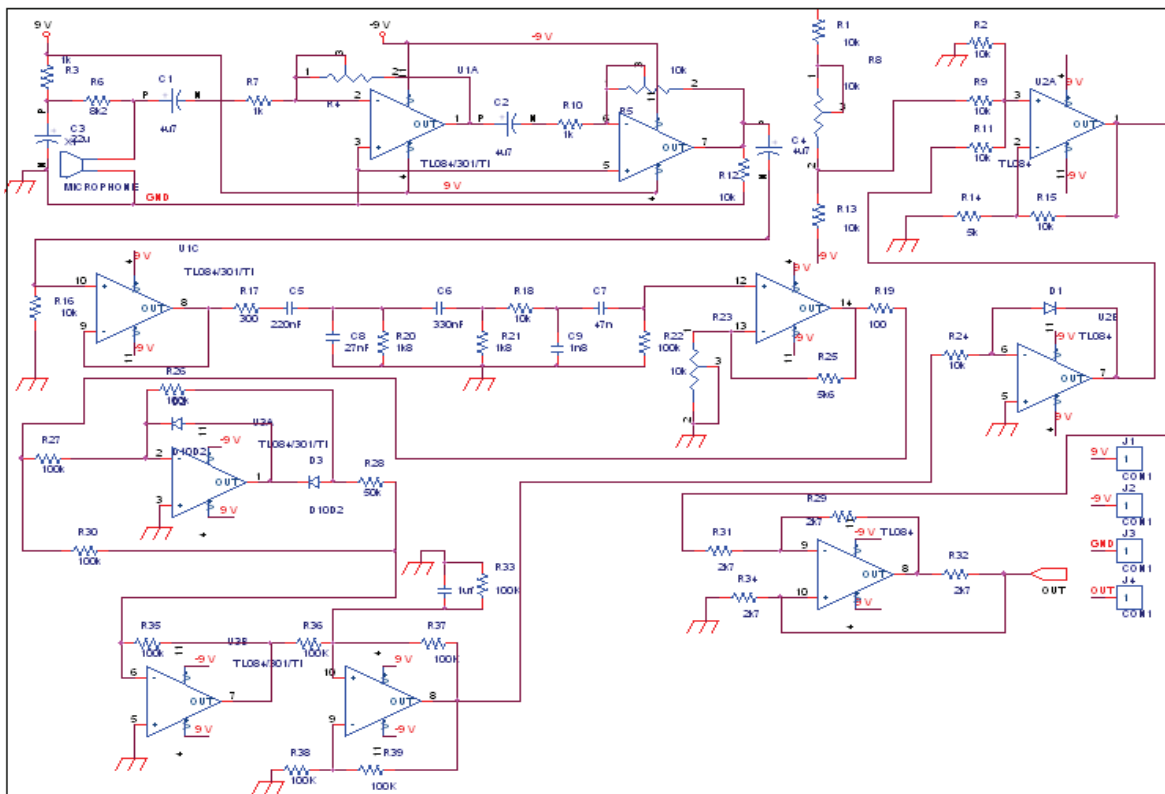


Figura 3.35. Circuit complet.

Aquest és el circuit sonòmetre amb totes les seves etapes connectades. Es podrà observar amb més detall al annex d'esquemes.

Un cop s'han realitzat les proves pertinents de les diferents parts del circuit per separat, s'ha anat connectant ordenadament i verificant el seu correcte funcionament. Les primeres proves s'han realitzat al laboratori de la universitat.

En un principi no es va aconseguir un rang correcte en la resposta total del circuit, doncs aquest era petit, i no responia bé per sota de 60dB.

Per corregir això, s'ha muntat un circuit sumador, per donar un offset al amplificador logarítmic i poder així assolir el rang desitjat. A continuació es mostren les diferents proves realitzades.

Aquest són els resultats de les primeres mesures del sistema complert al laboratori.

Mesurant la tensió d'entrada del amplificador logarítmic(V_i), i la tensió de sortida (V_o), a uns determinats dBA.

V_i	V_o	dBA	Resultat
0,02	330	60	48,5294118
0,19	502	70	73,8235294
0,46	544	80	80
0,85	573	85	84,2647059
0,167	606	90	89,1176471

Taula 3.5. Comparativa V_o (mV)/dBA. Primeres proves.

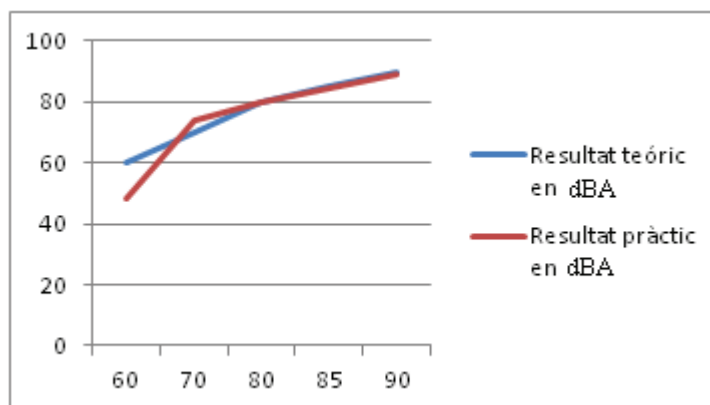


Figura 3.36. Gràfic, linealitat resposta del sistema. Primeres proves

Es pot observar que la major linealitat és per sobre dels 80 dBA, per sota dels 80dBA, el funcionament no s'ajusta a les especificacions del projecte. Per a solucionar aquest

problema, i observant que per a valors alts, el circuit es comporta correctament, es va idear implementar un sumador que aportés una tensió d'offset al circuit logarítmic per aconseguir que el rang dinàmic del sonòmetre fos més sensible als sorolls, a partir de 40dBA. Ara la tensió de sortida del circuit logarítmic, és de 0mV, augmentant negativament en augmentar el nivell de pressió sonora. Els resultats d'aquestes mesures es mostren a continuació. Introduint una tensió d'offset de 500mV, s'aconsegueix un resultat notablement millor. El consum aproximat del sistema és de 18mA.

Vo(mV)	dBA	Resultat
185	40	43,529412
236	50	55,529412
249	60	58,588235
292	70	68,705882
340	80	80
385	90	90,588235
434	100	102,11765

Taula 3.6. Comparativa Vo(mV)/dBA. Estudi final.

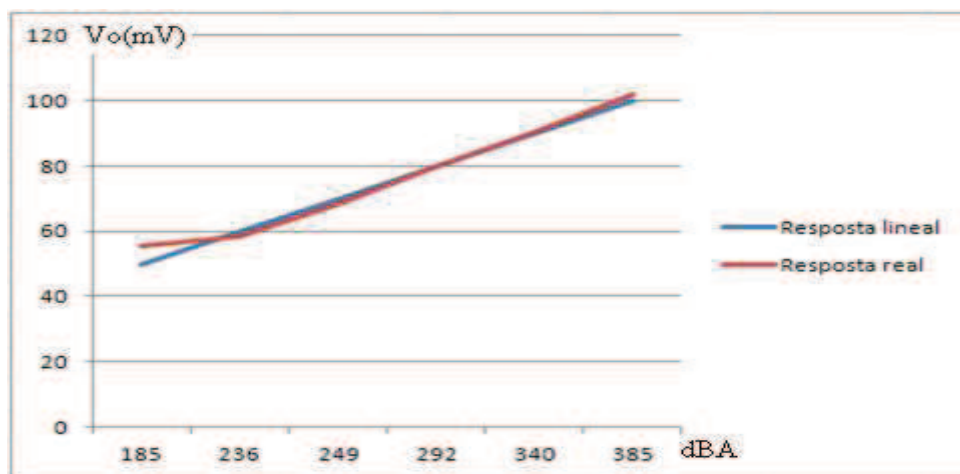


Figura 3.37. Gràfic, linealitat resposta del sistema.

Al gràfic de la figura 3.37., s'observa, la bona linealitat de la resposta. Al introduir el sumador, s'ha aconseguit poder variar la resposta final del amplificador logarítmic. Encara hi ha un petit desajust a la part baixa, la resposta conjunta però es lineal. Un cop totes les etapes funcionen dins del paràmetres establerts, caldria un ajust acurat amb instruments de precisió certificats per a obtenir les millors prestacions d'aquest sistema de mesura, especialment per mesurar valors absoluts de nivell de soroll.

3.5. Visualització dades.

Per a la visualització de les dades, s'ha optat per a col·locar a la sortida, un indicador d'agulla (vu meter). Per a realitzar aquesta part, ja que el vu meter, funciona per corrent, en concret amb un fons d'escala de 200uA. S'ha implementat un circuit convertidor tensió – corrent..

S'ha corregit també l'offset que donava el circuit logarítmic de -500mV, en repòs (només amb soroll ambiental), afegint un sumador, per així obtenir 0mV.

El circuit convertidor tensió - corrent es.

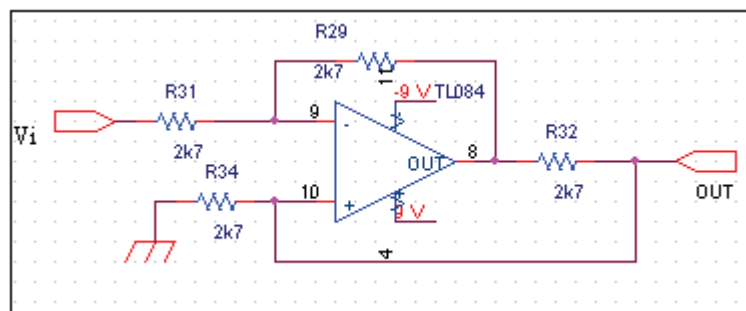


Figura 3.38. Circuit convertidor tensió – corrent.

3.6. Orcad Layout (disseny targeta).

Un cop s'ha comprovat que tot funciona correctament, es procedeix mitjançant el software Orcad Layout, a realitzar el disseny de la targeta electrònica.

Un cop amb l'esquema al complet, es trien les dimensions de cada component (footprint), i és passa al disseny de la targeta electrònica.

S'ha volgut dissenyar una targeta electrònica el més petita possible, i rectangular, que és la forma geomètrica que han de tenir els sonòmetres per al seu bon funcionament.

També s'ha implementat la càpsula electret en un extrem de la mateixa, per tenir les menys possibles pertorbacions. A continuació es mostra el disseny de la targeta electrònica amb les seves capes, en aquest disseny, són 2.

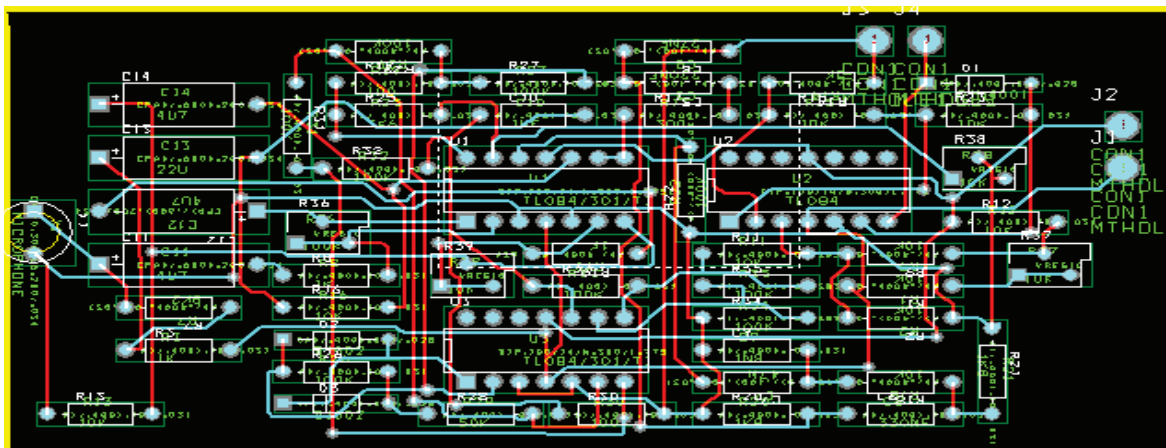


Figura 3.39. Targeta electrònica amb Orcad Layout.

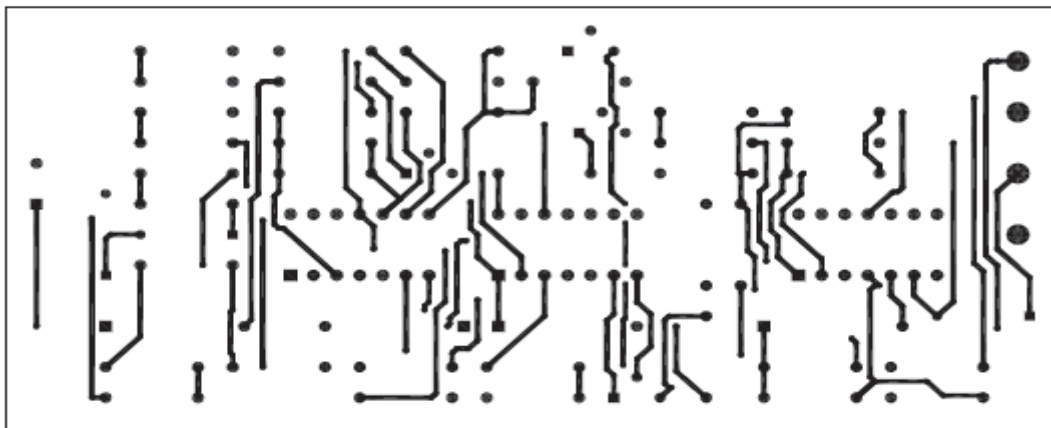


Figura 3.40. Disseny targeta electrònica amb Orcad Layout. Bot.(8x3,5cm).

