

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI  
VIỆN ĐIỆN TỬ - VIỄN THÔNG



BÁO CÁO MÔN  
**ĐIỆN TỬ TƯƠNG TỤ**

Đề tài:

**MẠCH KHUẾCH ĐẠI ÂM THANH**

Nhóm thực hiện :	ĐOÀN QUANG LƯU	20203884
	LÊ QUANG HUY	20200273
	ĐẶNG TRƯỜNG GIANG	20200183
	NGUYỄN HUY TOÀN	20203890
Lớp:	Hệ thống Nhúng thông minh và IoT - K65	
Giảng viên hướng dẫn:	PHẠM NGUYỄN THANH LOAN	

Hà Nội, March 17, 2023

# MỤC LỤC

<b>DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT</b>	i
<b>DANH MỤC HÌNH VẼ</b>	ii
<b>DANH MỤC BẢNG BIỂU</b>	iii
<b>TÓM TẮT BÁO CÁO</b>	iv
<b>CHƯƠNG 1. CHƯƠNG MỞ ĐẦU</b>	1
<b>CHƯƠNG 2. PHÂN TÍCH ĐỀ TÀI</b>	2
2.1 Thông số kỹ thuật . . . . .	2
2.1.1 Chọn Speaker phù hợp . . . . .	2
2.1.2 Chỉ tiêu chức năng . . . . .	2
2.1.3 Chỉ tiêu phi chức năng . . . . .	2
2.2 Block Diagram . . . . .	3
2.3 Lựa chọn linh kiện mạch nguồn . . . . .	3
2.4 Lựa chọn linh kiện mạch khuếch đại âm thanh . . . . .	3
2.4.1 BJT với $hfe \sim 200$ . . . . .	4
2.4.2 BJT với $hfe \sim 60$ . . . . .	5
2.5 Linh kiện sử dụng . . . . .	6
<b>CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ</b>	8
3.1 Sơ đồ nguyên lý và mạch in pcb . . . . .	8
3.1.1 Sơ đồ nguyên lý . . . . .	8
3.1.2 Mạch in . . . . .	9
3.2 Tính toán các giá trị . . . . .	10
3.2.1 Khối nguồn . . . . .	10
3.2.2 DC Analysis . . . . .	10

3.2.3	AC Analysis . . . . .	12
3.2.4	Tính giá trị tụ điện . . . . .	13
3.3	Mô phỏng LTSpice . . . . .	16
3.3.1	Tín hiệu vào( $v_{in}$ ) là tín hiệu chuẩn từ LTspice . . . . .	16
3.3.2	Tín hiệu vào( $v_{in}$ ) từ một file âm thanh . . . . .	17
3.3.3	Kết quả tính toán trên mô phỏng . . . . .	17
3.3.4	Băng thông(Bandwidth) . . . . .	19
3.4	Mô phỏng mạch nguồn với Proteus . . . . .	19
<b>CHƯƠNG 4. THỰC HIỆN MẠCH</b>		<b>20</b>
4.5	Quá trình thực hiện . . . . .	20
4.5.1	Chuẩn bị . . . . .	20
4.5.2	Schematic và PCB từ Altium . . . . .	20
4.5.3	Üi mạch . . . . .	21
4.5.4	Ngâm mạch . . . . .	22
4.5.5	Khoan lỗ . . . . .	23
4.5.6	Hàn mạch . . . . .	24
4.6	Mạch hoàn chỉnh . . . . .	24
4.6.1	Mạch nguồn . . . . .	25
4.6.2	Mạch sản phẩm . . . . .	26
4.7	Kết quả đo được . . . . .	28
4.8	So sánh kết quả tính toán và thực tế . . . . .	28
<b>CHƯƠNG 5. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN</b>		<b>29</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO</b>		<b>30</b>

## **DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT**

BJT	Bipolar Junction Transistor
MOSFET	Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor
CE	Common Emitter

## **DANH MỤC HÌNH VẼ**

Hình 2.1	Sơ đồ khối của sản phẩm . . . . .	3
Hình 3.1	Mạch nguyên lý ổn áp . . . . .	8
Hình 3.2	Mạch nguyên lý của sản phẩm khuếch đại âm thanh . . . . .	9
Hình 3.3	Mô phỏng mạch bằng LTspice . . . . .	16
Hình 3.4	Tín hiệu chuẩn từ LTspice . . . . .	16
Hình 3.5	Tín hiệu vào là file âm thanh . . . . .	17
Hình 3.6	Kết quả tính toán trên mô phỏng . . . . .	18
Hình 3.7	Bảng thông của mạch . . . . .	19
Hình 3.8	Kết quả mô phỏng mạch nguồn bằng Proteus . . . . .	19
Hình 4.1	Mạch nguồn 20V . . . . .	25
Hình 4.2	Đo $V_{out}$ của mạch nguồn . . . . .	26
Hình 4.3	Mạch sản phẩm . . . . .	27

## **DANH MỤC BẢNG BIỂU**

Bảng 2.1	BJT với hfe 200 . . . . .	4
Bảng 2.2	BJT với hfe 60 . . . . .	6
Bảng 2.3	Linh kiện . . . . .	7
Bảng 4.1	Vật liệu chuẩn bị . . . . .	20

# TÓM TẮT BÁO CÁO

Có thể hiểu cơ bản mạch khuếch đại âm thanh là mạch giúp tín hiệu âm thanh đầu vào từ âm thanh nhỏ biến đổi thành âm thanh to hơn. Với khả năng khuếch đại độ lớn tín hiệu âm thanh, bộ khuếch đại công suất âm thanh được tìm thấy trong tất cả các loại hệ thống âm thanh bao gồm tăng cường âm thanh , địa chỉ công cộng , hệ thống âm thanh gia đình và bộ khuếch đại nhạc cụ như bộ khuếch đại đàn guitar. Mạch khuếch đại âm thanh là mạch thực sự phổ biến trong cuộc sống, tuy nhiên những bộ loa, amly trong thực tế có thể khá to, giá cả cũng là một vấn đề. Đặc biệt với sinh viên, vì vậy việc thiết kế ra mạch khuếch đại âm thanh có giá thành rẻ, kích thước gọn là khá thiết thực. Ngoài ra, cũng có thể coi rằng, với sinh viên điện tử nói chung, mạch khuếch đại âm thanh là mạch cơ bản để bắt đầu bước vào con đường hardware. Do đó, với bài báo cáo này, nhóm em đề xuất mạch khuếch đại âm thanh do bọn em thiết kế, với giá cả rẻ hơn và thiết kế nhỏ gọn. Bài báo cáo cơ bản bao gồm mở đầu, cụ thể sản phẩm, hướng phát triển và một chút kết luân cuối bài.

# CHƯƠNG 1. CHƯƠNG MỞ ĐẦU

Bộ khuếch đại âm thanh được Lee de Forest phát minh vào khoảng năm 1912 , được thực hiện nhờ phát minh của ông về thành phần điện khuếch đại thực tế đầu tiên, ống chân không triode (hoặc "van" trong tiếng Anh của Anh) vào năm 1907. Triode là một thiết bị ba cực với một lưới điều khiển có thể điều chỉnh dòng điện tử từ dây tóc đến tám. Bộ khuếch đại chân không triode được sử dụng để tạo ra đài AM đầu tiên. Các bộ khuếch đại công suất âm thanh ban đầu dựa trên các ống chân không và một số trong số này đạt được chất lượng âm thanh cao đáng chú ý (ví dụ: bộ khuếch đại Williamson của năm 1947–9).

Bộ khuếch đại công suất âm thanh dựa trên bóng bán dẫn trở nên thiết thực với sự sẵn có rộng rãi của bóng bán dẫn rẻ tiền vào cuối những năm 1960. Kể từ những năm 1970, hầu hết các bộ khuếch đại âm thanh hiện đại đều dựa trên bóng bán dẫn trạng thái rắn , đặc biệt là bóng bán dẫn tiếp giáp lưỡng cực (BJT) và bóng bán dẫn hiệu ứng trường bán dẫn oxit kim loại (MOSFET).

Các ứng dụng quan trọng bao gồm hệ thống địa chỉ công cộng , hệ thống tăng cường âm thanh sân khấu và buổi hòa nhạc và các hệ thống trong nước như hệ thống âm thanh nổi hoặc rạp hát tại nhà . Bộ khuếch đại nhạc cụ bao gồm bộ khuếch đại guitar và bộ khuếch đại bàn phím điệncũng sử dụng bộ khuếch đại công suất âm thanh. Trong một số trường hợp, bộ khuếch đại công suất cho bộ khuếch đại nhạc cụ được tích hợp vào một "đầu" bộ khuếch đại duy nhất chứa bộ tiền khuếch đại, bộ điều khiển âm sắc và hiệu ứng điện tử. Vì vậy có thể coi mạch khuếch đại âm thanh cực kỳ thông dụng, và xuất hiện hầu như trong các thiết bị điện tử liên quan tới âm thanh .

Tuy nhiên vẫn đề với sinh viên, hiện nay một bộ loa hay amly khuếch đại âm thanh, giá cả có thể khá đắt, hoặc kích thước khá cồng kềnh, việc thiết kế mạch khuếch đại âm thanh cũng được coi như bước đầu tiên, bước cơ bản của sinh viên ngành điện tử nói chung.

Vì vậy, trong bài báo cáo này, nhóm em đã nghiên cứu và thiết kế mạch khuếch đại âm thanh cơ bản sử dụng BJT. Với thiết kế nhỏ gọn, phức tạp vừa đủ với sinh viên điện nói chung, và tất nhiên là giá thành phù hợp với khả năng chi trả sinh viên. Nội dung của báo cáo gồm:

- Phần mở đầu giới thiệu đề tài.
- Giới thiệu về linh kiện sản phẩm sử dụng.
- Giải thích nguyên lý và thiết kế.
- Kết quả thu được.
- Hướng phát triển và kết luân.

