

Pràctica 3. Instruments de laboratori: Generador de funcions i Oscil·loscopi

INTRODUCCIÓ

En aquesta segona pràctica d'instruments s'introdueixen el generador de funcions (GF) i l'oscil·loscopi (OSC). Els instruments dels que es disposa als laboratoris 129, 226 i 230 de l'EETAC figuren a la Taula 1 i els manuals corresponents estan disponibles en aquest [enllaç](http://taupres.upc.es/labseetac/manuals-instrumentacio/)¹. Com en la primera, per a cada instrument es fa una descripció general. A banda, la pràctica consta d'un estudi previ (qüestions P1 a P5), un treball experimental (qüestions E1 a E5) i un treball complementari que inclou tant estudi previ (qüestió TC1) com treball experimental (qüestió TC2).

Taula 1. Instruments disponibles al laboratori.

Instruments	LAB 129B	LAB 226B	LAB 230B
FA	Promax FAC662B	Promax FAC662B	HAMEG HM7042-5
MD	ISO-TECH IDM 203	ISO-TECH IDM 203	Promax MD-200B
GF	Promax GF-232	Promax GFD-917/GF-941	ISO-TECH GFG-8255A
OSC	Agilent DSO3102A/54622D	Agilent 54622D	Agilent DSO3102A

El generador de funcions (GF)

Un GF produeix senyals que poden utilitzar-se per al test de components, circuits i sistemes electrònics. Les formes d'ona habituals són la triangular, la quadrada i la sinusoidal, disponibles en una sortida principal i seleccionables una a una. A més, és habitual que hi hagi una sortida addicional de polsos digitals TTL/CMOS. Solen comptar també amb una entrada per a modular la sortida principal mitjançant senyals interns o externs. S'incorporen, a més, controls per a ajustar l'amplitud, nivell de continua (offset), freqüència i cicle de treball dels senyals generats. Per últim, la impedància interna de la sortida principal sol ser de 50 Ω . La Figura 1.a mostra un model circuital de la sortida principal on pel terminal de referència (terminal baix) s'utilitza el símbol del terra (de la instal·lació elèctrica). Això vol dir que existeix una connexió física (a través del cable d'alimentació) entre el terra elèctric i el terminal baix de sortida del GF (massa, que també està connectada al xassís de l'instrument).

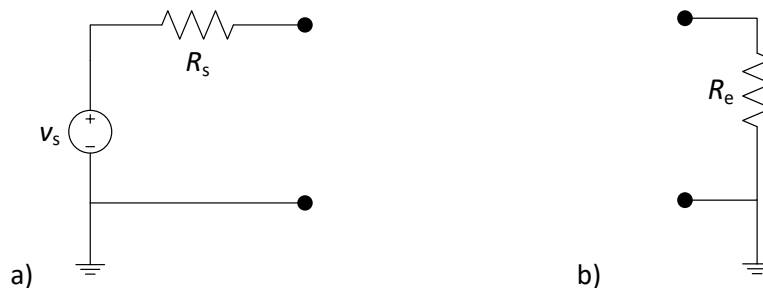


Figura 1. a) Model circuital de la sortida principal d'un GF. b) Model circuital de l'etapa d'entrada de l'OSC.

¹ <http://taupres.upc.es/labseetac/manuals-instrumentacio/>

L'oscil·loscopi (OSC)

L'OSC és un instrument que mostra l'evolució temporal d'una tensió elèctrica (mode Y-T). També té l'opció de representar un senyal en funció d'un altre (mode X-Y). N'hi ha de dos tipus: analògics i digitals. Aquí descriurem els digitals, ja que són els més utilitzats actualment i els disponibles als laboratoris.

La Figura 2 mostra l'esquema de blocs d'un OSC digital. El senyal a visualitzar es connecta a una de les entrades de la secció vertical, sent la secció d'adquisició de dades l'encarregada de prendre mostres del senyal, digitalitzar-les i emmagatzemar-les. La secció vertical disposa almenys de 2 entrades per permetre la visualització simultània de diferents senyals. La secció horitzontal és l'encarregada de marcar la cadència de mostreig. Quan el nombre de mostres és suficient, la secció de visualització les representa a la pantalla. La pantalla, a la seva vegada està dividida en quadrícules, havent 8 divisions en sentit vertical i 10 en sentit horitzontal. En el mode Y-T, l'amplitud del senyal es correspon amb l'eix vertical, mentre que l'eix horitzontal es correspon amb el temps.

