

Định thiên cho một BJTs

Định nghĩa:

Định thiên cho một transistor là tạo một dòng điện cực B sao cho transistor có thể hoạt động ổn định với dòng điện cực C tính toán như mong muốn.

Mục đích yêu cầu:

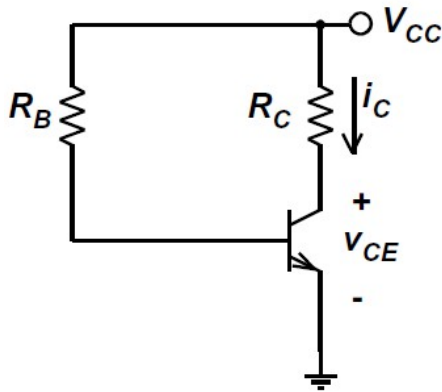
Tùy theo mục tiêu sử dụng transistor trong mạch mà người ta có thể yêu cầu định thiên một transistor như thế nào. Transistor có thể được định thiên ở các lớp khác nhau:

1. Lớp A: Dòng điện tĩnh của transistor lớn hơn nhiều so với dòng điện tín hiệu. Khi đó nếu tín hiệu thay đổi thì dòng điện transistor sẽ dao động xung quanh dòng tĩnh.
2. Lớp B: Dòng tĩnh của Transistor =0. Như vậy khi có tín hiệu, transistor chỉ có dòng điện khi tín hiệu >0. Người ta bảo transistor chỉ khuếch đại $\frac{1}{2}$ chu kỳ.
3. Lớp AB: Dòng tĩnh của transistor >0 nhưng nhỏ hơn nhiều so với dòng tín hiệu. Như vậy khi có tín hiệu, toàn bộ tín hiệu >0 sẽ làm cho transistor hoạt động, nhưng tín hiệu <0 chỉ được khuếch đại rất ít. Tín hiệu âm quá sẽ không được khuếch đại.
4. Lớp C: Dòng tĩnh của transistor =0, nhưng khi tín hiệu vào nhỏ, dòng này vẫn tiếp tục =0. Chỉ khi tín hiệu lớn hơn một mức nào đó, transistor mới hoạt động.
5. Lớp D: Transistor chỉ hoạt động ở 1 trong 2 trạng thái: không dẫn và bão hòa.

Sau đây chúng ta sẽ xem xét các phương pháp định thiên cho 1 transistor lớp A, khuếch đại tín hiệu nhỏ. Các lớp AB, B, C, D sẽ được xem xét khi tìm hiểu vào các ứng dụng thực tế khác.

Định thiên cho một BJTs – mạch định thiên cố định

Thí dụ



Cho $V_{CC} = 15\text{ V}$,
 $R_B = 200\text{ k}\Omega$, và $R_C = 1\text{ k}\Omega$
 β thay đổi từ 100 đến 300

Thực hiện phân tích mạch chúng ta giả định BJT vận hành ở vùng hoạt động, và $V_{BE} = 0.7\text{ V}$.

Trong trường hợp $\beta = 100$:

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{15\text{ V} - 0.7\text{ V}}{200\text{ k}\Omega} = 71.5\text{ }\mu\text{A}$$

$$I_C = \beta I_B = 7.15\text{ mA} \Rightarrow V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 7.85\text{ V}$$

Q. Mạch có hoạt động trong vùng tác dụng không???

A. $V_{CE} > 0.7\text{ V}$ and $I_B > 0 \Rightarrow$ **CÓ!!!**

Trong trường hợp $\beta = 300$:

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{15\text{ V} - 0.7\text{ V}}{200\text{ k}\Omega} = 71.5\text{ }\mu\text{A}$$

$$I_C = \beta I_B = 21.5\text{ mA} \Rightarrow V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = -6.45\text{ V}$$

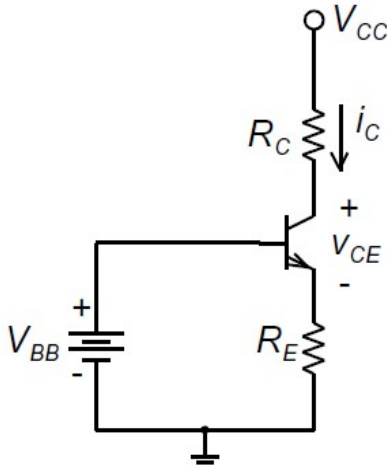
Q. Mạch có hoạt động trong vùng tác dụng không?

