

L'oscil·loscopi de raigs catòdics.

1 Objectiu

Utilització de l'oscil·loscopi. Determinació d'amplituds i freqüències de diferents ones.

2 Material

Oscil·loscopi de raigs catòdics de dos canals i dos generadors de baixa freqüència.

3 Fonament teòric

L'oscil·loscopi és un aparell destinat a observar gràficament tensions elèctriques variables en el temps. La part més important de l'oscil·loscopi és el tub de raigs catòdics o CRT, (acrònim anglosaxó de Cathodic Ray Tube). Allí és on es genera un estret feix d'electrons que, convenientment desviat, incideix sobre una substància fluorescent, tot produint llum. En la Figura 1 es poden apreciar els diferents elements que constitueixen el tub. Aquests components estan allotjats a l'interior d'un recipient de vidre en forma d'embut, en el qual s'ha aconseguit una pressió molt baixa. L'extrem més ample està recobert per una fina capa de material fluorescent que constitueix la pantalla. A la part estreta del tub hi ha el canó d'electrons, que envia un fi pinzell d'electrons ràpids i amb velocitats molt semblants. Els elements més importants del canó són:

- el filament (f), que és travessat per un corrent elèctric i s'escalfa per electe Joule.
- el càtode (K), que s'escalfa indirectament pel filament, i emet electrons per emissió termoiónica.
- la reixeta (G), que es troba a un potencial elèctric negatiu respecte al càtode, per la qual cosa pot frenar els electrons i així regular la lluminositat de la pantalla.
- una sèrie d'ànodes (A_1, A_2, \dots), que acceleren els electrons.
- les plaques de desviació horitzontal (x) i vertical (y). Quan se'ls aplica una diferència de potencial, les plaques desvien el feix i així els electrons incideixen en diferents punts de la pantalla.

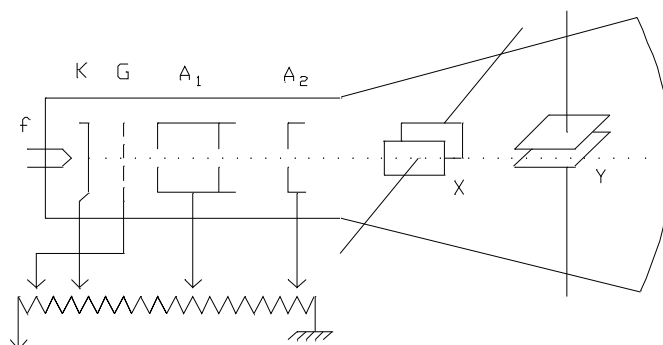


Figura 1: Tub de raigs catòdics.

Si s'aplica una tensió alterna a las plaques de desviació vertical (y), el feix de llum es mou repetidament cap amunt i cap avall, damunt una recta vertical. Si la freqüència és suficientment alta, la vista humana

no pot seguir el el punt lluminós de la pantalla.

A causa de la presència de llum només s'aprecia una línia vertical contínua. Per poder observar la forma de la tensió aplicada, cal desplaçar, de forma simultània i a velocitat constant, el punt lluminós en sentit horitzontal. Per aconseguir-ho, es connecten les plaques de desviació horitzontal (x) a una tensió que augmenta, de forma gradual i uniforme, des de zero fins a un valor màxim, i des d'allí torna ràpidament a zero. Aquest tipus de tensió elèctrica s'anomena **dent de serra**, vegeu la Figura 2. El circuit que subministra aquesta tensió és intern i s'anomena circuit d'escombrada. La freqüència a la que "s'escombra" la pantalla en la direcció horitzontal proporciona una base de temps per a les posterior mesures.

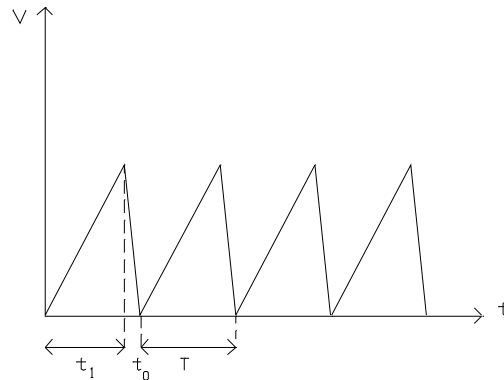


Figura 2: Tensió tipus dent de serra.

