

1. Mesura de freqüències acústiques amb l'oscil·loscopi

Objectius

- Descriure el funcionament bàsic d'un oscil·loscopi.
- Determinar la freqüència de diferents sons amb l'ajut d'un oscil·loscopi.
- Produir i visualitzar pulsacions.

Introducció

L'oscil·loscopi. Descripció i principis de funcionament.

L'oscil·loscopi de raigs catòdics és, avui en dia, un dels instruments de mesura i observació més versàtils i emprats en els diversos camps de la investigació i de les aplicacions científiques i tècniques. L'oscil·loscopi és un aparell destinat a observar diferències de potencial elèctric periòdiques. Amb ell es poden "veure" realment les diferències de potencial periòdiques, dibuixades per un "pinzell d'electrons" sobre una pantalla fluorescent.

El cor de l'oscil·loscopi és el *tub de raigs catòdics*, on es governa la direcció d'un feix estret d'electrons per "dibuixar" la forma d'una ona sobre una pantalla fluorescent. Els diferents elements que constitueixen el tub de raigs catòdics estan col·locats en l'interior d'una ampolla de vidre en forma d'embut, on s'ha fet el buit.

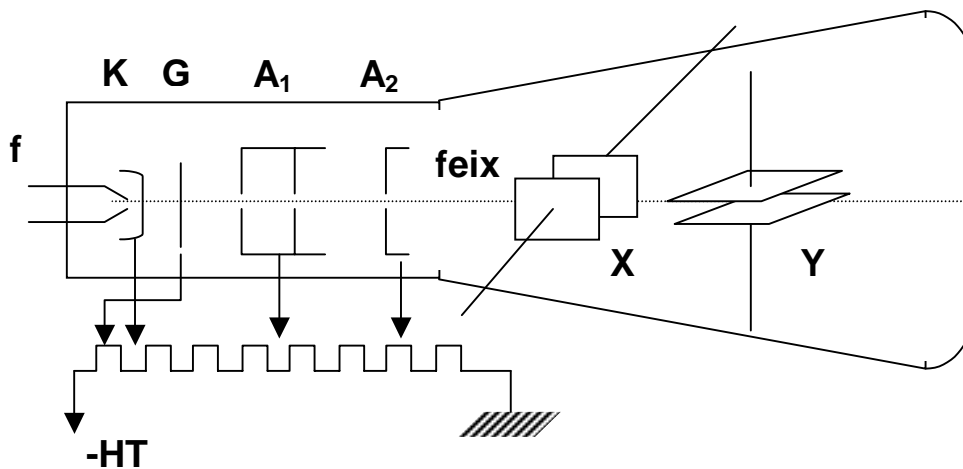


Figura 1: Tub de raigs catòdics

L'extrem més ample de l'ampolla està recobert per una capa fina de substància fluorescent (sulfur de cinc) i constitueix la **pantalla**. A la part estreta del tub s'hi troba el **canó d'electrons**, que dirigeix un feix d'electrons ràpids, d'aproximadament la mateixa velocitat, al llarg de l'eix del tub. El canó està format pels següents elèctrodes:

- El **càtode (K)**, escalfat indirectament per un **filament (f)**, emet els electrons (emissió termoiònica);
- La **reixeta (G)**, que es manté a un potencial negatiu respecte al càtode, regula la intensitat del feix electrònic (i per tant la lluminositat o brillantor de la imatge sobre la pantalla);
- El **primer ànode (A1)**, que es manté a un potencial positiu respecte al càtode, regula la concentració del feix sobre la pantalla;
- El **segon ànode (A2)**, que accelera els electrons.

Si el feix no és desviat en la seva marxa cap a la placa, la colpejarà en el centre, i una petita taca lluminosa (*spot*) apareixerà en el centre de la pantalla. La direcció del feix i, per tant, la posició de l'*spot*, pot ser governada fent-lo passar a través de dos parells de plaques situades entre el canó d'electrons i la pantalla. Aquestes plaques s'anomenen **plaques de desviació horitzontal (plaques X)** i de **desviació vertical (plaques Y)**, ja que en aplicar-los una ddp els camps elèctrics creats a cada parell actuen sobre els electrons del feix, desviant-los en el sentit horitzontal i vertical, respectivament. És clar que l'*spot* experimentarà la mateixa desviació sobre la pantalla.

