

Mesura de Distàncies amb Ultrasons

Cristian Peter Winter, Francisco Muñoz Contreras²

Pràctica corresponent a l'assignatura d'Instrumentació Electrònica I

Resum— L'ús de la tecnologia basada en ultrasons és cada vegada més present a les nostres vides. Un exemple és el seu ús als aparcaments amb ajuda d'una il·luminació per tal de saber si hi ha una plaça lliure, també als paraxocs dels cotxes per saber la proximitat del cotxe aparcant que hi ha al darrere, i moltes més. Per aquest motiu comprovarem com és el funcionament d'aquest sistema i dels sensors ultrasònics al laboratori..

X. INTRODUCCIÓ

Els sensors utilitzats consten d'un emissor i d'un receptor d'ultrasons, el primer envia un senyal específic el qual rebotarà amb l'objecte que volem mesurar la seva distància, i una vegada rebotat, rebra el senyal (també anomenat eco) el receptor. El temps transcorregut des de que s'emeta el senyal fins que arriba al receptor és la variable clau per tal de calcular la distància de l'objecte(Figura 1), ja que es segueix la següent fórmula

$$d = \frac{ct_1}{2} \quad (1)$$

on c és la velocitat del so, que en l'aire a 25°C és $c \approx 343 \text{ m/s}$. La figura 1 mostra aquest procés de mesura de distàncies.

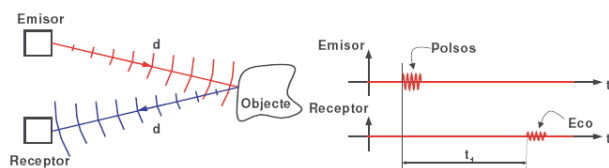


Figura 1. Detecció distància amb ultrasons.

XI. MATERIAL UTILITZAT

Els elements utilitzats en aquesta pràctica són els que s'enumeren a continuació:

- Transductors d'ultrasons: emissor 400ST160 i receptor 400SR160 del fabricant Prowave.
- Oscil·lador astable basat en un integrat NE555.
- 2 Amplificadors operacionals TL071.
- Díode 1N4148.
- Transistor bipolar BJT Q2N2222A.
- Integrat 74HC132 de portes lògiques NAND.
- 5 condensadors (3 de 10nF, 1µF i 33nF).
- 2 potenciómetres (1kΩ i 5kΩ).
- 8 resistències (2 de 10kΩ, 2 de 1kΩ, 47kΩ, 1MΩ, 330Ω i 120Ω).
- Protoboard (també anomenat placa de proves).

Equips d'Instrumentació i mesura utilitzats al laboratori:

- Font d'alimentació de continua (+5V i ±15 V).
- Generador de funcions d'alterna.
- Oscil·loscopi i sondes.
- Multímetre digital.

Si no sabeu per a que serveixen o com funcionen alguns dels elements descrits anteriorment trobareu informació a

internet o en qualsevol altra font, com per exemple a “ <http://es.wikipedia.org> “.

XII. ESQUEMA DE FUNCIONAMENT

Per tal de comprendre com funciona el circuit complet s'analitzaran primer per separat els quatre blocs més importants del circuit.

A. Habilitador dels polsos.

S'encarrega de controlar el generador de polsos de senyal per a que aquests s'emetin durant 750µs cada període de 0.7s (aproximadament) utilitzant el NE555 com a oscil·lador astable.(Figura 2 a). En definitiva aquest circuit s'encarrega d'implementar una finestra temporal d'activació del sensor.

B. Generador de polsos.

S'encarrega de crear polsos de 40kHz que excitaran l'emissor d'ultrasons amb ajuda del transistor BJT per amplificar el senyal. (Figura 2 a)

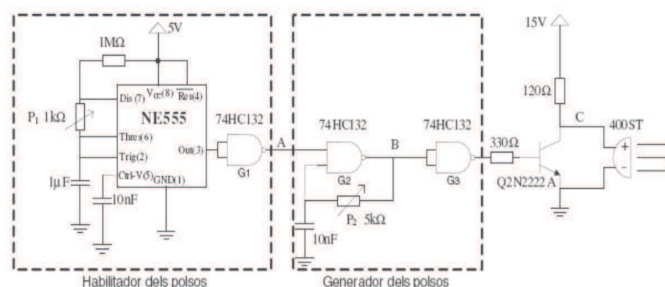


Figura 2a. Blocs d'excitació de l'emissor.