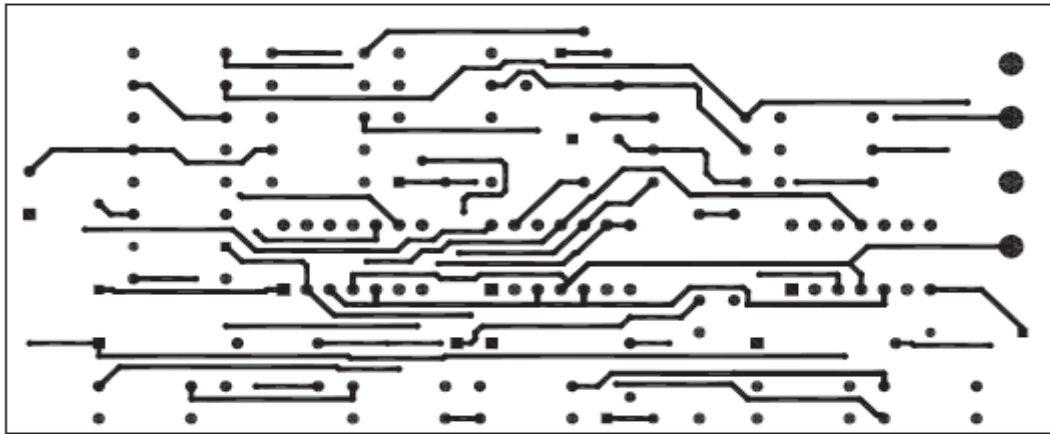


Figura 3.41. Disseny targeta electrònica amb Orcad Layout. Top.(8x3,5cm).

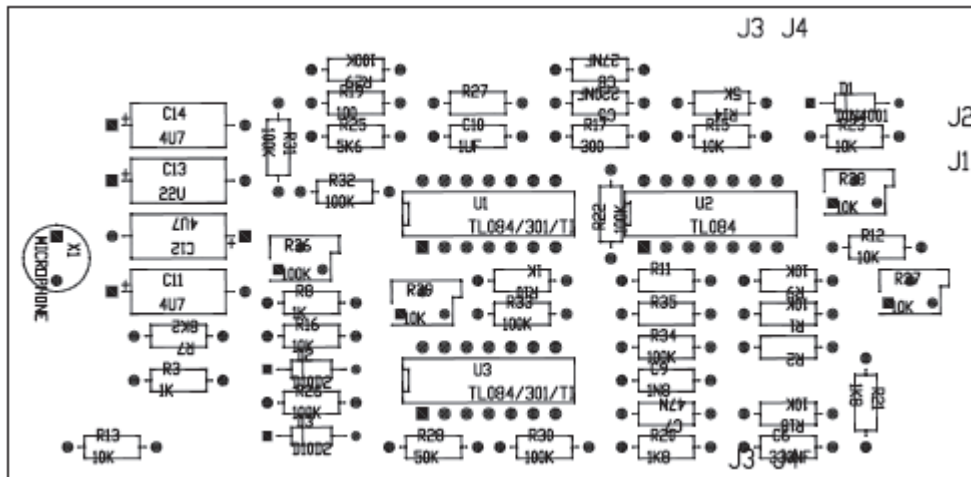


Figura 3.42. Disseny targeta electrònica amb Orcad Layout. Serigrafia.(8x3,5cm).

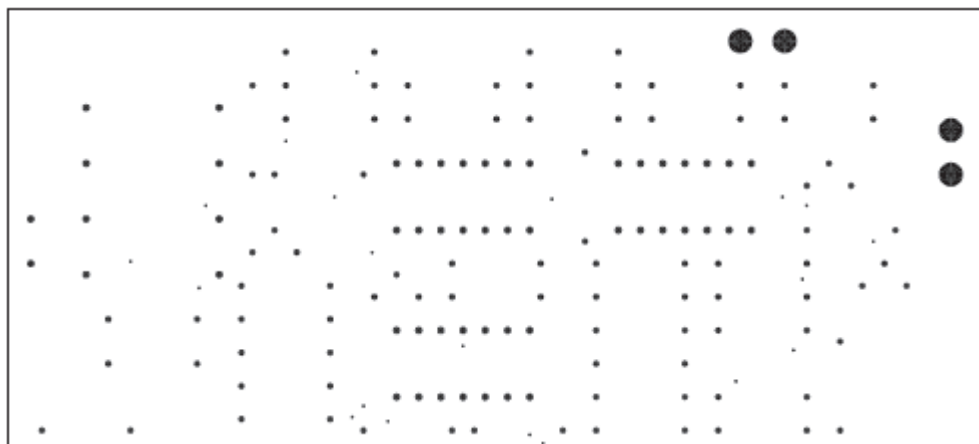


Figura 3.43. Disseny targeta electrònica amb Orcad Layout. Mapa de forats.(8x3,5cm).

3.7. Prototip.

A la següent figura es mostra el prototip, ja finalitzat amb el vu meter incorporat.

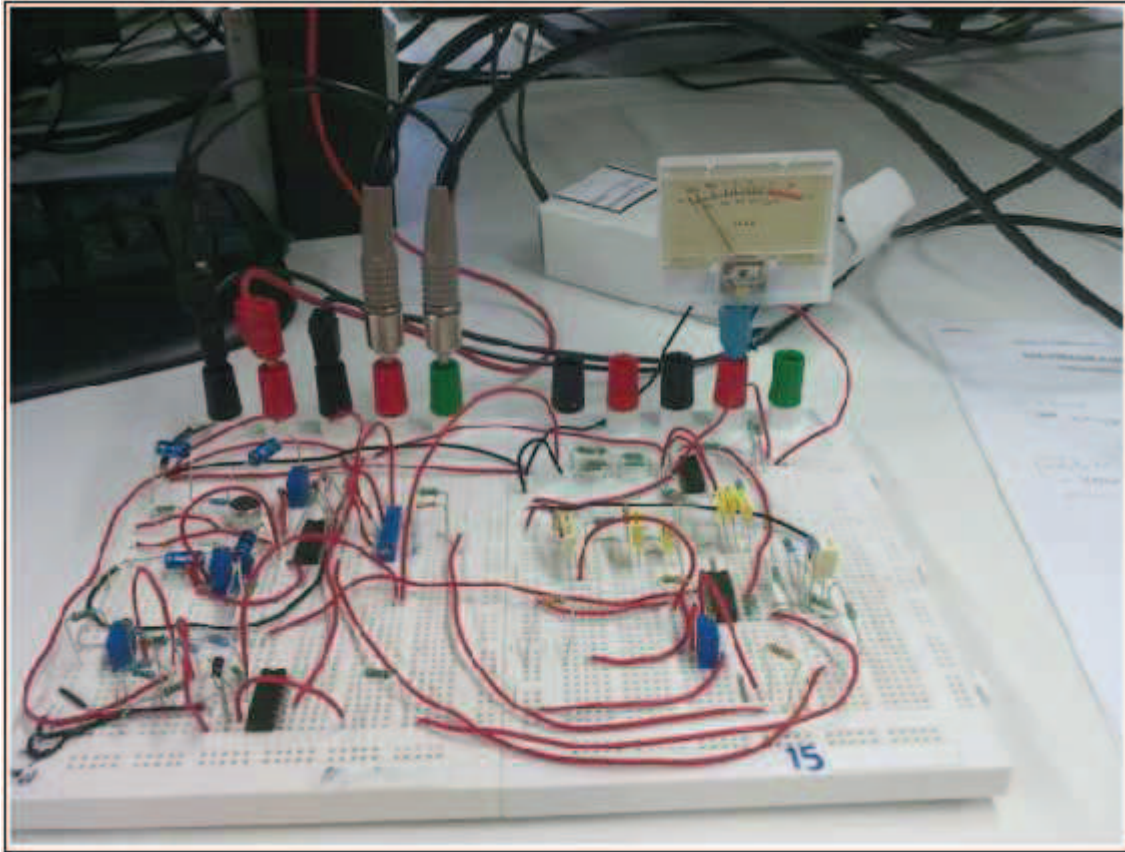


Figura 3.44. Prototip.

A la imatge s'observa el muntatge del prototip que s'ha realitzat en dos protoboards, per tal de facilitar la manipulació dels components i realitzar les mesures. També s'observa que hi ha 4 xips TL084, mentre que amb 3 ja n'hi ha prou, això s'ha fet també per facilitar el muntatge i les mesures.

4 Impacte ambiental.

La raó d'aquest projecte, és poder mesurar els sorolls en entorns laborals i urbans, amb un sistema, econòmic, de baix cost i baix consum. Voler controlar la contaminació acústica en aquests entorns, pot ajudar molt a sensibilitzar i actuar sobre les fonts de soroll per parts d'empresaris i responsables públics.

El fet també que s'hagi volgut un sistema de baix cost, és per en una futura ampliació del projecte sonòmetre, alimentar el sistema amb plaques solars.

La situació actual que viu el mon necessita projectes, que respectin el medi ambient i treballin per eliminar possibles fonts de contaminació, en aquest cas acústiques. Molt molestes pels essers vius.

Pel que fa al seu reciclatge un cop ja no es faci servir o es trenqui, existeix una directiva europea (sobre Residus d'Aparells Elèctrics i Electrònics) que està en vigor a Espanya des de 2005. Des d'aquesta data, els consumidors podran retornar els seus productes electrònics al seu distribuïdor habitual quan adquireixi un nou producte que sigui de tipus equivalent o realitzi les mateixes funcions, o dipositar-los en els punts de recollida municipals. En tots dos casos, aquest servei és gratuït.

6. Conclusions.

S'ha aconseguit fer un disseny d'un circuit sonòmetre, molt sensible al soroll, amb un cost raonablement baix, i amb un consum petit.

L'alimentació de $(V+) = 9V, (V-) = -9V$, permet l'alimentació amb plaques solars. Així doncs aquest disseny és òptim per a mesurar entorns urbans i mesurar sorolls ambientals.

S'ha pogut observar, que fent servir components tipus "SMD" i optimitzant encara una mica més tot el sistema, es pot arribar a fer un disseny de dimensions encara més reduïdes, baix cost, i reduir el consum. Per això aquest projecte, deixa la porta oberta a properes ampliacions i modificacions, per tal d'obtenir diverses aplicacions, oferint un punt de partida robust i fiable.

Com s'ha esmentat anteriorment, un dels objectius del projecte, era, la implementació del circuit sonòmetre, a la roba dels treballadors. Aquest objectiu, s'haurà d'ampliar en propers projectes, doncs al optar per una solució completament analògica, les dimensions del circuit final, no compleixen les especificacions tècniques necessàries per a ser implementat en una targeta de petites dimensions. En un futur per a poder assolir aquest objectiu, s'haurà de optar per circuits digitals.

7. Referències.

- [1] Robert Safont. *Apunts electrònica analògica*.
- [2] <http://www.apuntesdeelectronica.com/>
- [3] <http://www.apuntes21.com/electronica/>
- [4] Blanco Flores. *Electrònica analògica*.
- [5] J.M.Fiore. *Amplificadors operacionals y circuits integrats lineals*.

