

## BÀI TẬP LỚN SỐ 1 - MÔN ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

GV: Nguyễn Minh Triết – [trietnm@hcmute.edu.vn](mailto:trietnm@hcmute.edu.vn)

Sinh viên thực hiện: Trần Ngọc Hiếu

Mã số sinh viên: 20146127

### Baremè chấm điểm

STT	Nội dung thực hiện	Điểm
1	1a. Có trình bày sơ đồ mạch điện mô phỏng và điền đúng thông số động cơ.	0.5
2	1a. Xuất được đồ thị (tương tự hình 2) và nhận xét thời gian đạt 90% dòng định mức	0.5
3	1b. Có bảng số liệu nguồn gấp 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 lần điện áp định mức và thời gian đạt 90% dòng định mức.	0.5
4	1b. Có đồ thị thể hiện dòng điện qua động cơ theo thời gian tương ứng nguồn gấp 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 lần điện áp định mức.	0.5
5	1c. Có nhận xét	0.5
6	2a. Có sơ đồ nguyên lý và giải thích sơ đồ nguyên lý	0.5
7	2.b Có tính toán, chọn lựa thông số linh kiện và linh kiện chọn có trên thị trường.	1
8	2c. Có tính toán lại thông số mạch qua BJT như yêu cầu	0.5
9	2d. Có mô phỏng và so sánh kết quả mô phỏng với tính toán.	0.5
10	3 a b c d e	2.5
11	4 a b c d e	2.5
	Tổng điểm	10

*Điểm thưởng: Nếu sinh viên làm video giải thích cho thuyết minh, mỗi câu (1, 2, 3, 4) được điểm thưởng 0.5đ vào điểm bài tập! (video giải thích kèm hashtag #EPEE326729 và đăng lên trang cá nhân)*

### Nội dung nộp bài:

- Thuyết minh (file pdf)
- Các file mô phỏng (nếu có)

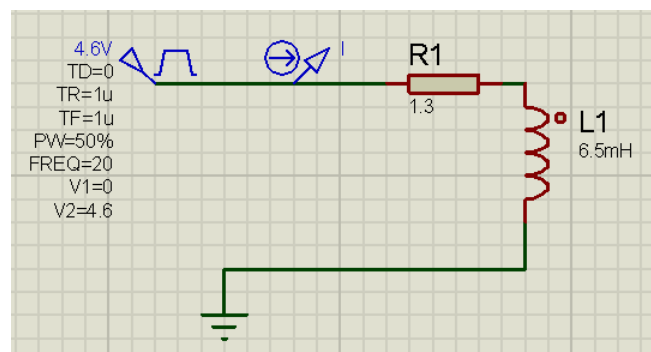
Chọn motor bước 34N207\_-LW8 có thông số như sau:

Momen xoắn chế độ 2 pha on (oz.in.)	Điện áp mỗi pha (V/pha)	Dòng điện mỗi pha (A/pha)	Điện trở mỗi pha (Ôm/pha)	Độ tự cảm mỗi pha (mH/pha)	Quán tính Roto danh nghĩa (oz.-in.-sec <sup>2</sup> )	Đường kính trục (in.)	Chiều dài động cơ tối đa (in.)
845	4.6	3.5	1.3	6.5	0.038	0.500	4.65

Hình 1 – Bảng thông số động cơ bước 34N207\_-LW8 (chế độ đơn cực)

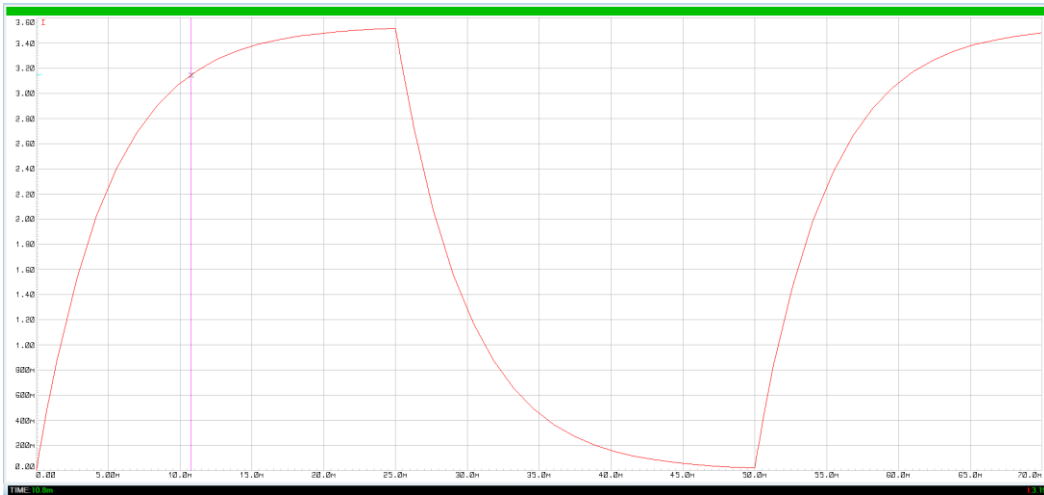
### 1. Tiến hành khảo sát thông số động cơ bằng mô phỏng trên phần mềm Proteus/Matlab/PSIM để như sau:

a. Khảo sát step response của động cơ khi cấp nguồn định mức (Cấp xung điện áp định mức và đo dòng điện, thời gian từ khi cấp đến khi đạt 90% dòng định mức)



Hình 2 – Mạch điện mô phỏng thông số động cơ bước 34N207\_-LW8

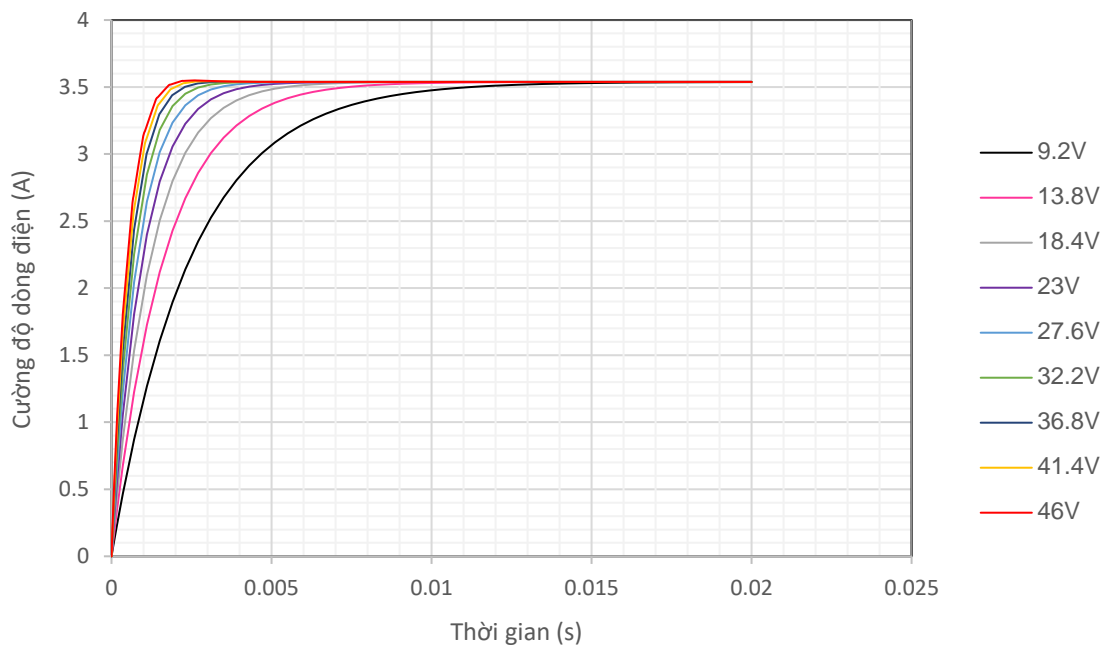
Cấp điện áp định mức là 4.6V với tần số là 13Hz, PW = 50% cho mạch mô phỏng 1 pha của động cơ 34N207\_-LW8 (hình 2), ta được đồ thị step response ở hình 3.



Hình 3 – Đồ thị khảo sát step response của động cơ bước

Ta có khi cường độ dòng điện đạt 90% giá trị định mức tức  $I = I_{dm} \cdot 90\% = 3,5 \cdot 90\% = 3.15 \text{ (A)}$ , thì thời gian đo được từ đồ thị mô phỏng là  $t = 10,8 \text{ (ms)} = 0,0108 \text{ (s)}$  (thể hiện trên hình 3).

b. Khảo sát step response của động cơ khi cấp nguồn gấp 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 lần điện áp định mức. Tìm thời gian đạt 90% dòng định mức (lập bảng số liệu và vẽ đồ thị).