Suposem que apliquem una tensió alterna entre les plaques de desviació vertical (plaques Y). L'*spot* es mourà repetidament amunt i avall, sobre una recta vertical. Per a la majoria de freqüències d'interès, l'*spot* es mou massa ràpidament com per ser seguit amb la vista, a causa de la persistència en l'emissió de llum per la pantalla, i només apreciariem un traçat vertical continu. Si volem observar la forma de l'ona de la tensió aplicada, ens cal algun tipus de circuit connectat a les plaques de desviació horitzontal (plaques X) que desplaci, simultàniament i a velocitat constant, l'*spot* en el sentit horitzontal. A aquest mecanisme se l'anomena **circuit d'escombrat**, i ens proporciona una *base de temps* sobre l'eix horitzontal.

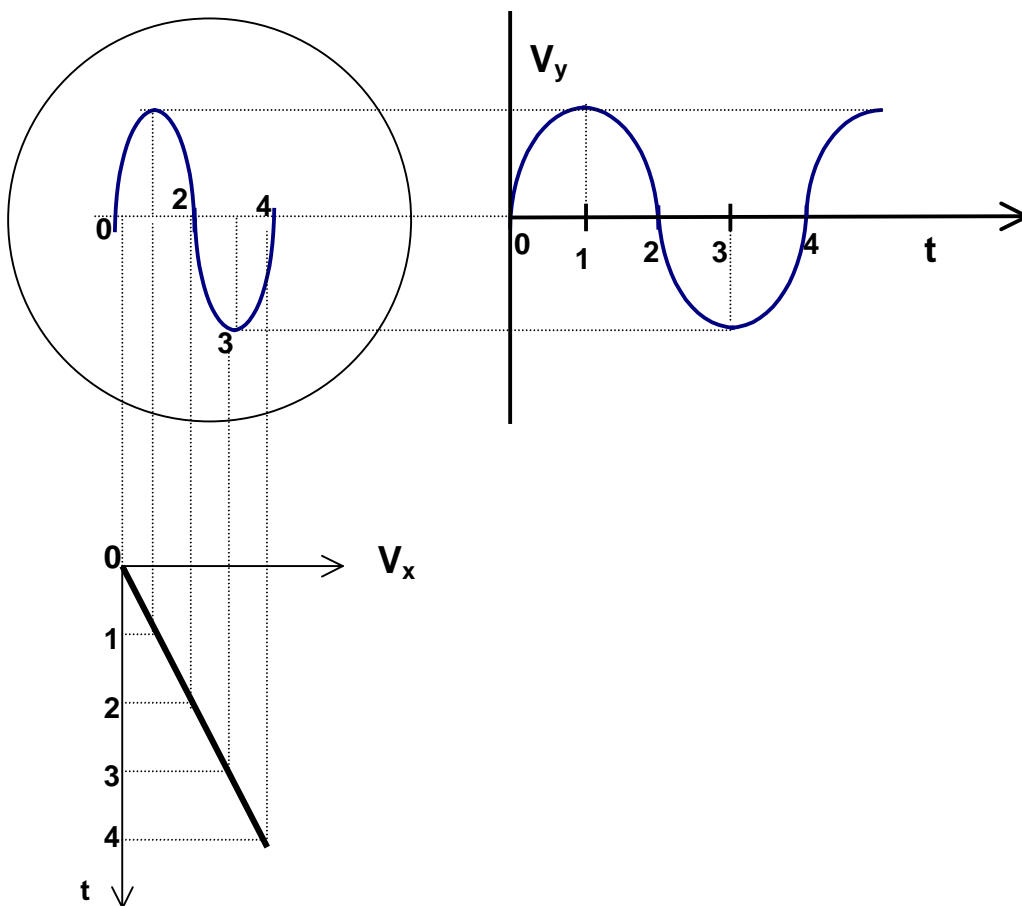


Figura 2: Dibuix del traçat en pantalla de la forma d'ona de tensió alterna

Observant la figura 2 podrem entendre millor com "dibuixa" l'oscil·loscopi una forma d'ona de tensió alterna aplicada a les plaques de desviació vertical. L'*spot* es veu sotmès, per una banda, a un moviment uniforme cap a la dreta i, per una altra banda, també està sotmès a un moviment vertical que depèn de la tensió aplicada. El resultat de compondre aquests dos moviments és que l'*spot* traça sobre la pantalla un gràfic de la tensió en funció del temps.