Escola Universitària Politécnica de Mataró

Centre adscrit a:



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

**Enginyeria Tècnica Industrial,
Especialitat Electrònica Industrial.**

SONÒMETRE

Plànols

**ALBERT SIMÓN SÁNCHEZ
PONENT: JOAN ALTABELLA VIVES**

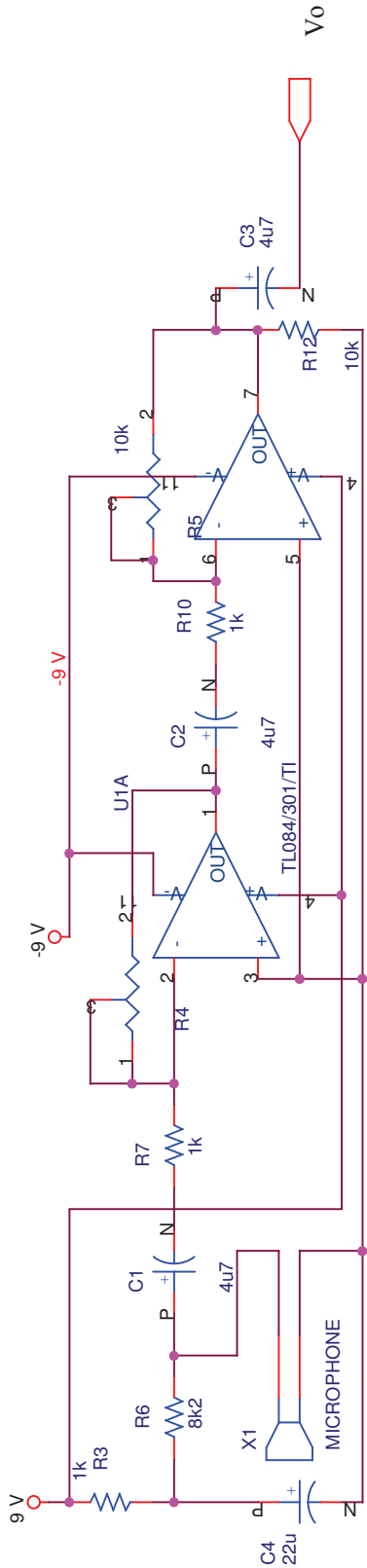
PRIMAVERA 2012



**TecnoCampus
Mataró-Maresme**

Índex.

Document A-1. Etapa amplificadora.....	1
Document A-2. Filtre ponderació A.....	2
Document A-3. Circuit rectificador d'ona completa.....	3
Document A-5. Circuit integrador.....	4
Document A-6. Amplificador logarítmic.....	5
Document A-7. Circuit sumador.....	6
Document A-8. Convertidor tensió – corrent.....	7
Document A-9. Circuit complert.....	8
Document A-10. Disseny targeta electrònica.....	9



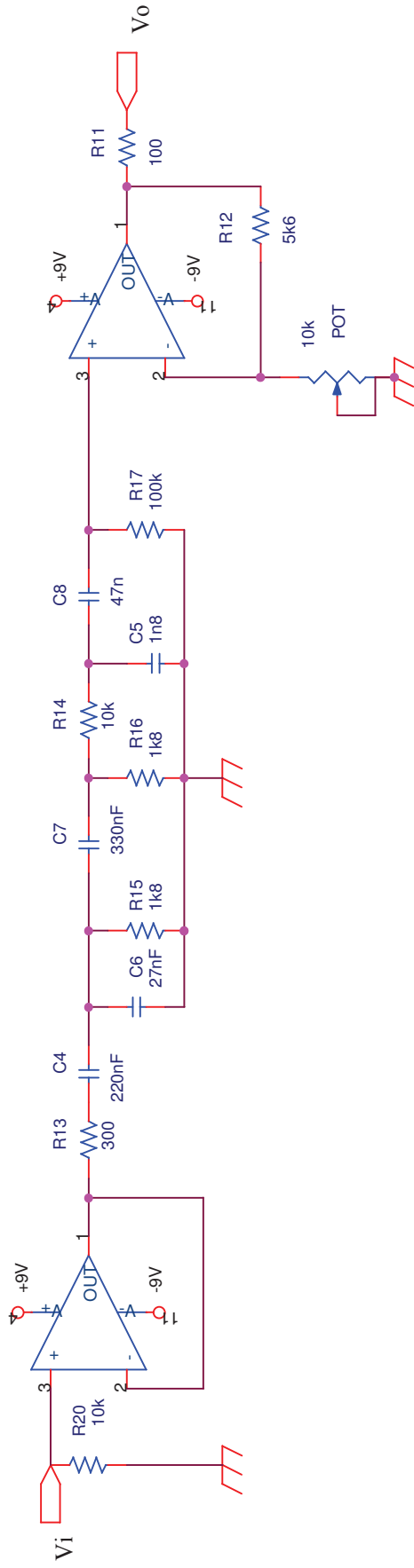
Tecnocampus Mataró

Alumne: Albert Simón Sánchez
 Ponent: Joan Atabella Vives
 Enyngeria Técnica Industrial

Title
 Projecte sonòmetre. Etapa amplificadora.

Size	Document Number	Rev
A	0001	1

Date: Saturday, June 09, 2012 Sheet 1 of 1



Tecnocampus Mataró
 Alumne: Albert Simón Sánchez
 Ponent: Joan Altabella Vives
 Enyngeria Técnica Industrial

Title
 Projecte sonòmetre. Filtre ponderació A.

Size
 A

Document Number
 0001

Rev
 1

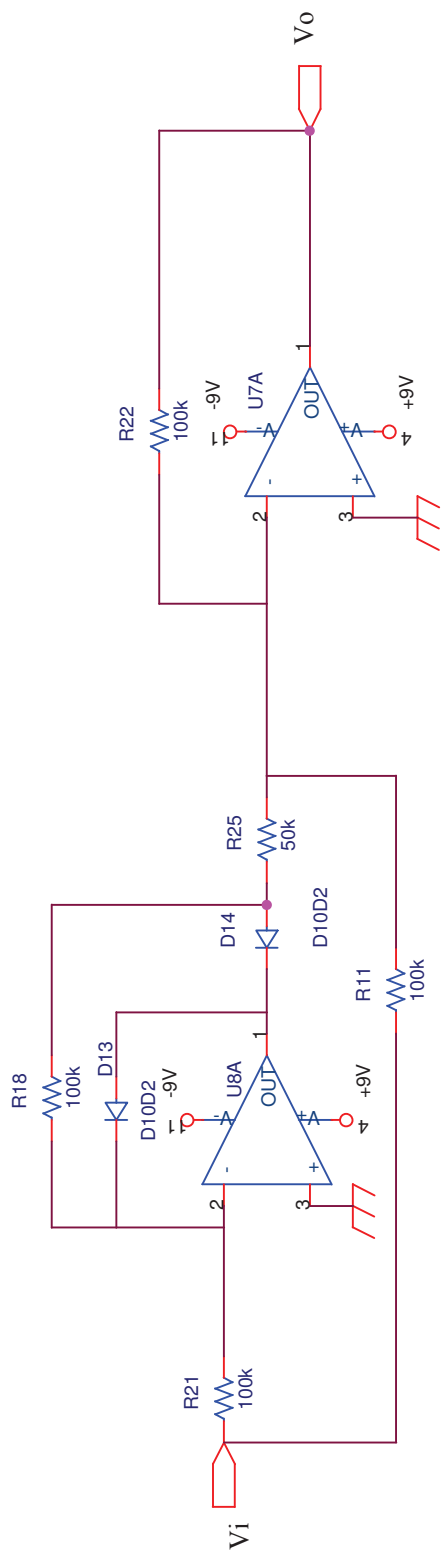
Date: Thursday, June 07, 2012

Sheet

1

of

1



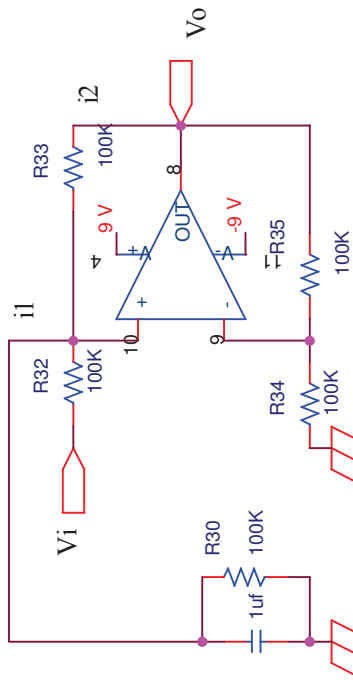
Tecnocampus Mataró

Alumne: Albert Simón Sánchez
 Ponent: Joan Altabella Vives
 Enyngeria Técnica Industrial

Title: Projecte sonòmetre. Rectificador ona completa.

Size	A
Document Number	0001
Rev	1

Date: Thursday, June 07, 2012



Tecnocampus Mataró

Alumne: Albert Simón Sánchez
 Ponent: Joan Atabella Vives
 Enyngeria Técnica Industrial

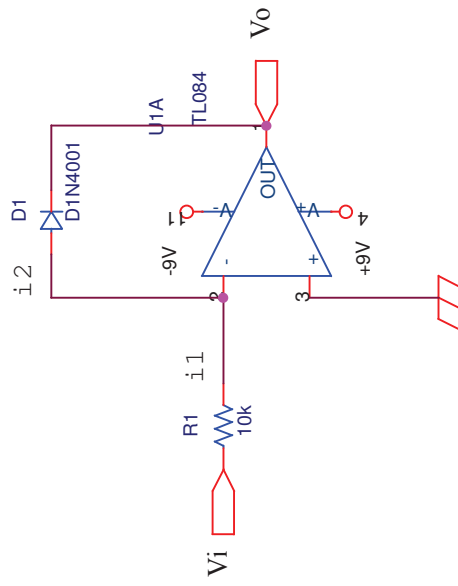
Title

Projecte sonòmetre. Etapa integradora.

Size	A	Document Number	0001	Rev	1
------	---	-----------------	------	-----	---

Date: Thursday, June 07, 2012

Sheet 1 of 1

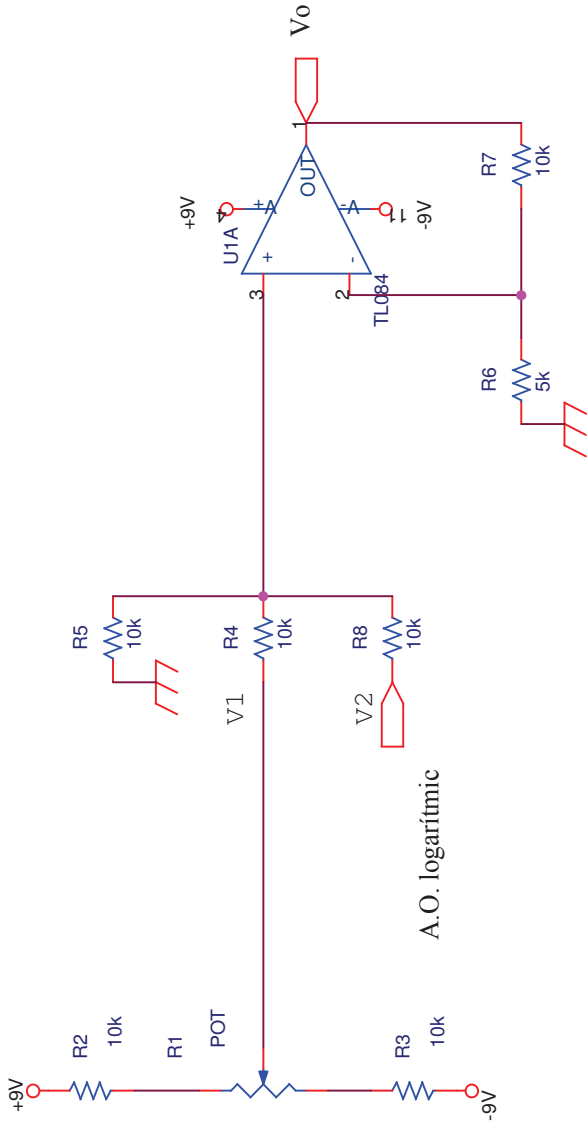


Tecnocampus Mataró

Alumne: Albert Simón Sánchez
 Ponent: Joan Atabella Vives
 Enyngeria Técnica Industrial

Title: Projecte sonòmetre. Amplificador logarítmic.

Size	A
Document Number	0001
Rev	1



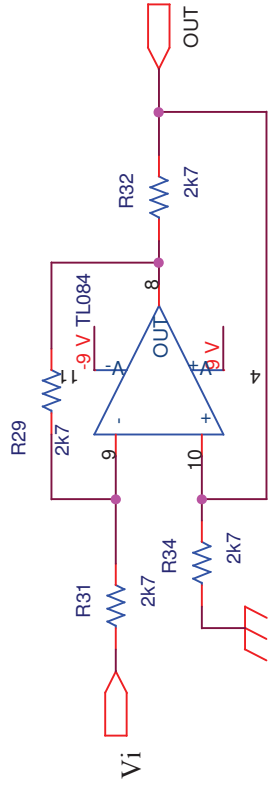
A.O. logarítmic

Tecnocampus Mataró

Alumne: Albert Simón Sánchez
 Ponent: Joan Altabella Vives
 Enyngeria Técnica Industrial

Title: Projecte sonòmetre. Sumador.