A. $V_{CE} < 0.7\text{ V} \Rightarrow$ **Không!!! Mạch bị bão hòa!!!**

Mặc dù cách tính toán ứng với $\beta=300$ không đúng, nhưng điều quan trọng hơn là chúng ta có thể xác định *mạch định thiên cố định có độ ổn định rất thấp!!!*

Định thiên cho một BJTs – mạch định thiên Điện áp cực B cố định

Thí dụ



Cho $V_{CC} = 15\text{ V}$, và $V_{BB} = 15\text{ V}$
 $R_C = 2\text{ k}\Omega$ và $R_E = 2\text{ k}\Omega$
 β thay đổi từ 100 đến 300

Thực hiện phân tích mạch chúng ta giả định BJT vận hành ở vùng hoạt động, và $V_{BE} = 0.7\text{ V}$.

Trong trường hợp $\beta = 100$:

$$I_E = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_E} = 2.15\text{ mA} \Rightarrow I_C = \frac{\beta}{\beta + 1} I_E = 2.13\text{ mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E = 6.44\text{ V}$$

Trong trường hợp $\beta = 300$:

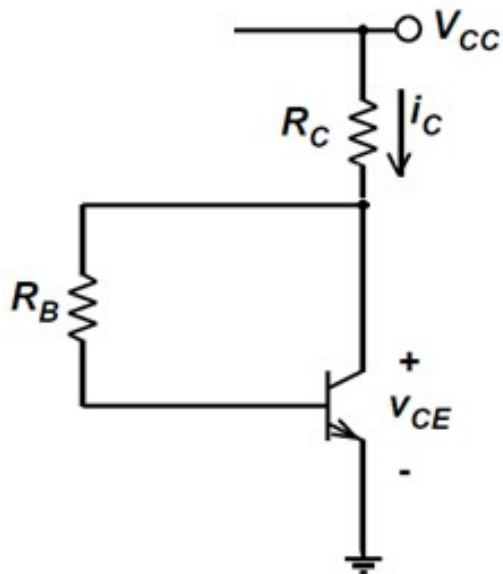
$$I_E = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_E} = 2.15\text{ mA} \Rightarrow I_C = \frac{\beta}{\beta + 1} I_E = 2.14\text{ mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E = 6.41\text{ V}$$

Chúng ta có thể thấy định thiên bằng phương pháp Điện áp cực B cố định cho độ ổn định rất cao. Tuy nhiên chúng ta thấy rằng rất khó đưa tín hiệu vào mạch. Vì vậy nó không khả dụng như mong muốn ban đầu.

Định thiên cho một BJTs – mạch định thiên hồi tiếp Điện áp

Thí dụ



Mạch này lấy điện áp ngõ ra để định thiên cho transistor.

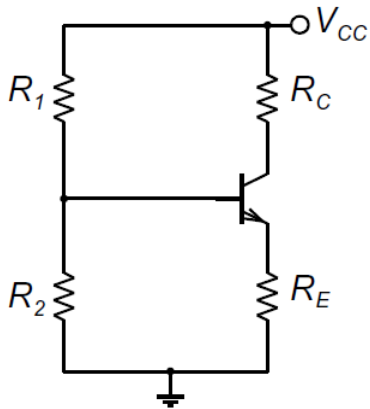
Khi β nhỏ, dòng IC nhỏ, điện áp cực C sẽ tăng cao lên, tăng dòng định thiên nên sẽ làm tăng dòng IC lên.

Khi β lớn, dòng IC lớn, điện áp cực C sẽ giảm thấp xuống, giảm dòng định thiên nên sẽ làm giảm dòng IC xuống.