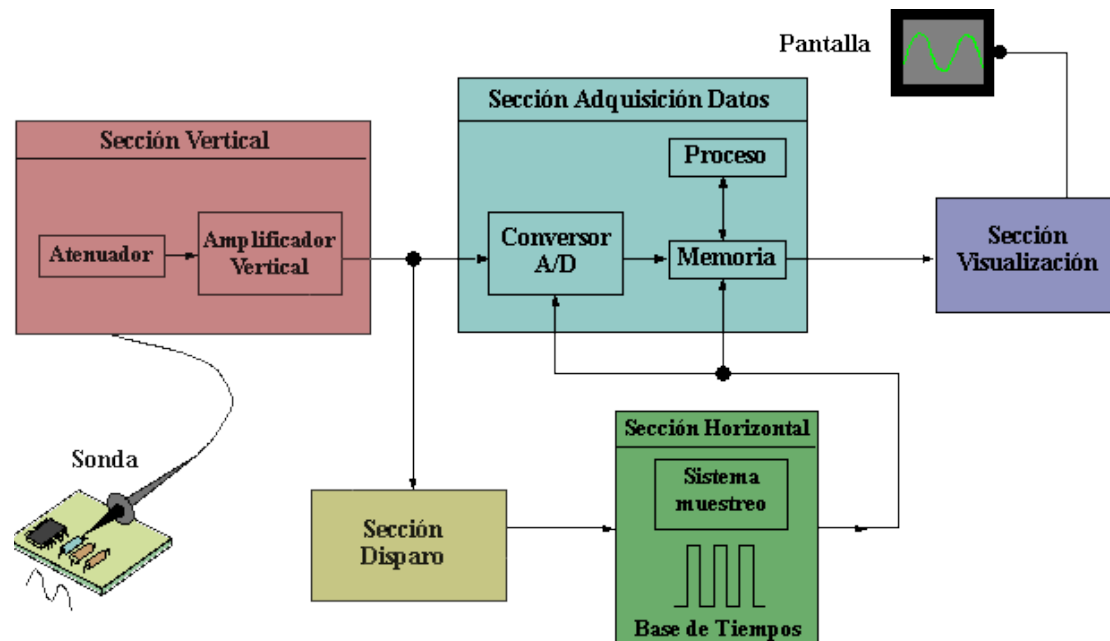


Figura 2. Esquema de blocs d'un OSC digital²

Per tal de seguir l'evolució "en temps real" del senyal representat, la imatge a la pantalla s'ha d'anar actualitzant amb noves mostres. Per a senyals periòdics, si la freqüència i amplitud del senyal no canvien, la nova traça (paquet de mostres capturades) hauria de ser coincident amb l'anterior a fi de que l'ull humà tingui la sensació d'una imatge "fixa" a la pantalla. D'altra manera les traces no seran coincidents i el senyal s'anirà "movent", resultant molest i dificultant enormement la seva interpretació, per exemple per a la mesura de l'amplitud i la freqüència. La secció de sincronisme o disparament (trigger, en anglès) és l'encarregada d'aconseguir aquesta correcta visualització. A tal fi, la nova traça ha de començar en el mateix punt o instant que

² Imatge extreta de <http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/22/ayuda/>

l'anterior traça, definit aquest punt per un determinat nivell i flanc (ascendent o descendent) del senyal. Aquest punt de sincronisme o disparament (nivell i flanc) s'assigna a un punt de l'eix horitzontal de la pantalla (trigger position), per defecte el punt central. Com que les mostres estan emmagatzemades, a la pantalla també es representen les mostres d'abans del disparament, de tal manera que s'utilitza tota la amplada de la pantalla. La posició horitzontal del punt de disparament també es pot moure a esquerra o dreta.