Size	A	Document Number	0001	Rev	1
Date:	Friday, June 08, 2012	Sheet	1	of	1



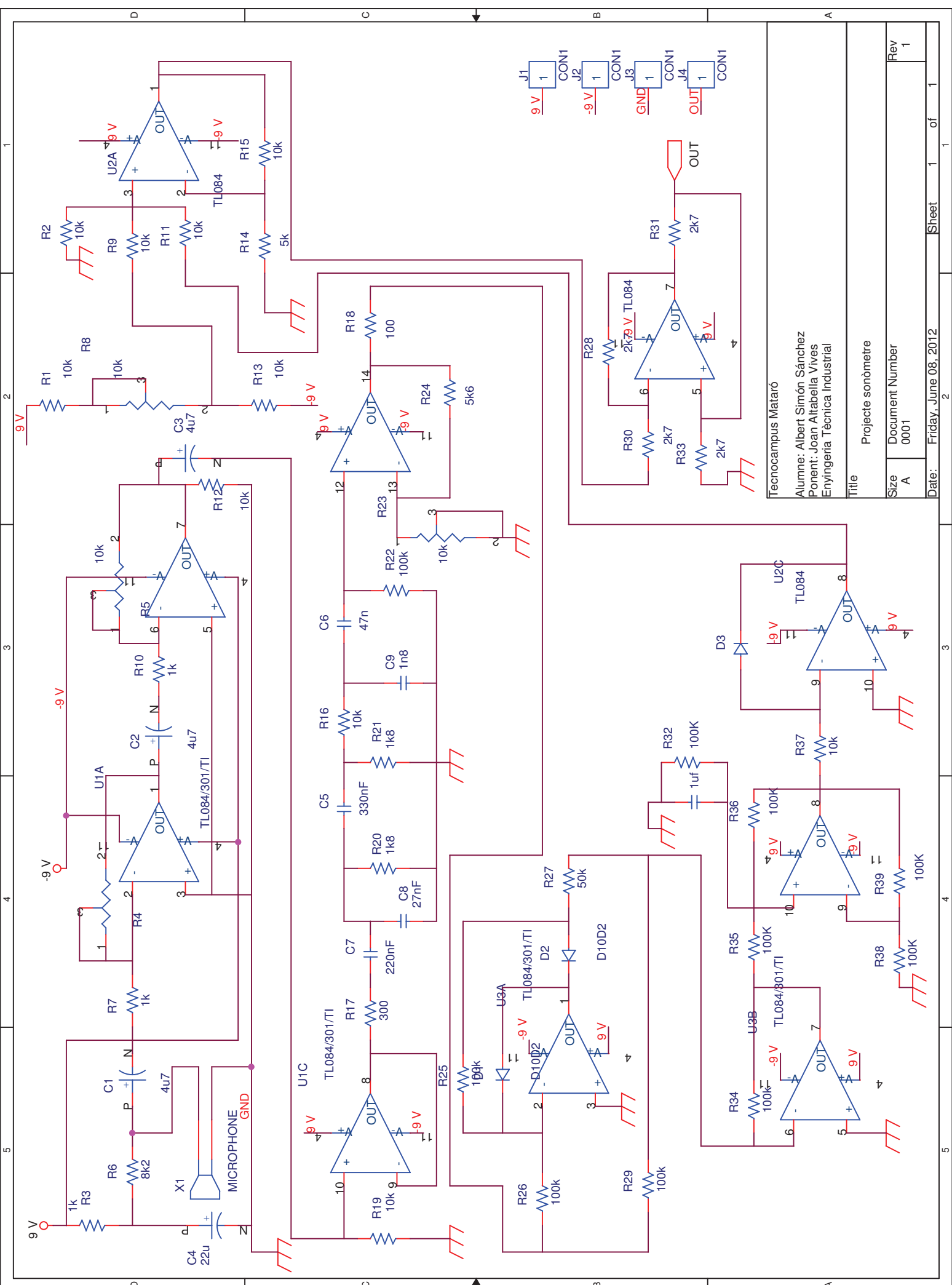
Tecnocampus Mataró

Alumne: Albert Simón Sánchez
 Ponent: Joan Altabella Vives
 Enyingeria Técnica Industrial

Title: Projecte sonòmetre. Convertidor tensió - corrent.

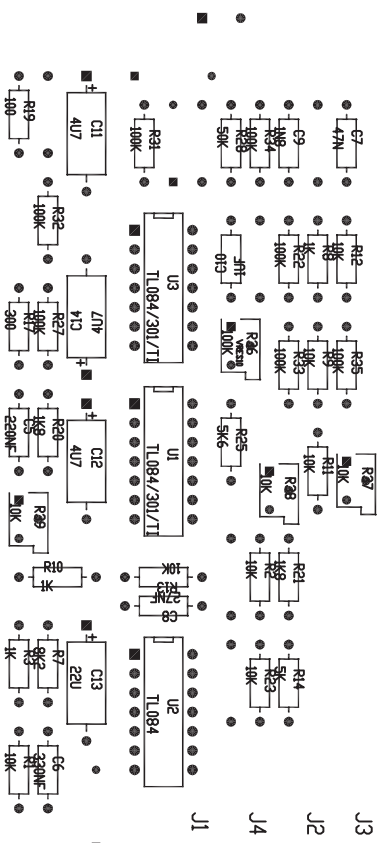
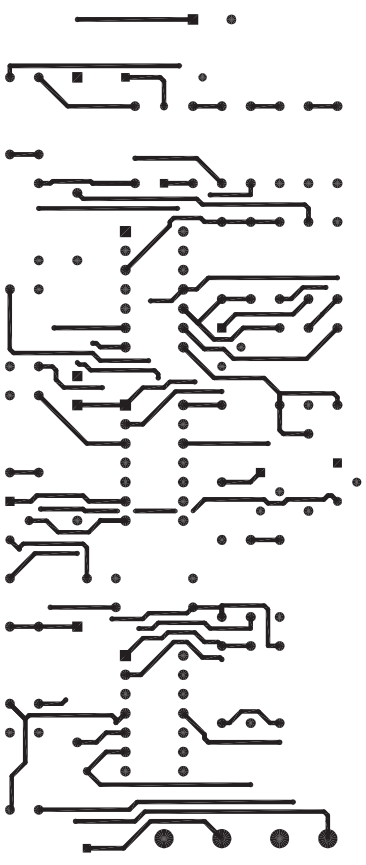
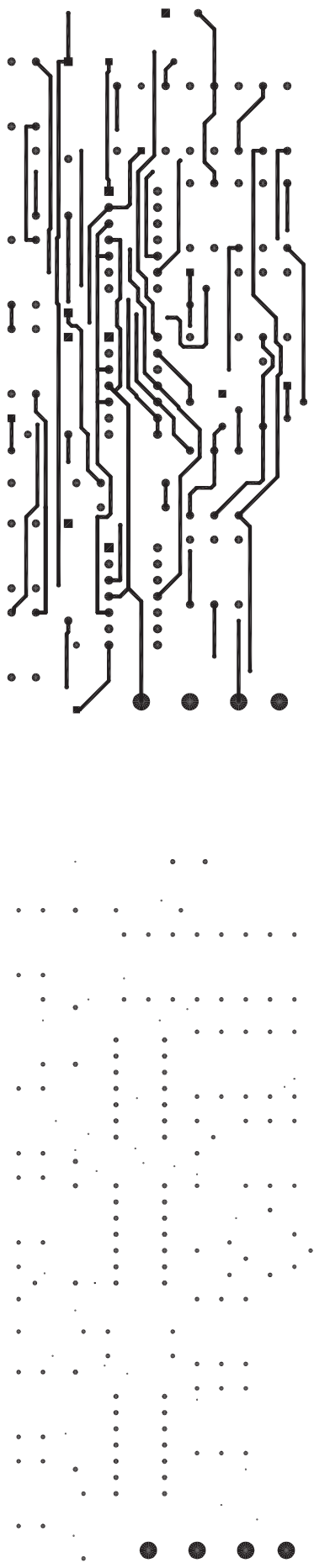
Size	A	Document Number	0001	Rev	1
------	---	-----------------	------	-----	---

Date: Friday, June 08, 2012



Tecnocampus Mataró
 Alumne: Albert Simón Sánchez
 Ponent: Joan Altabella Vives
 Enynergia Técnica Industrial

Title
 Projecte sonòmetre
 Size A
 Document Number 0001
 Date: Friday, June 08, 2012



Escola Universitària Politécnica de Mataró

Centre adscrit a:



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

Enginyeria Tècnica Industrial,
Especialitat Electrònica Industrial.

SONÒMETRE

Estudi econòmic

ALBERT SIMÓN SÁNCHEZ
PONENT: JOAN ALTABELLA VIVES

PRIMAVERA 2012



TecnoCampus
Mataró-Maresme

Índex.

1. Cost del prototip.	1
1.1. Cost del material.	1
1.2. Costos de recursos humans.	2
1.3. Amortització equips, instrumental i software.	3
1.4. Despeses indirectes.	3
1.5. Cost de fabricació del prototip.	4
2. Preu de venda en el mercat.	4
2.1. Càlcul del cost total per unitat.	4
2.2. Càlcul del preu de venda per unitat.	5

1. Cost del projecte.

En aquest document es mostren les despeses econòmiques relacionades amb el projecte/treball.

1.1 Cost material.

S'ha comprat el material als proveïdors(Ondaradio i Farnell), www.ondaradio.es i www.farnell.es.

<u>Descripció</u>	<u>Quantitat</u>	<u>Preu unitari €</u>	<u>Total €</u>
R 100R	1	0,04	0,04
R 300R	1	0,04	0,04
R 1K	3	0,01	0,03
R 1K8	2	0,04	0,08
R 5K	1	0,04	0,04
R 5K6	1	0,16	0,16
R 8K2	1	0,04	0,04
R 10K	10	0,04	0,4
R 50K	1	0,04	0,04
R 100K	10	0,21	2,1
Potenciòmetre 10k	3	0,81	2,43
Potenciòmetre 100k	1	1,18	1,18
C 1n8	1	0,04	0,04
C 27n	1	0,31	0,31
C 47n	1	0,31	0,31

C 220n	1	0,27	0,27
C 330n	1	0,15	0,15
C 1u	1	0,15	0,15
C 4u7 (electrolític)	2	0,76	1,52
C 22u (electrolític)	1	0,69	0,69
Diode rectificador	3	0,06	0,18
Càpsula electret	1	0,67	0,67
TL084	3	0,4	1,2
Fil connexions	15m	0,13	2,09
Protoboard	1	26,6	26,6
TOTAL COST MATERIAL			40,76€

R = Resistència
C = Condensador

1.2. Costos de recursos humans.

<u>Concepte</u>	<u>Hores</u>	<u>Preu/hora (€)</u>	<u>Total (€)</u>
Estudi i documentació (Enginyer sènior)	50	60	3.000
Disseny (Enginyer sènior)	50	60	3.000
Muntatge i posada a punt (Enginyer júnior)	250	30	7.500
Redacció memòria (Administratiu)	50	30	1.500
TOTAL RECURSOS HUMANS			15.500

1.3. Amortització equips, instrumental i software.

<u>Equip utilitzat</u>	<u>Hores d'utilització</u>	<u>Preu/hora</u>	<u>Total</u>
<u>Equips i programari informàtic</u>			
Ordinador	310	0,50	155
Software Mutisin	100	1,00	100
Software ORCAD	60	2,00	120
Microsoft Office	150	1,00	150
<u>Instrumentació electrònica</u>			
Oscil·loscopi	20	3,00	60
Multímetre	20	0,50	10
Font d'alimentació	100	0,50	50
Generador de senyals	20	3,00	60
Equip de soldadura	10	10	100
TOTAL AMORTITZACIONS			805

1.4. Despeses indirectes.

Les despeses indirectes, consideren les despeses diverses per l'ús de les instal·lacions on s'ha desenvolupat el projecte/treball, com poden ser els consums d'energia elèctrica i aigua, el lloguer del local, etc.

Aquestes despeses indirectes s'acostumen a incloure amb un percentatge sobre el cost del projecte/treball, entre el 15 i el 25%.

En aquest exemple en concret s'ha aplicat un 15%.

1.5. Cost de fabricació del prototip.

Costos de material	40,76 €
Costos de recursos humans	15.500 €
Costos d'amortització	805 €
Subtotal	16.345,76 €
Despeses indirectes (19%)	2.451,864 €
TOTAL	18.797,62 €

2. Preu de venda en el mercat.

Abans de realitzar l'estudi econòmic per la fabricació de 10.000 unitats, cal fer algunes consideracions:

- Els costos de fabricació són els corresponents al muntatge en sèrie de l'equip dissenyat. Aquest muntatge es subcontractaria a una empresa externa especialitzada per tal de minimitzar costos de fabricació. Si es fabriquen 10.000 unitats, s'estima un cost de fabricació per una unitat de 15 €.
- Com que es comprarà material per fabricar 10.000 unitats s'espera obtenir un descompte del 25% respecte el preu pagat per la realització del prototip.

Cost total del material per un prototip	40,76€
Descompte de material 25%	-10,19 €
Cost total del material per una unitat	30,57 €
Cost de fabricació per una unitat	15 €
Cost total per unitat	45,57 €

2.2. Càlcul del preu de venda per unitat.

El cost obtingut per unitat és de 45,57 €, però a l'hora de posar el producte al mercat s'ha d'afegir el cost de desenvolupament del producte, que conté els costos de recursos humans, amortitzacions, despeses indirectes, i el marge comercial.

