

SANDRA

Instrument electroacústic de retroalimentació · Guia de construcció i experimentació per a principiants

Aquest dossier explica com construir una versió educativa de l'instrument de la infografia, pas a pas i sense coneixements previs d'electrònica. El muntatge proposat fa servir mòduls de baixa tensió de 5 V i no necessita ordinador ni programació.

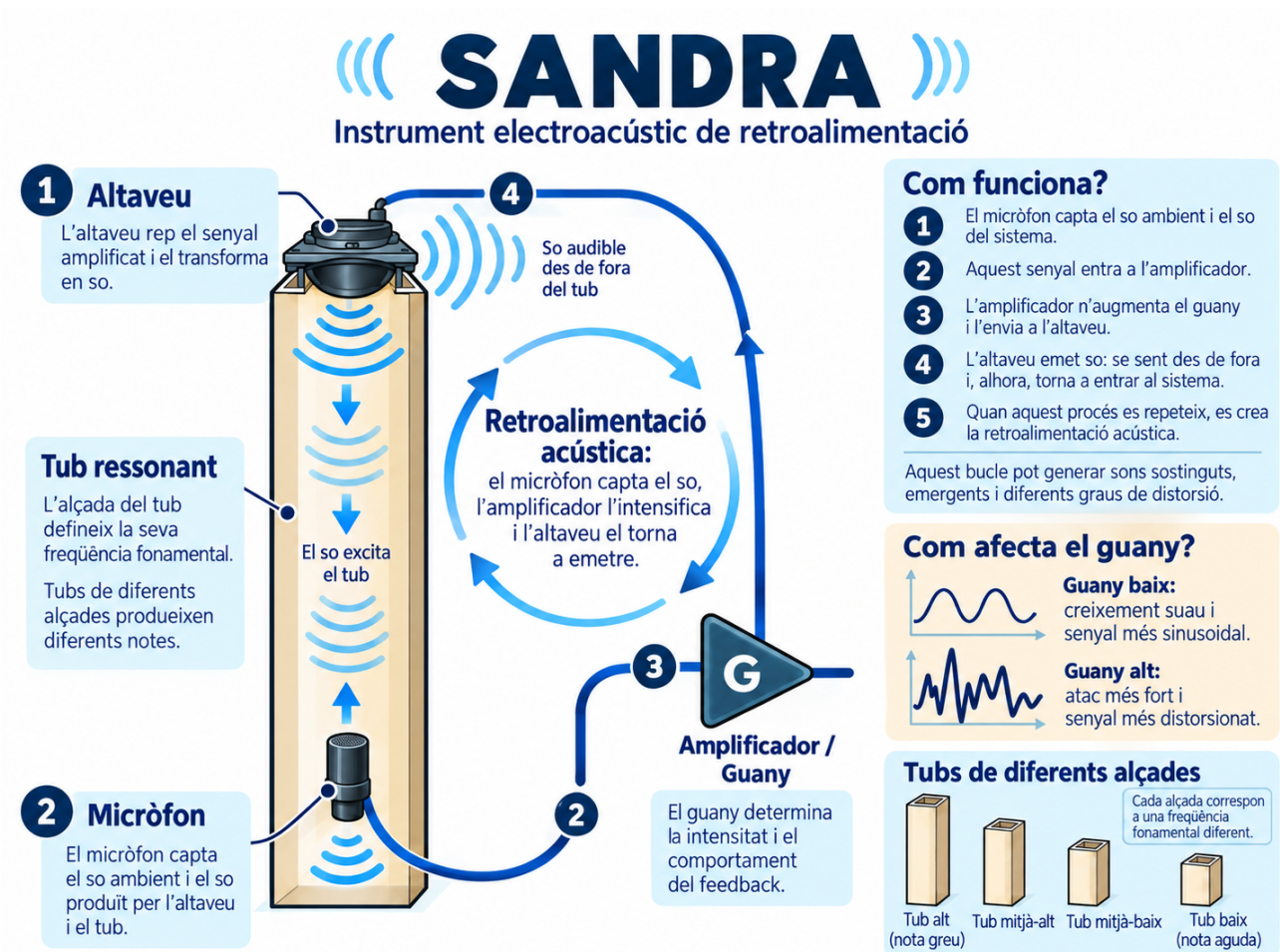
LA IDEA EN UNA FRASE

Un micròfon escolta un altaveu; el so passa per un amplificador i torna a l'altaveu. Quan la cadena reforça determinades freqüències, pot aparèixer una nota que es manté sola: la retroalimentació acústica.

