

ỦY BAN NHÂN DÂN THÀNH PHỐ ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG CAO ĐẲNG NGHỀ ĐÀ NẴNG



GIÁO TRÌNH

ĐIỆN TỬ CƠ BẢN

Nghề:

ĐIỆN TỬ CÔNG NGHIỆP

Trình độ:

CAO ĐẲNG

*(Ban hành kèm theo Quyết định số /QĐ-CĐN ngày tháng năm 2021 của
Hiệu trưởng Trường Cao đẳng nghề Đà Nẵng)*

Đà Nẵng, năm 2021

TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN

Tài liệu này thuộc loại sách giáo trình nên các nguồn thông tin có thể được phép dùng nguyên bản hoặc trích dùng cho các mục đích về đào tạo và tham khảo.

Mọi mục đích khác mang tính lệch lạc hoặc sử dụng với mục đích kinh doanh thiếu lành mạnh sẽ bị nghiêm cấm.

LỜI GIỚI THIỆU

Để thực hiện biên soạn giáo trình đào tạo nghề Điện tử công nghiệp ở trình độ Cao Đẳng Nghề, giáo trình Điện tử cơ bản là một trong những giáo trình mô đun đào tạo chuyên ngành được biên soạn theo nội dung chương trình khung được Trường Cao đẳng Nghề Đà Nẵng phê duyệt. Nội dung biên soạn ngắn gọn, dễ hiểu, tích hợp kiến thức và kỹ năng chặt chẽ với nhau, logic. Giáo trình giúp học sinh, sinh viên có được kiến thức chung rất hữu ích khi cần phải nghiên cứu chuyên ngành sâu hơn. Mặt khác giáo trình cũng đã đưa vào các nội dung mang tính thực tế giúp học sinh, sinh viên gần gũi, dễ nắm bắt vấn đề khi va chạm trong thực tế.

Trong quá trình biên soạn giáo trình, tác giả đã tham khảo rất nhiều các tài liệu của các tác giả khác nhau cả trong và ngoài nước.

Tác giả cũng xin chân thành gửi lời cảm ơn đến lãnh đạo nhà trường Trường Cao đẳng nghề Đà Nẵng đã tạo điều kiện giúp đỡ tác giả hoàn thành giáo trình này. Đặc biệt là sự giúp đỡ hỗ trợ nhiệt tình của tập thể giáo viên bộ môn Điện tử, khoa Điện – Điện tử của trường cũng như các bạn đồng nghiệp đã nhiệt tình đóng góp ý kiến trong quá trình biên soạn.

Đà Nẵng, năm 2021

Tham gia biên soạn

Chủ biên: ThS. Phạm Thanh Linh

MỤC LỤC

Tên Mô đun: ĐIỆN TỬ CƠ BẢN	7
Mã Mô đun: ĐCN04	7
BÀI 1: LINH KIỆN THỤ ĐỘNG	10
I. ĐIỆN TRỞ	10
1. Khái niệm	10
2. Kí hiệu – đơn vị.....	10
3. Phân loại	11
4. Cách mắc điện trở.....	14
5. Cách đọc trị số điện trở.....	15
6. Ứng dụng	19
II. TỤ ĐIỆN	20
1. Cấu tạo, kí hiệu.....	20
2. Điện dung, đơn vị	21
3. Cách mắc tụ điện	21
4. Phân loại	22
5. Cách xác định giá trị của tụ điện	25
6. Ứng dụng	28
III. CUỘN DÂY, MÁY BIẾN ÁP	28
1. Cuộn dây.....	28
2. Máy biến áp	32
CÂU HỎI ÔN TẬP VÀ BÀI TẬP	33
BÀI 2: CHẤT BÁN DẪN - DIODE BÁN DẪN	36
I. CHẤT BÁN DẪN	36
1. Đặc điểm chất bán dẫn	36
2. Sự dẫn điện trong chất bán dẫn	37
3. Mặt ghép tiếp xúc P-N.....	39
II. DIODE BÁN DẪN	40
1. Cấu tạo, kí hiệu.....	40
2. Nguyên lý hoạt động	40
3. Phân loại	43

4. Các mạch điện ứng dụng của diode.....	45
5. Trình tự thực hiện.....	49
CÂU HỎI ÔN TẬP VÀ BÀI TẬP	51
BÀI 3: TRANSISTOR LƯỜNG CỰC BJT	52
I. CẤU TẠO, KÍ HIỆU QUY ƯỚC, NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG	52
1. Cấu tạo, kí hiệu quy ước.....	52
2 Nguyên lý hoạt động.....	53
II. HỆ THỨC GIỮA CÁC DÒNG ĐIỆN VÀ CÁC CÁCH MẮC	54
1. Hệ thức giữa các dòng điện.....	54
2. Các cách mắc.....	54
III. PHÂN CỰC CHO TRANSISTOR	55
1. Phân cực bằng dòng cố định.....	55
2. Phân cực bằng mạch chia áp.....	57
3. Phân cực bằng điện áp hồi tiếp.....	58
4. Trình tự thực hiện.....	59
CÂU HỎI ÔN TẬP VÀ BÀI TẬP	61
BÀI 4: CÁC LINH KIỆN BÁN DẪN KHÁC	63
I. TRANSISTOR TRƯỜNG FET	63
1. Cấu tạo, kí hiệu quy ước, nguyên lý hoạt động.....	63
2. Phân cực cho transistor trường.....	67
II. THYRISTOR (SCR)	72
1. Cấu tạo, kí hiệu.....	72
2. Nguyên lý hoạt động.....	73
III. TRIAC VÀ DIAC	74
1. Triac.....	74
2. Diac.....	75
3. Trình tự thực hiện.....	76
CÂU HỎI ÔN TẬP VÀ BÀI TẬP	78
BÀI 5: MẠCH KHUẾCH ĐẠI TÍN HIỆU DÙNG BJT	80
I. MẠCH KHUẾCH ĐẠI EC	80
1. Sơ đồ mạch.....	80
2. Tác dụng linh kiện.....	81

3. Nguyên lý hoạt động	81
II. MẠCH KHUẾCH ĐẠI BC	81
1. Sơ đồ mạch	81
2. Tác dụng linh kiện	82
3. Nguyên lý hoạt động	82
III. MẠCH KHUẾCH ĐẠI CC	82
1. Sơ đồ mạch	82
2. Tác dụng linh kiện	83
3. Nguyên lý hoạt động	83
IV. MẠCH KHUẾCH ĐẠI DARLINGTON	84
1. Sơ đồ mạch	84
2. Tác dụng linh kiện	84
3. Nguyên lý hoạt động	84
4. Trình tự thực hiện	85
CÂU HỎI ÔN TẬP VÀ BÀI TẬP	87

GIÁO TRÌNH MÔ ĐUN

Tên Mô đun: ĐIỆN TỬ CƠ BẢN

Mã Mô đun: ĐCN04

Vị trí, tính chất, ý nghĩa và vai trò của mô đun:

- Vị trí:

+ Điện tử cơ bản là mô đun kiến thức kỹ thuật cơ sở bắt buộc.

+ Mô đun được sắp xếp sau khi học xong các môn học chung, trước các môn học/mô đun đào tạo chuyên môn nghề.

Mục tiêu của mô đun:

- Kiến thức

+ Trình bày được cấu tạo, nguyên lý hoạt động, kí hiệu và tên gọi chính xác các linh kiện điện tử, biết được các ứng dụng cơ bản của các linh kiện.

+ Hiểu rõ nguyên lý làm việc của các mạch điện tử cơ bản

- Kỹ năng

+ Đo kiểm tra được các linh kiện, lắp ráp và cân chỉnh các loại mạch điện tử cơ bản

- Năng lực tự chủ và trách nhiệm

+ Chăm thận, kiên trì.

+ Thu xếp nơi làm việc gọn gàng ngăn nắp

+ Đảm bảo an toàn cho người và thiết bị

Nội dung của mô đun:

Số TT	Tên các bài trong mô đun	Thời gian (giờ)			
		Tổng số	Lý thuyết	Thực hành, thí nghiệm, thảo luận, bài tập	Kiểm tra
1	Bài 1: Linh kiện thụ động	10	4	6	
2	Bài 2: Chất bán dẫn – Diode bán dẫn	10	4	6	
3	Bài 3: Transistor lưỡng cực BJT	20	9	10	1
4	Bài 4: Các linh kiện bán dẫn khác	15	5	8	2
5	Bài 5: Mạch khuếch đại tín hiệu dùng BJT	20	6	12	2
	Cộng	75	28	42	5

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT VÀ THUẬT NGỮ

STT	Viết tắt	Ý nghĩa
1	BJT	Bipolar Junction Transistor
2	JFET	Junction Field Effect Transistor
3	MOSFET	Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor
4	SCR	Silicon Controlled Rectifier
5	TRIAC	TRIode for Alternating Current
6	DIAC	DIode for Alternating Current
7	EC	Emitter Common
8	BC	Base Common
9	CC	Collector Common
10	IC	Integrated Circuit
11	LED	Light Emitting Diode
12	VOM	Volt Ohm Meter

BÀI 1: LINH KIỆN THỤ ĐỘNG

Mục tiêu:

Sau khi học xong chương này, học sinh sinh viên có khả năng:

- Phát biểu đúng chức năng các loại vật liệu dùng trong lĩnh vực điện tử dân dụng.

- Trình bày chính xác về cấu tạo, kí hiệu quy ước, quy luật mã màu, mã kí tự biểu diễn trị số của R, C, L.

- Có ý thức tự giác, tính kỷ luật cao, tinh thần trách nhiệm trong công việc. Chủ động và sáng tạo trong học tập

Nội dung chính:

- Điện trở
- Tụ điện
- Cuộn dây và máy biến áp

I. ĐIỆN TRỞ

1. Khái niệm

Điện trở là một linh kiện điện tử thụ động gồm 2 tiếp điểm kết nối, thường được dùng để hạn chế cường độ dòng điện chảy trong mạch, điều chỉnh mức độ tín hiệu, dùng để chia điện áp, kích hoạt các linh kiện điện tử chủ động như transistor, tiếp điểm cuối trong đường truyền điện và có trong rất nhiều ứng dụng khác. Điện trở công suất có thể tiêu tán một lượng lớn điện năng chuyển sang nhiệt năng có trong các bộ điều khiển động cơ, trong các hệ thống phân phối điện. Các điện trở thường có trở kháng cố định, ít bị thay đổi bởi nhiệt độ và điện áp hoạt động.

Điện trở là loại linh kiện phổ biến trong mạng lưới điện, các mạch điện tử, Điện trở thực tế có thể được cấu tạo từ nhiều thành phần riêng rẽ và có nhiều hình dạng khác nhau, ngoài ra điện trở còn có thể tích hợp trong các vi mạch IC.

Điện trở được phân loại dựa trên khả năng chống chịu, trở kháng, v.v... tất cả đều được các nhà sản xuất ký hiệu trên nó.

2. Kí hiệu – đơn vị



Hình 1.1: Kí hiệu điện trở

Ohm (ký hiệu: Ω) là đơn vị trong hệ SI của điện trở, được đặt theo tên Georg Simon Ohm. Một ohm tương đương với vôn/ampere. Các điện trở có nhiều giá trị khác nhau gồm milliohm ($1\text{ m}\Omega = 10^{-3}\ \Omega$), kilohm ($1\text{ k}\Omega = 10^3\ \Omega$), và megaohm ($1\text{ M}\Omega = 10^6\ \Omega$).

3. Phân loại

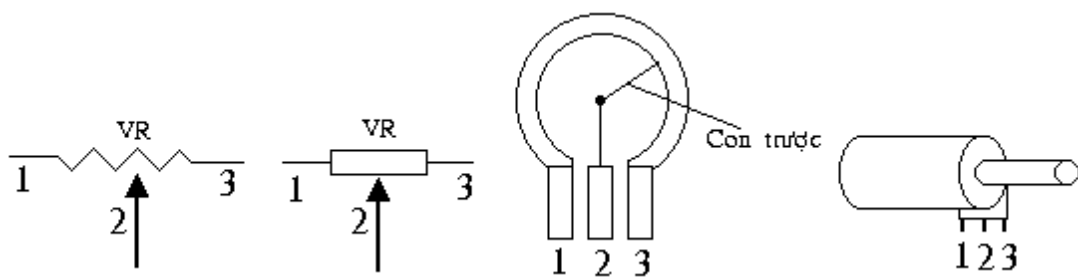
3.1. Phân loại theo cấu tạo

- Điện trở than dùng bột than ép lại dạng thanh có trị số điện trở từ vài ôm đến vài chục $\text{M}\Omega$, công suất từ $1/8\text{W}$ đến vài W .
- Điện trở màng kim loại dùng chất Nicken - Crôm có trị số ổn định hơn điện trở than, giá thành cao. Công suất điện trở thường là $1/2\text{W}$.
- Điện trở oxit kim loại dùng chất oxit - thiếc chịu được nhiệt độ cao và độ ẩm cao. Công suất điện trở thường là $1/2\text{W}$.
- Điện trở dây quấn dùng các loại hợp kim để chế tạo các loại điện trở cần trị số nhỏ hay cần dòng điện chịu đựng cao. Công suất điện trở dây quấn từ vài W đến vài chục W .

3.2. Phân loại theo công dụng

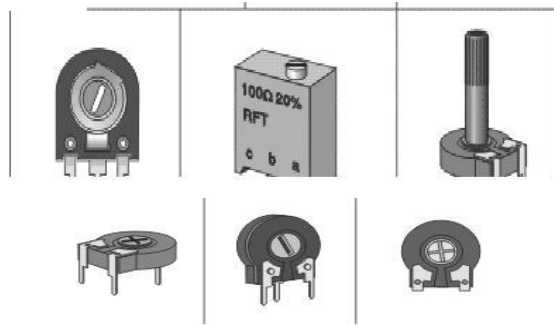
❖ Biến trở: (Variable Resistor, viết tắt là VR)

Biến trở còn được gọi là chiết áp được cấu tạo gồm 1 điện trở màng than hay dây quấn có dạng hình cung góc quay 270° . Có một trục xoay ở giữa nối với một con trượt làm bằng than (cho biến trở dây quấn) hay làm bằng kim loại cho biến trở than, con trượt sẽ ép lên mặt điện trở tạo kiểu nối tiếp xúc làm thay đổi điện trở khi xoay trục.



Hình 1.2. Ký hiệu và hình dáng của biến trở

Một số chiết áp trong thực tế:



Biến trở có 2 loại:

- Biến trở dây quấn là loại biến trở tuyến tính có tỉ số điện trở tỉ lệ với góc xoay. Các trị số của biến trở dây quấn là: 10Ω - 22Ω - 470Ω - 100Ω - 220Ω - 470Ω - $1k\Omega$ - $2,2k\Omega$ - $4,7k\Omega$ - $10k\Omega$ - $22k\Omega$ - $47k\Omega$

- Biến trở than có loại biến trở tuyến tính, có loại biến trở trị số thay đổi theo hàm lôgarít. Các trị số của biến trở than là: 100Ω - 220Ω - 470Ω - $1k\Omega$ - $2,2k\Omega$ - $4,7k\Omega$ - $10k\Omega$ - $20k\Omega$ - $47k\Omega$ - $100k\Omega$ - $200k\Omega$ - $470k\Omega$ - $1M\Omega$ - $2,2M\Omega$

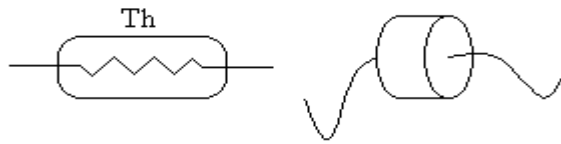
Ứng dụng: dùng trong máy ampli, Cassette, Radio...

❖ Nhiệt trở: (Thermistor - Th): Là loại điện trở có trị số thay đổi theo nhiệt độ. Có 2 loại nhiệt trở:

- Nhiệt trở có hệ số nhiệt âm là loại nhiệt trở khi nhận nhiệt độ cao hơn thì trị số điện trở giảm xuống và ngược lại.

- Nhiệt trở có trị số nhiệt dương là loại nhiệt trở khi nhận nhiệt độ cao hơn thì trị số điện trở tăng lên

Ứng dụng: Nhiệt trở thường dùng để ổn định nhiệt cho các tầng khuếch đại công suất hay làm linh kiện cảm biến trong các hệ thống tự động điều khiển theo nhiệt độ.



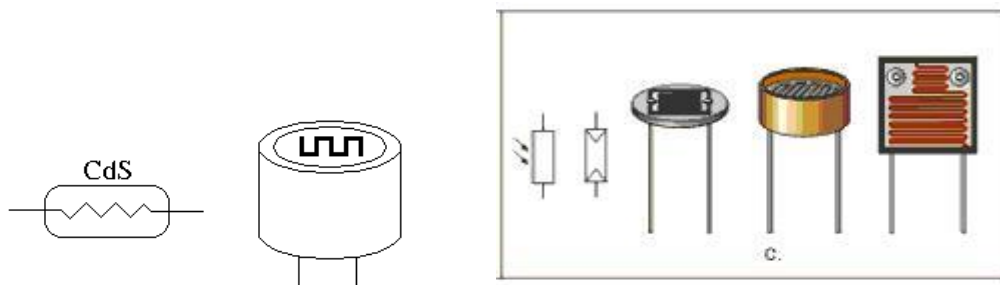
Hình 1.3. Ký hiệu và hình dáng của nhiệt trở

❖ Quang trở: (Photo Resistor)

Quang trở thường được chế tạo từ chất sunfua catmi nên trên ký hiệu thường ghi chữ CdS. Quang trở có trị số điện trở lớn hay nhỏ tùy thuộc cường độ chiếu sáng vào nó. Độ chiếu sáng càng mạnh thì điện trở có trị số càng nhỏ và ngược lại.

Điện trở khi bị che tối khoảng vài trăm kΩ đến vài MΩ. Điện trở khi được chiếu sáng khoảng vài trăm Ω đến vài kΩ.

Ứng dụng: Quang trở thường dùng trong các mạch tự động điều khiển bằng ánh sáng, báo động, tự động mở đèn khi trời tối...

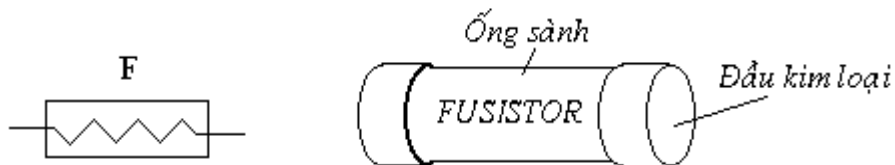


Hình 1.4. Ký hiệu và hình dáng của quang trở

❖ Điện trở cầu chì: (Fusistor)

Điện trở cầu chì có tác dụng bảo vệ quá tải như các cầu chì của hệ thống điện nhà nhưng nó được dùng trong các mạch điện tử để bảo vệ cho mạch nguồn hay các mạch có dòng tải lớn như các transisto công suất. Khi có dòng điện qua lớn hơn trị số cho phép thì điện trở sẽ bị nóng và bị đứt.

Điện trở cầu chì có trị số rất nhỏ khoảng vài ôm.



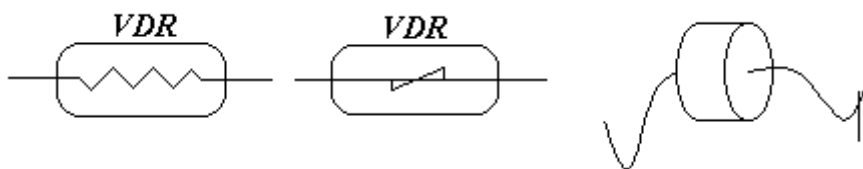
Hình 1.5. Ký hiệu và hình dáng của điện trở cầu chì

❖ Điện trở tùy áp: (Voltage Dependent Resistor - VDR)

Là loại điện trở có trị số thay đổi theo điện áp đặt vào hai cực. Khi điện áp giữa hai cực ở dưới trị số quy định thì VDR có trị số điện trở rất lớn coi như hở mạch. Khi

điện áp giữa hai cực tăng cao quá mức quy định thì VDR có trị số giảm xuống còn rất thấp coi như ngắn mạch.

Điện trở tùy áp có hình dáng giống như nhiệt trở nhưng nặng như kim loại.



VDR thường được mắc song song các cuộn dây có hệ số tự cảm lớn để dập tắt các điện áp cảm ứng quá cao khi cuộn dây bị mất nguồn điện qua đột ngột, tránh làm hư các linh kiện khác trong mạch.

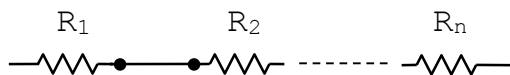
4. Cách mắc điện trở

4.1. Điện trở mắc nối tiếp

Khi có hai hay nhiều điện trở R_1, R_2, \dots, R_n mắc nối tiếp với nhau thì tổng điện trở R (điện trở tương đương) của chúng là tổng các điện trở thành phần.

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (1.1)$$

Như vậy, việc mắc nối tiếp các điện trở luôn làm tăng tổng điện trở.



Ví dụ: Tính tổng điện trở khi các điện trở $R_1 = 220\Omega$, $R_2 = 470\Omega$, và $R_3 = 1.2k\Omega$ mắc nối tiếp với nhau.

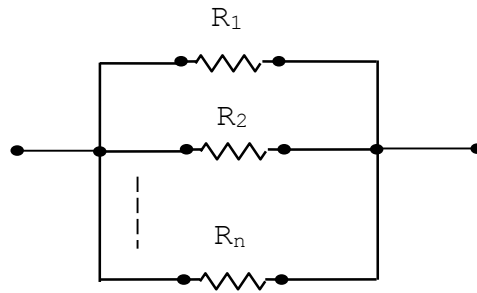
Ta có tổng điện trở lúc này là: $R = R_1 + R_2 + R_3$

$$= 220 + 470 + 1200 = 1890\Omega = 1.89k\Omega.$$

4.2. Điện trở mắc song song

Khi hai hay nhiều điện trở R_1, R_2, \dots, R_n mắc song song với nhau thì tổng điện trở R được tính bằng công thức:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (1.2)$$



Ví dụ: Tính tổng điện trở khi các điện trở $R_1 = 47\Omega$, $R_2 = 15\Omega$, và $R_3 = 22\Omega$ mắc song song với nhau.

