



Draft Version

MỤC LỤC

MỤC LỤC	- 2 -
Bài tập nhóm 1	- 4 -
1 Diode	- 4 -
2 Transistor BJT	- 4 -
3 FET	- 4 -
a. Phân cực cố định	- 4 -
b. Tự phân cực	- 4 -
c. Phân cực bằng phân áp	- 4 -
d. Phân cực bằng hồi tiếp điện áp	- 4 -
Bài tập nhóm 2	- 4 -
3 Ứng dụng Op Amp	- 4 -
4 Ứng dụng IC số	- 5 -
4.1 Biểu diễn hàm logic dưới dạng bảng trạng thái, bìa Karnaugh	- 5 -
4.2 Tối thiểu hóa hàm logic bằng bìa Karnaugh	- 5 -
4.3 Biểu diễn mạch logic bằng các phần tử logic	- 5 -
Mạch điều khiển đèn, đồng hồ số	- 5 -
Mạch dùng NAND 2 đầu vào	- 5 -
Mạch dùng NOR 2 đầu vào	- 5 -
Chương 1 Diode	- 6 -
1 Mạch phân cực	- 6 -
1.1 Mạch có hai nguồn dương	- 6 -
2 Mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ	- 7 -
Mạch hạn chế trên song song	- 8 -
a Khi không có tải R_t	- 8 -
b Có tải	- 9 -
Mạch hạn chế trên nối tiếp	- 10 -
a Không có tải	- 10 -
b Có tải R_t	- 10 -
3 Mạch hạn chế dưới song song	- 11 -
a Không có tải	- 11 -
b Có tải	- 12 -

4 Mạch hạn chế dưới nối tiếp	13 -
a Không có tải	13 -
b Có tải	13 -
Mạch hạn chế trên dưới dùng diode Zener	14 -
Mạch hạn chế trên dưới dùng diode thường	16 -
CHƯƠNG 2 BJT	19 -
1 Đặc tuyến vào	19 -
2 Đặc tuyến ra	22 -
2 Phân cực base	23 -
4 Phân cực phân áp	25 -
9 Tìm β (h_{FE})	26 -
CHƯƠNG 3 FET	28 -
1 Đặc tuyến ra JFET	29 -
2 Đặc tuyến ra D MOSFET	31 -
3 Đặc tuyến ra của E MOSFET	31 -
CHƯƠNG 4 IC KĐTĐ	34 -
4.1 Mạch khuếch đại đảo : tham khảo slide bài giảng	34 -
4.2 Mạch khuếch đại không đảo : tham khảo slide bài giảng	34 -
4.3 Mạch so sánh	34 -
Mạch so sánh đảo	34 -
Un bằng không	34 -
Ung khác không	35 -
Mạch so sánh không đảo	36 -
Mạch Schmitt Trigger	37 -
Mạch Schmitt Trigger đảo	37 -
Mạch Schmitt Trigger không đảo	37 -
TÀI LIỆU THAM KHẢO	39 -

Bài tập nhóm 1

Vẽ và mô phỏng các mạch sử dụng Transistor BJT, FET

1 Diode

- 1.1 Mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ
- 1.2 Mạch chỉnh lưu hai nửa chu kỳ
- 1.3 Mạch chỉnh lưu cầu
- 1.4 Mạch ổn áp
- 1.5 Mạch hạn chế

2 Transistor BJT

- 2.1 Đặc tuyến vào EC
- 2.2 Đặc tuyến ra EC
- 2.3 Mạch phân cực Base
- 2.4 Mạch phân cực Emitter
- 2.5 Mạch phân cực phân áp
- 2.6 Mạch phân cực hồi tiếp Collector

3 FET

- 3.1 Đặc tuyến ra của JFET
- 3.2 Đặc tuyến truyền đạt của JFET
- 3.3 Đặc tuyến ra của D-MOFET
- 3.4 Đặc tuyến truyền đạt của D-MOSFET
- 3.5 Đặc tuyến ra của E-MOSFET
- 3.6 Đặc tuyến truyền đạt của E-MOSJFET
- 3.7 Các phương pháp phân cực
 - a. Phân cực cố định
 - b. Tự phân cực
 - c. Phân cực bằng phân áp
 - d. Phân cực bằng hồi tiếp điện áp

Bài tập nhóm 2

Vẽ và mô phỏng các mạch sử dụng Op Amp và IC số

3 Ứng dụng Op Amp

- 3.1 Mạch khuếch đại không đảo
- 3.2 Mạch khuếch đại đảo
- 3.3 Mạch cộng không đảo
- 3.4 Mạch cộng đảo
- 3.5 Mạch trừ
- 3.6 Mạch tích phân
- 3.7 Mạch vi phân

4 Ứng dụng IC số

4.1 Biểu diễn hàm logic dưới dạng bảng trạng thái, bìa Karnaugh

4.2 Tối thiểu hóa hàm logic bằng bìa Karnaugh

4.3 Biểu diễn mạch logic bằng các phần tử logic

Mạch điều khiển đèn, đồng hồ số...

Mạch dùng NAND 2 đầu vào

Mạch dùng NOR 2 đầu vào

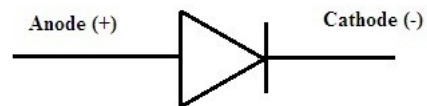
Chương 1 Diode ~~Điốt~~

Một số quy ước

1 Nguồn một chiều E

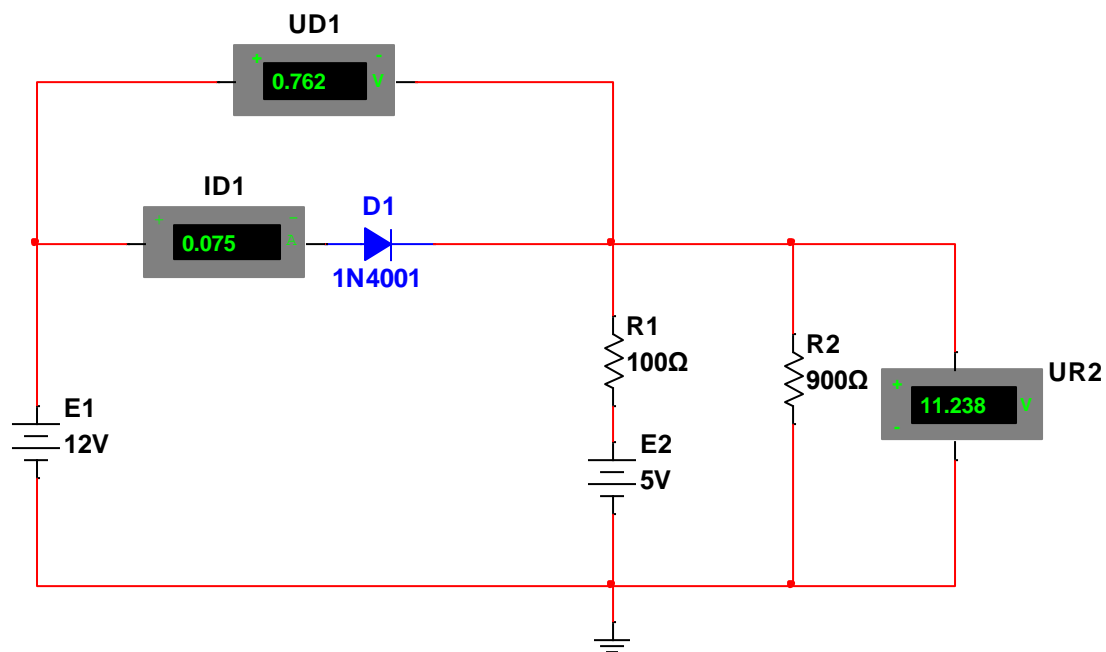
2 Điện áp UD

$UD = UA - UK$

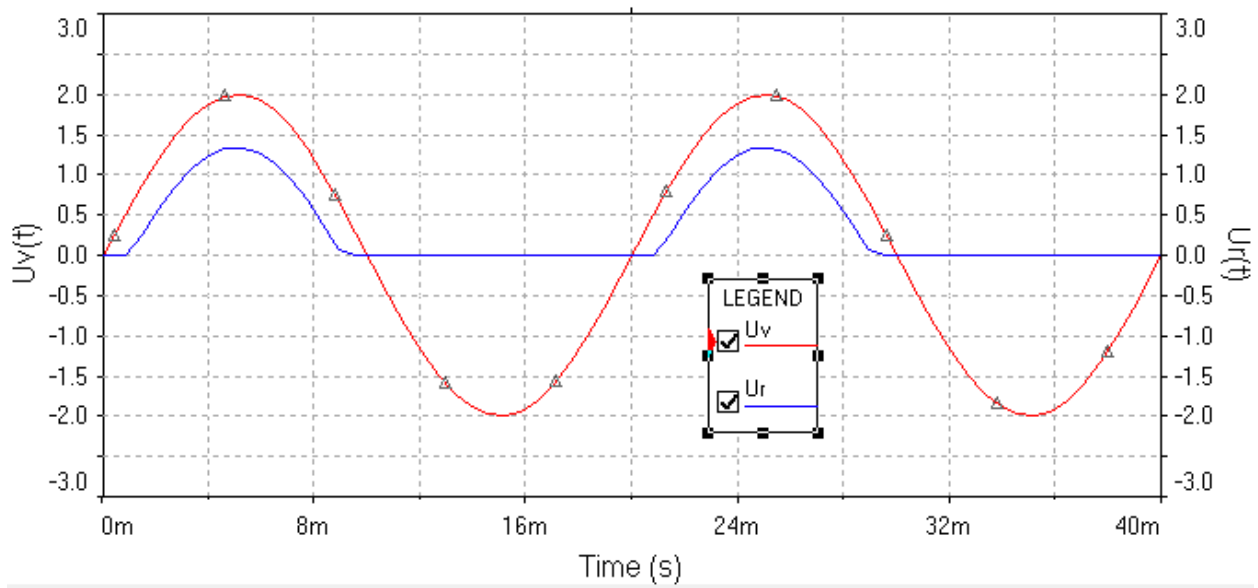
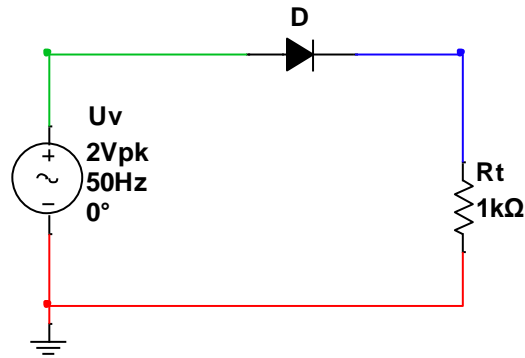


1 Mạch phân cực

1.1 Mạch có hai nguồn dương



2 Mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ



D lý tưởng

Khi $U_v > 0 \rightarrow D \text{ pct} \rightarrow U_r = U_v$

Khi $U_v < 0 \rightarrow D \text{ pcn} \rightarrow U_r = 0$

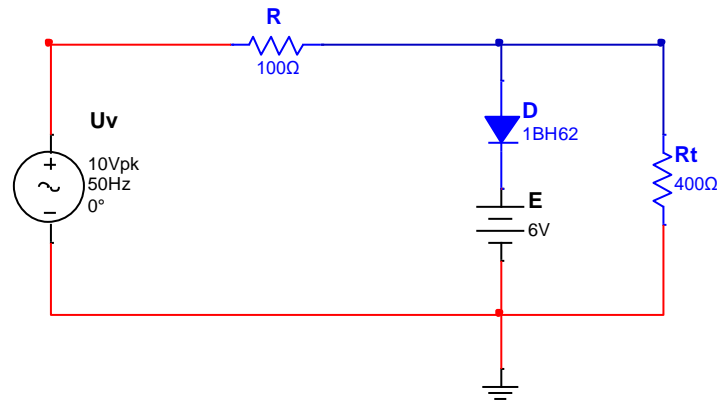
D k lý tưởng

Khi $U_v \geq U_{Do} \rightarrow D \text{ pct} \rightarrow U_r = U_v - U_{Do} ; U_{rm} = U_{vm} - U_D ; U_D > U_{Do}$

$$U_{Rt} = E - U_{Do}$$

Khi $U_v < U_{Do} \rightarrow I_D = 0 \rightarrow U_r = U_{Rt} = I_D \cdot R_t = 0$

Mạch hạn chế trên song song



Hình 1 Mạch hạn chế trên song song

a Khi không có tải R_t

Nguyên lý hoạt động

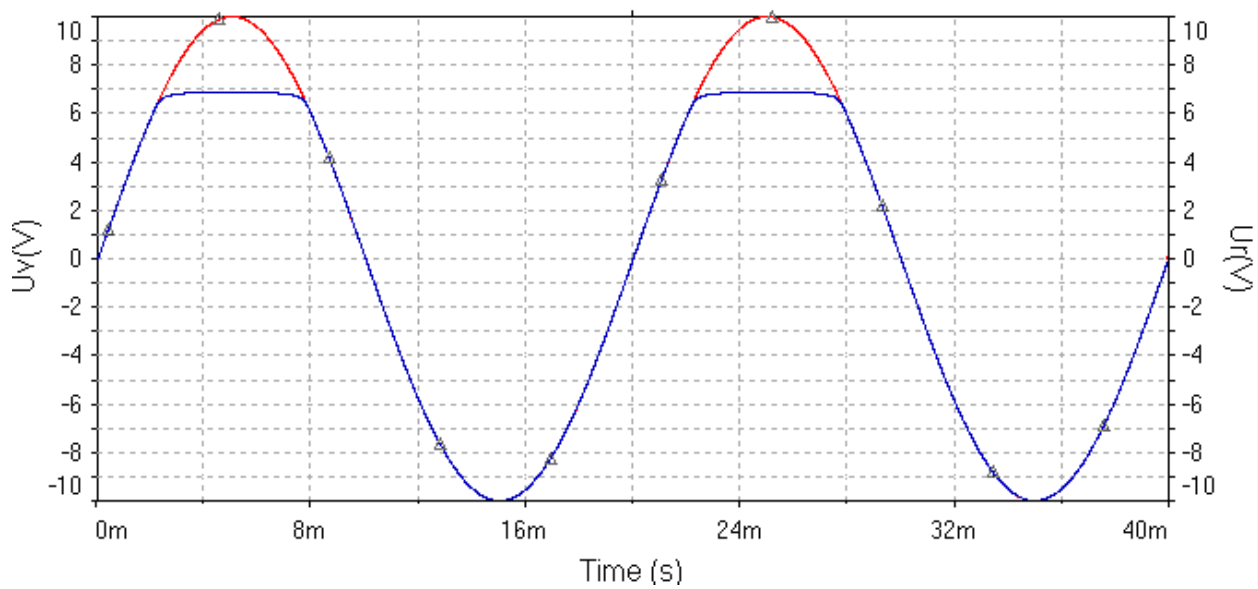
$U_v > E + U_D \rightarrow$ D phân cực thuận $\rightarrow U_r = E + U_D$

$U_v \leq E + U_D \rightarrow$ D phân cực ngược $\rightarrow U_r = U_v - I \cdot R = U_v$