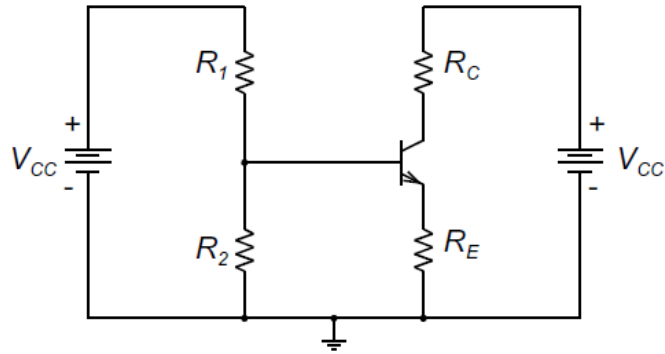
Chúng ta có thể thấy định thiên bằng phương pháp hồi tiếp Điện áp cũng cho độ ổn định cao. Tuy nhiên với mạch này tổng trở đầu vào nhỏ, nên cũng ít được sử dụng trong thực tế.

Định thiên cho một BJTs – mạch định thiên phối hợp

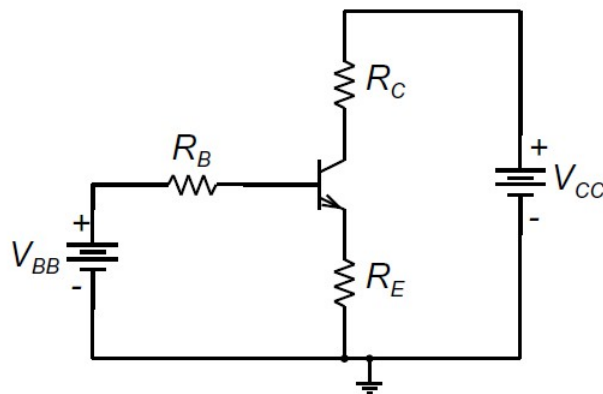
Thí dụ



Mạch phối hợp định thiên cố định và định thiên điện áp cố định



Mạch tương đương sau khi giả định nguồn cấp cho cực B riêng.

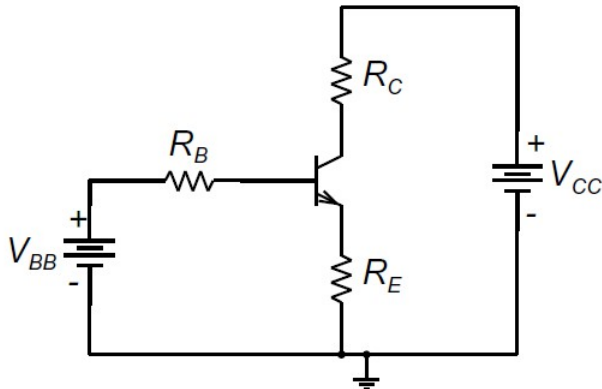


Mạch tương đương sau khi áp dụng nguyên lý Thevenin cho nguồn định thiên cực B

Mạch này có độ ổn định rất cao nhờ sử dụng phương pháp hồi tiếp dòng điện của mạch định thiên điện áp B cố định, nhưng có thể đưa tín hiệu vào vì có mạch điện trở R_B . Vì thế đây là một mạch rất thường được sử dụng trong thực tế.

Định thiên cho một BJTs – Độ ổn định của mạch định thiên phối hợp

Thí dụ



Mạch tương đương của mạch định thiên phối hợp.

Chúng ta phân tích mạch từ vòng BE:

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

Tuy nhiên vì $I_E = (\beta + 1) I_B$ nên:

$$V_{BB} = I_B R_B + V_{BE} + (\beta + 1) I_B R_E$$

Do đó chúng ta tính được $I_B =$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1) R_E}$$

Nếu nhân cả 2 vế với β

$$\beta I_B = I_C = \frac{\beta (V_{BB} - V_{BE})}{R_B + (\beta + 1) R_E}$$

Và chúng ta hoàn tất việc phân tích mạch với vòng CE:

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E$$

Độ ổn định của mạch định thiên

Độ ổn định của mạch định thiên có thể tính theo công thức trên:

$$\beta I_B = I_C = \frac{\beta(V_{BB} - V_{BE})}{R_B + (\beta + 1)R_E}$$

Lưu ý rằng nếu $R_E = 0$ chúng ta có mạch định thiên cố định, trong khi nếu $R_B = 0$ chúng ta có mạch định thiên điện áp cực B cố định

Để có độ ổn định cao nhất:

🕒 Chúng ta tìm cách giảm thiểu sự thay đổi của IC theo β . . .