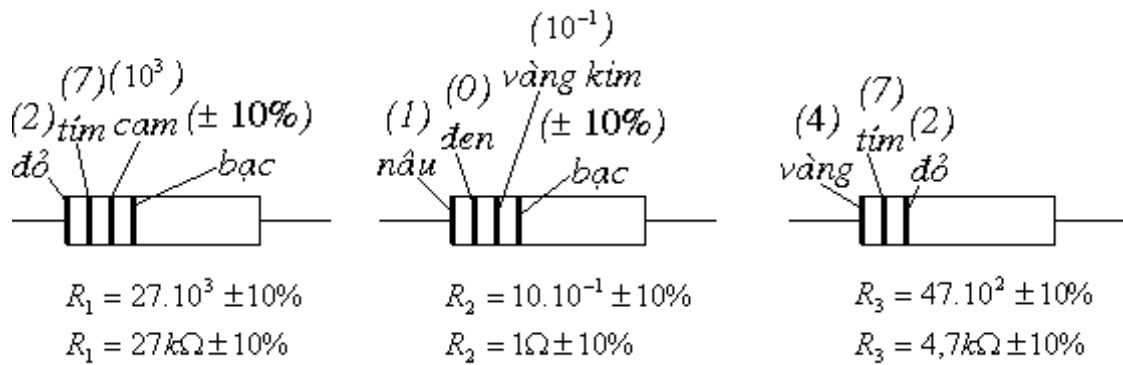
5. Cách đọc trị số điện trở

5.1. Bảng quy ước về màu sắc của điện trở

Màu	Vòng số 1 (số thứ nhất)	Vòng số 2 (số thứ hai)	Vòng số 3 (số bội)	Vòng số 4 (sai số)
Đen	0	0	$\times 10^0$	
Nâu	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$
Đỏ	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
Cam	3	3	$\times 10^3$	
Vàng	4	4	$\times 10^4$	
Xanh lá	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$
Xanh dương	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0.25\%$
Tím	7	7	$\times 10^7$	
Xám	8	8	$\times 10^8$	
Trắng	9	9	$\times 10^9$	
Vàng kim			$\times 10^{-1}$	$\pm 5\%$
Bạc			$\times 10^{-2}$	$\pm 10\%$

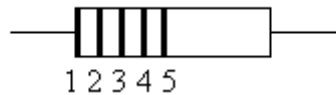
Trường hợp đặc biệt, nếu không có vòng số 4 (loại điện trở có 3 vòng màu) thì sai số là $\pm 20\%$.

5.2. Các trị số điện trở tiêu chuẩn



Người ta không thể chế tạo điện trở có đủ các trị số từ nhỏ nhất đến lớn nhất mà chỉ chế tạo các điện trở có trị số theo tiêu chuẩn với vòng màu số một và vòng màu số hai có giá trị như sau:

Hiện nay, người ta có thể chế tạo các loại điện trở than có 5 vòng màu, là loại điện trở có loại chính xác cao hơn, lúc đó các vòng màu có ý nghĩa như sau:



- Vòng số 1: Số thứ nhất
- Vòng số 2: Số thứ hai
- Vòng số 3: Số thứ ba
- Vòng số 4: Số bội
- Vòng số 5: Sai số

Đối với các điện trở nhỏ hơn 10Ω :

Giá trị của điện trở = vạch 1 + vạch 2 chia cho 10 mũ vạch 3.

Vạch 3: đen= 0 ; vàng = 1; bạc = 2

Hiện nay người ta còn sử dụng quy luật đánh số trực tiếp trên thân điện trở tính theo Ω kèm theo chữ cái biểu thị bội số của Ω (R = 1, K = 103, M = 106), chữ cái thứ hai biểu thị dung sai: M = 20%, K = 10%, J = 5%, H = 2.5%, G = 2%, và F = 1%. Ví dụ trên thân điện trở ghi 8K2J tương ứng với điện trở có giá trị $8 \cdot 10^3 + 0.2 \cdot 10^3 \Omega = 8.2 k\Omega$ với dung sai 5%.

Giá trị của điện trở được các nhà sản xuất chế tạo theo bảng phân nhóm điện trở (1.1): dưới 10Ω ; 10-820 Ω ; k Ω và M Ω .

Bảng 1.1:

< 10 Ω	Ω	kΩ		MΩ
.33	10	1	100	0.27
0.47	12	1.2	120	0.33
1	15	1.5	150	0.39
1.2	18	1.8	180	0.47
2.2	22	2.2	220	0.56
2.7	27	2.7		0.68
3.3	33	3.3		0.82
3.9	39	3.9		1.0
4.7	47	4.7		1.2
5.6	56	5.6		1.5
6.8	68	6.8		1.8
7.5	75	7.5		2.2
8.1	81	8.1		2.7
	100	10		3.3
	120	12		3.9
	150	15		4.7
	180	18		5.6
	220	22		6.5
	270	27		8.2
	330	33		10.0
	390	39		12.0
	470	47		15.0
	560	56		18.0
	680	68		22.0
	750	75		
	810	81		

Khi tính toán lý thuyết để thiết kế mạch điện, giá trị điện trở nhận được thường khác với thang giá trị trên, lúc đó cần chọn giá trị trong bảng gần nhất với giá trị đã tính.

5.3. Trình tự thực hiện

5.3.1. Các bước và cách thực hiện công việc

5.3.3.1. Thiết bị, dụng cụ, vật tư

(Tính cho một ca thực hành gồm 20HSSV)

TT	Loại trang thiết bị	Số lượng
1	Đồng hồ vạn năng VOM	10 cái
2	Điện trở các loại	100 con

3	Mỗi sinh viên chuẩn bị tài liệu thực hành, testboard lắp mạch, dây điện	10 bộ
4	Xưởng thực hành	1

5.3.3.2. Quy trình thực hiện

5.3.3.2.1. Quy trình tổng quát

TT	Tên các bước công việc	Thiết bị, dụng cụ, vật tư	Tiêu chuẩn thực hiện công việc	Lỗi thường gặp, cách khắc phục
1	Thí nghiệm	Testboard, điện trở các loại, dây điện, đồng hồ vạn năng VOM	Thực hiện đúng qui trình cụ thể được mô tả ở mục 5.3.3.2.2.1.	-Thí nghiệm sai thao tác - Thao tác với đồng hồ VOM chưa chính xác
2	Ghi kết quả thí nghiệm	Tài liệu thực hành, bút	Ghi chép đúng chính xác kết quả thí nghiệm	- Ghi chép kết quả sai * Cần nghiêm túc thực hiện đúng qui trình, qui định của GVHD
3	Nộp tài liệu thu thập, ghi chép được cho GVHD	Giấy, bút, tài liệu ghi chép được.	Đảm bảo đầy đủ khối lượng	
4	Thực hiện vệ sinh công nghiệp	- Testboard, điện trở, đồng hồ VOM, dây điện - Giẻ lau sạch	- Sạch sẽ	

5.3.3.2.2. Quy trình cụ thể

5.3.3.2.2.1. Thí nghiệm đo điện trở

a. Kiểm tra các thiết bị và linh kiện

b. Tiến hành thí nghiệm: Mỗi nhóm 2 sinh viên, trong đó một sinh viên thực hiện phép đo, một sinh viên đọc kết quả và ghi kết quả đo.

c. Ghi kết quả thí nghiệm

d. Đọc giá trị điện trở và ghi kết quả đọc

5.3.3.2.2.2. Nộp tài liệu thu thập, ghi chép được cho giáo viên hướng dẫn

5.3.3.2.2.3. Thực hiện vệ sinh công nghiệp

5.3.2. Bài tập thực hành

5.3.2.1. Chuẩn bị thiết bị, dụng cụ, vật tư

5.3.2.2. Chia nhóm

Mỗi nhóm 2 sinh viên thực hành

5.3.2.3. Thực hiện quy trình tổng quát và cụ thể

5.3.3. Yêu cầu về đánh giá kết quả học tập

Mục tiêu	Nội dung	Điểm
Kiến thức	- Trình bày được về cấu tạo, kí hiệu quy ước, giá trị của điện trở - Trình bày được ứng dụng của điện trở	4
Kỹ năng	- Thực hiện đúng thao tác thí nghiệm. - Kỹ năng làm việc theo nhóm. - Kỹ năng ghi chép và tính toán.	4
Thái độ	- Chăm thận, lắng nghe, ghi chép, tử tôn, thực hiện tốt vệ sinh công nghiệp	2
Tổng		10

6. Ứng dụng

Trong sinh hoạt, điện trở được dùng để chế tạo các loại dụng cụ điện như: bàn ủi, bếp điện, bóng đèn, ...

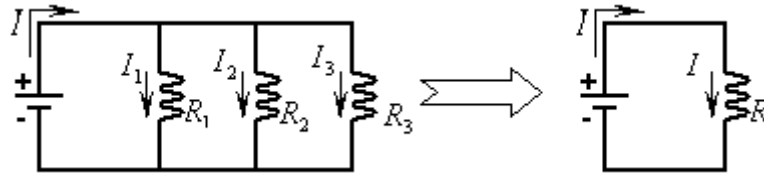
Trong công nghiệp, điện trở được dùng để chế tạo các thiết bị sấy, sưởi, giới hạn dòng điện khởi động, dòng mở máy của động cơ, ...

Trong lĩnh vực điện tử, điện trở được dùng để giới hạn dòng điện hay tạo sự giảm áp, ...

Ví dụ 1: Mạch giới hạn dòng điện nạp cho Pin nicken - cadmi, hình 1.6.

Dòng nạp định mức là:

$$I = \frac{Q}{10h} = \frac{4,5Ah}{10h} = 0,45A$$



Hình 1.6. Ứng dụng của điện trở

Trị số điện trở R phải được mắc nối tiếp để giới hạn dòng nạp là:

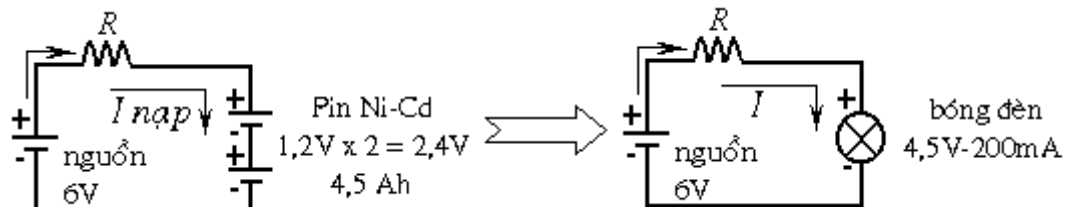
$$R = \frac{5V - 2,4V}{0,45A} = 8\Omega$$

Ví dụ 2: Mạch giảm áp cho tải là bóng đèn. Điện trở dùng để giảm áp cho nguồn từ 6V xuống còn 4,5V cho tải nên điện áp trên điện trở là:

$$V_R = 6V - 4,5V = 1,5V$$

Trị số điện trở là:

$$R = \frac{1,5V}{200mA} = 7,5\Omega$$



II. TỤ ĐIỆN

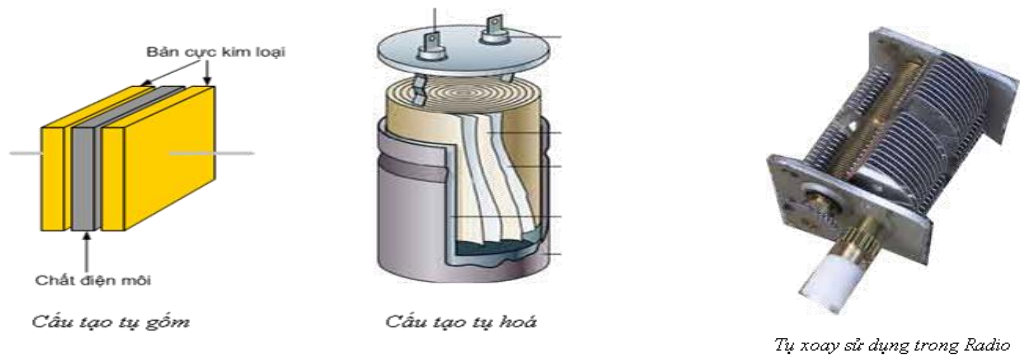
1. Cấu tạo, kí hiệu

1.1. Cấu tạo

Tụ điện có 2 bản cực làm bằng chất dẫn điện đặt song song nhau, ở giữa là một lớp cách điện gọi là điện môi, chất cách điện thông dụng làm điện môi cho tụ điện là: giấy, dầu, mica, gốm, không khí, ...

Chất cách điện được lấy làm tên gọi cho tụ điện.

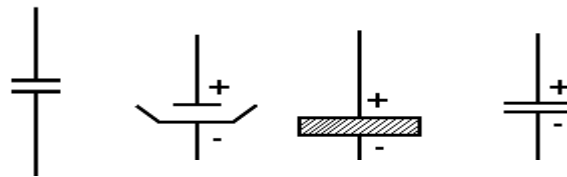
Ví dụ: tụ điện giấy, tụ điện dầu, tụ điện gốm, tụ điện không khí,...



Hình 1.7. Hình dáng của tụ điện

2.1.2. Ký hiệu

Tụ điện là linh kiện thụ động trong mạch điện tử, tụ điện có chữ viết tắt là C (Capacitor).



Hình 1.8: Ký hiệu của tụ điện

2. Điện dung, đơn vị

Nếu đặt vào hai bản cực dẫn điện của tụ điện một điện áp thì các bản cực này sẽ tích các điện tích trái dấu. Khoảng không gian này sẽ tích lũy một điện trường, điện trường này phụ thuộc vào một hệ số C gọi là điện dung của tụ điện.

Công thức tính $C = dq/dU$

Dung kháng của tụ điện: $X_c = 1/\omega C = 1/2\pi fC$

Các ước của Fara:

- MicroFara (μF): $1\mu F = 10^{-6}F$
- NanoFara (nF): $1nF = 10^{-9}F$
- PicoFara(pF): $1pF = 10^{-12} F$

3. Cách mắc tụ điện

Có hai cách mắc tụ điện với nhau:

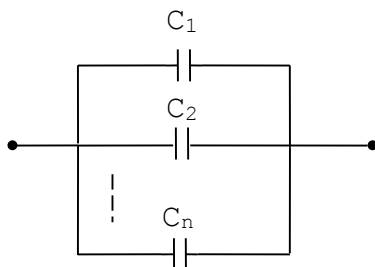
Mắc nối tiếp: khi mắc nối tiếp các tụ có điện dung C_1, C_2, \dots, C_n ; ta có điện dung tương đương được xác định bởi công thức:

$$\frac{1}{C_{td}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$



Mắc song song: khi mắc song song các tụ có điện dung C_1, C_2, \dots, C_n ; ta có điện dung tương đương được tính theo công thức:

$$C_{td} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$



4. Phân loại

Tụ điện được chia làm 2 loại chính là:

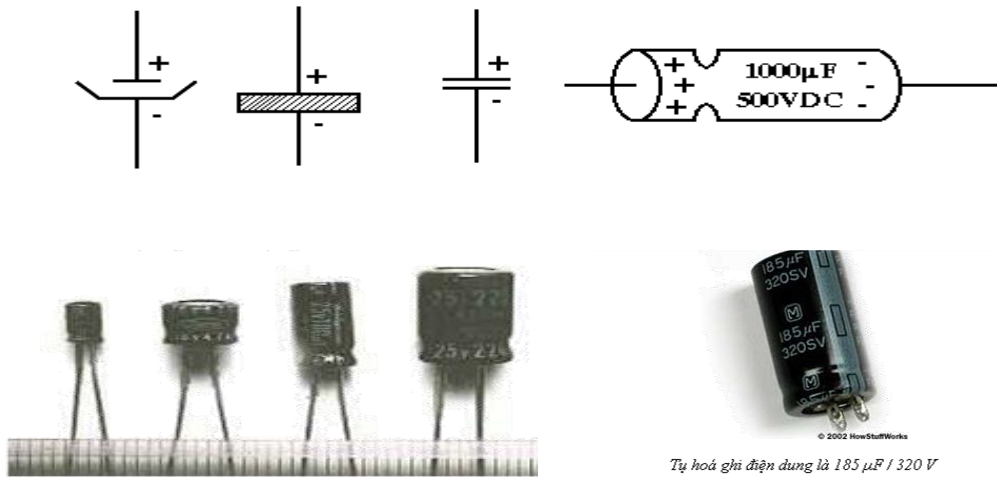
- Tụ điện có phân cực tính dương và âm.
- Tụ điện không phân cực tính

2.4.1. Tụ có phân cực

- Tụ oxit hoá: thường gọi là tụ hoá

Tụ hoá có điện dung lớn từ $1\mu\text{F}$ đến $10.000\mu\text{F}$ là loại tụ có phân loại cực tính dương và âm.

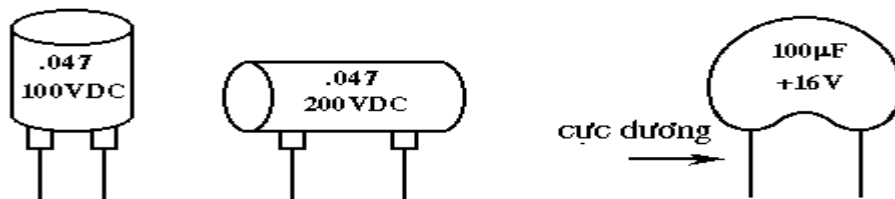
Tụ được chế tạo với bản cực nhôm và cực dương có bề mặt hình thành lớp oxit nhôm và lớp bột khí có tính cách điện để làm chất điện môi. Lớp oxit nhôm rất mỏng nên điện dung của tụ lớn. Khi sử dụng phải lắp đúng cực tính dương và âm, điện áp làm việc thường nhỏ hơn 500V.



Hình 1.9. Ký hiệu và hình dáng của tụ hóa

- Tụ màng mỏng:

Là loại tụ có chất điện môi là các chất polyester (PE), polyetylen (PS), điện dung từ vài trăm pF đến vài chục μF , điện áp làm việc cao đến hàng ngàn vôn.



Hình 1.10. Tụ màng mỏng và tụ tang

- Tụ tang:

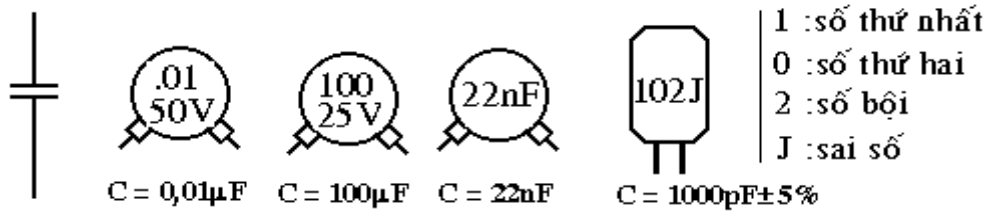
Là loại tụ có phân cực tính, điện dung có thể rất cao nhưng kích thước nhỏ, điện áp làm việc thấp chỉ vài chục vôn. Tụ tang - tan thường có dạng viên.

2.4.2. Tụ không phân cực

- Tụ gốm: (Ceramic)

Tụ gốm có điện dung từ 1pF đến 100 μF là loại tụ không có cực tính, điện áp làm việc cao đến vài trăm vôn.

Về hình dáng tụ thì có nhiều dạng và có nhiều cách đọc trị số điện dung khác nhau.



Hình 1.11. Ký hiệu, hình dáng và cách đọc tụ gốm

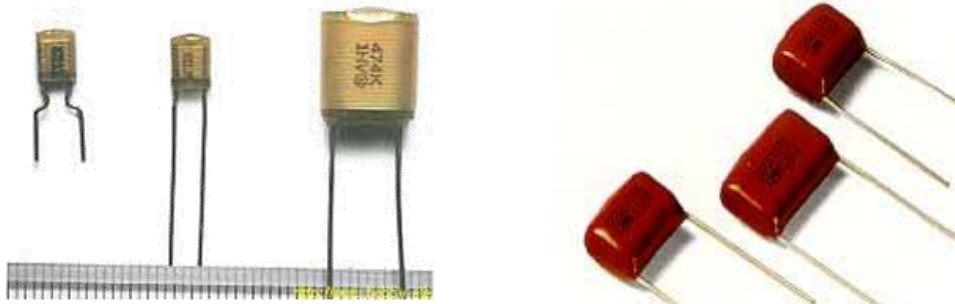
Qui ước về sai số của tụ là:

$$J = \pm 5\%$$

$$K = \pm 10\%$$

$$M = \pm 20\%$$

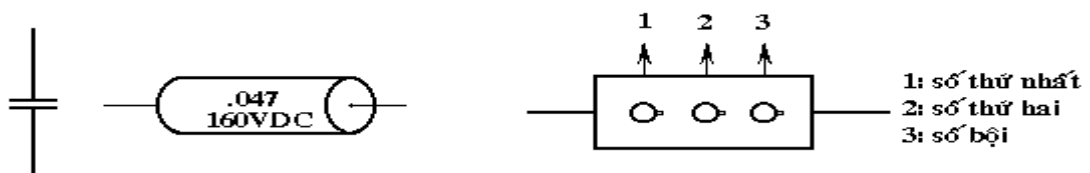
Một số hình dáng tụ gốm trong thực tế



Tụ gốm ghi trị số bằng ký hiệu.

- Tụ giấy:

Là loại tụ không có cực tính gồm có hai bản cực là các băng kim loại dài, ở giữa có lớp cách điện là giấy tẩm dầu cuộn lại thành ống. Điện áp đánh thủng đến vài trăm vôn.



Hình 1.12. Ký hiệu, hình dáng tụ giấy và tụ mica

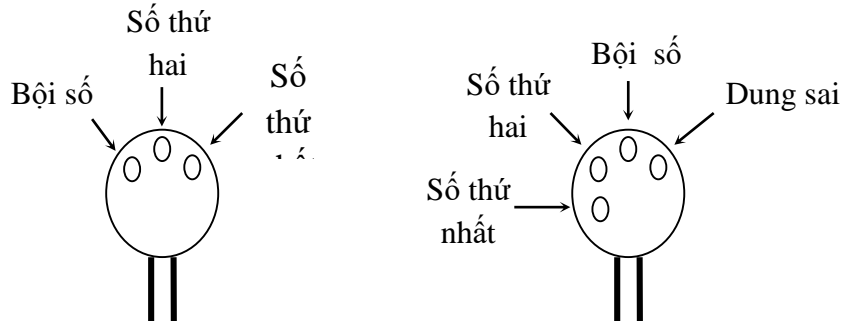
- Tụ mica:

Là loại tụ không có cực tính, điện dung từ vài pF đến vài trăm nF, điện áp làm việc rất cao trên 1000V. Tụ mica đặc tiền hơn tụ gốm vì ít sai số, đáp tuyến cao tần tốt, độ bền cao. Trên tụ mica được sơn các chấm màu để chỉ trị số điện dung và cách đọc giống như đọc điện trở

5. Cách xác định giá trị của tụ điện

5.1. Các cách xác định giá trị

Đọc trị số tụ gồm:



Tụ ghi giá trị trực tiếp trên thân:

Các tụ giấy, tụ hóa thường có giá trị điện dung lớn, kích thước lớn, nên người ta thường ghi trực tiếp giá trị điện dung lên thân tụ.

