

فصل ۸

تنظیم‌کننده‌های ولتاژ



هدف‌های فصل

دانشی	مهارتی	نگرشی
۱- آشنایی با ایده استفاده شده برای افزایش جریان خروجی تنظیم‌کننده‌های ثابت	۱- توانایی مقایسه ویژگی‌های رگولاتورهای خطی و مجتمع	۱- شناخت بلوک‌های مختلف یک منبع تغذیه DC
۲- آشنایی با عوامل اساسی که میزان تثبیت یا تغییر ولتاژ خروجی رگولاتور وابسته به آنها است	۲- توانایی توضیح نحوه عمل هر یک از اجزای مبدل DC به DC	۲- شناخت نقش زوج دارلینگتون در رگولاتورها
۳- آشنایی با نحوه عمل مدارهای محافظ رگولاتور	۳- توانایی توضیح بلوک دیاگرام رگولاتور با فیدبک و توصیف مختصر عملکرد هر یک از اجزای آن	۳- شناخت بلوک‌های مختلف یک منبع تغذیه کلیدزنی
۴- آشنایی با ایده اساسی مبدل DC به DC	۴- توانایی محاسبه درصد تنظیم ولتاژ رگولاتور	

سرفصل‌ها و عناوین اصلی

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

مفاهیم اساسی فصل

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

مراحل پیشنهادی برای تدریس

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

دانستنی‌ها و پیش نیازهای مورد نیاز برای آسان شدن یادگیری مطالب فصل

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

مهارت‌های اصلی معرفی شده در فصل که یادگیری آنها برای دانش‌آموزان ضروری است.

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

نحوه ارزشیابی و مقدار زمان اختصاص داده شده به هر قسمت از فصل

همکاران محترم می‌توانند با توجه به وضعیت درسی دانش‌آموزان در میزان زمان در نظر گرفته شده برای هر قسمت یا روش ارزشیابی، به صلاحدید خود تجدید نظر کنند. زمان بندی با توجه به بودجه بندی ارائه شده در کتاب الکترونیک عمومی ۲، سطح کلاس و نظر معلم انجام می‌شود.

سرفصل مطالب	هدف‌ها در قلمرو دانش، مهارت و نگرش	محتوا و فعالیت‌های یادگیری	روش‌های پیشنهادی برای ارزشیابی	ابزارهای اندازه‌گیری پیشنهادی	زمان پیشنهادی برای تدریس (ساعت)	توضیحات
رگولاتور ولتاژ	آشنایی با ضرورت استفاده از رگولاتور ولتاژ در مدارهای الکتریکی و همچنین جایگاه آن در مدار منبع تغذیه. توانایی محاسبه درصد تنظیم ولتاژ	بحث، مطالعه، حل تمرین	تکوینی، مجموعی	تشریحی، محاسباتی	۱	سؤال در مورد فواید استفاده از رگولاتور ولتاژ و نقش بلوک‌های مختلف در مدار منبع تغذیه به صورت تشریحی طرح سؤالات محاسباتی در رابطه با درصد تنظیم ولتاژ
ضرایب تثبیت رگولاتور ولتاژ	آشنایی با عوامل اساسی مؤثر در تثبیت یا تغییر ولتاژ رگولاتور و توانایی محاسبه ضرایب تثبیت رگولاتور	مطالعه، حل تمرین	مجموعی	تشریحی، محاسباتی	۵٪	سؤال در مورد تعاریف ضرایب تثبیت ولتاژ به صورت تشریحی طرح سؤالاتی برای محاسبه ضرایب تثبیت رگولاتور ولتاژ
رگولاتور زنی	آشنایی با چگونگی بکارگیری دیود زنر به منظور تنظیم و تثبیت ولتاژ	مطالعه، بحث	تکوینی	تشریحی	۵٪	سؤال در مورد ساختار رگولاتور زنی و نقش دیود زنر در آن در قالب سؤالات تشریحی