Ví dụ

$U_v = 8V > E + U_D \rightarrow$ D phân cực thuận $\rightarrow U_r = E + U_D$

$U_v = -10V \leq E + U_D \rightarrow$ D phân cực ngược $\rightarrow U_r = U_v - I \cdot R$



Hình 2 Khi không có tải

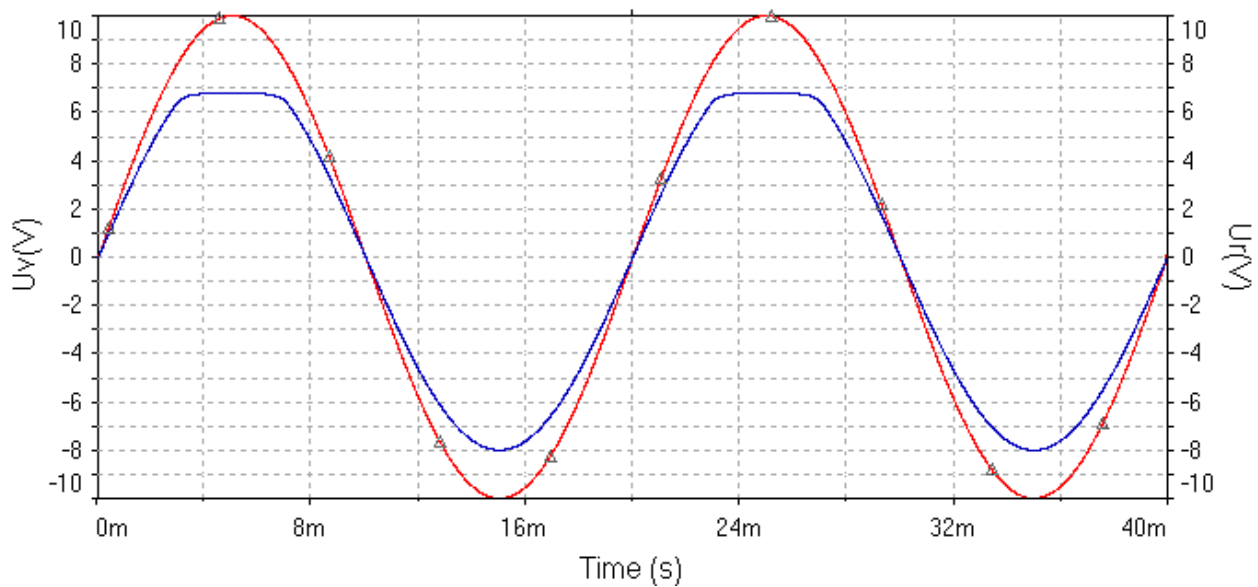
b Có tải

Nguyên lý hoạt động

$U_v.R(R+R_t) > E+UD \rightarrow$ D phân cực thuận $\rightarrow U_r = E + UD$

$U_v.R(R+R_t) \leq E+UD \rightarrow$ D phân cực ngược $\rightarrow U_r = U_v - I.R = U_v.R_t/(R+R_t) = 0,8U_v$

Mạch hạn chế ở mức $E+UD$



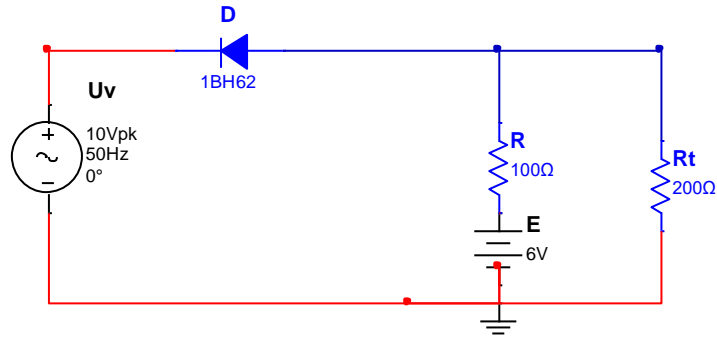
Hình 3 Khi có tải

Ví dụ

$U_v = 8V$; $U_v.R(R+R_t) > E+UD \rightarrow$ D phân cực thuận $\rightarrow U_r = E + UD$

$U_v = -10V$; $U_v.R(R+R_t) < E+UD \rightarrow$ D phân cực ngược $\rightarrow U_r = U_v - I.R = U_v.R_t/(R+R_t) = 0,8U_v$

Mạch hạn chế trên nối tiếp



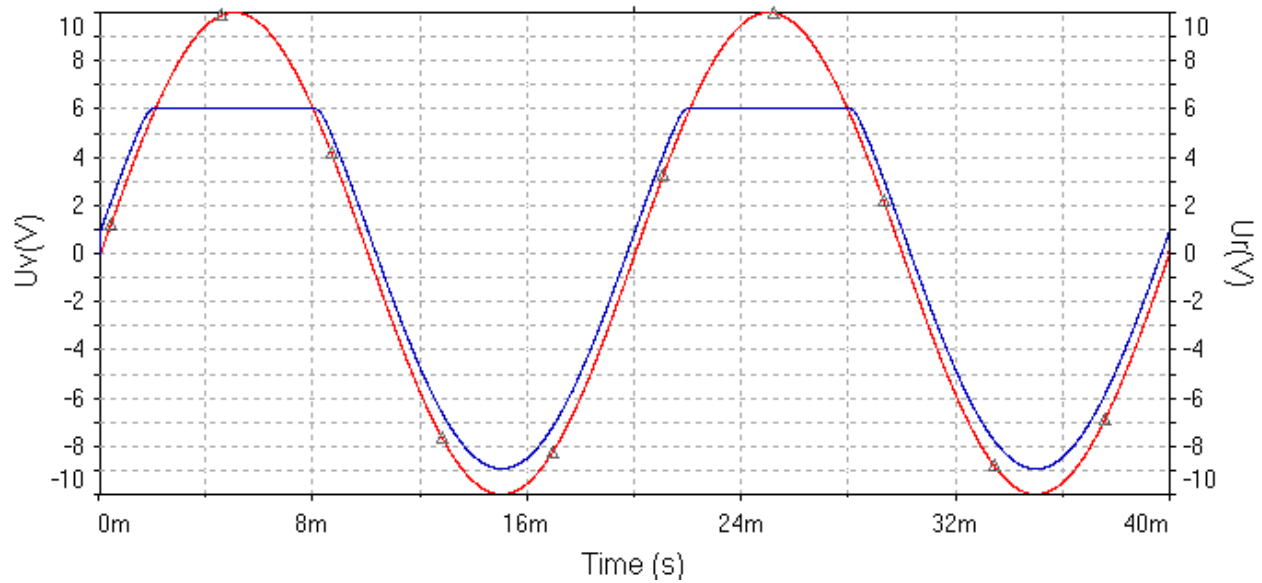
Hình 4 Mạch hạn chế trên nối tiếp

a Không có tải

$U_v < E \rightarrow D$ phân cực thuận $\rightarrow U_r = U_v - U_D$

$U_v \geq E \rightarrow D$ phân cực ngược $\rightarrow U_r = E - I \cdot R = E$

Mạch hạn chế trên mức E



Hình 5 Không có tải

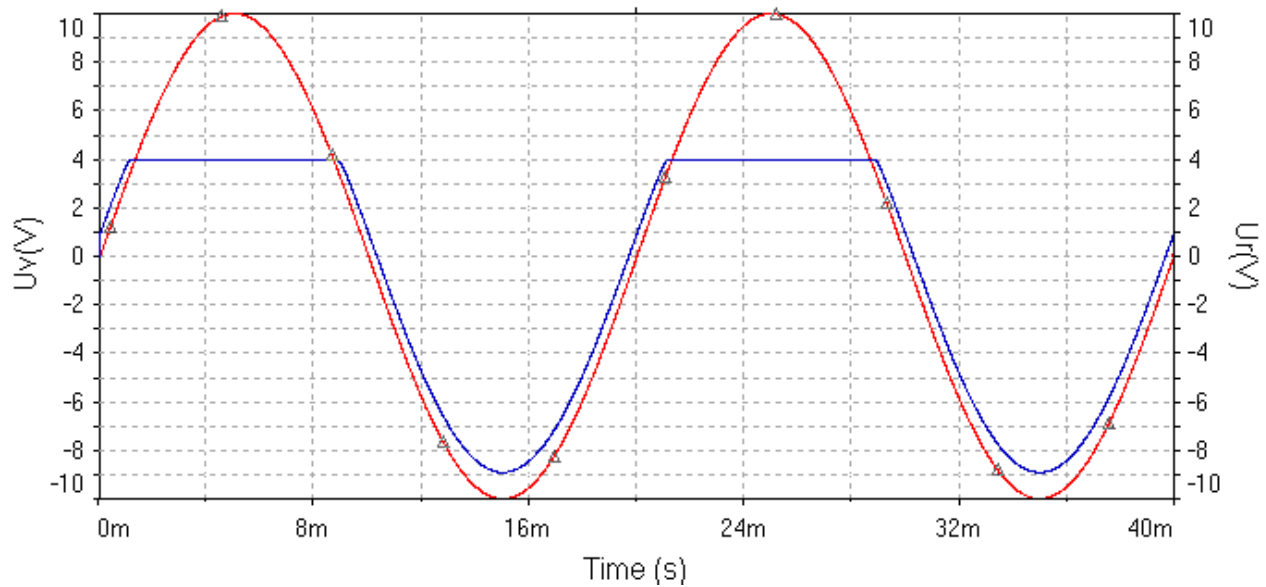
b Có tải Rt

Nguyên lý

$U_v < E \cdot R / (R + R_t) \rightarrow D$ phân cực thuận $\rightarrow U_r = U_v + U_D$

$U_v \geq E \cdot R / (R + R_t) \rightarrow D$ phân cực ngược $\rightarrow U_r = E - I \cdot R = E \cdot R_t / (R + R_t)$

Mạch hạn chế trên mức $E.Rt/(R+Rt)$



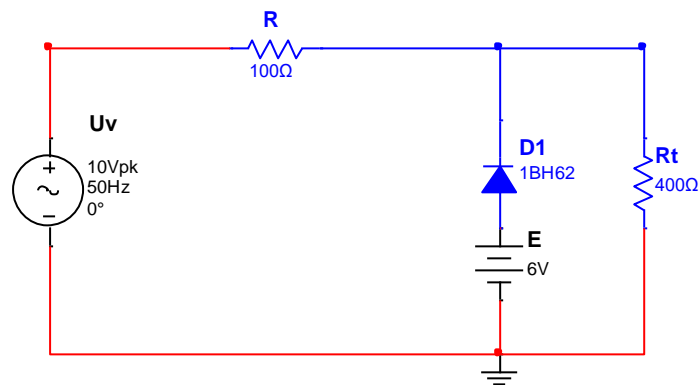
Hình 6 Có tải

Ví dụ

Khi $U_v = 0V \rightarrow$ D phân cực thuận $\rightarrow U_r = U_v + U_D$

Khi $U_v = 10V \rightarrow$ D phân cực ngược $\rightarrow U_r = 4V$

3 Mạch hạn chế dưới song song

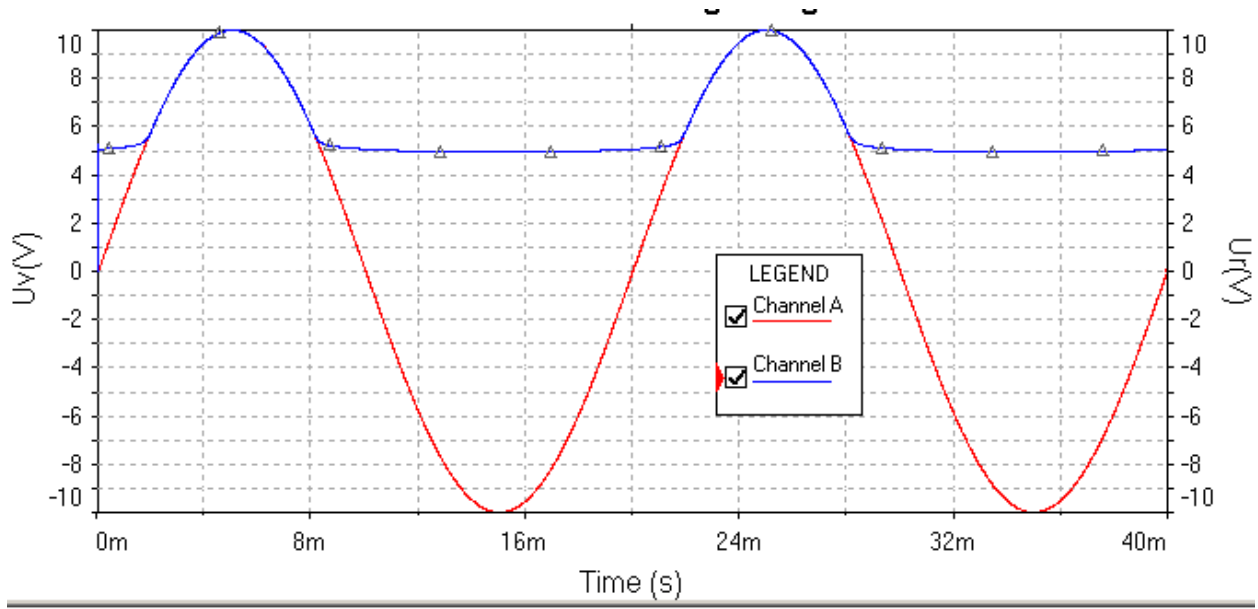


Hình 7 Mạch hạn chế dưới song song

a Không có tải

$U_v > E \rightarrow$ D phân cực ngược $\rightarrow U_r = U_v$

$U_v \leq E \rightarrow$ D phân cực thuận $\rightarrow U_r = E - U_D$



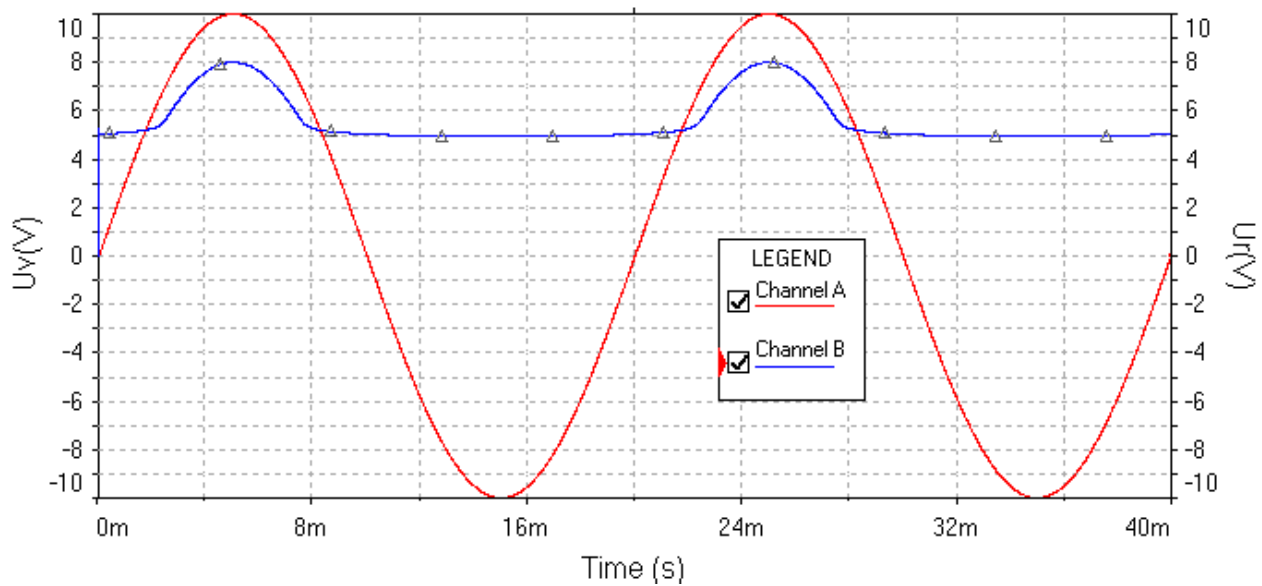
Hình 8 Không có tải

b Có tải

Nguyên lý

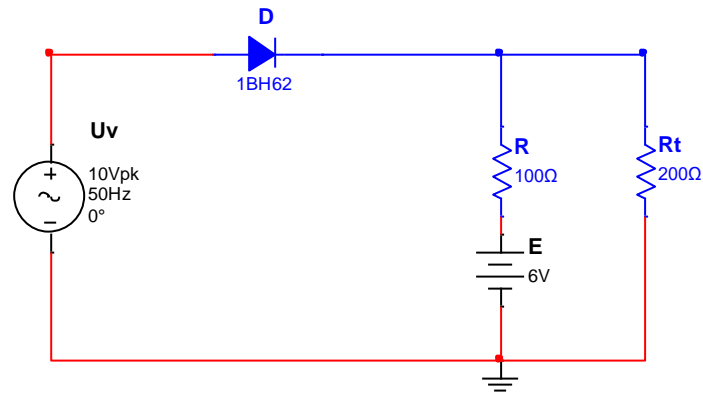
$U_v.R/(R+R_t) > E \rightarrow$ D phân cực ngược $\rightarrow U_r = U_v.R/(R+R_t)$