Bằng cách tính sao cho $(\beta + 1)R_E \gg R_B$, hay $R_E \gg R_B / (\beta + 1)$

Khi đó, β và $(\beta + 1)$ gần như có thể bỏ qua trong công thức trên

Nguyên tắc chính: thiết kế sao cho $(\beta + 1)R_E \equiv 10 R_B$

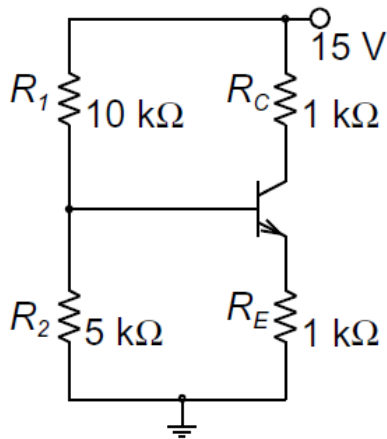
Nguyên tắc tương đương: thiết kế sao cho $I_{R_2} \equiv 10 I_{B_{\max}}$

- Chúng ta tìm cách giảm thiểu sự thay đổi của IC theo β . . .
Bằng cách tính sao cho $V_{BB} \gg V_{BE}$.

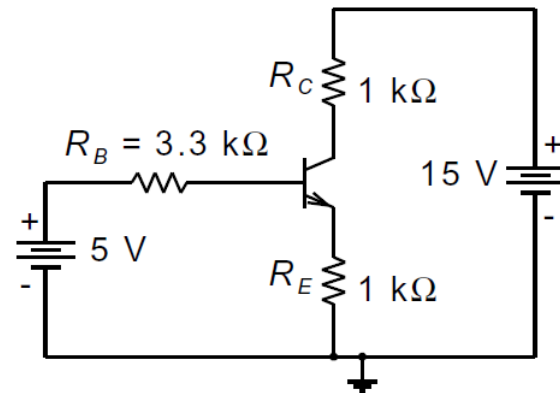
Nguyên tắc chính: thiết kế sao cho $V_{RC} \equiv V_{CE} \equiv V_{RE} \equiv 1/3V_{CC}$

Vì $V_{RE} \equiv V_{BB}$ nếu V_{BE} và I_B thấp.

Thí dụ



Mạch định thiên phân phối.



Mạch tương đương

Với $\beta = 100$ (và $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$):

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E} = 41.2 \mu\text{A} \Rightarrow I_C = \beta I_B = 4.12 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow I_E = \frac{I_C}{\alpha} = 4.16 \text{ mA} \Rightarrow V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E = 6.72 \text{ V}$$

Với $\beta = 300$:

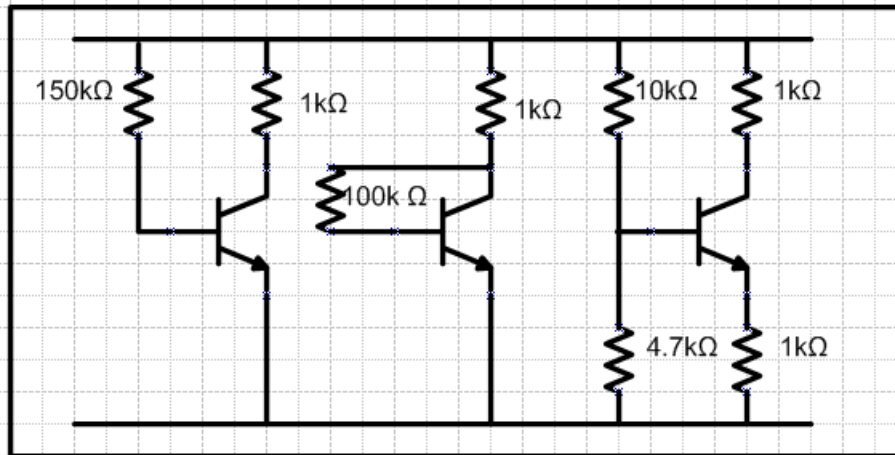
$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E} = 14.1 \mu\text{A} \Rightarrow I_C = \beta I_B = 4.24 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow I_E = \frac{I_C}{\alpha} = 4.25 \text{ mA} \Rightarrow V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E = 6.50 \text{ V}$$

Như vậy chúng ta đã đạt được mức độ ổn định định thiên hợp lý.