Abans de començar

La infografia és conceptual: no especifica marques ni circuits. Aquí triem un micròfon preamplificat MAX4466 i un amplificador PAM8403 de 5 V amb control de volum i entrada d'àudio. Verifica sempre les etiquetes impreses al teu mòdul: poden variar.

SEGURETAT: Comença sempre amb el volum al mínim. La retroalimentació pot produir xiulets sobtats i molt intensos. Allunya l'orella del tub, no hi introdueixis el cap i talla l'alimentació si el so és molest.



Infografia original facilitada per a aquest projecte.

1 · Materials i vocabulari

Quantitat	Material	Per a què serveix
1	Micròfon amb preamplificador MAX4466 (pins VCC, GND, OUT)	Converteix el so en senyal elèctric de baixa intensitat
1	Mòdul amplificador PAM8403 de 5 V amb potenciòmetre de volum i entrada d'àudio accessible	Augmenta el senyal del micròfon
1	Altaveu passiu de 4–8 Ω , aprox. 3 W, compatible amb el PAM8403	Converteix el senyal amplificat en so
1	Font USB de 5 V regulats, preferiblement 2 A, i cable adequat	Alimenta el conjunt
1	Condensador no polaritzat de 1 μ F (film o ceràmic)	Bloqueja el component de corrent continu del micròfon
1	Tub o caixa allargada de cartró gruixut / fusta, sense arestes	Fa de ressonador acústic
1	Suport per al micròfon, fixacions i goma escuma	Manté els components subjectes i redueix vibracions
Diversos	Cables, connectors, regleta o protoboard; interruptor opcional	Permeten les connexions

Què vol dir cada paraula?

- 5 V: tensió d'alimentació baixa, com la d'una sortida USB adequada.
- VCC / +5V: positiu de l'alimentació. GND: massa o referència comuna.
- OUT: sortida de senyal del micròfon. IN: entrada del mòdul amplificador.
- Altaveu passiu: sense amplificador propi. Es connecta només als terminals de sortida de l'amplificador.
- Potenciòmetre: comandament giratori per regular el guany/volum.

NO utilitzis amplificadors connectats directament a 230 V dins del tub, ni una placa sense documentació o amb pins desconeguts.

2 · Esquema de connexions, sense misteris

Hi ha tres camins diferents: l'alimentació elèctrica (5 V), el senyal petit de micròfon i el senyal de potència cap a l'altaveu. No els barregis.

Des d'on surt el cable	On arriba	Observació
Font USB 5 V (+)	VCC del MAX4466 i +5V del PAM8403	Els dos mòduls comparteixen alimentació
Font USB GND (–)	GND del MAX4466 i GND d'alimentació del PAM8403	És la massa comuna
OUT del MAX4466	Condensador 1 μF $\rightarrow$ entrada L-IN (o IN) del PAM8403	El condensador va en sèrie; és no polaritzat
GND del MAX4466	GND de l'entrada d'àudio PAM8403	Referència del senyal; normalment comuna amb GND
L+ i L– del PAM8403	Borns + i – de l'altaveu	NO connectis L– a GND; és una sortida en pont

Esquema de blocs llegit d'esquerra a dreta

MÀ / SO AMBIENT	MICRÒFON MAX4466	CONDENSADOR 1 μF	PAM8403 (entrada L)	ALTAVEU
so $\rightarrow$	OUT $\rightarrow$	$\rightarrow$ (en sèrie) $\rightarrow$	L+ / L– $\rightarrow$	so dins del tub $\curvearrowright$

Atenció amb els noms: si la teva placa PAM8403 només té un jack o un connector d'entrada, necessitaràs el cable/adaptador compatible; no intentis endevinar a quins punts s'ha de soldar. Si té dos canals, utilitzarem només l'esquerre per a un únic altaveu. L'entrada dreta ha de quedar sense senyal segons la documentació del fabricant.