A fi de representar el senyal d'una forma adient, no només pel que fa al correcte sincronisme de les traces, l'OSC disposa de tres tipus de controls bàsics en referència a la Figura 2, a saber:

- Controls de la secció vertical:

Es pot seleccionar l'escala (volts per divisió) i la posició de la referència de massa. L'OSC ajusta l'escala internament variant l'atenuació (de forma similar a com vàrem descriure pel MD) i/o amplificació de la secció del canal vertical (Figura 2). A més, es pot seleccionar l'acoblament d'entrada entre DC, AC i GND. L'acoblament DC permet el pas de tot el senyal (a diferència del que passa en un MD), l'acoblament AC n'elimina el component continu (igual que en un MD) i l'acoblament GND desconnecta el senyal d'entrada i connecta el terminal d'entrada a massa (coincidint, doncs, amb la posició de la referència de massa).

- Controls de la secció horitzontal:

Es pot seleccionar l'escala temporal (temps per divisió) i la posició del punt de disparament respecte al centre.

- Controls de la secció de disparament o sincronisme:

- Selecció de la font de disparament. Entre d'altres, permet seleccionar quin dels canals verticals d'entrada s'utilitzarà per generar el punt de disparament.
- Nivell de disparament (Trigger Level). Selecciona el nivell de tensió per al qual es produeix el disparament.
- Flanc de disparament (Trigger Edge). Selecciona si el disparament es produeix quan el senyal està pujant (flanc de pujada) o baixant (flanc de baixada).
- Escombrat (Trigger sweep). Es pot escollir entre l'escombrat normal (NORMAL) o automàtic (AUTO). Amb l'escombrat AUTO, el senyal es representa ni que no es donen les condicions (nivell i flanc) de disparament. En canvi, amb l'escombrat NORMAL, la representació del senyal només tindrà lloc si es compleixen les condicions. Així, per a la captura de senyals no periòdics, com per exemple un senyal esglaó, s'ha d'utilitzar l'escombrat NORMAL. Per a senyals continus, en canvi, s'ha d'utilitzar l'escombrat AUTO. Per senyals periòdics ambdós tipus d'escombrats són adients, excepte quan el senyal és de molt baixa freqüència, (inferior a unitats de Hertz), on s'ha d'utilitzar l'escombrat NORMAL.

Adicionalment poden haver altres tipus de controls, per exemple per a facilitar les mesures del senyals (amplitud pic a pic, freqüència, període...).

D'altra banda, la impedància d'entrada, igual que en els MD, està composta d'una resistència R_e en paral·lel amb una capacitat d'uns pocs picofaradis. Un model circuital simple de l'etapa d'entrada es representa a la Figura 1.b, on només s'utilitza R_e i pel terminal de referència (terminal baix) s'utilitza el símbol del terra, ja que físicament estan connectats (excepte en oscil·loscopis portàtils). Això vol dir que quan utilitzem un GF i un OSC que tinguin ambdós els terminals de referència connectats al terra, haurem de connectar-los físicament al mateix punt per tal de no provocar un curtcircuit involuntari. No passa el mateix quan utilitzem un instrument amb sortida o entrada flotant (per exemple FA i MD). En aquest cas, el terminal de referència de l'instrument es pot connectar on es vulgui. Una manera d'augmentar la impedància d'entrada i, per tant, reduir l'efecte de càrrega d'un OSC és utilitzar sondes però la seva descripció queda fora de l'àmbit d'aquesta pràctica.

En el mode de visualització X-Y, un OSC permet la representació d'un senyal en funció d'un altre, el que pot ser d'utilitat quan es vol representar per exemple el senyal de sortida d'un sistema electrònic respecte al senyal que s'injecta. Els dos senyals s'introdueixen per canals diferents de l'OSC.

Estudi Previ

Respecte al GF:

- P1. Llegiu la introducció del GF d'aquest guió i el manual de l'instrument que trobareu [aquí](#)³ (per saber el model, consulteu la Taula 1) i contesteu a les següents qüestions:
 - a. Respecte a la sortida principal, anoteu les formes d'ona, amplitud i offset màxims (en circuit obert i sobre una càrrega de 50 Ω), marge de freqüències i impedància de sortida.
 - b. Indiqueu com aconseguir una atenuació addicional de 20 dB i, si és el cas, de 40 dB en el senyal de la sortida principal. Indiqueu també quina atenuació significa 20 dB i 40 dB en escala lineal.
- P2. Considerant un senyal sinusoidal de 6 V d'amplitud pic positiu a pic negatiu (abreujat com de "pic a pic" en el futur i expressat com V_{pp}), freqüència 1 kHz i valor mig (offset, component contínua) d'1 V es demana que:
 - a. El dibuixeu, indicant el període i els valors màxim i mínim.
 - b. Obtingueu la seva expressió algebraica.
 - c. Descriviu els ajustos que heu de realitzar al GF.

