

Pràctica 4. El mesclador d'àudio

Alimentació asimètrica i node de referència virtual

Jordi Bonet i Dalmau

Rosa Giralt Mas

Abril de 2026

ATENCIÓ: Els paràgrafs com aquest indiquen treball que heu de fer com a estudi previ individual. Podeu comentar-lo amb companys, però tothom ha d'entendre completament el previ.

No es poden utilitzar eines d'IA per resoldre els exercicis. Només es permet el seu ús per fer consultes concretes, càlculs puntuals o per contrastar resultats.

En aquests casos, cal adjuntar la captura de pantalla corresponent.

És obligatori que el desenvolupament dels exercicis inclogui:

- Els circuits dibuixats a cada pas, mostrant clarament les transformacions realitzades, si s'escau.
- La indicació explícita de les polaritats de les tensions i els sentits dels corrents.
- Una resolució ordenada i justificada, de manera que es pugui seguir el raonament.

Recordeu que, per poder accedir al laboratori i realitzar la pràctica, és imprescindible haver lliurat l'informe previ a Atenea abans de la sessió. A l'inici de la pràctica **es demanarà una justificació oral del previ**, que es tindrà en compte per a la seva avaluació.

Finalment, recordeu portar el material de pràctiques i assegurar-vos que es troba en bon estat.

En la sessió anterior vam treballar amb l'amplificador operacional (AO) en zona no lineal com a comparador. En aquesta sessió explorarem les seves possibilitats treballant en zona lineal com a mesclador.

L'AO ens permet sumar diversos senyals. Aquesta operació es pot realitzar de manera que cada senyal estigui multiplicat per una constant que en diem pes. Aleshores parlem d'una suma ponderada (combinació o mescla) de diversos senyals. La utilització de l'AO està limitada a senyals de freqüències no molt elevades (d'això en parlarem el proper quadrimestre). Els senyals d'àudio, veu i música, contenen freqüències no molt elevades i per tant són perfectament tractables per l'AO. En definitiva, construirem un mesclador d'àudio. Un cop feta la mescla, podrem escoltar els senyals amb auriculars o altaveus. Podrem connectar els auriculars direc-

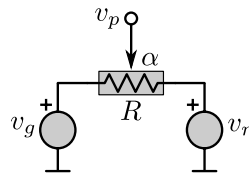
tament a la sortida de l'AO si els auriculars no demanen massa corrent a l'AO (recordeu el corrent de saturació a la sortida de l'AO). En cas contrari, caldrà afegir una etapa de potència.

L'AO ha de treballar intrínsecament amb alimentació simètrica: alimentació positiva i negativa. Això requereix de dues fonts de tensió. Per tant, sembla que treballar amb una sola font pot ser un problema. Tot i això, hi ha diverses estratègies per a fer-ho. En aquesta sessió treballarem una estratègia consistent en generar, amb un divisor de tensió, la meitat d'una sola font de tensió, i fer que aquesta nova tensió es converteixi en el node de referència, al qual en direm node de referència virtual.

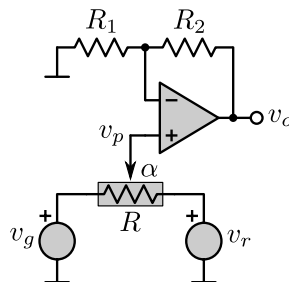
1 El mesclador d'àudio

El mesclador d'àudio que implementarem consisteix en usar un potenciòmetre per a mesclar dos senyals i després amplificar els senyals usant un amplificador no inversor. En aquest primer muntatge usarem alimentació simètrica i un AO, que pot ser el TL081. El primer senyal que usarem provindrà del generador de funcions del laboratori. L'altre senyal provindrà del vostre reproductor d'àudio (ràdio, mòbil, MP3, portàtil...) amb sortida minijack.

Previ 1. Observeu la figura següent i determineu v_p en funció del senyal provinent del generador de funcions v_g , del senyal provinent del vostre reproductor v_r i de la posició del cursor del potenciòmetre α .

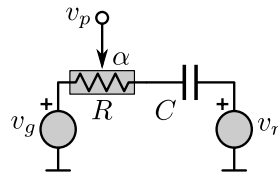


Previ 2. Calculeu R_1 i R_2 en el següent circuit per tal que l'amplificador no inversor tingui un guany de 10. Expresseu v_o en funció d' α . Què teniu a la sortida en els extrems i el punt mig del potenciòmetre, quan $\alpha = 0$, $\alpha = 1$ i $\alpha = 0.5$?

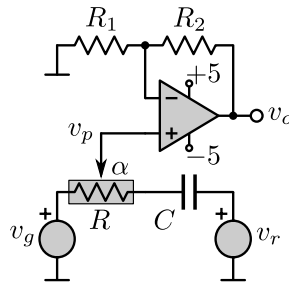


Tasca 1. Amb el generador de funcions genereu un senyal sinusoidal de freqüència 600Hz i amplitud $\pm 0.15V$. Assegureu-vos d'eliminar l'*offset*. Connecteu al **vostre** reproductor d'àudio el cable que us proporcionarem al laboratori amb un connector minijack en un extrem i dos pins per connectar a la *protoboard* a l'altre. Ajusteu el volum del vostre reproductor per a tenir una amplitud aproximada de $\pm 0.15V$. Verifiqueu si el senyal del reproductor té *offset*. Realitzeu tots aquests ajustos visualitzant el senyal a l'oscil·loscopi. Després munteu el circuit

de la figura usant un potenciòmetre de $10k\Omega$ (i només si el vostre reproductor té *offset* afegiu un condensador d' $1\mu F$ per eliminar-lo). Quines amplituds teniu a v_p ?