Bài tập thực hành:

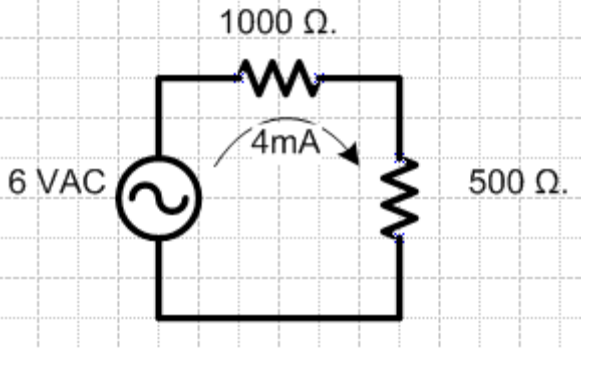
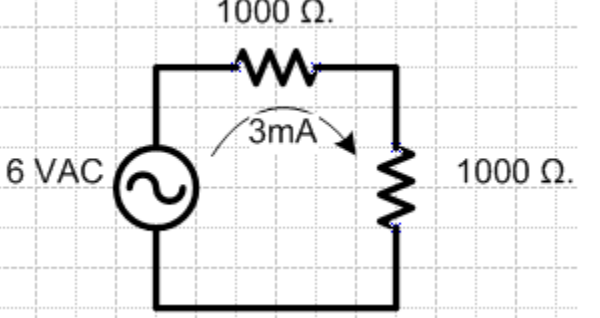
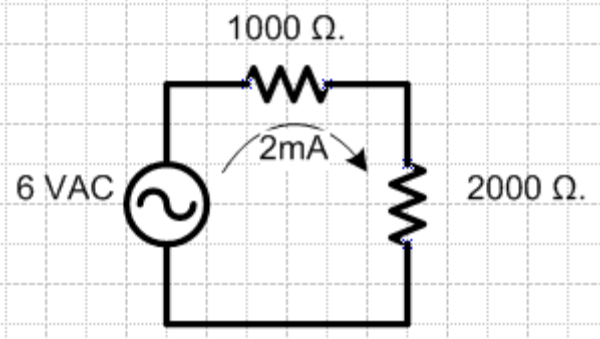
Lắp ráp 3 mạch điện dưới đây theo thứ tự từ trái qua phải. Mỗi mạch sau khi ráp xong, thực hiện công tác đo lường và phân tích trước khi ráp mạch khác:



- ⌚ Mạch 1: Tính dòng I_B . Đo điện áp cực C, tính dòng I_C .
 - Từ I_C và I_B , tính ra hệ số khuếch đại β .
 - So sánh dòng I_C và β giữa các mạch với nhau.
 - Dùng máy sấy sấy nóng transistor, đo và tính lại I_C , β .
 - Nhận xét.
- ⌚ Mạch 2: Đo điện áp cực C. Tính dòng I_C . Tính dòng I_B . Từ I_C và I_B tính β .
 - So sánh dòng I_C và β giữa các mạch với nhau.
 - Dùng máy sấy sấy nóng transistor, đo và tính lại I_B , I_C , β .
 - Nhận xét.
- ⌚ Mạch 3: Đo điện áp cực E và cực C. Tính dòng I_E , I_C .
 - So sánh dòng I_C giữa các mạch với nhau.
 - Dùng máy sấy sấy nóng transistor, đo và tính lại I_E , I_C .
 - Nhận xét.