Cost total per 10.000 unitats	455.700 €
Cost desenvolupament	18.797,62 €
COST TOTAL	474497,62 €
Preu de venda unitari (COST TOTAL/10.000 unitats)	47,44 €
Marge comercial 40%	18,97 €
PREU DE VENDA UNITARI	66,41 €

Escola Universitària Politécnica de Mataró

Centre adscrit a:



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

Enginyeria Tècnica Industrial,
Especialitat Electrònica Industrial.

SONÒMETRE

Annexos

ALBERT SIMÓN SÁNCHEZ
PONENT: JOAN ALTABELLA VIVES

PRIMAVERA 2012



TecnoCampus
Mataró-Maresme

Índex.

Annex I. Introducció al mesurament del soroll.....	1
Annex II. Contingut del CD-ROM.....	7
Annex III. Datasheet components.....	8

Annex I. Introducció al mesurament del soroll.

El so, és una vibració. Al aire, les ones sonores es propaguen a 340m/s.

Que és la pressió sonora? És la variació per sobre i per sota de la pressió atmosfèrica.

Unitats de pressió sonora:

$$(SI) \left(\frac{N}{m^2} \right) \text{ o } (Pa) \rightarrow \frac{1N}{m^2} = 1Pa \quad (1.1)$$

La pressió atmosfèrica a nivell del mar, és de $101300 \left(\frac{N}{m^2} \right)$, (una conversa a 1m de distancia, origina una variació de pressió atmosfèrica prop de $0,2 \left(\frac{N}{m^2} \right)$, i una orquestra $1 \left(\frac{N}{m^2} \right)$.

El nivell mínim de pressió sonora d'un so per què sigui audible, és de $0,00002 \left(\frac{N}{m^2} \right)$.

El llindar del dolor que pot produir un so, es de $20 \left(\frac{N}{m^2} \right)$.

L'escala de pressions a la qual el sistema auditiu humà és sensible, compren valors que guarden una relació $1:10^6$ entre el menor i el major, per tant no és linial i s'haurà de fer servir una escala logarítmica.

Escala logarítmica: $0 \equiv 0,00002 \left(\frac{N}{m^2} \right)$

$$\log \frac{0,00002}{0,00002} = 0 \rightarrow \log \frac{20}{0,00002} = 6 \quad 0 \rightarrow 6 \quad (1.2)$$

L'escala logarítmica s'expressa de (dB), i la pressió sonora en (Lp).

La pressió sonora p, és correspon amb el valor:

$$20 \log \frac{p}{0,00002} = dB \quad (1.3)$$

on

$$Lp = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \log \frac{p}{p_0} = dB \quad (1.4)$$

on

Lp = nivell de pressió sonora en dB.

p = pressió sonora en $\left(\frac{N}{m^2}\right)$

p_0 = pressió sonora de referència $2 \cdot 10^6 \left(\frac{N}{m^2}\right)$

1 dB, és el canvi en la sensació sonora que una oïda mitjana pot apreciar.

Una augment de 6 dB, dobla la pressió sonora, però per produir un so de sonoritat doble, cal augmentar 10 dB.

El sons que és perceben habitualment estan entre 0 i 120 dB.

Nivell de potencia sonora: (Lw), s'associa a la font del soroll.

$$Lw = 10 \log \frac{w}{w_0} dB \quad (1.5)$$

on

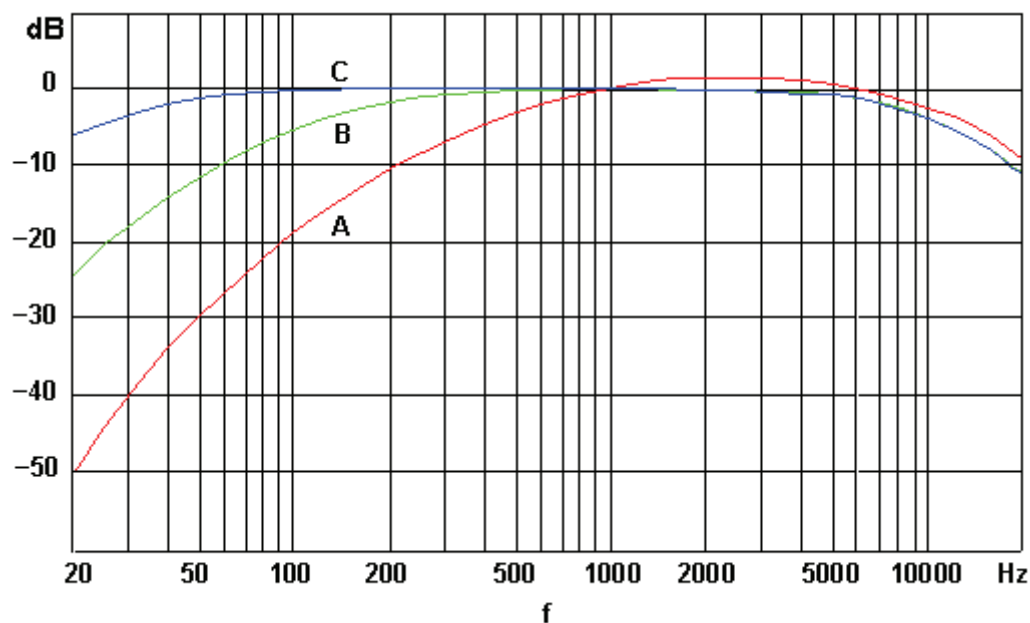
w = potencia sonora en wats

w_0 = potencia sonora referida a 10^{12} wats.

Freqüència: El so i el soroll, són el resultat de la combinació de tons purs d'ones de diferents freqüències. Les anàlisis d'un so o d'un soroll per freqüències tenen per finalitat descriure la contribució de tons diferents per saber-ne la composició.

Corbes de ponderació: El sistema auditiu humà capta freqüències entre 20 Hz i 20KHz, que és el marge de freqüències en el qual treball el dispositiu sonòmetre que s'ha dissenyat, la resposta del sistema auditiu humà, per tant, no és lineal.

Per simular la resposta de l'oïda, és va adoptar internacionalment una corba o filtre, anomenat A (filtre de ponderació A), que és el filtre que s'ha ajustat al circuit dissenyat.



Filtre ponderació A.

Hi han també altre filtres, B, C, D, en desús (D per avions).

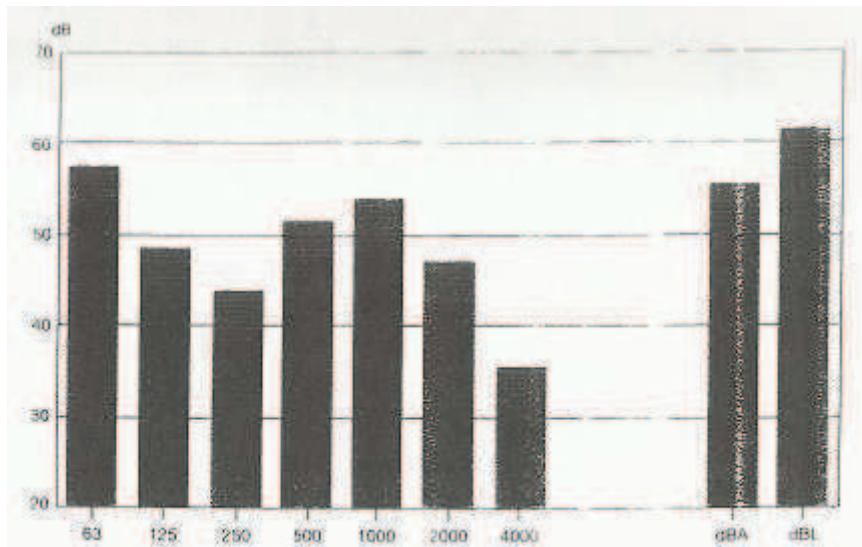
Bandes d'octava: espectre.

250Hz	500 – 1000Hz	f > 1000Hz
Freq. baixes o sons greus	Freq. mitjanes	Freq. agudes

Per tal de poder analitzar l'espectre audible, aquest s'ha dividit en dues bandes de freqüències consecutives (bandes d'octava), cada banda s'anomena pel valor de la freqüència central.

Cada un d'aquest valors és el doble de l'anterior i la meitat del valor precedent. Per tal d'analitzar el soroll ambiental, cal analitzar la freqüència. És suficient analitzar el nivell a cada banda d'octava entre la de 63Hz i els 4000Hz.

Soroll mesurat en bandes d'octava:



Bandes d'octava i atenuació del filtre A al centre de la banda.

Centre de banda Hz	Atenuació corba A dB
31,5	-39,4
63	-26,2
125	-16,1
250	-8,6
500	-3,2
1.000	0
2.000	+1,2
4.000	+1
8.000	-1,1
16.000	-6,6

Paràmetres de mesura:

Sons continus(ventilador)→ LpA

Sons variables(transit)→ $LAeq, T$ (so variable en un interval T)

S'han de fer les mitjanes de les mesures.

Nivell sonor equivalent:

A partir d'intervals de temps de soroll continu o variable.

$$LAeq = 10 \log \left(\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^n \cdot 10^{\frac{Lp_i}{10}} \right) = \text{dB} \quad (1.6)$$

Nivell sonor dia-nit:

Durant 24h. Entre les 22h i les 7h, s'incrementa en 10dBA, doncs a la nit el soroll, és més pertorbador.

$$Ldn = 10\log \cdot \left(1/24 \cdot \left(15 \cdot 10^{\frac{Ld}{10}} \right) + \left(9 \cdot 10^{\left(\frac{Ln+10}{10} \right)} \right) \right) = \text{dB} \quad (1.7)$$

Nivell de soroll relatiu equivalent a un segon:

$$LAE = LAeq,T + 10\log T - 10\log n \quad (1.8)$$

on

n = nombre de successos durant un temps T en segons.

Elements dels sonòmetre:

Micro => pre - amplificador => amplificador => lectura (digital i/o analògica)

Es recorda que el dispositiu que s'ha dissenyat consta exactament de:

Micro => pre - amplificador =>amplificador => filtre de ponderació A => circuit rectificador => lectura => memòria i/o wifi (ampliació projecte).

Temps d'integració:

Fast = 125ms

Annex III. Contingut del CD-ROM.

- Documentació del projecte (memòria, plànols i pressupost).
- Datasheets dels components del prototip.
- Arxius programa control en format Orcad, Mutisin, Autocad.

FEATURES

- TL082/TL084 compatible
- Low input bias current: 10 pA maximum
- Offset voltage
 - 5.5 mV maximum (ADTL082A/ADTL084A)
 - 9 mV maximum (ADTL082J/ADTL084J)
- ±15 V operation
- Low noise: 16 nV/√Hz
- Wide bandwidth: 5 MHz
- Slew rate: 20 V/μs
- CMRR: 80 dB minimum
- Total harmonic distortion: 0.001%
- Supply current: 1.2 mA typical
- Unity-gain stable

APPLICATIONS

- General-purpose amplification
- Power control and monitoring
- Active filters
- Industrial/process control
- Data acquisition
- Sample and hold circuits
- Integrators
- Input buffering

GENERAL DESCRIPTION

The ADTL082 and ADTL084 are JFET input amplifiers that provide industry-leading performance over TL08x devices. The ADTL082A and ADTL084A are improved versions of TL08x A, I, and Q grades. The ADTL082J and ADTL084J are industry alternatives to the TL08x standard and C grades.

The ADTL08x family offers lower noise, offset voltage, offset drift over temperature, and bias current over the TL08x. In addition, the ADTL08x family has better common-mode rejection and slew rates.

These op amps are ideal for various applications, including process control, industrial and instrumentation equipment,

active filtering, data conversion, buffering, and power control and monitoring.

The A grade amplifiers are available in lead-free packaging. The standard grade amplifiers are available in both leaded and lead-free packaging.

The ADTL082A and ADTL084A are specified over the extended industrial (−40°C to +125°C) temperature range. The ADTL082J and ADTL084J are specified over the commercial (0°C to 70°C) temperature range.

PIN CONFIGURATIONS

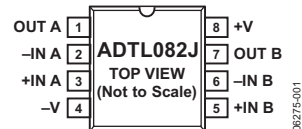


Figure 1. 8-Lead SOIC_N (R-8)

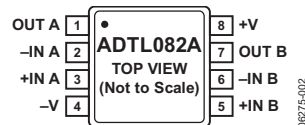


Figure 2. 8-Lead MSOP (RM-8)

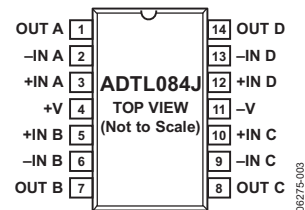


Figure 3. 14-Lead SOIC_N (R-14)

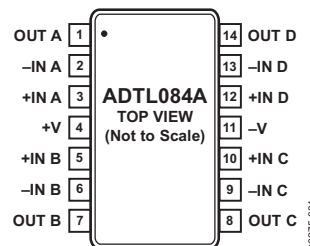


Figure 4. 14-Lead TSSOP (RU-14)

Rev. B

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. Specifications subject to change without notice. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

TABLE OF CONTENTS

Features	1	Thermal Resistance	4
Applications.....	1	Power Sequencing	4
Pin Configurations	1	ESD Caution.....	4
General Description	1	Typical Performance Characteristics	5
Revision History	2	Outline Dimensions	8
Specifications.....	3	Ordering Guide	10
Absolute Maximum Ratings.....	4		

REVISION HISTORY

11/07—Rev. A to Rev. B	
Changes to Ordering Guide	10
4/07—Rev. 0 to Rev. A	
Changes to Table 1.....	3
1/07—Revision 0: Initial Version	

SPECIFICATIONS

$V_{CC} = \pm 15\text{ V}$, $V_{CM} = 0\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, over all grades, unless otherwise noted.