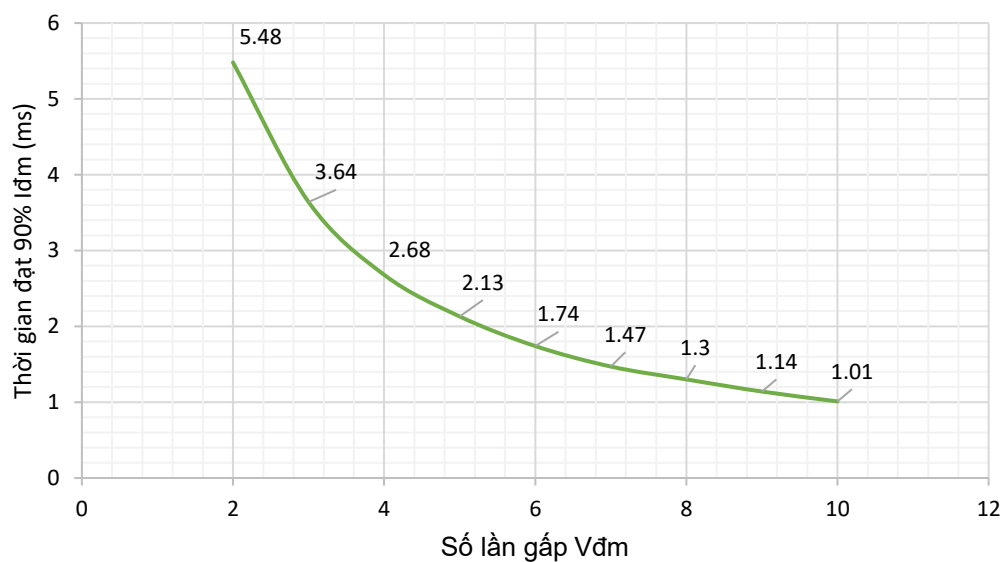


Hình 4 – Đồ thị khảo sát step response của động cơ bước khi thay đổi mức điện áp gấp 2,3,4,5,6,7,8,9,10 lần điện áp định mức ( $V_{dm} = 4.6V$ )

Tăng giá trị điện áp của nguồn cấp lên gấp 2,3,4,5,6,7,8,9,10 lần, đồng thời mắc nối tiếp thêm điện trở có giá trị gấp 1,2,3,4,5,6,7,8,9 lần giá trị điện trở ban đầu ( $1.3\Omega$ ) để cường độ dòng điện đi qua không vượt quá giá trị định mức. Ta có đồ thị step response như hình 4 và bảng thông số thời gian đạt 90% giá trị định mức ở hình 5.

Số lần gấp $V_{dm}$	Mức điện áp (V)	Thời gian đạt 90% dòng định mức (ms)
<b>2</b>	9.2	5.48
<b>3</b>	13.8	3.64
<b>4</b>	18.4	2.68
<b>5</b>	23	2.13
<b>6</b>	27.6	1.74
<b>7</b>	32.2	1.47
<b>8</b>	36.8	1.3
<b>9</b>	41.4	1.14
<b>10</b>	46	1.01

Hình 5 – Bảng thông số thời gian đạt 90% giá trị định mức khi tăng điện áp lên gấp 2,3,4,5,6,7,8,9,10 lần điện áp định mức



Hình 6 – Đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa thời gian đạt 90% giá trị cường độ dòng điện định mức và số lần gấp của  $V_{nguồn}$  so với  $V_{dm}$

Ta thấy rằng khi tăng giá trị điện áp của nguồn cấp lên gấp nhiều lần giá trị định mức thì thời gian đạt 90% giá trị  $I_{dm}$  sẽ giảm dần theo một cách không tuyến tính.

c. Nhận xét về tần số xung tối đa trong các trường hợp cấp nguồn áp định mức, gấp 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 lần định mức.

Ta có sự thay đổi của  $i$  theo thời gian diễn ra theo hàm  $i(t) = \frac{V}{R}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$  với  $\tau = \frac{L}{R}$ . Để xác định tần số xung tối đa trong các trường hợp cấp nguồn áp định mức gấp nhiều lần giá trị áp định mức, ta căn cứ vào giá trị thời hằng  $\tau$ . Thông thường, để  $i$  đạt được giá trị lớn nhất thì thời gian xung cấp vào đạt giá trị  $V_{dm}$  tức T.PW phải gấp ít nhất 5 lần giá trị thời hằng  $\tau$ . Nếu nhỏ hơn thì động cơ sẽ không quay được với công suất lớn nhất vì  $I$  chưa đạt  $I_{max}$ .

Với PW chọn là 50%, ta có  $0,5T = 5\tau = 5\frac{L}{R} \Rightarrow T = \frac{10L}{R}$  ta tính được chu kỳ của xung nhỏ nhất cần cấp cho động cơ và từ đó tính được tần số tối đa theo công thức  $f = \frac{1}{T} = \frac{R}{10L}$ . Từ đó ta có bảng số liệu:

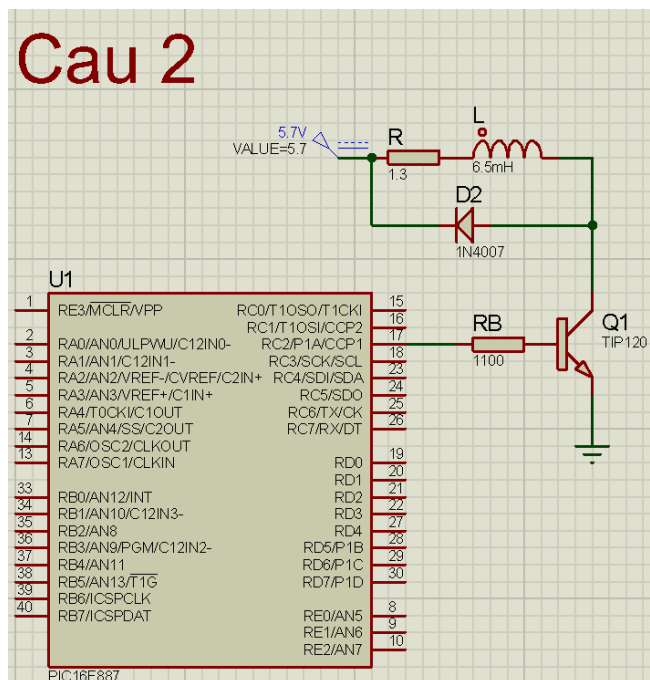
Mức điện áp (V)	Tần số xung tối đa (Hz)
4.6	20
9.2	40
13.8	60
18.4	80
23	100
27.6	120
32.2	140
36.8	160
41.4	180
46	200

Hình 7 – Bảng số liệu tần số xung tối đa khi cấp mức điện áp nguồn gấp 2,3,4,5,6,7,8,9,10 lần điện áp định mức.

Nhận xét: Từ bảng số liệu ta thấy rằng khi tăng mức điện áp nguồn lên thì tần số xung tối đa cấp vào cũng tăng lên. Điều đó chứng tỏ động cơ có thể quay với tốc độ cao hơn khi điện áp và tần số nguồn cấp vào tăng lên đến giá trị cho phép.

2. Thiết kế mạch kích (driver) dùng BJT cho 1 cuộn dây của động cơ bước này trong trường hợp cấp nguồn định mức, dòng định mức, thiết bị kích là chân I/O của vi điều khiển 16F887.

- a. Vẽ sơ đồ nguyên lý



Hình 8 – Sơ đồ nguyên lý mạch kích dùng BJT

Ở Hình 8, chân RC2 của Port C vi điều khiển PIC16F887 để làm chân kích. Transistor sử dụng là loại TIP 120. Chân B của Transistor gắn điện trở 1100  $\Omega$  để nối với vi điều khiển, chân E transistor nối đất và chân C nối với nguồn VM (5.7V) thông qua trở R (1.3  $\Omega$ ) nối tiếp với cuộn dây L (6.5 mH) (đại diện cho 1 pha của động cơ).

Khi có dòng  $i_B$  đi qua RB đạt giá trị cố định, BJT ở trạng thái dẫn, 1 pha của động cơ được cấp nguồn và hoạt động. Khi dòng  $i_B = 0$ , BJT ngưng dẫn, 1 pha của động cơ không được cấp nguồn.