³ Pel **Promax GF-232** es recomana: apartats 1, 2 i del 3 els subapartats 3.1 (descripcions [1]-[5], [9]-[13], [16] i [17]), 3.2.1, 3.2.2 i 3.3.1. Pels **Promax GFD-917/GF-941**: apartats 1, 3, 4.1 (descripcions [1]-[6], [10]-[14], [21]/[20] i [26]), 4.2 i 4.3.1. Pel **ISO-TECH GFG-8255A**: apartats 2, 3 (les corresponents al vostre model i a la sortida principal 1.Main), 4 (descripcions 1, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 12a, 13 i 22) i 5 (subapartats 5-1 a 5-4 i 5-9).

Respecte a l'OSC:

P3. Llegiu la introducció del OSC d'aquest guió i el manual de l'instrument que trobareu [aquí](#)⁴ (per saber el model, consulteu la Taula 1) i contesteu a les següents qüestions:

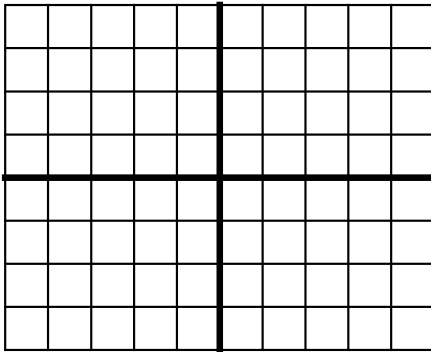
- a. Justifiqueu quin escombrat (normal o auto) és adient per:
 - senyals continus.
 - senyals no periòdics, com per exemple un esglaó.
 - senyals periòdics.
- b. Busqueu al manual de l'OSC les condicions que ha de complir el senyal a visualitzar per a que el botó d'AUTOSCALE sigui efectiu. És adient utilitzar-lo per senyals continus i de baixa freqüència?
- c. Al manual de l'OSC busqueu⁵
 - Secció vertical: nombre de canals, marge/rang, modes d'acoblament i impedància d'entrada (resistència i capacitat)
 - Secció horitzontal: marge/rang
 - Mesures automàtiques de tensió i de temps

P4. Es vol mesurar amb l'OSC el senyal de la qüestió P2 generat pel GF

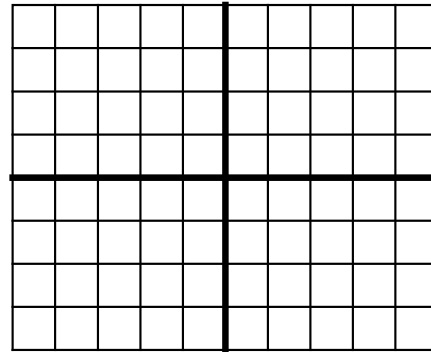
- a. Indiqueu les connexions que heu de realitzar entre ambdós instruments.
- b. Representeu el circuit equivalent utilitzant pel GF el model de la Figura 1.a amb el valor de resistència trobat a la qüestió P1.a i per a l'OSC el model de la Figura 1.b amb el valor de resistència trobat a la qüestió P3.c.
- c. Obteniu l'expressió algebraica i numèrica de la tensió a l'entrada de l'OSC en funció de la tensió generada pel GF. Compareu-la amb l'obtinguda a la qüestió P2.b i comenteu si l'efecte de càrrega de l'OSC és significatiu.
- d. Representeu a la quadrícula esquerra de la pàgina següent el senyal que es visualitzarà a l'OSC amb la següent configuració
 - Secció vertical: escala 1 V/div, referència de massa centrada, acoblament DC.
 - Secció horitzontal: escala 100 µs/div, posició centrada del punt de disparament.
 - Secció de disparament (trigger): nivell d'1 V i flanc de pujada.
- e. Repetiu l'apartat anterior a la quadrícula de la dreta amb la mateixa configuració per l'OSC excepte els següents canvis:
 - Secció vertical: acoblament AC.
 - Secció de disparament: nivell de 0 V.
- f. Expliqueu la diferència principal entre l'acoblament DC o AC del canal vertical.