Ví dụ:

10 μ F/16V: tụ có giá trị điện dung là 16micro fara, điện áp chịu đựng là 16V

Tụ có 3 ký tự: Các tụ sứ do có kích thước nhỏ, nên người ta thường dùng các ký tự để ghi giá trị điện dung, 2 ký tự đầu để nguyên, ký tự thứ ba là số lượng số 0 thêm vào, đơn vị là pico fara

Ví dụ:

Tụ 103: có giá trị là 10 000 pico fara

Tụ 224: có giá trị là 22 0000 pico fara

Tụ 471: có giá trị là 47 0 pico fara

Tụ có 2 ký tự: đọc trực tiếp giá trị ký tự, đơn vị là pico fara

Ví dụ:

Tụ 30: có giá trị 30 pico fara

Tụ 47: có giá trị 47 pico fara

Tụ có dấu chấm phía trước: đọc giá trị thập phân của đơn vị micro fara

Ví dụ:

Tụ .1: có giá trị 0,1 micro fara

Tụ .047: có giá trị 0,47 micra fara

5.2. Trình tự thực hiện

5.2.1. Các bước và cách thực hiện công việc

5.2.3.1. Thiết bị, dụng cụ, vật tư

(Tính cho một ca thực hành gồm 20HSSV)

TT	Loại trang thiết bị	Số lượng
1	Đồng hồ vạn năng VOM	10 cái
2	Tụ điện các loại	100 con
3	Mỗi sinh viên chuẩn bị tài liệu thực hành, testboard lắp mạch, dây điện	10 bộ
4	Xưởng thực hành	1

5.2.3.2. Quy trình thực hiện

5.2.3.2.1. Quy trình tổng quát

TT	Tên các bước công việc	Thiết bị, dụng cụ, vật tư	Tiêu chuẩn thực hiện công việc	Lỗi thường gặp, cách khắc phục
1	Thí nghiệm	Testboard, tụ điện các loại, dây điện, đồng hồ vạn năng VOM	Thực hiện đúng qui trình cụ thể được mô tả ở mục 5.2.3.2.2.1.	-Thí nghiệm sai thao tác - Thao tác với đồng hồ VOM chưa chính xác
2	Ghi kết quả thí nghiệm	Tài liệu thực hành, bút	Ghi chép đúng chính xác kết quả thí nghiệm	- Ghi chép kết quả sai * Cần nghiêm túc thực hiện đúng qui trình, qui định của GVHD
3	Nộp tài liệu thu thập, ghi chép được cho GVHD	Giấy, bút, tài liệu ghi chép được.	Đảm bảo đầy đủ khối lượng	
4	Thực hiện vệ sinh công nghiệp	- Testboard, tụ điện, đồng hồ VOM, dây điện	- Sạch sẽ	

		- Giẻ lau sạch		
--	--	----------------	--	--

5.2.3.2.2. Quy trình cụ thể

5.2.3.2.2.1. Thí nghiệm đo tụ điện

a. Kiểm tra các thiết bị và linh kiện

b. Tiến hành thí nghiệm: Mỗi nhóm 2 sinh viên, trong đó một sinh viên thực hiện phép đo, một sinh viên đọc kết quả và ghi kết quả đo.

c. Ghi kết quả thí nghiệm

d. Đọc giá trị tụ điện và ghi kết quả đọc

5.2.3.2.2.2. Nộp tài liệu thu thập, ghi chép được cho giáo viên hướng dẫn

5.2.3.2.2.3. Thực hiện vệ sinh công nghiệp

5.2.2. Bài tập thực hành

5.2.2.1. Chuẩn bị thiết bị, dụng cụ, vật tư

5.2.2.2. Chia nhóm

Mỗi nhóm 2 sinh viên thực hành

5.2.2.3. Thực hiện quy trình tổng quát và cụ thể

5.2.3. Yêu cầu về đánh giá kết quả học tập

Mục tiêu	Nội dung	Điểm
Kiến thức	- Trình bày được về cấu tạo, kí hiệu quy ước, giá trị của tụ điện - Trình bày được ứng dụng của tụ điện	4
Kỹ năng	- Thực hiện đúng thao tác thí nghiệm. - Kỹ năng làm việc theo nhóm. - Kỹ năng ghi chép và tính toán.	4
Thái độ	- Chăm thận, lắng nghe, ghi chép, từ tốn, thực hiện tốt vệ sinh công nghiệp	2
Tổng		10

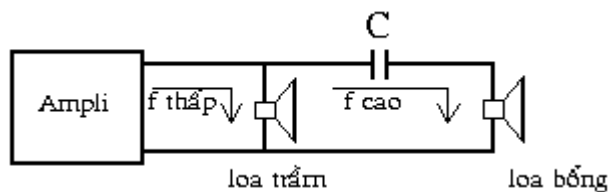
6. Ứng dụng

2.6.1. Tụ dẫn điện ở tần số cao

Dung kháng của tụ tỷ lệ nghịch với tần số (f) của dòng điện theo công thức:.

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC}$$

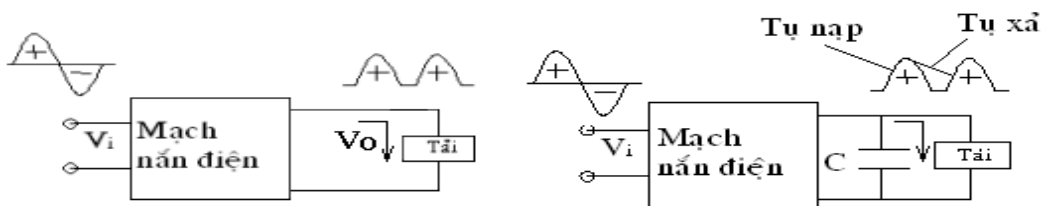
Ở tần số cao thì dung kháng XC càng nhỏ nên dòng điện qua dễ dàng. Đối với tín hiệu âm thanh, âm thanh bổng thuộc loại có tần số cao nên tín hiệu bổng sẽ qua được tụ C để đưa vào loa, còn âm trầm có tần số thấp sẽ bị chặn lại, do đó, tín hiệu âm thanh chỉ đưa vào loa trầm nếu là âm trầm (hay tín hiệu âm trầm).



Hình 1.13. Ứng dụng tụ điện trong loa

2.6.2. Tụ nạp xả điện trong mạch lọc

Mạch nắn điện chỉ có tác dụng cho bán kỳ dương của dòng điện xoay chiều đi qua và không cho bán kỳ âm qua. dòng điện qua tải là những bán kỳ dương gián đoạn. Nếu có tụ C đặt song song với tải ở ngõ ra thì tụ sẽ nạp điện khi điện áp tăng lên và xả điện khi điện áp giảm xuống làm cho dòng điện được liên tục và giảm bớt mức dợn sóng của dòng điện xoay chiều hình Sin.



Hình 1.14. Ứng dụng của tụ trong mạch lọc

III. CUỘN DÂY, MÁY BIẾN ÁP

1. Cuộn dây

1.1. Cấu tạo, kí hiệu

Cuộn dây là một dây dẫn điện, bên ngoài có sơn lớp cách điện, sinh ra từ trường khi có dòng điện chạy qua. Khác với dây dẫn điện thông thường, thường gọi là dây điện từ quấn nhiều vòng liên tiếp nhau trên một lõi thép.

Lõi của cuộn dây có thể là một ống rỗng (lõi không khí) sắt bụi hay sắt lá.

Cuộn dây lõi sắt lá dùng cho dòng điện xoay chiều tần số thấp, lõi sắt bụi cho tần số cao và lõi không khí cho tần số rất cao.

Khi cuộn dây có lõi từ thì cường độ từ trường lớn hơn rất nhiều so với cuộn dây không có lõi (lõi không khí). Tỷ số giữa từ trường khi không có lõi và khi có lõi là hệ số từ thẩm tương đối của vật liệu làm lõi (μ).

Có ba loại: có ký hiệu như hình vẽ 1.15

- + Cuộn dây lõi không khí.
- + Cuộn dây lõi sắt bụi.
- + Cuộn dây lõi sắt lá

Về cấu tạo có thể phân làm các loại sau:

- + Cuộn cảm không có lõi
- + Cuộn cảm có lõi bằng bột từ ép
- + Cuộn cảm có biến đổi điện cảm



Hình 1.15: Ký hiệu, hình dáng cuộn dây

1.2. Cách mắc cuộn cảm

- Mắc nối tiếp

$$\text{Tổng từ dung: } L_{td} = L1 + L2 + L3 + \dots$$

- Mắc song song

$$\text{Tổng từ dung: } 1/L_{td} = 1/L1 + 1/L2 + 1/L3 + \dots$$

1.3. Ứng dụng

1.3.1. Micro điện động

Micro là loại linh kiện điện tử dùng để đổi chấn động âm thanh ra dòng điện xoay chiều (còn gọi là tín hiệu xoay chiều). Micro còn có tên gọi khác là linh kiện điện thanh dùng để đổi âm thanh ra dòng điện.

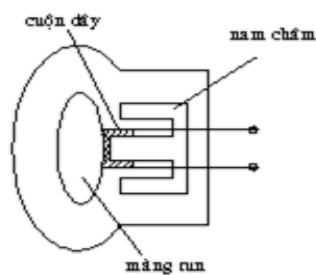
Về cấu tạo, Micro gồm có một màng rung làm bằng polystirol có gắn một ống dây nhúng đặt nằm trong từ trường của một nam châm vĩnh cửu.

Khi có chấn động âm thanh tác động vào màng rung của micro thì cuộn dây sẽ dao động trong từ trường của nam châm. Lúc đó từ thông qua cuộn dây sẽ thay đổi và cuộn dây sẽ cảm ứng cho ra dòng điện xoay chiều. Dòng điện xoay chiều này do âm thanh tạo ra nên gọi là dòng điện âm tần.

Dòng điện âm tần do micro tạo ra có biên độ cao hay thấp tùy thuộc vào cường độ âm thanh tác động vào micro lớn hay nhỏ, tần số của dòng điện cao hay thấp tùy thuộc vào âm điệu bổng hay trầm.

Micro có các đặc tính sau:

- Độ nhạy $mV/\mu\text{bar}$ ở tần số $f = 1\text{kHz}$.
- Dải tần từ 50 Hz đến 15kHz.
- Tổng trở micro thấp từ 200Ω đến 600Ω , tổng trở cao từ $2k\Omega$ đến $20k\Omega$.



Hình 1.16: Ứng dụng cuộn dây trong micro điện động

1.3.2. Loa điện động

Loa là linh kiện điện từ dùng để đổi dòng điện xoay chiều ra chấn động âm thanh. Loa cũng là linh kiện điện thanh.

Về cấu tạo loa gồm một thanh nam châm vĩnh cửu để tạo ra từ trường đều, một cuộn dây được đặt trong từ trường nam châm và cuộn dây được mắc chính với màng loa, màng loa có dạng hình nón làm bằng giấy đặc biệt. Cuộn dây có thể rung động trong từ trường của nam châm.

Khi có dòng điện xoay chiều vào cuộn dây thì cuộn dây sẽ tạo ra từ trường tác dụng lên từ trường của nam châm vĩnh cửu sinh ra lực điện từ hút hay đẩy cuộn dây làm rung màng loa tạo ra các chấn động âm thanh lan truyền trong không khí. Âm thanh phát ra lớn hay nhỏ là do dòng điện xoay chiều vào cuộn dây mạnh hay yếu, âm điệu trầm hay bổng là do có tần số thấp hay cao.

Loa có đặc tính sau:

- Tổng trở: 4Ω , 8Ω , 16Ω , 32Ω .

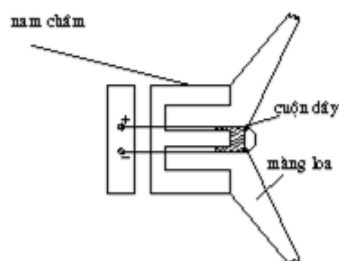
- Công suất định mức: từ vài trăm mW đến hàng trăm W.

- Dãy tần số làm việc:

+ Loa trầm (Woofer): màng loa có khối lượng nặng và phát ra âm trầm tần số từ 20Hz đến 1000Hz.

+ Loa bổng (tweeter), dạng còi: màng kim loại chuyên phát ra âm thanh bổng tần số 3kHz đến 15kHz.

+ Loa trung bình (Mid Range), tròn hay dẹp: màng giấy phát ra các tần số từ 200Hz đến 10kHz.



Hình 1.17: Ứng dụng cuộn dây trong loa điện động

2. Máy biến áp

Máy biến áp là một thiết bị dùng để tăng hoặc giảm điện áp xoay chiều.

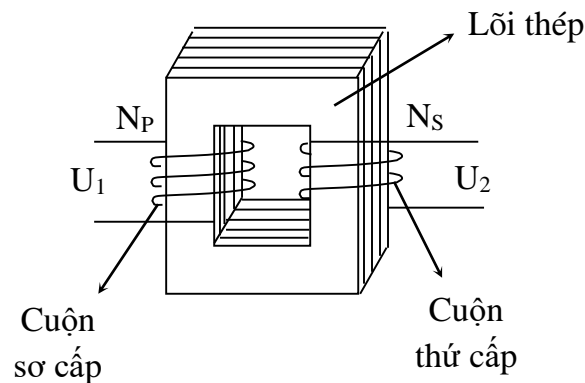
2.1. Cấu tạo

Một máy biến áp gồm có hai cuộn dây riêng lẻ mắc song song qua một lõi thép từ hay lõi ferit từ.

Cuộn dây nối với điện áp vào gọi là cuộn sơ cấp có số vòng dây là N_P và có điện trở là R_P .

Cuộn dây nối với điện áp ra gọi là cuộn thứ cấp có số vòng dây là N_S và có điện trở là R_S .

Lõi thép gồm nhiều lá thép mỏng kỹ thuật điện được mạ lớp cách điện ghép lại với nhau.



Hình 1.18: Cấu tạo máy biến áp.

Trong đó: U_1 : điện áp vào cuộn sơ cấp.

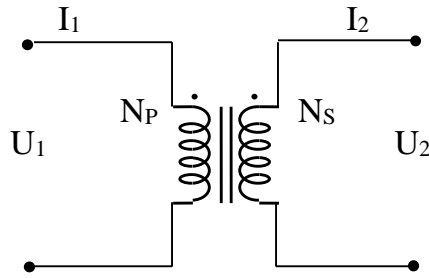
N_P : số vòng dây cuộn sơ cấp.

U_2 : điện áp ra cuộn thứ cấp.

N_S : số vòng dây cuộn thứ cấp.

2.2. Nguyên lý hoạt động

Khi tác động vào cuộn sơ cấp một điện áp U_1 thì sẽ tạo ra dòng I_1 trên nó, lúc này xuất hiện sức điện động cảm ứng trên cuộn sơ cấp và nhờ việc ghép giữa các vòng dây N_P và N_S nên trên N_S nhận được sức điện động cảm ứng tạo ra dòng điện I_2 và điện áp U_2 tại mạch thứ cấp.



Hình 1.19: Kí hiệu cơ bản của một máy biến áp.

Hệ thức bên dưới cho phép xác định giá trị điện áp U₂ khi đã biết các tham số còn lại, n được gọi là hệ số biến áp hay tỉ số vòng dây:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_P}{N_S} = n$$

nếu n > 1 thì ta có máy biến áp là loại hạ áp

nếu n < 1 thì ta có máy biến áp loại tăng áp.

Và

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_S}{N_P} = \frac{1}{n}$$

Vậy, nếu máy biến áp dùng để giảm điện áp thì sẽ tăng dòng điện với cùng một tỉ số và nếu để tăng điện áp thì sẽ giảm dòng điện.

Ví dụ: Với nguồn điện áp 220V/50Hz, nếu cần điện áp là 10V thì ta cần một hệ số biến áp hay tỉ số vòng dây giữa cuộn sơ cấp và thứ cấp là $n = \frac{220}{10} = 22$; nghĩa là khi NP = 2200 vòng thì NS = 100.

Như vậy, đối với tỉ lệ xoay chiều: muốn giảm điện áp ra cần tăng số vòng dây cuộn sơ cấp và ngược lại muốn tăng điện áp ra cần giảm số vòng dây cuộn sơ cấp.

CÂU HỎI ÔN TẬP VÀ BÀI TẬP

1. Trình bày các loại điện trở thông dụng
2. Hãy đọc giá trị của các điện trở có các vòng màu sau:

Xanh lá – Xanh da trời – Đỏ - Vàng kim

Cam – Trắng – Đen – Bạc

Vàng – Tím – Vàng – Đỏ

Nâu – Đen – Vàng kim – Nâu

Đỏ - Đỏ - Cam – Vàng kim

Nâu – Xanh lá -Đen – Đỏ - Nâu

Xám – Trắng – Đen – Đen – Đỏ

Xanh da trời – Xám – Đen – Bạc – Nâu

Cam – Cam – Đen – Nâu -Nâu

Đỏ - Tím – Đen – Cam – Đỏ

3. Hãy đọc các vòng màu của điện trở có các giá trị sau (áp dụng cho điện trở 4 vòng màu):

$$R1 = 1K\Omega \pm 5\%$$

$$R2 = 470\Omega \pm 10\%$$

$$R3 = 1.5M\Omega \pm 10\%$$

$$R4 = 330K\Omega \pm 1\%$$

$$R5 = 27K\Omega \pm 2\%$$

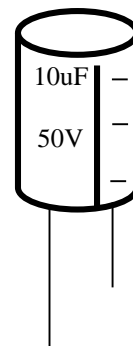
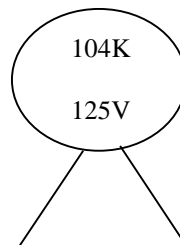
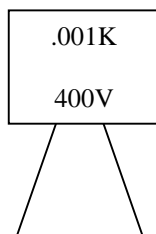
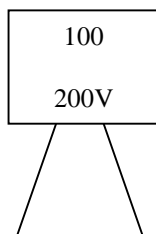
$$R6 = 5.6K\Omega \pm 5\%$$

$$R7 = 3.9\Omega \pm 1\%$$

$$R8 = 68K\Omega \pm 2\%$$

4. Trình bày các loại tụ điện

5. Hãy xác định giá trị các thông số ghi trên các tụ điện sau:



6. Nêu cách xác định tính tốt/xấu của tụ điện bằng đồng hồ VOM?

7. Trình bày các cách mắc của cuộn dây

8. Nêu cấu tạo của máy biến áp

9. Trình bày nguyên lý làm việc của máy biến áp

BÀI 2: CHẤT BÁN DẪN - DIODE BÁN DẪN

Mục tiêu:

Sau khi học xong chương này, học sinh sinh viên có khả năng:

- Trình bày đúng định nghĩa, tính chất của chất bán dẫn.
- Trình bày đúng sự dẫn điện của chất bán dẫn tinh khiết, bán dẫn N, bán dẫn P.
- Trình bày đúng về cấu tạo, kí hiệu quy ước và nguyên lý hoạt động của điốt.
- Công dụng của điốt.
- Xác định được cực tính và chất lượng điốt.
- Có ý thức tự giác, tính kỷ luật cao, tinh thần trách nhiệm trong công việc. Chủ động và sáng tạo trong học tập

Nội dung chính:

- Đặc điểm chất bán dẫn
- Sự dẫn điện trong chất bán dẫn và mặt ghép P-N
- Cấu tạo, kí hiệu, nguyên lý hoạt động và phân loại diode bán dẫn

I. CHẤT BÁN DẪN

1. Đặc điểm chất bán dẫn

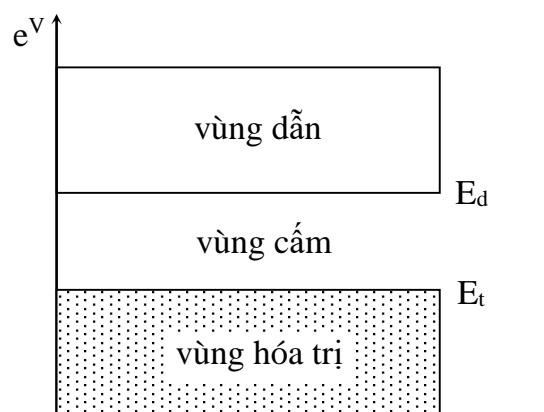
Dựa vào cấu tạo vùng năng lượng:

Tùy theo tình trạng mức năng lượng trong một vùng có bị điện tử chiếm chỗ hay không mà người ta phân làm 3 vùng năng lượng như sau:

Vùng hóa trị (miền đầy): trong vùng này các mức năng lượng đều bị electron chiếm giữ.

Vùng dẫn (vùng trống): trong vùng này các mức năng lượng còn bỏ trống hay bị electron chiếm giữ một phần.

Vùng cấm: trong vùng này không có mức năng lượng để electron chiếm chỗ.

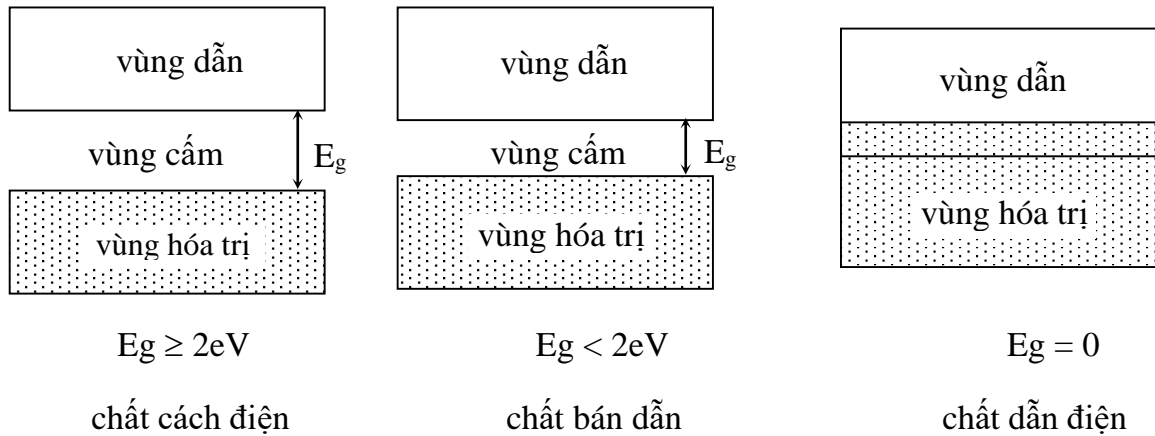


Hình 2.1: Cấu tạo vùng năng lượng.

E_d : mức năng lượng vùng đáy

E_t : mức năng lượng vùng trần

Gọi $E_g = E_d - E_t$: giá trị năng lượng vùng cấm



Hình 2.2: Cấu tạo vùng năng lượng của chất cách điện, chất bán dẫn và chất dẫn điện.

2. Sự dẫn điện trong chất bán dẫn

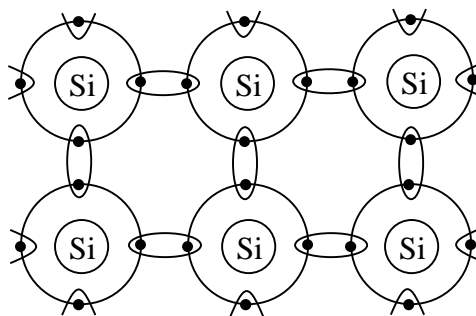
2.1. Chất bán dẫn thuần (bán dẫn tinh khiết)

Chất bán dẫn thuần là chất bán dẫn không pha thêm tạp chất.

Có hai chất bán dẫn thuần cơ bản:

Silicium (Si) có $E_g = 1.12eV$

Germanium (Ge) có $E_g = 0.72eV$



Hình 2.3: Cấu trúc mạng tinh thể của chất bán dẫn thuần Si.

Dưới tác động năng lượng bên ngoài, có thể là nhiệt hoặc điện trường ngoài, đủ lớn làm bức electron ra khỏi môi liên kết, electron bị bức ra khỏi môi liên kết được gọi là electron tự do, còn vị trí chứa nó được gọi là lỗ trống, hiện tượng này được gọi là sự phát sinh cặp điện tử-lỗ trống. Điện tử tự do di chuyển trong mạng tinh thể; khi gặp lỗ trống, nó có khuynh hướng nhập vào lỗ trống đó để trở về trạng thái cân bằng ban đầu, hiện tượng này được gọi là sự tái hợp cặp điện tử-lỗ trống.

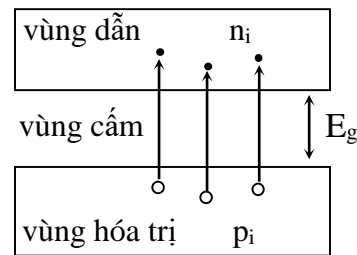
gọi n_i là số electron ở vùng dẫn

p_i là số lỗ trống ở vùng hóa trị

$$n_i = p_i$$

suy ra, dòng điện sinh ra trong chất bán dẫn

thuần đều do electron và lỗ trống tạo ra.