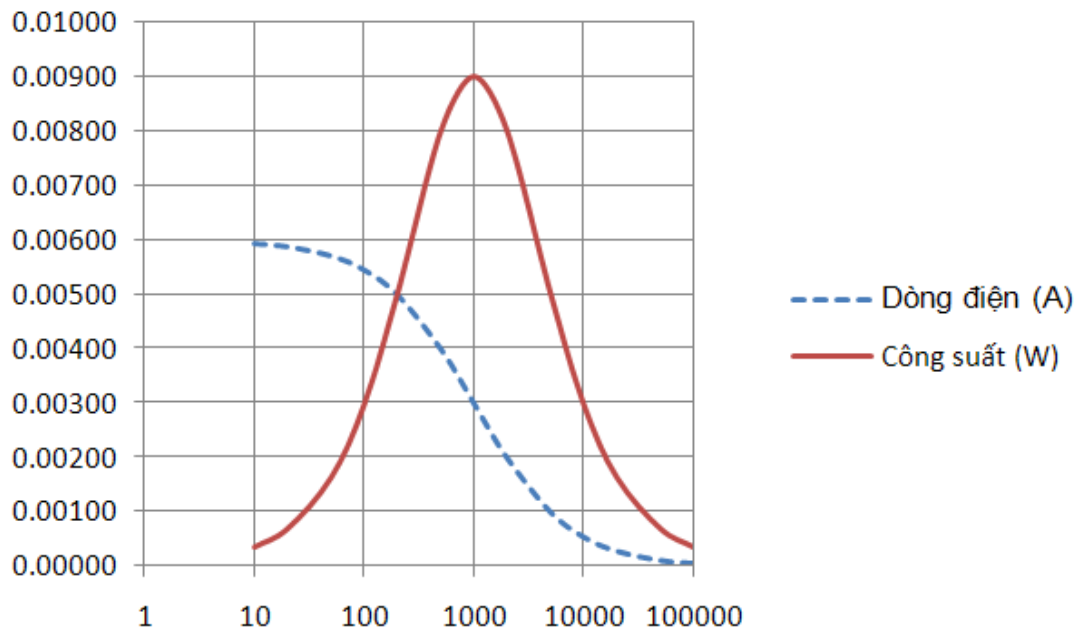
Vấn đề phối hợp tổng trở:

Giả sử ta có một nguồn tín hiệu 6V có tổng trở ra là 1kΩ. Khi cho nguồn này mang tải, tùy theo điện trở của tải mà công suất ra của mạch sẽ khác nhau. Chúng ta thử xét trong 3 trường hợp:

| | |
|---|--|
|  | <p>Trường hợp 1: điện trở tải nhỏ hơn điện trở nguồn. Dòng điện $I = E / (R_N + R_T)$ $I = 6V / (1000\Omega + 500\Omega) = 0,004A$ Công suất ra trên tải: $P_T = RI_T^2$ $P_T = 500 * 0,004^2 = \mathbf{0.008W}$</p> |
|  | <p>Trường hợp 2: điện trở tải bằng điện trở nguồn. Dòng điện $I = 6V / (1000\Omega + 1000\Omega) = 0,003A$ Công suất ra trên tải: $P_T = 1000 * 0,003^2 = \mathbf{0.009W}$</p> |
|  | <p>Trường hợp 3: điện trở tải lớn hơn điện trở nguồn. Dòng điện $I = 6V / (1000\Omega + 2000\Omega) = 0,002A$ Công suất ra trên tải: $P_T = 2000 * 0,002^2 = \mathbf{0.008W}$</p> |

Kiểm chứng lại với các giá trị của R_T :

| | | R tải (Ω) | Dòng điện (A) | Công suất (W) |
|---|------|--------------------|---------------|---------------|
| 6 | 1000 | 10 | 0.00594 | 0.000353 |
| 6 | 1000 | 20 | 0.00588 | 0.000692 |
| 6 | 1000 | 50 | 0.00571 | 0.001633 |
| 6 | 1000 | 100 | 0.00545 | 0.002975 |
| 6 | 1000 | 200 | 0.00500 | 0.005000 |
| 6 | 1000 | 500 | 0.00400 | 0.008000 |
| 6 | 1000 | 1000 | 0.00300 | 0.009000 |
| 6 | 1000 | 2000 | 0.00200 | 0.008000 |
| 6 | 1000 | 5000 | 0.00100 | 0.005000 |
| 6 | 1000 | 10000 | 0.00055 | 0.002975 |
| 6 | 1000 | 20000 | 0.00029 | 0.001633 |
| 6 | 1000 | 50000 | 0.00012 | 0.000692 |
| 6 | 1000 | 100000 | 0.00006 | 0.000353 |



Kết luận: để công suất ra tải được cao nhất thì tổng trở tải phải bằng với tổng trở nguồn.