Si la tensió que es vol analitzar és periòdica, es pot obtenir una imatge permanent en la pantalla sempre que la seva freqüència sigui un submúltiple enter de la freqüència d'escombrada. Sinó, el feix lluminós no recorre sempre el mateix camí i la imatge es desplaça en cada escombrada. D'altra banda, cal sincronitzar el senyal extern aplicat a les plaques de desviació vertical; això s'aconsegueix mitjançant un circuit auxiliar intern anomenat circuit de sincronització.

El número de controls que pot tenir un oscil·loscopi, així com el seu disseny, varia d'un model a un altre. En el laboratori hi ha dos models diferents d'oscil·loscopis:

- HM 303-4
- HM 303-6

A continuació es descriuen els principals comandaments d'aquests dos models.

3.1 Oscil·loscopi: HM 303-4.

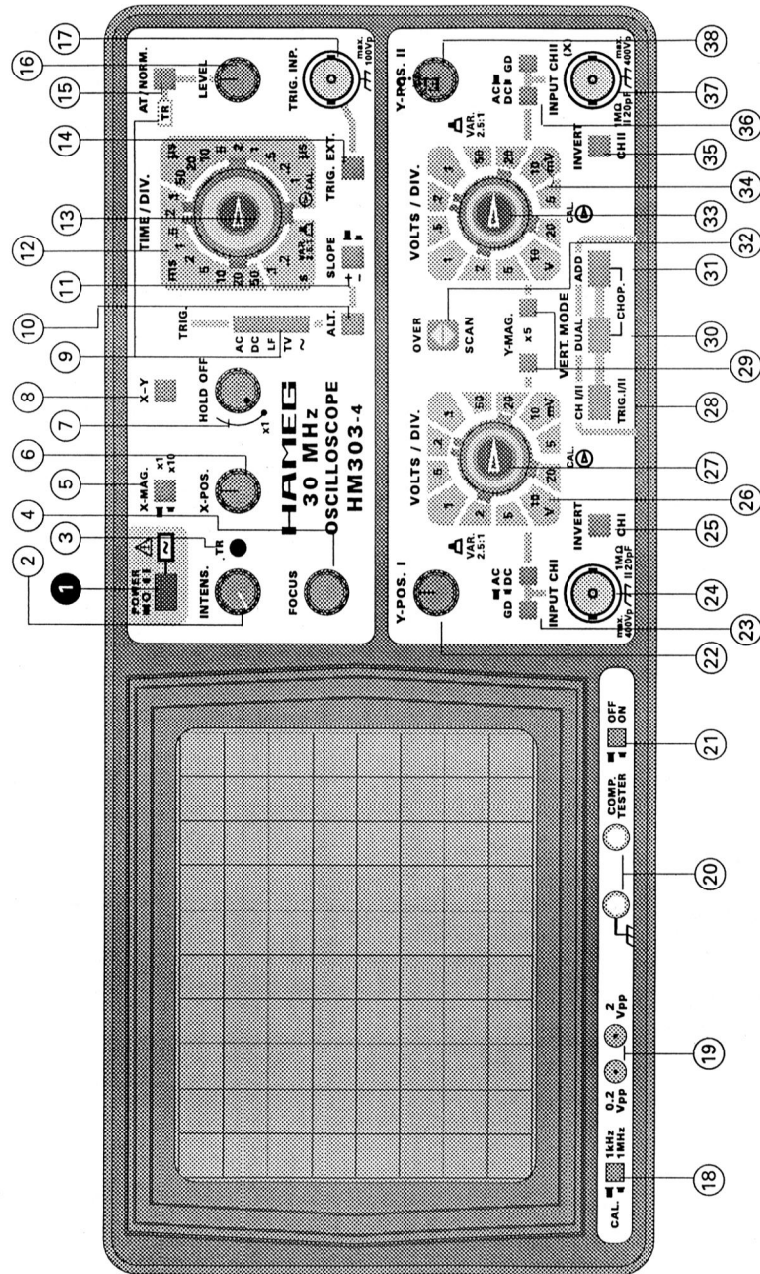


Figura 3: Esquema de l'oscil·loscopi HM 303-4

- 1.POWER: Interruptor de la xarxa.
- 2.INTENS.: Ajust de la intensitat lluminosa del feix.
- 4.FOCUS: Ajust de l'enfoc del feix.
- 5.X-MAG: Expansió de l'eix x un factor 10 (màxima resolució 10ns/div).
- 6.X-POS: Permet desplaçar horitzontalment el feix.
- 7.HOLD OFF: Permet ampliar el temps de hold off entre dos esdeveniments de trigger.
- 8.XY: L'escombrada horitzontal s'efectua a partir de l'entrada en el canal 2. Permet sumar perpendicularment els senyals dels dos canals.
- 9.TRIGGER: Permet seleccionar el mode trigger i el marge de freqüències.
Posició normal: AC.
- 10.ALT: Permet visualitzar de forma alternada el canal 1 i el canal 2.
- 11.SLOPE: Permet seleccionar el pendent de la disparada.
Sense polsar: positiu.
Polsat: negatiu.
- 12.TIME/DIV: Permet seleccionar la velocitat d'escombrada. Dóna l'interval de temps de cada cm o divisió.
- 13.VAR GAIN : Permet un ajust fi del temps d'escombrada. Per realitzar una mesura ha d'estar en posició de calibratge (al màxim cap a la dreta).