$U_v.R/(R+R_t) \leq E \rightarrow$ D phân cực thuận $\rightarrow U_r = E - U_D$



Hình 9 Có tải

4 Mạch hạn chế dưới nối tiếp

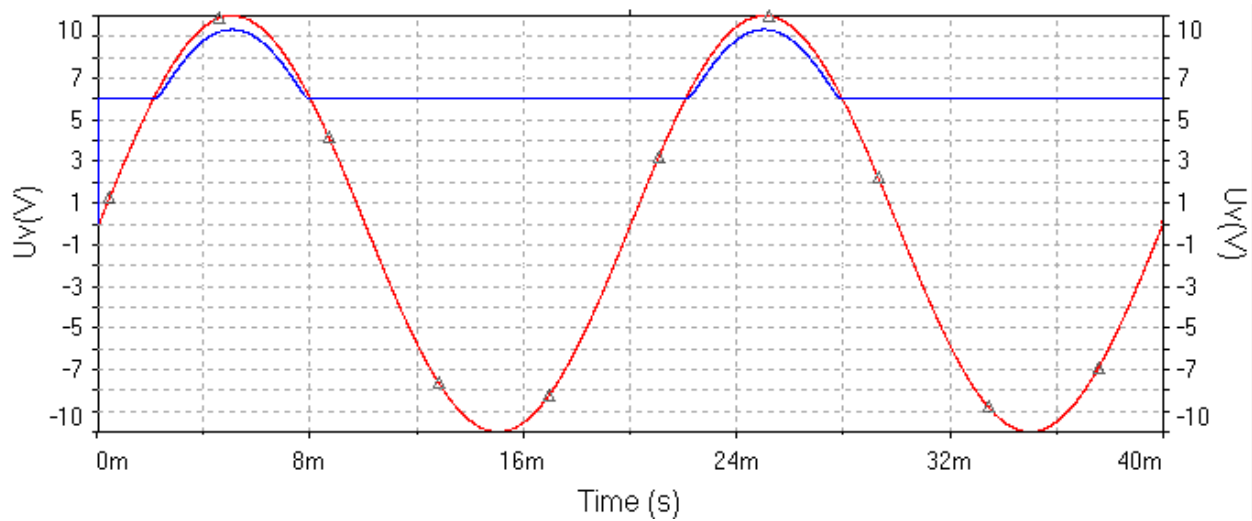


Hình 10 Mạch hạn chế dưới nối tiếp

a Không có tải

$U_v > E \rightarrow D$ phân cực thuận $\rightarrow U_r = U_v - U_D$

$U_v \leq E \rightarrow D$ phân cực ngược $\rightarrow U_r = E$



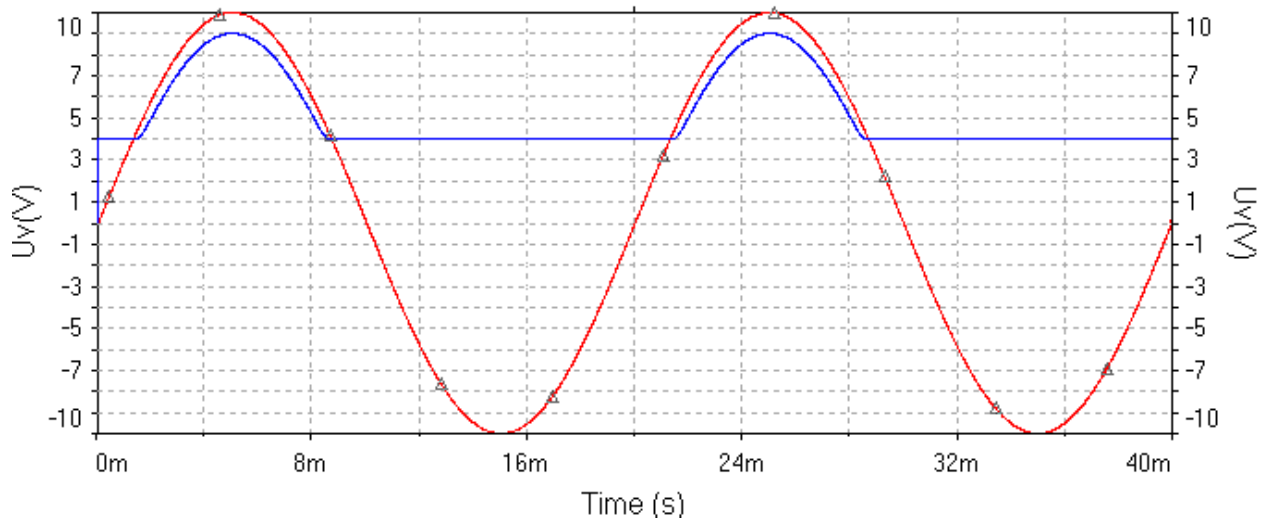
Hình 11 Không có tải

b Có tải

$U_v > E \cdot R_t / (R + R_t) \rightarrow D$ phân cực thuận $\rightarrow U_r = U_v - U_D$

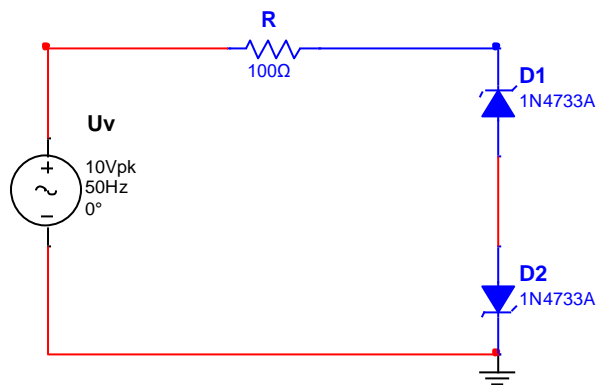
$U_v \leq E \cdot R_t / (R + R_t) \rightarrow D$ phân cực ngược $\rightarrow U_r = E \cdot R_t / (R + R_t)$

Mạch hạn chế dưới mức $E \cdot R / (R + R_t)$



Hình 12 Có tải

Mạch hạn chế trên dưới dùng diode Zener



Hình 10 Mạch hạn chế trên dưới

Nguyên lý

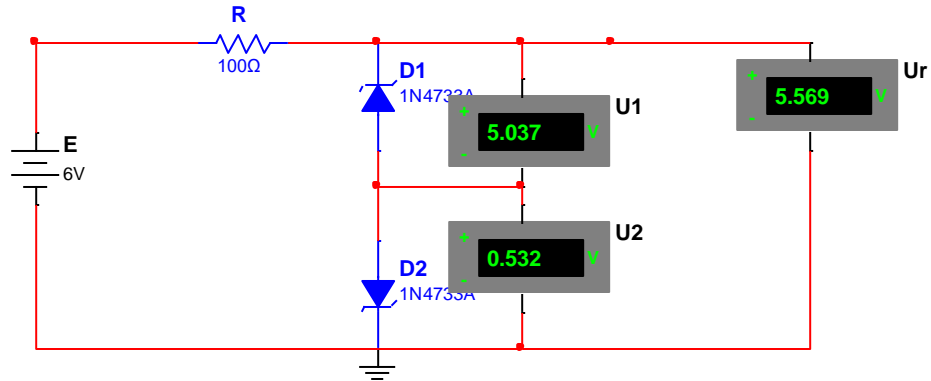
$U_v > U_{z1} \rightarrow$ D1 phân cực ngược, D2 phân cực thuận $\rightarrow U_r = U_{z1} + U_{D2}$ (Hình 11)

$U_v < -U_{z2} \rightarrow$ D1 phân cực thuận, D2 phân cực ngược $\rightarrow U_r = -(U_{z2} + U_{D1})$

$-U_{z2} \leq U_v < 0 \rightarrow$ D1 phân cực thuận, D2 phân cực ngược $\rightarrow U_r = U_v$

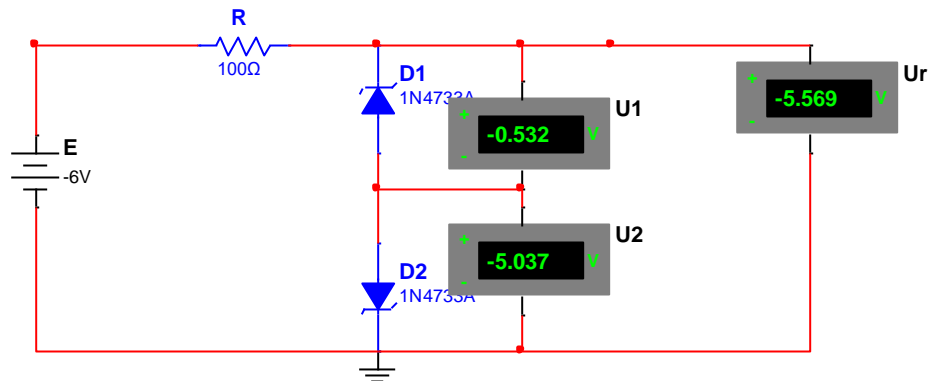
$U_v \leq -U_{z1} \rightarrow$ D1 phân cực ngược, D2 phân cực thuận $\rightarrow U_r = U_v$

Với $U_z = U_K - U_A$ là điện áp danh định của diode Zener theo datasheet, ví dụ với 1N4733A thì $U_z = 5,1V$