Diode 1N4007 được mắc song song với pha của động cơ và có tác dụng bảo vệ BJT khi cuộn cảm tạo ra suất điện động vô cùng lớn trong thời gian ngắn làm cho áp  $V_{ce}$  đạt giá trị rất lớn. Tuy chỉ diễn ra trong khoảng thời gian vô cùng nhỏ nhưng nếu không có Diode 1N4007, BJT sẽ có tuổi thọ thấp.

- b. Tính toán chọn lựa linh kiện, giá trị linh kiện (chỉ chọn giá trị linh kiện có thể mua được trên thị trường) đảm bảo an toàn dòng, áp, công suất.

**Bước 1:** Xác định sơ bộ các thông số linh kiện BJT.

Chọn hệ số an toàn là 0.7. Chọn BJT kích loại NPN.

Theo bảng động cơ 34N207<sub>-</sub>LW8:

$$U_{dm} = 4.6 \text{ (V)}; I_{dm} = 3.5 \text{ (A)}, P_{dm} = U_{dm} I_{dm} = 16.1 \text{ (W)}$$

**Bước 2:**

Chọn BJT sao cho:

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{CE \max} \geq 4.6/0.7 = 6.57 \text{ (V)} \\ I_{C \max} \geq 3.5/0.7 = 5 \text{ (A)} \\ P_{\max} \geq 16.1/0.7 = 23 \text{ (W)} \end{array} \right.$$

Từ những yêu cầu trên và tình hình linh kiện thực tế (tháng 10/2022) ta có một số option lựa chọn linh kiện BJT:

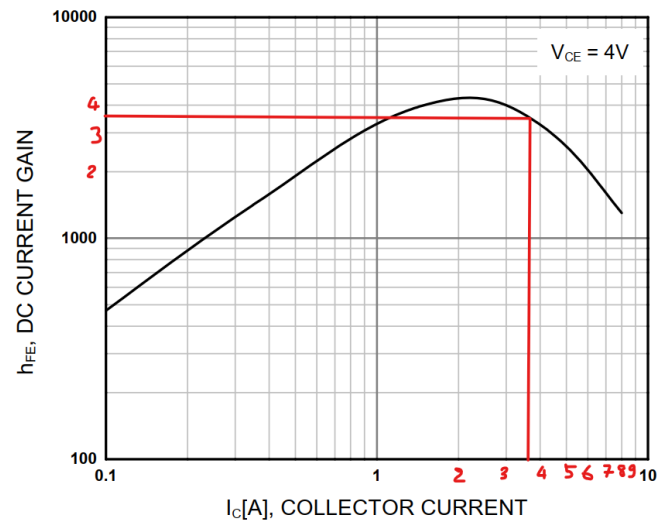
Tên linh kiện	Link mua hàng	Giá bán
TIP122	<a href="https://www.thegioiic.com/tip122-transistor-npn-1-ngo-ra-darlington-100v-5a-to-220">https://www.thegioiic.com/tip122-transistor-npn-1-ngo-ra-darlington-100v-5a-to-220</a>	6.000đ
TIP120	<a href="https://www.thegioiic.com/tip120-bjt-transistor-npn-1-ngo-ra-darlington-60v-5a-to-220">https://www.thegioiic.com/tip120-bjt-transistor-npn-1-ngo-ra-darlington-60v-5a-to-220</a>	4.500đ
TIP42C	<a href="https://www.thegioiic.com/tip42c-transistor-pnp-100v-6a-3-chan-to-252">https://www.thegioiic.com/tip42c-transistor-pnp-100v-6a-3-chan-to-252</a>	8.000đ

Với tiêu chí giảm giá thành, ta chọn **TIP120** cho mạch kích.

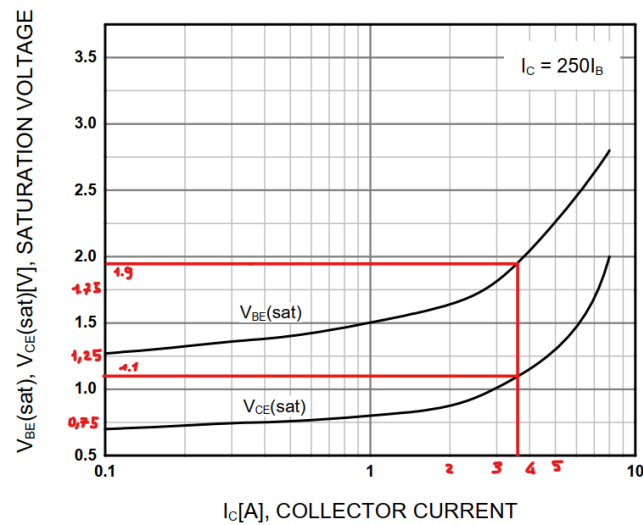
Các thông số của **TIP120**:

$$\left. \begin{array}{l} I_{Cmax \text{ Continuous}} = 5 \text{ (A)} \\ V_{CEO} = 60 \text{ (V)} \\ P_{BJT 25^{\circ}C} = 65 \text{ (W)} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{BJT NPN } \mathbf{TIP120} \text{ Thỏa mãn}$$

**Bước 3:** Tra cứu Datasheet của BJT



**Figure 1. DC Current Gain**



**Figure 2. Base-Emitter Saturation Voltage and Collector-Emitter Saturation Voltage**

Ở nhiệt độ 25°C ta tra được từ Datasheet như sau:

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{CE \text{ sat}} = 1,1(\text{V}) \\ V_{BE \text{ sat}} = 1,9 (\text{V}) \\ H_{FE \text{ sat}} = 3500 \\ P_{BJT \text{ } 25^{\circ}\text{C}} = 65 (\text{W}) \end{array} \right.$$

**Bước 4:** Tính toán



Ta có :  $V_{\text{nguồn}} = V_{\text{CE}} + V_{\text{đm}} = 1,1 + 4,6 = 5,7 \text{ (V)}$

Chọn hệ số an toàn  $a = 3$ .

Để BJT bão hòa thì:  $I_B = a \cdot \frac{I_C}{H_{FE}} = 3 \cdot \frac{3,5}{3500} = 3 \text{ (mA)}$

$\Rightarrow I_B = 3 \text{ (mA)} < I_{B/O \text{ max}} = 25 \text{ (mA)}$

Từ sơ đồ nguyên lí, áp dụng định lí Kiffchop ta có:

$$V_{BB} = I_B R_B + V_{BE}$$

$\Rightarrow R_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{I_B} = \frac{5 - 1,9}{0,003} = 1033 \text{ (}\Omega\text{)}$

Công suất của điện trở là:

$\Rightarrow P_{RB} = R_B \cdot I_B^2 = 1033 \cdot 0,003^2 = 0,0093 \text{ (W)}$

$\Rightarrow$  Chọn  $R_B = 1,1 \text{ k}\Omega$ ,  $P_{RB} > 9,3 \text{ mW}$ .

$\Rightarrow$  Chọn linh kiện R thực tế có giá trị  $1,1 \text{ k}\Omega$ , công suất  $500 \text{ mW}$

Link mua hàng: <https://icdayroi.com/dien-tro-1-1k-1-2w-5-goi-10-con>

c. Tính toán lại dòng, áp, công suất qua BJT với các giá trị đã chọn khi thiết kế.

Với  $R_B = 1\text{k1 (}\Omega\text{)}$ ,  $V_{BB} = 5 \text{ V}$ ,  $V_{BE} = 1,9 \text{ V}$

Ta có:

$\Rightarrow I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{5 - 1,9}{1100} = 2,82 \text{ mA}$

$\Rightarrow I_C = \frac{I_B \cdot H_{FE}}{a} = \frac{0,00282 \cdot 3500}{3} = 3,29 \text{ A}$

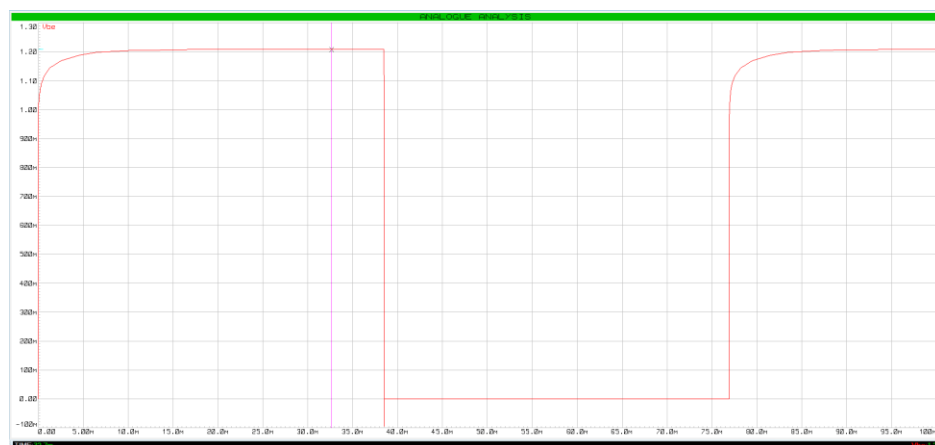
$\Rightarrow P_{BJT} = I_C \cdot V_{CE} + I_B \cdot V_{BE} = 3,29 \cdot 1,1 + 2,82 \cdot 10^{-3} \cdot 1,9 = 3,62 \text{ (W)}$

