

# **FUNCIONS I SISTEMES ELECTRÒNICS**

## **Pràctica 1**

### **Mesura de Senyals Analògics**

Febrer 2023

Juan A. Chávez, Antoni Turó

# 1. Introducció i objectiu

Les pràctiques de Funcions i Sistemes Electrònics (FISE) serveixen per aprofundir en el coneixement dels conceptes teòrics apresos a les classes de teoria. Per tant, simulareu, muntareu i mesurareu al laboratori molts circuits que ja els haureu vist a classe de teoria.

La comprovació dels circuits la fareu a partir de la mesura dels seus senyals elèctrics mitjançant els instruments habituals d'un laboratori d'electrònica que ja heu utilitzat en cursos anteriors. Per tant, l'objectiu d'aquesta primera pràctica és fer un recordatori de l'ús d'aquests instruments bàsics.

Dos dels instruments més interessants són, d'una banda, el generador de funcions (o generador de formes d'ona) que permet generar senyals de prova per als circuits i, d'altra banda, l'oscil·loscopi que permet "veure", és a dir, obtenir la forma, amplitud i freqüència, dels senyals en els diferents nodes dels circuits. I per fer-ne un recordatori, mesurarem els principals senyals d'un sistema de mesura de distàncies basat en ultrasons al disseny i muntatge del qual tornarem a dedicar una bona part de les sessions de laboratori en la part final del curs. El diagrama de blocs del mesurador de distància es mostra en la Figura 1.

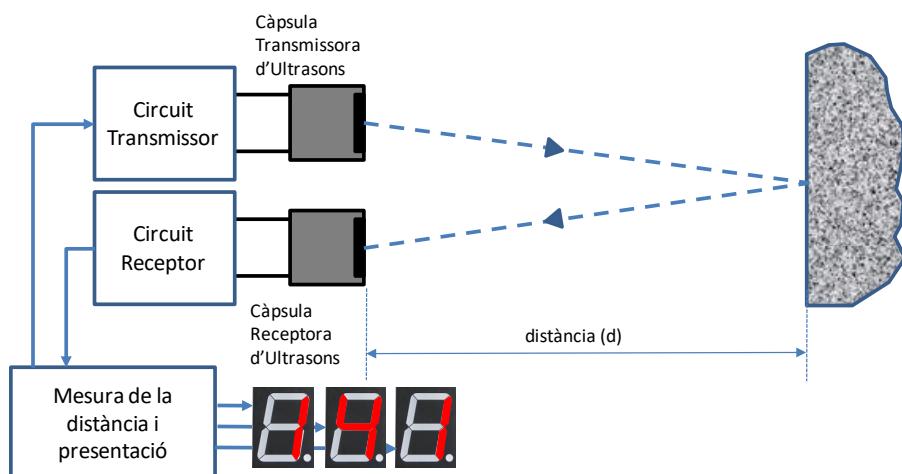


Figura 1. Esquema de funcionament del mesurador de distàncies.

Bàsicament, farem servir un principi ben conegut, quan fem que una càpsula transmissora d'ultrasons emeti a l'aire una ona sonora (o ultrasònica), qualsevol obstacle situat al seu davant produeix un eco degut a la reflexió de l'ona. La mesura del temps que triga en arribar aquest primer eco permet calcular la distància a la qual es troba el primer obstacle, ja que coneixem la velocitat de propagació dels sons i ultrasons a l'aire (aproximadament 340 m/s).

Per generar l'ona ultrasònica, s'ha d'entregar a la càpsula transmissora un senyal en forma de ràfega sinusoïdal (en anglès *burst*) d'uns quants cicles de 40 kHz, que és la freqüència a la qual treballen les càpsules que utilitzem en aquest curs. La ràfega que emet el transductor ha de tenir una duració finita per poder tenir una referència per a la mesura de temps, tal com es veu a la Figura 2. Es denomina temps de vol, *Time Of Flight* en anglès (TOF), al temps transcorregut entre l'emissió de la ràfega de sortida i l'arribada de l'eco reflectit a l'obstacle. La generació i la mesura d'aquests dos senyals elèctrics ens servirà per aprofundir en l'ús del generador de funcions i l'oscil·loscopi, així com per entendre el principi de funcionament en que es basa el mesurador de distància que muntarem al llarg del curs.