C. Filtre i amplificador.

La seva funció és la de rebre el senyal proporcionat pel receptor, amplificar aquest senyal i filtrar amb precisió només les components que superin els 15kHz-20kHz i així no deixar passar soroll no desitjat que distorsioni la senyal enviada per l'emissor.(Figura 2b)

D. Detector d'envolt.

Detecta l'envolt de l'eco de la fase anterior i dona la senyal de sortida Vo.(Figura 2b)

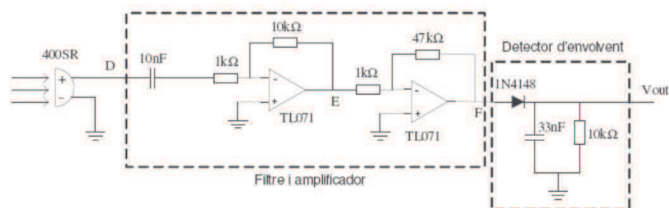


Figura 2b. Blocs de recepció de senyal.

XIII. MUNTATGE

En aquest apartat s'explicaran les passes a seguir per tal d'anar muntant el circuit i comprovar en cada bloc si aquest

funciona, ja que si ho muntem tot a la vegada en el cas de que hi hagi qualche component romput o mal connectat, seria més difícil de trobar l'error. També es proporcionaran els resultats que hem obtingut nosaltres al laboratori. Per saber quin és el patillatge del NE555, el BJT i dels amplificadors operacionals hem d'obtenir els seus "datasheets" (o full de característiques) a la pàgina web del fabricant o pàgines específiques en "datasheets".

A. Habilitador de polsos.

S'ha de muntar a la protoboard el NE555 tal i com es mostra a la figura 2a. Després visualitzant amb la sonda i l'oscil·loscopi el node A, anirem variant el valor del potenciòmetre per tal d'aconseguir a aquest punt un valor de nivell alt (és a dir a tensió alta) durant 500µs.

Els valors que hem obtingut han estat, un pols de 500µs i valor $V=5V$ (nivell de referència connectat al NE555= nivell alt). També ens hem fixat com es carrega i descarrega el condensador d'1µF amb un període de 820ms.

B. Generador de polsos.

Seguint les especificacions de la figura 2a, es munta el circuit, però enlloc de connectar en el node A el bloc "habilitador de polsos" el connectarem directament a 5V. Ara visualitzant amb la sonda el node B, ajustarem el potenciòmetre per tal de tenir una senyal de 40kHz, i després farem el mateix pel node C.

Una vegada fet això podrem interconnectar els dos blocs i l'emissor d'ultrasons. Si ara tornam a mesurar el node C comprovarem que cada 0.7s aproximadament es generen $20(\pm 1)$ polsos de 40kHz.

Les nostres mesures obtingudes a aquest apartat han estat al senyal B un Voltatge=5.2V, freq=40kHz, $V_{rms}=3V$. Després pel que fa al node C, obtinguérem un $V=15V$ (tensió de referència) i freq=40kHz, que representaven 20 polsos de senyal. El que es mostra a la figura 3 a l'oscil·loscopi és el que es representa al node C.

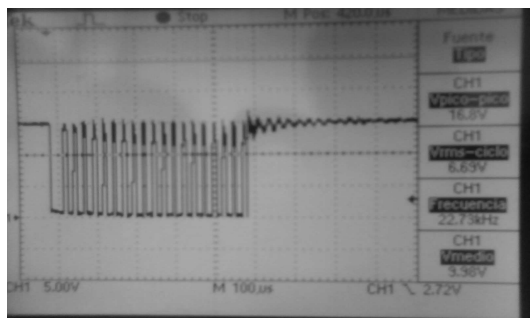


Figura 3. Senyal al node C obtingut amb l'oscil·loscopi.

C. Filtre i amplificador de l'eco.

El següent pas és muntar aquest mòdul però sense connectar encara el receptor d'ultrasons, enlloc d'això, connectarem el generador de funcions amb una ona sinusoidal de 1V de pic a pic, un offset(o sobrepassament) de 250mV i una freqüència 40kHz. Després s'ha de pitjar l'atenuador de 20dBs al generador de funcions i mesurar el node D i E. Una vegada obtinguts els valors s'ha de fer un escombrat de freqüències per tal de determinar la seva freqüència de tall (f_{-3dB}), aquesta és la freqüència on el guany o amplificació del filtre a caigut -3dB, o el que és el mateix s'ha reduït en un

factor $1/\sqrt{2}$, això determina a partir de quines freqüències el filtre deixa passar el senyal i quines altres no en deixa per tal d'evitar transmetre sorolls de senyal no desitjats.