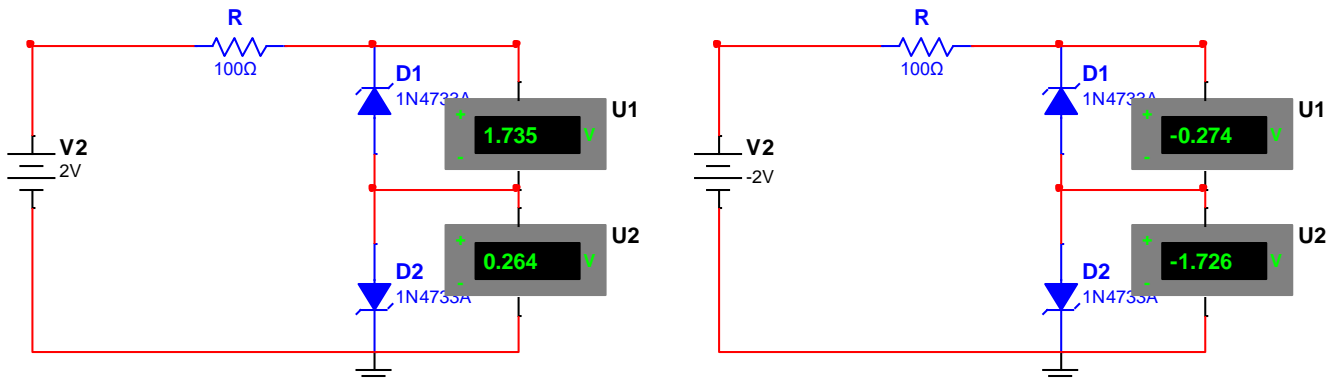
Hình 11

$$U_r = U_{z1} + U_{D2}$$

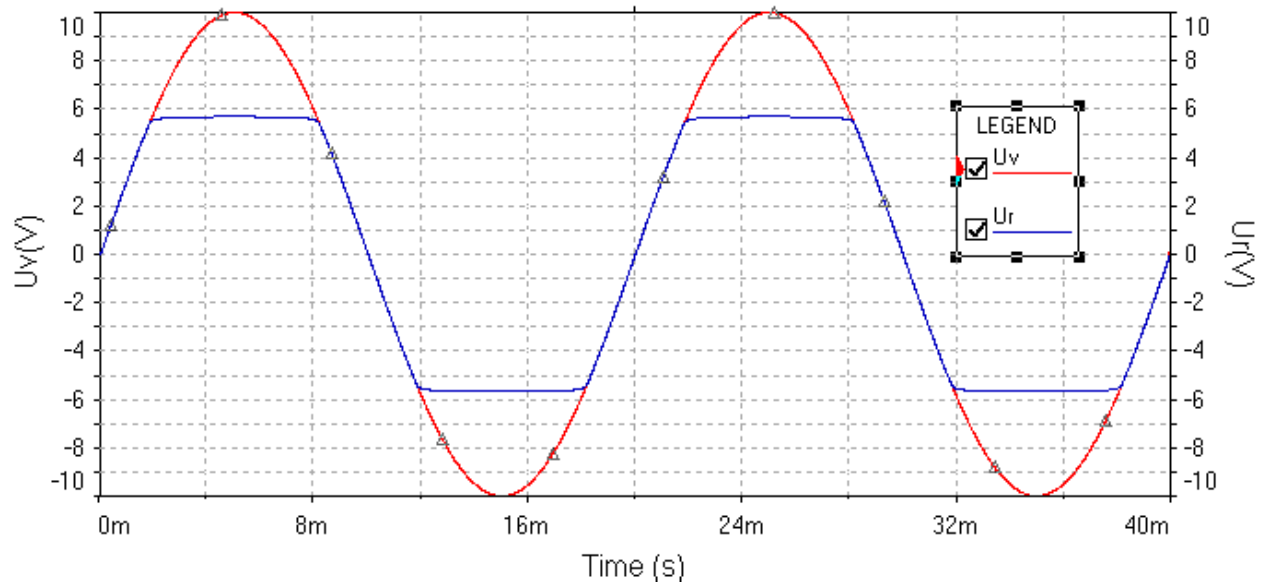


Hình 12

$$U_r = -(U_{z2} + U_{D1})$$

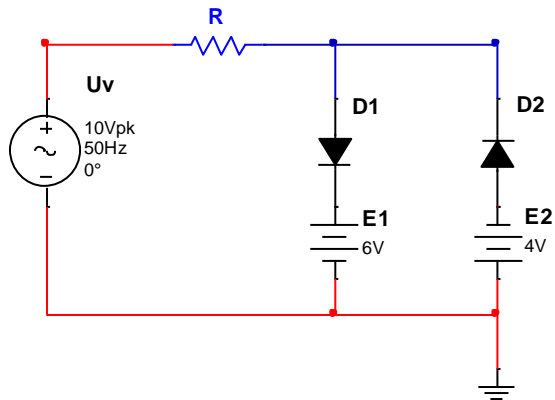


Hình 13



Hình 14 Mạch hạn chế trên dưới

Mạch hạn chế trên dưới dùng diode thường

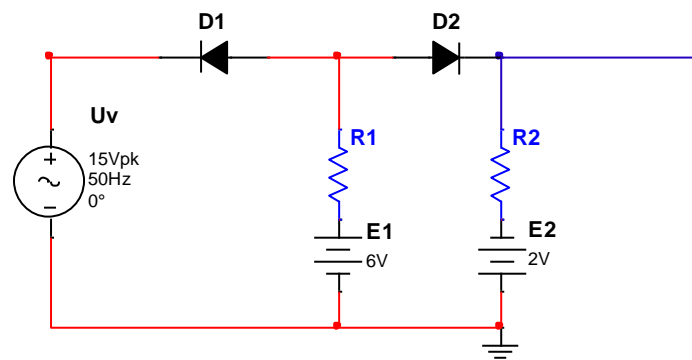
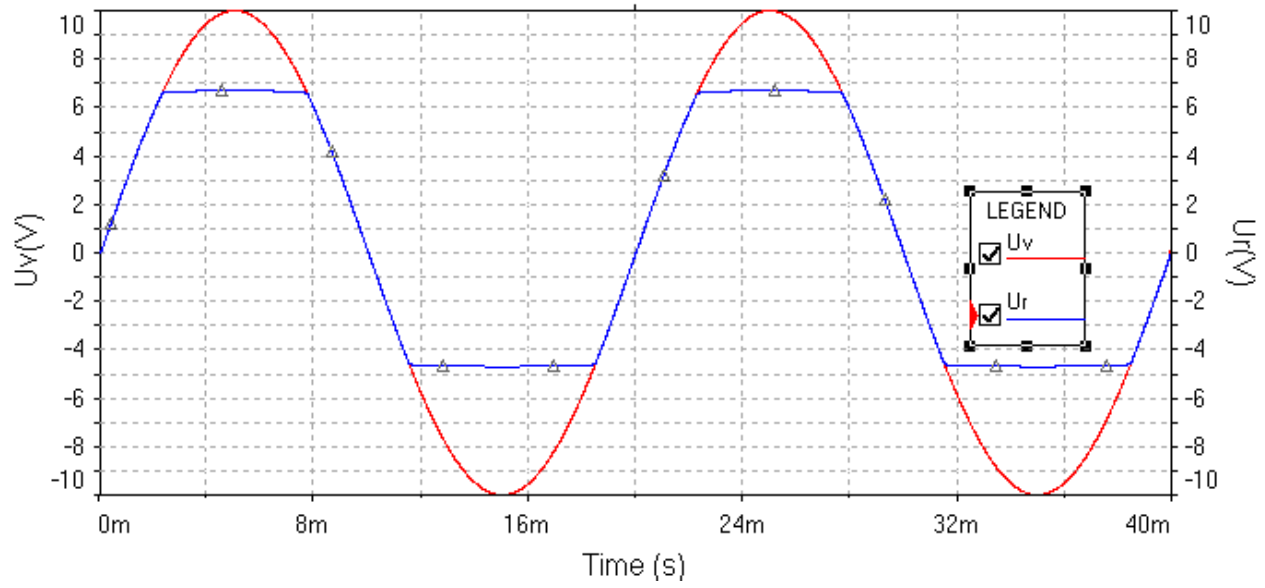


Hình Mạch song song

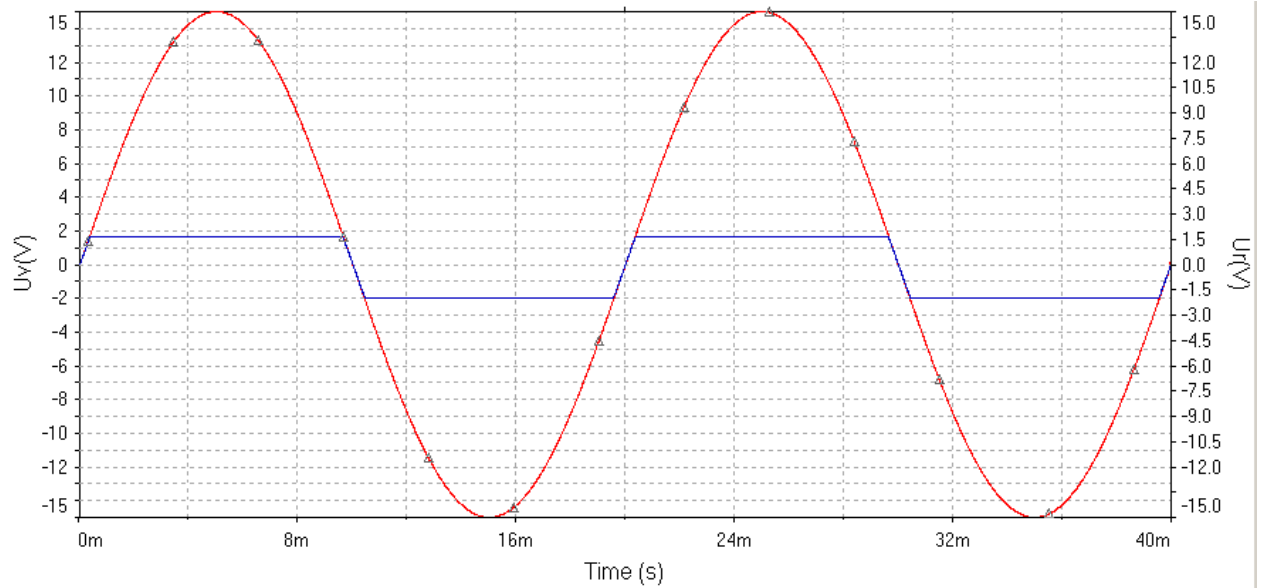
$U_v > E_1 \rightarrow D_1$ phân cực thuận, D_2 phân cực ngược $\rightarrow U_r = E_1 + U_{D1}$ (Hình 1?)

$U_v < E_2 \rightarrow D_1$ phân cực ngược, D_2 phân cực thuận $\rightarrow U_r = E_2 - U_{D2} = -4 - 0,7 = -(E_2 + U_{D2})$

$E_2 \leq U_v \leq E_1 \rightarrow D_1$ phân cực ngược, D_2 phân cực ngược $\rightarrow U_r = U_v - I \cdot R = U_v$