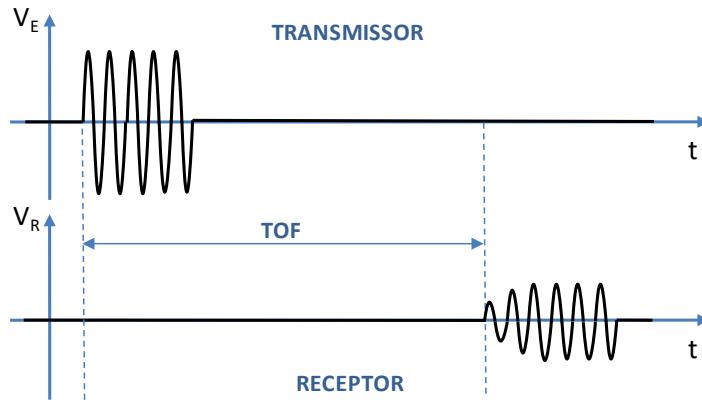


Figura 2. Temps de vol TOF, *Time of Flight*, d'un burst o salva d'ultrasons.

Com es pot veure les ones no són contínues en el temps, per “trobar-les” a l’oscil·oscopi haurem de fer servir l’ajustament del sincronisme de l’oscil·oscopi amb habilitat. Cal ressaltar que l’ús de la funció *AUTOSET* de l’oscil·oscopi segurament no serà útil ja que per al seu correcte funcionament és requereix una ona contínua amb una amplitud adequada, que no és el cas . També serà important saber com es poden generar les ràfegues amb el generador de formes d’ona per poder aplicar-les a la càpsula transmissora.

En el text hi ha una sèrie de qüestions que has de respondre a mesura que vagis fent les corresponents accions. Les qüestions que no es realitzin durant les dues hores de la sessió corresponent quedaran com a treball personal. L’informe, amb totes les qüestions resoltas, s’haurà de lliurar al professor o professora que imparteixi la pràctica per a la seva evaluació, com a molt tard, a l’inici de la següent pràctica.

## 2. Material necessari per a la realització de la pràctica

Per fer aquesta pràctica és necessari:

- **Portar de casa:** Placa de prototipatge, o *protoboard*, eines i components electrònics que ja teniu d’altres laboratoris d’assignatures d’electrònica anteriors.
- Un flexòmetre o un regle.
- Instruments del lloc de treball del laboratori C4S102A: Oscil·oscopi Tektronix TDS 1002 i Generador de Formes d’Ona Agilent/Keysight 33210A.
- Demanar al tècnic de laboratori la caixa amb els cables de connexió: BNC-BNC, BNC-banana, unifilars banana-banana, etc.
- Demanar al tècnic de laboratori les càpsules d’ultrasons.
- La documentació que trobareu a Atenea referent a aquesta pràctica.

### 3. Desenvolupament

#### 3.1. Generador de Formes d'Ona. Selecció de la impedància de terminació.

Molts generadors de formes d'ona (GF) actuals permeten informar a l'instrument del valor de la impedància que estem connectant a la seva sortida (en realitat, en la majoria dels casos, és una resistència ja que és una impedància sense part reactiva). A continuació veuràs per què és important configurar aquest valor i com fer-ho.

La primera mesura amb l'oscil·loscopi serà la del senyal de sortida que entrega el GF.

**ACCIÓ:** Connecta el GF al canal CH1 de l'oscil·loscopi utilitzant un cable coaxial BNC-BNC tal com mostra la Figura 3.