Controls de l'oscil·loscopi. El nombre de controls així com el seu nom i funcionalitat, pot variar d'uns oscil·loscopis a uns altres, de manera que aquí només pretenem fer una breu descripció de funcionalitat d'alguns controls de l'oscil·loscopi HAMEG HM 203-7 (figura 3).

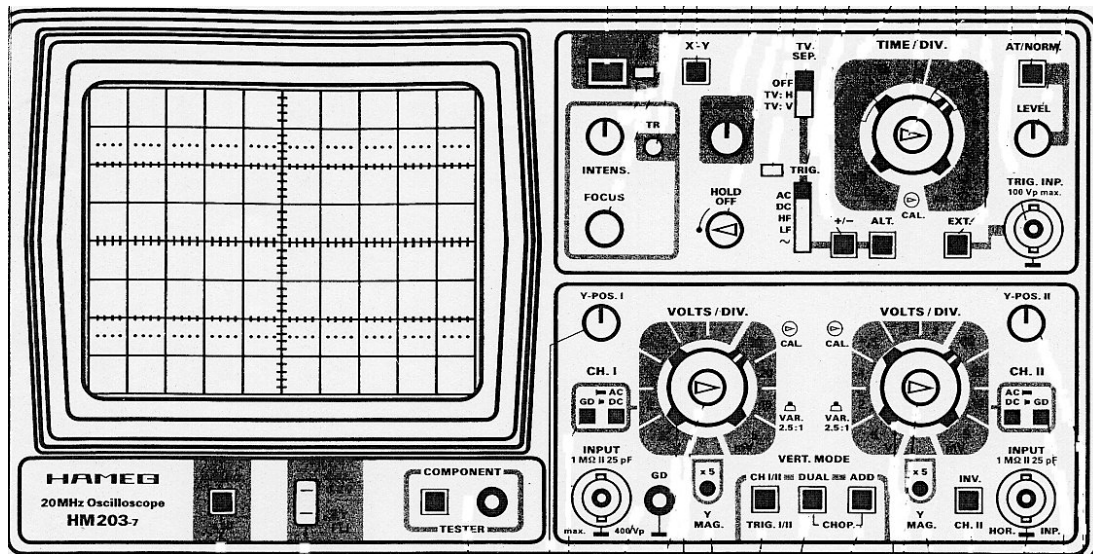


Figura 3: oscil·loscopi HAMEG HM 203-7

- Intensitat (BRIGHTNESS):** Ajusta el nivell de lluminositat o brillantor de la traça lluminosa sobre la pantalla.
- Enfocament (FOCUS):** S'empra per fer que la traça sigui més precisa i definida. Hi ha una interacció entre aquest control i el de la intensitat, de manera que l'ajust d'un pot requerir un reajustament de l'altre.
- Centrat horitzontal (X POS) i vertical (Y POS):** Aquests dos controls ens permeten posicionar la traça (o spot), horitzontalment i verticalment, respectivament.
- Selector d'escombrat o base de temps (TIME / DIV):** S'utilitza per seleccionar una freqüència d'escombrat determinada. Actua a salts de freqüència.
- Selector de guany vertical (VOLTS / DIV):** Ens permet ajustar l'alçada de la forma d'ona sobre la pantalla.

Mesura de freqüències:

El fet de disposar d'una base de temps (subministrada per l'escombrat horitzontal) ens permet determinar el període (T) de la tensió periòdica aplicada a les plaques de desviació vertical (Y-INPUT) i, per tant, la freqüència (f) d'aquesta tensió, ja que $f = 1/T$.