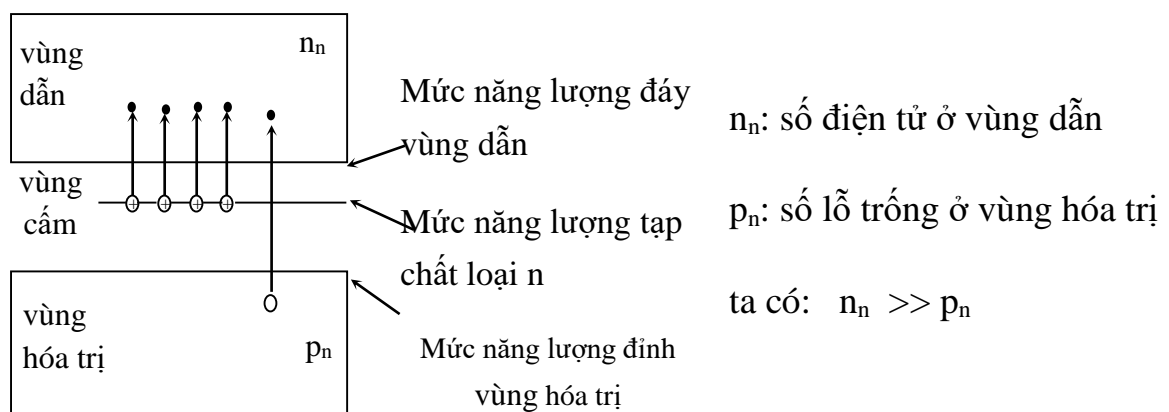
Hình 2.4: Đồ thị giải thích cơ chế phát sinh từng cặp hạt dẫn tự do.

2.2. Chất bán dẫn tạp

2.2.1. Bán dẫn tạp loại N

Khi một chất bán dẫn thuần được pha thêm tạp chất thuộc nhóm hóa trị V (như Asen As, Photpho P,...) thì nó trở thành chất bán dẫn tạp loại n.

Nguyên tử tạp chất liên kết với 4 nguyên tử Si xung quanh và còn thừa 1 electron ở vùng ngoài cùng, electron này liên kết yếu đối với nhân và dễ dàng bị ion hóa thành 1 ion dương và điện tử tự do.



Hình 2.5: Cơ chế phát sinh hạt dẫn trong chất bán dẫn tạp chất loại n.

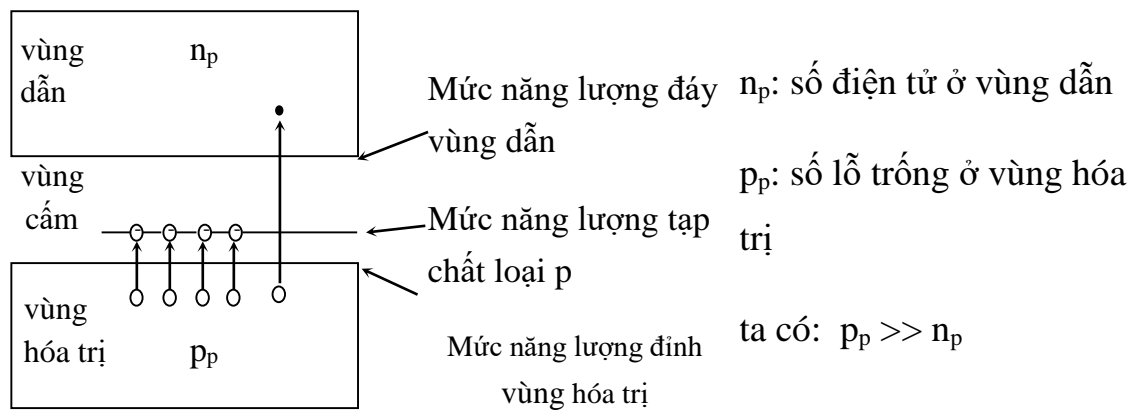
Đối với chất bán dẫn tạp loại n, khả năng dẫn điện chủ yếu bằng điện tử nên điện tử được gọi là hạt tải đa số. Tuy nhiên, vẫn tồn tại cơ chế hình thành từng cặp hạt dẫn tự do, nên lỗ trống cũng tham gia dẫn điện và được gọi là hạt dẫn thiểu số.

Vậy dòng điện trong chất bán dẫn tạp chất loại n gồm điện tử (là hạt tải đa số) và lỗ trống (là hạt tải thiểu số) đóng góp.

2.2.2. Bán dẫn tạp loại P

Khi một chất bán dẫn thuần được pha thêm một tạp chất thuộc nhóm III (như nhôm Al, Ga, B...), thì nó trở thành chất bán dẫn tạp loại p.

Nguyên tử tạp chất liên kết với 4 nguyên tử Si xung quanh và xem như còn thừa một lỗ trống ở lớp ngoài cùng, lỗ trống này dễ dàng bị ion hóa thành ion âm và lỗ trống tự do.

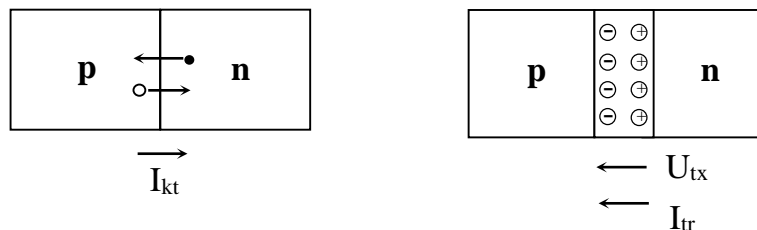


Hình 2.6: Cơ chế phát sinh hạt dẫn trong chất bán dẫn tạp chất loại p.

Mức năng lượng tạp chất nằm sát đỉnh vùng hóa trị tạo cơ hội nhảy mức ào ạt cho các điện tử hóa trị và hình thành một cặp ion âm tạp chất và lỗ trống (là hạt dẫn đa số), điện tử trong cơ chế này là loại hạt dẫn thiểu số.

Vậy dòng điện trong chất bán dẫn tạp loại p chủ yếu do lỗ trống tạo ra.

3. Mặt ghép tiếp xúc P-N



I_{kt} : dòng khuếch tán.

U_{tx} : hiệu điện thế tiếp xúc.

I_{tr} : dòng trôi.

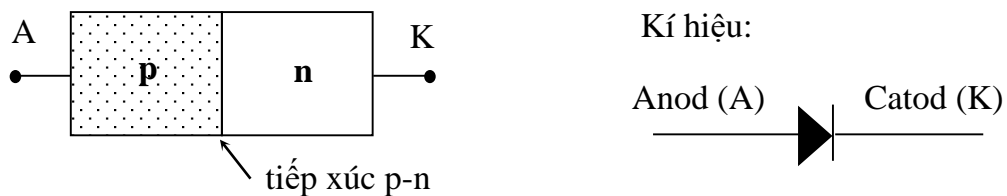
Khi cho hai chất bán dẫn loại p và loại n tiếp xúc nhau thì xảy ra hiện tượng khuếch tán.

Do lỗ trống ở chất bán dẫn loại p di chuyển sang chất bán dẫn loại n được tái hợp với điện tử, còn điện tử từ chất bán dẫn n di chuyển sang chất bán dẫn p để tái hợp với lỗ trống dẫn đến tạo ra dòng điện gọi là dòng khuếch tán I_{kt} hướng từ chất bán dẫn p sang chất bán dẫn n. Phía chất bán dẫn p gần mặt tiếp xúc mất đi một số lỗ trống nên mang điện tích âm, còn phía chất bán dẫn n gần mặt tiếp xúc mất đi một số điện tử nên mang điện tích dương và hình thành một hiệu điện thế được gọi là hiệu điện thế tiếp xúc U_{tx} , hiệu điện thế sinh ra dòng trôi I_{tr} ngược chiều với dòng khuếch tán.

Sự tái hợp giữa điện tử và lỗ trống càng nhiều thì hiệu điện thế tiếp xúc càng lớn nên dòng trôi càng lớn, đến một lúc nào đó thì $I_{tr} = I_{kt}$ thì ta nói tiếp xúc p-n ở trạng thái cân bằng động.

II. DIODE BÁN DẪN

1. Cấu tạo, kí hiệu

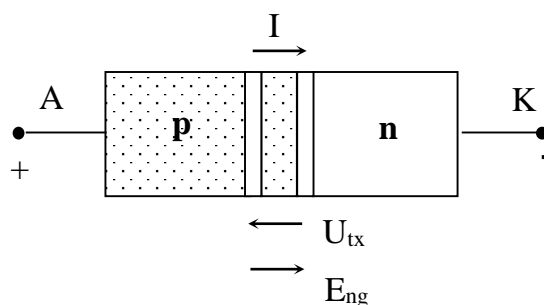


Cấu tạo của một diode bao gồm một tiếp xúc p-n và hai điện cực đưa ra từ hai phía. Điện cực đưa ra phía miền bán dẫn p là cực anod, kí hiệu chữ A; điện cực đưa ra phía miền bán dẫn n là cực catod, kí hiệu chữ K.

2. Nguyên lý hoạt động

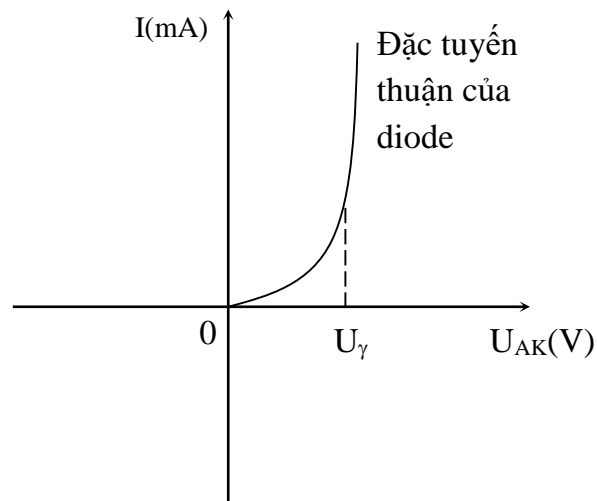
2.1. Diode phân cực thuận

Diode được gọi là phân cực thuận khi bán dẫn p được nối với dương cực còn bán dẫn n được nối với âm cực của một nguồn bên ngoài, hay nói cách khác hiệu điện thế tiếp xúc ngược chiều với điện trường ngoài.

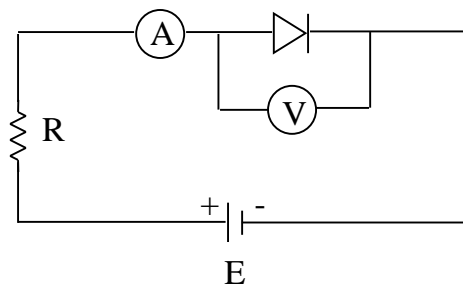


Do hiệu điện thế tiếp xúc ngược chiều với điện trường ngoài nên tổng điện trường tại lớp tiếp xúc giảm và lớp tiếp xúc bị thu hẹp lại, điện tử từ bán dẫn n dễ dàng di chuyển sang bán dẫn p nên tạo ra dòng điện chạy qua diode.

Vậy, diode phân cực thuận cho dòng điện chạy qua.



Để khảo sát mối quan hệ dòng điện qua diode với điện áp hai đầu của nó, ta thực hiện mạch thí nghiệm như sau:



Hình 2.7: Sơ đồ mạch điện và đặc tuyến của diode khi phân cực thuận.

U_{γ} : điện thế ngưỡng của diode.

$U_{\gamma} (\text{Si}) = 0.7\text{V}$

$$U_{\gamma} (\text{Ge}) = 0.3\text{V}$$

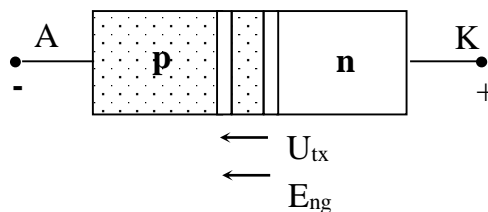
Khi $U_{AK} < U_{\gamma}$: dòng qua diode không đáng kể.

Khi $U_{AK} > U_{\gamma}$: dòng qua diode rất lớn.

Diode phân cực thuận luôn luôn có điện trở kèm theo.

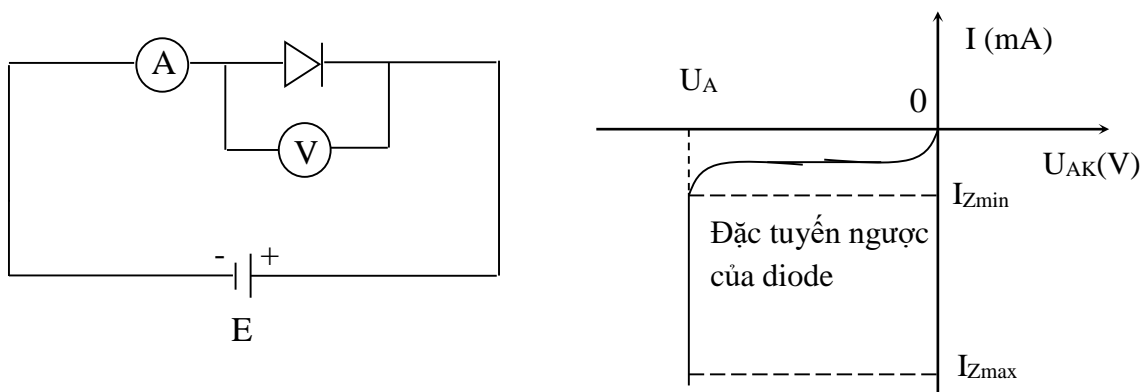
2.2 Diode phân cực ngược

Diode được gọi là phân cực ngược khi bán dẫn p được nối với âm cực còn bán dẫn n được nối với dương cực của một nguồn bên ngoài, hay nói khác hơn hiệu điện thế tiếp xúc cùng chiều điện trường ngoài.



Do hiệu điện thế tiếp xúc cùng chiều với điện trường ngoài nên tổng điện trường tại lớp tiếp xúc tăng làm cho lớp tiếp xúc rộng ra, điện tử khó di chuyển qua lớp tiếp xúc này nên không có dòng điện qua diode. Như vậy, diode phân cực ngược không cho dòng điện đi qua.

Tuy nhiên, đối với nhóm hạt tải thiểu số thì chúng được xem như phân cực thuận nên tồn tại dòng qua diode mà ta gọi là dòng điện bão hòa ngược I_S của diode, dòng điện này rất nhỏ và phụ thuộc vào nhiệt độ (I_S (Si) cỡ nA, I_S (Ge) cỡ μA).



Hình 2.8: Sơ đồ mạch điện và đặc tuyến của diode khi phân cực ngược.

U_A : điện áp Zener (điện áp đánh thủng).

Khi $U_{AK} < U_A$: dòng qua diode là dòng điện bão hòa ngược I_S của diode.

Khi $U_{AK} > U_A$: dòng qua diode rất lớn (hỏng diode).

3. Phân loại

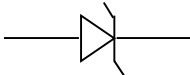
3.1. Diode chỉnh lưu

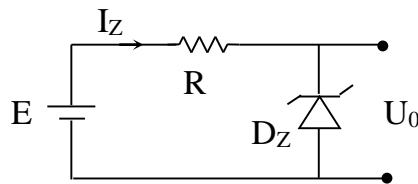
Có nhiệm vụ chỉnh lưu dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều, có công suất nhỏ, vừa và lớn. Diode này thường được chế tạo bởi bán dẫn Si.

3.2. Diode Zener

Diode zener làm việc được ở đoạn diode bị đánh thủng nhưng chưa bị hỏng với điều kiện dòng qua diode $< I_{Zmax}$.

Diode Zener thường được sử dụng ở chế độ phân cực ngược để tạo điện áp chuẩn, còn khi phân cực thuận thì nó hoạt động giống diode bình thường.

Kí hiệu: 

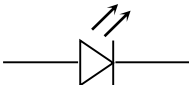


Hình 2.10: Mạch điện điều chỉnh điện áp dùng diode Zener.

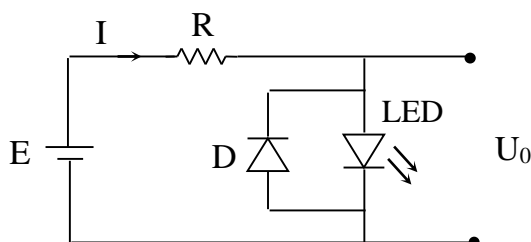
Nếu dòng điện I_Z nằm trong khoảng $(I_{Zmin}; I_{Zmax})$ thì điện áp ra U_0 hầu như không thay đổi.

3.3. Diode phát quang (LED)

Diode phát quang là diode phát sáng khi được phân cực thuận.

Kí hiệu: 

Phần lớn các diode phát quang LED có điện áp đánh thủng thấp (từ 3V đến 15V), nên khi sử dụng cần quan tâm đặc biệt đến điện áp ngược đặt lên nó có giá trị đủ nhỏ. Một cách đơn giản chống đánh thủng LED là bằng cách mắc song song LED với một diode Si ở chế độ luôn mở như hình (2.11), nghĩa là điện áp ngược đặt lên LED có giá trị tối đa là 0.7V đúng bằng điện áp ngưỡng của diode Si.



Hình 2.11: Mạch điện chống đánh thủng LED.

Led có điện áp phân cực thuận cao hơn diode nắn điện nhưng điện áp phân cực ngược cực đại thường không cao.

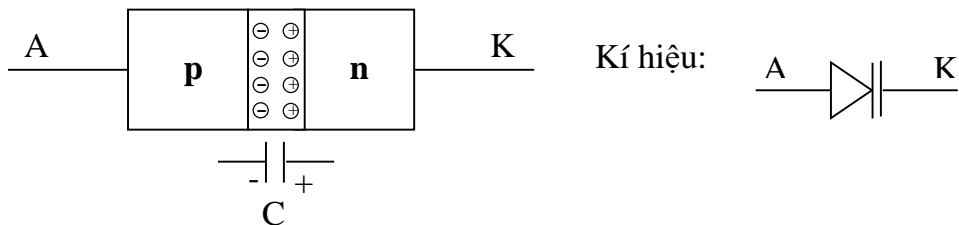
- Phân cực thuận: $V_D = 1,4V \div 1,8V$ (Led đỏ)

$V_D = 2V \div 2,5V$ (Led vàng)

$V_D = 2V \div 2,8V$ (Led xanh lá)

$I_D = 5mA \div 20mA$ (Thường chọn 10mA)

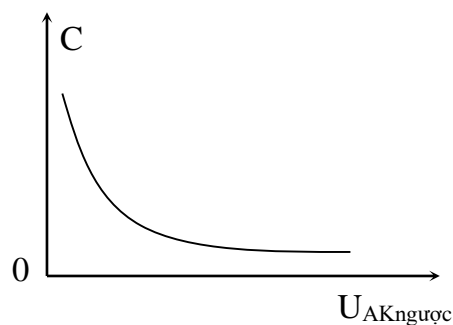
3.4. Diode biến dung (varicap)



Do cấu tạo của diode, phía bán dẫn p gần mặt tiếp xúc mang điện tích âm, còn bán dẫn n gần mặt tiếp xúc mang điện tích dương nên nó được xem như một tụ điện tích điện, lợi dụng đặc tính này, người ta chế tạo ra diode biến dung.

Khi phân cực thuận, lớp tiếp xúc giảm dẫn đến điện dung tăng còn khi phân cực ngược, lớp tiếp xúc rộng ra lúc này điện dung giảm.

Diode biến dung thường sử dụng ở chế độ phân cực ngược. Quan hệ giữa điện dung và điện áp phân cực là phi tuyến (hình (2.12)).



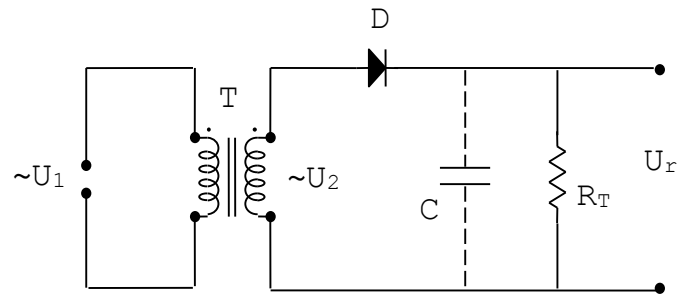
Hình 2.12: Đặc tuyến quan hệ điện dung-điện áp phân cực.

Ứng dụng điển hình của diode biến dung là thực hiện biến đổi tần số cộng hưởng riêng của một khung dao động theo điện áp tác động lên nó.

4. Các mạch điện ứng dụng của diode

4.1. Mạch chỉnh lưu

4.1.1. Mạch chỉnh lưu bán kỳ

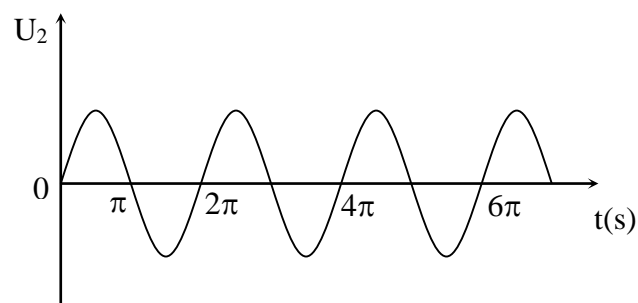


Hình 2.13: Mạch điện chỉnh lưu bán kỳ.

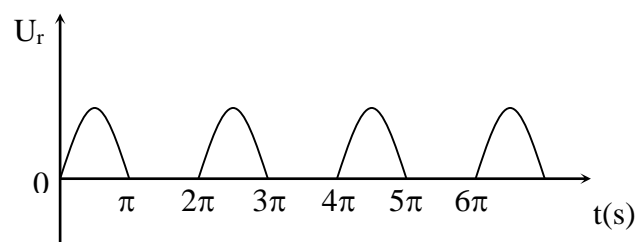
Trong đó: T: biến áp biến đổi điện áp xoay chiều U_1 thành điện áp xoay chiều U_2

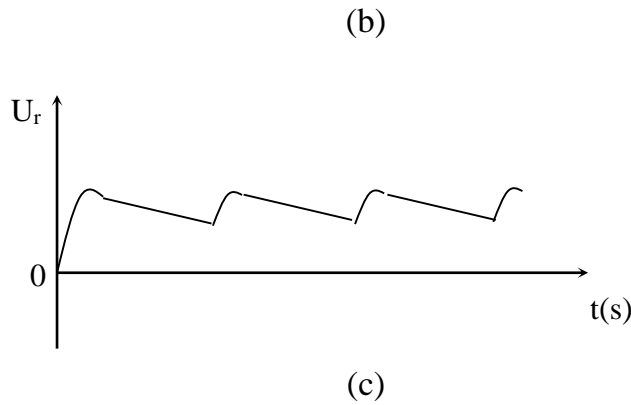
D: diode chỉnh lưu.

R_T : điện trở tải.



(a)



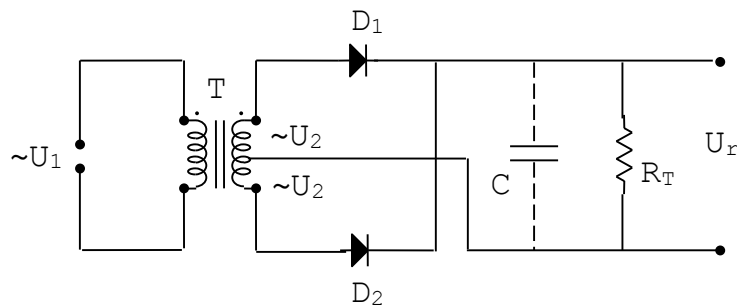


Hình 2.14: Dạng sóng điện áp trên cuộn thứ cấp (a) và điện áp trên tải không có tụ (b), điện áp trên tải khi có tụ (c).