## CHƯƠNG 2. PHÂN TÍCH ĐỀ TÀI

### 2.1 Thông số kỹ thuật

#### 2.1.1 Chọn Speaker phù hợp

- Khoảng cách từ vị trí phát đến vị trí có thể nghe R: khoảng 10m  
=> Cần mức cường độ âm thanh L: 80 dB

[1] Có công thức:  $L = 10 \frac{\log P}{I_0 \cdot 4\pi \cdot R^2}$

Với:  $R= 10$ ,  $L=80$ , Cường độ âm chuẩn  $I_0=10^{-12} (W/m^2)$

Thay số ta được:  $P=Pout=0.063 W$

Như vậy: Điện áp đầu ra  $V_{out}=\sqrt{2Pout \cdot R_L} = 1(V)$

=> Như vậy nhóm chọn loa 5W 8Ω

#### 2.1.2 Chỉ tiêu chức năng

Chỉ tiêu chức năng của khối nguồn và khối khuếch đại:

##### Khối nguồn

- *Nhiệt độ(Temperature)*: Hoạt động trong nhiệt độ phòng  $\sim 25^\circ C$
- *Tín hiệu vào(Input Signal)*: Tín hiệu điện dân dụng, ta có điện áp vào  $v_{in} \sim (220VAC, 50Hz)$
- *Tín hiệu ra(Output Signal)*: Tín hiệu 20VDC

##### Mạch khuếch đại âm thanh

- *Nguồn nuôi(Supply Voltage)*: Nhóm thiết kế mạch nguồn 20V DC làm nguồn nuôi cho mạch.
- *Băng thông(Bandwidth)*: Dải băng thông của âm thanh có thể nghe thấy được là khoảng (20Hz-20kHz) [2]
- *Nhiệt độ(Temperature)*: Mạch hoạt động trong nhiệt độ phòng  $\sim 25^\circ C$
- *Tín hiệu vào(Input Signal)*: Tín hiệu vào nối từ chân jack điện thoại , ta có điện áp vào  $v_{in} \sim 100mVAC$
- *Tín hiệu ra(Output Signal)*: Tín hiệu của Speaker  $v_{out} = 1VAC$   
=> Như vậy ta có  $Av = \frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{1}{0.1} = 10$

#### 2.1.3 Chỉ tiêu phi chức năng

Một số chỉ tiêu của sản phẩm:

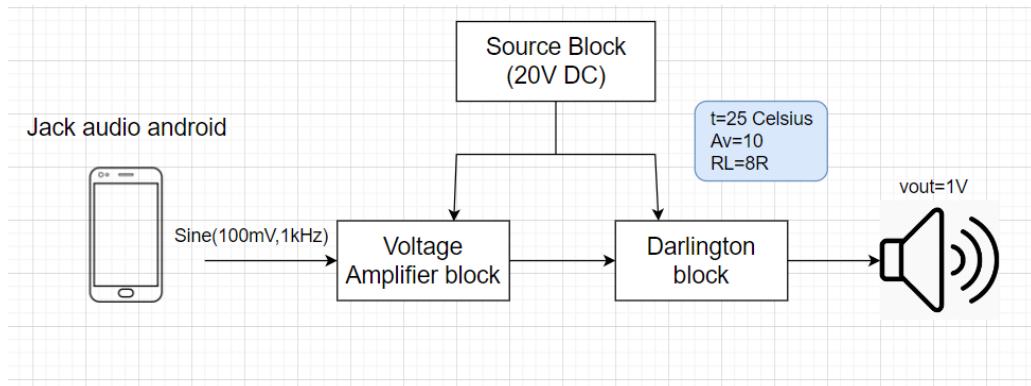
- Khối nguồn hoạt động ổn định ra điện áp khoảng 20V

- Mạch có thể khuếch đại âm thanh với speaker đưa ra âm thanh ổn định không nhiễu
- Giá thành rẻ, dễ dàng sử dụng, phù hợp với việc thực hành của sinh viên
- Linh kiện dễ tìm, dễ thay thế khi có sự cố xảy ra
- Mạch được thiết kế kết hợp cùng công tắc để điều khiển hoạt động mạch và đèn báo để báo mạch chạy
- Nhóm thiết kế và sử dụng mạch PCB bằng Altium với kích thước mạch sản phẩm: khối khuếch đại: 5x7 cm, khối nguồn: 5x7 cm

## 2.2 Block Diagram

Mạch gồm 2 tầng hoạt động: tầng khuếch đại điện áp và tầng Darlington có tác dụng như một bộ đệm. Nguồn DC cấp cho 2 tầng hoạt động là nguồn từ Adapter 20V. Chức năng của mỗi tầng như sau:

- Khối khuếch đại điện áp(Voltage Amplifier): để khuếch đại điện áp đầu vào, tổng điện áp thu được hầu hết ở khối này.
- Khối Darlington: có tác dụng nâng giá trị trở tải  $R_L$  và ổn định mạch.



**Hình 2.1 Sơ đồ khối của sản phẩm**

## 2.3 Lựa chọn linh kiện mạch nguồn

Về mạch nguồn, với chỉ tiêu đầu ra 20VDC với đầu vào 220 VAC2.1.2, nhóm sử dụng mạch ổn áp để làm mạch nguồn. Thực tế, IC để cho ra  $V_{out}$  khoảng 20V hiếm, nên nhóm quyết định chọn IC7824 để đầu ra ổn định trong giá trị 24V, sau đó hạ áp bằng một vài diod để xuống giá trị xấp xỉ 20V.

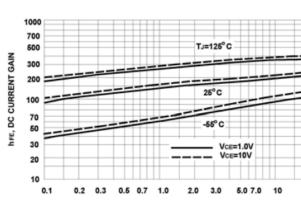
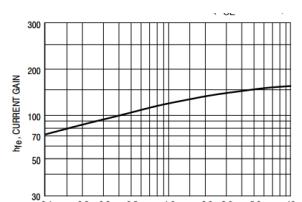
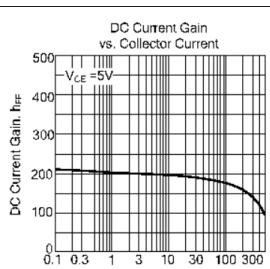
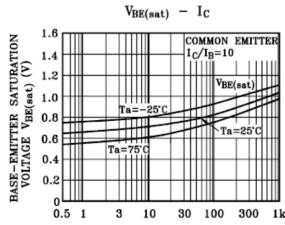
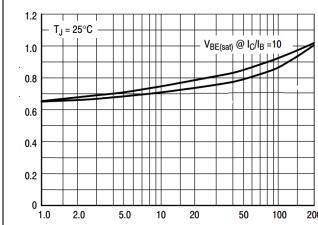
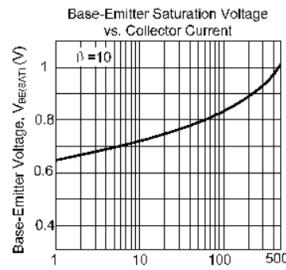
## 2.4 Lựa chọn linh kiện mạch khuếch đại âm thanh

Về speaker, nhóm đã trình bày về cách chọn ở mục 2.1.1, với phần này, bài báo cáo sẽ trình bày về cách chọn transistor bán dẫn, sản phẩm chỉ sử dụng transistor BJT, vì vậy ta cần

biết thông tin các linh kiện của mỗi BJT, phân biệt và đưa ra lựa chọn cuối cùng. Mạch nhóm thiết kế gồm 2 tầng: 1 tầng để khuếch đại tín hiệu( tầng này có 1 BJT - ở đây ta gọi là Q1), và 1 tầng mạch Darlington làm đệm(tầng Darlington có 2 BJT - Q2 và Q3). Với tầng khuếch đại(Q1) và BJT đầu tiên(Q2) của Darlington, mạch thường hoạt động với dòng tương đối nhỏ, nhóm em chọn BJT có độ khuếch đại( $h_{FE}$ ) vào khoảng  $\sim 200$ ; với BJT sau của tầng Darlington (Q3), do lúc này dòng đã được khuếch đại qua 2 BJT có  $h_{FE}$  khá lớn, nên ở tầng này nhóm chọn BJT có  $h_{FE}$  vào khoảng  $\sim 60$ .

Như vậy, qua thu thập và tìm hiểu, nhóm tiến hành quá trình lựa chọn linh kiện như sau:

#### 2.4.1 BJT với $h_{FE} \sim 200$

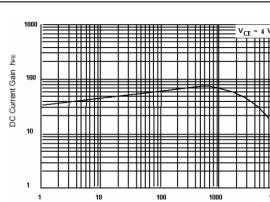
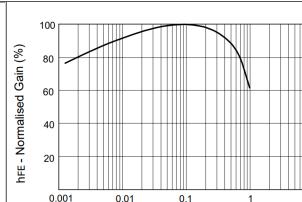
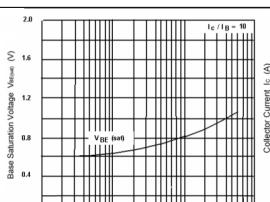
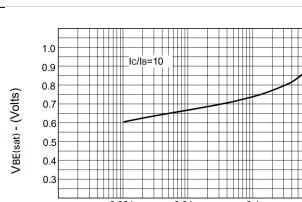
Thông số	2N2222	2N3903	PN2222A
$V_{CE(max)}$	30V	40V	40V
$V_{BE(max)}$	5V	6V	6V
$V_{BC(max)}$	60V	60V	75V
$I_c(max)$	600mA	200mA	600mA
$h_{FE}$			
$V_{BE(on)}$			

Bảng 2.1 BJT với  $h_{FE} 200$

Qua bảng trên, có thể thấy: xét BJT 2N2222, tuy có mức chịu điện áp tối đa nhỏ hơn 2 BJT cạnh, tuy nhiên với mạch thiết kế trong sản phẩm này, điện áp tối đa như thế là khá tốt, vì vậy cũng không cần thiết phải có giá trị lớn. Ngoài ra, khi xét đến  $h_{fe}$  và  $V_{BE(on)}$ , ta có thể thấy BJT 2N2222 có sự ổn định hơn khi  $I_C$  thay đổi  
=> Vì vậy, nhóm quyết định chọn BJT 2N2222 cho BJT Q1 và Q2

#### 2.4.2 BJT với $h_{fe} \sim 60$

Tiếp tục tìm hiểu về các BJT có thể chịu được  $I_c$  lớn, nhóm thống kê được bảng 2.2:  
Dựa vào bảng 2.2, ta thấy dường như về các mặt thì TIP41C có phần tốt hơn ZTX450  
=> Như vậy với Q3 nhóm chọn BJT TIP41C

Thông số	TIP41C	ZTX450
$V_{CE}(\text{max})$	100V	45V
$V_{BE}(\text{max})$	5V	5V
$V_{BC}(\text{max})$	100V	60V
$I_c(\text{max})$	6A	1A
$hfe$		
$V_{BE(on)}$		

Bảng 2.2 BJT với  $hfe \geq 60$

## 2.5 Linh kiện sử dụng

Sau khi chọn được Speaker và BJT phù hợp với sản phẩm, nhóm tiến hành tính toán để chọn giá trị của điện trở và tụ điện. Cụ thể được trình bày trong mục 3.2, cuối cùng, tổng kết lại linh kiện nhóm sử dụng để thực hiện mạch khuếch đại âm thanh, trong bảng sau:

**Bảng 2.3 Linh kiện sử dụng trong sản phẩm**

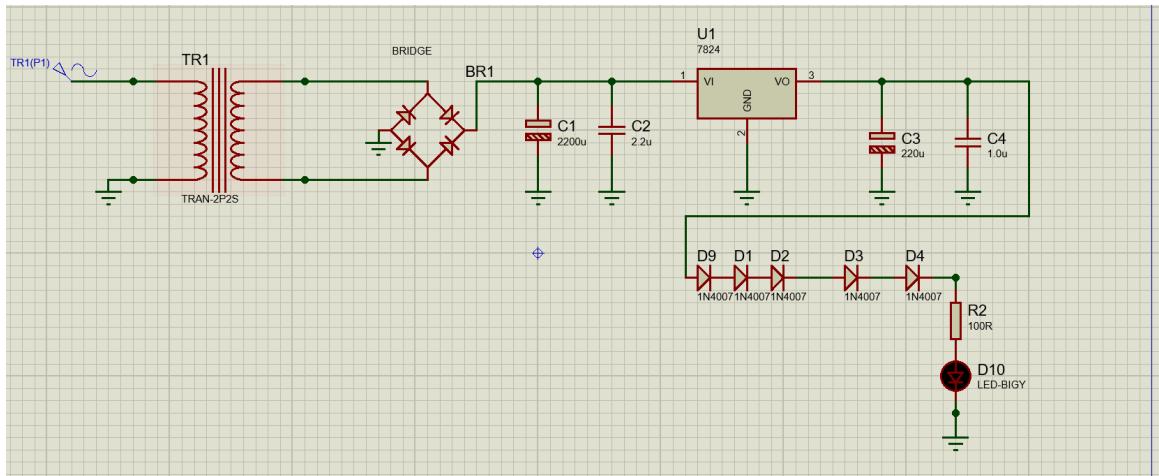
Linh kiện	Số lượng
BJT TIP41C	1
BJT 2N2222	2
Board mạch 7x9cm	1
Muối $FeCl_3$	1
Tản nhiệt nhôm cho IC	2
Header XH2(loa)	1
Tụ gốm 106	1
Tụ hóa $100\mu F$ 35V	2
Tụ hóa $10\mu F$ 35V	1
Trở công suất $47\Omega 20W$	1
Led đục đỏ 5mm	2
Trở $650\Omega$	1
Trở $1.35k\Omega$	1
Trở $2k\Omega$	1
Trở $8k\Omega$	1
Trở $10k\Omega$	2
Trở $18k\Omega$	1
Trở $2k\Omega$	1
Trở $1M\Omega$	1
Header 2 chân	2
Diod cầu	1
Diod 1N4007	5
Tụ $2.2 \mu F$ 50V	1
Tụ $220 \mu F$ 50V	1
Tụ gốm 106	2
IC LM7824	1
Biến áp	1

# CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ

## 3.1 Sơ đồ nguyên lý và mạch in pcb

### 3.1.1 Sơ đồ nguyên lý

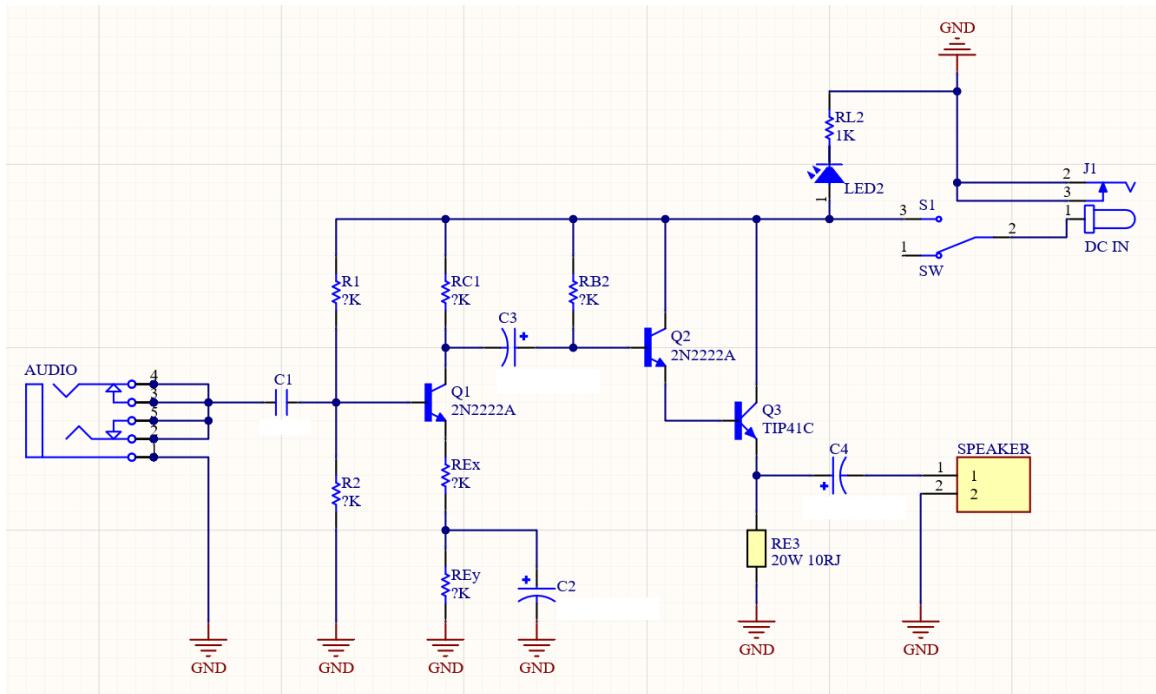
#### Mạch nguồn



Hình 3.1 Mạch nguyên lý Ổn áp

*Nguyên lý mạch ổn áp:* Với đầu vào là nguồn điện dân dụng 220 VAC, sau khi qua biến áp, được đưa về điện 24V, tiếp theo là chỉnh lưu cầu, để đưa dòng về 1 chiều vào IC7824, tín hiệu qua IC cho đầu ra là 24V, lọc tín hiệu đầu ra và cuối cùng qua 5 diod, điện áp qua mỗi diod đều hạ xuống khoảng 0.6-0.7 V, vì vậy khi mạch qua 5 diod có thể hạ áp xuống còn khoảng 20V

## Mạch khuếch đại âm thanh



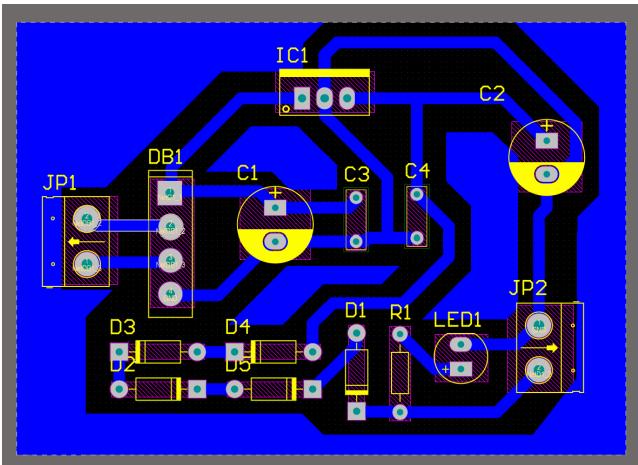
Hình 3.2 Mạch nguyên lý của sản phẩm khuếch đại âm thanh

- *Giải thích nguyên lý:* Về cơ bản thì mạch hoạt động dựa trên nguyên lý hoạt động của BJT, tầng khuếch đại điện áp được mắc theo kiểu CE, tín hiệu vào cực B được khuếch đại và ra ở cực C, tại đây tín hiệu đi qua bộ đệm Darlington và cuối cùng là đến Speaker.

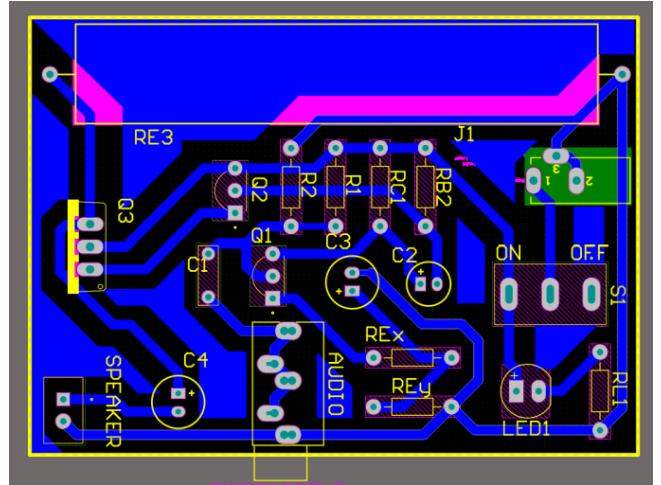
- Nguyên tắc hoạt động của Speaker: [3] loa có một màng rung. Màng rung là nơi âm thanh được phát ra để đến với tai người nghe. Khi tín hiệu ở phía dương, màng loa được đẩy ra, và ngược lại khi tín hiệu âm, màng loa kéo vào . Từ đó với tín hiệu âm thanh hình sine, màng loa liên tục đẩy ra kéo vào, từ đó tạo thành âm thanh có thể nghe thấy.

### 3.1.2 Mạch in

Nhóm sử dụng Altium, sau khi thiết kế mạch nguyên lý, thực hiện vẽ mạch pcb với mạch in 1 lớp, đi dây ở bottom layer.



Vẽ mạch pcb ẩn áp



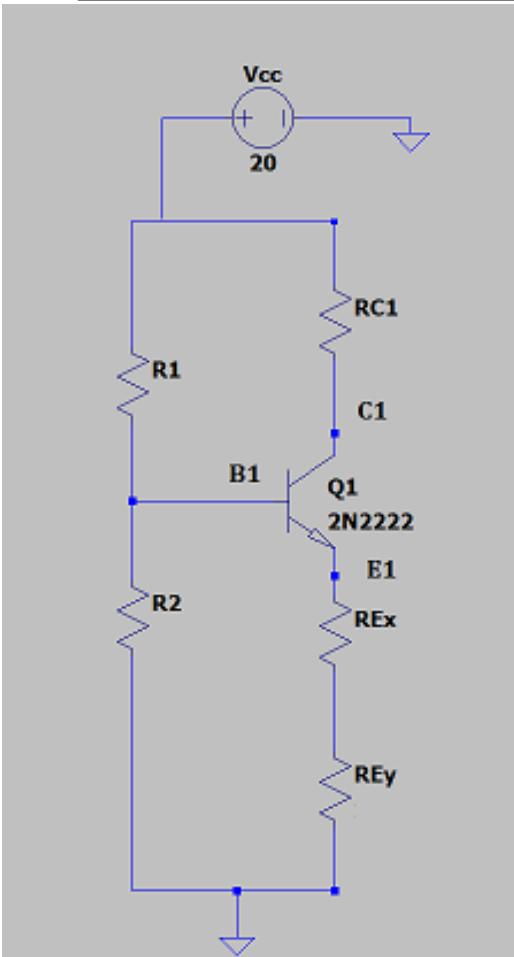
Pcb khuếch đại

### 3.2 Tính toán các giá trị

#### 3.2.1 Khối nguồn

#### 3.2.2 DC Analysis

Common Emitter with voltage divider( Voltage Amplifier block):



$$\Rightarrow R_{C1} = 8(k\Omega)$$

$$* \text{Với } V_E=2\text{V và } V_{B1E1} = V_{B1} - V_E = 0.65\text{V} \Rightarrow V_{B1}=2.65 (\text{V})$$