Anàlisi de sons:

Podem emprar l'oscil·loscopi per a l'anàlisi de sons si prèviament els transformem (mitjançant un micròfon) en ones de tensió. En aquesta pràctica analitzarem i "veurem" les ones sonores emeses per un diapasó, així com el fenomen de les pulsacions o batecs que es presenten quan vibren junts dos diapasos de freqüències lleugerament diferents.

PRECAUCIONS IMPORTANTS:



- No deixeu que es quedi estacionària o fixa una taca o traça lluminosa intensa sobre la pantalla, ja que podria cremar-la, disminuint així la vida del tub de raigs catòdics.
- No apliqueu **mai** la tensió de la xarxa directament a les entrades vertical (Y-INPUT) o horitzontal (X-INPUT). Cal sempre un transformador d'aïllament.

Material

<ul style="list-style-type: none"> - Oscil·loscopi - Taula de so o amplificador - Micròfon 	<ul style="list-style-type: none"> - Fonts de so: diapasons muntats sobre caixes de ressonància, instruments musicals, enregistraments en CD o cinta - Paper mil·limetrat o quadriculat
---	---

Procediment

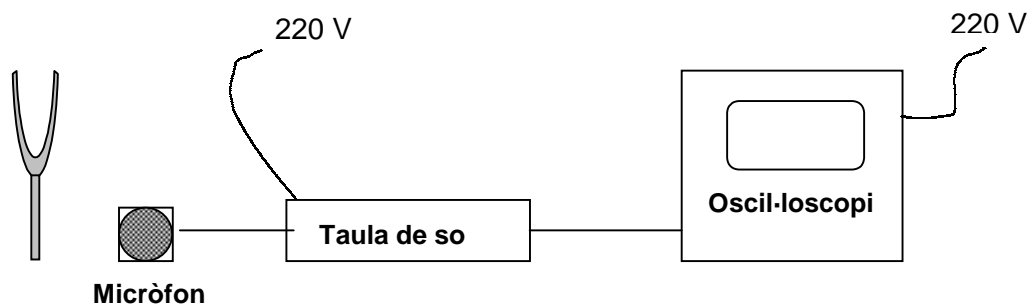
Muntatge i execució de l'experiència

Controls de l'oscil·loscopi:

1. Llegeix atentament la introducció a fi que coneguis els principis bàsics de funcionament de l'oscil·loscopi i la funció dels principals botons i commutadors de control que es veuen en el pannel frontal de l'aparell.
2. Abans de posar en marxa l'oscil·loscopi, els controls hauran d'estar en les següents posicions:
 BRIGHTNESS; en OFF
 FOCUS: en posició mitja
 X POS i Y POS: en posició mitja
 TIME / DIV: en 1 ms/div
 VOLTS / DIV: en 0,2 V/div
 AC-DC: en AC
3. Endolla l'aparell i posa'l en ON. Espera uns 30 segons perquè s'escalfin els filaments. Quan aparegui el feix, ajusta els controls de BRIGHTNESS i FOCUS fins a obtenir una traça lluminosa ben definida sobre la pantalla.
4. Investiga l'efecte dels diversos controls. Repeteix-ho diverses vegades fins a assegurar-te que has entès bé el funcionament.

Mesura de freqüències acústiques:

5. Apaga tots els aparells. Connecta un micròfon a un canal de la taula de so, i aquesta a l'oscil·loscopi.
6. Posa en posició ON l'interruptor de posada en marxa del micròfon, de la taula de so i de l'oscil·loscopi. Comprovar que tot el sistema funciona i que en produir un so davant del micròfon es registra una variació del senyal a la pantalla.