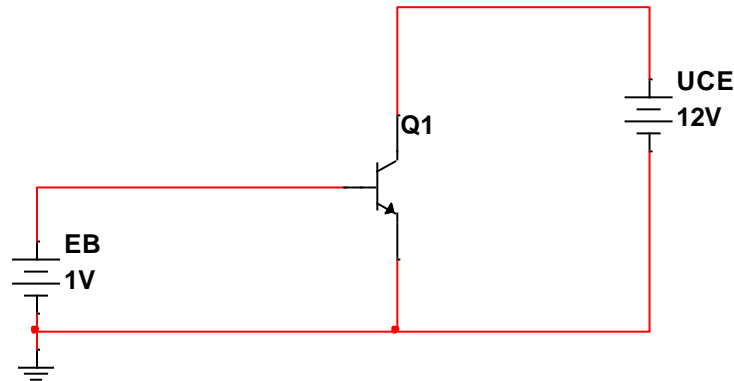


Hình Mắc nối tiếp

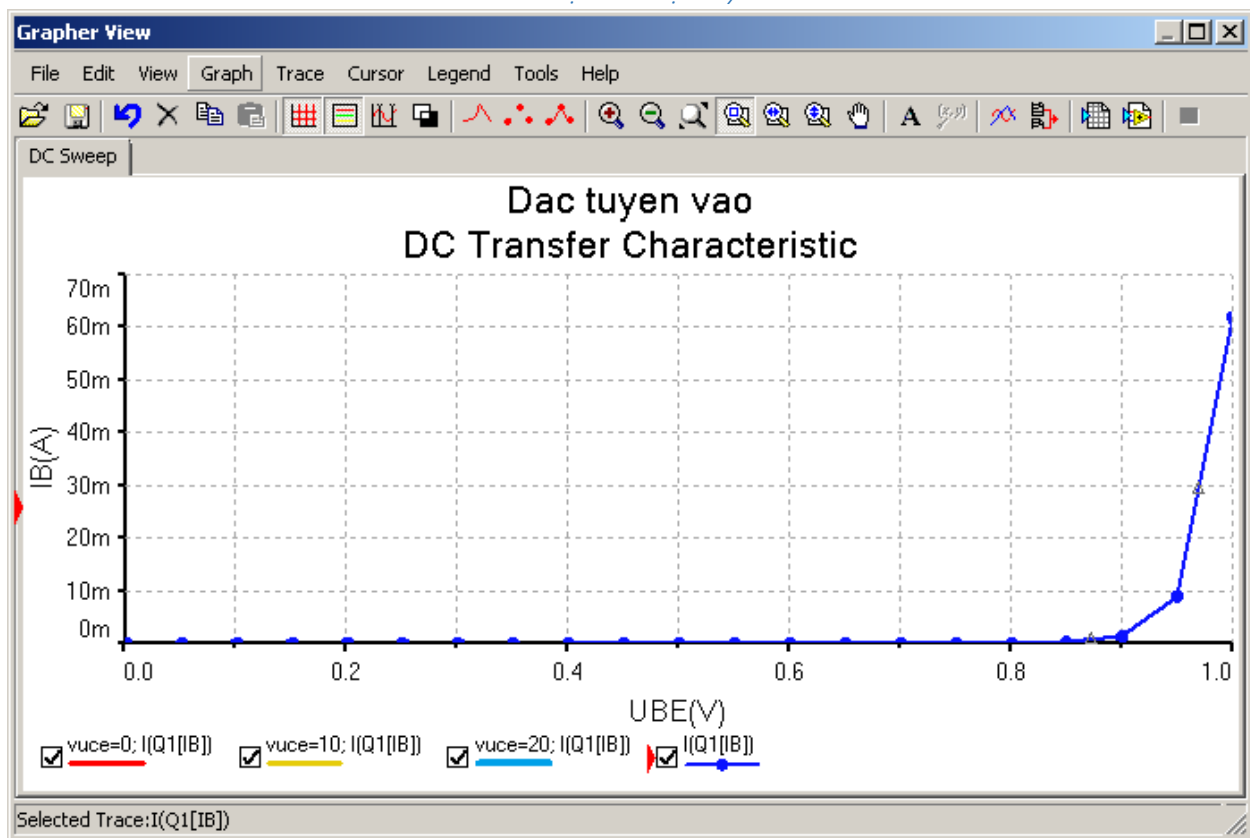


CHƯƠNG 2 BJT

1 Đặc tuyến vào



Hình 13 Mạch đo đặc tuyến vào

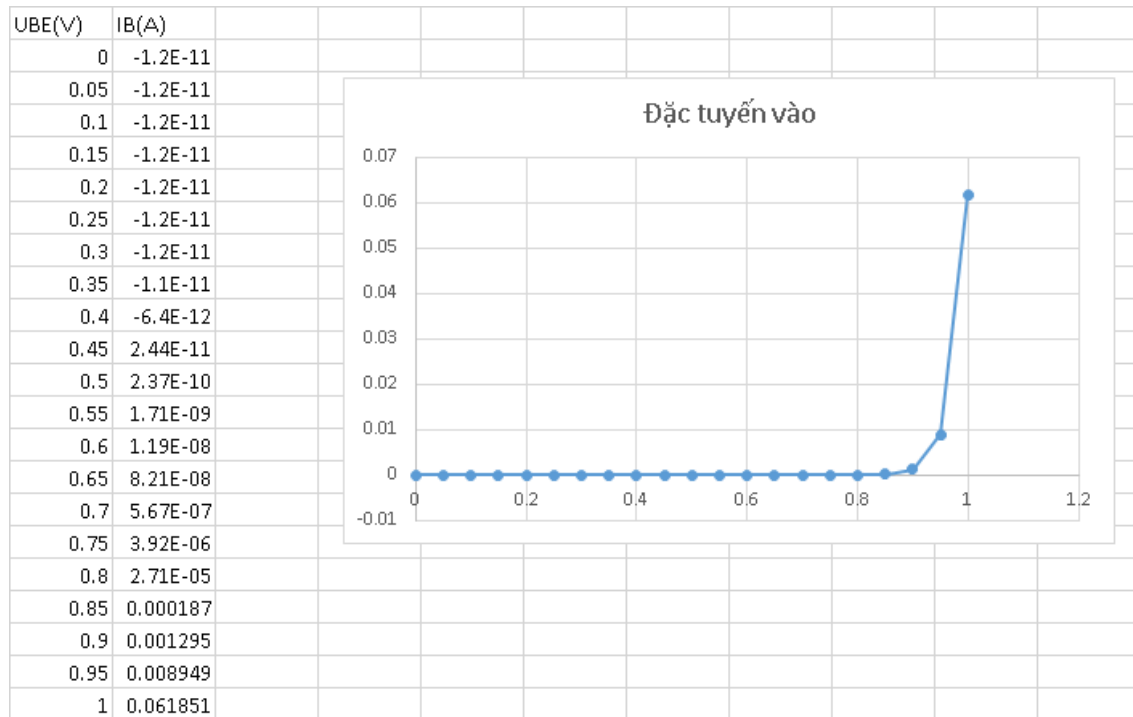


Hình 14 Đặc tuyến vào

Đặc tuyến có dạng giống đặc tuyến V-A (vùng phân cực thuận) do JE phân cực thuận

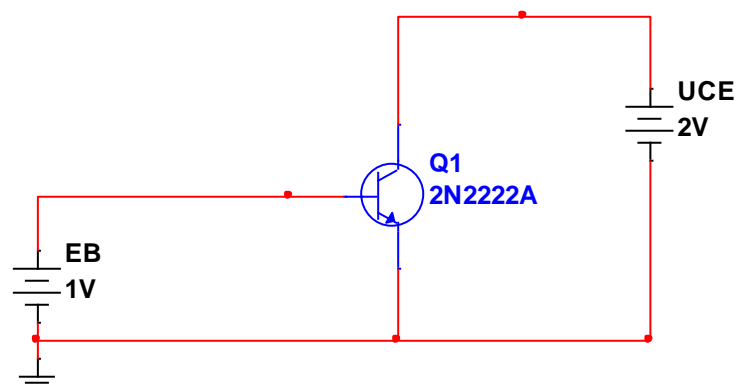
EB : [0-1] V \rightarrow UBE : [0-1] V

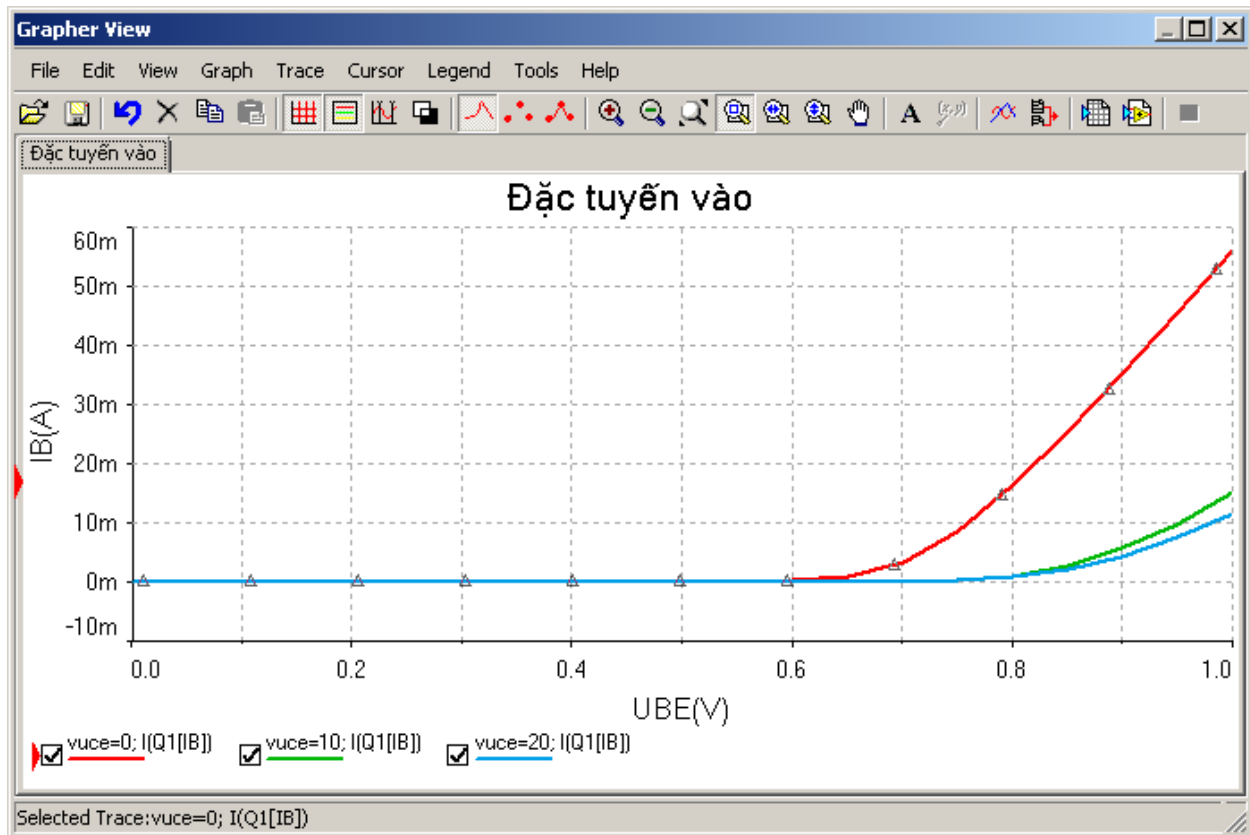
Ta có thể xuất dữ liệu đo ra file excel và vẽ đặc tuyến vào : Chọn View \rightarrow Grapher \rightarrow Grapher View
Tools \rightarrow Export to excel



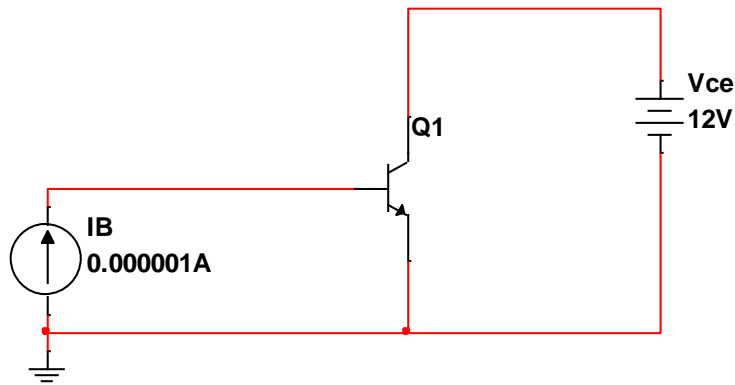
Hình 15 Đặc tuyến vào (2)

Thay TRANSISTOR 2N2222A

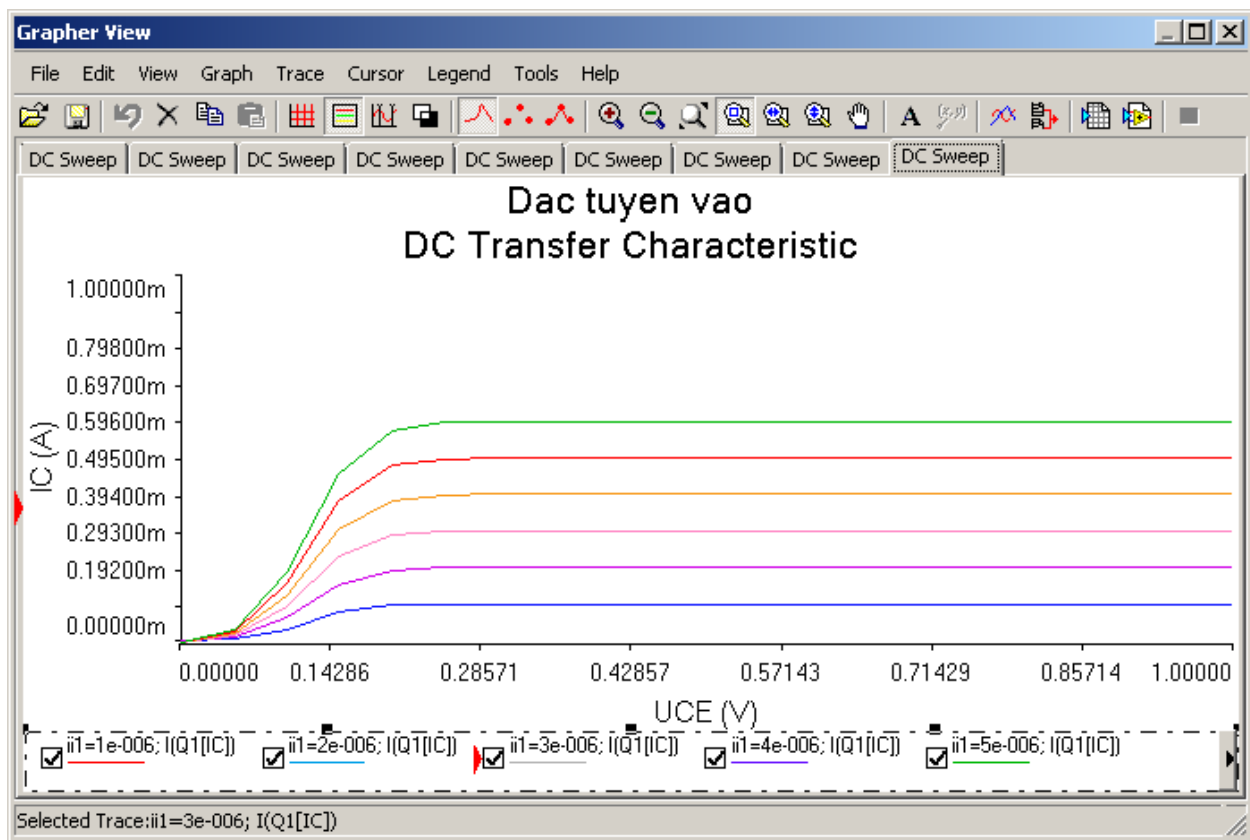




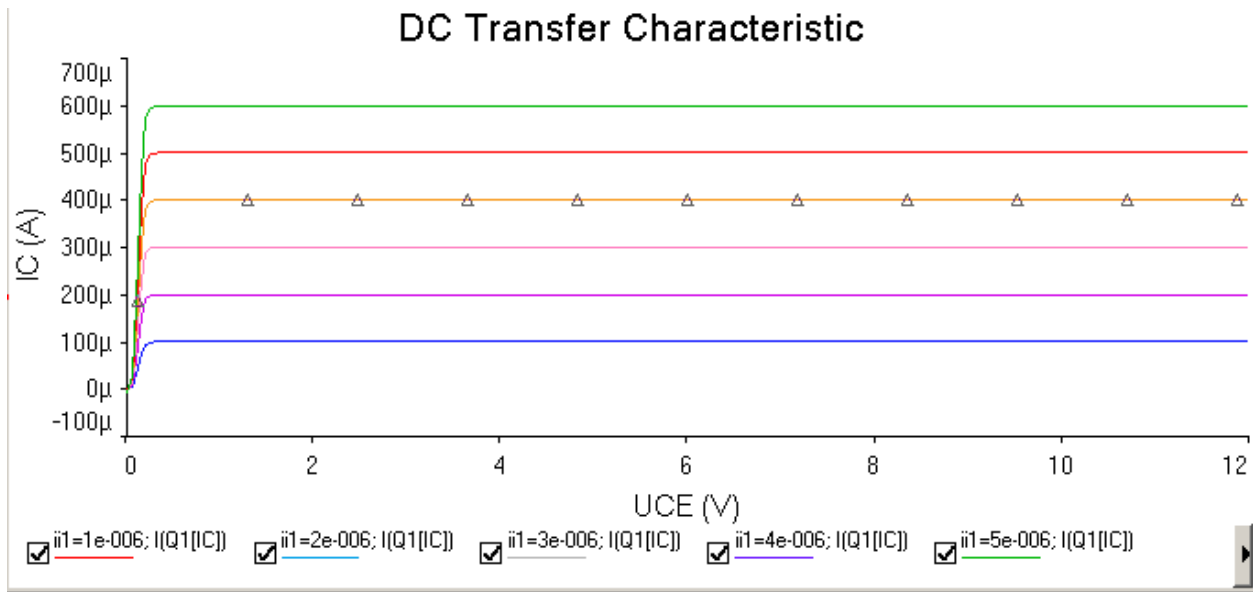
2 Đặc tuyến ra



Hình 16 Mạch đo đặc tuyến ra



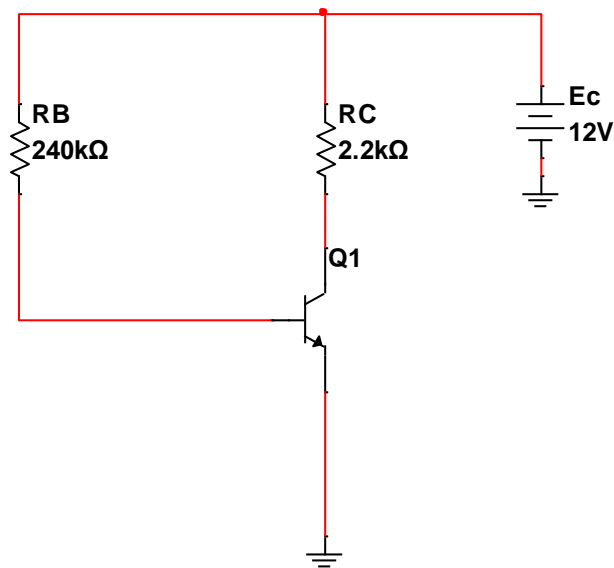
Hình 17 Đặc tuyến ra



Hình 18 Đặc tuyến ra (2)

2 Phân cực base

Tìm điểm Q? Vẽ đường tải? $\beta=100$; $U_{BE}=0,7V$



Hình 19 Phân cực base

Phân tích

Mạch vào:

$$E_C = U_{BE} + I_B R_B$$

$$\rightarrow I_B = (E_C - U_{BE}) / R_B$$

$$\rightarrow I_C = \beta \cdot I_B$$

Mạch ra:

$$E_C = U_{CE} + I_C R_C$$

$$\Rightarrow U_{CE} = E_C - I_C R_C$$

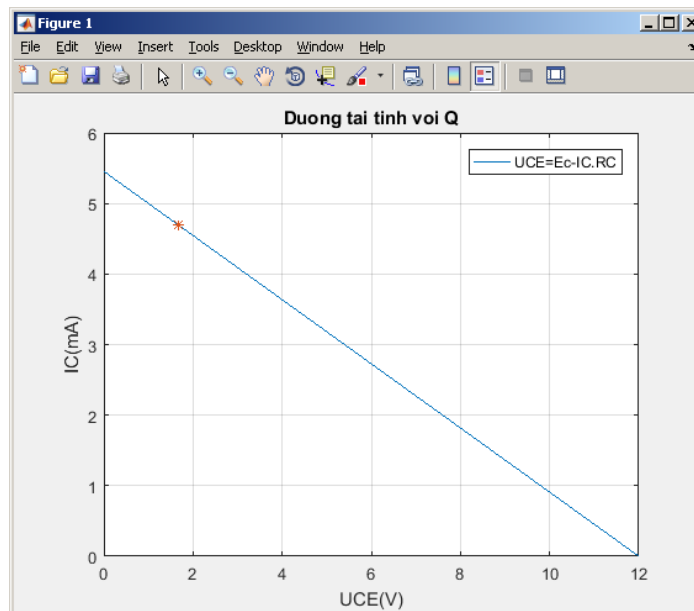
Thay số

- $I_B = (E_C - U_{BE}) / R_B$
 $= (12 - 0.7) / 240k = 0.047 \text{ mA} = 47 \mu\text{A}$
- $I_C = \beta \times I_B = 100 \times 0.047 \mu\text{A} = 4.7 \text{ mA}$
- $U_{CE} = E_C - I_C \times R_C$: pt đường tải
 $= 12 - 4.7 \text{ mA} \times 2.2k = 1.66 \text{ V}$

Điểm làm việc tĩnh Q ($I_B = 47 \mu\text{A}$; $I_C = 4.7 \text{ mA}$; $U_{CE} = 1.66 \text{ V}$)

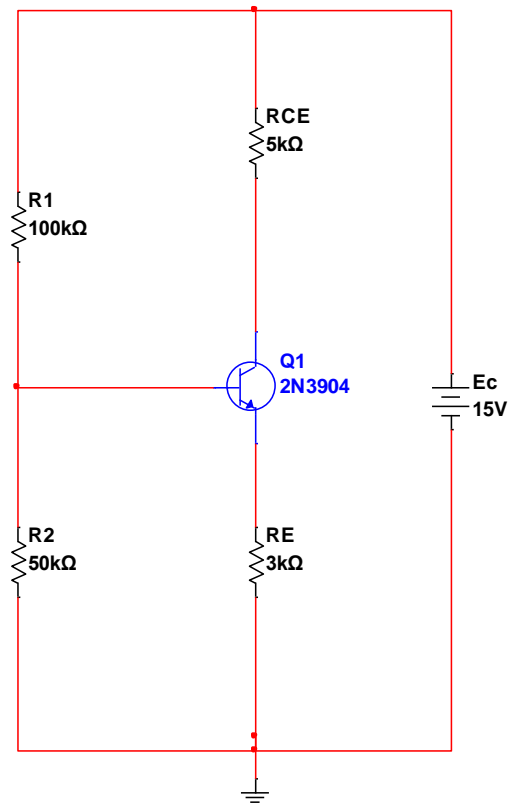
Vẽ đường tải

- $I_{C\text{max}} = E_C / R_C = 12 / 2.2k \approx 5.45 \text{ mA}$
- $U_{CE\text{max}} = E_C = 12 \text{ V}$