Table 1.

Parameter	Symbol	Conditions	J Grade			A Grade			Unit
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
INPUT CHARACTERISTICS									
Offset Voltage	V_{OS}	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$	2	9		1.5	5.5		mV
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$			10		8		mV
Offset Voltage Drift	$\Delta V_{OS}/\Delta T$	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$	15						$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$				10			$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Bias Current	I_B	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$	2	100		2	100		pA
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$		3			3		nA
Input Offset Current	I_{OS}	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$	2	100		2	100		pA
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$		3			3		nA
Input Voltage Range	V_{CM}	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$			3		3		nA
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$					5		nA
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	$V_{CM} = -11\text{ V to }+15\text{ V}$	-11		+15	-11		+15	V
Input Impedance	R_{IN}		80	86		80	86		dB
Large Signal Voltage Gain	A_{VO}	$R_L = 2\text{ k}\Omega$, $V_O = -10\text{ V to }+10\text{ V}$	100	200		100	200		Ω
		$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$	90	200		90	200		V/mV
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$				50	200		V/mV
OUTPUT CHARACTERISTICS									
Maximum Output Voltage Swing	V_O	$R_L = 10\text{ k}\Omega$	± 12	± 13.5		± 13	± 13.5		V
		$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$	± 12			± 13			V
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$				± 13			V
		$R_L = 2\text{ k}\Omega$				± 12.5	± 13.3		V
		$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$	± 10			± 12			V
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$				± 12			V
Short-Circuit Output Current	I_{SC}			± 27			± 27		mA
POWER SUPPLY									
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	$V_{DD} = 8\text{ V to }36\text{ V}$	80	86		80	86		dB
Supply Current per Amplifier	I_{SY}	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$		1.2	1.8		1.2	1.8	mA
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$			1.9			1.9	mA
								2.0	mA
DYNAMIC PERFORMANCE									
Slew Rate	SR			20			20		V/ μs
Gain Bandwidth Product	GBP			5			5		MHz
Phase Margin	ϕ_M			63			63		Degrees
Total Harmonic Distortion	THD	$V_{IN} = 6\text{ V rms}$, $f = 1\text{ kHz}$, $A_V = +1$, $R_L = 2\text{ k}\Omega$		0.001			0.001		%
Channel Separation	CS	$f = 10\text{ kHz}$		120			120		dB
NOISE PERFORMANCE									
Voltage Noise Density	e_n	$f = 1\text{ kHz}$		16			16		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$

ADTL082/ADTL084

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Table 2.

Parameter	Rating
Supply Voltage	$\pm 18\text{ V}$ or $+36\text{ V}$
Input Voltage	$\pm V$ supply
Differential Input Voltage	$\pm V$ supply
Output Short Circuit to GND	Indefinite
Storage Temperature Range	-65°C to $+150^{\circ}\text{C}$
Operating Temperature Range	-40°C to $+125^{\circ}\text{C}$
Lead Temperature (Soldering 60 sec)	300°C
Junction Temperature	150°C

Stresses above those listed under Absolute Maximum Ratings may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only; functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational section of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

THERMAL RESISTANCE

Table 3. Thermal Resistance

Package Type	θ_{JA}	θ_{JC}	Unit
8-Lead SOIC_N (R-8)	158	43	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
8-Lead MSOP (RM-8)	210	45	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
14-Lead SOIC_N (R-14)	120	36	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
14-Lead TSSOP (RU-14)	180	35	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$

POWER SEQUENCING

The op amp supplies must be established simultaneously with, or before, the application of any input signals.

If this is not possible, the input current must be limited to 10 mA.

ESD CAUTION



ESD (electrostatic discharge) sensitive device. Charged devices and circuit boards can discharge without detection. Although this product features patented or proprietary protection circuitry, damage may occur on devices subjected to high energy ESD. Therefore, proper ESD precautions should be taken to avoid performance degradation or loss of functionality.

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

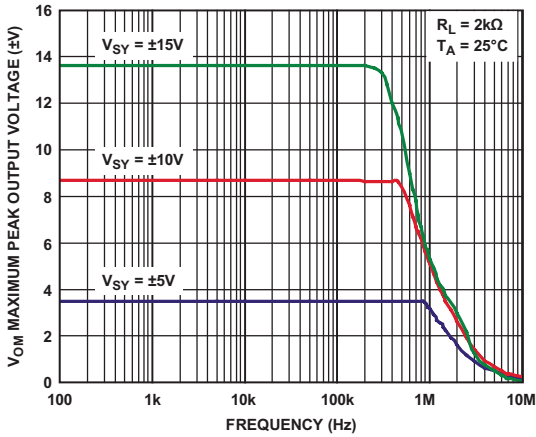


Figure 5. Maximum Peak Output Voltage vs. Frequency

06275-005

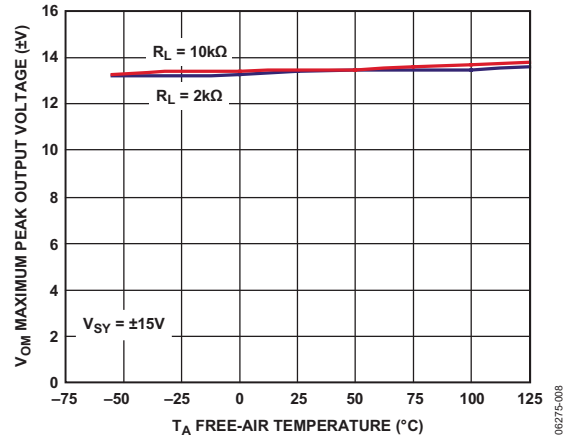


Figure 8. Maximum Peak Output Voltage vs. Free-Air Temperature

06275-008

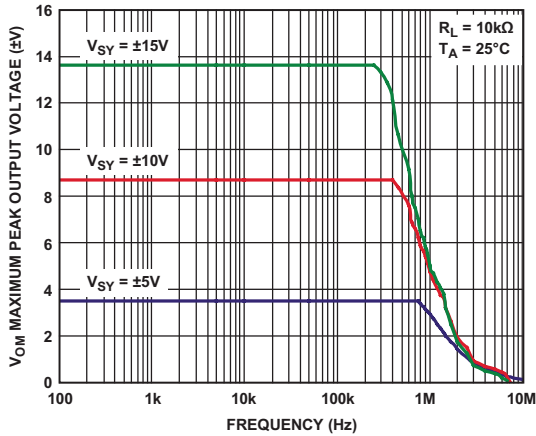


Figure 6. Maximum Peak Output Voltage vs. Frequency

06275-006

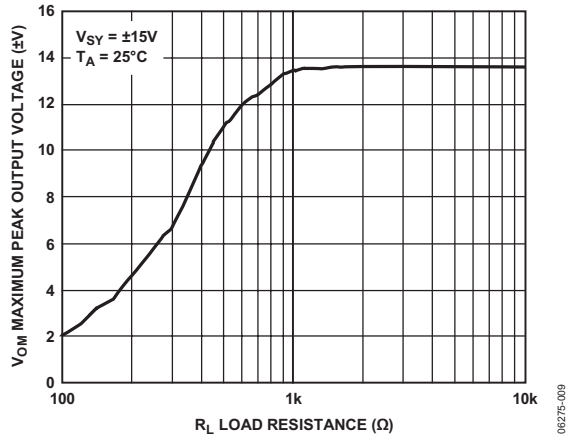


Figure 9. Maximum Peak Output Voltage vs. Load Resistance

06275-009

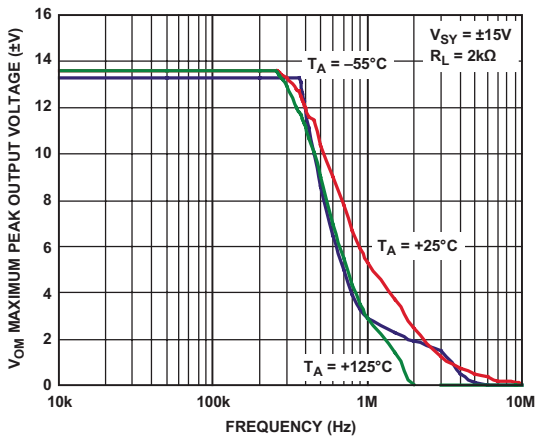


Figure 7. Maximum Peak Output Voltage vs. Frequency

06275-007

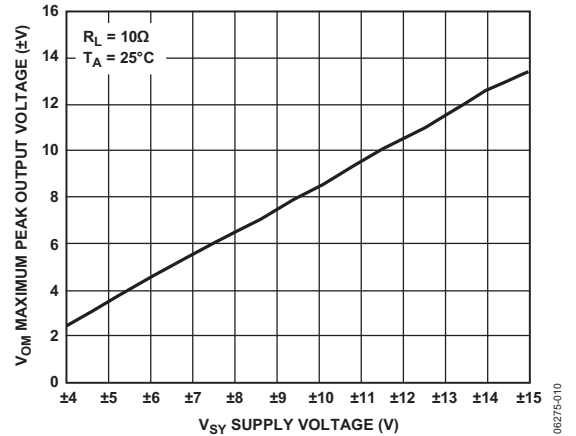


Figure 10. Maximum Peak Output Voltage vs. Supply Voltage

06275-010

ADTL082/ADTL084

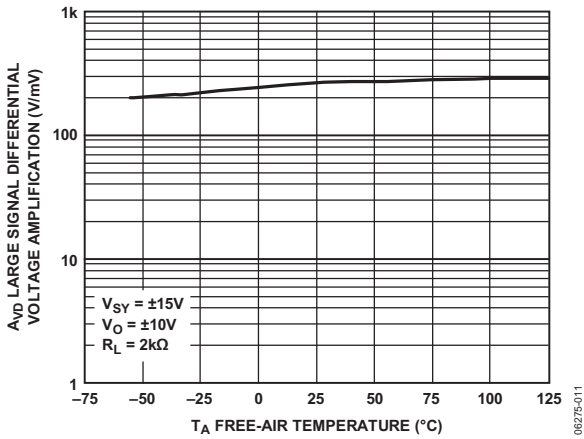


Figure 11. Large Signal Differential Voltage Amplification vs. Free-Air Temperature