$\Rightarrow P_{RB} = R_{RB} \cdot I_{RB}^2 = 1100 \cdot 0,00282^2 = 0,0088 \text{ (W)}$

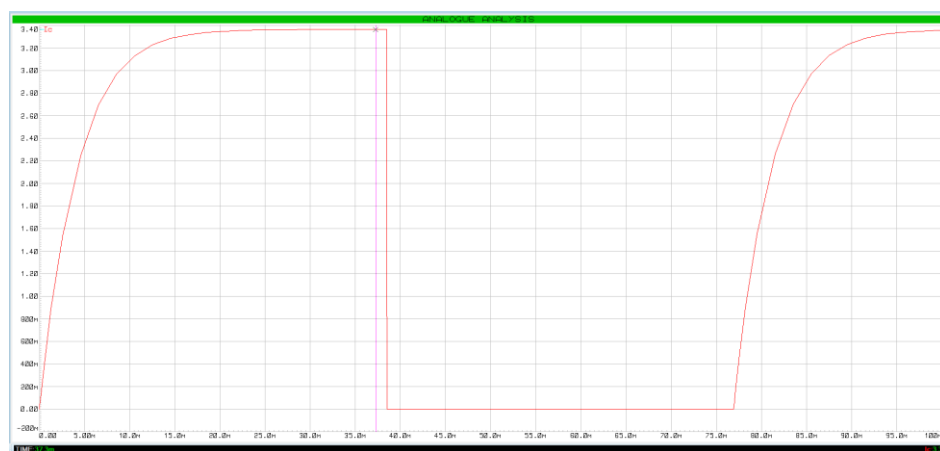
d. Mô phỏng kiểm nghiệm lại kết quả tính toán ở c.

Thông số	Kết quả tính toán	Kết quả mô phỏng
$I_B$	2,82 mA	3,45 mA
$I_C$	3,29 A	3,36 A
$V_{BE}$	1,9 V	1,21 V

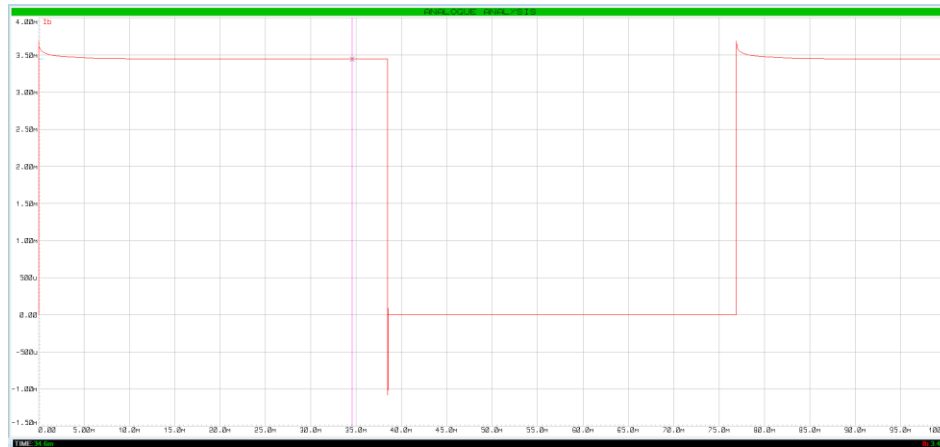
$V_{CE}$	1,1 V	1,3 V
$P_{BJT}$	3,62 W	4,37 W



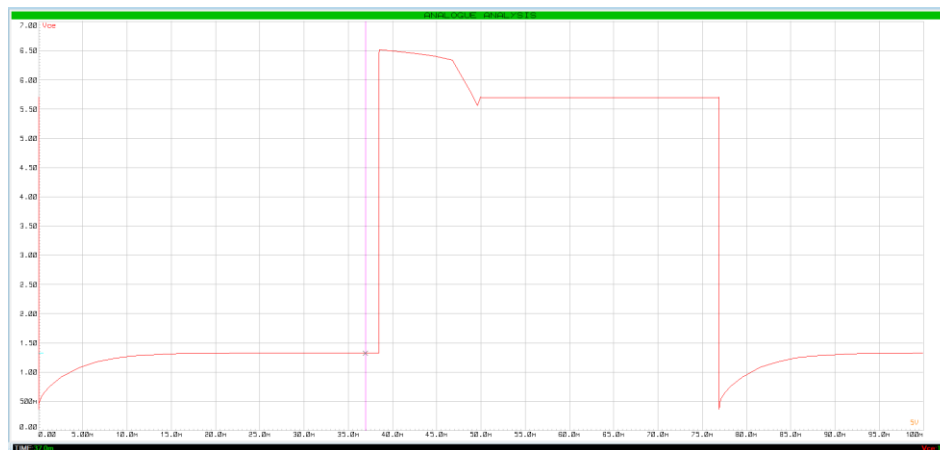
Hình 9 – Kết quả mô phỏng  $V_{be}$



Hình 10 – Kết quả mô phỏng  $I_c$

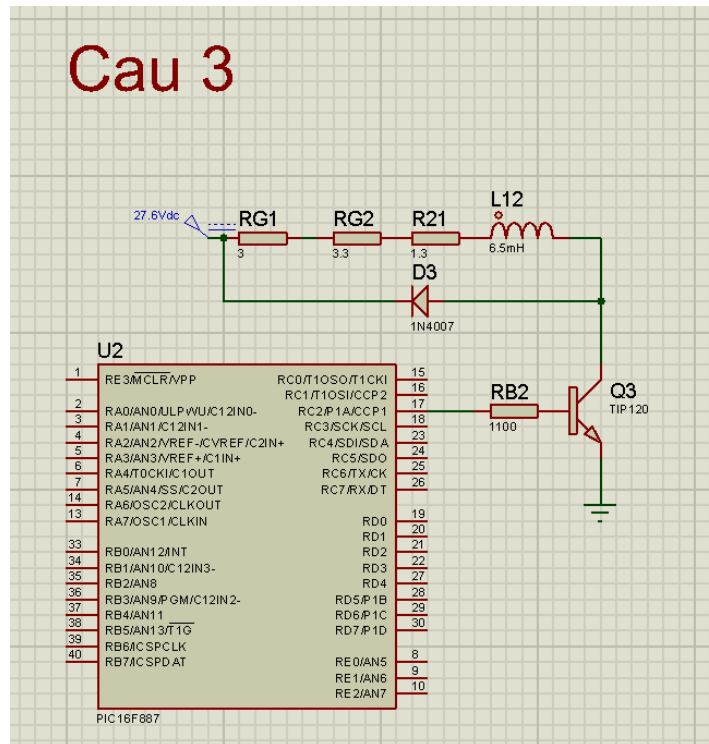


Hình 11 – Kết quả mô phỏng  $I_B$



Hình 12 – Kết quả mô phỏng  $V_{ce}$

3. Thiết kế mạch như câu 2 trong trường hợp cấp nguồn áp gấp 6 lần định mức (dòng vẫn là dòng định mức). (thực hiện yêu cầu a, b, c, d như câu 2) So sánh công suất tiêu hao của BJT ở hai trường hợp 2 và 3.
- a. Vẽ sơ đồ nguyên lý



Hình 13 – Sơ đồ nguyên lý mạch kích dùng BJT

Ở Hình 13, chân RC2 của Port C vi điều khiển PIC16F887 để làm chân kích. Transistor sử dụng là loại TIP 120. Chân B của Transistor gắn điện trở 1100  $\Omega$  để nối với vi điều khiển, chân E transistor nối đất và chân C nối với nguồn DC (27.6V) thông qua 2 trở mắc nối tiếp 3 và 3,3 Ohm nối tiếp với cuộn dây L (6.5 mH) (đại diện cho 1 pha của động cơ).