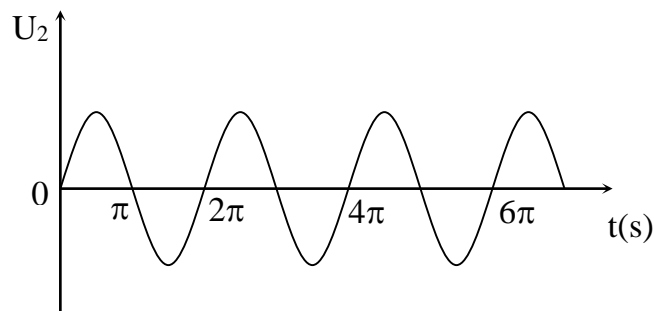
Như mạch điện hình (2.13), khi U_2 có cực tính dương thì diode D phân cực thuận nên D dẫn điện, ta có điện áp trên tải R_T lúc này là $U_r = U_2 - V_\gamma(D)$. Ở bán kỳ tiếp theo, U_2 đổi sang cực tính âm, do đó diode D phân cực ngược, D tắt làm cho điện áp trên tải R_T lúc này là $U_r = 0$. Vậy điện áp ra trên tải ở mạch chỉnh lưu bán kỳ có dạng sóng nửa hình sin, cực tính dương như hình (2.14b).

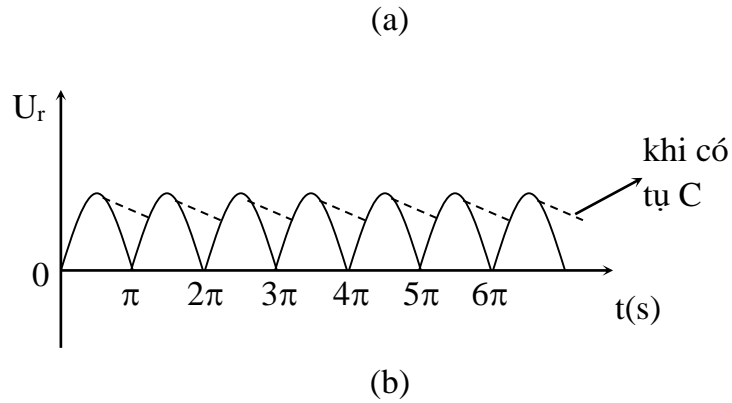
Khi mắc thêm tụ C song song với tải R_T thì điện áp ra trên tải sẽ bằng phẳng hơn. Do khi diode D dẫn thì tụ C nạp điện rất nhanh qua D và lúc diode D tắt thì tụ C phóng điện rất chậm qua R_T làm cho điện áp trên tải giảm chậm và ổn định (giảm độ gợn sóng).

4.1.2. Mạch chỉnh lưu toàn kỳ



Hình 2.15: Mạch điện chỉnh lưu toàn kỳ.





Hình 2.16: Dạng sóng điện áp trên nửa cuộn thứ cấp (a) và điện áp trên tải khi không có tụ và khi có tụ (b).

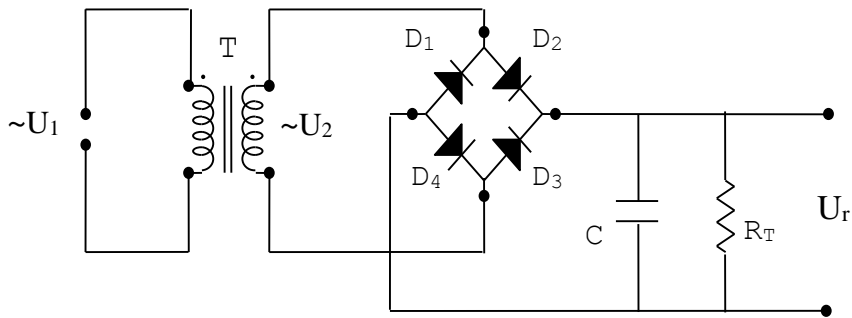
Ở bán kỳ đầu, điện áp dương đặt vào cực Anod của D1 nên D1 dẫn còn D2 tắt, do đó điện áp ra trên tải R_T lúc này là $U_r = U_2 - V_\gamma(D)$.

Ở bán kỳ tiếp theo, ta có điện áp dương đặt vào cực Anod của D2 nên D1 tắt còn D2 dẫn, cho ta điện áp ra trên tải $U_r = U_2 - V_\gamma(D)$.

Như vậy, trong cả hai bán kỳ đều tồn tại điện áp ra trên tải có cực tính dương.

Khi mắc song song tụ C với tải R_T thì sẽ làm cho điện áp ra trên tải san bằng và ổn định hơn (bớt gợn sóng hơn).

4.1.3. Mạch chỉnh lưu toàn kỳ dạng cầu



Hình 2.17: Mạch điện chỉnh lưu toàn kỳ dạng cầu.

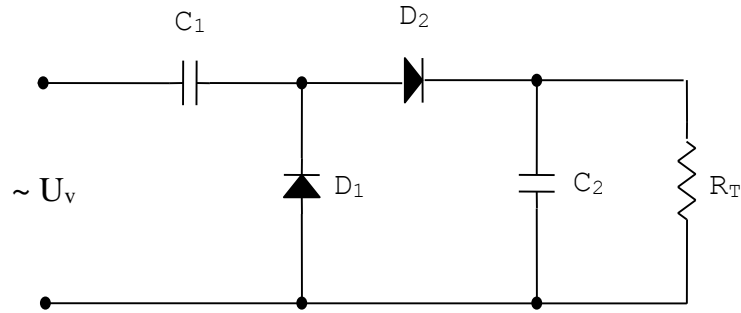
Ở bán kỳ dương, diode D2 và D4 dẫn; còn diode D1 và D3 tắt do đó điện áp ra trên tải $U_r \approx U_2$.

Ở bán kỳ âm, diode D1 và D3 dẫn; còn diode D2 và D4 tắt nên điện áp ra trên tải $U_r \approx U_2$

Ta có dạng sóng tại cuộn thứ cấp và điện áp ra trên tải như ở hình (2.16).

4.2. Mạch chỉnh lưu nhân đôi điện áp

4.2.1. Mạch chỉnh lưu nhân đôi nửa sóng



Hình 2.18: Mạch điện nhân đôi nửa sóng.

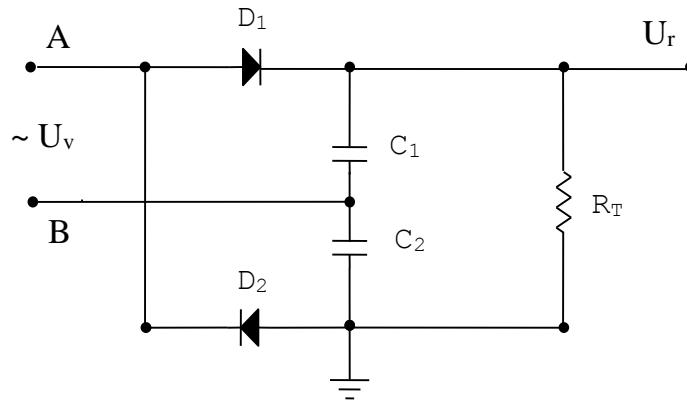
Ở bán kỳ $U_v < 0$: D1 dẫn còn D2 tắt nên tụ C1 được nạp điện qua D1 đến giá trị đỉnh của U_v là $U_{vmax} = \sqrt{2}U_v$.

Điện áp trên tụ C1 lúc này đạt được là $U_{C1} = U_{vmax} - V_{\gamma}(D)$.

Ở bán kỳ tiếp theo $U_v > 0$: ta có D2 dẫn còn D1 tắt nên tụ C2 được nạp điện qua D2 và điện áp trên tụ C2 đạt đến giá trị:

$$U_{C2} = U_{C1} + (U_{vmax} - V_{\gamma}(D)).$$

4.2.2. Mạch chỉnh lưu nhân đôi toàn sóng



Hình 2.19: Mạch điện nhân đôi toàn sóng.

Khi $U_A > U_B$: D1 dẫn còn D2 tắt nên tụ C1 được nạp tới giá trị

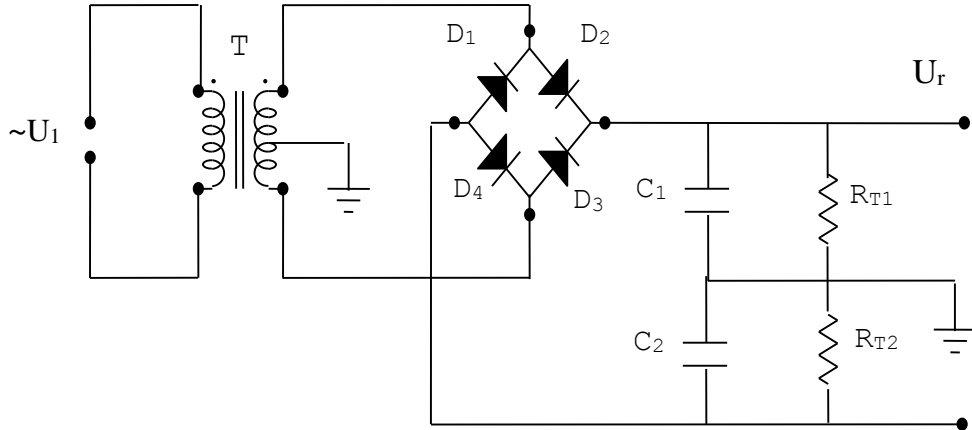
$$U_{C1} = U_{vmax} - V_{\gamma}(D).$$

Khi $U_A < U_B$: D2 dẫn điện còn D1 tắt nên tụ C2 được nạp đến giá trị

$$U_{C2} = U_{vmax} - V_{\gamma}(D).$$

Cực tính các điện áp nạp được trên tụ C1 và C2 nối tiếp nhau. Cho ta điện áp ra trên tải R_T là $U_r = U_{C1} + U_{C2}$.

4.3. Mạch chỉnh lưu cho điện áp ra đối xứng



Hình 2.20: Mạch điện chỉnh lưu cho điện áp ra đối xứng.

Ở bán cực dương, D2 và D4 dẫn nên nạp điện cho tụ C1 và C2.

Ở bán cực âm, D1 và D3 dẫn nên nạp điện cho tụ C1 và C2.

Do mass được lấy ở giữa nên ta có điện áp ra đối xứng.

5. Trình tự thực hiện

5.1. Các bước và cách thực hiện công việc

5.1.1 Thiết bị, dụng cụ, vật tư

(Tính cho một ca thực hành gồm 20HSSV)

TT	Loại trang thiết bị	Số lượng
1	Đồng hồ vạn năng VOM	10 cái
2	Điện trở các loại, tụ điện các loại, Diode các loại	100 con
3	Mỗi sinh viên chuẩn bị tài liệu thực hành, testboard lắp mạch, dây điện	10 bộ
4	Xưởng thực hành	1

5.1.2. Quy trình thực hiện

5.1.2.1. Quy trình tổng quát

TT	Tên các bước công việc	Thiết bị, dụng cụ, vật tư	Tiêu chuẩn thực hiện công việc	Lỗi thường gặp, cách khắc phục
1	Thí nghiệm	Testboard, điện trở các loại, tụ điện các loại, diode các loại, dây điện, đồng hồ vạn năng VOM	Thực hiện đúng qui trình cụ thể được mô tả ở mục 5.1.2.2.1.	-Thí nghiệm sai thao tác - Thao tác với đồng hồ VOM chưa chính xác - Ghi chép kết quả sai
2	Ghi kết quả thí nghiệm	Tài liệu thực hành, bút	Ghi chép đúng chính xác kết quả thí nghiệm	* Cần nghiêm túc thực hiện đúng qui trình, qui định của GVHD
3	Nộp tài liệu thu thập, ghi chép được cho GVHD	Giấy, bút, , tài liệu ghi chép được.	Đảm bảo đầy đủ khối lượng	
4	Thực hiện vệ sinh công nghiệp	- Testboard, điện trở, tụ điện, diode các loại, đồng hồ VOM, dây điện - Giẻ lau sạch	-Sạch sẽ	

5.1.2.2. Quy trình cụ thể

5.1.2.2.1. Thí nghiệm kiểm tra, xác định chân và lắp các mạch ứng dụng của diode

a. Kiểm tra các thiết bị và linh kiện

b. Tiến hành thí nghiệm: Mỗi nhóm 2 sinh viên, trong đó một sinh viên thực hiện phép đo và lắp mạch, một sinh viên đọc kết quả và ghi kết quả đo.

c. Ghi kết quả thí nghiệm

5.1.2.2.2. Nộp tài liệu thu thập, ghi chép được cho giáo viên hướng dẫn

5.1.2.2.3. Thực hiện vệ sinh công nghiệp

5.2. Bài tập thực hành

5.2.1. Chuẩn bị thiết bị, dụng cụ, vật tư

5.2.2. Chia nhóm

Mỗi nhóm 2 sinh viên thực hành

5.2.3. Thực hiện quy trình tổng quát và cụ thể

5.3. Yêu cầu về đánh giá kết quả

Mục tiêu	Nội dung	Điểm
Kiến thức	- Trình bày được về cấu tạo, kí hiệu quy ước, nguyên lý làm việc và phân loại của diode - Trình bày được các mạch ứng dụng của diode	4
Kỹ năng	- Thực hiện đúng thao tác thí nghiệm. - Kỹ năng làm việc theo nhóm. - Kỹ năng ghi chép và tính toán.	4
Thái độ	- Chăm thận, lắng nghe, ghi chép, từ tốn, thực hiện tốt vệ sinh công nghiệp	2
Tổng		10

CÂU HỎI ÔN TẬP VÀ BÀI TẬP

- Hãy giải thích lý do dòng điện sinh ra trong chất bán dẫn thuần đều do electron tự do và lỗ trống tạo nên?
- Trình bày sự khác nhau giữa chất bán dẫn tạp loại P và chất bán dẫn tạp loại N?
- Trình bày cấu tạo, kí hiệu và nguyên lý làm việc của diode chỉnh lưu?
- Nêu các loại diode thường gặp và ứng dụng của chúng?
- Trình bày mạch chỉnh lưu bán kỳ có tụ lọc ở ngõ ra?
- Trình bày mạch chỉnh lưu toàn kỳ dạng cầu có tụ lọc ở ngõ ra?
- Nêu cách kiểm tra tính tốt xấu và xác định cực tính của diode?

BÀI 3: TRANSISTOR LƯỜNG CỰC BJT

Mã Bài: ĐTCN01-3

Mục tiêu:

Sau khi học xong chương này, học sinh sinh viên có khả năng:

- Trình bày đúng các đặc tuyến, thông số cơ bản của Transistor lưỡng cực.
- Trình bày đúng các kiểu mắc mạch, các đặc tính cơ bản của các kiểu mạch Transistor lưỡng cực.
- Lắp ráp, cân chỉnh được các kiểu mạch của Transistor PNP, NPN.
- Có ý thức tự giác, tính kỷ luật cao, tinh thần trách nhiệm trong công việc. Chủ động và sáng tạo trong học tập

Nội dung chính:

- Cấu tạo, kí hiệu quy ước, nguyên lý hoạt động của transistor
- Hệ thức giữa các dòng điện và các cách mắc của transistor
- Phân cực cho transistor

I. CẤU TẠO, KÍ HIỆU QUY ƯỚC, NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG

1. Cấu tạo, kí hiệu quy ước

BJT có cấu tạo gồm hai tiếp xúc p-n nối với nhau và đưa ra 3 miền.

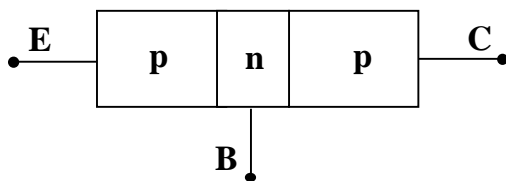
Miền thứ nhất được gọi là miền emitor, miền này có nồng độ tạp chất lớn nhất; điện cực đưa ra từ miền này là cực emitor, kí hiệu chữ E (cực phát).

Miền thứ hai được gọi là miền bazơ, miền này có nồng độ tạp chất nhỏ nhất; điện cực đưa ra từ miền này là cực bazơ, kí hiệu chữ B (cực nền).

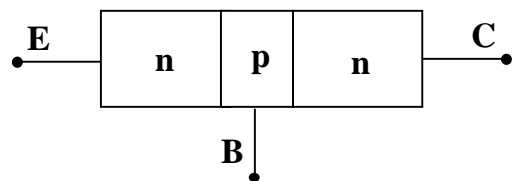
Miền thứ ba được gọi là miền colectơ, miền này có nồng độ tạp chất trung bình; điện cực đưa ra từ miền này là cực colectơ, kí hiệu chữ C (cực thu).

Tùy theo trình tự sắp xếp của các lớp bán dẫn mà ta có 2 loại BJT sau:

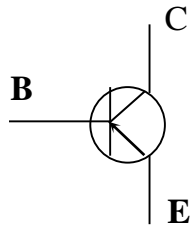
Loại pnp



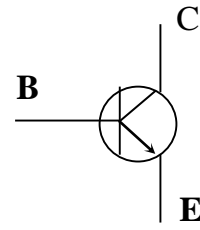
Loại npn



Kí hiệu quy ước



BJT loại pnp



BJT loại npn

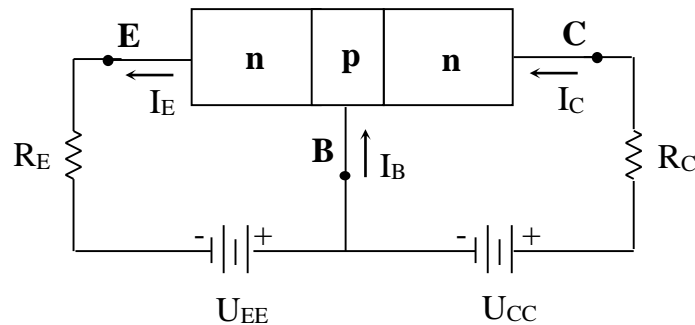
2 Nguyên lý hoạt động

Để BJT làm việc, ta phải đưa điện áp một chiều tới các điện cực của nó, gọi là phân cực cho BJT. Đối với chế độ khuếch đại thì tiếp xúc BE (JE) phân cực thuận và tiếp xúc BC (JC) phân cực ngược.

BJT có 3 chế độ làm việc:

- Chế độ ngưng dẫn.
- Chế độ khuếch đại.
- Chế độ bão hòa.

Phân tích BJT loại npn:



Hình 3.1: Sơ đồ phân cực của BJT loại npn.

Do tiếp xúc BE phân cực thuận nên điện tử ở miền Emitơ dễ dàng di chuyển qua miền Bazơ để tái hợp với lỗ trống, nhưng do miền Bazơ có nồng độ tạp chất nhỏ nên chỉ một ít được tái hợp, số điện tử còn lại di chuyển tiếp qua miền Colectơ và chạy về dương cực của nguồn U_{CC} . Lượng điện tử khi vào miền Emitơ sinh ra dòng I_E ra khỏi miền Emitơ, lượng điện tử đi ra miền Colectơ sinh ra dòng I_C đi vào cực C. Lượng lỗ trống tái hợp ở miền Bazơ được nguồn U_{EE} cung cấp tạo ra dòng I_B đi vào cực B.

II. HỆ THỨC GIỮA CÁC DÒNG ĐIỆN VÀ CÁC CÁCH MẮC

1. Hệ thức giữa các dòng điện

Qua việc phân tích trên rút ra được hệ thức cơ bản về các dòng điện trong BJT như sau:

$$I_E = I_B + I_C \quad (3.1)$$

Để đánh giá quan hệ giữa I_E và I_C , người ta đánh giá hệ số truyền đạt dòng điện:

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} < 1 \quad (3.2)$$

α càng gần 1 thì chất lượng BJT càng tốt.

Để đánh giá quan hệ I_C và I_B , người ta đánh giá hệ số khuếch đại dòng điện:

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \quad (3.3)$$

Từ (3.1), (3.2) và (3.3), ta có:

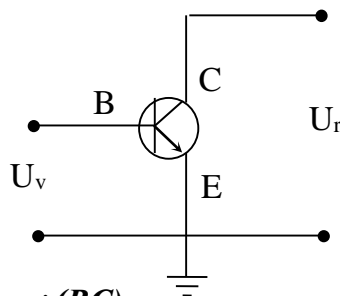
$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \quad (3.4)$$

2. Các cách mắc

BJT có 3 cách mắc cơ bản

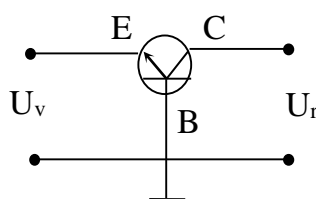
2.1. Cách mắc chung emitor (EC)

Khi tín hiệu đi vào cực B và ra cực C, ta có cách mắc chung emitor. Lúc này, dòng I_B là dòng điện vào, điện áp U_{BE} là điện áp vào; dòng ra là I_C , điện áp ra là U_{CE} .



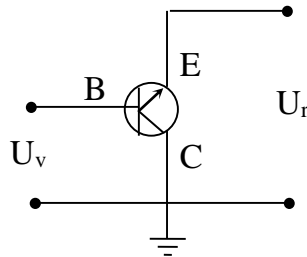
2.2. Cách mắc chung bazơ (BC)

Khi tín hiệu đi vào cực E và ra cực C, ta có cách mắc chung bazơ. Lúc này, dòng I_E là dòng điện vào, điện áp U_{EB} là điện áp vào; dòng ra là I_C , điện áp ra là U_{CB} .



2.3. Cách mắc chung collector (CC)

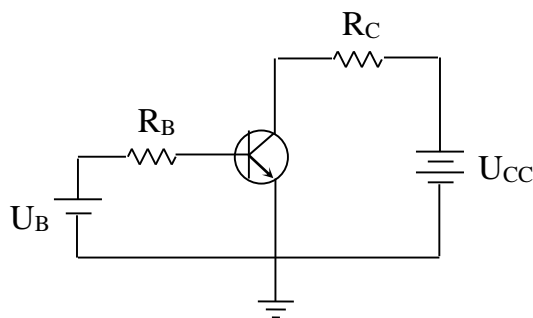
Khi tín hiệu đi vào cực B và ra cực E, ta có cách mắc chung collector. Lúc này, dòng I_B là dòng điện vào, điện áp U_{BC} là điện áp vào; dòng ra là I_E , điện áp ra là U_{EC} .



III. PHÂN CỰC CHO TRANSISTOR

1. Phân cực bằng dòng cố định

Để BJT sẵn sàng làm việc với các tín hiệu xoay chiều (ví dụ ở chế độ khuếch đại) cần thực hiện phân cực một chiều cho nó nhằm đưa điện áp và dòng điện một chiều đến các cực của BJT. Nếu biết trước các giá trị nguồn nuôi một chiều, các điện trở hạn chế dòng, hệ số khuếch đại dòng β và điện áp phân cực $U_{BE} = 0.7V$ với BJT loại Si, ta có thể xác định điểm làm việc tĩnh (một chiều) $Q(I_B, I_C, U_{CE})$ của BJT và quỹ tích các điểm Q có thể gọi là đường tải tĩnh (một chiều).