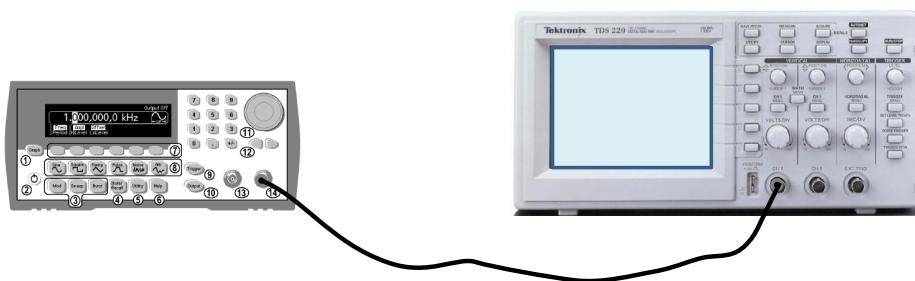


Figura 3. Mesura de la tensió de sortida del generador de formes d'ona.

**ACCIÓ:** Posa en marxa el GF i configura'l per generar un senyal sinusoïdal de 10 Vpp, 1 kHz de freqüència i tensió mitja de 0 V. NOTA: A partir d'ara, per indicar una valor de tensió de pic a pic posarem el valor i després les unitats com Vpp (l'amplitud del senyal és la meitat del valor anterior si s'especificaria en tensió de pic Vp).

**ACCIÓ:** Configura també l'opció *Output Termination* del GF com  $50\ \Omega$ . Heu d'anar a l'opció *Utility => Output Setup => Load* segons el procediment que es troba a la pàgina 47 del manual del Generador de Formes d'Ona 33210A.

**ACCIÓ:** Posa en marxa l'oscil·loscopi i configura el tipus d'acoblament i la sensibilitat vertical del CH1 (VOLTS/DIV), la base de temps (SEC/DIV) per veure correctament el senyal en la pantalla, per exemple, que es vegin 3 o 4 períodes en el sentit horitzontal i que l'excursió de pic a pic ocupa la major part de la pantalla en el sentit vertical.

**Qüestió 1.1:** Quin és el valor pic a pic que es mostra en el display del GF (cal tornar a prémer la tecla *Sine* del GF i després triar l'opció *Amp*)? Quin valor de pic a pic té la tensió mesurada a l'oscil·loscopi? Coincideixen?

**ACCIÓ:** Canvia la configuració de l'opció *Output Termination* del GF a "High Z".

**Qüestió 1.2:** Quin és el valor pic a pic que presenta el display del GF i el mesurat amb l'oscil·loscopi? Coincideixen ara?

Per entendre perquè el display del generador de funcions dona el valor de pic a pic correcte, que és el mateix que el mesurat amb l'oscil·loscopi, només quan està ben configurada l'opció *Output Termination* del generador de funcions, hem d'estudiar el circuit equivalent del muntatge amb el generador i l'oscil·loscopi.

**ACCIÓ:** Obre el fitxer del manual del Generador de Formes d'Ona 33210A (la marca de l'instrument del laboratori és Agilent o Keysight perquè aquest fabricant d'instruments va canviar de nom fa uns anys). Ves a la pàgina 76 i llegeix atentament la secció *Output Termination*.

**Qüestió 1.3:** Quina és la resistència de sortida d'aquest l'instrument? Dibuixa el circuit equivalent del generador que inclogui una font de tensió i la resistència de sortida.

La terminació de sortida, *Output Termination*, és la impedància que es connecta a la sortida del GF. Per tant, la impedància d'entrada de l'oscil·oscopi.

**Qüestió 1.4:** Completa l'esquema elèctric de la qüestió 1.3 amb la impedància de càrrega, *Output Termination*. Dona l'expressió de la relació entre la tensió que cau a la impedància de càrrega i la tensió en circuit obert de la font interna de senyal.

**ACCIÓ:** Obre el fitxer del manual de l'oscil·oscopi Tektronix TDS1002. Ves a la pàgina 152 i busca l'especificació referida a la seva impedància d'entrada.

**Qüestió 1.5:** Quina és la resistència d'entrada d'aquest l'instrument? A partir de l'expressió obtinguda en la qüestió anterior, justifica els resultats obtinguts a les qüestions 1.1 i 1.2.