Khi có dòng  $i_B$  đi qua RB đạt giá trị cố định, BJT ở trạng thái dẫn, 1 pha của động cơ được cấp nguồn và hoạt động. Khi dòng  $i_B = 0$ , BJT ngưng dẫn, 1 pha của động cơ không được cấp nguồn.

Diode 1N4007 được mắc song song với pha của động cơ và có tác dụng bảo vệ BJT khi cuộn cảm tạo ra suất điện động vô cùng lớn trong thời gian ngắn làm cho áp  $V_{ce}$  đạt giá trị rất lớn. Tuy chỉ diễn ra trong khoảng thời gian vô cùng nhỏ nhưng nếu không có Diode 1N4007, BJT sẽ có tuổi thọ thấp.

- b. Tính toán chọn lựa linh kiện, giá trị linh kiện (chỉ chọn giá trị linh kiện có thể mua được trên thị trường) đảm bảo an toàn dòng, áp, công suất.

**Bước 1:** Xác định sơ bộ các thông số linh kiện BJT.

Chọn hệ số an toàn là 0.7. Chọn BJT kích loại NPN.

Theo bảng động cơ 34N207<sub>-</sub>LW8:

$$U_{dm} = 4.6 \text{ (V)}; I_{dm} = 3.5 \text{ (A)}, P_{dm} = U_{dm} I_{dm} = 16.1 \text{ (W)}$$

**Bước 2:**

Chọn BJT sao cho:

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{CE \max} \geq 4.6/0.7 = 6.57 \text{ (V)} \\ I_{C \max} \geq 3.5/0.7 = 5 \text{ (A)} \\ P_{\max} \geq 16.1/0.7 = 23 \text{ (W)} \end{array} \right.$$

Từ những yêu cầu trên và tình hình linh kiện thực tế (tháng 10/2022) ta có một số option lựa chọn linh kiện BJT:

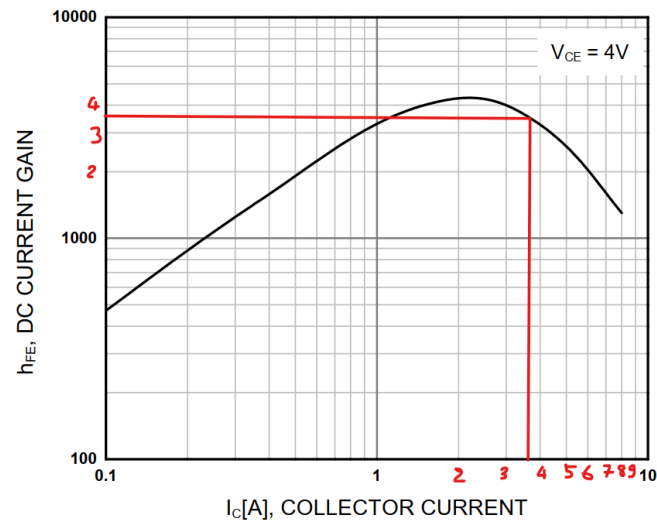
Tên linh kiện	Link mua hàng	Giá bán
TIP122	<a href="https://www.thegioiic.com/tip122-transistor-npn-1-ngo-ra-darlington-100v-5a-to-220">https://www.thegioiic.com/tip122-transistor-npn-1-ngo-ra-darlington-100v-5a-to-220</a>	6.000đ
TIP120	<a href="https://www.thegioiic.com/tip120-bjt-transistor-npn-1-ngo-ra-darlington-60v-5a-to-220">https://www.thegioiic.com/tip120-bjt-transistor-npn-1-ngo-ra-darlington-60v-5a-to-220</a>	4.500đ
TIP42C	<a href="https://www.thegioiic.com/tip42c-transistor-pnp-100v-6a-3-chan-to-252">https://www.thegioiic.com/tip42c-transistor-pnp-100v-6a-3-chan-to-252</a>	8.000đ

Với tiêu chí giảm giá thành, ta chọn **TIP120** cho mạch kích.

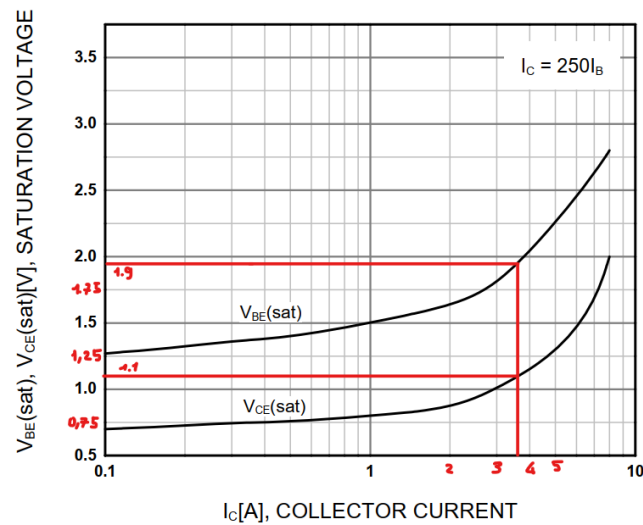
Các thông số của **TIP120**:

$$\left. \begin{array}{l} I_{Cmax \text{ Continuous}} = 5 \text{ (A)} \\ V_{CEO} = 60 \text{ (V)} \\ P_{BJT 25^{\circ}C} = 65 \text{ (W)} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{BJT NPN } \mathbf{TIP120} \text{ Thỏa mãn}$$

**Bước 3:** Tra cứu Datasheet của BJT



**Figure 1. DC Current Gain**



**Figure 2. Base-Emitter Saturation Voltage and Collector-Emitter Saturation Voltage**

Ở nhiệt độ 25°C ta tra được từ Datasheet như sau:

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{CE \text{ sat}} = 1,1(\text{V}) \\ V_{BE \text{ sat}} = 1,9 (\text{V}) \\ H_{FE \text{ sat}} = 3500 \\ P_{\text{BJT } 25^{\circ}\text{C}} = 65 (\text{W}) \end{array} \right.$$

**Bước 4:** Tính toán

$$V_{\text{Nguồn}} = V_{\text{CE}} + V_{\text{đm}} + I_{\text{C}} \cdot R_{\text{G}} = 1,1 + 4,6 + 3,5 \cdot R_{\text{G}} = 27,6 \text{ (V)} \text{ (6 lần } V_{\text{đm}})$$

$$\rightarrow R_{\text{G}} = 6,25\Omega, P_{\text{RG}} = R_{\text{G}} \cdot I_{\text{C}}^2 = 6,25 \cdot 3,5^2 = 76,56 \text{ (W)}$$

Trên thực tế, ta có các giải pháp sau:

Các giải pháp	Tổng trở	Link mua hàng
1 Điện Trở Vò Nhôm 6.8 Ohm 100W	6,8Ω	<a href="https://www.thegioiic.com/dien-tro-vo-nhom-6-8-ohm-100w-5-">https://www.thegioiic.com/dien-tro-vo-nhom-6-8-ohm-100w-5-</a>
1 Điện Trở Vò Nhôm 3.3 Ohm 150W nối tiếp với 1 Điện Trở Vò Nhôm 3 Ohm 100W	6,3Ω	<a href="https://www.thegioiic.com/dien-tro-vo-nhom-3-3-ohm-150w-5-">https://www.thegioiic.com/dien-tro-vo-nhom-3-3-ohm-150w-5-</a> <a href="https://www.thegioiic.com/dien-tro-vo-nhom-3-ohm-100w-5-">https://www.thegioiic.com/dien-tro-vo-nhom-3-ohm-100w-5-</a>
1 Điện Trở Vò Nhôm 12 Ohm 100W song song với 1 Điện Trở Vò Nhôm 15 Ohm 100W	6,67Ω	<a href="https://www.thegioiic.com/dien-tro-vo-nhom-12-ohm-100w-5-">https://www.thegioiic.com/dien-tro-vo-nhom-12-ohm-100w-5-</a> <a href="https://www.thegioiic.com/dien-tro-vo-nhom-15-ohm-100w-5-">https://www.thegioiic.com/dien-tro-vo-nhom-15-ohm-100w-5-</a>

Căn cứ vào độ chính xác điện trở cần chọn, ta chọn giải pháp thứ 2 là mắc nối tiếp 2 điện trở vò nhôm 3,3 Ohm (150W) và 3 Ohm (100W) vì có giá trị gần nhất với  $R_{\text{G}}$  tính được. (Công suất 2 trở lệch nhau vì hết hàng loại trở 3,3 Ohm 100W)

