



Pràctica 4: Circuits amb transistors

Noah Márquez Vara
Alejandro Guzman Requena

20 Desembre 2021

ÍNDEX

1	Introducció	3
2	Resultats	4
2.1	Instrumentació	4
2.2	Programació	8
3	Conclusió	12
3.1	Anàlisi objectiu	12
3.2	Opinió subjectiva	12

1 INTRODUCCIÓ

En aquesta pràctica veurem el funcionament d'un transistor NMOS.

Els transistors tenen moltes aplicacions però nosaltres només els farem servir per controlar la càrrega sobre l'altaveu i actuar com un interruptor per a que l'altaveu emeti un soroll agut o greu dependent de la freqüència administrada pel generador de funcions.

Durant el transcurs de la pràctica, veurem com treballen el transistor i l'altaveu segons les següents diferents situacions:

1. Aplicant un senyal quadrat a la porta del transistor amb nivells 0V i 5V juntament amb una freqüència de 500Hz (amb el generador de funcions).
2. Sons aguts o greus segons les freqüències (500Hz, 100Hz, 5000Hz).
3. Comprovar si hi ha relació entre el '*duty cycle*' i el volum del so generat mantenint la freqüència.

A més, sabem que un altaveu es comporta elèctricament com una bobina i quan hi ha un canvi brusc de corrent (e.g. provocats per les commutacions ràpides del transistor) es poden arribar a generar pics alts de corrent "inversos" que poden fer mal bé els altres components que poguem estar fent servir al circuit (e.g. el transistor).

Per tal d'evitar aquests problemes aprofundirem en el concepte de diòde (necessari pel correcte muntatge del circuit), ja que si el muntem en paral·lel amb l'altaveu de forma que en condicions 'normals' es trobi en inversa, farà que en les situacions que es puguin produir aquests pics no desitjats, automàticament es possarà en directa i els dissiparà.

Així doncs, muntarem un circuit amb un altaveu, un transistor NMOS, un diòde i un condensador. Per aquest circuit, com en pràctiques anteriors, farem ús dels següents instruments:

1. Multímetre
2. Generador de funcions
3. Oscil·loscopi
4. Protoboard

Tots els càlculs i mesures realitzades les anirem documentant durant el transcurs de l'informe.

En la part de programació hem dissenyat una mena de joc semblant al de "*llum vermella / llum verda*", en l'entorn de programació que ens ofereix l'Arduino. El programa utilitza el circuit que hem fet servir als darrers apartats de la pràctica, també fent ús d'un botó conectat a la placa d'Arduino.

2 RESULTATS

2.1 Instrumentació

El primer que hem fet a la pràctica ha estat fer el muntatge del següent circuit, amb una font de 5V (tot i que podríem haver fet servir un voltatge inferior ja que el sorrol emés per l'altaveu usant 5V és bastant elevat i molest).