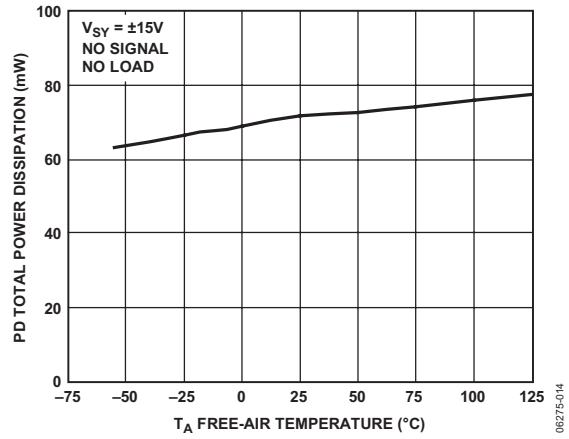


Figure 14. Total Power Dissipation vs. Free-Air Temperature

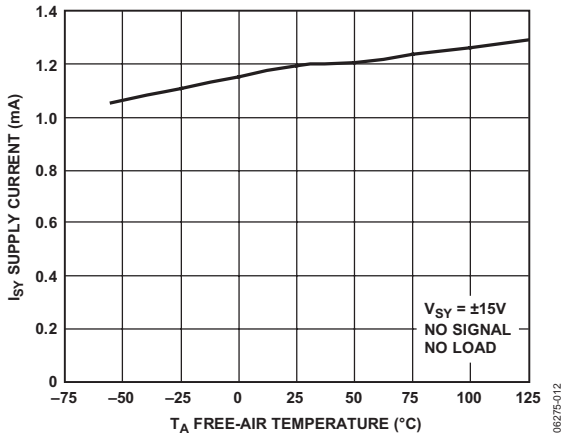


Figure 12. Supply Current Per Amplifier vs. Free-Air Temperature

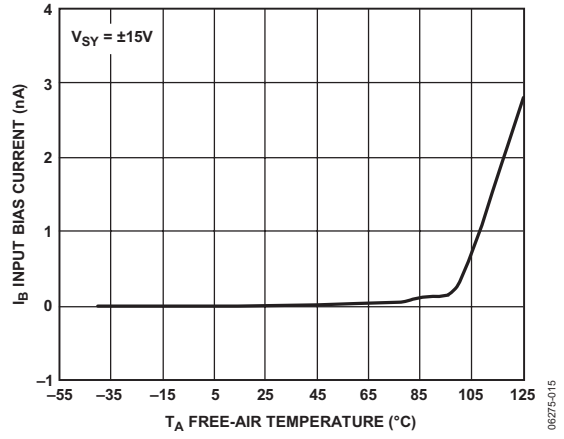


Figure 15. Input Bias Current vs. Free-Air Temperature

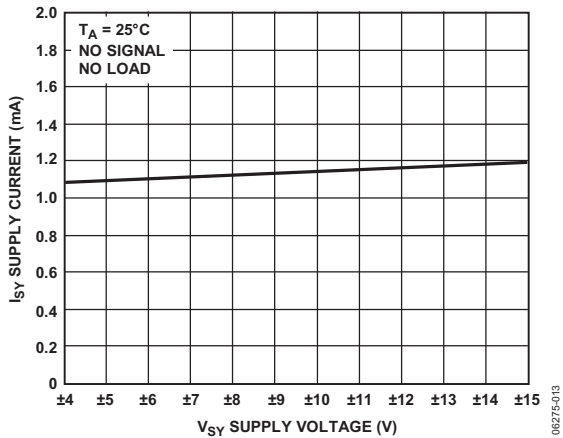


Figure 13. Supply Current vs. Supply Voltage

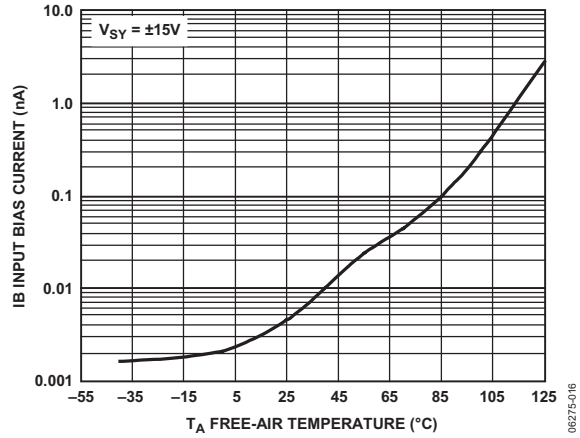


Figure 16. Input Bias Current vs. Free-Air Temperature

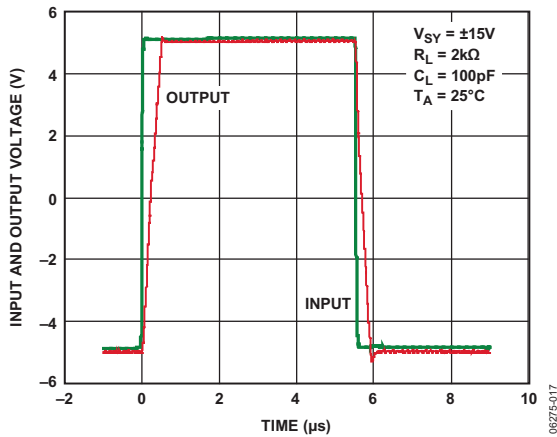


Figure 17. Large Signal Response

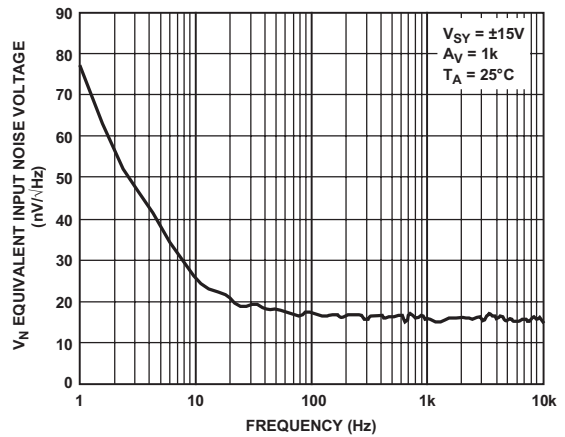


Figure 20. Voltage Noise Density vs. Frequency

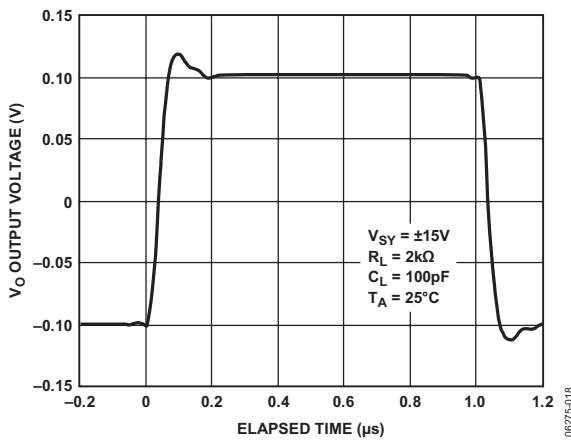


Figure 18. Small Signal Response

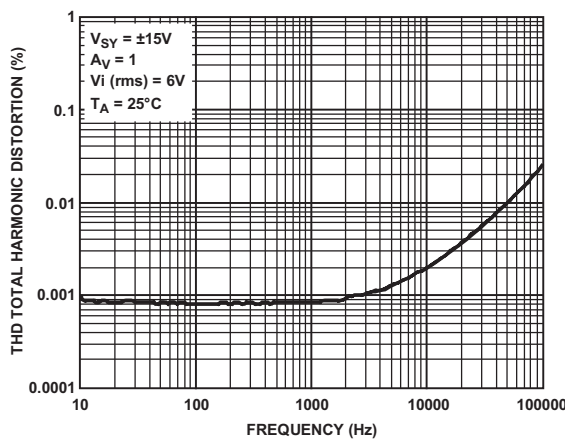


Figure 21. Total Harmonic Distortion vs. Frequency

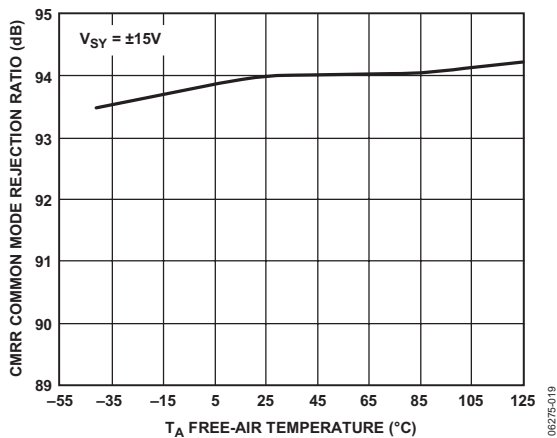
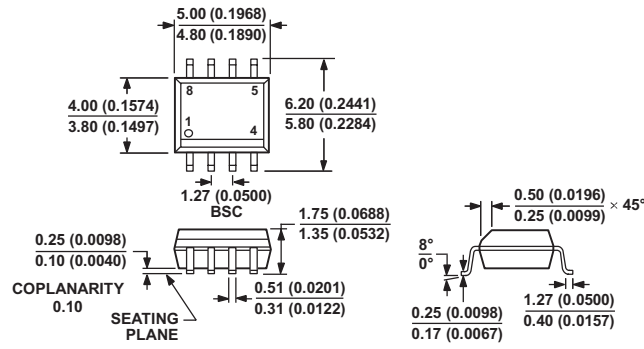


Figure 19. Common-Mode Rejection Ratio vs. Free-Air Temperature

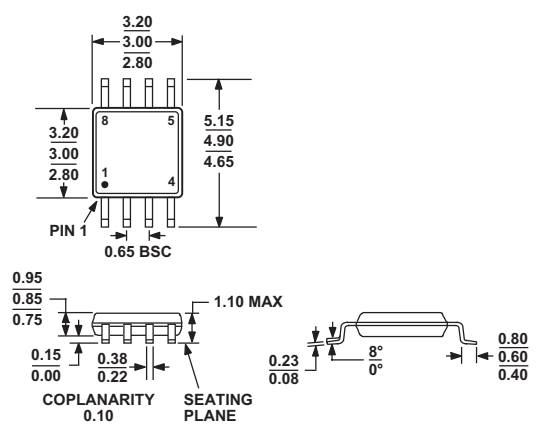
OUTLINE DIMENSIONS



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MS-012-AA
 CONTROLLING DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS; INCH DIMENSIONS (IN PARENTHESES) ARE ROUNDED-OFF MILLIMETER EQUIVALENTS FOR REFERENCE ONLY AND ARE NOT APPROPRIATE FOR USE IN DESIGN.

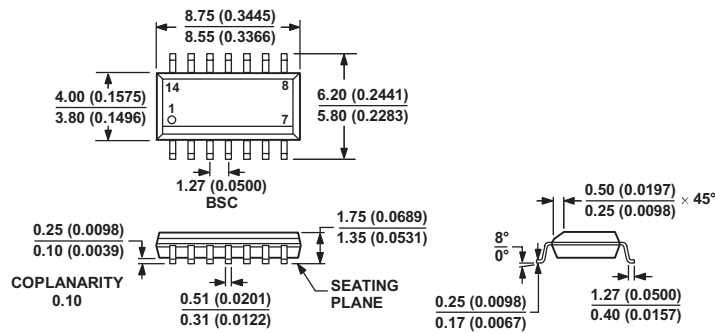
Figure 22. 8-Lead Standard Small Outline Package [SOIC_N] Narrow Body (R-8)
 Dimensions shown in millimeters and (inches)

012607-A



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MO-187-AA

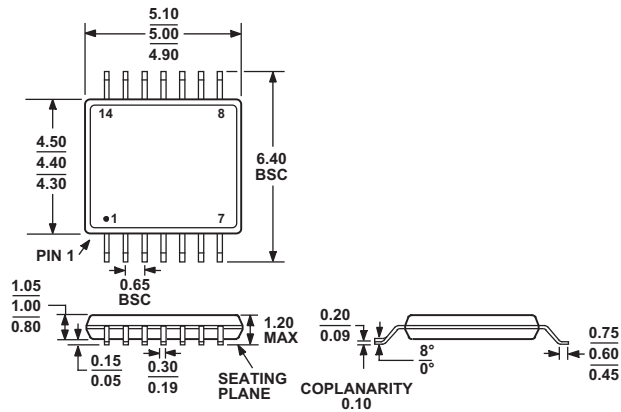
Figure 23. 8-Lead Mini Small Outline Package [MSOP] (RM-8)
 Dimensions shown in millimeters



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MS-012-AB
 CONTROLLING DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS; INCH DIMENSIONS
 (IN PARENTHESES) ARE ROUNDED-OFF MILLIMETER EQUIVALENTS FOR
 REFERENCE ONLY AND ARE NOT APPROPRIATE FOR USE IN DESIGN.

Figure 24. 14-Lead Standard Small Outline Package [SOIC_N]
 Narrow Body (R-14)
 Dimensions shown in millimeters and (inches)

000006-A



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MO-153-AB-1

Figure 25. 14-Lead Thin Shrink Small Outline Package [TSSOP]
 (RU-14)
 Dimensions shown in millimeters

ADTL082/ADTL084

ORDERING GUIDE

Model	Temperature Range	Package Description	Package Option	Branding
ADTL082JR	0°C to +70°C	8-Lead SOIC_N	R-8	
ADTL082JR-REEL	0°C to +70°C	8-Lead SOIC_N	R-8	
ADTL082JR-REEL7	0°C to +70°C	8-Lead SOIC_N	R-8	
ADTL082JRZ ¹	0°C to +70°C	8-Lead SOIC_N	R-8	
ADTL082JRZ-REEL ¹	0°C to +70°C	8-Lead SOIC_N	R-8	
ADTL082JRZ-REEL7 ¹	0°C to +70°C	8-Lead SOIC_N	R-8	
ADTL082ARZ ¹	-40°C to +125°C	8-Lead SOIC_N	R-8	
ADTL082ARZ-REEL ¹	-40°C to +125°C	8-Lead SOIC_N	R-8	
ADTL082ARZ-REEL7 ¹	-40°C to +125°C	8-Lead SOIC_N	R-8	
ADTL082ARMZ-R2 ¹	-40°C to +125°C	8-Lead MSOP	RM-8	A18
ADTL082ARMZ-REEL ¹	-40°C to +125°C	8-Lead MSOP	RM-8	A18
ADTL084JR	0°C to +70°C	14-Lead SOIC_N	R-14	
ADTL084JR-REEL	0°C to +70°C	14-Lead SOIC_N	R-14	
ADTL084JR-REEL7	0°C to +70°C	14-Lead SOIC_N	R-14	
ADTL084JRZ ¹	0°C to +70°C	14-Lead SOIC_N	R-14	
ADTL084JRZ-REEL ¹	0°C to +70°C	14-Lead SOIC_N	R-14	
ADTL084JRZ-REEL7 ¹	0°C to +70°C	14-Lead SOIC_N	R-14	
ADTL084ARZ ¹	-40°C to +125°C	14-Lead SOIC_N	R-14	
ADTL084ARZ-REEL ¹	-40°C to +125°C	14-Lead SOIC_N	R-14	
ADTL084ARZ-REEL7 ¹	-40°C to +125°C	14-Lead SOIC_N	R-14	
ADTL084ARUZ ¹	-40°C to +125°C	14-lead TSSOP	RU-14	
ADTL084ARUZ-REEL ¹	-40°C to +125°C	14-lead TSSOP	RU-14	

¹ Z = RoHS Compliant Part.