Kiểm tra công suất qua mỗi trở:

$$+ I_{\text{C}} = \frac{V_{\text{cc}} - V_{\text{ce}} - V_{\text{đm}}}{R_{\text{G1}} + R_{\text{G2}}} = \frac{27,6 - 1,1 - 4,6}{3 + 3,3} = 3,48 \text{ (A)}$$

$$+ P_{\text{RG1}} = R_{\text{G1}} \cdot I_{\text{C}}^2 = 3 \cdot 3,48^2 = 36,33 \text{ (W)} < 100\text{W} \rightarrow \text{Thỏa mãn.}$$

$$+ P_{\text{RG2}} = R_{\text{G2}} \cdot I_{\text{C}}^2 = 3,3 \cdot 3,48^2 = 39,96 \text{ (W)} < 150\text{W} \rightarrow \text{Thỏa mãn.}$$

Chọn hệ số an toàn  $a = 3$ .

$$\text{Đề BJT bão hòa thì: } I_{\text{B}} = a \cdot \frac{I_{\text{C}}}{H_{\text{FE}}} = 3 \cdot \frac{3,48}{3500} = 2,98 \text{ (mA)}$$

$$\Rightarrow I_{\text{B}} = 2,98 \text{ (mA)} < I_{\text{I/O max}} = 25 \text{ (mA)}$$

Từ sơ đồ nguyên lí, áp dụng định lí Kiffchop ta có:

$$V_{BB} = I_B R_B + V_{BE}$$

$$\Rightarrow R_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{I_B} = \frac{5 - 1,9}{0,00298} = 1040 (\Omega)$$

Công suất của điện trở là:

$$\Rightarrow P_{RB} = R_B \cdot I_B^2 = 1040 \cdot 0,00298^2 = 0,00923 (W)$$

$$\Rightarrow \text{Chọn } R_B = 1,1 \text{ k}\Omega, P_{RB} > 9,23 \text{ mW.}$$

$$\Rightarrow \text{Chọn linh kiện R thực tế có giá trị } 1,1 \text{ k}\Omega, \text{ công suất } 500 \text{ mW}$$

Link mua hàng: <https://icdayroi.com/dien-tro-1-1k-1-2w-5-goi-10-con>

c. Tính toán lại dòng, áp, công suất qua BJT với các giá trị đã chọn khi thiết kế.

Với  $R_B = 1k1 (\Omega)$ ,  $V_{BB} = 5 \text{ V}$ ,  $V_{BE} = 1,9 \text{ V}$

Ta có:

$$\Rightarrow I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{5 - 1,9}{1100} = 2,82 \text{ mA}$$

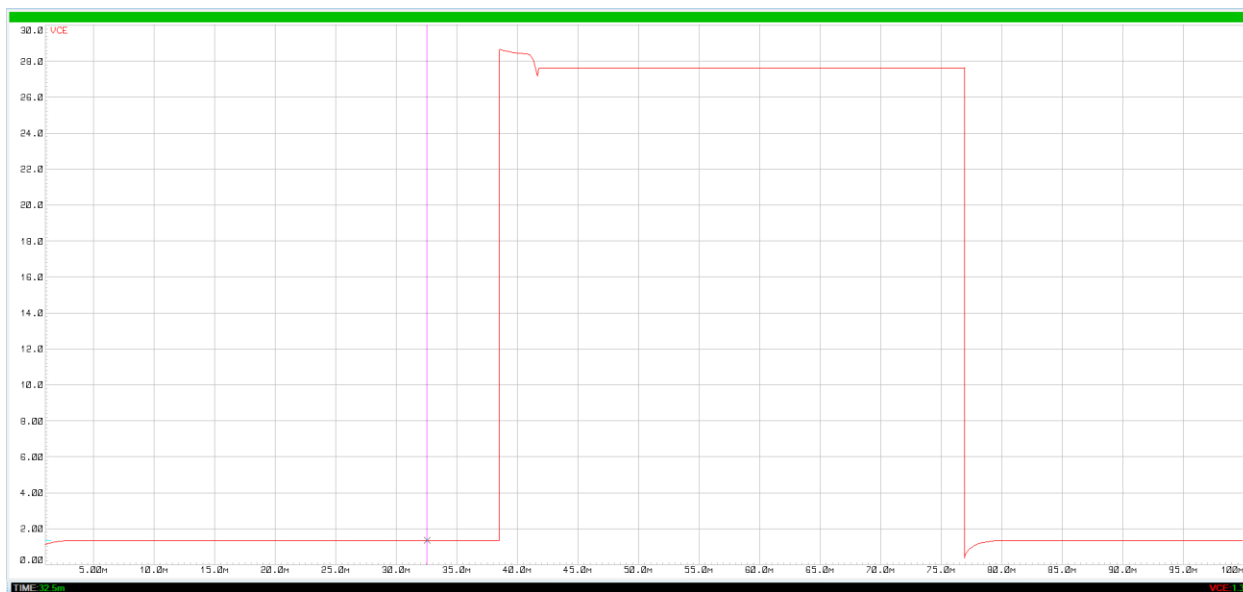
$$\Rightarrow I_C = \frac{V_{\text{Nguồn}} - V_{ce} - V_{dm}}{RG1 + RG2} = \frac{27,6 - 1,1 - 4,6}{3 + 3,3} = 3,48 (A)$$

$$\Rightarrow P_{BJT} = I_C \cdot V_{CE} + I_B \cdot V_{BE} = 3,48 \cdot 1,1 + 2,82 \cdot 10^{-3} \cdot 1,9 = 3,83 (W)$$

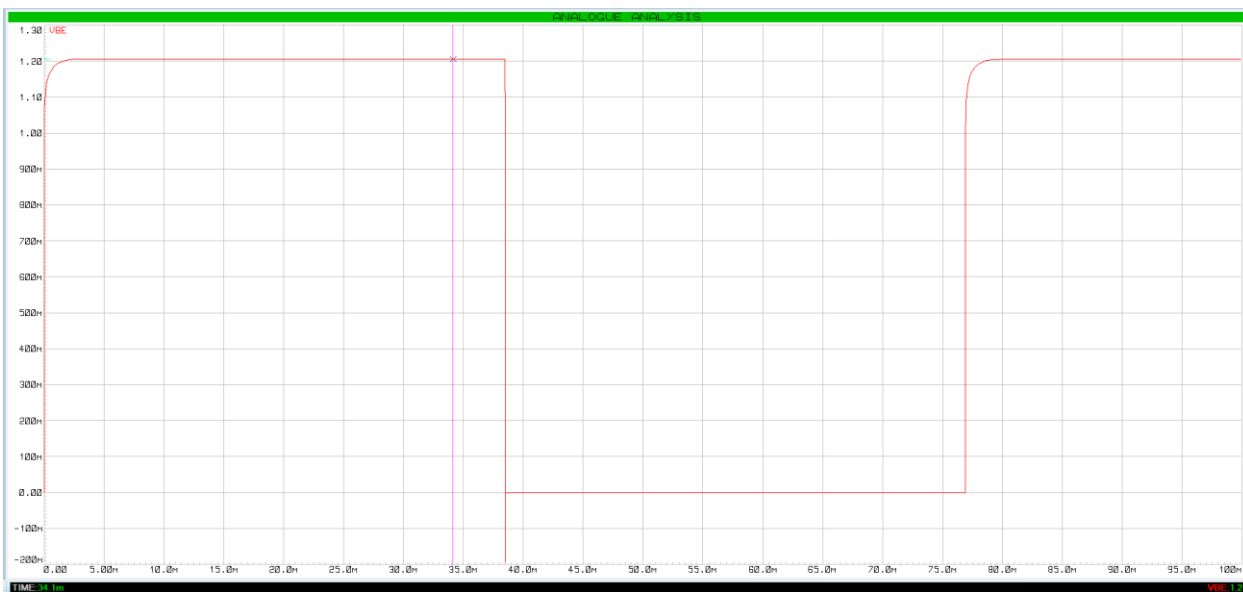
d. Mô phỏng kiểm nghiệm lại kết quả tính toán ở c.