El circuit NO és aquest

No connectis mai OUT del micròfon directament a l'altaveu: el micròfon no té potència suficient. Tampoc no connectis l'altaveu entre un terminal L– i GND, perquè pots malmetre l'amplificador.

Alimentació compartida: un exemple

Si utilitzes una placa PAM8403 amb borns +5V/GND, els dos fils que surten de la font s'han de repartir cap als dos mòduls, respectant els signes. Fes aquesta derivació amb connectors o regletes, no amb fils retorçats sense aïllar.

3 · Muntatge pas a pas · primera part

PAS 1 · Prepara la taula

Treballa amb l'alimentació desconnectada. Identifica per escrit cada peça i localitza les etiquetes de pins. Col·loca les peces damunt una taula, separades perquè no es toquin. Si pots, fes una fotografia abans de connectar res.

Comprovació: pots assenyalar a cada placa on són VCC/+5V, GND, OUT/IN i els borns de l'altaveu? Si no, no continuïs.

PAS 2 · Prepara el tub sense electrònica

Fes servir un tub rígid i estable, inicialment de 40–70 cm com a longitud d'experimentació, amb prou secció per instal·lar els components. Planifica on anirà l'altaveu (a la part superior) i el micròfon (més avall). Mantén un espai per passar els cables sense pessigar-los. La longitud indicada és un punt de partida, no una nota garantida.

Comprovació: el tub es manté dret sense caure i no hi ha vores tallants?

PAS 3 · Connecta l'altaveu a l'amplificador

Busca els terminals L+ i L– del PAM8403. Connecta un fil de cadascun als dos terminals de l'altaveu. Evita que els dos fils es toquin. No uneixis cap terminal de l'altaveu a GND.

Comprovació: estira suaument cada fil: queda ben subjecte? El potenciòmetre és al mínim?

PAS 4 · Dona alimentació a l'amplificador

Amb tot apagat, connecta el positiu de 5 V a +5V del PAM8403 i el negatiu a GND. Revisa les polaritats una segona vegada. Encara no connectis el micròfon. Si el teu model d'amplificador ja té entrada USB d'alimentació, utilitza-la segons el manual en lloc de duplicar-la amb cables.

Comprovació: cap cable pelat no toca el del costat. No s'escalfa res quan alimentes breument la placa. Desconnecta la font abans del pas següent.

PAS 5 · Alimenta el micròfon

Connecta VCC del MAX4466 al +5 V de la mateixa font i GND al GND comú. És important que els dos mòduls comparteixin massa, encara que els senyals d'àudio vagin per un altre cable.

Comprovació: revisa de nou les quatre connexions d'alimentació (+5 V/GND de cada mòdul).

4 · Muntatge pas a pas · segona part

PAS 6 · Uneix micròfon i amplificador

Des de l'OUT del MAX4466, posa un condensador de 1 μ F no polaritzat en sèrie i, des de l'altra pota del condensador, un cable fins a l'entrada d'àudio esquerra L-IN del PAM8403. Connecta també la referència GND de l'entrada d'àudio, si la placa en disposa per separat, al GND comú. No cal connectar els dos canals d'àudio.

Per què? El senyal del MAX4466 està desplaçat a una tensió contínua. El condensador deixa passar les variacions de so i evita injectar aquest desplaçament a l'entrada de l'amplificador.

PAS 7 · Primera prova amb el tub obert

Allunya el micròfon de l'altaveu, posa el volum al mínim i alimenta el sistema. Augmenta el volum molt lentament mentre fas un so suau a prop del micròfon. Si no se sent res, desconnecta abans de revisar cables. Si apareix un xiulet sobtat, abaixa immediatament el volum o desconnecta.

Comprovació: l'altaveu reproduïx, encara que sigui flux, el so captat? No cal que hi hagi retroalimentació en aquest punt.