\* Từ datasheet của 2N2222, chọn:

$$- I_{C1}=1mA, V_{C1E1}=10V$$

$$\Rightarrow \text{có } hfe=180. V_{B1E1}=0.65 \text{ V}$$

$$\Rightarrow I_{B1} = \frac{I_{C1}}{\beta_1} \approx 0.0056(\text{mA})$$

$$\text{Có } V_{CC} = I_{C1}.R_{C1} + I_{E1}.(R_{Ex} + R_{Ey}) + V_{CE1}$$

$$\text{với } \beta_1 = 180 \Rightarrow I_{E1} \approx I_{C1}$$

$$\text{Thay số, có: } 1.R_{C1} + 1.(R_{Ex} + R_{Ey}) = 10(k\Omega)$$

$$\Rightarrow R_{C1} + R_{Ex} + R_{Ey} = 10(k\Omega)$$

\* Tiếp theo là tính  $R_C$  và  $R_E$ , điện trở  $R_C$  và  $R_E$  không thể tính trực tiếp từ các thông số đã biết. Việc đưa điện trở  $R_E$  vào mạch là để ổn định điều kiện phân cực.  $R_E$  không thể có giá trị quá lớn vì như thế sẽ làm giảm  $V_{CE}$  ( $\rightarrow$  giảm độ khuếch đại), tuy nhiên nếu  $R_E$  quá nhỏ, thì khi nhiệt độ thay đổi, độ ổn định của mạch kém. Trong thực nghiệm người ta thường chọn

$$V_E = \frac{1}{10}V_{CC} [4]$$

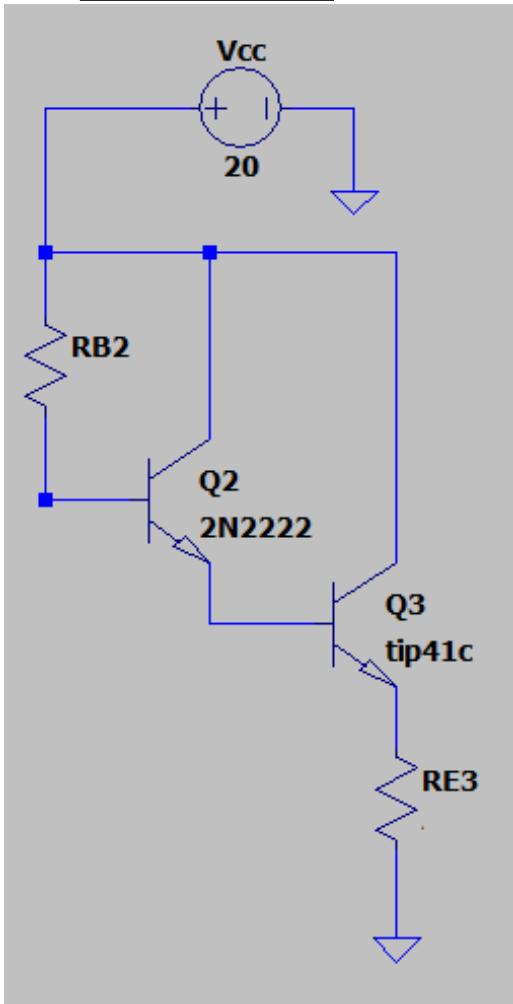
$$\text{Như vậy, chọn } V_E = \frac{1}{10}V_{CC} = 2 \text{ V}$$

$$\text{Có, } R_{Ex} + R_{Ey} = \frac{V_{E1}}{I_{E1}} = 2(k\Omega)$$

$$\text{Mà } R_{C1} + R_{Ex} + R_{Ey} = 10(k\Omega),$$

Mà theo công thức phân áp từ  $V_{CC}$  đến GND, có  $V_{B1} = \frac{V_{CC} \cdot R_2}{R_1 + R_2}$   
 $\Rightarrow \frac{20 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 2.65 \Rightarrow \frac{R_1 + R_2}{R_2} = 7.55 \Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = 6.55$   
 $\Rightarrow Chọn: R_1 = 18(k\Omega) \quad R_2 = 2(k\Omega)$

### Darlington block:



\* Từ datasheet của TIP41C, chọn:

$$I_{C3}=0.1 \text{ A}, V_{C3E3}=15 \text{ V}$$

$$\Rightarrow \beta_3=50, V_{B3E3}=0.6 \text{ V}$$

$$\Rightarrow I_{B3} = I_{E2} = \frac{I_{C3}}{\beta_3} = 2 \text{ (mA)} \approx I_{C2}$$

Với  $I_{C2}=2 \text{ mA}$

$\Rightarrow$  từ datasheet của 2N2222 có  $\beta_2=150, V_{B2E2}=0.65 \text{ V}$

$$\Rightarrow I_{B2} \approx \frac{I_{C2}}{\beta_2} = 0.013 \text{ (mA)}$$

$$\text{Có: } V_{CC} = V_{C3E3} + I_{E3} \cdot R_{E3}$$

với  $V_{C3E3} = 15 \text{ V}$ , suy ra  $I_{E3}R_{E3} = 5$ , mà  $I_{E3} \approx I_{C3} = 0.1 \text{ A}$

$$\Rightarrow R_{E3} = 50 \Omega \Rightarrow \text{Chọn } R_{E3} = 47 \Omega$$

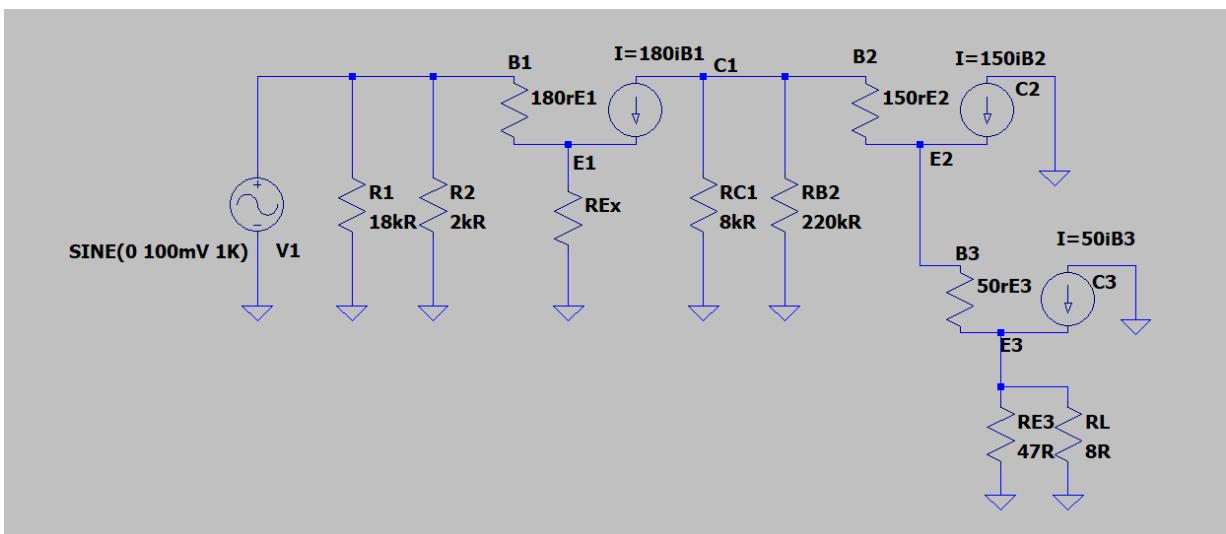
$$* V_{C3E3} = 15 \text{ V} \Rightarrow V_{E3} = 5 \text{ V}$$

$$\Rightarrow V_{B3} = 5.65 \text{ V} = V_{E2} \Rightarrow V_{B2} = 6.3 \text{ V}$$

$$\Rightarrow R_{B2} = \frac{V_{CC} - V_{B2}}{I_{B2}}$$

$$\Rightarrow R_{B2} = 1080(k\Omega)$$

### 3.2.3 AC Analysis



$$* r_{E1} = \frac{26mV}{I_{E1}} = 26 \Omega$$

$$r_{E2} = \frac{26mV}{I_{E2}} = 13 \Omega$$

$$r_{E3} = \frac{26mV}{I_{E3}} = 0.26 \Omega$$

\* Có  $i_{E2} = i_{B3}$

$$i_{E3} = \beta_3 \cdot i_{B3} = \beta_3 \cdot i_{E2} = \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot i_{B2}$$

$$\text{tại C1: } i_{C1} = i_{RC1} + i_{B2} = \frac{v_{C1}}{R_{C1}} + i_{B2}$$

$$\begin{aligned}
* v_{C1} &= i_{B2} \cdot \beta_2 \cdot r_{E2} + i_{B3} \cdot \beta_3 \cdot r_{E3} + i_{E3} \cdot (R_{E3} // R_L) \\
&= i_{B2} \cdot \beta_2 \cdot r_{E2} + \beta_2 \cdot i_{B2} \cdot \beta_3 \cdot r_{E3} + \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot i_{B2} \cdot (R_{E3} // R_L) \\
&= i_{B2} (\beta_2 \cdot r_{E2} + \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot r_{E3} + \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot (R_{E3} // R_L)) \\
\text{Suy ra } i_{C1} &= i_{B2} \left( \left( \frac{1}{R_{C1}} \cdot \beta_2 \cdot r_{E2} + \frac{1}{R_{C1}} \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot r_{E3} + \frac{1}{R_{C1}} \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot (R_{E3} // R_L) \right) + 1 \right) \\
&= \beta_1 \cdot i_{B1} \\
* A_v &= \frac{v_{out3}}{v_{in1}} = \frac{v_{E3}}{v_{B1}} \\
&= \frac{\beta_2 \cdot \beta_3 \cdot i_{B2}}{\beta_1 \cdot i_{B1} \cdot (r_{E1} + R_{Ex})} \\
&= \frac{\beta_2 \cdot \beta_3 \cdot (R_{E3} // R_L)}{(r_{E1} + R_{Ex}) \cdot \left( \left( \frac{1}{R_{C1}} \cdot \beta_2 \cdot r_{E2} + \frac{1}{R_{C1}} \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot r_{E3} + \frac{1}{R_{C1}} \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot (R_{E3} // R_L) \right) + 1 \right)} \\
&= 10
\end{aligned}$$

Suy ra, thay số ta tính được  $R_{Ex} = 650\Omega$

mà có  $R_{Ex} + R_{Ey} = 2(k\Omega)$

suy ra  $R_{Ey} = 1,35(k\Omega)$

### 3.2.4 Tính giá trị tụ điện

Mạch khuếch đại âm thanh, vì vậy nên âm thanh sau khi khuếch đại cần có dải băng thông vào khoảng (20Hz, 20kHz) (Dải âm thanh có thể nghe thấy được)

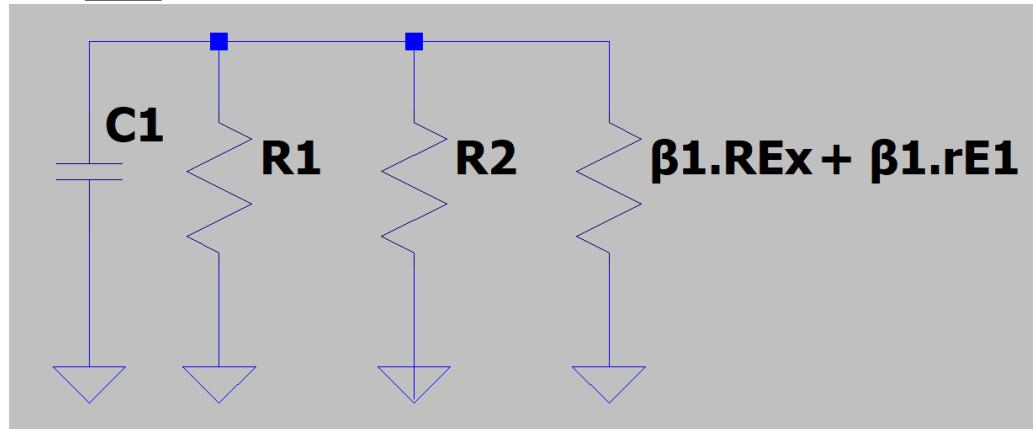
Với các tụ  $C_1, C_2, C_3$  và  $C_4$  trong mạch, đều là tụ coupley(tụ ghép), nên chọn  $f_{LC} \leq 20Hz$ .