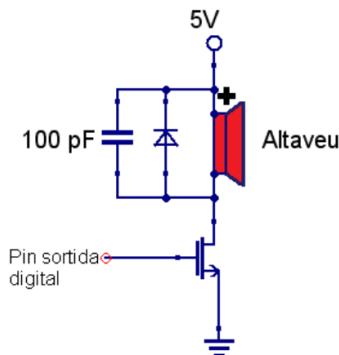


Figura 2.1: Esquema del circuit

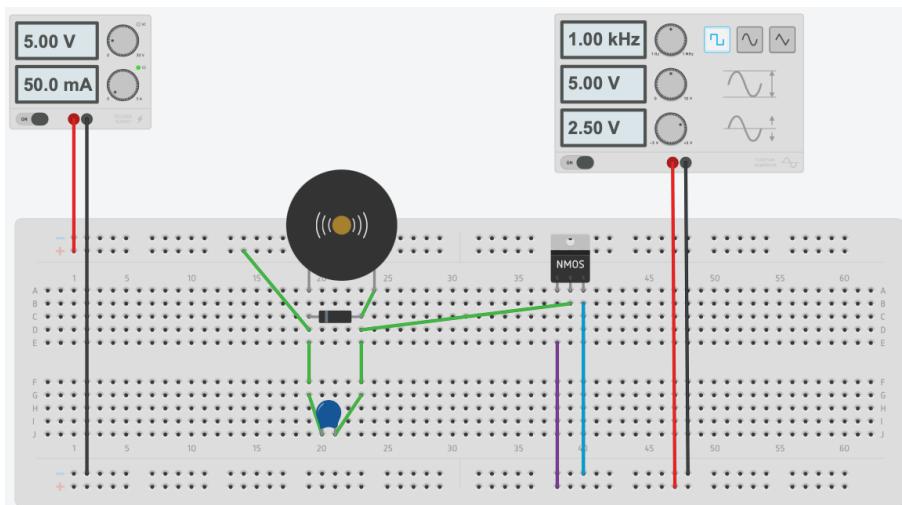


Figura 2.2: Muntatge del circuit

Com hem esmentat a la introducció, farem ús d'un condensador i d'un diòde per tal de que aquest ens dissipi els corrents inversos que es puguin generar, ja que podrien afectar al nostre transistor.

Cal tenir en compte que per a poder fer el muntatge correcte del circuit, hem de ser conscients de quina és cadascuna de les potes del transistor NMOS que estem fent servir.

L'hem connectat de tal forma que la pota del *drain* té una connexió en sèrie amb l'altaveu, la pota del *source* té una connexió al GND (terra) i la pota *gate* té una connexió al pin de sortida digital del generador de funcions.

Adjuntem imatge del transistor NMOS utilitzat per a la realització del circuit, on s'indiquen les corresponents potes i la seva posició:

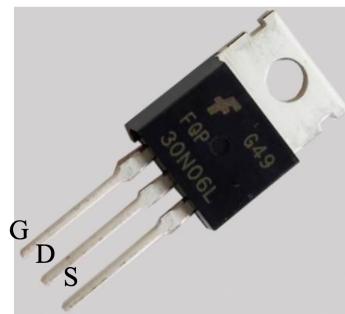
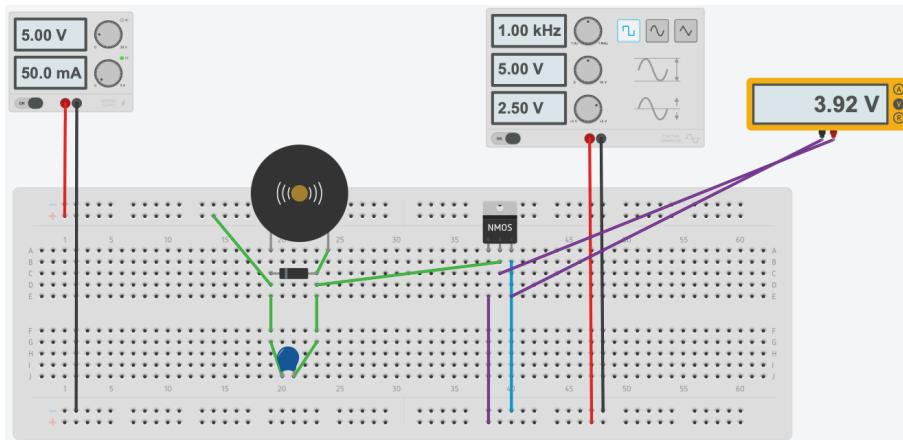