La configuració de la terminació de sortida, *Output Termination*, és per dir-li al GF quina és la impedància que connectem a la seva sortida. També l'anomenem impedància de càrrega, *Load Impedance*. Per tant, quan connectem una càrrega a la sortida del generador es forma un divisor de tensió entre la impedància de sortida del GF i la impedància de càrrega, que en aquest cas és l'oscil·oscopi.

I quan configurem el valor pic a pic d'un senyal al GF, el que fem es indicar que volem aquesta amplitud en la càrrega que hi connectem a la sortida. Per tant, el GF s'encarrega de calcular la tensió en circuit obert de la font interna de tensió necessària per aconseguir la tensió en la impedància de càrrega. Per aconseguir-ho necessita saber quina és la impedància de càrrega, *Output Termination*. És per això que és important configurar aquest valor en l'instrument.

**Qüestió 1.6:** Què passa si la configuració de l'opció *Output Termination* del GF no coincideix amb el valor de la impedància de càrrega que li hem connectat a la sortida? Justifica la resposta.

També és important saber:

*The output termination setting is stored in non-volatile memory and does not change when power has been off or after a remote interface reset (assuming the Power On state is set to default").*

Per tant, cada dia quan hagueu d'utilitzar el GF, heu de configurar-lo per que és possible que una altra persona hagi canviat la seva configuració des de la darrera vegada que el vàreu fer servir.

**ACCIÓ:** Connecta una càrrega de  $100 \Omega$  a la sortida del generador segons el diagrama de la Figura 4. Configura el GF amb el valor de la impedància de càrrega i per generar un senyal sinusoïdal de 4 Vpp, 40 kHz i DC de 2 V.

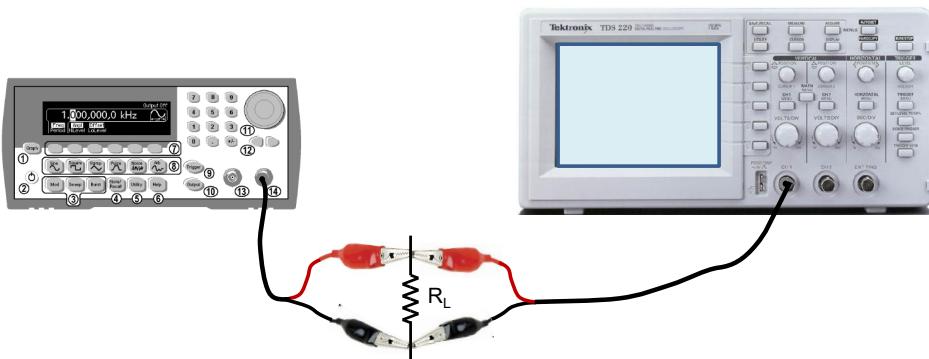


Figura 4. Connexió d'una resistència en la sortida del generador de senya i mesura de la tensió entre els seus terminals

**Qüestió 1.7:** Dibuixa el circuit equivalent d'aquest muntatge que ha d'incloure el circuit equivalent del GF, la resistència d'entrada de l'oscil·loscopi i la resistència  $R_L$ . Quin és el valor al qual s'ha de configurar l'opció *Output Termination* del GF?

**ACCIÓ:** Configura l'opció *Output Termination* del GF amb el valor de la impedància de càrrega obtinguda a la qüestió anterior. Configura també els comandaments de l'oscil·loscopi per a que es puguin mesurar correctament les característiques del senyal.

**Qüestió 1.8:** Mostra la captura de la pantalla de l'oscil·loscopi. El valor pic a pic i la freqüència del senyal es corresponen amb el senyal previst?

### 3.2. Generador de Formes d'Ona. Generació de ràfegues.

Ja hem comentat al començament d'aquesta pràctica que volem excitar transductors d'ultrasons i que, per fer-ho, necessitem senyal tipus ràfega, veure Figura 2. En anglès la ràfega s'anomena *burst*. Aquest és el nom que trobareu als manuals i als menús del GF.