Hình 3.2: Mạch điện phân cực BJT bằng dòng cố định.

Hình (3.4) đưa ra cách phân cực đơn giản nhất. Nguồn U_B cung cấp điện áp phân cực thuận cho tiếp xúc J_E để đạt được $U_{BE} = 0.7V$, R_B dùng để chọn dòng I_B . Nguồn U_{CC} cung cấp điện áp phân cực ngược cho tiếp xúc J_C với điện trở R_C để hạn chế dòng I_C . Với BJT loại npn ta cần đạt được điều kiện $U_C > U_B > U_E$, còn BJT loại pnp thì $U_C < U_B < U_E$.

Từ mạch điện hình (3.4), ta tính được dòng bazơ:

$$I_B = \frac{U_B - U_{BE}}{R_B} \quad (3.5)$$

nên dòng collector I_C được xác định bởi:

$$I_C = \beta I_B \quad (3.6)$$

Điện áp giữa cực C và E có được:

$$U_{CE} = U_{CC} - I_C \cdot R_C \quad (\text{phương trình đường tải tĩnh}) \quad (3.7)$$

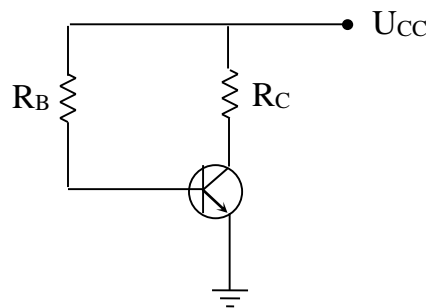
Từ công thức (3.7), khi dòng I_C tăng luôn làm điện áp U_{CE} giảm và ngược lại dòng I_C giảm sẽ làm tăng điện áp U_{CE} .

Ngoài ra, ta có thể chỉ dùng một nguồn U_{CC} làm cả hai nhiệm vụ phân cực cho tiếp xúc J_E và tiếp xúc J_C như hình (3.5). Khi đó, dòng I_B được xác định :

$$I_B = \frac{U_{CC} - U_{BE}}{R_B} \quad (3.8)$$

Tương tự, ta có: $I_C = \beta I_B$

Và: $U_{CE} = U_{CC} - I_C \cdot R_C$



Hình 3.3: Mạch điện dùng nguồn U_{CC} phân cực cho tiếp xúc J_E và J_C của BJT.

Ta có đường tải tĩnh (một chiều) là tập hợp tất cả các cặp giá trị có thể có của I_C và U_{CE} , đây chính là đồ thị biểu diễn quan hệ I_C và U_{CE} của phương trình (3.7), là phương trình đường thẳng có hệ số góc âm (hình (3.6)). Các điểm giới hạn của đường tải tĩnh là:

Ở trạng thái hở mạch của BJT, dòng $I_C = 0$ khi đó:

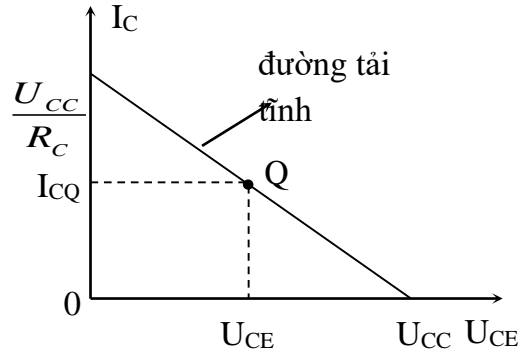
$$U_{CE(\text{hở})} = U_{CC}$$

Ở trạng thái ngắn mạch của BJT, điện áp $U_{CE} = 0$ khi đó:

$$I_{C(\text{ngắn})} = U_{CC} / R_C$$

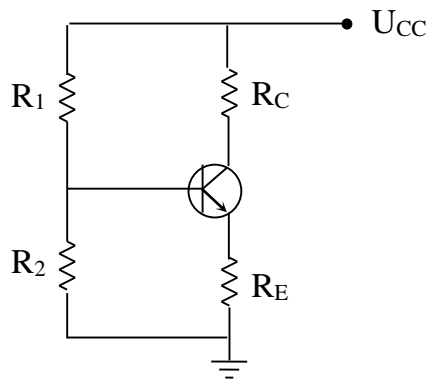
Để đảm bảo chế độ khuếch đại tốt nhất, người ta thường chọn điểm làm việc tĩnh ở khoảng giữa đường tải tĩnh

$$I_{CQ} \approx 0.5I_{C(\text{ngm})} \quad \text{và} \quad U_{CEQ} \approx 0.5U_{CE(\text{hm})}$$



Hình 3.4: Đồ thị phương trình đường tải tĩnh.

2. Phân cực bằng mạch chia áp



Hình 3.5: Mạch điện phân cực BJT bằng dòng emitter (mạch chia áp).

Từ mạch điện hình (3.5), ta có:

$$U_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{CC} \quad (3.9)$$

và:

$$R_B = R_1 // R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (3.10)$$

$$\begin{aligned} U_B &= I_B R_B + U_{BE} + I_E R_E \\ &= I_B (R_B + (1 + \beta) R_E) + U_{BE} \end{aligned}$$

\Rightarrow

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

Dòng collector trong mạch:

$$I_C = \beta \cdot I_B$$

Ta có: $U_{CC} = I_C \cdot R_C + U_{CE} + I_E \cdot R_E$

$\Rightarrow U_{CC} = I_C \cdot (R_C + R_E) + U_{CE}$ (xem $I_E \approx I_C$)

\Rightarrow điện áp giữa hai cực C và E là:

$$U_{CE} = U_{CC} - I_C \cdot (R_C + R_E)$$

Các điểm giới hạn của đường tải tĩnh là:

$$U_{CE(hm)} = U_{CC}$$

$$I_{C(ngm)} = \frac{U_{CC}}{R_C + R_E}$$

Ví dụ:

Cho mạch điện như hình (3.5) với $U_{CC} = 18V$, $R_1 = 48k\Omega$, $R_2 = 12k\Omega$, $R_C = 1.5k\Omega$ và $R_E = 500\Omega$. BJT có hệ số $\beta = 80$. Tìm điểm làm việc tĩnh ?

Giải:

$$U_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{CC} = \frac{12}{48 + 12} 18 = 3.6(V)$$

Ta có:

$$R_B = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{48 * 12}{48 + 12} = 9.6(k\Omega)$$

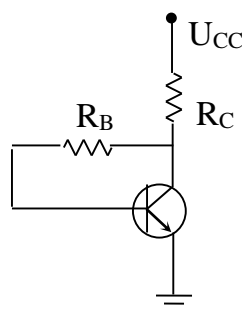
$\Rightarrow I_B = \frac{U_B - U_{BE}}{R_B + (1 + \beta) R_E} = \frac{3.6 - 0.7}{9.6 + (1 + 80) 0.5} = 0.06(mA)$

Dòng collector $I_C = \beta I_B = 80 * 0.06 = 4.8 (mA)$

$\Rightarrow U_{CE} = U_{CC} - I_C \cdot (R_C + R_E) = 8.4 (V)$

Vậy, điểm làm việc tĩnh Q(0.06mA; 4.8mA; 8.4V)

3. Phân cực bằng điện áp hồi tiếp



Hình 3.6: Mạch điện phân cực BJT bằng điện áp hồi tiếp.

Trên hình (3.6), điện trở R_B được nối trực tiếp giữa cực collector và cực bazơ. Sự khác nhau cơ bản giữa mạch phân cực bằng điện áp hồi tiếp và bằng dòng phân cực cố định là: trong mạch phân cực bằng điện áp hồi tiếp bao hàm cơ chế dòng I_B cảm biến theo điện áp (hoặc dòng điện) ở mạch ra, còn trong mạch phân cực dòng cố định thì không có điều này.

Ta có thể minh họa như sau: giả thiết hệ số β tăng khi nhiệt độ tăng, điều này làm I_C tăng và do đó điện áp đặt trên R_C là $U_C = I_C.R_C$ tăng, điện áp $U_{CE} = U_{CC} - I_C.R_C$ giảm và điện áp đặt trên R_B giảm, do đó làm giảm dòng I_B kéo theo I_C giảm và qua một vòng hồi tiếp dòng I_C đã được bù kiểu ngược pha và điểm làm việc Q nhờ đó được ổn định tốt hơn so với kiểu phân cực bằng dòng cố định. Trong trường hợp ngược lại, giả sử β giảm, quá trình dẫn tới dòng I_C tăng bù lại trạng thái ban đầu I_C giảm do β giảm.

Từ mạch ở hình (3.6), ta có:

$$\begin{aligned} U_{CC} &= (I_B + I_C)R_C + I_B.R_B + U_{BE} \\ &= I_B [(1+\beta)R_C + R_B] + U_{BE} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow I_B = \frac{U_{CC} - U_{BE}}{(1 + \beta)R_C + R_B}$$

Nên dòng collector $I_C = \beta.I_B$

Từ biểu thức: $U_{CC} = (I_B + I_C)R_C + U_{CE}$

\Rightarrow điện áp đặt trên 2 cực C-E là:

$$U_{CE} = U_{CC} - (I_B + I_C)R_C$$

4. Trình tự thực hiện

4.1. Các bước và cách thực hiện công việc

4.1.1 Thiết bị, dụng cụ, vật tư

(Tính cho một ca thực hành gồm 20HSSV)

TT	Loại trang thiết bị	Số lượng
1	Đồng hồ vạn năng VOM	10 cái

2	Điện trở các loại, tụ điện các loại, Diode các loại, BJT các loại	100 con
3	Mỗi sinh viên chuẩn bị tài liệu thực hành, testboard lắp mạch, dây điện	10 bộ
4	Xưởng thực hành	1

4.1.2. Quy trình thực hiện

4.1.2.1. Quy trình tổng quát

TT	Tên các bước công việc	Thiết bị, dụng cụ, vật tư	Tiêu chuẩn thực hiện công việc	Lỗi thường gặp, cách khắc phục
1	Thí nghiệm	Testboard, điện trở các loại, tụ điện các loại, BJT các loại, diode các loại, dây điện, đồng hồ vạn năng VOM	Thực hiện đúng qui trình cụ thể được mô tả ở mục 4.1.2.2.1.	-Thí nghiệm sai thao tác - Thao tác với đồng hồ VOM chưa chính xác - Ghi chép kết quả sai * Cần nghiêm túc thực hiện đúng qui trình, qui định của GVHD
2	Ghi kết quả thí nghiệm	Tài liệu thực hành, bút	Ghi chép đúng chính xác kết quả thí nghiệm	
3	Nộp tài liệu thu thập, ghi chép được cho GVHD	Giấy, bút, , tài liệu ghi chép được.	Đảm bảo đầy đủ khối lượng	
4	Thực hiện vệ sinh công nghiệp	- Testboard, điện trở, tụ điện, diode các loại, BJT các loại đồng hồ VOM, dây điện - Giẻ lau sạch	-Sạch sẽ	

4.1.2.2. Quy trình cụ thể

4.1.2.2.1. Thí nghiệm xác định chân, kiểm tra tính tốt/xấu của BJT và lắp mạch phân cực cho BJT

a. Kiểm tra các thiết bị và linh kiện

b. Tiến hành thí nghiệm: Mỗi nhóm 2 sinh viên, trong đó một sinh viên thực hiện phép đo và lắp mạch, một sinh viên đọc kết quả và ghi kết quả đo.

c. Ghi kết quả thí nghiệm

4.1.2.2.2. Nộp tài liệu thu thập, ghi chép được cho giáo viên hướng dẫn

4.1.2.2.3. Thực hiện vệ sinh công nghiệp

4.2. Bài tập thực hành

4.2.1. Chuẩn bị thiết bị, dụng cụ, vật tư

4.2.2. Chia nhóm

Mỗi nhóm 2 sinh viên thực hành

4.2.3. Thực hiện quy trình tổng quát và cụ thể

4.3. Yêu cầu về đánh giá kết quả

Mục tiêu	Nội dung	Điểm
Kiến thức	- Trình bày được các mạch phân cực cho BJT	4
Kỹ năng	- Thực hiện đúng thao tác thí nghiệm. - Kỹ năng làm việc theo nhóm. - Kỹ năng ghi chép và tính toán.	4
Thái độ	- Cẩn thận, lắng nghe, ghi chép, từ tốn, thực hiện tốt vệ sinh công nghiệp	2
Tổng		10

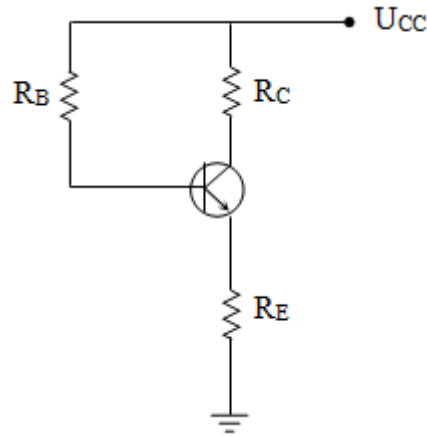
CÂU HỎI ÔN TẬP VÀ BÀI TẬP

1. Trình bày cấu tạo, kí hiệu của BJT loại npn?
2. Trình bày cấu tạo, kí hiệu của BJT loại pnp?
3. Nêu nguyên lý hoạt động của BJT loại npn?
4. Trình bày các cách mắc của BJT?

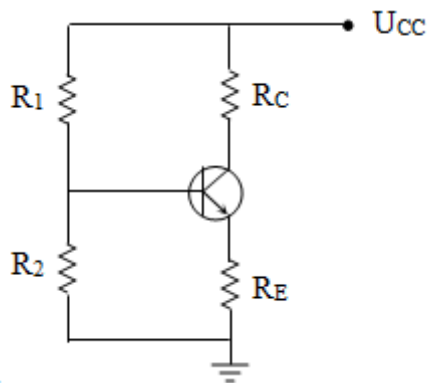
5. Trình bày cách phân cực cho BJT nghịch NPN bằng mạch chia áp

6. Trình bày cách phân cực cho BJT thuận PNP bằng dòng cố định

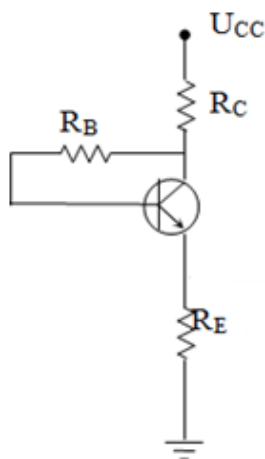
7. Cho mạch điện như hình vẽ, BJT chế tạo bằng Si với $U_{CC} = 12V$, $R_B = 680k\Omega$, $R_C = 2.2k\Omega$ và $R_E = 1k\Omega$. BJT có hệ số $\beta = 100$. Tính điểm làm việc tĩnh của mạch



8. Cho mạch điện như hình vẽ với, BJT là loại Ge, $U_{CC} = 18V$, $R_1 = 47k\Omega$, $R_2 = 12k\Omega$, $R_C = 1.5k\Omega$ và $R_E = 560\Omega$. BJT có hệ số $\beta = 80$. Tính điểm làm việc tĩnh của mạch



9. Cho mạch điện như hình vẽ, BJT chế tạo Si với $U_{CC} = 12V$, $R_B = 560k\Omega$, $R_C = 3.3k\Omega$ và $R_E = 1k\Omega$. BJT có hệ số $\beta = 100$. Tính điểm làm việc tĩnh của mạch



BÀI 4: CÁC LINH KIỆN BÁN DẪN KHÁC

Mục tiêu:

Sau khi học xong chương này, học sinh sinh viên có khả năng:

- Trình bày đúng cấu tạo, kí hiệu quy ước và nguyên lý hoạt động của các linh kiện bán dẫn khác.
- Lắp ráp, cân chỉnh được các kiểu mạch của các linh kiện bán dẫn khác.
- Có ý thức tự giác, tính kỷ luật cao, tinh thần trách nhiệm trong công việc. Chủ động và sáng tạo trong học tập

Nội dung chính:

- Transistor trường FET
- Thyristor
- Triac và Diac

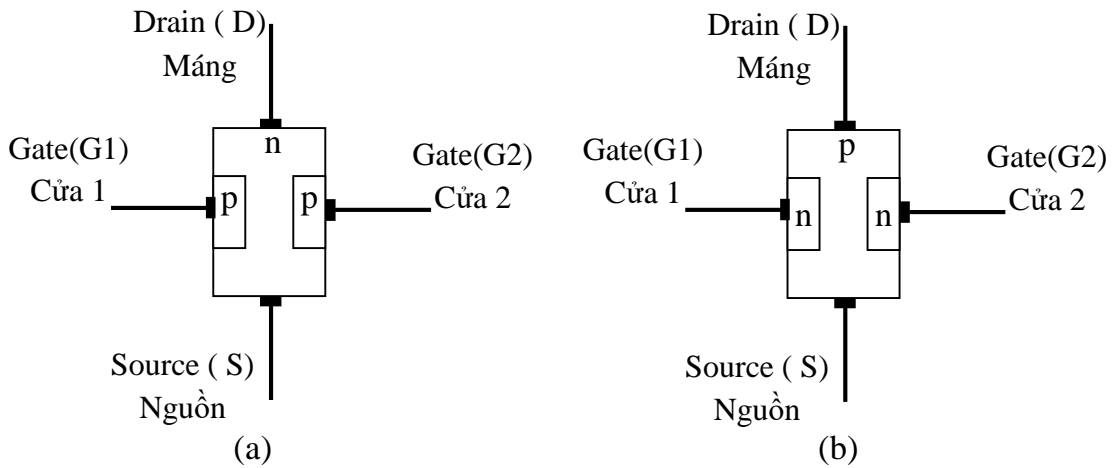
I. TRANSISTOR TRƯỜNG FET

1. Cấu tạo, kí hiệu quy ước, nguyên lý hoạt động

1. Cấu tạo

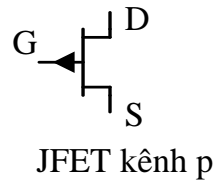
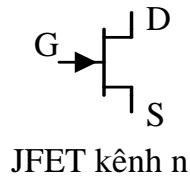
Transistor trường FET (Field Effect Transistor) dẫn điện chỉ bằng một loại hạt dẫn, trong khi BJT dẫn điện bằng cả điện tử và lỗ trống, nên chúng còn có tên là transistor đơn cực. Chúng có hai nhóm khác nhau về cấu tạo là nhóm có cực cửa là một tiếp xúc pn (JFET) và nhóm có cực cửa cách ly (MOSFET).

Hình (4.1) mô tả cấu tạo của JFET kênh n và JFET kênh p. Như vậy, tồn tại một kênh dẫn điện bằng điện tử (kênh loại n hình (4.1a)) hay một kênh dẫn điện bằng lỗ trống (kênh loại p hình (4.1b)) nối thông giữa 2 cực được đặt tên là cực máng D (Drain) và cực nguồn S (Source); cực thứ ba lấy tại vùng bán dẫn đối diện kênh dẫn đặt tên là cực cửa G (Gate), có thể có một cực cửa hoặc hai cực cửa.



Hình 4.1: Cấu tạo JFET kênh n (a) và kênh p (b).

1.2. Kí hiệu quy ước



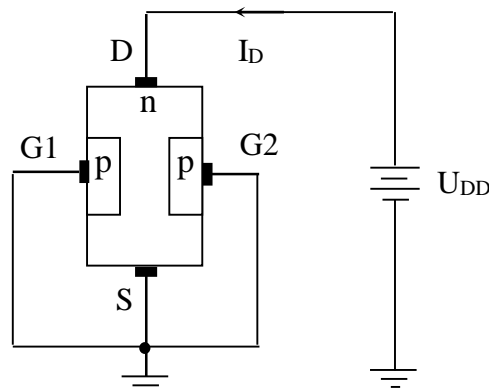
1.3. Nguyên lý hoạt động

1.3.1. Transistor trường JFET

Xét JFET kênh n có cực D nối với dương nguồn, S nối với âm nguồn như hình (4.2).

Khi cực G hở ($U_{GS} = 0V$):

Lúc này dòng điện sẽ đi qua kênh theo chiều từ cực dương của nguồn vào cực D và ra cực S để trở về âm nguồn của U_{DD} , kênh có tác dụng như một điện trở (hình 4.2).

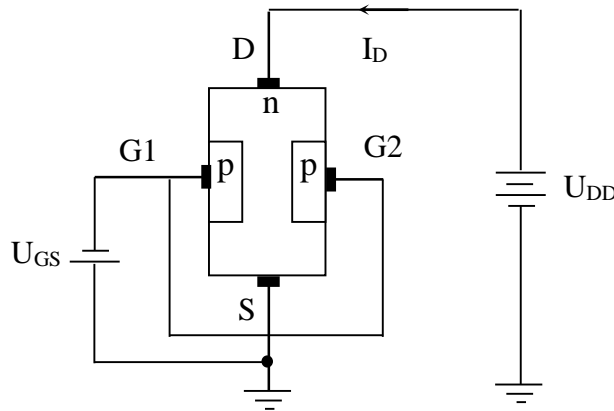


Hình 4.2: JFET kênh n khi $U_{GS} = 0V$ và $U_{DS} > 0V$.

Nếu tăng điện thế U_{DS} từ $0V$ lên thì dòng I_D tăng lên nhanh nhưng sau đó đến một điện thế giới hạn thì dòng I_D không tăng được nữa gọi là dòng điện bão hòa I_{DSS} . Điện thế U_{DS} có I_{DSS} gọi là điện thế ngắt U_p .

Khi cực G có điện thế âm ($U_{GS} < 0V$):

Khi cực G có điện thế âm nối vào thì sẽ làm cho tiếp xúc p-n phân cực ngược, làm cho điện tử trong chất bán dẫn của kênh n bị đẩy và làm thu hẹp tiết diện kênh, nên điện trở kênh dẫn tăng lên, dòng I_D giảm xuống.



Hình 4.3: JFET kênh n khi cực G có điện thế âm.

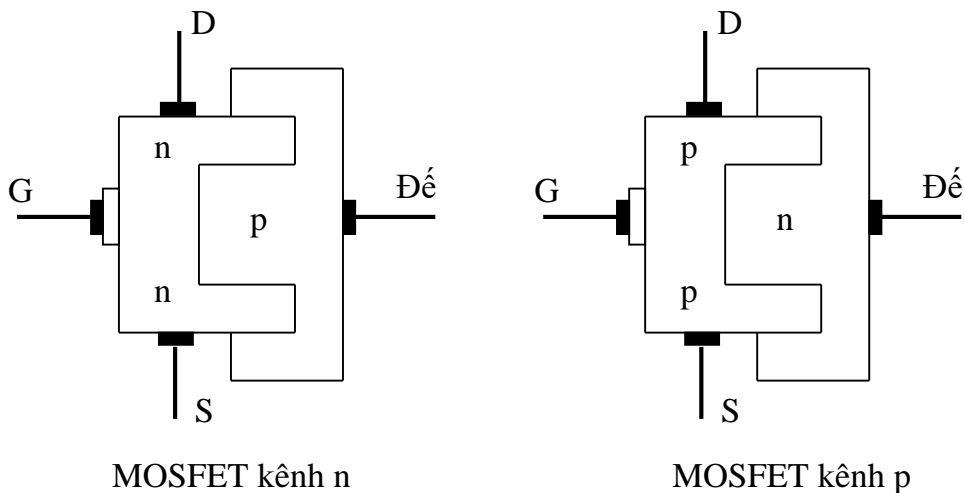
Khi tăng điện thế âm ở cực G thì mức phân cực ngược càng lớn làm dòng I_D càng giảm nhỏ và đến một giá trị giới hạn thì dòng I_D gần như không còn. Điện thế này ở cực G gọi điện thế ngắt U_p .