PAS 8 · Col·loca altaveu i micròfon

Fixa l'altaveu a un extrem del tub perquè projecti part del so a l'interior, tal com suggereix la infografia, i deixa possible l'emissió exterior. Subjecta el micròfon a la part inferior, orientat cap a l'espai interior. Separa'l físicament del xassís de l'altaveu amb material flexible per reduir vibracions mecàniques. Fixar l'altaveu dins d'un tub pot canviar molt la seva resposta: no hi ha una geometria única.

PAS 9 · Busca la retroalimentació

Amb el volum al mínim, encén. Augmenta'l poc a poc. Mou el micròfon uns centímetres, prova diferents orientacions i observa quan es produeix un to estable o oscil·lant. Fes proves curtes, d'uns segons, i torna a baixar el volum entre intents.

Comprovació: pots provocar i interrompre el so només ajustant el guany o la posició del micròfon?

PAS 10 · Tanca i etiqueta

Quan tot funcioni, fixa els cables, cobreix les unions exposades i etiqueta "VOL.", "ON/OFF" i "SORTIDA DE SO". Deixa el control de volum accessible des de fora. No tanquis el conjunt fins que hagi comprovat que cap fil queda pinçat.

5 · Entenem què passa: la física del SO

El bucle de retroalimentació

El micròfon transforma petites variacions de pressió de l'aire en tensió elèctrica. L'amplificador multiplica aquestes variacions. L'altaveu les retorna a l'aire. Si el micròfon recull de nou aquesta energia amb prou intensitat i amb la fase apropiada, el bucle pot mantenir una oscil·lació.

Per què un tub pot afavorir una nota?

Les parets del tub reflecteixen les ones sonores. Determinades freqüències encaixen millor amb la seva longitud, secció i condicions dels extrems. No hi ha una sola fórmula vàlida per a qualsevol construcció: un tub obert als dos extrems no es comporta igual que un tub parcialment tancat per l'altaveu. La resposta també depèn del micròfon, l'altaveu i el guany.

Què canvia el guany?

Amb un guany baix, el so captat pot apagar-se ràpidament; en augmentar-lo pot aparèixer una oscil·lació sostinguda; amb guany excessiu, el senyal es pot distorsionar i generar xiulits molestos. El nostre objectiu és explorar el llindar d'aparició de la retroalimentació, no aconseguir el volum més fort.

Petit vocabulari científic

Concepte	Significat pràctic
Freqüència (Hz)	Cicles per segon; es relaciona amb la sensació de greu o agut
Amplitud	Grandària de l'oscil·lació; es relaciona amb la intensitat percebuda
Guany	Quant amplifica el circuit el senyal d'entrada
Ressonància	Freqüències a les quals el sistema respon més intensament
Distorsió	Canvi en la forma de l'ona per les limitacions del sistema
Retroalimentació	Part de la sortida torna a entrar a l'entrada

Experiment guiat · Tres longituds

Construeix o prova tres tubs de llargades diferents, mantenint tan constant com sigui possible la resta del muntatge. Escribeu si el so tendeix a ser més greu, més agut o no apareix. La relació pot ser complexa: formula hipòtesis, no esperis sempre una resposta exacta.

6 · Problemes freqüents i com solucionar-los

Síntoma	Què comprovo?
No s'encén res	Font de 5 V, interruptor, polaritat +5 V / GND; desconnecta abans de tocar fils
No s'escolta res	Potenciòmetre al mínim, altaveu als terminals L+/L–, entrada correcta, micròfon alimentat
Soroll constant sense to	Connexions fluïxes, GND comú, cables massa llargs, micròfon que vibra
Xiulet massa fort	Baixa guany immediatament; separa micròfon i altaveu; fes proves breus
Només funciona en una posició	És normal: el camí acústic i la fase depenen molt de la geometria
S'escalfa o fa olor de cremat	Desconnecta immediatament; comprova curtcircuits i polaritats abans de repetir

Llista de verificació abans d'alimentar

- ☐ La font és de 5 V regulats; no utilitzo la xarxa elèctrica dins del tub.
- ☐ MAX4466: VCC → +5 V, GND → GND, OUT → condensador.
- ☐ Condensador no polaritzat de 1 µF en sèrie cap a l'entrada L-IN.
- ☐ PAM8403: alimentació +5V/GND i volum inicialment al mínim.
- ☐ Altaveu connectat només entre L+ i L–, mai a massa.
- ☐ No hi ha fils pelats que es toquin; totes les peces estan fixes.
- ☐ Les orelles i la cara estan allunyades de la sortida acústica.