**ACCIÓ:** Ves a la pàgina 55 del manual del generador i llegeix atentament la secció *To Output a Burst Waveform*.

**Qüestió 1.9:** Descriu les passes que s'han de seguir per aconseguir un senyal de sortida tipus *burst* de forma sinusoidal de 1 kHz, 1 Vpp, 2 cicles sinusoidals, un període de repetició de ràfegues de 10 ms i DC 0 V.

**ACCIÓ:** Connecta directament el generador amb l'oscil·loscopi segons la Figura 3. Segueix les passes que has descrit a la qüestió 1.8 per obtenir el senyal d'aquesta qüestió. No oblidis de també configurar correctament la impedància de càrrega al GF. **NOTA:** la pestanya del període de repetició de polsos només surt si el *trigger setup* està configurat amb la font interna de senyal de sincronisme. Si no veus aquesta pestanya selecciona: *trigger setup => Source => Int => Done*. Després de fer això ves cap a la pestanya del *Burst Period* i configura el seu valor amb 10 ms.

**ACCIÓ:** Prem la tecla *AUTOSET* de l'oscil·loscopi. Ajusta el comandament rotatori *LEVEL*, que es troba a la part més a la dreta del panell de l'oscil·loscopi, de forma que la petita fletxa que apareix a la part dreta de la pantalla quedi per sobre del punt màxim del senyal que es visualitza.

**Qüestió 1.10:** Què passa amb el senyal visualitzat en la pantalla?

Fixa't que per a senyals que no són d'ona contínua, com és el cas d'una ràfega, la tecla *AUTOSET* és de poca utilitat.

**ACCIÓ:** Ves a la pàgina 13 del manual de l'oscil·oscopi Tektronix i llegeix atentament la secció *Triggering*.

**Qüestió 1.11:** Per a què serveix el *trigger* de l'oscil·oscopi? Què passa quan no es configura correctament el *trigger*?

**Qüestió 1.12:** Explica quin procediment segueix l'oscil·oscopi per dibuixar les formes d'ona (quan comença, quan acaba, etc).

**Qüestió 1.13:** Perquè s'ha d'indicar el pendent (Slope) a més a més del nivell de tensió (Level) a la configuració del *trigger*?

**ACCIÓ:** Configura el sincronisme de l'oscil·oscopi **SENSE FER SERVIR L'AUTOSET** per a que el mostrat a la pantalla de l'oscil·oscopi sigui una imatge fixa i estable on aparegui una ràfega. La Figura 5 mostra la zona de l'instrument dedicada al *trigger*.



Figura 5. Menú de sincronisme (TRIGGER) de l'oscil·oscopi TDS 1002 de Tektronix.

**Qüestió 1.14:** Captura la pantalla de l'oscil·oscopi. Coincideix l'amplitud i la freqüència de la ràfega amb el senyal esperat? Com has configurat l'oscil·oscopi incloent el sincronisme?

**Qüestió 1.15:** Modifica la base de temps de l'oscil·oscopi per a que es pugui veure almenys dues ràfegues. Captura la pantalla de l'oscil·oscopi. Mesura el temps de repetició de ràfegues i digues si correspon amb l'esperat.

### 3.3. Càpsules d'ultrasons. Caracterització.

Amb el que ja sabeu dels instruments podem passar a caracteritzar les càpsules d'ultrasons transmissora i receptora, veure Figura 6, per entendre el principi de funcionament del mesurador de distància per ultrasons que utilitzareu durant aquest curs.

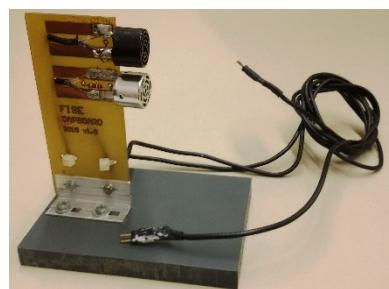


Figura 6. Càpsules transmissora i receptora amb cables coaxials de connexió i sistema de subjecció.