Có công thức xác định giá trị tụ:

$$\frac{1}{2\pi RC} \leq 20$$

Dựa vào điểm nhin của các tụ, có thể quy thành các mạch đơn giản như sau:

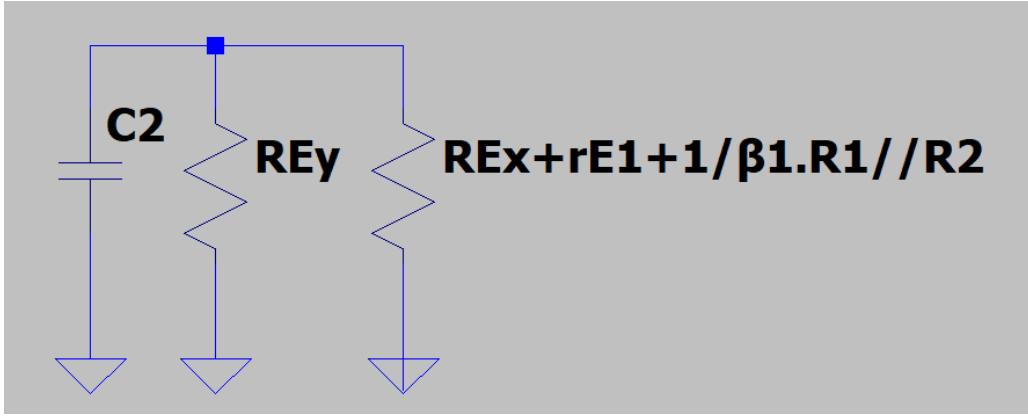
Tụ  $C_1$



$$\begin{aligned}
* \frac{1}{2\pi \cdot (R_1 // R_2 // \beta_1 \cdot (R_{Ex} + r_{E1})) \cdot C_1} &\leq 20 \\
\Rightarrow C_1 &\geq 4.5 \mu F
\end{aligned}$$

**Chọn tụ  $10\mu F$**

Tụ  $C_2$

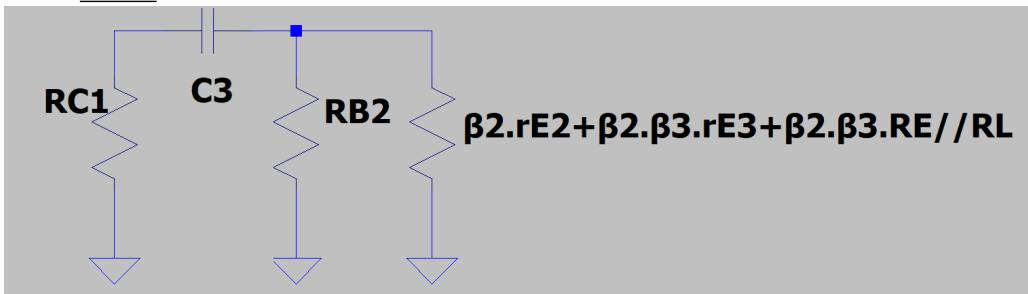


$$* \frac{1}{2\pi.(R_{Ey}/(R_{Ex}+r_{E1}+\frac{1}{\beta_1}.(R_1//R_2))).C_2} \leq 20$$

$$\Rightarrow C_2 \geq 17.7\mu F$$

*Chọn tụ 100μF*

Tụ C3

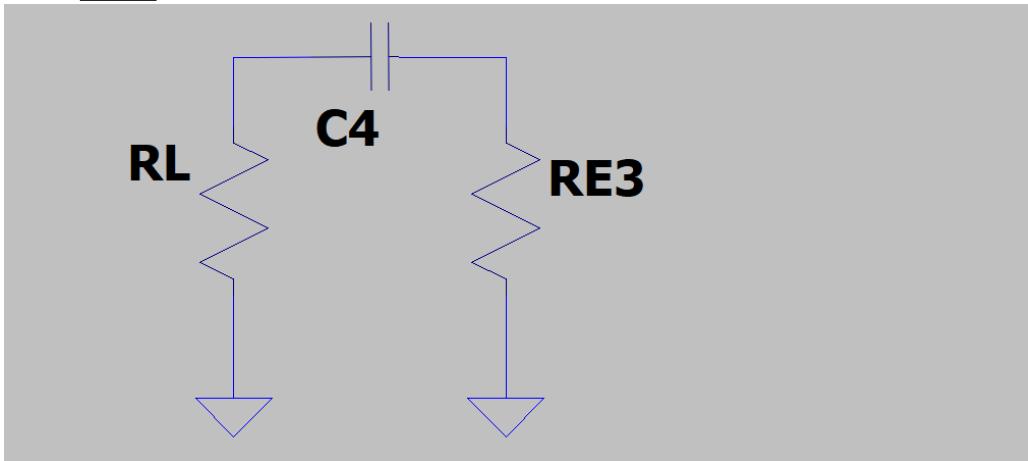


$$* \frac{1}{2\pi.(R_{C1}+(R_{B2}/(\beta_2.r_{E2}+\beta_2.\beta_3.r_{E3}+\beta_2.\beta_3.(R_E//R_L))).C_3} \leq 20$$

$$\Rightarrow C_3 \geq 1.43\mu F$$

*Chọn tụ 100μF*

Tụ C4



$$* \frac{1}{2\pi.(R_L+R_{E3}).C_4} \leq 20$$

$$\Rightarrow C_4 \geq 47\mu F$$

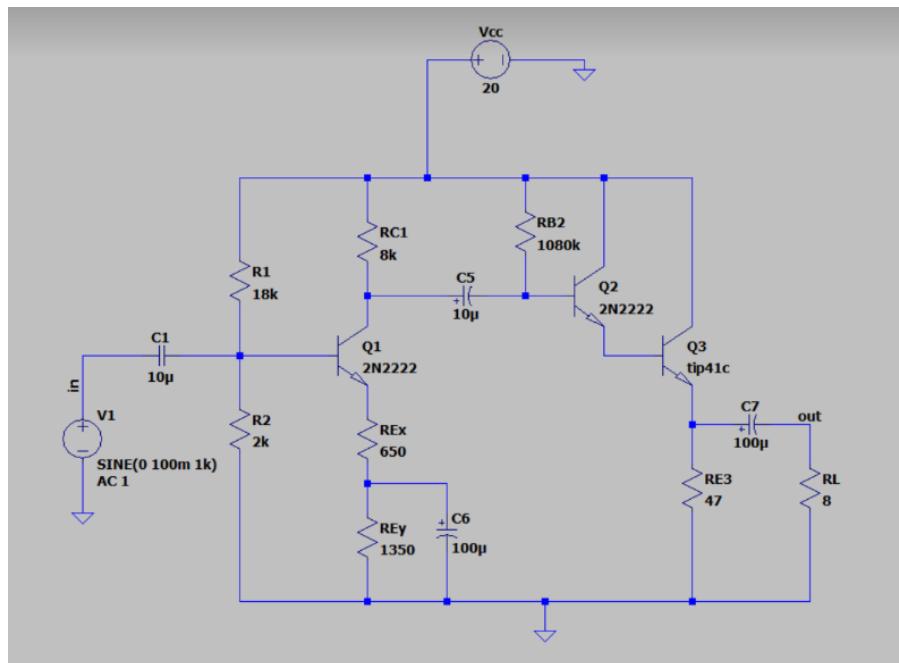
*Chọn tụ 100μF*

Với tụ C1, điện áp trên tụ chưa lớn, vì vậy nên có thể sử dụng tụ gốm, còn với các tụ còn lại, nhóm chọn sử dụng tụ hóa để có thể chịu áp cao hơn. Ngoài ra, với các tụ hóa, thường

*thì nên chọn giá trị điện áp lớn hơn khoảng 30% giá trị điện áp nuôi, vì vậy nhóm chọn tụ 35V*

### 3.3 Mô phỏng LTSpice

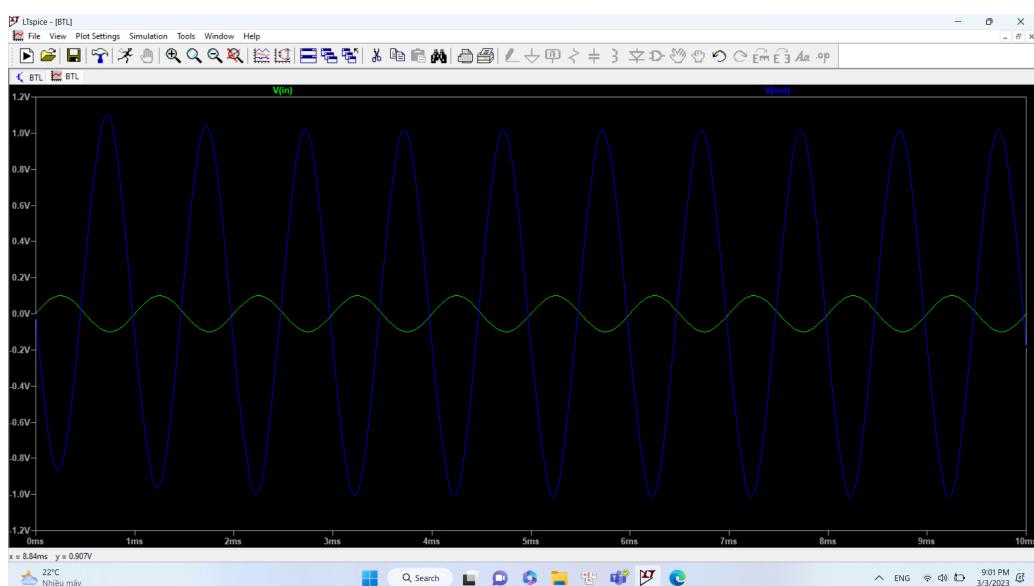
Sau khi tính toán các giá trị, nhóm tiến hành mô phỏng mạch theo giá trị đã tính toán. Nhận thấy LTSpice không có sẵn BJT TIP41C, nhóm thực hành tìm model của TIP41C và thực hiện theo [5]



Hình 3.3 Mô phỏng mạch bằng LTspice

#### 3.3.1 Tín hiệu vào( $v_{in}$ ) là tín hiệu chuẩn từ LTspice

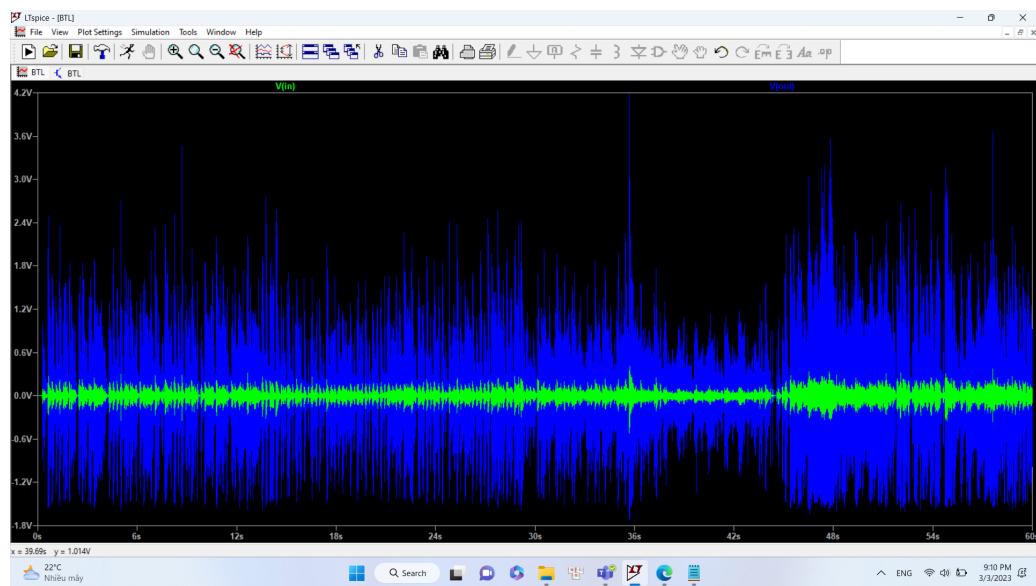
Trước hết, test mạch với tín hiệu sine chuẩn từ LTSpice với giá trị 100 mV:



Hình 3.4 Tín hiệu chuẩn từ LTspice

### 3.3.2 Tín hiệu vào( $v_{in}$ ) từ một file âm thanh

Với tín hiệu sine chuẩn, đẹp từ LTSpice thấy được mạch hoạt động ổn định, tuy nhiên để xác định mô phỏng thực tế nhất có thể, cần nghiên cứu mô phỏng mạch với tín hiệu là âm thanh. Phần thực hiện được tham khảo trong [6]



Hình 3.5 Tín hiệu vào là file âm thanh

Như vậy, có thể thấy trên mô phỏng, dù là tín hiệu file âm thanh hay tín hiệu sine lấy từ LTspice, mạch có vẻ hoạt động tốt, đáp ứng được đầu ra phù hợp.

### 3.3.3 Kết quả tính toán trên mô phỏng

\* D:\BTL\BTL.asc

--- Operating Point ---

V(n001) :	20	voltage
V(n004) :	1.99461	voltage
V(n002) :	14.6136	voltage
V(n006) :	1.35258	voltage
V(n008) :	0.91299	voltage
V(n003) :	11.3075	voltage
V(n007) :	9.99641	voltage
V(out) :	7.99713e-15	voltage
V(in) :	0	voltage
V(n005) :	10.6396	voltage
Ic(Q1) :	0.000673294	device_current
Ib(Q1) :	2.9952e-06	device_current
Ie(Q1) :	-0.000676289	device_current
Ic(Q2) :	0.00174035	device_current
Ib(Q2) :	8.04861e-06	device_current
Ie(Q2) :	-0.0017484	device_current
Ic(Q3) :	0.210941	device_current
Ib(Q3) :	0.00174838	device_current
Ie(Q3) :	-0.21269	device_current
I(C1) :	1.99461e-17	device_current
I(C5) :	3.30615e-17	device_current
I(C6) :	9.1299e-17	device_current
I(C7) :	9.99641e-16	device_current
I(R1) :	0.0010003	device_current
I(R2) :	0.000997304	device_current
I(Rc1) :	0.000673294	device_current
I(Rex) :	0.000676289	device_current
I(Rb2) :	8.04861e-06	device_current
I(Re3) :	0.21269	device_current
I(Rl) :	9.99641e-16	device_current
I(Rey) :	0.000676289	device_current
I(Vcc) :	-0.214363	device_current
I(Vt) :	1.99461e-17	device_current

Name:	q1	q2	q3
Model:	2n2222	2n2222	tip41c
Ib:	3.00e-06	8.05e-06	1.75e-03
Ic:	6.73e-04	1.74e-03	2.11e-01
Vbe:	6.42e-01	6.68e-01	6.43e-01
Vbc:	-1.26e+01	-8.69e+00	-9.36e+00
Vce:	1.33e+01	9.36e+00	1.00e+01
BetaDC:	2.25e+02	2.16e+02	1.21e+02
Gm:	2.60e-02	6.69e-02	5.78e+00
Rpi:	8.64e+03	3.21e+03	2.07e+01
Rx:	1.00e+01	1.00e+01	4.39e+00
Ro:	1.67e+05	6.25e+04	5.18e+02
Cbe:	4.92e-11	6.63e-11	1.53e-07
Cbc:	3.09e-12	3.47e-12	4.82e-11
Cjs:	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00
BetaAC:	2.24e+02	2.15e+02	1.20e+02
Cbx:	0.00e+00	0.00e+00	1.18e-11
Ft:	7.91e+07	1.53e+08	6.01e+06

Hình 3.6 Kết quả tính toán trên mô phỏng

### 3.3.4 Băng thông(Bandwidth)

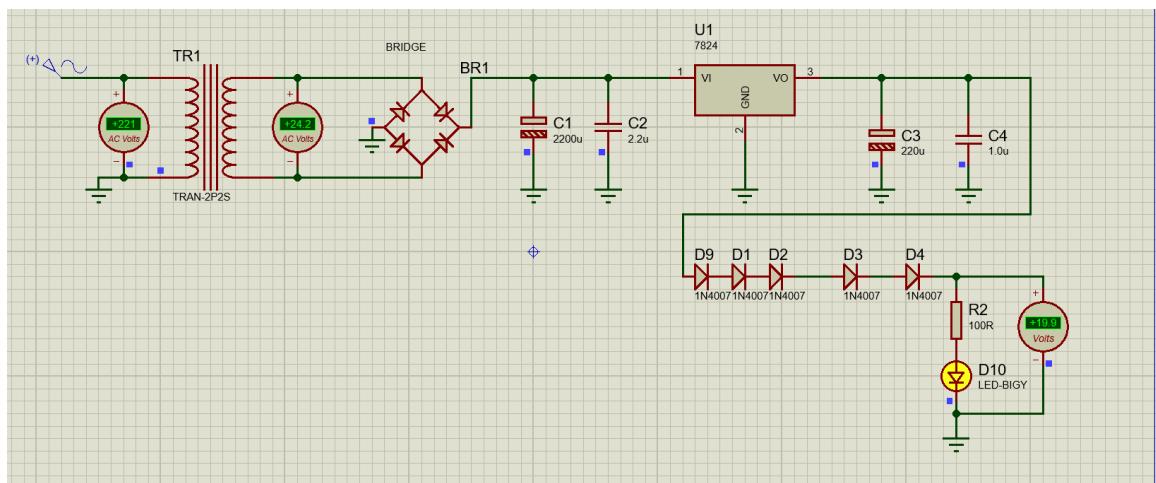
Tham khảo quá trình mô phỏng băng thông mạch ở [7], sau đây là dải băng thông của mạch:



Hình 3.7 Băng thông của mạch

### 3.4 Mô phỏng mạch nguồn với Proteus

Với mạch nguồn ổn áp, thực hiện đo bằng AC Voltmeter và DC Voltmeter như hình:



Hình 3.8 Kết quả mô phỏng mạch nguồn bằng Proteus

Kết quả nguồn có áp ra khoảng 20 VDC => đáp ứng được chỉ tiêu nguồn.

## CHƯƠNG 4. THỰC HIỆN MẠCH

### 4.5 Quá trình thực hiện

Nhóm thực hiện mạch nguồn và mạch khuếch đại riêng nhau, bởi cách thực hiện mạch tương đồng nhau, nên ở phần này, nhóm trình bày về cách thực hiện mạch in của mạch khuếch đại âm thanh.

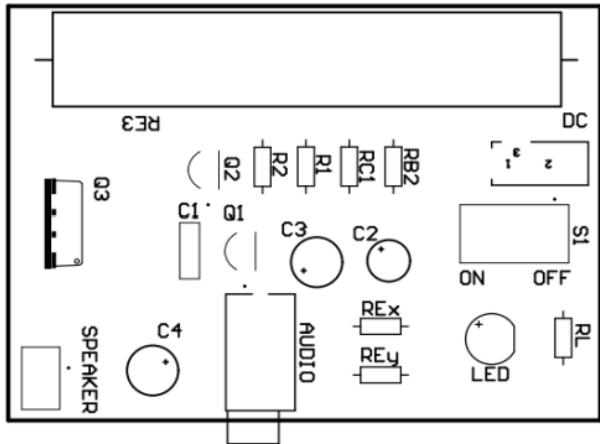
#### 4.5.1 Chuẩn bị

Bảng 4.1 Vật liệu chuẩn bị

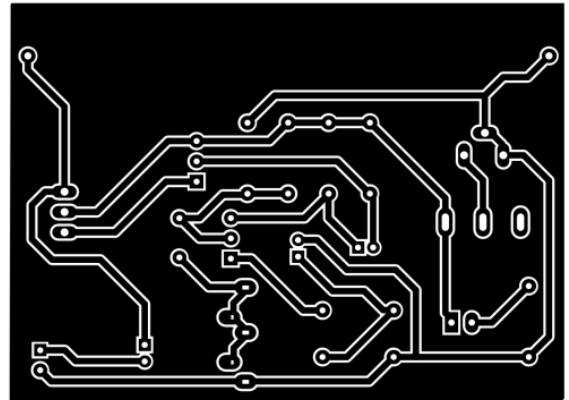
Linh kiện	Số lượng
tấm phíp đồng	1
mặt thủy tinh	1
tờ giấy nhám	1
tờ giấy in nhiệt màu vàng	1
cái bàn là	1
chai axeton (xăng thơm)	1
chai nhựa thông dạng lỏng	1
bột sắt ( $FeCl_3$ )	100g
máy khoan mạch cầm tay mini	1
mỏ hàn chì	1
cuộn chì hàn mạch	1
Bông gòn	1
Nhựa thông cục	1
thau nước	1
kiềm bấm chân linh kiện (có thể thay thế bằng đồ bấm (cắt) móng tay)	1
bao tay bảo hộ	1
bút dạ đèn thiêng long	1

#### 4.5.2 Schematic và PCB từ Altium

Schematic và PCB từ Altium được vẽ, ở phần 3.1.1 và 3.1.2, sau đây là ảnh mạch dùng để in:



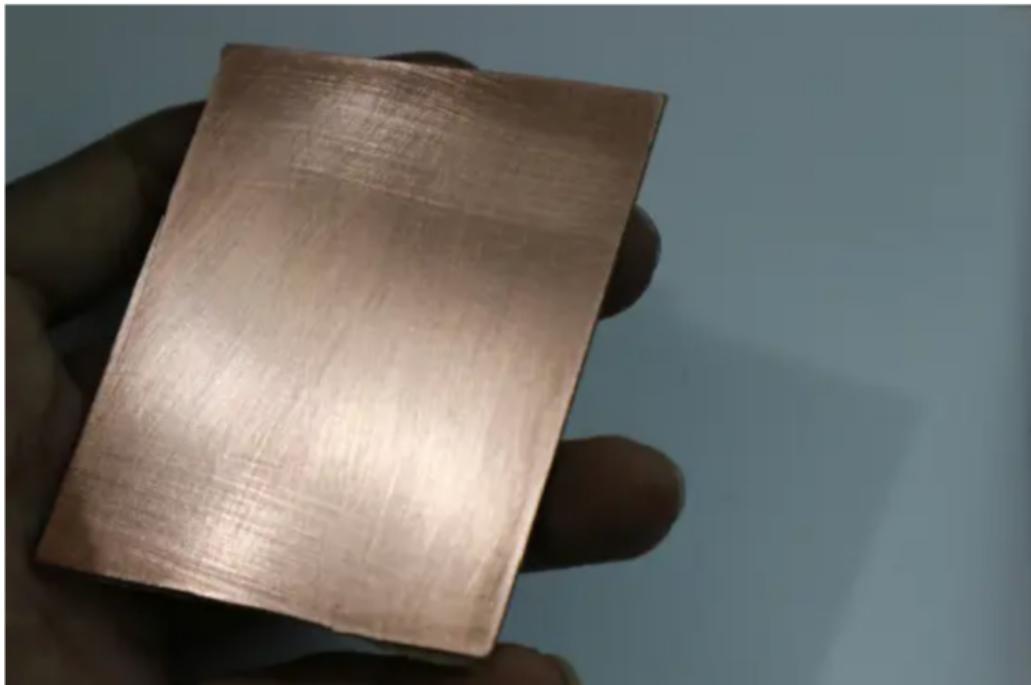
Mặt trước mạch in



Mặt sau mạch in

#### 4.5.3 Ủi mạch

Đầu tiên dùng giấy nhám chà thật sạch board đồng rồi dùng cồn lau cho board đồng thật sạch.