Tasca 2. Amplifiqueu el senyal v_p amb el següent circuit usant $R_1 = 10k\Omega$ i $R_2 = 100k\Omega$. Utilitzeu una alimentació simètrica de $\pm 5V$ ($V_{cc}^+ = 5V$ i $V_{cc}^- = -5V$). Verifiqueu el funcionament del mesclador visualitzant el senyal v_o a l'oscil·loscopi. Quines amplituds teniu a v_p i v_o ? Quin guany té l'amplificador no inversor?



2 Connexió d'un auricular o altaveu a la sortida

El senyal a la sortida del mesclador pot ser escoltat amb un auricular o altaveu. La connexió d'aquest auricular o altaveu a l'AO es podrà fer directament si l'AO es capaç de proporcionar prou corrent i sinó, caldrà usar una etapa intermèdia de potència. El fet d'escoltar el senyal ens permetrà detectar coses que no visualitzàvem a l'oscil·loscopi.

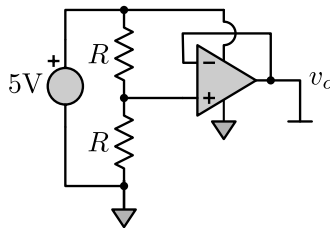
Previ 3. Considereu que a la sortida v_o del circuit del *Previ 2* tenim una tensió de $\pm 2.5V$. Si hi connectem un auricular modelat com una resistència, quin és el valor que pot tenir aquesta resistència per tal que el corrent i_o a la sortida de l'AO sigui menor que el corrent de saturació, $i_o < I_{sat} = \pm 25mA$? Podeu considerar $R_2 + R_1 > 100k\Omega$ i, per tant, el corrent que circula per aquestes resistències menyspreable. Els auriculars més habituals es poden modelar com una resistència de 8Ω o 16Ω . Podeu connectar aquests auriculars a la sortida de l'AO? Quin hauria de ser el corrent de saturació?

Tasca 3. Connecteu l'auricular d'alta impedància ($1k\Omega$), disponible al laboratori, a la sortida del vostre mesclador. Verifiqueu que quan $\alpha = 0$ només escolteu el senyal del generador i que quan $\alpha = 1$ només escolteu el senyal del vostre reproductor. Si és així, canvieu el potenciòmetre de $10k\Omega$ per un de $1k\Omega$. Si no és així, canvieu el potenciòmetre de $10k\Omega$ per un de $100k\Omega$. Intenteu trobar una explicació al fet que no es pugui anul·lar totalment un dels senyals en l'extrem del potenciòmetre.

3 Utilització d'una sola font de tensió. Virtual ground

Per tal de simplificar el circuit, construïrem un node de referència virtual amb el qual podrem prescindir de la font de -5V i usar només la font de $+5\text{V}$. A més, canviarem l'AO $\mu\text{A}741$ ¹ o TL081² usat fins ara, per altres AO que són *rail-to-rail IO*: OPA340PA³, OPA344PA⁴, OPA350PA⁵ i TS921IN⁶. Cal anar alerta amb l'alimentació, ja que aquests integrats no suporten més de 5V entre els seus terminals d'alimentació, és a dir $V_{cc}^+ - V_{cc}^- < 5\text{V}$, excepte el darrer que n'admet 12. Tots ells tenen el mateix *pinout* que el TL081 usat fins ara.

Previ 4. Analitzeu el circuit de la figura. Raoneu clarament el funcionament d'aquest circuit. Observeu que si prenem com a node de referència el terminal negatiu de la font de tensió (un triangle a la figura) $V_{cc}^+ = +5\text{V}$, $V_{cc}^- = 0\text{V}$, $v_n = v_p = +2.5\text{V}$ i, per tant, $v_o = +2.5\text{V}$. En canvi, si prenem com a node de referència la sortida de l'AO, és a dir $v_o = 0$, aleshores $V_{cc}^+ = 2.5\text{V}$, $V_{cc}^- = -2.5\text{V}$ i $v_n = v_p = 0\text{V}$.



Previ 5. Considerant el node de referència virtual (o *virtual ground*) del circuit del *Previ 4* i el mesclador de la *Tasca 2* dibuixeu l'esquema d'un mesclador que només usi una font d'alimentació. Feu l'esquema de manera que us ajudi a fer el muntatge a la protoboard.

Tasca 4. Demaneu al professor el material necessari per construir el mesclador amb una sola font de $+5\text{V}$ a partir de l'esquema dissenyat en el *Previ 5*. És recomanable usar l'AO OPA340PA per al *virtual ground* i l'OPA344PA o el TS921IN per al mesclador. Abans de fer el muntatge, valideu amb el professor que el disseny que heu fet al previ és l'adequat.

Verifiqueu que l'AO usat en el mesclador és *rail-to-rail IO* augmentant el volum del reproduïdor fins a saturar l'AO.

¹ $\mu\text{A}741$: 5-40V o 9-30V, 25mA, $0.5\text{V}/\mu\text{s}$, 1MHz, 0.30€

²TL081: 6-36V, 40mA, $16\text{V}/\mu\text{s}$, 4MHz, 0.34€

³OPA340PA: 2.7-5.5V, 50mA, $6\text{V}/\mu\text{s}$, 5.5MHz, 1.75€

⁴OPA344PA: 2.5-5.5V, 15mA, $0.8\text{V}/\mu\text{s}$, 1MHz, 1.10€

⁵OPA350PA: 2.5-5.5V, 80mA, $22\text{V}/\mu\text{s}$, 38MHz, 1.50€, oscil·la fàcilment

⁶TS921IN: 2.7-12V, 80mA, $1.3\text{V}/\mu\text{s}$, 4MHz, 1.71€, cal $v_p - v_n < 1\text{V}$ o posar 32Ω a les entrades