**ACCIÓ:** Identifica quina és la càpsula transmissora, marcada al darrera amb 40T, i la receptora, marcada amb 40R. Els terminals de cada càpsula estan soldats a un cable coaxial que en el seu extrem oposat té soldat un petit connector de dos terminals (el de massa és de color negre o bé està assenyalat amb una marca blanca).

**ACCIÓ:** Utilitza la placa *protoboard* per connectar els dos cables coaxials de les càpsules a fileres disponibles de la placa. Teniu en compte que el terminal de massa d'ambdós cables s'ha de connectar al mateix node, és a dir, a la mateixa filera.

**ACCIÓ:** Fes el muntatge adequat mitjançant cables coaxials per connectar la sortida del GF tant a la càpsula transmissora com al canal 1 de l'oscil·loscopi (per exemple, pots fer servir un connector de tipus T a la sortida del generador). D'altra banda, connecta amb un altre cable coaxial la càpsula receptora al canal 2 de l'oscil·loscopi. Has de tenir en compte que la massa dels dos canals de l'oscil·loscopi ha d'estar connectada a les masses de les dues càpsules que és el mateix node.

**ACCIÓ:** Configura en el generador un senyal de sortida que sigui un *burst* sinusoïdal de 10 Vpp, 40 kHz de freqüència, 20 períodes de senyal sinusoïdal, tensió *d'offset* de 0 V i un període de repetició del *burst* de 50 ms. Configura el generador a una impedància de càrrega *High Z* ja que la impedància de les càpsules és elevada.

**ACCIÓ:** Configura el *trigger* de l'oscil·loscopi. En primer lloc, utilitza el canal 1 (sortida del generador) com a referència del *trigger* i ajusta el nivell d'activació del *trigger* a un valor que estabilitzi el senyal a pantalla. Configura la base de temps (SEC/DIV) per a que en pantalla es vegin almenys dues ràfegues. Ajusta el guany vertical (VOLTS/DIV) de cada canal per a que el senyal ocupa gran part de la pantalla en sentit vertical.

**ACCIÓ:** Munta el suport de les càpsules sobre un objecte, veure Figura 7, amb la finalitat d'elevar-lo respecte a la taula i que l'efecte de la part de l'ona reflectida per la mateixa taula sigui mínim. Apunteu les càpsules al lateral de la caixa del PC, que utilitzareu com a obstacle, de forma que la línia de visió de les càpsules sigui el més perpendicular possible respecte al lateral de la caixa i que la distància entre la cara de les càpsules i l'obstacle sigui de 25 cm.

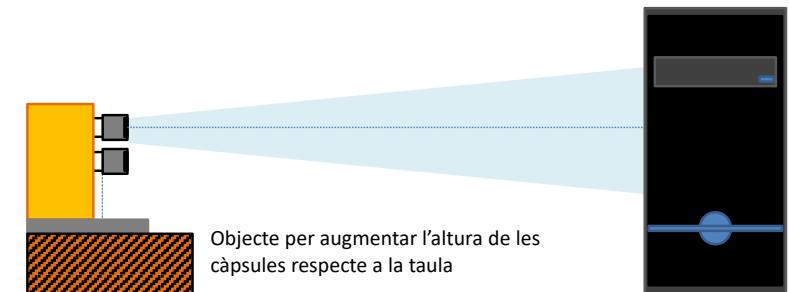


Figura 7. Per evitar problemes amb reflexions a la taula s'ha de muntar el bloc de les càpsules sobre un objecte.

Per ajudar-nos a capturar amb l'oscil·loscopi l'eco corresponent al senyal reflectit per l'obstacle, podem calcular aproximadament quant ha trigat en recórrer tot el camí, tant d'anada com de tornada. A la Figura 8 es mostra que el camí total recorregut es  $2 \cdot d$ . Fixa't que s'ha de mesurar la distància des del fons de la càpsula, no és del tot correcte però s'aproxima més als resultats obtinguts que si ho fas des de cara externa del transductor.