Figura 2.3: Transistor NMOS

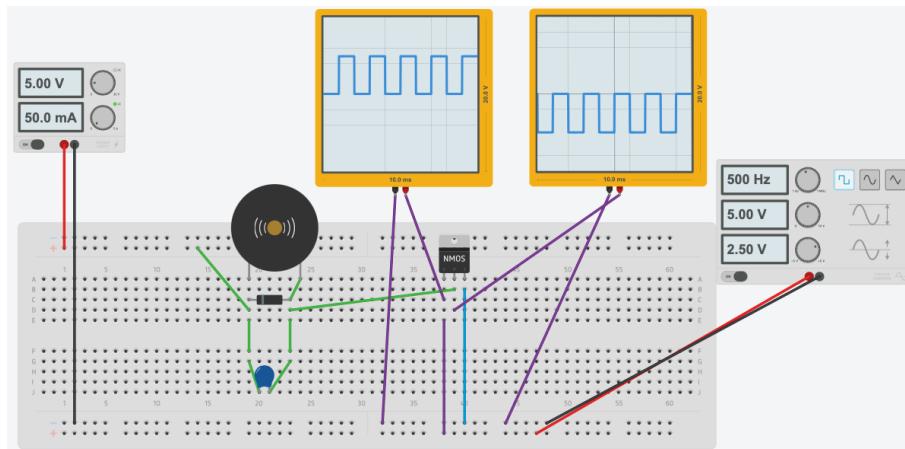
Un cop muntat el circuit, el següent que hem fet ha estat contestar tot el que se'ns demanava a l'enunciat mentre ompliem el fitxer Excel.

En primer lloc, un cop aplicat un senyal quadrat a la porta del transistor amb nivells 0V i 5V i una freqüència de 500Hz (generada a partir del generador de funcions juntament amb el senyal quadrat), hem mesurat la tensió al drenador V_{DM} amb el multímetre de la següent manera:

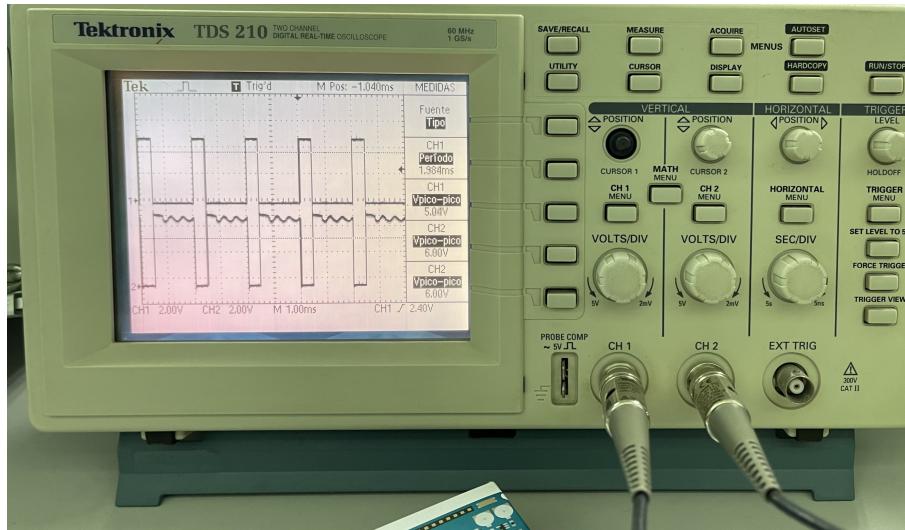
Figura 2.4: Mesura V_{DM}

En aquest apartat també se'ns demanava indicar si era *amplitud* o bé *valor rms*. Podem observar llavors que el valor obtingut (3.92 V, de la figura 2.4) és **valor rms**, ja que amplitud no tindria sentit, doncs el senyal varia amb el temps.

Un cop fet aquest càcul, deixem de banda el multímetre, i passarem a mesurar amb l'oscil·oscopi. Se'ns demana primerament mostrar el senyal generat a la porta i el generat al drenador. Per tal de fer això, les connexions que hauríem de fer són les següents:

Figura 2.5: Senyal generat a *gate* i al *drain*

Mostrem a continuació com es veia a l'oscil·loscopi del laboratori:

Figura 2.6: Senyal generat a *gate* i al *drain* (oscil·loscopi lab)

Per tal de mostrar els senyals ens hem ajudat dels dos canals de l'oscil·loscopi. Així, **CH1** (canal 1) mostrarà el senyal quadrat del gate i **CH2** (canal 2) mostrarà el senyal quadrat del drenador, d'aquesta manera podrem veure el comportament dels senyals quan variem la freqüència en el generador de funcions.