Thông số	Kết quả tính toán	Kết quả mô phỏng
$I_B$	2,82 mA	3,45 mA
$I_C$	3,48 A	3,45A
$V_{BE}$	1,9 V	1,21 V
$V_{CE}$	1,1 V	1,35 V
$P_{BJT}$	3,83 W	4,66W

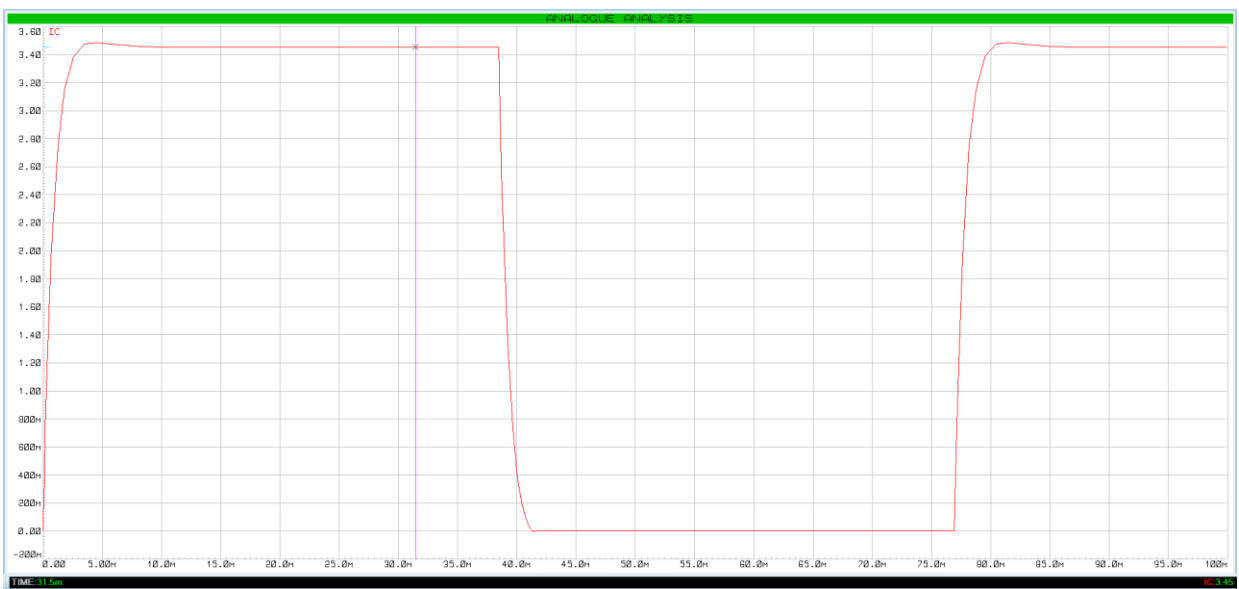




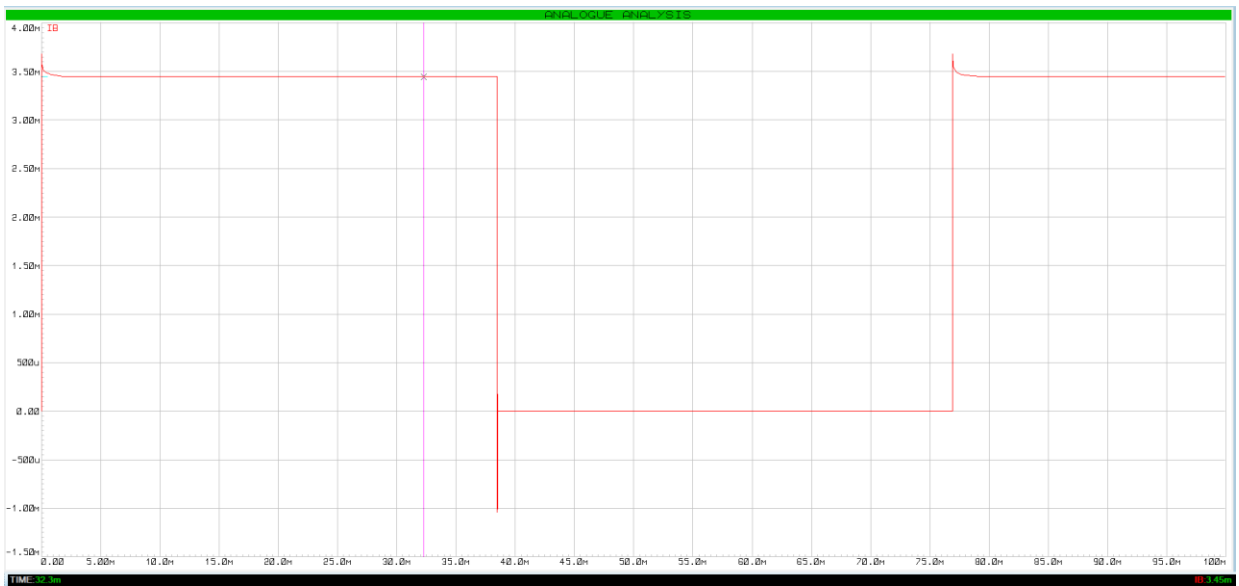
Hình 14 – Kết quả mô phỏng  $V_{ce}$



Hình 15 – Kết quả mô phỏng  $V_{be}$



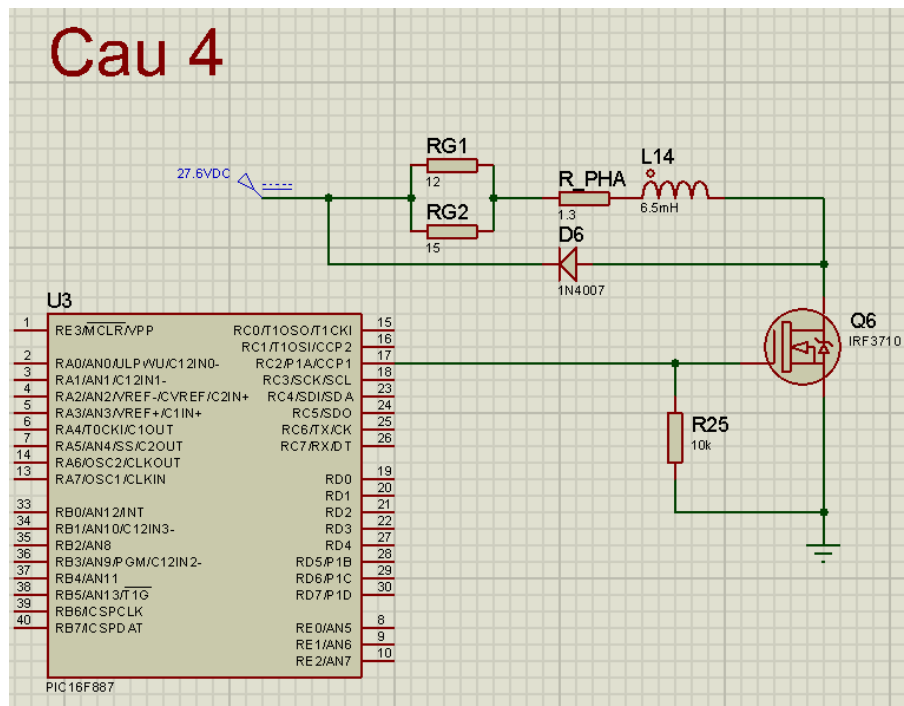
Hình 16 – Kết quả mô phỏng  $I_C$



Hình 17 – Kết quả mô phỏng  $I_B$

4. Thiết kế mạch như câu 3 nhưng driver sử dụng MOSFET thay cho BJT. So sánh công suất tiêu hao của BJT (câu 3) và MOSFET (câu 4)

a. Sơ đồ nguyên lí



Hình 18. Sơ đồ mạch nguyên lí

Ở Hình 18, chân RC2 của Port C vi điều khiển PIC16F887 để làm chân kích. MOSFET sử dụng là loại IRF3710. Chân G của Motfet nối với vi điều khiển và có trở 10k Ohm nối đất để bảo vệ vi điều khiển, chân S MOSFET nối đất và chân D nối với nguồn DC (27.6V) thông qua trở 6.67 Ohm (mắc trở 12 và 15 Ohm song song ) nối tiếp với trở 1.3 Ohm và cuộn dây L (6.5 mH) (đại diện cho 1 pha của động cơ).

Khi  $V_{GS}$  đạt giá trị 5V, MOSFET ở trạng thái dẫn, 1 pha của động cơ được cấp nguồn và hoạt động. Khi  $V_{GS}$  đạt giá trị 0V, MOSFET ngưng dẫn, 1 pha của động cơ không được cấp nguồn.