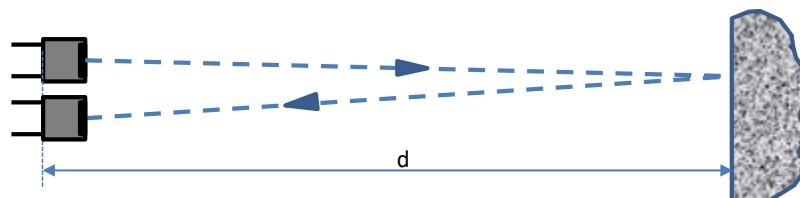


Figura 8. Camí recorregut per l'ona ultrasònica des de l'emissió fins que arriba al receptor.

Per tant, el temps de vol total TOF, definit com el temps que triga l'ona ultrasònica des de la sortida de la capsula transmissora, reflectir-se a l'obstacle i arribar a la càpsula receptora, serà:

$$TOF = \frac{2d}{v}$$

On  $d$  es la distància de les càpsules a l'obstacle i  $v$  és la velocitat del so a l'aire aproximada.

**Qüestió 1.16:** Calcula el TOF del primer eco en el teu muntatge.

**ACCIÓ:** Ajusta la base de temps de l'oscil·loscopi, sabent el TOF, per a que el possible eco pugui veure's a la pantalla.

En aquest moment, la pantalla de l'oscil·loscopi s'hauria de semblar a la Figura 2. Si no es veu res al canal 2 de l'oscil·loscopi, el motiu pot ser un dels següents :

- No està ben calculat el TOF i/o la base de temps (SEC/DIV) no és l'adequada. Solució: Repassa els càlculs i la configuració de l'oscil·loscopi.
- L'atenuació és molt gran i el senyal és tan petit que no es veu amb el guany vertical actual (VOLTS/DIV) del canal 2. Solució: Augmenta el guany del canal fins que es vegi.
- El muntatge té algun problema de connexions. Solució: Repassa el muntatge.

Després de fer els ajustos pertinents i aconseguir una imatge adequada a l'oscil·loscopi s'han d'analitzar les mesures.

**Qüestió 1.17:** Captura la pantalla de l'oscil·loscopi i afegeix-la a l'informe. Indica com ha quedat la configuració de l'oscil·loscopi: base de temps, guanys dels canals, sincronisme, etc.

**Qüestió 1.18:** Quin és el valor del TOF mesurat amb l'oscil·loscopi? Calcula la distància a l'obstacle a partir d'aquest valor i comprova amb el regle si és correcta.

**Qüestió 1.19:** Quin és el valor de la màxima amplitud de l'eco rebut?

Per últim, ajustarem la freqüència òptima d'excitació dels transductors. Per qüestions de la pròpia naturalesa d'aquest tipus de transductors la freqüència a la que transmet la màxima potència la càpsula transmissora no és la mateixa que la freqüència a la que la càpsula receptora té la sensibilitat màxima. A més, la seva resposta en freqüència és molt estreta per la qual cosa desviacions en freqüència molt petites respecte al valor òptim fa que l'amplitud dels ecos sigui molt més petita. És per això que per trobar la freqüència òptima del sistema transmissor-receptor s'ha de fer amb una mesura del conjunt complet i veure a quina freqüència aconseguim la tensió màxima en recepció.

**ACCIÓ:** Col·loca l'obstacle a una distància de 30 cm. Sense canviar la configuració del generador (10 V<sub>pp</sub>, 40 kHz, 20 períodes, DC 0V i 50 ms de repetició de ràfegues), mesura l'amplitud de l'eco. Modifica la freqüència de la sinusoide del burst en petits increments o decrements fins trobar el valor per al qual l'amplitud és màxima. Aquesta és la freqüència òptima d'excitació d'aquest parell de transductors,  $f_{op}$ .

**Qüestió 1.20:** Indica quin és el valor de la freqüència d'excitació òptima i compara'l amb el de la freqüència de la primera mesura amb les càpsules que has fet.

Tingues en compte que la freqüència òptima dependrà del parell concret de transductors que esteu utilitzant. Per tant, si més endavant fas ús d'un altre parell, hauries de fer la caracterització novament.