- 14.TRIG.EXT.: Permet el trigger o disparada amb un senyal extern addicional.
- 15.AT./NORM.: Posició sense polsar: Es dispara de forma automàtica sense necessitat d'aplicar cap tensió.
Posició polsat: Es dispara quan el senyal supera el nivell que es pot ajustar amb el botó LEVEL.
- 16.LEVEL: Permet ajustar el nivell per disparar.
- 17.TRIG.INP.: Entrada per poder efectuar el trigger amb un senyal extern.
- 22.Y-POS.I.: Permet ajustar la posició vertical del feix del canal 1.
- 23.GD-AC-DC I: Commutador d'acoblament del senyal del canal 1.
Posició normal: DC.
- 24.INPUT CH I: Entrada del senyal del canal 1.
- 25.INVERT CH I: Permet invertir el senyal del canal 1.
- 26.VOLTS/DIV I: Permet ajustar l'escala vertical pel canal 1. S'expressa en volts per divisió o cm.
- 27.VAR.GAIN I: Permet un ajust fi de l'amplitud del senyal del canal 1.
- 28.CH I/CH II: Permet seleccionar el canal que es visualitza.
Posició sense polsar: funciona el canal 1 i es dispara des d'aquest mateix canal.
Posició polsat: funciona el canal 2 i es dispara des d'aquest mateix canal.

- 30.DUAL: Posició sense polsat: monocanal.
Posició polsat: dos canals en commutació alterna.
- 31.ADD: Posició sense polsat: no actua.
Posició polsat: suma algebraica dels senyals dels canals 1 i 2. En combinació amb la tecla INVERT permet obtenir la diferència.
- 33 VAR.GAIN II: Permet un ajust fi de l'amplitud del senyal del canal 2.
- 34.VOLTS/DIV II: Permet ajustar l'escala vertical pel canal 2. S'expressa en volts per divisió o cm.
- 35.INVERT CH II: Permet invertir el senyal del canal 2.
- 36.GD-AC-DC II: Commutador d'acoblament del senyal del canal 2.
- 37.INPUT CH II: Entrada del senyal del canal 2.
- 38.Y-POS.II.: Permet ajustar la posició vertical del feix del canal 2.
Posició normal: DC.