1.3.2. Transistor trường MOSFET

MOSFET được chia làm hai loại: MOSFET kênh có sẵn và MOSFET cảm ứng. Mỗi loại đều có phân loại theo chất bán dẫn là kênh n hay kênh p. Ta chỉ xét các loại MOSFET kênh n và suy ra cấu tạo ngược lại cho kênh p.

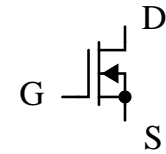
1.3.2.1. MOSFET kênh có sẵn (DMOSFET)

- Cấu tạo

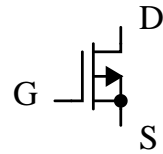


Hình 4.4: Cấu tạo của MOSFET kênh có sẵn.

Kí hiệu:



Kênh n



Kênh p

Cấu tạo DMOS cho trên hình (4.4) cho thấy rõ hai đặc điểm quan trọng:

Đã có sẵn một kênh dẫn điện loại n hoặc loại p nối thông giữa hai cực D và S của nó.

Cực cửa nằm cách ly với kênh qua một lớp điện môi SiO₂ mỏng cỡ μm .

- Tính chất

Khi $U_{GS} = 0V$: trường hợp này kênh dẫn điện có tác dụng như một điện trở, khi tăng U_{DS} thì dòng I_D tăng lên đến một trị số giới hạn là I_{DSS} (dòng I_D bão hòa). Điện áp U_{DS} ở trị số I_{DSS} cũng gọi là điện áp ngắt U_p .

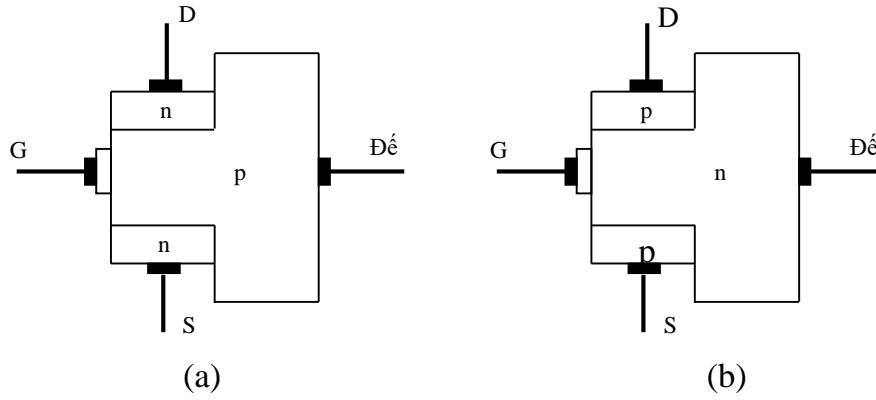
Khi $U_{GS} < 0V$: khi này cực G có điện thế âm nên đẩy các điện trở ở kênh n vào vùng nền p làm thu hẹp tiết diện kênh dẫn n và dòng I_D giảm xuống do điện trở kênh dẫn tăng lên. Khi tăng điện thế âm ở cực G thì dòng I_D càng giảm nhỏ và đến một trị số giới hạn dòng I_D gần như không còn.

Khi $U_{GS} > 0V$: khi phân cực cho cực G có điện thế dương thì các điện tử thiểu số ở miền p bị hút vào vùng n nên làm tăng tiết diện kênh, điện trở kênh bị giảm xuống và dòng I_D tăng cao hơn trị số bão hòa I_{DSS} . Lúc này MOSFET dễ hỏng nên ít được sử dụng.

1.3.2.2. MOSFET kênh cảm ứng (EMOSFET)

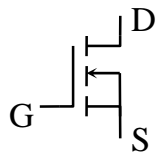
- Cấu tạo

Hình (4.5a) trình bày cấu tạo của EMOSFET kênh n, điểm khác biệt là chưa có kênh dẫn điện nối cực D và S khi điện áp cực cửa $U_{GS} = 0V$, chỉ khi đặt lên cực cửa một điện áp thích hợp cực tính dương $U_{GS} > 0V$ sẽ xuất hiện điện tích trái dấu (điện tử) trong vùng bán dẫn đối diện với cực G và lúc này xuất hiện một kênh dẫn điện bằng điện tử (kênh n).

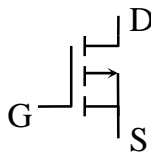


Hình 4.5: Cấu tạo của EMOSFET kênh n (a) và kênh p (b).

Kí hiệu:



Kênh n



Kênh p

- Tính chất

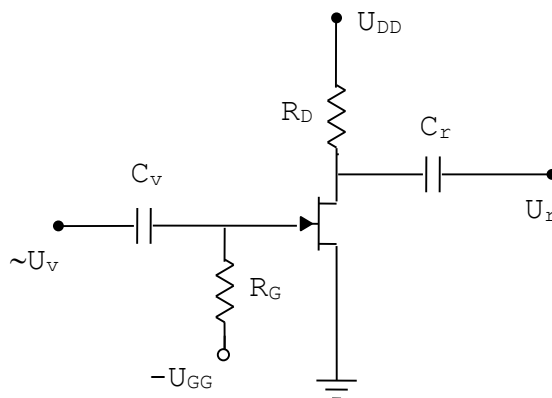
Do cấu tạo của kênh cảm ứng nên bình thường không có dòng điện qua kênh, $I_D = 0A$ và điện trở giữa D và S rất lớn.

Khi phân cực cho G có $U_{GS} > 0V$ thì điện tích dương ở cực G sẽ hút các điện tích của nền p về phía giữa của hai vùng bán dẫn n và khi lực hút đủ lớn thì số điện tử bị hút nhiều hơn đủ để nối liền hai vùng bán dẫn n và kênh được liên tục. Khi đó có dòng I_D đi từ D sang S, điện thế phân cực cho G càng tăng thì dòng I_D càng lớn. Điện thế U_{GS} đủ lớn để tạo thành kênh dẫn điện gọi là điện thế ngưỡng $U_{GS(Th)}$.

2. Phân cực cho transistor trường

2.1. Phân cực cho JFET

2.1.1. Phương pháp dùng thiên áp cực cửa $U_{GS} < 0$



Hình 4.6: Mạch điện thiên áp cực cửa cho JFET.

Ở chế độ tĩnh (khi chưa có tín hiệu xoay chiều), ta có:

$$I_G \approx 0 \quad \text{và} \quad U_{RG} = 0V \quad ;$$

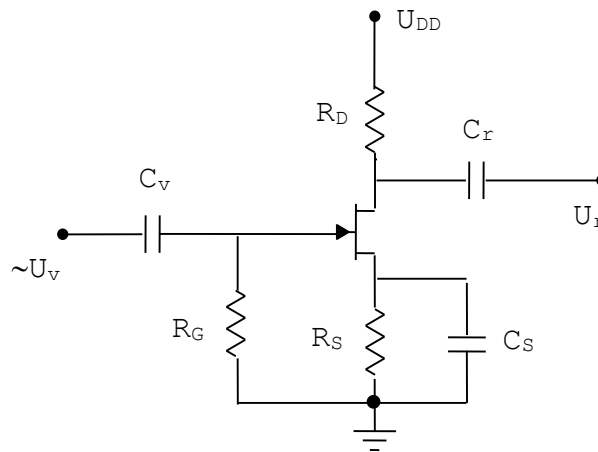
$$U_{GS} = -U_{GG} \quad \text{và} \quad I_D = I_{DSS}(1 - U_{GS}/U_p)^2$$

Điện trở cực cửa R_D làm nhiệm vụ dẫn điện áp $-U_{GG}$ tới cực cửa. Điện áp trên cực máng được xác định như sau:

$$U_{DS} = U_{DD} - I_D \cdot R_D \quad \text{và} \quad U_D = U_{DS}$$

2.1.2. Phương pháp tự cấp thiên áp

Là phương pháp có độ ổn định cao và được sử dụng phổ biến.



Hình 4.7: Mạch điện thiên áp tự cấp.

Ở chế độ tĩnh (1 chiều), tụ điện có thể thay thế bằng hở mạch và điện trở R_G được ngắn mạch vì $I_G = 0A$.

Dòng chạy qua R_S là dòng I_S , mà $I_S = I_D$ nên:

$$U_{R_S} = I_D \cdot R_S$$

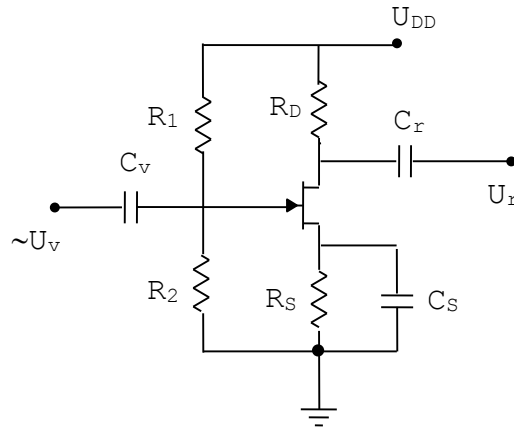
$$U_{GS} = -U_{R_S} = -I_D \cdot R_S$$

Điện áp trên cực máng được xác định như sau:

$$U_{DS} = U_{DD} - I_D (R_D + R_S)$$

$$\Rightarrow U_D = U_{DS} + U_S = U_{DD} - U_D.$$

2.1.3. Phân cực bằng bộ chia áp



Hình 4.8: Mạch điện phân cực bằng bộ chia áp.

Ở chế độ tĩnh, $I_G = 0A$ thì $I_{R1} = I_{R2}$ và điện áp đặt lên cực G lúc này là:

$$U_G = \frac{R_2 \cdot U_{DD}}{R_1 + R_2}$$

mà $U_G = U_{GS} + U_{RS}$

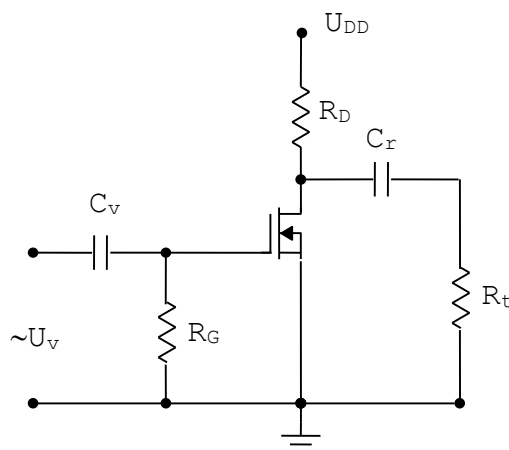
nên $U_{GS} = U_G - U_{RS} = U_G - I_D \cdot R_S$ ($I_S = I_D$)

Ta có: $U_{DS} = U_{DD} - I_D(R_D + R_S)$

và $U_D = U_{DD} - I_D \cdot R_D$

2.2. Phân cực cho MOSFET

2.2.1 MOSFET kênh có sẵn

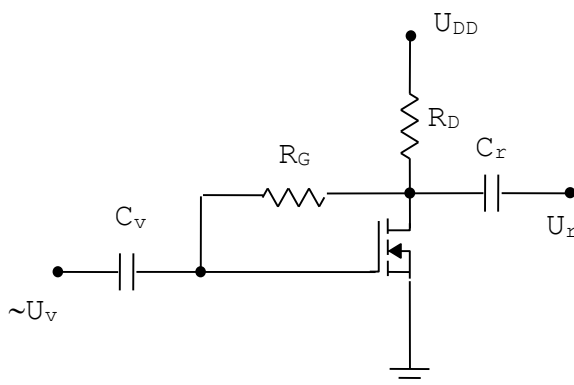


Hình 4.9: Mạch điện phân cực cho DMOSFET kênh n.

Xét DMOS kênh n, phương thức điều khiển dòng cực máng của điện áp cực cửa khi DMOS ở chế độ khuếch đại điện áp mắc cực nguồn chung (SC) như hình (4.14).

Khi $U_{GS} = 0$ dòng $I_D = I_{DSS}$ ứng với bán kỳ dương của U_v , DMOS làm việc ở chế độ dòng I_D tăng theo U_v (hay U_{GS}); khi $U_v < 0V$ thì dòng I_D giảm khi U_{GS} giảm.

2.2.2 MOSFET kênh cảm ứng



Hình 4.10: Mạch điện phân cực hồi tiếp cho EMOS kênh n.

Ở chế độ tĩnh, khi $I_D = 0A$ và $U_{RG} = 0V$, ta có :

$$U_D = U_G \quad \text{và} \quad U_{DS} = U_{GS}$$

Ở đầu ra: $U_{DS} = U_{DD} - I_D.R_D$

$$U_{GS} = U_{DD} - I_D.R_D$$

2.3. Trình tự thực hiện

2.3.1. Các bước và cách thực hiện công việc

2.3.1.1 Thiết bị, dụng cụ, vật tư

(Tính cho một ca thực hành gồm 20HSSV)

TT	Loại trang thiết bị	Số lượng
1	Đồng hồ vạn năng VOM	10 cái
2	Điện trở các loại, tụ điện các loại, Diode các loại, FET các loại.	100 con
3	Mỗi sinh viên chuẩn bị tài liệu thực hành, testboard lắp mạch, dây điện	10 bộ
4	Xưởng thực hành	1

2.3.1.2. Quy trình thực hiện

2.3.1.2.1. Quy trình tổng quát

TT	Tên các bước công việc	Thiết bị, dụng cụ, vật tư	Tiêu chuẩn thực hiện công việc	Lỗi thường gặp, cách khắc phục
1	Thí nghiệm	Testboard, điện trở các loại, tụ điện các loại, FET các loại, diode các loại, dây điện, đồng hồ vạn năng VOM	Thực hiện đúng qui trình cụ thể được mô tả ở mục 2.3.1.2.2.1.	-Thí nghiệm sai thao tác - Thao tác với đồng hồ VOM chưa chính xác - Ghi chép kết quả sai * Cần nghiêm túc thực hiện đúng qui trình, qui định của GVHD
2	Ghi kết quả thí nghiệm	Tài liệu thực hành, bút	Ghi chép đúng chính xác kết quả thí nghiệm	
3	Nộp tài liệu thu thập, ghi chép được cho GVHD	Giấy, bút, , tài liệu ghi chép được.	Đảm bảo đầy đủ khối lượng	
4	Thực hiện vệ sinh công nghiệp	- Testboard, điện trở, tụ điện, diode các loại, FET các loại, đồng hồ VOM, dây điện - Giẻ lau sạch	-Sạch sẽ	

2.3.1.2.2. Quy trình cụ thể

2.3.1.2.2.1. Thí nghiệm xác định chân, kiểm tra tính tốt/xấu của FET và lắp mạch phân cực cho FET

a. Kiểm tra các thiết bị và linh kiện

b. Tiến hành thí nghiệm: Mỗi nhóm 2 sinh viên, trong đó một sinh viên thực hiện phép đo và lắp mạch, một sinh viên đọc kết quả và ghi kết quả đo.

c. Ghi kết quả thí nghiệm

2.3.1.2.2.2. Nộp tài liệu thu thập, ghi chép được cho giáo viên hướng dẫn

2.3.1.2.2.3. Thực hiện vệ sinh công nghiệp

2.3.2. Bài tập thực hành

2.3.2.1. Chuẩn bị thiết bị, dụng cụ, vật tư

2.3.2.2. Chia nhóm

Mỗi nhóm 2 sinh viên thực hành

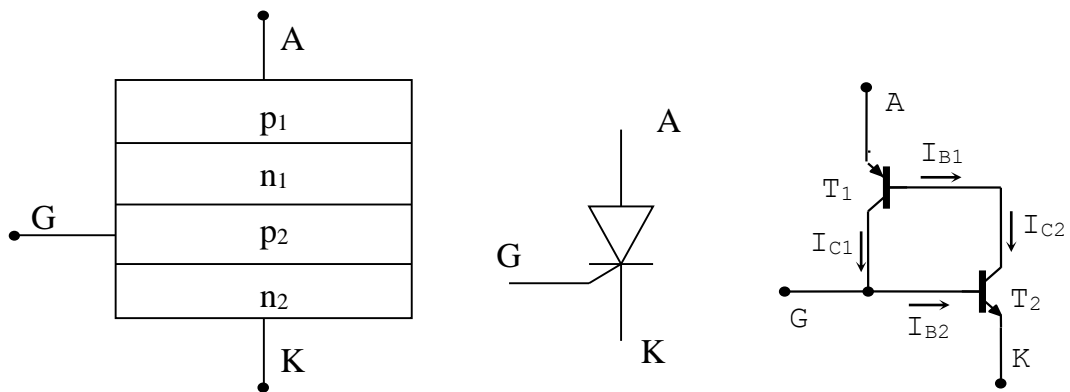
2.3.2.3. Thực hiện quy trình tổng quát và cụ thể

2.3.3. Yêu cầu về đánh giá kết quả

Mục tiêu	Nội dung	Điểm
Kiến thức	- Trình bày được các mạch phân cực cho JFET - Trình bày được các mạch phân cực cho MOSFET	4
Kỹ năng	- Thực hiện đúng thao tác thí nghiệm. - Kỹ năng làm việc theo nhóm. - Kỹ năng ghi chép và tính toán.	4
Thái độ	- Chăm thận, lắng nghe, ghi chép, từ tốn, thực hiện tốt vệ sinh công nghiệp	2
Tổng		10

II. THYRISTOR (SCR)

1. Cấu tạo, kí hiệu



Hình 4.11: Cấu tạo, kí hiệu và sơ đồ tương đương của SCR.

SCR là linh kiện gồm 4 lớp bán dẫn xen kẽ nhau $p_1n_1p_2n_2$; trên các miền p_1 , n_2 và p_2 tương ứng lấy ra các cực anod A, catod K và cực điều khiển G.

2. Nguyên lý hoạt động

Khi $U_A < U_K$: SCR phân cực ngược nên SCR tắt và chỉ tồn tại dòng rò.

$U_{AK} > U_{BR}$ (Breakdown) thì dòng qua SCR tăng lên làm cho SCR dễ bị đánh thủng. Nếu giảm điện áp U_{AK} xuống dưới mức U_{BR} thì dòng điện cũng không giảm về được mức dòng rò. SCR đã bị hỏng.

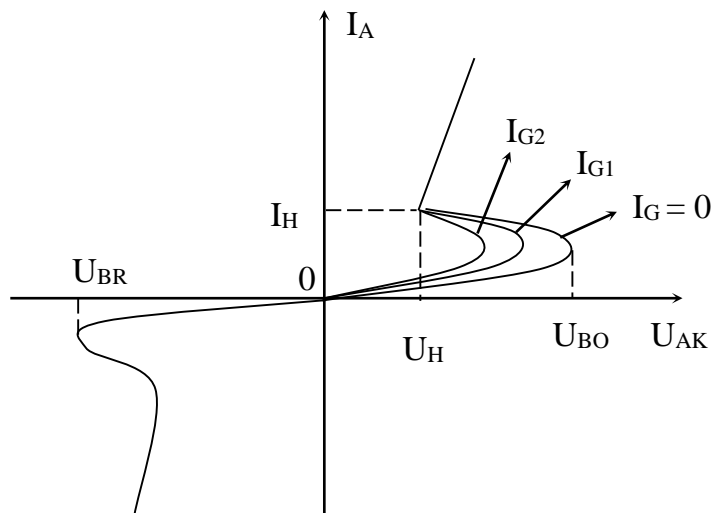
Khi $U_A > U_K$ nhưng U_{AK} còn nhỏ.

$U_G = 0$ thì SCR tắt nên dòng qua cũng chỉ là dòng rò.

Tăng U_{AK} đến mức $\geq U_{BO}$ (Breakover) thì SCR chuyển từ tắt sang dẫn làm cho U_{AK} giảm và dòng I_A tăng nên ta nói SCR có đặc tính điện trở âm.

U_{AK} tiếp tục giảm đến U_H và dòng I_A tăng đến I_H thì dòng qua SCR biến thiên theo điện áp U_{AK} như diode thường.

Khi U_{AK} phân cực thuận và có tín hiệu U_G đến cực G thì SCR nhanh chóng dẫn. Đến lúc này nếu tiếp tục kích vào cực G hoặc ngưng kích thì SCR vẫn dẫn. Như vậy, SCR có thể dẫn nhờ cực công nhưng không thể tắt bằng cực công. Đây là đặc tính tự giữ của SCR.



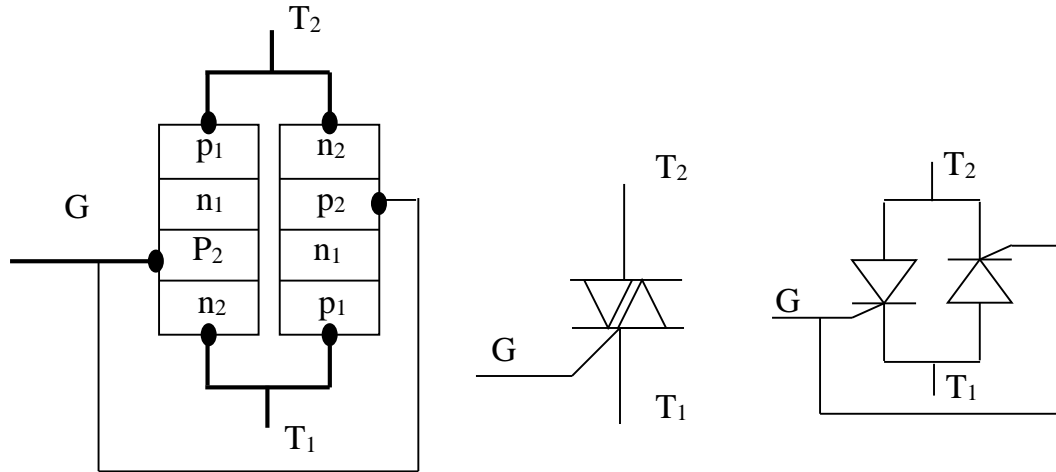
Hình 4.12: Đặc tuyến Von-Ampe của SCR.

III. TRIAC VÀ DIAC

1. Triac

1.1. Cấu tạo, kí hiệu

Cấu tạo của triac gồm 2 phần tử SCR mắc song song đối đầu nhau và có chung cực điều khiển G. Do vậy, triac có khả năng điều khiển dòng điện xoay chiều.

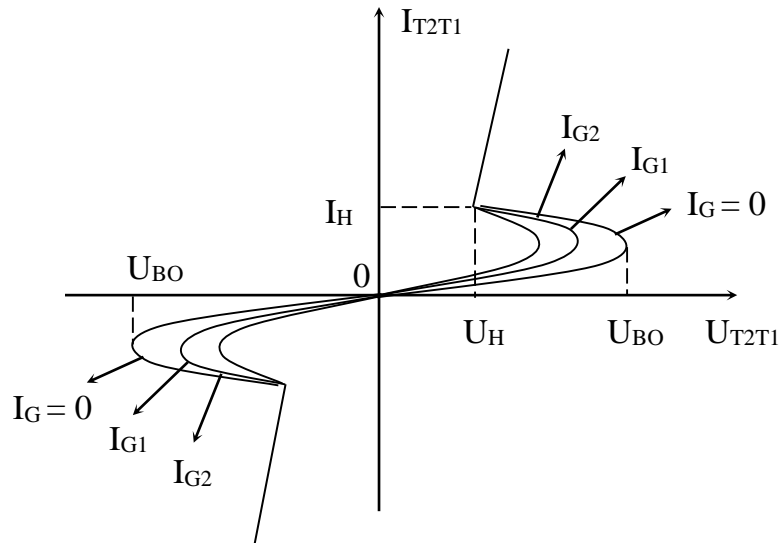


Hình 4.13: Cấu tạo, ký hiệu và sơ đồ tương đương với 2 SCR song song ngược của Triac.