⁴ Pel model **Agilent DSO3102A** es recomana la lectura dels capítols 1, 2 (excepte el tema de la FFT), 3 (apartats "adjusting the trigger level", "adjusting the trigger mode: set up edge triggers" i "Setting other trigger parameters") i 4. Pel **Agilent 54622D**, exceptuant el que fa referència a senyals digitals, es recomanen els capítols 3 (apartats "To select a trigger mode" i "To use edge triggering"), 4 (apartats "To setup the analog channels" i "To setup the horizontal time base") i 5 (apartats "Cursor measurements" i "Automatic measurements").

⁵ Capítol 7 del manual pels models Agilent DSO3102A i 54622D



Apartat d



Apartat e

- g. Utilitzeu el programari Proteus per simular el GF amb el senyal esmentat i l'OSC configurat segons els apartats d i e, tot connectant-los⁶. Comproveu que els senyals visualitzats es corresponguin amb els que heu representat a les quadrícules.
- P5. S'utilitza el MD per a mesurar el senyal de la qüestió P2 generat pel GF
- Torneu a llegir la introducció al MD de la pràctica 1 i en especial l'apartat "convertidor alterna-contínua".
 - Indiqueu les connexions que heu de realitzar entre ambdós instruments.
 - Representeu el circuit equivalent modelant el GF com a la qüestió P4.b i el MD com ho vàreu fer a la pràctica 1 per a la mesura de tensions.
 - Obteniu l'expressió algebraica i numèrica de la tensió a l'entrada del MD en funció de la tensió generada pel GF. Compareu-la amb l'obtinguda a la qüestió P2.b i comenteu si l'efecte de càrrega del MD és significatiu.
 - Descriviu com configureu el MD (funció de mesura i escala) per a mesurar separatament la component contínua i alterna del senyal i doneu les lectures respectives que proporcionarà el MD.
 - Comproveu els resultats anteriors amb el programari Proteus⁷, tot anotant-los. Tingueu en compte que, a diferència de l'instrument real, el AC VOLTMETER del Proteus té en compte tant la component contínua com la alterna, i el valor que indiqui hauria de coincidir amb la següent expressió ja proporcionada en la introducció al MD de la pràctica 1, apartat "convertidor alterna-contínua": $V_{ef} = \sqrt{V_{dc}^2 + V_{ac}^2}$.

⁶ A la paleta d'instruments disposeu tant d'un GF (signal generator) com d'un OSC virtuals. No obstant, el GF no permet afegir una tensió contínua per la qual cosa s'ha d'utilitzar el dispositiu VSINE de la paleta de components o bé el dispositiu SINE de la paleta de generadors. Tant el dispositiu SINE com l'OSC, només disposen d'un terminal (en el cas de l'OSC per cadascun dels 4 canals) ja que l'altre es troba connectat implícitament a massa. En el cas d'utilitzar VSINE com a generador connectarem el terminal baix a un terminal de massa.

⁷ A la paleta d'instruments disposeu dels instruments virtuals DC VOLTMETER i AC VOLTMETER per a mesurar les components contínua i alterna del senyal de tensió, respectivament.