áp phần có hình mạch in trên giấy vào mặt có đồng của board đồng, căn chỉnh sao cho khớp, sau đó tận dụng phần thừa của giấy in mạch để dán cố định giấy với board đồng



Sau đó ủi sơ qua toàn bộ bề mặt cần ủi để cho giấy định hình tiếp xúc hoàn toàn với board đồng.

Tiếp theo dùng mũi và cạnh của bàn ủi tập trung ủi các góc và cạnh của board mạch cần ủi vì góc và cạnh của board mạch là nơi khó ủi nhất và nhiệt khó tập trung ở những nơi đó khó nhất, vùng trung tâm thì ủi 2-3 lần là dính hết rồi.

Sau đó đợi mạch nguội ta dùng tay nhẹ nhàng bóc 1 ít ra xem nếu mạch mực chưa bám xuống hết ta cố định lại và ủi lại khoảng 3 phút .

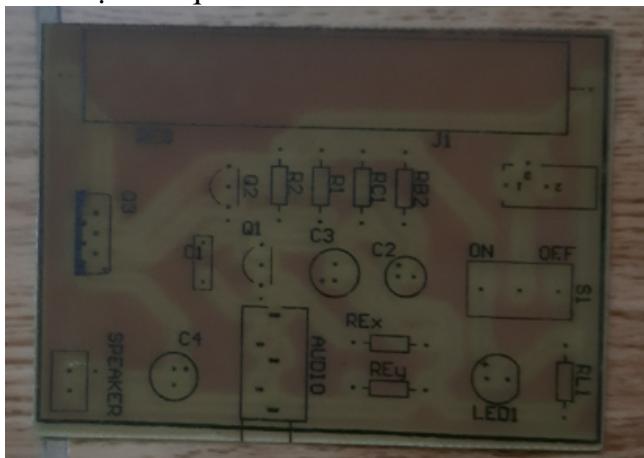
Sau khi ủi xong mạch ta dùng bút dạ tô lại những chỗ mực in chưa ăn xuống hết.

#### **4.5.4 Ngâm mạch**

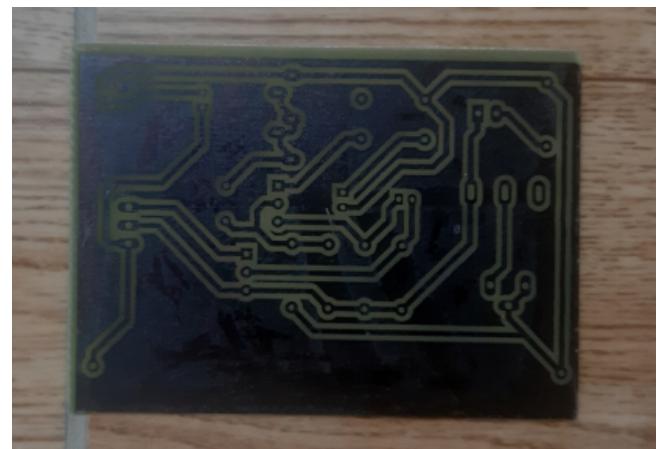
Pha bột sắt ( FeCl<sub>3</sub>) với nước theo tỉ lệ 100g bột sắt pha với 250ml nước. Sau đó ngâm mạch trong dung dịch FeCl<sub>3</sub> khoảng 10 phút cho đến khi lớp đồng được ăn mòn hết thì lấy mạch ra rửa với nước cho sạch.



thu được kết quả:



Mặt trước mạch



Mặt sau mạch

Dùng bùi nhùi chà đi lớp mực bám ở mặt dưới của mạch in. Phần trên để lại làm tên linh kiện:

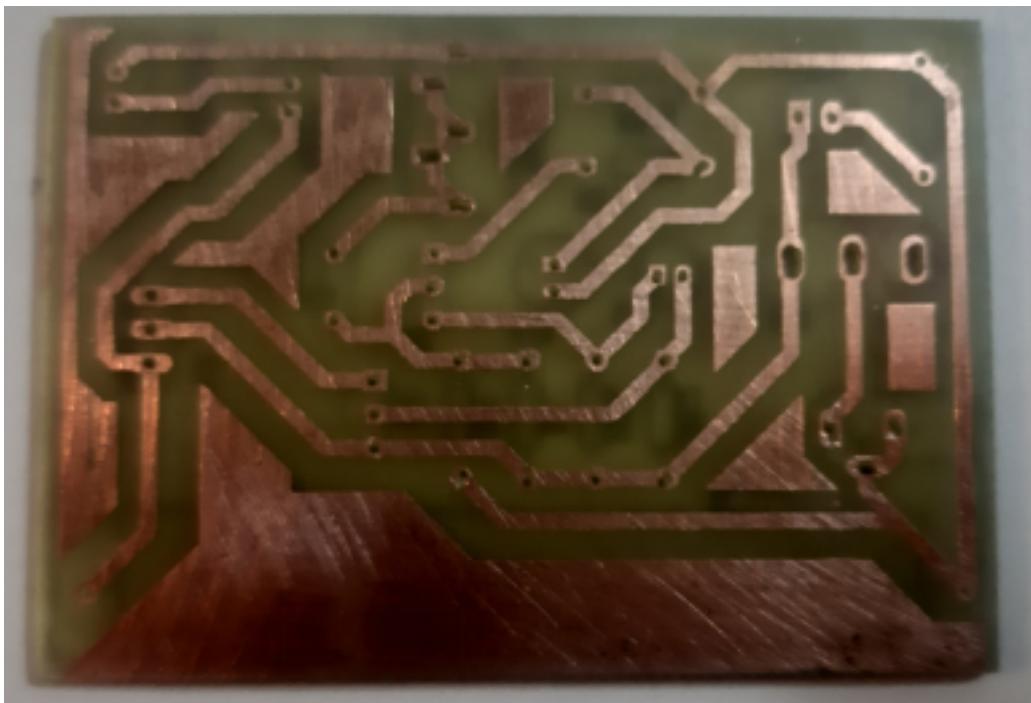
#### 4.5.5 Khoan lỗ

Dùng loại mũi khoan 0.7mm và 0.9mm với tùy từng lỗ đặt board cần khoan trên một cuốn vở, khi bạn lõi khoan sâu quá thì mũi khoan xuyên vào giấy không bị dính mũi khoan, đồng thời bảo vệ mặt bàn.

Khi khoan cố gắng đặt mũi khoan vuông góc với board mạch.

Đặt mũi khoan vào những lỗ chấm nhỏ có tác dụng cố định đầu khoan.

Mạch in sau khi đã khoan xong:



Sau khi khoan lỗ rửa lại bằng dung dịch axeton để loại bỏ bụi mịn bám trên bo mạch. Để bước tiếp theo hàn sẽ đạt hiệu quả tốt nhất.

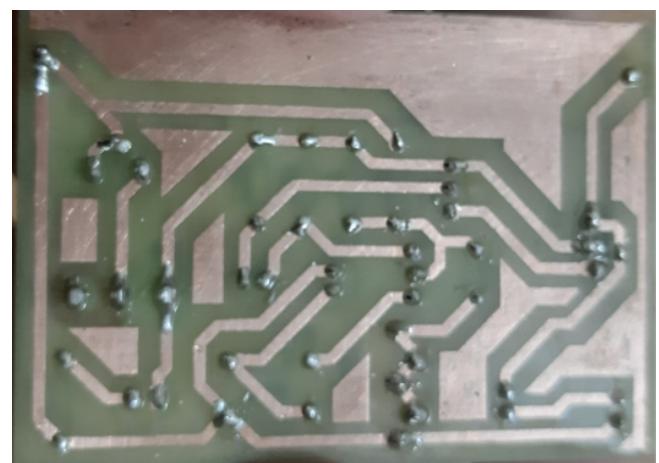
#### 4.5.6 Hàn mạch

Hàn từ linh kiện nhỏ gọn nhất đến các linh kiện khó hàn hơn. Hàn điện trở, tụ điện và led trước. Sau đó tới BJT và các linh kiện còn lại.

Đây là mạch in sau khi hoàn chỉnh :



Mặt trước mạch



Mặt sau mạch

Sau khi hàn xong, quét một lớp nhựa thông lỏng lên mạch để bảo vệ mạch, nếu không thì chỉ sau 1 vài ngày đường đồng bị oxy hoá đen thui, dẫn điện kém và nhìn board rất xấu.