Un cop mesurats els valors de l'amplitud al drenador amb diferents valors de freqüència, ens surt la següent taula de valors:

Freqüència(Hz)	Amplitud V_{DS}	So agut o greu?
500	5.6V	AGUT
100	5.4V	GREU
5000	5.6V	AGUT

Com podem observar, els valors de les amplituds per a diferents freqüències són pràcticament els mateixos, llevat d'errors experimentals, ja que al mesurar els valors de l'amplitud fent ús

dels cursors de l'oscil·oscopi, és normal que els valors difereixin una mica, però no de forma gaire notable.

Com vam veure a teoria, la freqüència és inversament proporcional a la longitud d'ona, és a dir, a major freqüència, menor longitud (eix horitzonal de l'oscil·oscopi), per tant, no afecta per res a l'amplitud.

$$f = \frac{v}{\lambda}$$

Per l'última part de les mesures, tornem a situar la freqüència a un valor de 500Hz i procedim a comprovar com reacciona el circuit per a dos valors diferents de *duty cycle*. Veurem si hi ha alguna relació entre l'ample del senyal (*duty cycle*) i el volum del so generat mantenint la freqüència (després veurem que això no va ser possible).

Primer expliquem què és el *duty cycle*: el *duty cycle* d'un senyal és el temps on el senyal està encès (dit d'un altre manera, el temps on l'ona del senyal està en un pic superior/alt). Per exemple, amb un *duty cycle* del 10%, estarem 9 segons *off* i 1 segon *on*.

Per tal de variar el *duty cycle*, només ens em de centrar en el generador de funcions i anar movent el selector anomenat **SYM** fins aconseguir els valors desitjats.



Figura 2.7: Generador de funcions

Els resultats obtinguts són els següents:

duty cycle V_{DS}	Amplitud V_{DS}	freqüència V_{DS}	so agut o greu?
66%	3.38V	328 Hz	AGUT
75%	3.96V	245 Hz	GREU

Com podem observar, el valor mig (calculat amb ajuda de l'oscil·oscopi) de V_{DS} no varia gaire ja que el *duty cycle* tampoc l'hem variat massa. La freqüència idealment hauria de donar el mateix valor, però el nostre generador de funcions al variar el selector **SYM** ens varia la freqüència, i no vam tenir el temps suficient per a poder anar movent el selector **SYM** i el de la freqüència a l'hora per tal d'assolir els mateixos valors.

Per aconseguir els *duty cycles* que se'n demanaven, hem anat girant el selector **SYM** fins a aconseguir el que ens semblava a simple vista que era correcte, per exemple en el *duty cycle* del 25% hem aproximat al que seria un període on la línia horitzontal està a sota el triple de temps a quan està a dalt, perquè així la proporció és de $\frac{1}{4} = 0.25 \rightarrow 25\%$.

A la imatge següent posem d'exemple com es veuria un *duty cycle* del 25%:

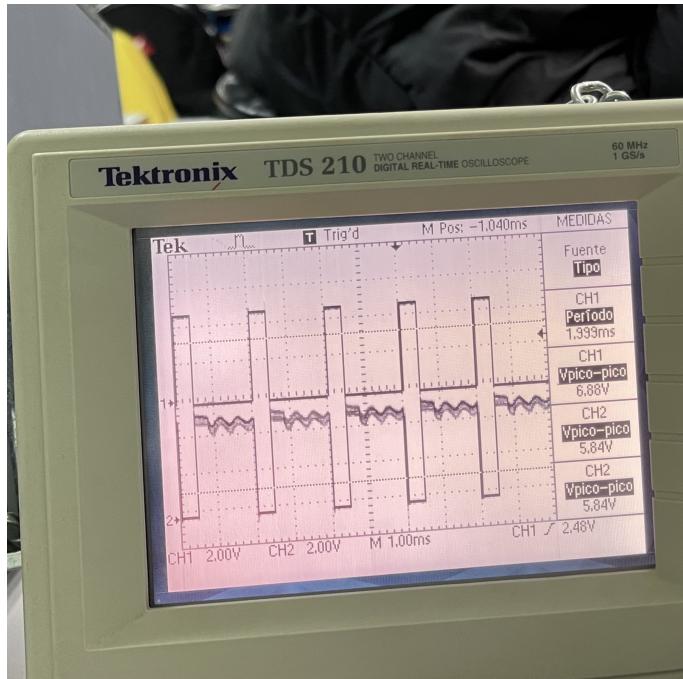


Figura 2.8: *Duty Cycle* del 25%

A **CH1** (canal 1) tenim el senyal del *gate*, i en **CH2** tenim el senyal del *drain*. Podem observar a simple vista, que els pics màxims al **CH2** són bastant irregulars, fins el punt en què quan està encès, en lloc d'una línia recta, observem una línia que fa una mena de “~”.

El pic inicial del **CH2** és alt al principi, però després baixa fins a un nivell on més o menys arriba a ser “estable”. Això és degut a que quan tenim un canvi ràpid de corrent, la bobina genera pics alts de corrents “inversos”, i és gràcies a haver fet el muntatge del circuit fent ús d'un diode i d'un transistor en paral·lel que l'altaveu no s'ha disparat més, evitant fer malbé el transistor.

Podem observar que l'ona del **CH2** està encesa quan l'ona del **CH1** està apagada, això és degut a que quan el *gate* rep senyals (està encès), el que fa és deixar passar corrent del *drain* al *source*. Com que el *source* està connectat al GND (terra), en el canal **CH2**, el senyal del *drain* estarà apagat i viceversa.

EL transistor pot actuar com un interruptor, per tant, el *duty cycle* el que ens indica és el temps on el transistor permet passar corrent del *drain* al *source*.

Gairebé no notem cap diferència en el so en modificar el *duty cycle*, tot i que amb el de 75%, podem arribar a apreciar que és un so més greu.

2.2 Programació

La part de programació consisteix en realitzar un joc simple semblant al famós lloc de "llum vermella / llum verda", en l'entorn de programació que ens ofereix l'Arduino.

El programa consisteix en un joc on l'altaveu emetrà diverses notes aleatoriament i el jugador s'ha de limitar a premer un botó (prèviament programat i connectat al circuit) únicament quan

l'altaveu estigui sonant (si prem el botó un cop l'altaveu ha deixat de sonar, o quan ni tan sols estava sonant, no se li sumarà la puntuació d'aquella nota). Quan hagin sonat totes les notes, comprovarem si el jugador ha estat pulsant en total durant més d'un cert temps (i.e. la durada total de totes les notes), en complir-se aquesta condició, haurà guanyat.

Llavors, un cop coneugut l'objectiu de la part de la programació d'aquesta pràctica, hem dissenyat un codi previ a la sessió de pràctiques on es suposa que haurà de realitzar la funcionalitat especificada anteriorment, clar que podem comprovar que compila en l'entorn de programació, però no podem comprovar (per falta de material) el correcte funcionament del programa en la placa d'Arduino, així que ens hem esperat a montar el circuit per probar el programa en aquest.

El primer pas en la sessió de laboratori de la part de programació és conectar el circuit a la placa d'Arduino i aquesta a l'ordinador per a poder compilar el programa i executar-lo en la placa. Per tant, el circuit l'hem deixat com ja estava, i hem connectat dos pins a la placa, el primer (pin 8 de la placa d'Arduino) a un botó i el segon (pin 5 de la placa d'Arduino) a l'altaveu de la protoboard. També hem connectat l'entrada del *gate* a la placa d'Arduino per tal de fer arribar el senyal. Finalment, hem connectat el circuit a la font de 5V que proporciona la placa d'Arduino i aquesta mitjançant un cable USB a l'ordinador.

Un cop tenim el circuit llest, hem compilat i executat el programa i, després de realitzar els canvis necessaris per al correcte funcionament d'aquest, hem obtingut el codi que es mostrerà a continuació.