Diode 1N4007 được mắc song song với pha của động cơ và có tác dụng bảo vệ MOSFET khi cuộn cảm tạo ra suất điện động vô cùng lớn trong thời gian ngắn làm cho áp  $V_{DS}$  đạt giá trị rất lớn. Tuy chỉ diễn ra trong khoảng thời gian vô cùng nhỏ nhưng nếu không có Diode 1N4007, MOSFET sẽ nhanh hỏng hơn.

b. Tính toán chọn lựa linh kiện, giá trị linh kiện

**Bước 1:** Xác định sơ bộ các thông số linh kiện MOSFET.

Theo bảng động cơ 34N207 \_-LW8:

$$V_{dm} = 4.6 \text{ (V)}; I_{dm} = 3.5 \text{ (A)} \rightarrow I_D > 3.5 \text{ (A)}$$

$$\rightarrow V_{DSS} > 27.6 - 4.6 = 23 \text{ (V)} \text{ (giá trị ước lượng sơ bộ)}$$

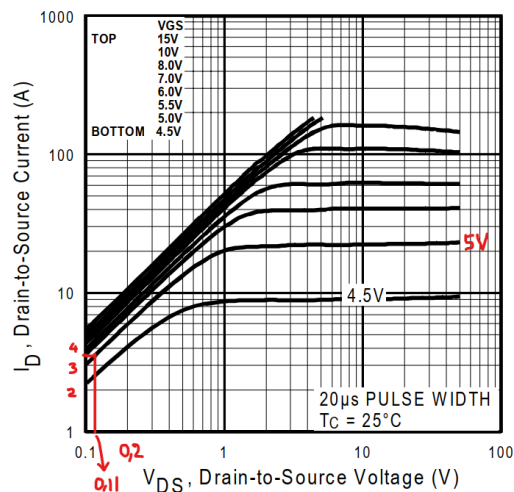
### **Bước 2:** Chọn MOSFET

Chọn Mosfet **IRF 3710L**

Link mua hàng: <https://www.thegioic.com/irf3710l-mosfet-n-ch-100v-57a-to-262-ir>

### **Bước 3:** Tra cứu các thông số trong Datasheet

$$\text{Chọn } V_{GS} = 5 \text{ V, tại } 25^\circ\text{C, } I_D = 3.5 \text{ A} \rightarrow V_{DS(On)} = 0.11 \text{ V} \rightarrow R_{DS(On)} = \frac{V_{DS}}{I_{dm}} = \frac{0.11}{3.5} = 0.03 \Omega$$



**Fig 1.** Typical Output Characteristics

$$\text{Ta có: } 27.6 \text{ (V)} = V_{dm} + V_{RG} + V_{DS} = 4.6 + 3.5.RG + 0.11$$

$$\Leftrightarrow RG = \frac{V_{nguồn} - V_{DS(On)} - V_{dm}}{I_{dm}} = \frac{27.6 - 0.11 - 4.6}{3.5} = 6.54 \text{ (}\Omega\text{)}$$

$$P_{RG} = 6.54.3.5^2 = 80 \text{ W}$$

$\Rightarrow$  Chọn 1 Điện Trở Vô Nhôm 12 Ohm 100W song song với 1 Điện Trở Vô Nhôm 15 Ohm 100W (Link mua hàng ở bảng bài 2)

$\Rightarrow$  Tính toán lại:

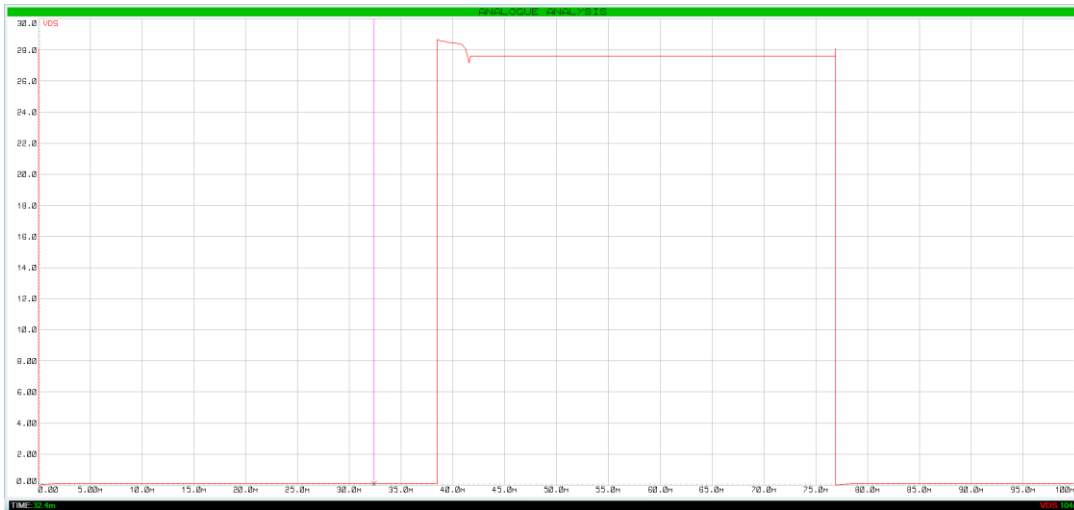
$$- RG = \frac{RG1.RG2}{RG1+RG2} = 6.67 \text{ (}\Omega\text{)}$$

$$- V_{GS} = V_{ĐK} = 5 \text{ (V)}$$

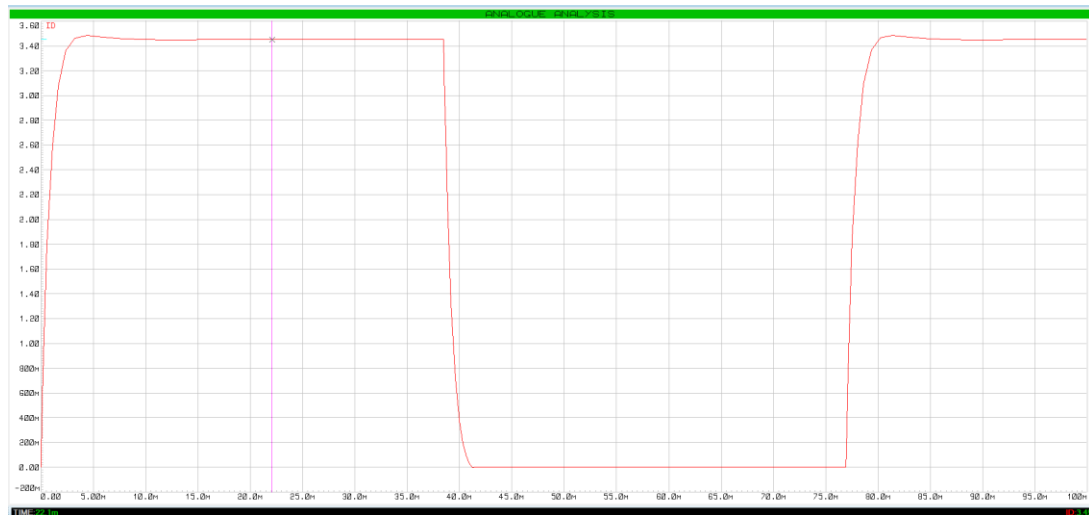
- $I_D = \frac{V_{\text{Nguồn}} - V_{DS} - V_{dm}}{RG} = \frac{27,6 - 0,11 - 4,6}{6,67} = 3,43(A)$
- Công suất Mosfet:  $P = V_{DS(on)} \cdot I_D = 3,43 \cdot 0,11 = 0,38 (W)$

c. Mô phỏng, kiểm nghiệm

Thông số	Kết quả tính toán	Kết quả mô phỏng
$I_D$	3,43 A	3,45 A
$V_{DS(on)}$	110 mV	104 mV
$P_{MOSFET}$	0,38 W	0,36 W



Hình 19 – Kết quả mô phỏng  $V_{DS}$



Hình 20 – Kết quả mô phỏng  $I_D$

Nhận xét: bảng so sánh giữa mô phỏng và tính toán ta có thể thấy các giá trị mô phỏng và tính toán có sự khác biệt rất nhỏ. Điều đó chứng tỏ giá trị tính toán và mô phỏng có sự thống nhất với nhau.

c. So sánh công suất tiêu hao của BJT (câu 3) và MOSFET (câu 4) (mô phỏng)

$$P_{BJT} = 4,66 \text{ W}$$

$$P_{MOSFET} = 0,36 \text{ W}$$

⇒ Công suất tiêu thụ của MOSFET nhỏ hơn nhiều so với BJT do điện trở trong của Mosfet **IRF 3710L** rất nhỏ so với **TIP120**. Chính vì vậy, nếu cần làm mạch kích có công suất hao phí thấp thì sử dụng MOSFET là sự lựa chọn tối ưu hơn nếu không xét về yếu tố giá cả.