#### 4.6 Mạch hoàn chỉnh

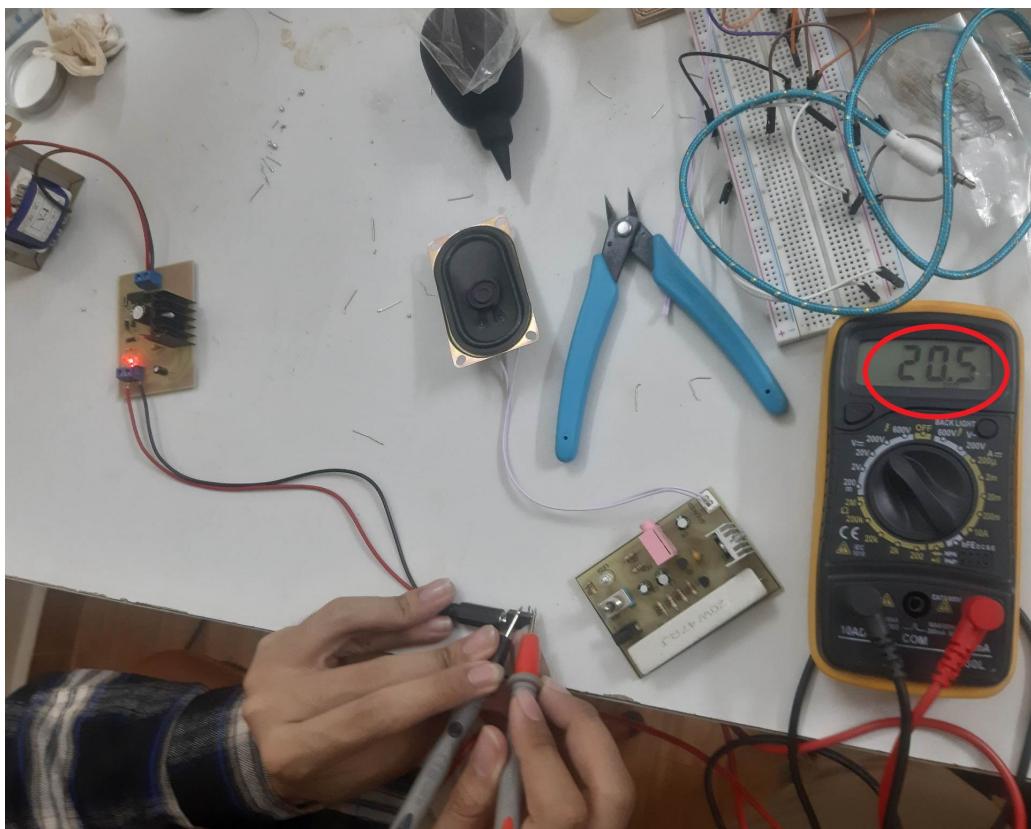
Sau khi thực hiện cả mạch in và mạch khuếch đại, thu được kết quả là sản phẩm gồm 2 mạch( mạch nguồn và mạch khuếch đại âm thanh) như sau:

#### **4.6.1 Mạch nguồn**



**Hình 4.1 Mạch nguồn 20V**

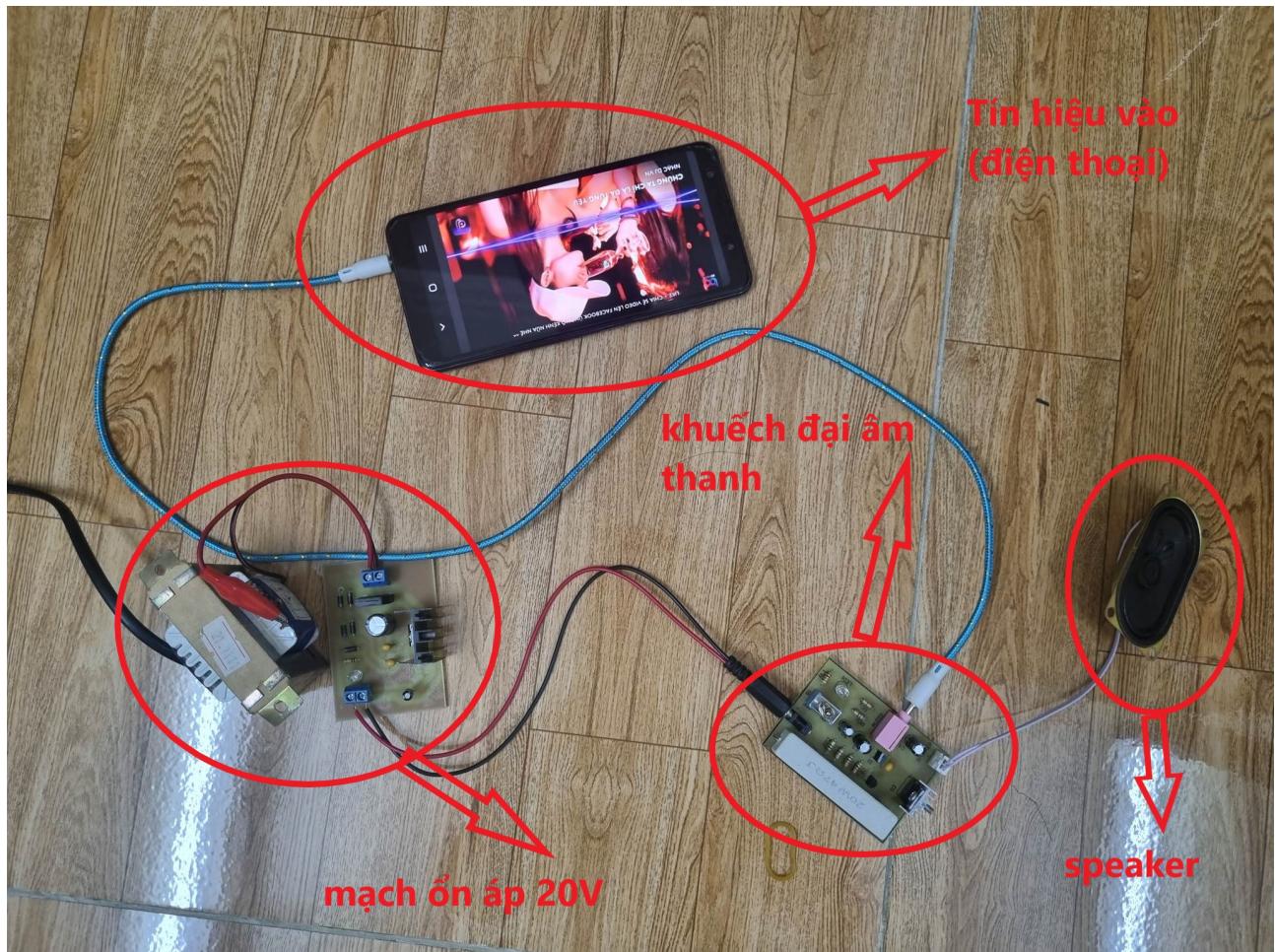
Dưới đây là kết quả test đồng hồ vạn năng với  $V_{out}$  của mạch nguồn:



**Hình 4.2 Đo  $V_{out}$  của mạch nguồn**

#### **4.6.2 Mạch sản phẩm**

Mạch sản phẩm sau khi hoàn thiện:



Hình 4.3 Mạch sản phẩm

#### 4.7 Kết quả đo được

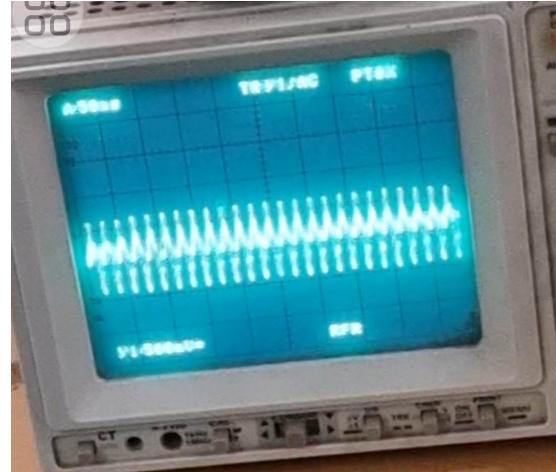
Kiểm tra kĩ các đường mạch các chân xem có bị dính chân hay chập mạch hay không.

Cấp nguồn và chạy thử mạch

Sau khi xác nhận âm thanh tại speaker đáp ứng được chỉ tiêu. Để xác nhận kết quả, nhóm đo tín hiệu vào/ra với oxilo thực tế:



$V_{in}$  đo bằng oxilo với giá trị  $50mV/ô$



$V_{out}$  đo bằng oxilo  $500mV/ô$

Dưới đây là link video demo kết quả mạch nhóm thực hiện:

- Video mạch chạy với nguồn Supply là Adapter 20V
- Video mạch chạy với nguồn Supply là mạch ổn áp 20V
- Đo  $V_{in}$  và  $V_{out}$  trên oxilo

#### 4.8 So sánh kết quả tính toán và thực tế

Với tính toán, mong muốn  $Av=10$ , tuy nhiên, với thực tế để ra được  $Av=10$ , ngoài sai số phép tính, sai số thiết bị,... , mạch còn thay đổi bởi giá trị của trở có thể chưa đáp ứng đúng hoàn toàn tính toán( bởi vậy nên nhóm quyết định chọn trở xấp xỉ trong mục 3.2). Với quá trình đo trên oxilo thực tế, nhận thấy  $v_{out} \approx 1.3VAC$  ngoài ra  $v_{in}$  cũng không phải giá trị lý tưởng  $100mV$ , có thể thấy ở mục 4.7,  $v_{in}$  thường không cố định, tuy nhiên khi ổn định là  $\approx 120mVAC$ . Như vậy, ở đây có  $Av = \frac{v_{out}}{v_{in}} = 10.8$  có thể được nhận định là mạch hoạt động ổn định, phù hợp chỉ tiêu nhóm đã đặt ra.

## **CHƯƠNG 5. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN**

Về cơ bản thì sản phẩm đã đạt được chức năng, mục tiêu mong muốn. Tuy nhiên tương lai, có thể cải thiện thêm như việc ổn định hơn hệ số khuếch đại của mạch, ngoài ra có thể lắp thêm sau tầng Darlington 1 tầng nữa là 2 mạch khuếch đại công suất loại B ngược chiều nhau để tăng hiệu năng sử dụng

Nhóm chúng em đã hoàn thành bài tập lớn theo đề tài: mạch khuếch đại âm thanh của môn học này với một sản phẩm nhỏ gọn, hiệu quả và khá cần thiết với sinh viên. Qua bài tập lớn lần này, chúng em đã cải thiện thêm cả năng làm việc nhóm của mình, đồng thời thành thạo hơn trong việc tìm hiểu linh kiện, thiết kế mạch cũng như việc thực hành hoàn thiện mạch cho sản phẩm này và các sản phẩm về sau.

Chúng em xin chân thành cảm ơn cô Phạm Nguyễn Thanh Loan đã tận tình giảng dạy và cung cấp các kiến thức của môn học để chúng em có thể hoàn thành bài tập lớn này. Trong quá trình làm Bài tập lớn chắc chắn chúng em sẽ gặp phải các sai sót, kính mong cô có thể góp ý, chỉnh sửa để nhóm hoàn thiện bài tập và có thêm kinh nghiệm trong các sản phẩm về sau.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] lumen, “Sound intensity and sound level,” [Online]. Available: <https://courses.lumenlearning.com/atd-austincc-physics1/chapter/17-3-sound-intensity-and-sound-level/>.
- [2] audio.vn, “Tìm hiểu về dải tần số âm thanh,” [Online]. Available: <https://audio.vn/tim-hieu-ve-dai-tan-so-am-thanh>.
- [3] Wikipedia, “Loa Điện Động,” [Online] . Available : <https://vi.wikipedia.org/wiki/Loa>
- [4] Quora, “Why do we select a base bias divider resistor current as 1/10 emitter current in a common emitter amplifier design?,” [Online] . Available : <https://www.quora.com/Why-do-we-select-a-base-bias-divider-resistor-current-as-1-10-emitter-current-in-a-common-emitter-amplifier-design>.
- [5] G. Sideload, “Ltpice - importing a new component model for simulation,” [Online] . Available :<https://www.youtube.com/watch?v=ZHdDhVBSiiAt=180s>.
- [6] W. A. PRODUCTION, “How to understand audio quality formats (wav, mp3, flac),” [Online] . Available :<https://blog.waproduction.com/how-to-understand-audio-quality-formats?fbclid=IwAR16Rkf6Jctveuyo9gSHJNgUxqyhW7GB01-2LBrW6slhv1nlp7VxHG3Sdzg>, 2019.
- [7] P. Electronics, “Simulating frequency response of an rc circuit in ltpice,” [Online] . Available :<https://www.youtube.com/watch?v=I-y03jwWq-U>, 2021.