Les modificacions han estat mínimes, ja que per sort havíem realitzat força bé el codi previ de la pràctica, per tant amb un parell de canvis ens ha funcionat amb l'objectiu que volíem, que era l'explicat anteriorment, realitzar un joc semblant a "llum vermella, llum verda" amb un altaveu i un botó.

```

1 // ****
2 // ***      P4 - Transistors   ***
3 // ***  Joc llum verda , llum   ***
4 // *** vermella                 ***
5 // ***
6 // ****
7
8 // Fitxer que relaciona text amb les freqüencies de notes musicals
9 #include "notes_frequencies.h"
10
11 // Marge de temps que té el jugador per despolar el pulsador
12 int tempsPerCanviar = 800;
13
14 // Cada quan generem una nota (indicant llum vermella / llum verda), sera aleatori (minim
15 // 2000, maxim 3000 ms)
16 int tempsRandom = random(2000, 3000);
17
18 // Temps necessari que haurà d'haver pulsat el jugador per guanyar
19 double tempsNecessari = 0;
20
21 // Temps actual
22 int tempsActual = 0;
23
24 // Temps total que ha pulsat el jugador
25 int tempsPulsat = 0;
```

```

26 //Notes
27 //01
28 //Notes () : (C:Do, D:Re, E:Mi, F:Fa, G: Sol, A:La, B:Si)
29 unsigned int notes [] = {NA4,ND4,NF4,NG4,NA4,ND4,NF4,NG4,NE4,NG4,NC4,NF4,NE4,NG4,NC4,NF4,
   NE4,ND4,ND4};
30 //Duració notes en millisegons
31 unsigned int duracio_notes [] = {6000,6000,1000,1000,4000,4000,1000,1000,12000,
32 6000,6000,1000,1000,4000,6000,1000,1000,4000,6000};
33
34 // Numero de notes que tenim (extret del vector)
35 unsigned numNotes = sizeof(notes)/sizeof(notes[0]);
36
37 // Pins on connectem el pulsador i l'altaveu, respectivament
38 const int button = 8;
39 const int speaker = 5;
40
41 // Pin on tenim el LED a la placa Arduino
42 const int LEDPin = 2;
43
44 // Variable que guardara el temps d'inici de la nota
45 int iniciNota = 0;
46
47 // Iniciem un button_state per veure si el boto es troba HIGH (apagat) o LOW (ences) ja
   que es PULLUP
48 int button_state = 0;
49
50 // Variable auxiliar que anira guardant el temps que sona la nota mentre el jugador esta
   pulsant el
51 // pulsador, si s'acaba la nota i no ha deixat de premer abans que s'acabi el temps de
   cortesia indicat,
52 // no se li sumara aquest temps
53 double tempsPolsantNota = 0;
54
55 void setup() {
56   Serial.begin(9600);
57
58   // Assignem el LED a LOW
59   digitalWrite(LEDPin, LOW);
60
61   // pinMode pel nostre pulsador
62   pinMode(button, INPUT_PULLUP);
63
64   // pinMode pel nostre altaveu
65   pinMode(speaker, OUTPUT);
66
67   // Fem el calcul del minim temps que haura d'estar el jugador pulsant per tal de
   guanyar
68   for(int i = 0; i < sizeof(notes); i++){
69     tempsNecessari += duracio_notes[i]/2;
70   }
71 }
72
73 void loop() {
74
75   // For per anar iterant per totes les notes que es trobin dins de la llista de notes (not
      a nota x nota)
76   for(int i = 0; i < numNotes; i++){
77
78     // Reproduceix el to a la freqüència de la nota actual i es mante sonant fins que
      acabi el temps definit per aquesta nota
79     tone(speaker, notes[i], duracio_notes[i]);
80