7. Observa, a la pantalla, la forma d'ona del so produït en colpejar, amb un martellet de cautxú, un diapasó de 440 Hz muntat sobre la seva caixa de ressonància. Ajusta els controls de l'oscil·loscopi de manera que dues formes d'ona completes (d'amplitud convenient) ocupin la pantalla.
8. Estabilitza aquestes formes sobre la pantalla i mesura la freqüència del so emès pel diapasó. Fes un esquema de la forma d'ona indicant amb claredat els eixos i comenta'l.
9. Repeteix-ho amb un diapasó de 1000 Hz.
10. Empra la mateixa metodologia per determinar la freqüència dels sons de diferents instruments (en viu o enregistrats en una cinta magnetofònica). Fes un esquema de l'ona obtinguda en cada cas i comenta'l.
11. Observa les formes d'ona corresponents a la veu humana, per a diferents tons, timbres i intensitats. Dibuixa uns esquemes de les formes observades i comenta'ls.

Pulsacions o batecs:

12. Colpeja dos diapasons idèntics, muntats sobre les seves caixes de ressonància i observa la forma d'ona del so resultant. Fes un esquema i comenta'l.
13. Amb una mica de plastilina o amb la peça metàl·lica mòbil desafina un dels dos diapasons. Modificaràs la seva freqüència en algunes vibracions per segon. Colpeja els dos diapasons simultàniament i escolta i observa el fenomen de les pulsacions. Fes un esquema i un comentari de les observacions que facis.

Conclusions

Anàlisi de les dades

Elabora un breu comentari de totes i cadascuna de les mesures i mètodes utilitzats en aquest treball pràctic.

Qüestionari

1. Com es manifesta a la pantalla de l'oscil·loscopi un augment d'intensitat d'un so? Fes un dibuix per il·lustrar-ho.
2. Com es visualitza a la pantalla una disminució de freqüència d'un so? I un augment? Fes un dibuix per il·lustrar-ho.
3. Quines diferències i semblances apareixerien a la pantalla de l'oscil·loscopi entre el dibuix associat a la mateixa nota produïda per una flauta o per una harmònica?
4. En què consisteix l'afinació d'un instrument musical?

Mesura de freqüències acústiques amb l'oscil·loscopi

Material per al professorat

Orientacions didàctiques

Temporització

- 1 hora per a l'experimentació i les conclusions

Alumnes als quals s'adreça l'experiència

Alumnes de batxillerat

Orientacions metodològiques

Amb una connexió en T es pot connectar l'oscil·loscopi simultàniament a l'amplificador i a un generador de freqüència. D'aquesta manera es pot visualitzar qualsevol ona sinusoidal que seleccionem en el generador de freqüència. Es pot aprofitar per fer un recorregut per les freqüències audibles connectant a l'amplificador un altaveu.

Amb una intensitat moderada, començar amb la freqüència de 20 Hz i anar pujant gradualment. Cada alumne/a anotarà a quina freqüència comença a sentir i a quina deixa de sentir. Després es fa l'escombrat de dalt a baix. Les persones adultes rarament senten més enllà dels 15000 Hz. Treballar amb freqüències altes fa que l'experiència resulti molesta.

En passar per la freqüència de 440 Hz es pot comprovar que el so coincideix amb el d'un diapasó. En modificar una mica la freqüència respecte a la del diapasó, escoltar la formació de pulsacions.

Conclusions

Respostes al qüestionari

- 1. Com es manifesta a la pantalla de l'oscil·loscopi un augment d'intensitat d'un so?**
L'ona que es veu és més alta (té més elongació).
- 2. Com es visualitza a la pantalla una disminució de freqüència d'un so? I un augment?**
Si disminueix la freqüència augmenta el període i, per tant, es veuen menys ones completes a la pantalla.
- 3. Quines diferències i semblances apareixerien a la pantalla de l'oscil·loscopi entre el dibuix associat a la mateixa nota produïda per una flauta o per una harmònica?**
S'enregistra la mateixa freqüència, és a dir es veuen el mateix nombre d'ones completes a la pantalla. Però la forma de l'ona no és la mateixa a causa de la diferent combinació d'harmònics.
- 4. En què consisteix l'afinació d'un instrument musical?**
En el cas d'un instrument de corda i escollint la corda corresponent a la nota "la" fonamental, es tracta de fer vibrar la corda alhora que un diapasó de freqüència 440 Hz i ajustar-la per tal que no es formin pulsacions, així la corda vibra amb la mateixa freqüència que el diapasó.