Finalment, una vegada preses les mesures, aplicarem l'atenuador de 40dBs i mesurarem la sortida de l'amplificador al node F, per després poder calcular el guany K de l'amplificador que correspon a l'expressió

$$\frac{V_o}{V_i} = K \quad (2)$$

En aquest apartat varem generar un senyal al node D amb un voltatge pic a pic de 950mV, freq=40kHz i valor mitjà de 237mV. Després de anar variant les freqüències trobarem un valor màxim de sortida a freqüència de 51kHz de $V_{pp}=8.9V$. Per tant si volem saber quan ha caigut -3dBs hem de fer $\frac{8.9}{\sqrt{2}} = 6.29V$, ara fixant-nos a l'oscil·loscopi i variant la freqüència trobarem que el valor $V_{pp}=6.29V$ correspon a una freqüència de 13.4kHz.

D. Detector d'envolvent

En aquest darrer bloc es connectarà el node F al detector d'envolvent, i es comprovarà com varia la tensió a V_{out} quan variem l'entrada del generador de funcions al node D.

Si totes les passes anteriors han estat correctes ara podem llevar el generador de funcions i connectar el receptor d'ultrasons. L'emissor i el receptor han d'estar orientats en la mateixa direcció. Finalment es posarà un objecte en front seu (exemple una carpeta) a una distància d'uns 40cm. El nostre muntatge a la protoboard va ser finalment com es mostra a la figura 4.

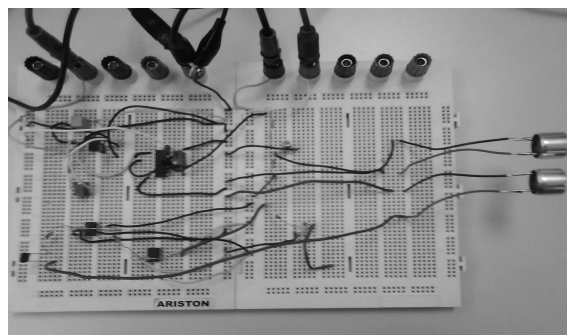


Figura 4. Muntatge a la protoboard.

Finalment s'observa amb l'oscil·loscopi i dues sondes els polsos generats per l'emissor d'ultrasons (node C) i l'envolvent de polsos (V_{out}). Per això s'ha d'ajustar l'escala temporal de l'oscil·loscopi a 500µs/divisió. Amb la utilització de la funció "cursor" de l'oscil·loscopi per mesurar el temps des del començament de l'emissió dels polsos i l'inici de l'envolvent. Una vegada anotat aquest temps ho introduïm a l'equació 1 (anotada al principi del document) i trobarem així la distància del nostre objecte.

S'ha de tenir en compte, que a vegades al rebre l'envolvent apareixen dues ones, la primera i més petita sol ser per l'acció del rebot del senyal a la taula o altre objecte, el que s'ha de tenir en compte a l'hora de mesurar és la segona ona que té una amplitud major.

Nosaltres varem posar l'objecte a 35cm de distància. El temps transcorregut entre les dues senyals mesurades amb els

cursors va ser de 2.28ms, introduint aquesta dada a l'equació trobam que la distància és de 38cm, que s'aproxima molt al valor real.(Figura 5)

XIV. QÜESTIONS TEÒRIQUES

En aquest apartat analitzarem quatre qüestions teòriques per tal de tenir una visió sobre l'aproximació dels càlculs previs, realitzats analíticament, i els resultats obtinguts al laboratori.

1. Calcular el cicle de treball δ del senyal periòdic de sortida del NE555.

Com el càlcul de les expressions seria massa complex i llarg, se donarà les expressions finals obtingudes per tal de calcular el cicle de treball. El càlcul en qüestió s'ha realitzat a les classes de problemes.

$$\text{temps a nivell alt: } t_H = 0.693 \cdot (R1 + R2) \cdot C1 \quad (3)$$

$$\text{temps a nivell baix: } t_L = 0.693 \cdot R2 \cdot C1 \quad (4)$$

$$\text{relació nivell alt-baix: } \delta = \frac{t_H}{t_H + t_L} = \frac{R1 + R2}{R1 + 2 \cdot R2} \quad (5)$$

Sabent aquestes expressions podem ara respondre a la qüestió. Directament substituint en (5) obtenim $\delta=0.99$.