```

```
81 // Guardem el temps en que comenca la nota
82 iniciNota = millis();
83
84 // Guardem el temps actual (s'anira actualitzant a continuació)
85 tempsActual = millis();
86
87 // Ara mentre duri la nota, comprovarem l'estat del pulsador per sumar o no el temps
88 // al jugador
89 while(millis() - iniciNota < duracio_notes[i]){
90     button_state = digitalRead(button);
91
92     // Si està pulsat, anem guardant el temps a una variable auxiliar
93     if(button_state == LOW){
94         tempsPulsantNota += millis() - tempsActual;
95     }
96
97     // Actualitzem el temps actual
98     tempsActual = millis();
99 }
100
101 // Deixem un temps (800ms) per tal de que el jugador deixi de premer
102 delay(temp스PerCanviar);
103
104 button_state = digitalRead(button);
105
106 // Comprovem que efectivament ha deixat de pulsar
107 if(button_state == HIGH){
108     tempsPulsat += tempsPulsantNota;
109 }
110
111 // Posem el comptador del temps que hem pulsat una nota a 0
112 tempsPulsantNota = 0;
113
114 // Ens esperem un temps aleatori fins que soni la següent nota
115 delay(temp스Random);
116
117 // Quan acaba el bucle s'han acabat les notes, em de comprovar si el jugador ha guanyat
118 // Ho indicarem amb un missatge i encenent el LED, per després sortir del programa
119 if(tempsPulsat >= tempsNecessari){
120     Serial.println("Has guanyat!");
121     digitalWrite(LEDPin, HIGH);
122     delay(100);
123     exit(0);
124 }
125 }
```

3 CONCLUSIÓ

3.1 Anàlisi objectiu

La cinquena i última pràctica de les sessions de laboratori de l'assignatura d'Electrònica dona un repàs teòric del concepte de transistor i de conceptes explcats anteriorment en la assignatura com el de díode o condensador, i també ensenya a aplicar aquesta teoria en un cas concret, que és el d'un circuit amb un altaveu, i es que variant la freqüència podem comprovar que els valors de la amplitud son pràcticament els mateixos, llevat d'errors experimentals, i el so pot canviar de agudessa, degut a la freqüència subministrada.

Aquesta pràctica també ofereix una part de programació intuitiva, interessant i pràctica, on amb una placa d'Arduino, es demana programar un joc on la finalitat es captar quan el jugador prem el bòto alhora que l'altaveu emet un so. Amb aquest programa es profunditza més en l'entorn de programació Arduino i en les seves utilitats amb aparells electrònics.

Per últim, els aparells de mesura electrònica juguen un paper fonamental, ja que més de la meitat de la pràctica consisteix en mesurar diverses parts del circuit sotmeses a unes condicions determinades, la qual cosa facilita la familiarització amb els instruments del laboratori.

3.2 Opinió subjectiva

Aquesta última pràctica de la assignatura ens ha estat més interessant i més difícil que les anteriors (a parts iguals).

Ens ha semblat més difícil perquè el temps jugava en la nostra contra i era evident que havíem de fer les coses ràpidament si la volíem acabar a temps. Degut a això, la primera part de la pràctica ens ha ocupat gairebé tot el temps, per tant al final hem deixat molt poc temps per a la part de programació i per al qüestionari, tot i que ho hem pogut acabar tot a temps.

Per altra banda, ens ha semblat més interessant perquè, tot i que els conceptes teòrics darrere de la pràctica són una mica complexos, hem aplicat la teoria i hem pogut realitzar una de les aplicacions dels transistors amb un altaveu, també aplicant la teoria dels díodes i condensadors per tal de controlar el voltatge del circuit.

També ens hem familiaritzat molt més amb els instruments de laboratori i amb la placa d'Arduino amb un programa interessant i no molt difícil de programar.

En general, les pràctiques de laboratori ens han ajudat a aplicar la electrònica a circuit simples i, per conseqüent, a poder consolidar aquests conceptes teòrics explicats a classe. Personalment pensem que podríen haver estat més nombres de pràctiques, però entenem que les sessions són les que són i s'ha de poder planificar correctament; també pensem que el temps de les sessions de laboratori presencials és bastant curt per ser dues hores amb el treball que s'ha de realitzar, quasi totes les pràctiques ens hem quedat justos de temps.

Han estat pràctiques entretingudes, interessants i sobretot útils per al nostre ensenyament sobre la electrònica bàsica i esperem poder aplicar aquests conceptes en un futur.

Per últim desitjar-vos unes bones festes i pròsper any nou!