Si alguna cosa no coincideix amb les teves plaques

Atura't i consulta el manual del model exacte. Hi ha plaques PAM8403 amb pins etiquetats diferent o entrada d'àudio integrada. Les connexions d'aquesta guia són per a un muntatge representatiu, no una garantia universal.

7 · Propostes d'activitats per a classe

Activitat 1 · Dibuixa el camí del so (iniciació)

Dibuixa fletxes des de l'altaveu fins al micròfon, a l'amplificador i un altre cop a l'altaveu. Marca quins trams transmeten so per l'aire i quins transmeten senyal elèctric.

Activitat 2 · Què passa quan canvia el volum?

Sense arribar mai a un volum molest, varia el control de guany en passos petits. Anota: 1) se sent la veu? 2) apareix un to? 3) és estable o fluctua? Torna al mínim entre proves.

Activitat 3 · El tub és un instrument

Canvia la longitud o l'obertura del tub. Formula una predicció, fes una prova breu, escolta i compara. Documenta allò que realment observes, encara que contradigui la teva hipòtesi.

Activitat 4 · Mapa de posicions

Mou el micròfon en tres posicions fixes: baix, centre i alt. Mantén igual el volum i descriu com canvia la facilitat amb què apareix el so.

Activitat 5 · Reflexió sobre tecnologia i seguretat

Per què no convé acostar l'orella a la sortida del tub? Què podria passar si l'altaveu estigués connectat entre L– i GND? Per què cal comprovar els pins reals de cada mòdul?

Fitxa breu de registre

Prova	Canvi introduït	Predicció	Observació
1	Tub curt		
2	Tub llarg		
3	Micròfon més avall		
4	Micròfon més amunt		

Criteris d'avaluació

- Identifica correctament els components i el recorregut del senyal.
- Munta i comprova el sistema de forma ordenada i segura.
- Registra dades, compara proves i justifica conclusions sense inventar resultats.
- Explica amb paraules pròpies què són la ressonància i la retroalimentació.

8 · Guia del professorat i variants

Seqüència suggerida: 3 sessions

Sessió 1 (50 min): lectura de la infografia, seguretat, identificació de mòduls i dibuix del circuit.

Sessió 2 (50 min): muntatge amb supervisió i primera prova a guany mínim. Sessió 3 (50 min): experiments amb el tub, registre d'observacions i conclusions.

Acompanyament recomanat

Per a alumnat novell, convé que un adult o una persona amb experiència prepari la font de 5 V i validi l'etiquetatge dels pins, especialment els terminals en pont de l'amplificador. Els participants poden fer les connexions de baixa tensió amb supervisió i revisar-les amb una llista de verificació.

Variants de construcció

- Sense soldar: tria mòduls amb borns de cargol i connectors preparats; fixa els cables perquè no es despreguin.
- Amb diferents tubs: compara cartró, fusta i diverses seccions; no assumeixis que la longitud és l'única variable.
- Amb visualització: si disposeu d'oscil·loscopi o d'un micròfon de mesura, observeu el senyal només a nivells baixos i seguint les especificacions de l'equip.

Preguntes amb resposta orientativa

Per què sona sol? Perquè part del so retorna al micròfon i és amplificat de nou. Per què una nota predomina? Per les propietats acústiques del tub i de tot el bucle. Per què cal un potenciòmetre? Per controlar el guany i evitar que el sistema arrenqui bruscament amb un so molt intens.

Què no promet aquest dossier

La infografia no permet conèixer exactament l'acoblament acústic, les dimensions internes ni el circuit original. Aquest muntatge és una versió educativa coherent amb el principi de funcionament. L'aparició d'un so sostingut depèn de les peces, la geometria i l'ambient. No es pot garantir una nota concreta ni un comportament idèntic entre muntatges.

Recordatori final: experimental no vol dir sense control. La millor prova és la que es pot aturar immediatament i repetir amb seguretat.