Hình 20 Đường tải tĩnh

4 Phân cực phân áp



Hình 21 Phân cực phân áp

Xác định điểm làm việc tĩnh Q

$$R_{th} = R_1 // R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$E_{th} = E_C \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 5V$$

Mạch vào : Tính được I_{BQ} I_{CQ}

$$E_{th} = I_B R_{th} + U_{BE} + I_E R_E$$

$$\text{Với } I_E = (\beta + 1) I_B$$

Và $U_{BE} = 0.7V$ (Si) và $0.3V$ (Ge)

$$\text{Thì } I_B = \frac{E_{th} - U_{BE}}{R_{th} + (\beta + 1) R_E}$$

$$\text{Do } I_C = \beta I_B$$

$$I_C = \beta \frac{E_{th} - U_{BE}}{R_{th} + (\beta + 1) R_E}$$

Mạch ra : Tìm U_{CEQ}

$$E_C = I_C R_C + U_{CE} + I_E R_E$$

Với $I_C \approx I_E$

$$\Rightarrow U_{CEQ} = E_C - I_{CQ} (R_E + R_C)$$

Grapher View		
File Edit View Graph Trace Cursor Legend Tools Help		
DC Operating Point DC Operating Point		
	Variable	Operating point value
1	V(b)	4.69101
2	V(c)	8.34807
3	V(e)	4.01897
4	I(Q1[IB])	9.26976 u
5	I(Q1[IC])	1.33039 m
6	I(Q1[IE])	-1.33966 m

Hình 22 Điểm làm việc tĩnh theo Multisim

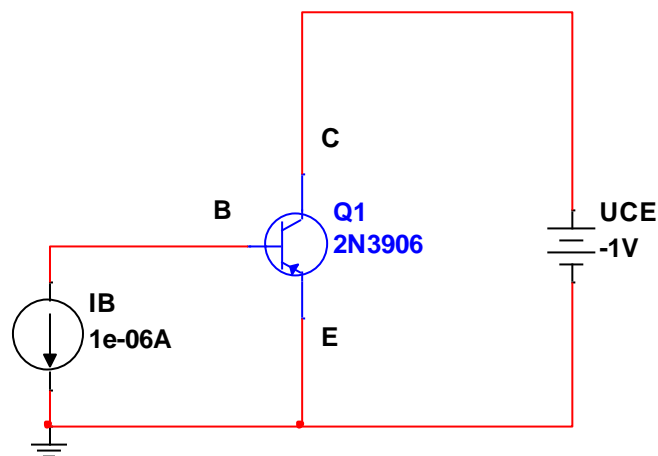
Theo kết quả mô phỏng

Ta có : $\beta = I_C / I_B = 1,33\text{mA} / 9,269\mu\text{A} = 143$

$$U_{BE} = V_e - V_b = 4,69 - 4,02 = 0,67\text{V}$$

9 Tìm β (h_{FE})

TRANSISTOR 2N3904



DC Operating Point Analysis

	Variable	Operating point value
1	V(c)	1.00000
2	I(Q1[IB])	999.99908 n
3	I(Q1[IC])	94.91900 u

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{94,9\mu A}{999nA} = 95$$

DC Operating Point Analysis

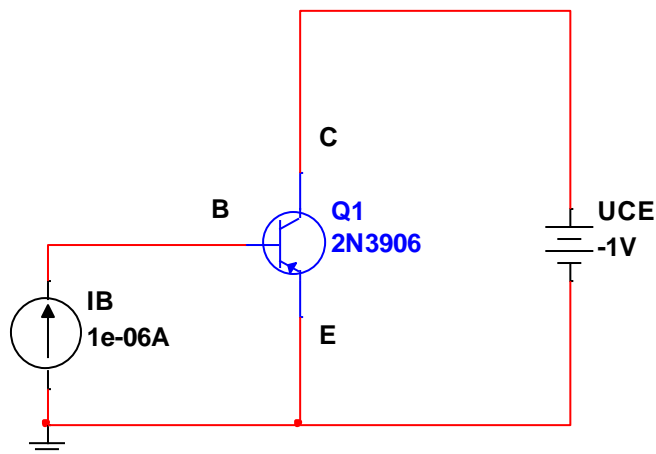
	Variable	Operating point value
1	V(c)	40.00000
2	I(Q1[IB])	1.00000 m
3	I(Q1[IC])	152.37491 m

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{152,3mA}{1mA} = 152,3$$

Datasheet

DC Current Gain		
at $V_{CE} = 1\text{ V}$, $I_C = 0.1\text{ mA}$	h_{FE}	40
at $V_{CE} = 1\text{ V}$, $I_C = 1\text{ mA}$	h_{FE}	70
at $V_{CE} = 1\text{ V}$, $I_C = 10\text{ mA}$	h_{FE}	100
at $V_{CE} = 1\text{ V}$, $I_C = 50\text{ mA}$	h_{FE}	60
at $V_{CE} = 1\text{ V}$, $I_C = 100\text{ mA}$	h_{FE}	30

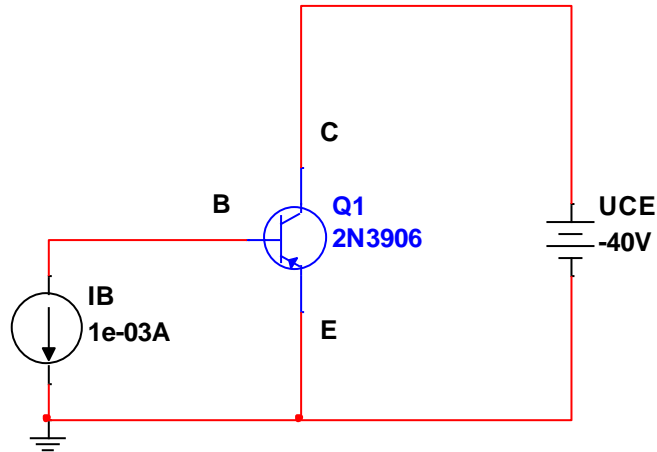
TRANSISTOR 2N3906



DC Operating Point Analysis

	Variable	Operating point value
1	V(c)	-1.00000
2	I(Q1[IB])	999.99909 n
3	I(Q1[IC])	183.55255 u

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{183,6\mu A}{1\mu A} = 183,6$$



DC Operating Point Analysis

	Variable	Operating point value
1	V(c)	-40.00000
2	I(Q1[IB])	1.00000 m
3	I(Q1[IC])	265.22254 m

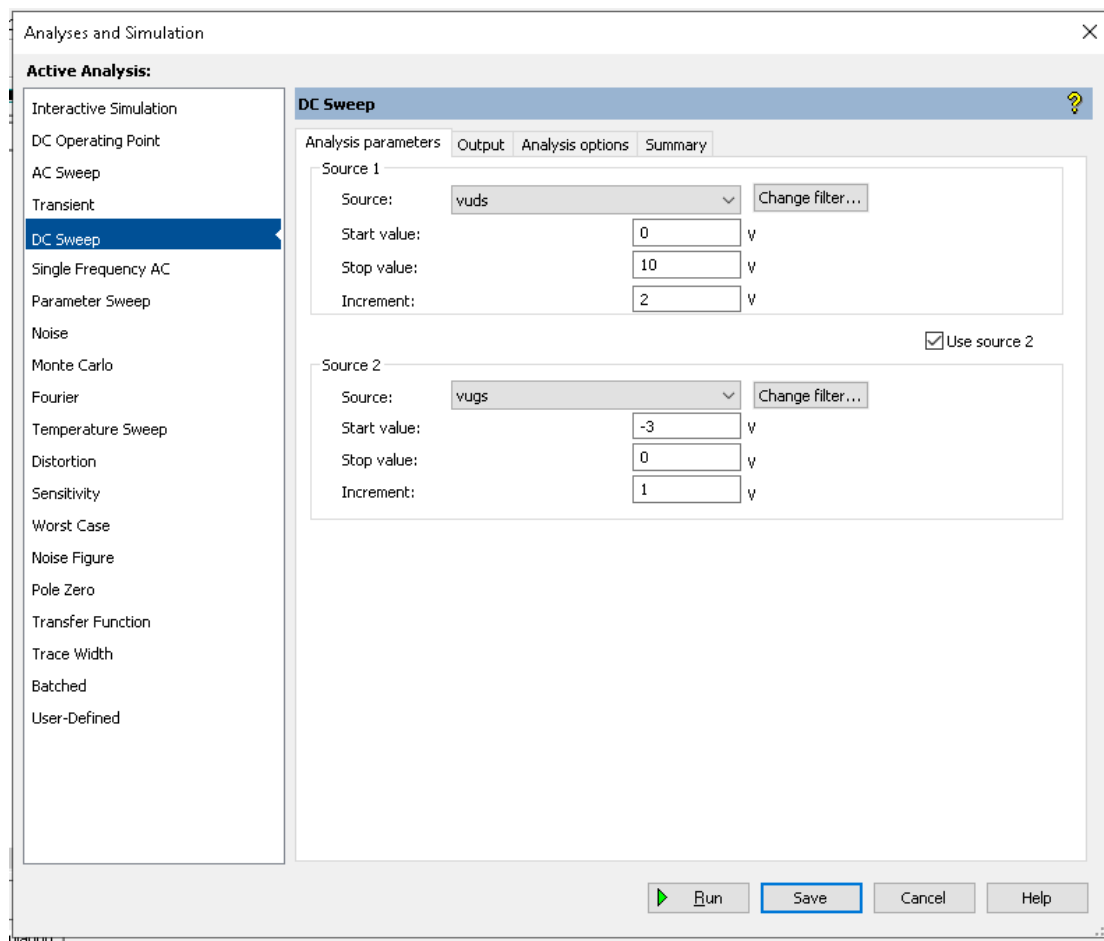
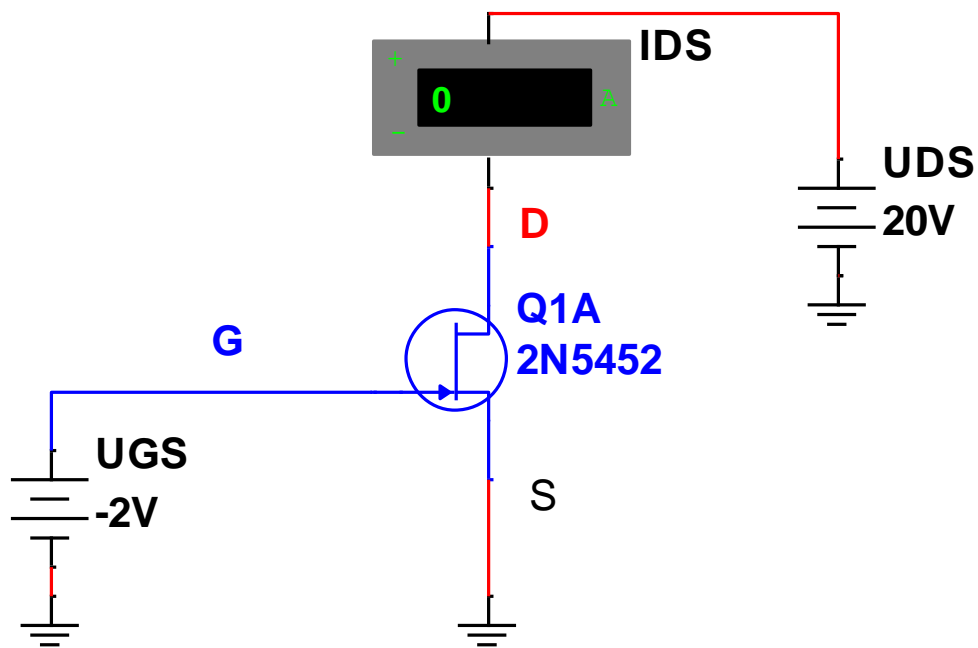
$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{265,2mA}{1mA} = 265,2$$

Datasheet

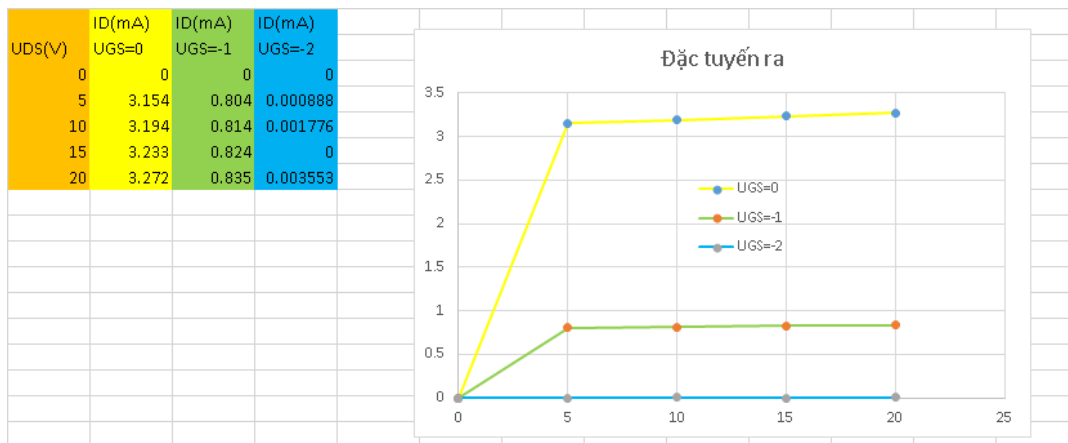
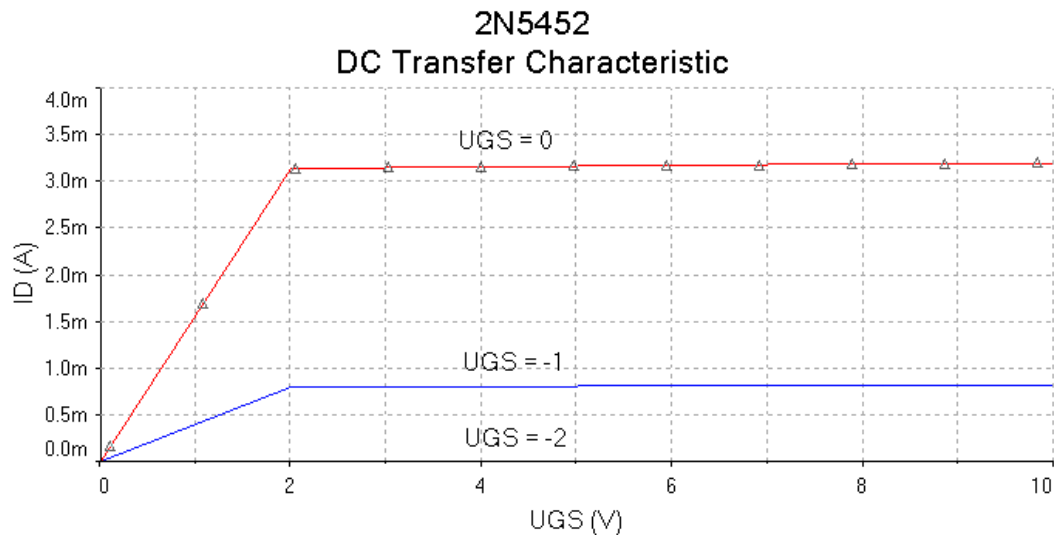
DC current transfer ratio	hFE	60	—	—	—	VCE=—1V, IC=—0.1mA
		80	—	—		VCE=—1V, IC=—1mA
		100	—	300		VCE=—1V, IC=—10mA
		60	—	—		VCE=—1V, IC=—50mA
		30	—	—		VCE=—1V, IC=—100mA