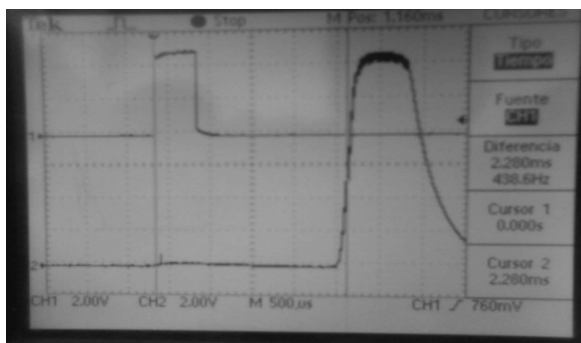


Figura 5. Ona enviada per l'emissor i ona rebuda pel receptor a Vout.

2. Comentar si es podria eliminar G1 (connectar directament la sortida del NE555 a G2) si feim que el NE555 generi un senyal amb cicle de treball $1-\delta$, en comptes de δ .

Pensant que la sortida del NE555 ens proporciona un senyal, el qual està més temps a nivell alt que baix, podríem suposar en canviar el δ calculant abans per $1-\delta$, i així estalviar-nos una porta lògica NAND, si això fos possible la nostra suposició seria correcta, però si ens fixam bé en l'equació (5), si intentam posar una de les resistències molt petita i altra molt gran arribarem a la conclusió de que amb aquesta configuració del NE555 el nostre DutyCycle (δ) només pot variar entre $0.5 \leq \delta \leq 1$ i per tant la porta NAND és necessària.

3. El circuit de recepció presentat utilitza un filtre passa-altes de guany K seguit d'un amplificador de guany A. Comentar si seria viable posar un únic amplificador de guany $K \cdot A$.

Per poder respondre a aquesta pregunta hem de conèixer primer el significat d'ample de banda i de guany a un amplificador.

El guany d'un amplificador ho hem descrit anteriorment i correspon a l'equació (2), que representa el factor multiplicatiu que s'amplifica el senyal d'entrada.

L'ample de banda és el rang de freqüències en el qual l'amplificador ens dona un guany constant.

Una de les característiques que tenen els amplificadors és que quan volem augmentar el guany doncs disminuïm l'ample de banda i viceversa. El que ens proporciona posar dos amplificadors en cascada (en sèrie) és que si volem augmentar el guany, l'ample de banda no es veu tan perjudicat com tenint un tot sol, per aquest motiu és necessari tenir dos amplificadors operacionals enlloc d'un.

4. Observar l'efecte que té dins el circuit el disminuir o augmentar el valor del condensador del detector envoltent.

El que ens proporciona augmentar el condensador de sortida és que petits canvis de tensió (arissat) fa que la sortida es mantingui constant, i si per exemple passem d'un valor alt a un baix de tensió en un instant de temps molt petit, enlloc de tenir un canvi brusc tindrem que la tensió va davallant poc a poc.

XV. CONCLUSIONS

La realització d'aquesta pràctica ens ha ajudat a comprendre el funcionament d'aquests tipus de dispositius i que encara que un sistema de detecció com aquest pareixi una tasca molt complicada, podem veure que amb un poc d'informació i ganes d'aprendre se pot realitzar circuits molt útils per a diverses aplicacions.

Assignatura impartida per: Miquel Roca i Vicenç Canals



Christian Peter Winter és alumne de la titulació d'Enginyeria Tècnica Industrial (especialitat en electrònica industrial) i ha cursat segon curs de la titulació durant el curs 2007-2008. El treball aquí presentat es correspon amb l'informe d'una pràctica de l'assignatura d'Instrumentació Electrònica I, impartida pels professors Eugeni Isern, Miquel Roca i Vicenç Canals.



Francisco Muñoz Contreras és alumne de la titulació d'Enginyeria Tècnica Industrial (especialitat en electrònica industrial) i ha cursat segon curs de la titulació durant el curs 2007-2008. El treball aquí presentat es correspon amb l'informe d'una pràctica de l'assignatura d'Instrumentació Electrònica I, impartida pels professors Eugeni Isern, Miquel Roca i Vicenç Canals.