NOTES

ADTL082/ADTL084

NOTES



To: 張先生

Y&G

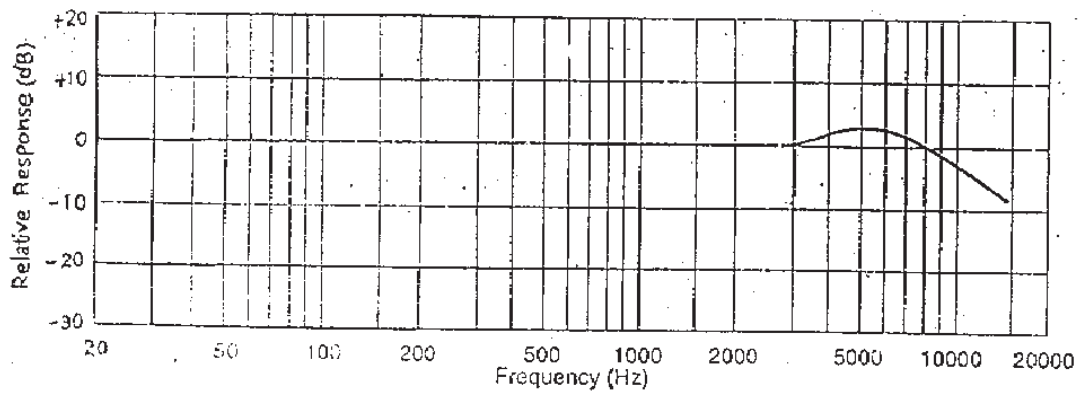
永喆企業有限公司
YUNGTECH ELECTRONICS CORPORATION

SPECIFICATION

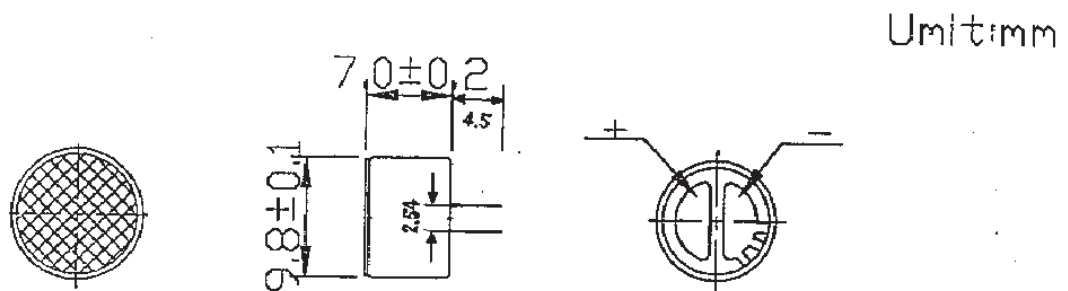
=====

CUSTOMER :		CHECKED		DESIGNED	
MODEL : EM - 4F - P		BY		BY	
ELECTRICAL CHARACTERISTICS					
DESCRIPTION	SPECIFICATION	TEST CONDITION			
1. TYPE	ELECTRET CONDENSER MICROPHONE				
2. Dimension	9.8 x 7 mm				
3. Directivity	Non - Directivity				
4. Sensitivity	- 54 dB ± 3 dB	Vs = 3v RL = 2.2k F = 1k 0dB = 1V / uBar			
5. Sensitivity Reduction	± 3 dB	Vs = 3v RL = R2.2k F = 1k			
6. Output Resistance	MAX. 2.2 K	Vs = 3v RL = 2.2k F = 1k 0dB = 1v / uBar			
7. Rated Voltage	3 Volts.				
8. Max. Operating Voltage	9 Volts.				
9. Current Consumption	Max. 0.8 mA				
10. S / N Ratio	Min. 31 dB	@1khz 1uBar A weighted network			
11. Storage Temperature	-20 °C ~ +60°C				
12. Frequency Response	100 ~ 15K Hz				
RELIABILITY TESTING					
1. Temperature Cycle Test	After exposure at -20 °C for 1 hour, at 25 °C 1 hour then at 60 °C for 1 hour, 2cycles.				
2. Heat Resistance	60 °C for 48 hours and left for 1 hour at NTPH				
3. Cold Resistance	-20 °C for 48 hours and left for 1 hour at NTPH.				
4. Humidity Test	90% ~ 95% at 40 °C for 48 hours and left for 1 hour at NTPH.				

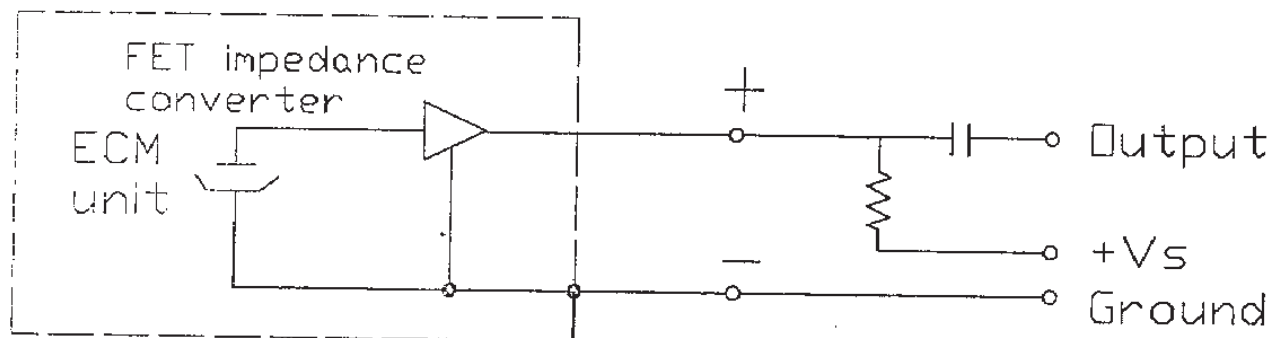
Typical Frequency Response Curve 周波數特性



Dimensional Drawing 外觀寸法圖

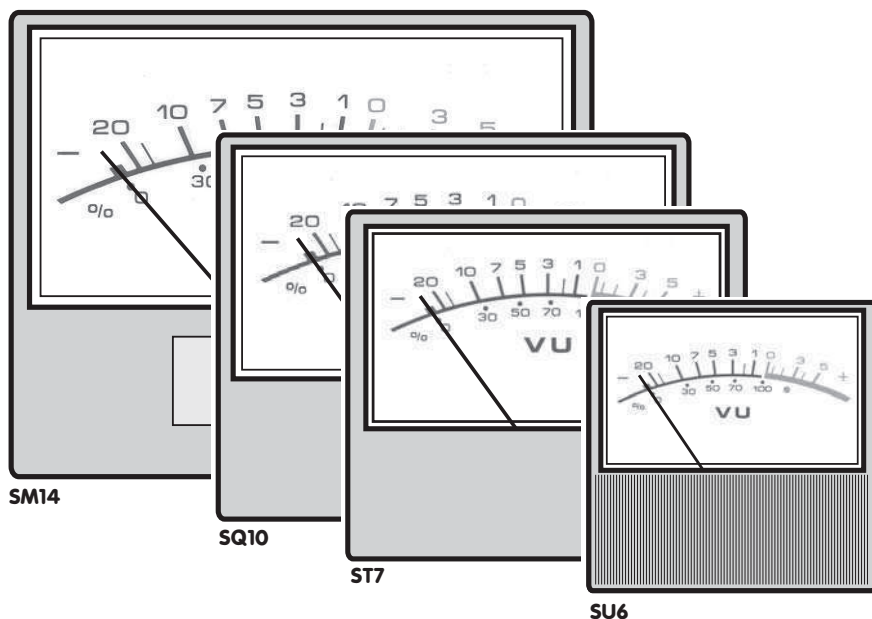


Schematic Diagram 測定回路圖



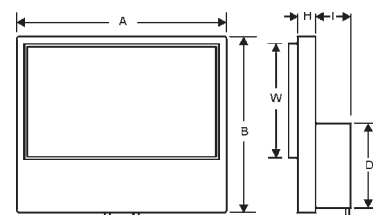
$R_L = 2.2\text{k}\Omega$ (External resistor)

Rectangular Vu Indicators



- Flush mounting
- Professional appearance
- Low cost solution
- Easy to back light
- Minimum depth
- Robust
- Ex-stock availability

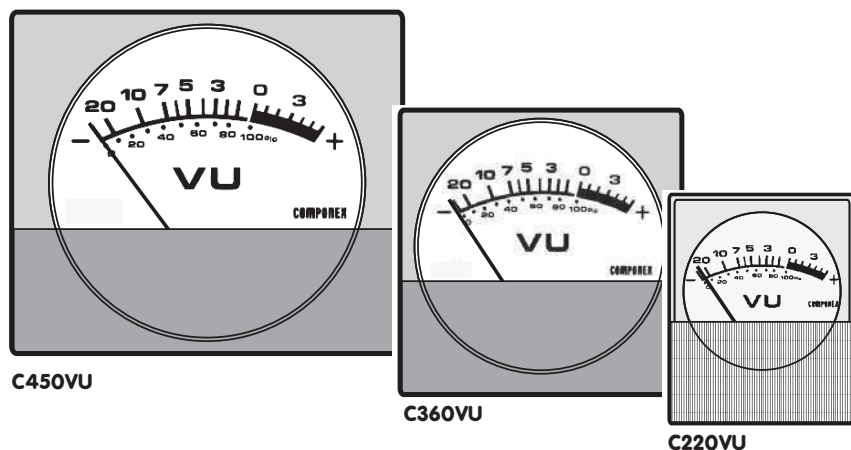
The meters are robust, low-cost, back-of-panel rectangular Vu moving coil indicators with red and black scaling on a buff background. They can be illuminated by placing a bulb behind the translucent scale.



Order Code	Sensitivity ±20%	Resistance ±15%	0 Vu	Internal illumination	Rec. Price £:					
					1+	5+	10+	25+	50+	100+
SU6	0-200 μ A	650 Ω	130 μ A	no						
ST7	0-200 μ A	650 Ω	130 μ A	no						
SQ10	0-500 μ A	600 Ω	270 μ A	8V 50mA						
SM14	0-500 μ A	600 Ω	270 μ A	8V 50mA						

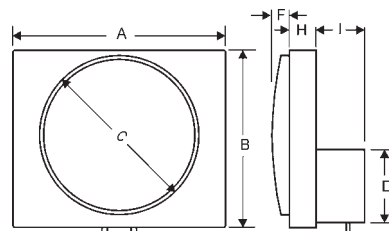
Dimensions mm	A	B	W	D	H	I
SU6	40.00	40.00	21.5 x 36.5 x 3.0	20.00	8.00	12.50
ST7	55.00	47.50	50.0 x 28.0 x 3.0	18.50	7.00	14.00
SQ10	64.50	53.50	60.0 x 35.0 x 3.0	18.00	12.00	13.00
SM14	79.20	63.00	73.7 x 37.6 x 3.0	26.50	12.00	13.00

Circular Vu Indicators



- Circular window
- Professional appearance
- Low cost solution
- Easy to back light
- Minimum depth
- Retro-fit look
- Ex-stock availability

These "retro-style" meters are robust, low-cost, back-of-panel circular Vu moving coil indicators. They can be illuminated by placing a bulb behind the translucent scale. The meters are mounted through a single circular hole.



Order Code	Sensitivity ±20%	Resistance ±15%	0 Vu	Internal illumination	Rec. Price £:					
					1+	5+	10+	25+	50+	100+
C220VU	0-200 μ A	650 Ω	130 μ A	no						
C360VU	0-200 μ A	650 Ω	130 μ A	no						
C450VU	0-200 μ A	650 Ω	130 μ A	no						

Dimensions mm	mm						
	A	B	C	D	F	H	I
C220VU	26.00	32.00	22.00	18.00	1.50	8.00	14.00
C360VU	40.00	40.00	35.80	20.00	5.00	8.00	12.50
C450VU	55.00	47.50	44.80	18.50	5.00	8.00	14.00

AVAILABLE FROM: NATIONAL DISTRIBUTORS OR DIRECT FROM ANDERS IN MULTIPLES OF 10 PCS AND SUBJECT TO A MOQ OF 50 PCS.

CMMP5B/Revision 5 03/06/04

PAGE 5