CHƯƠNG 3 FET

1 Đặc tuyến ra JFET



Sau đó chọn Run (ấn F5) : View ->Grapher

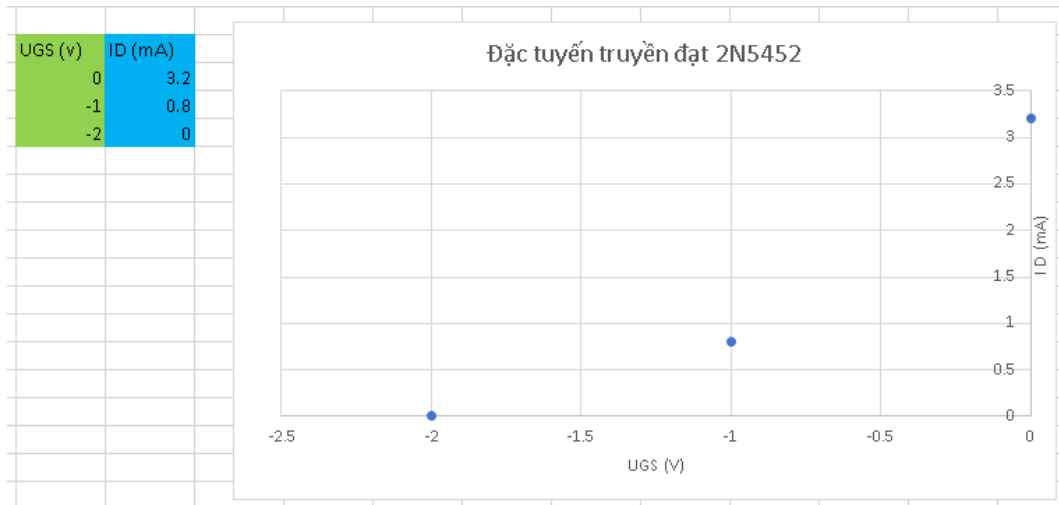


Từ kết quả đo của đặc tuyến ra có thể vẽ đặc tuyến truyền đạt. Chú ý rằng ở đây ta chọn vẽ ba điểm thay vì bốn điểm

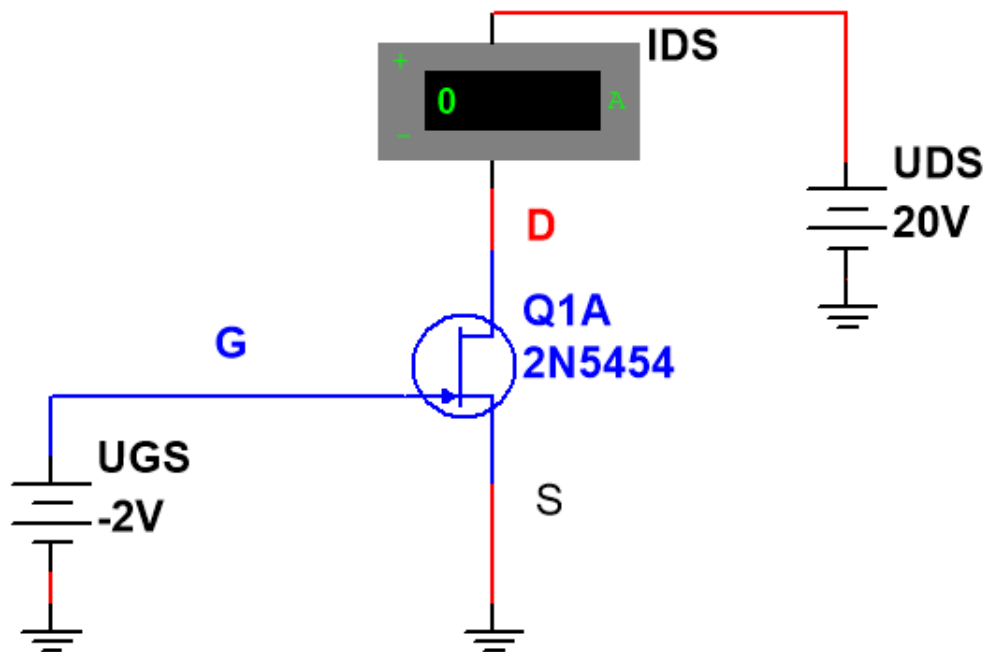
Điểm 1 : $U_{GS} = 0V$

Điểm 2 : $U_{GS} = U_p = -2V$

Điểm 3 : $U_{GS} = U_p/2 = -1V$

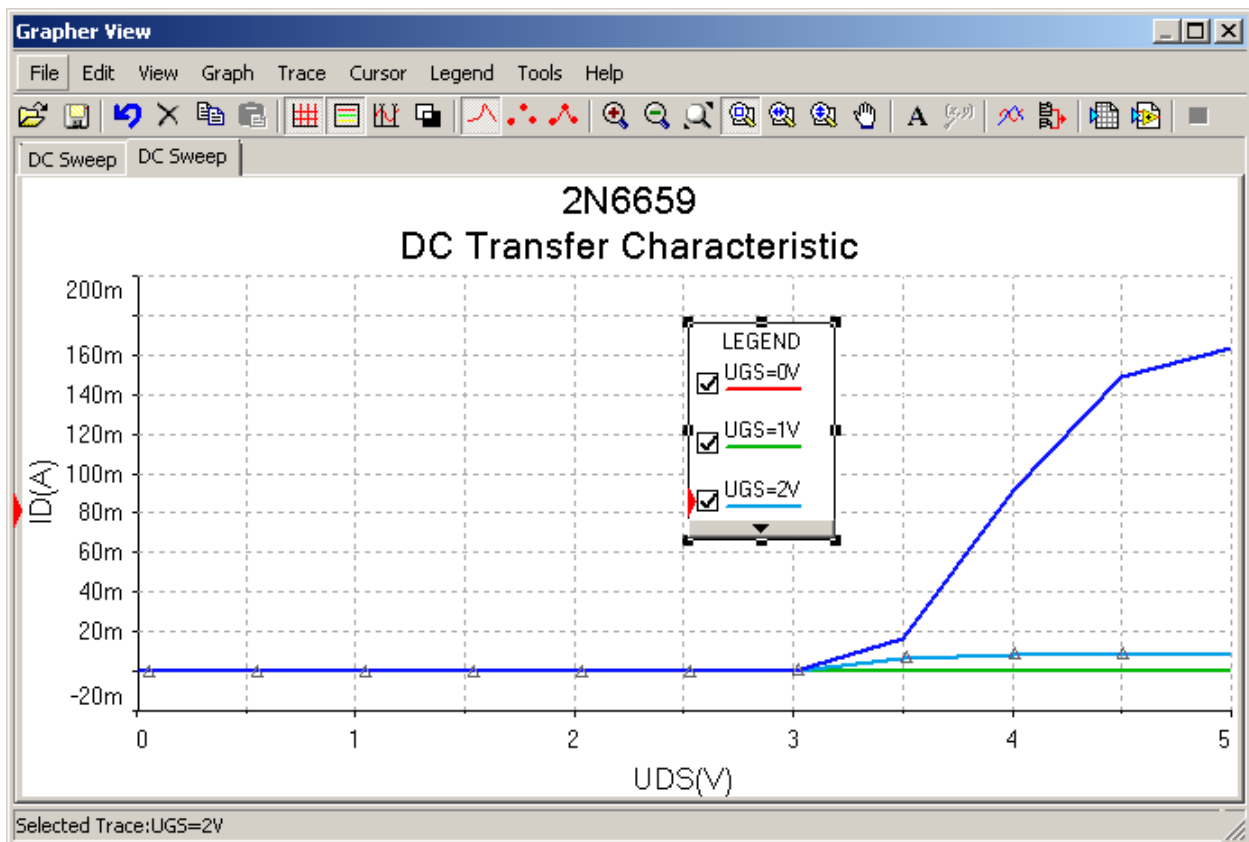
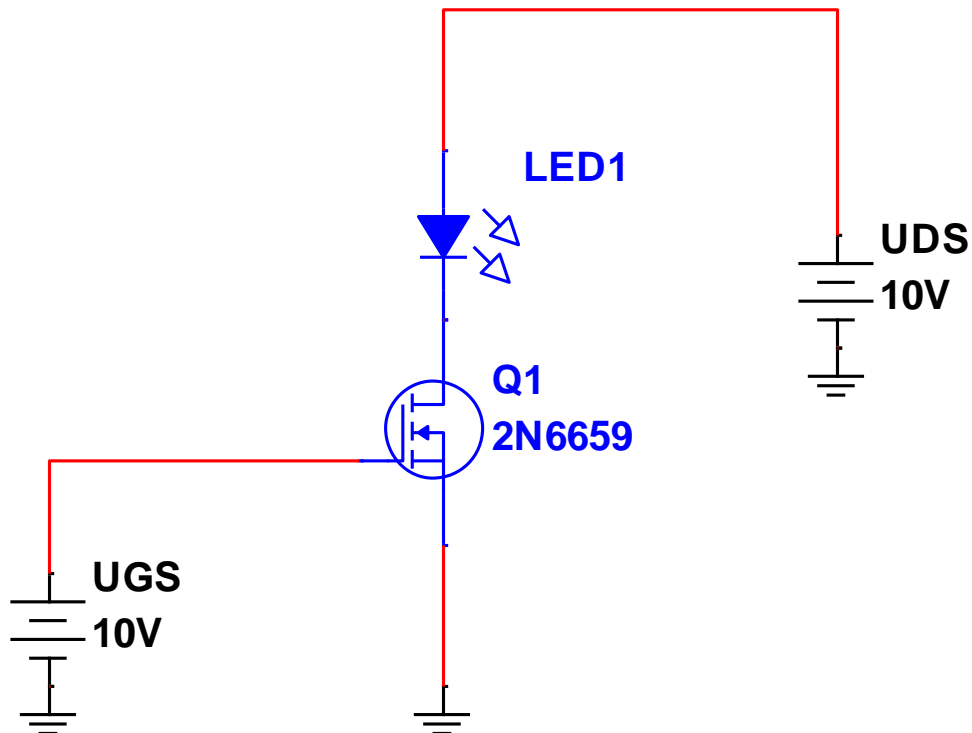


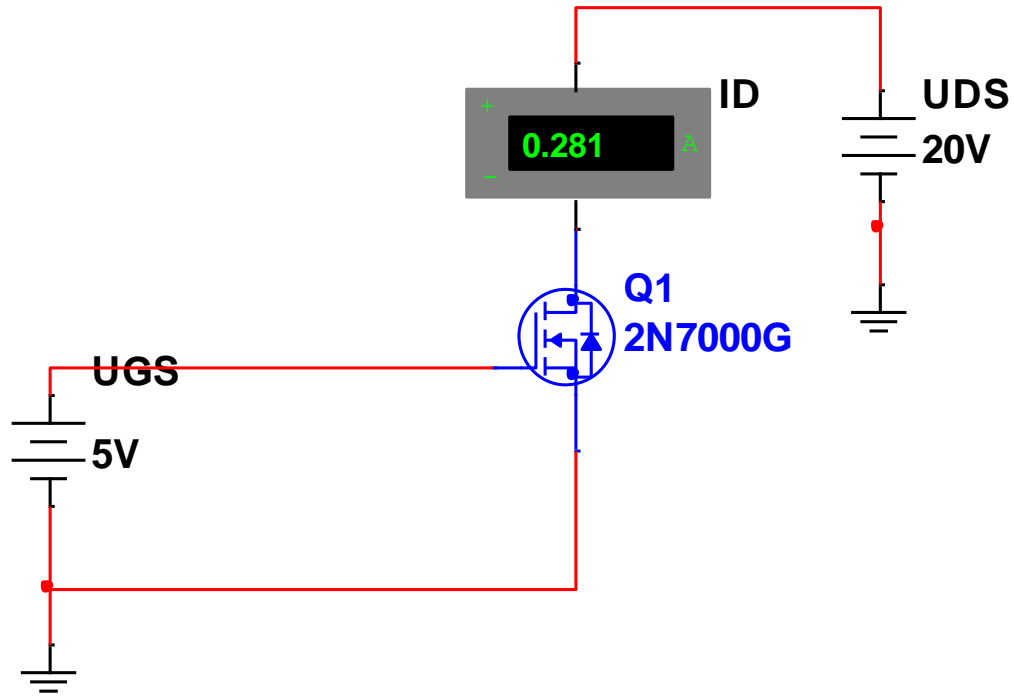
Có thể làm tương tự với 2N5454



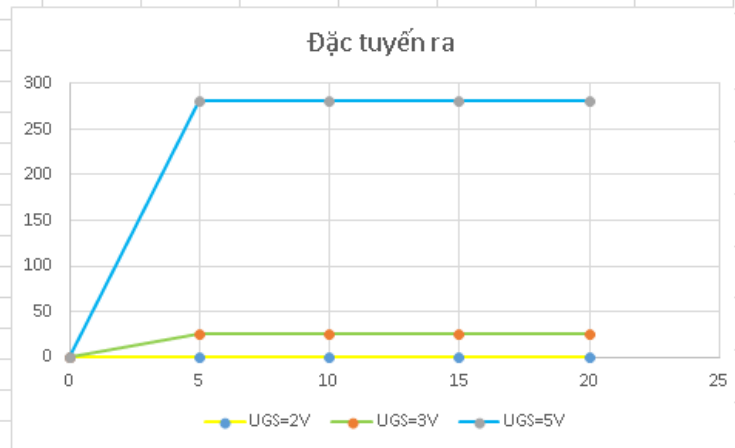
2 Đặc tuyến ra D MOSFET

3 Đặc tuyến ra của E MOSFET





$U_{DS}(V)$	$I_D(mA)$ $U_{GS}=2V$	$I_D(mA)$ $U_{GS}=3V$	$I_D(mA)$ $U_{GS}=5V$
0	0	0	0
5	0	25	281
10	0	25	281
15	0	25	281
20	0	25	281



CHƯƠNG 4 IC KĐTT

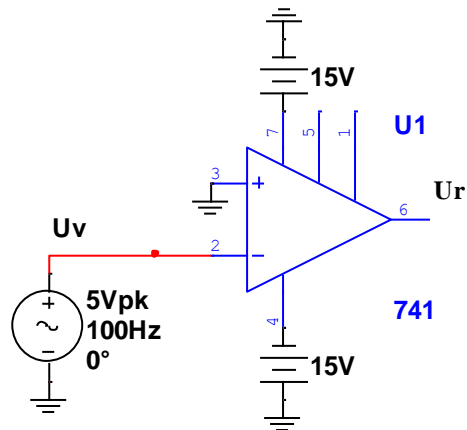
4.1 Mạch khuếch đại đảo : tham khảo slide bài giảng