3.2 Oscil·loscopi: HM 303-6.

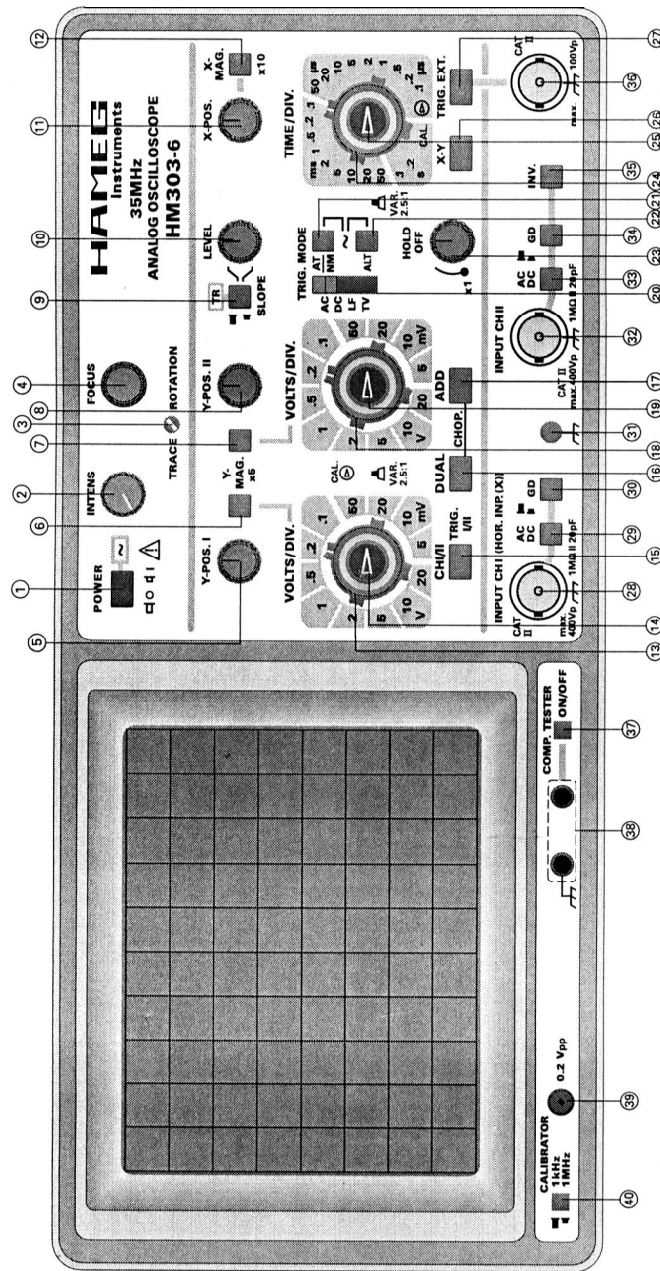


Figura 4: Esquema de l'oscil·loscopi HM 303-6

- 1.POWER: Interruptor de la xarxa.
- 2.INTENS: Ajust de la intensitat lluminosa del feix.
- 4. FOCUS: Ajust de l'enfoc del feix.
- 5.Y-POS.I.: Permet ajustar la posició vertical del feix del canal 1.
- 6.Y-MAG.I.: Expansió de l'eix y del canal 1 en una factor 5.
- 7.Y-MAG.II.: Expansió de l'eix y del canal 2 en una factor 5.
- 8.Y-POS.II.: Permet ajustar la posició vertical del feix del canal 2.
- 9.SLOPE: Permet seleccionar el pendent de la disparada.
- 10.LEVEL: Permet ajustar el nivell per disparar.
- 11.X-POS: Permet desplaçar horitzontalment el feix.
- 12.X-MAG: Expansió de l'eix x un factor 10 (màxima resolució 10ns/div).
- 13.VOLTS/DIV: Permet ajustar l'escala vertical pel canal 1. S'expressa en volts per divisió o cm.
- 14.VAR.GAIN I: Permet un ajust fi de l'amplitud del senyal del canal 1.
- 15.CH I/CH II: Permet seleccionar el canal que es visualitza.
Posició sense polsar: Funciona el canal 1 i es dispara des d'aquest mateix canal.
Posició polsat: Funciona el canal 2 i es dispara des d'aquest mateix canal.
- 16.DUAL: Posició sense polsat: monocanal.
Posició polsat: dos canals en commutació alterna.
- 17.ADD: Posició sense polsat: no actua.
Posició polsat: suma algebraica dels senyals dels canals 1 i 2. En combinació amb la tecla INVERT permet obtenir la diferència.
- 20.TRIGGER MODE: Permet seleccionar el mode trigger i el marge de freqüències.
Posició normal: AC.
- 21 AT./NORM: Posició sense polsar: es dispara de forma automàtica sense necessitat d'aplicar cap tensió.
Posició polsat: es dispara quan el senyal supera el nivell que es pot ajustar amb el botó LEVEL.
- 22.ALT: Permet visualitzar de forma alternada el canal 1 i el canal 2.
- 23.HOLD OFF: Permet ampliar el temps de hold off entre els períodes de disparada.
- 24.TIME/DIV: Permet seleccionar la velocitat d'escombrada. Dóna l'interval de temps de cada cm o divisió.
- 25.VAR GAIN : Permet un ajust fi del temps d'escombrada. Per realitzar una mesura ha d'estar en posició de calibratge (al màxim cap a la dreta).
- 26.XY: L'escombrada horitzontal s'efectua a partir de l'entrada en el canal 2. Permet sumar perpendicularment els senyals dels dos canals.
- 27.TRIG.EXT.: Permet el trigger o disparada amb un senyal extern addicional.