1.2. Nguyên lý hoạt động

Triac có 4 chế độ làm việc, nhưng thường gặp nhất là Triac làm việc ở chế độ 1; các chế độ còn lại thường yêu cầu dòng điều khiển IG lớn hơn.

T	G	Chế độ
+	+	1
+	-	2
-	+	3
-	-	4



Hình 5.4: Đặc tuyến Von-Ampe của Triac.

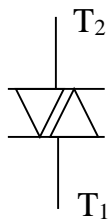
Đặc tuyến V-A của Triac gồm hai đoạn đặc tuyến ở góc phần tư thứ nhất và thứ ba, mỗi đoạn đều giống đặc tuyến thuận của SCR.

2. Diac

2.1. Cấu tạo, kí hiệu

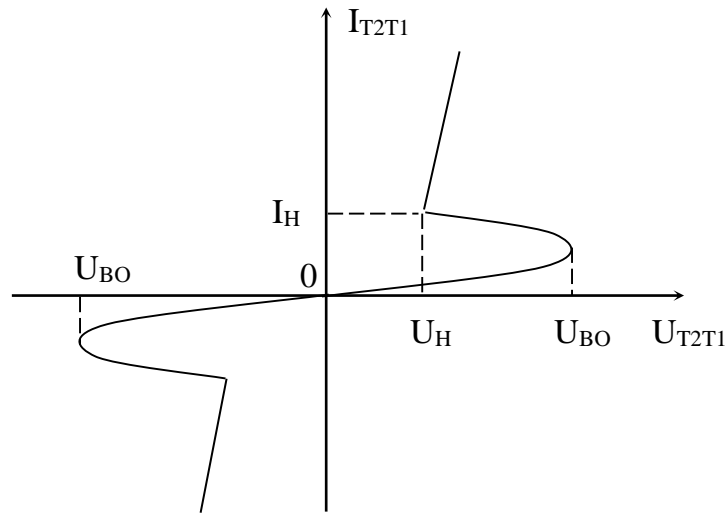
Diac là linh kiện bán dẫn mà cho phép dòng điện chạy qua cả hai chiều. Cấu tạo giống Triac nhưng khác Triac là không có cực điều khiển G.

Kí hiệu:



2.2. Nguyên lý hoạt động

Nếu điện thế U_{T2T1} tăng đến mức $> U_{BO}$ thì Diac chuyển từ tắt sang dẫn và làm cho U_{T2T1} giảm và dòng I_{T2T1} tăng. U_{T2T1} giảm đến giá trị U_H và I_{T2T1} tăng đến I_H thì dòng I_{T2T1} qua Diac lúc này biến thiên theo điện thế U_{T2T1} như diode thường.



Hình 5.5. Đặc tuyến Von-Ampe của Diac.

3. Trình tự thực hiện

3.1. Các bước và cách thực hiện công việc

3.1.1 Thiết bị, dụng cụ, vật tư

(Tính cho một ca thực hành gồm 20HSSV)

TT	Loại trang thiết bị	Số lượng
1	Đồng hồ vạn năng VOM	10 cái
2	Điện trở các loại, tụ điện các loại, Diode các loại, SCR các loại, Triac và Diac các loại.	100 con
3	Mỗi sinh viên chuẩn bị tài liệu thực hành, testboard lắp mạch, dây điện	10 bộ
4	Xưởng thực hành	1

3.1.2. Quy trình thực hiện

3.1.2.1. Quy trình tổng quát

TT	Tên các bước công việc	Thiết bị, dụng cụ, vật tư	Tiêu chuẩn thực hiện công việc	Lỗi thường gặp, cách khắc phục

1	Thí nghiệm	Testboard, điện trở các loại, tụ điện các loại, diode các loại, SCR các loại, Triac và Diac các loại, dây điện, đồng hồ vạn năng VOM	Thực hiện đúng qui trình cụ thể được mô tả ở mục 3.1.2.2.1.	-Thí nghiệm sai thao tác - Thao tác với đồng hồ VOM chưa chính xác - Ghi chép kết quả sai * Cần nghiêm túc thực hiện đúng qui trình, qui định của GVHD
2	Ghi kết quả thí nghiệm	Tài liệu thực hành, bút	Ghi chép đúng chính xác kết quả thí nghiệm	
3	Nộp tài liệu thu thập, ghi chép được cho GVHD	Giấy, bút, , tài liệu ghi chép được.	Đảm bảo đầy đủ khối lượng	
4	Thực hiện vệ sinh công nghiệp	- Testboard, điện trở, tụ điện, diode các loại, SCR các loại, Triac và Diac các loại, đồng hồ VOM, dây điện - Giẻ lau sạch	-Sạch sẽ	

3.1.2.2. Quy trình cụ thể

3.1.2.2.1. Thí nghiệm xác định chân, kiểm tra tính tốt/xấu của SRC, TRIAC và DIAC

a. Kiểm tra các thiết bị và linh kiện

b. Tiến hành thí nghiệm: Mỗi nhóm 2 sinh viên, trong đó một sinh viên thực hiện phép đo và ghi kết quả đo.

c. Ghi kết quả thí nghiệm

3.1.2.2.2. Nộp tài liệu thu thập, ghi chép được cho giáo viên hướng dẫn

3.1.2.2.3. Thực hiện vệ sinh công nghiệp

3.2. Bài tập thực hành

3.2.1. Chuẩn bị thiết bị, dụng cụ, vật tư

3.2.2. Chia nhóm

Mỗi nhóm 2 sinh viên thực hành

3.2.3. Thực hiện quy trình tổng quát và cụ thể

3.3. Yêu cầu về đánh giá kết quả

Mục tiêu	Nội dung	Điểm
Kiến thức	- Trình bày được cấu tạo, kí hiệu và nguyên lý hoạt động của SCR - Trình bày được cấu tạo, kí hiệu và nguyên lý hoạt động của TRIAC - Trình bày được cấu tạo, kí hiệu và nguyên lý hoạt động của DIAC	4
Kỹ năng	- Thực hiện đúng thao tác thí nghiệm. - Kỹ năng làm việc theo nhóm. - Kỹ năng ghi chép và tính toán.	4
Thái độ	- Chăm thận, lắng nghe, ghi chép, từ tốn, thực hiện tốt vệ sinh công nghiệp	2
Tổng		10

CÂU HỎI ÔN TẬP VÀ BÀI TẬP

1. Trình bày cấu tạo và kí hiệu qui ước của JFET?
2. Trình bày nguyên lý làm việc của JFET?
3. Trình bày nguyên lý làm việc của MOSFET?
4. Nêu các cách phân cực cho JFET
5. Nêu các cách phân cực cho MOSFET

7. Trình bày cấu tạo, kí hiệu của SCR?
8. Nêu nguyên lý hoạt động của SCR?
9. Trình bày cách xác định chân của SCR?
10. Nêu cách xác định tốt xấu của SCR?
11. Trình bày cấu tạo, kí hiệu và nguyên lý làm việc của TRIAC
12. Trình bày cấu tạo, kí hiệu và nguyên lý làm việc của DIAC
13. Nêu các ứng dụng của TRIAC và DIAC trên thực tế

BÀI 5: MẠCH KHUẾCH ĐẠI TÍN HIỆU DÙNG BJT

Mục tiêu:

Sau khi học xong chương này, học sinh sinh viên có khả năng:

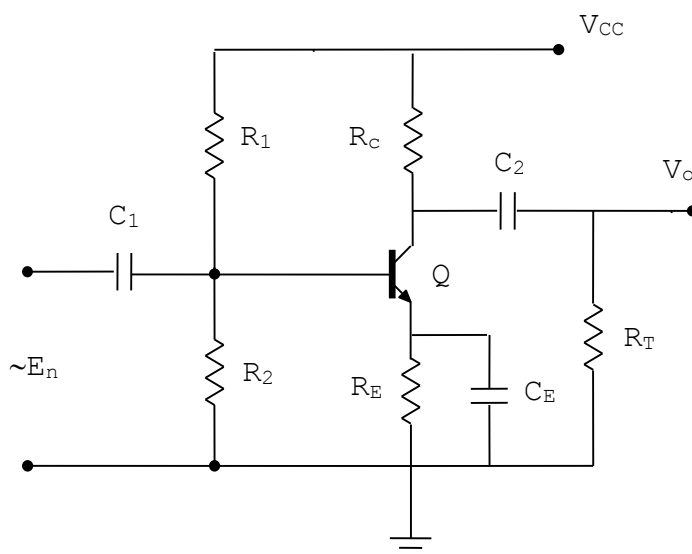
- Trình bày chính xác sơ đồ mạch điện, tác dụng của các linh kiện và các Ứng dụng của các mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ dùng Transistor lưỡng cực.
- Phân tích đúng nguyên lý hoạt động của các mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ dùng Transistor lưỡng cực.
- Trình bày đúng phương pháp tính toán cho các mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ dùng Transistor lưỡng cực.
- Lắp ráp và cân chỉnh chế độ các mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ dùng Transistor lưỡng cực đúng chỉ tiêu kỹ thuật.
- Chẩn đoán, kiểm tra và sửa chữa được các hỏng hóc của các mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ dùng Transistor lưỡng cực.
- Rèn luyện tính kiên nhẫn, cẩn thận, có ý thức tự giác, tính kỷ luật cao, tinh thần trách nhiệm trong công việc. Chủ động và sáng tạo trong học tập.

Nội dung chính:

- Mạch khuếch đại EC
- Mạch khuếch đại BC
- Mạch khuếch đại CC
- Mạch khuếch đại Darlington

I. MẠCH KHUẾCH ĐẠI EC

1. Sơ đồ mạch



Hình 5.1: Mạch điện một tầng khuếch đại EC.

2. Tác dụng linh kiện

R_1, R_2 : điện trở phân cực cho cực B của BJT.

R_C : điện trở phân cực tải cực C của BJT.

R_E : điện trở phân cực ổn định nhiệt.

C_1 : tụ liên lạc ngõ vào (nhằm chống ảnh hưởng của nội trở của nguồn tín hiệu xoay chiều đến chế độ một chiều của tầng khuếch đại).

C_2 : tụ liên lạc ngõ ra.

C_E : tụ thoát xoay chiều ở cực E của BJT.

E_n : nguồn tín hiệu.

R_T : điện trở tải.

3. Nguyên lý hoạt động

Ở chế độ một chiều (tĩnh), ta có:

$$V_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC}$$

$$V_E = V_B - V_{BE}$$

$$I_E = \frac{V_E}{R_E}$$

$$V_C = V_{CC} - I_C R_C$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$$

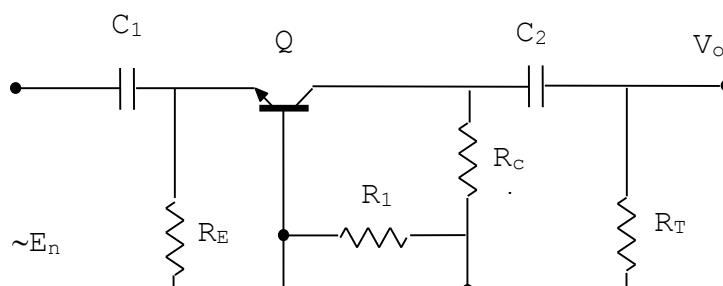
Ở bán kỳ dương, tín hiệu vào làm I_B tăng dẫn đến I_C cũng tăng theo làm cho V_C giảm xuống và tín hiệu ra giảm theo.

Ở bán kỳ âm, tín hiệu vào làm I_B giảm nên I_C cũng giảm cho ta điện áp V_C tăng lên và tín hiệu ra tăng.

Vậy, tầng khuếch đại EC có tín hiệu ra ngược pha với tín hiệu vào.

II. MẠCH KHUẾCH ĐẠI BC

1. Sơ đồ mạch



Hình 56.2: Mạch điện một tầng khuếch đại BC

2. Tác dụng linh kiện

C1, C2: các tụ liên lạc ngõ vào và ngõ ra

RE: điện trở phân cực chân E

R1, R2: điện trở phân cực chân B

RC: điện trở phân cực chân C

RT: tải ngõ ra

3. Nguyên lý hoạt động

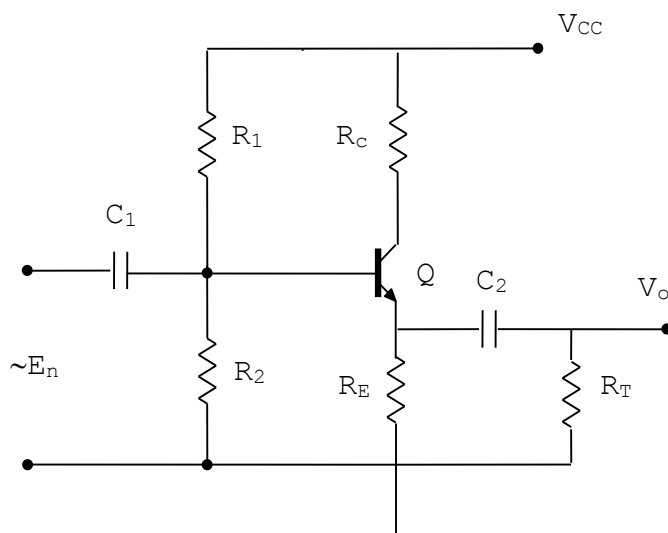
Ở bán kỳ dương, tín hiệu vào làm IE giảm nên dòng IC cũng giảm dẫn đến VC tăng và tín hiệu ra tăng.

Ở bán kỳ âm, tín hiệu vào làm dòng IE tăng nên dòng IC tăng và điện áp VC giảm cho tín hiệu ra giảm.

So với mạch khuếch đại EC và CC thì mạch BC ít được dùng hơn vì hệ số khuếch đại điện áp của nó lớn trong khi hệ số khuếch đại dòng điện bé hơn 1

III. MẠCH KHUẾCH ĐẠI CC

1. Sơ đồ mạch



Hình 5.3: Mạch điện một tầng khuếch đại CC

2. Tác dụng linh kiện

C_1, C_2 : các tụ liên lạc ngõ vào và ngõ ra

R_1, R_2 : điện trở phân cực chân B

R_C : điện trở phân cực chân C

R_E : điện trở phân cực chân E

R_T : tải ngõ ra

3. Nguyên lý hoạt động

Ở chế độ tĩnh, ta có:

$$V_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC}$$

$$V_E = V_B - V_{BE}$$

$$I_E = \frac{V_E}{R_E}$$

$$V_C = V_{CC} - I_C R_C$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_E (R_C + R_E)$$

Ở bán kỳ dương, tín hiệu vào làm I_B tăng nên dòng I_E cũng tăng kéo theo điện áp V_E tăng và tín hiệu ra tăng.

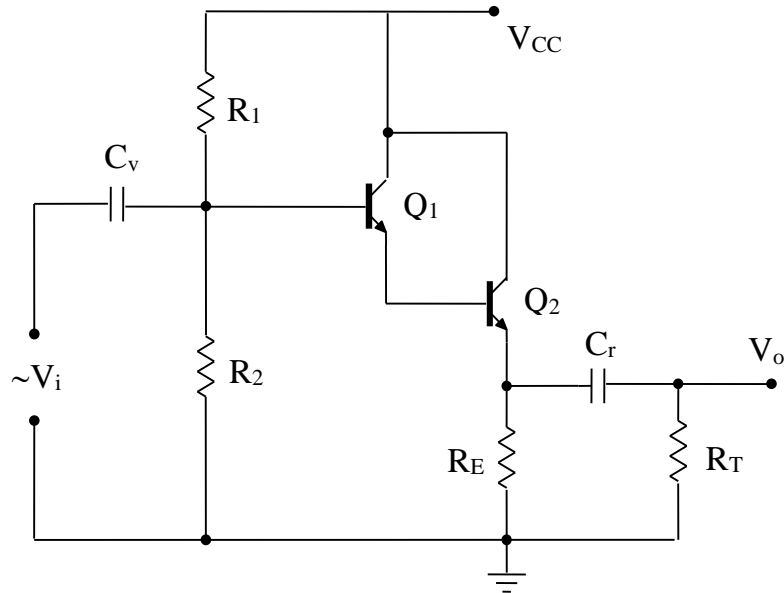
Ở bán kỳ âm, tín hiệu vào làm I_B giảm kéo theo dòng I_E giảm xuống làm cho điện áp V_E cũng giảm theo và tín hiệu ra giảm.

Mạch khuếch đại CC cho tín hiệu ra cùng pha với tín hiệu vào

IV. MẠCH KHUẾCH ĐẠI DARLINGTON

1. Sơ đồ mạch

Mạch khuếch đại Darlington là mạch biến dạng của mạch khuếch đại CC, mạch có trở kháng vào lớn và hệ số khuếch đại dòng điện thật lớn.



Hình 5.4: Mạch khuếch đại Darlington.

2. Tác dụng linh kiện

C_v : tụ liên lạc ngõ vào

C_r : tụ liên lạc ngõ ra

R_1, R_2 : điện trở phân cực chân B

R_e : điện trở phân cực chân E

Q_1, Q_2 : mắc darlington

3. Nguyên lý hoạt động

Mạch Darlington cơ bản có sơ đồ như hình 6.4, trong đó cực E1 nối trực tiếp vào cực B2 nên $I_{E1} = I_{B2}$.

$$\text{Transistor } Q_1 \text{ có: } I_{E1} \cong I_{C1} = \beta_1 \cdot I_{B1} \quad (6.1)$$

$$\text{Transistor } Q_2 \text{ có: } I_{E2} \cong I_{C2} = \beta_2 \cdot I_{B2} \quad (6.2)$$

Do mạch Darlington có $I_{E2} = I_{B2}$ nên khi thay (6.1) vào (6.2), ta có:

$$I_{E2} = \beta_2 \cdot I_{B2} = \beta_2 \cdot I_{E1} = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot I_{B1}$$

Suy ra: $I_{E2} = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot I_{B1}$

Nếu gọi dòng điện ngõ vào của mạch là I_i thì $I_i = I_{B1}$, dòng điện ngõ ra của mạch là I_o thì $I_o = I_{E2}$ và gọi β là độ khuếch đại dòng điện của toàn bộ mạch thì:

$$\beta = \frac{I_o}{I_i} = \frac{I_{E2}}{I_{B1}} = \beta_1 \cdot \beta_2$$

Giả sử Q1 có $\beta_1 = 100$ và Q2 có $\beta_2 = 80$

\Rightarrow độ khuếch đại dòng điện của mạch Darlington là $\beta = \beta_1 \cdot \beta_2 = 100 \cdot 80 = 8000$

Như vậy, dòng điện ra trên tải sẽ bằng 8000 lần dòng điện ở ngõ vào. Mạch Darlington có độ khuếch đại dòng điện rất lớn.

4. Trình tự thực hiện

4.1. Các bước và cách thực hiện công việc

4.1.1 Thiết bị, dụng cụ, vật tư

(Tính cho một ca thực hành gồm 20HSSV)

TT	Loại trang thiết bị	Số lượng
1	Đồng hồ vạn năng VOM, testboard, dây điện	10 cái
2	Điện trở các loại, tụ điện các loại, BJT, diode	100 con
3	Mỗi sinh viên chuẩn bị tài liệu thực hành	10 bộ
4	Xưởng thực hành	1

4.1.2. Quy trình thực hiện

4.1.2.1. Quy trình tổng quát

TT	Tên các bước công việc	Thiết bị, dụng cụ, vật tư	Tiêu chuẩn thực hiện công việc	Lỗi thường gặp, cách khắc phục
1	Thí nghiệm	Testboard, điện trở các loại, tụ điện các loại, BJT, diode, dây điện, đồng hồ vạn năng VOM	Thực hiện đúng qui trình cụ thể được mô tả ở mục 4.1.2.2.1.	-Thí nghiệm sai thao tác - Thao tác với đồng hồ VOM chưa chính xác

2	Ghi kết quả thí nghiệm	Tài liệu thực hành, bút	Ghi chép đúng chính xác kết quả thí nghiệm	- Ghi chép kết quả sai * Cần nghiêm túc thực hiện đúng qui trình, qui định của GVHD
3	Nộp tài liệu thu thập, ghi chép được cho GVHD	Giấy, bút, , tài liệu ghi chép được.	Đảm bảo đầy đủ khối lượng	
4	Thực hiện vệ sinh công nghiệp	- Testboard, điện trở, tụ điện, BJT, diode, đồng hồ VOM, dây điện - Giẻ lau sạch	-Sạch sẽ	

4.1.2.2. Quy trình cụ thể

4.1.2.2.1. Thí nghiệm lắp các mạch khuếch đại tín hiệu dung BJT

a. Kiểm tra các thiết bị và linh kiện

b. Tiến hành thí nghiệm: Mỗi nhóm 2 sinh viên, trong đó một sinh viên thực hiện lắp mạch và đo, một sinh viên đọc kết quả và ghi kết quả đo.

c. Ghi kết quả thí nghiệm

4.1.2.2.2. Nộp tài liệu thu thập, ghi chép được cho giáo viên hướng dẫn

4.1.2.2.3. Thực hiện vệ sinh công nghiệp

4.2. Bài tập thực hành

4.2.1. Chuẩn bị thiết bị, dụng cụ, vật tư

4.2.2. Chia nhóm

Mỗi nhóm 2 sinh viên thực hành

4.2.3. Thực hiện quy trình tổng quát và cụ thể

4.3. Yêu cầu về đánh giá kết quả học tập

Mục tiêu	Nội dung	Điểm
Kiến thức	- Trình bày được về sơ đồ mạch điện, tác dụng linh kiện và nguyên lý làm việc của các mạch khuếch đại tín hiệu dung BJT	4

<i>Kỹ năng</i>	- Thực hiện đúng thao tác thí nghiệm. - Kỹ năng làm việc theo nhóm. - Kỹ năng ghi chép và tính toán.	4
<i>Thái độ</i>	- Chăm thận, lắng nghe, ghi chép, từ tốn, thực hiện tốt vệ sinh công nghiệp	2
Tổng		10

CÂU HỎI ÔN TẬP VÀ BÀI TẬP

1. Trình bày sơ đồ mạch điện và nguyên lý làm việc của mạch khuếch đại EC
2. So sánh ưu nhược điểm của mạch khuếch đại EC, BC, CC
3. Trình bày sơ đồ mạch điện và nguyên lý làm việc của mạch khuếch đại Darlington

DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Mạch điện tử trong công nghiệp *Nguyễn Tấn Phước - NXB Tổng hợp TP. HCM, 2003*
- [2] Kỹ thuật điện tử 1 *Lê Xuân Thế, Nguyễn Kim Giao - NXB Giáo dục, Hà Nội, 2003*
- [3] Giáo trình kỹ thuật mạch điện tử *Đặng Văn Chuyết - NXB Giáo dục, Hà Nội, 2003.*
- [4] Kỹ thuật điện tử *Đỗ Xuân Thụ - NXB Giáo dục, Hà Nội, 2005.*
- [5] Phân tích mạch tranzito *Đỗ Thanh Hải, Nguyễn Xuân Mai - NXB Thống kê, Hà Nội, 2002.*