4.2 Mạch khuếch đại không đảo : tham khảo slide bài giảng

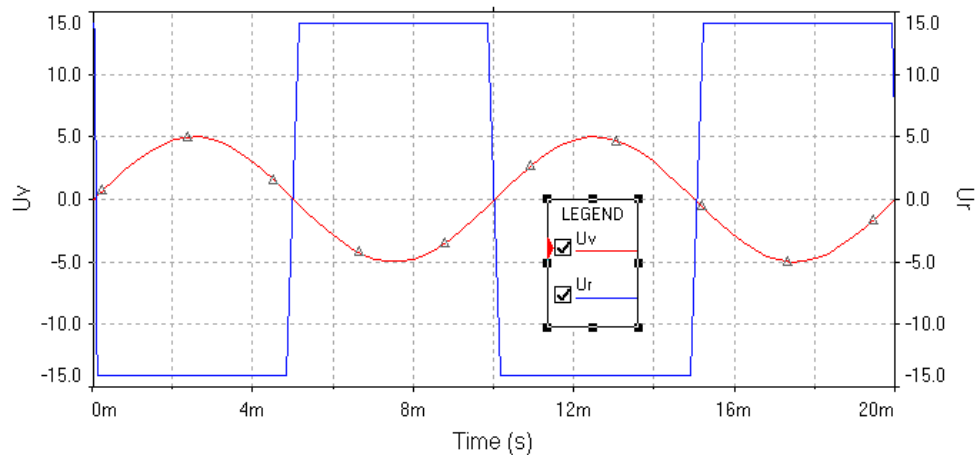
4.3 Mạch so sánh

Mạch so sánh đảo

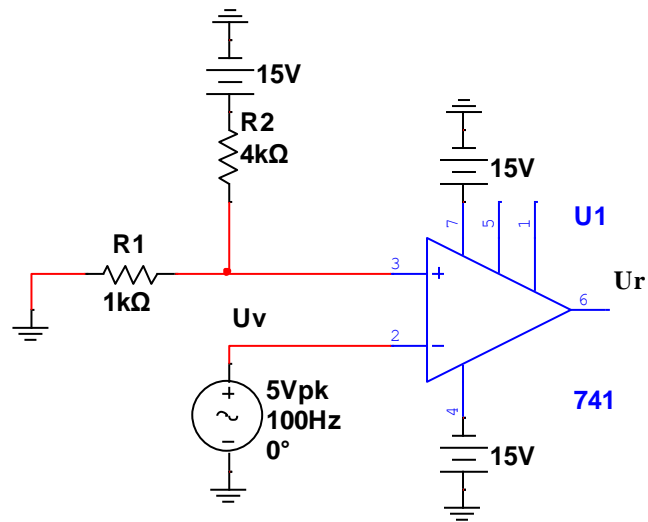
U_n bằng không



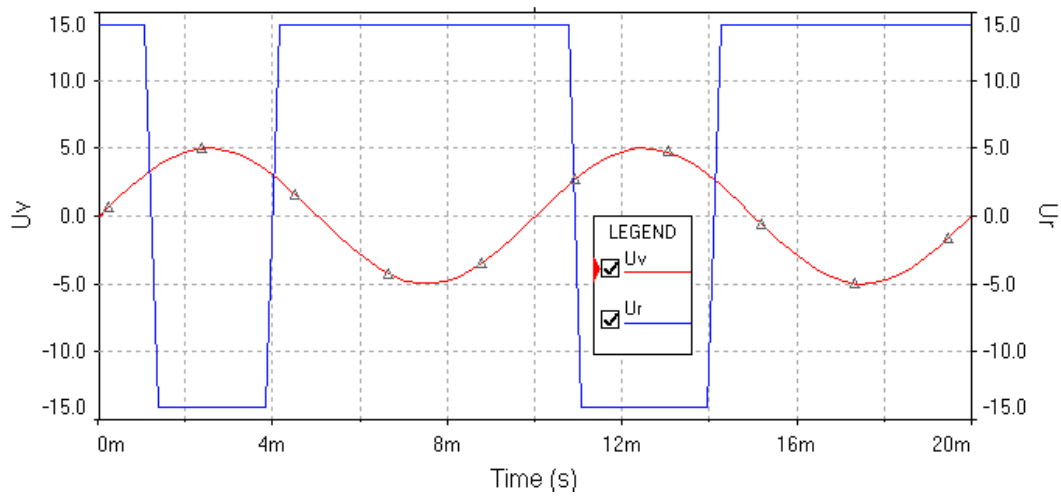
Hình Mạch so sánh đảo



Ung khác không

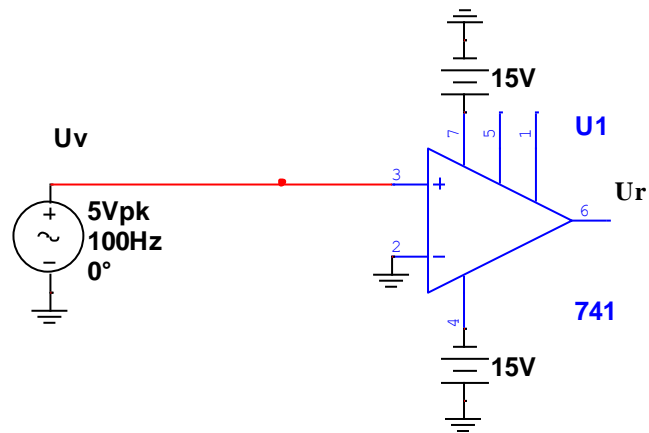


Hình Mạch so sánh đảo với Ung khác không

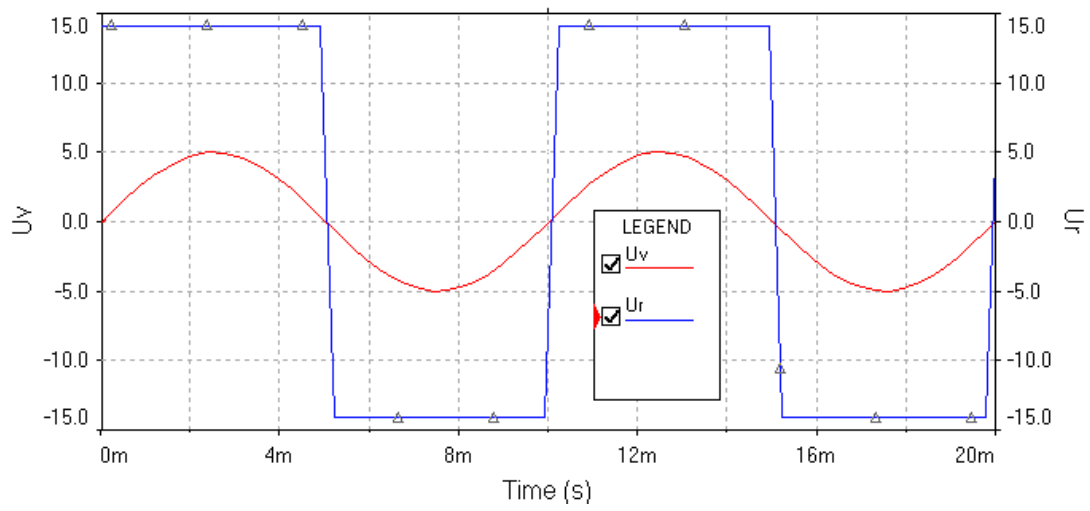


Hình Đồ thị Uv và Ur

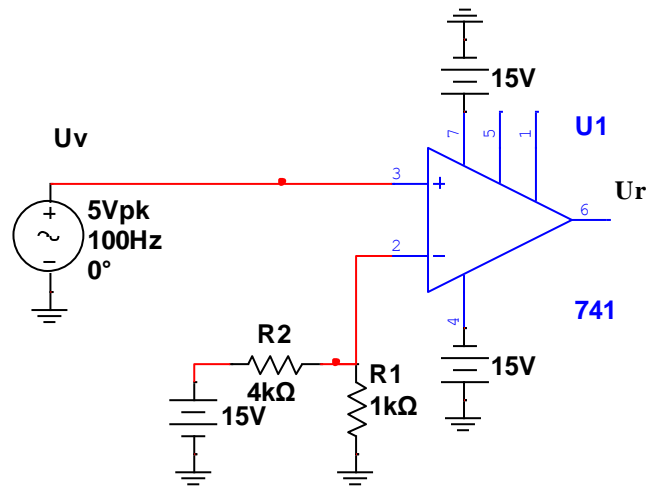
Mạch so sánh không đảo



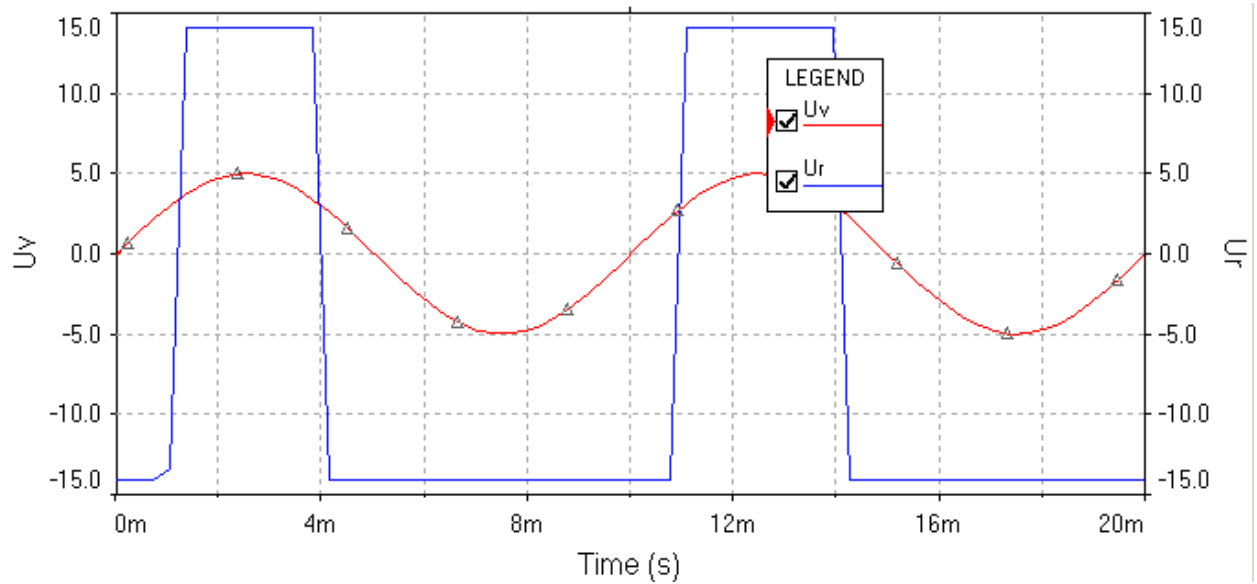
Hình Mạch so sánh không đảo
 $f=100\text{Hz}$



Hình Đồ thị U_v và U_r



Với Ung khác không

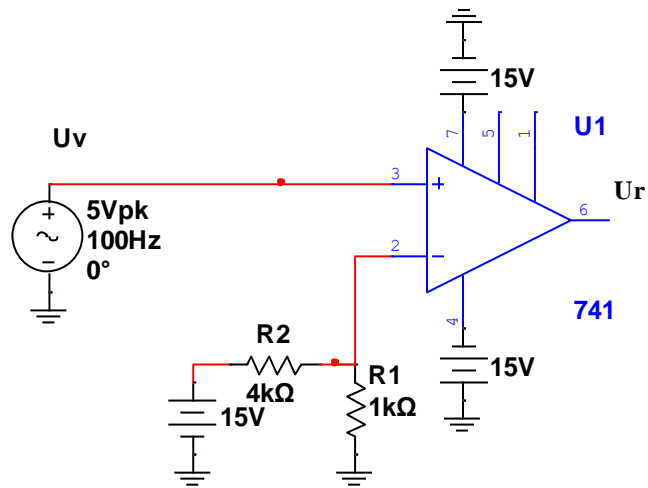


Hình Đồ thị U_v và U_r

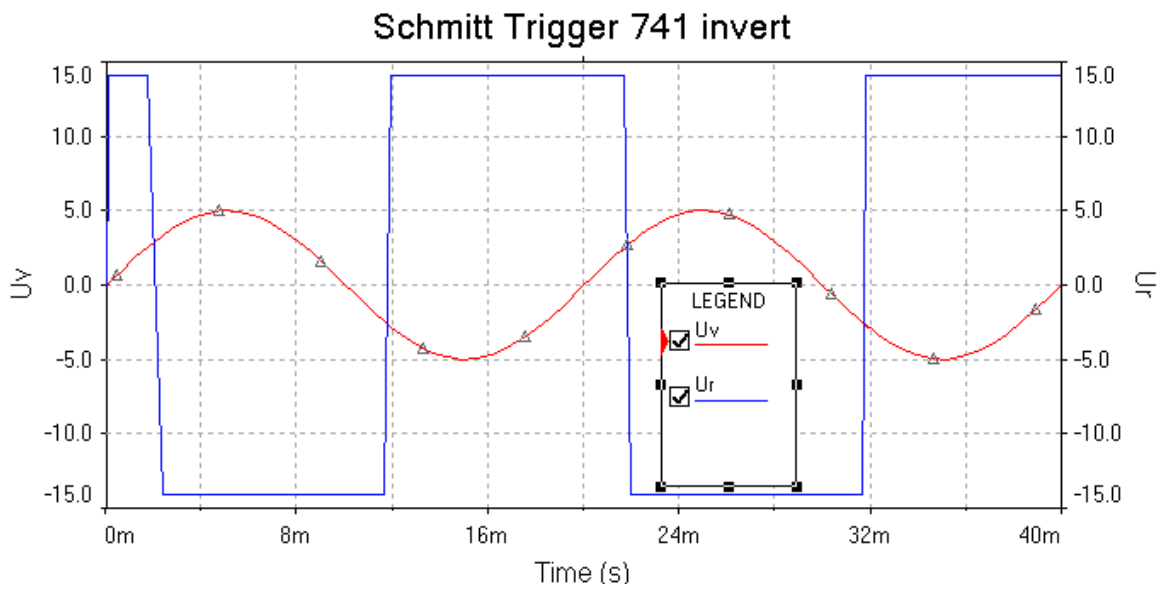
Mạch Schmitt Trigger

Mạch Schmitt Trigger đảo

Mạch Schmitt Trigger không đảo



Hình Schmitt Trigger



Hình Đồ thị tín hiệu vào U_v và U_r

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Bài giảng Cấu kiện điện tử-Ths Hoàng Quang Huy

Electronic Devices and Circuit Theory 9th Ed - Robert Boylestad, Louis Nashelsky

Electronic Devices-9th ed- Thomas Floyd

Digital Fundamentals 9th Ed – Thomas L. Floyd

NI Multisim Manual

<https://instrumentationlab.berkeley.edu/Lab4>