- 28.INPUT CH I: Entrada del senyal del canal 1.
- 29.AC-DC: Commutador d'acoblament del senyal del canal 1.
- 30.GD: Entrada desconnectada del senyal 1.
- 32.INPUT CH II: Entrada del senyal del canal 2.
- 33.AC-DC: Commutador d'acoblament del senyal del canal 2.
- 34.GD: Entrada desconnectada del senyal 2.
- 35.INV: Inverteix el senyal 2.
- 36. TRIG.EXT: Entrada d'un senyal extern addicional per poder efectuar el trigger.

4 Mètode experimental

4.1 Calibració de freqüències.

Connecteu la sortida del generador de freqüències GF-1000c a l'entrada del canal 1 (CH I) de l'oscil·loscopi.

Inseriu un dels terminals al punt central de l'entrada dentada, i l'altre a la presa marcada amb GND (acrònim de la paraula GROUND, terra o massa), immediatament a la dreta de l'anterior.

Selecioneu 50 Hz en el generador de freqüències. Ajusteu l'escala horitzontal de temps (TIME/DIV) fins obtenir un senyal d'uns quants centímetres a la pantalla de l'oscil·loscopi. Utilitzeu els comandaments POSITION-X i POSITION-Y per centrar el senyal.

Per calcular el període del senyal a la pantalla de l'oscil·loscopi ho podeu fer de dues maneres. Primer ajusteu l'escala de temps fins que pràcticament només aparegui una oscil·lació a la pantalla determineu, en cm, la distància entre dos màxims consecutius i després multipliqueu aquesta lectura pel valor en temps d'un centímetre (tot mirant el dial de l'escala de temps, TIME/DIV). Després ajusteu l'escala de temps (TIME/DIV) fins que apareguin quatre o cinc oscil·lacions completes, determineu el temps de totes les oscil·lacions -utilitzant el mateix procediment que abans- i finalment dividiu entre el número d'oscil·lacions mesurades. Observeu que cada centímetre de la pantalla té 5 divisions (de 0,2 cm).

Repetiu el procediment anterior per freqüències del generador de 100, 300, 500, 1000, 5000 10000 i 50000 Hz.

5 Resultats

5.1 Calibració de freqüències.

- Construïu una taula amb dues columnes: l'una amb les freqüències del generador i l'altra per les freqüències obtingudes a partir de les mesures de l'oscil·loscopi.
- Representeu gràficament els resultats del calibratge de freqüències. A les abscisses la freqüència del generador i a les ordenades la freqüència determinada a partir de la lectura de l'oscil·loscopi. Ajusteu aquests punts a una recta mitjançant una regressió lineal. Determineu els coeficients d'aquesta recta així com el coeficient de correlació.
- **Comenteu els resultats obtinguts. De quina manera el pendent de la recta i l'ordenada a l'origen de la recta que hem determinar ens indiquen el resultat del calibratge? Què ens indica el valor del coeficient de correlació de la recta?**

6 Qüestions

1. Per què la pressió de l'aire o gas a l'interior del tub de raigs catòdics ha de ser molt baixa?
2. Descriuiu breument la funció dels controls de l'oscil·loscopi que heu utilitzat.
3. Dibuixeu la forma de l'ona que apareix en la pantalla d'un oscil·loscopi, si s'aplica una tensió sinusoidal de 30 V i 50 Hz a l'entrada CH 1 i el comandament de l'escala vertical (VOLT/DIV) i el d'escombrada horitzontal (TIME/DIV) es fixen en els següents valors:
 - a) 20V/cm y 10 ms/cm
 - b) 10 V/cm y 20 ms/cmSuposa que la pantalla de l'oscil·loscopi té 10 cm d'amplada.