Treball experimental

- E1. Genereu amb el GF el senyal de la qüestió P2 i visualitzeu-la a l'OSC configurat com a la qüestió P4.d⁸. Repetiu-ho amb la configuració de la qüestió P4.e. Comproveu que concorda amb els resultats de l'estudi previ.
- E2. S'experimentarà ara amb diferents controls de l'OSC (configurat com a P4.e). A tal fi:
- Utilitzant les mesures automàtiques, obteniu l'amplitud pic a pic i la freqüència del senyal. Comproveu que coincideix amb l'esperat.
 - A la secció de disparament seleccioneu un flanc de baixada i un nivell de 2 V. Representeu i justifiqueu el senyal visualitzat.
 - Comproveu si hi ha diferències entre l'escombrat NORMAL i AUTO de l'OSC.
 - Pugeu el nivell de disparament a 4 V i justifiqueu el que s'obté amb l'escombrat NORMAL i AUTO.
 - Torneu a posar el nivell de disparament a 0 V i un flanc de pujada. Seleccioneu com a font de disparament el canal II. Justifiqueu el que s'obté amb l'escombrat NORMAL i AUTO.
 - Accioneu el botó AUTOSCALE, anoteu com queda configurat l'OSC i compareu-ho amb les configuracions de les qüestions P4.d i P4.e.
 - Seleccioneu l'acoblament del canal vertical en GND (o Terra). La línia contínua que apareix a la pantalla coincideix amb el símbol que indica la posició vertical de la referència de massa (0 V). Amb el comandament de posició del canal vertical podeu moure la massa a qualsevol altra posició vertical de la pantalla.
- E3. Desconnecteu el GF de l'OSC i connecteu-lo al MD. Realitzeu les lectures de tensió en DC i en AC i comproveu que concorden amb els resultats teòrics de la qüestió P5.e.
- E4. Genereu un senyal de 5 V amb la FA i visualitzeu-lo amb l'OSC amb l'escombrat AUTO.
- Justifiqueu la tensió obtinguda amb el canal vertical configurat a una escala de 2 V/div i l'acoblament en DC i en AC.
 - Amb l'acoblament en DC, seleccioneu l'escombrat NORMAL i intenteu visualitzar el senyal seleccionant un nivell adient de disparament. Justifiqueu el que passa.
 - Comproveu i justifiqueu si el botó d'AUTOSCALE és adient per senyals continus.
 - Torneu a visualitzar el senyal amb l'acoblament vertical en DC, l'escombrat AUTO i la base de temps a 0,2 s/div. Varieu de forma ràpida la tensió de la FA i observeu la pantalla de l'OSC.
- E5. Comproveu si el GF i l'OSC són flotants mesurant la resistència entre el terminal baix de cada instrument el terminal de terra d'un dels endolls. En cas de dubte, pregunteu al vostre professor.

⁸ Via el menú del canal vertical es pot seleccionar amb l'opció "probe" o "sonda" diferents factors multiplicadors. Aquesta opció s'utilitza amb sondes atenuadores d'oscil·loscopi que no es faran servir en aquest curs. Per tant, sempre haureu de tenir el factor multiplicatiu configurat a $\times 1$.

Treball complementari

- TC1. Respecte al circuit de la Figura 3, es connecta el GF a l'entrada (v_i) i un instrument de mesura (OSC o MD) a la sortida (v_o). El GF genera el senyal de la qüestió P2.
- Dibuixeu el circuit equivalent incloent els models dels instruments pels següents dos casos: 1) a la sortida es connecta l'OSC i 2) a la sortida es connecta el MD.
 - Pels dos casos, calculeu v_o algebraicament i numèricament per $R_1 = R_2 = 1 \text{ k}\Omega$.
 - En el cas de visualitzar el senyal amb l'OSC, justifiqueu com afectarà l'acoblament (DC/AC) del canal vertical.
 - Doneu les lectures de tensió del MD tant en DC com en AC.
 - Repetiu l'apartat b per $R_1 = R_2 = 1 \text{ M}\Omega$.
 - Comproveu amb el programari Proteus els resultats obtinguts, tenint en compte que la resistència de sortida del GF i la d'entrada de l'OSC no estan incloses als instruments virtuals i que la del MD s'ha d'editar.
- TC2. Comproveu experimentalment la qüestió TC1. A tal fi:
- Munteu el circuit de la Figura 3 amb resistències d'1 k Ω i connecteu el GF a l'entrada i l'OSC a la sortida.
 - Visualitzeu el senyal v_o amb l'acoblament del canal vertical en AC i DC. Comproveu que concorda amb el previst.
 - Substituiu l'OSC pel MD i obteniu les lectures de tensió de v_o amb el MD tant en DC com en AC. Comproveu que concorden amb les teòriques.
 - Repetiu els apartats anteriors amb resistències d'1 M Ω .

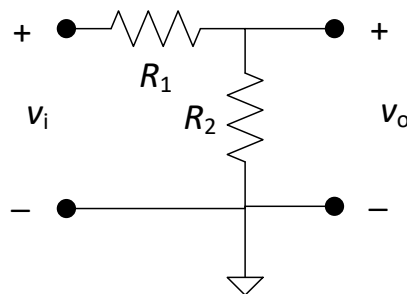


Figura 3. Divisor de tensió.