رگولاتور ولتاژ با تقویت‌کننده جریان	آشنایی با نحوه استفاده آرایش تقویت‌کننده کلکتور مشترک برای افزایش جریان رگولاتور	بحث	تکوینی	تشریحی	۱	پرسش در مورد دلیل استفاده از تقویت‌کننده کلکتور مشترک و همچنین مزیت استفاده از زوج دارلینگتون
رگولاتور ولتاژ با فیدبک	آشنایی با بلوک دیاگرام رگولاتور با فیدبک و توانایی توضیح نقش هر یک از اجزای آن	بحث، مطالعه	تکوینی، مجموعی	تشریحی	۲	سؤال در مورد چگونگی استفاده از راهکار فیدبک در کنترل و تثبیت ولتاژ خروجی رگولاتور و نقش هر یک از بلوک‌های تشکیل‌دهنده آن
رگولاتور جریان	آشنایی با چگونگی به‌کارگیری رگولاتور ولتاژ برای تولید یک جریان ثابت در خروجی	بحث، مطالعه	تکوینی، مجموعی	تشریحی، محاسباتی	۵/۰	طرح پرسش‌های تشریحی در مورد عملکرد کلی مدار طرح سؤالات محاسباتی در مورد میزان ولتاژها و جریان‌های قسمت‌های مختلف مدار
تنظیم‌کننده‌های مجتمع	آشنایی با ویژگی‌ها، بلوک دیاگرام داخلی و انواع تنظیم‌کننده‌های مجتمع	بحث، مطالعه، حل تمرین	تکوینی، مجموعی	تشریحی، محاسباتی	۳	طرح سؤالات تشریحی در مورد ویژگی‌ها و بلوک‌های سازنده تنظیم‌کننده‌های مجتمع پرسش در مورد ولتاژها و ویژگی‌های کمی رگولاتور مجتمع در قالب سؤالات محاسباتی
مبدل DC به DC	آشنایی با ایده اساسی استفاده شده در این مبدل	بحث، مطالعه	تکوینی، مجموعی	تشریحی	۱/۵	پرسش در مورد نقش هر یک از بلوک‌های تشکیل‌دهنده مبدل در قالب سؤالات تشریحی
اساس کار رگولاتورهای کلیدزنی	آشنایی با مزایای رگولاتورهای کلیدزنی در مقایسه با رگولاتورهای خطی و توانایی محاسبه پارامترهای مرتبط با این تنظیم‌کننده	مطالعه، حل تمرین	تکوینی، مجموعی	تشریحی، محاسباتی	۲	طرح سؤالات تشریحی در مورد ویژگی‌های رگولاتورهای کلیدزنی و بلوک‌های سازنده آن سؤالات محاسباتی در رابطه با ولتاژ خروجی رگولاتورهای کلیدزنی و چرخه کار آنها

۸-۱- پیشگفتار (صفحه ۱۷۵ از کتاب درسی)

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

آزمونک ۱

ولتاژ خروجی یک منبع تغذیه تحت تأثیر چه عواملی ممکن است تغییر کند؟

پاسخ: جریان بار، ولتاژ ورودی منبع تغذیه یا شرایط محیطی نظیر درجه حرارت از جمله عواملی هستند که ممکن است در ولتاژ خروجی یک منبع تغذیه تغییر ایجاد کنند.

۸-۲- رگولاتور ولتاژ (صفحه ۱۷۶ از کتاب درسی)

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

آزمونک ۲

نقش ترانسفورماتور در مدار منبع تغذیه DC چیست و آیا می‌تواند فرکانس سیگنال ورودی را تغییر دهد؟

پاسخ: ترانسفورماتور در مدار منبع تغذیه DC در طبقه اول و برای کاهش دامنه ولتاژ AC استفاده می‌شود. این قطعه قادر به تغییر فرکانس سیگنال ورودی نیست.

فرصت یاددهی - یادگیری

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

۸-۳- رگولاتور زنری (صفحه ۱۷۹ از کتاب درسی)

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

آزمونک ۳

هنگام استفاده از دیود زنر در مدار رگولاتور زنری به چه مشخصاتی از دیود باید توجه کرد؟ توضیح دهید.
پاسخ: هنگام استفاده از دیود زنر بایستی به مقدار توان مجاز و مقاومت سری با آن توجه داشت. اگر توان اعمالی به دیود بیشتر از مقدار بیشینه قابل تحمل آن باشد دیود آسیب دیده و نمی تواند نقش مورد انتظار را در مدار ایفا کند. همچنین اگر مقدار مقاومت سری با دیود زنر به درستی انتخاب نشود نمی تواند جریان اضافی ورودی به دیود را محدود کند.

۸-۴- رگولاتور با مدار فیدبک (صفحه ۱۸۲ از کتاب درسی)

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

✓ پاسخ به سؤالات الگوی پرسش ۹-۸ (صفحه ۱۸۸ از کتاب درسی)

۱-۹-۸- پاسخ: غلط

۲-۹-۸- پاسخ: صحیح

۳-۹-۸- پاسخ: در رگولاتور با فیدبک نمونه گیر قسمتی از ولتاژ خروجی را به مدار مقایسه کننده برمی گرداند.

۴-۹-۸- پاسخ: مدار رگولاتور جریان شامل یک رگولاتور ولتاژ است که جریان مصرف کننده را ثابت نگه می دارد.

۵-۹-۸- پاسخ: با نوشتن یک KVL در حلقه شامل دیود زنر، پیوند بیس-امیتر و مقاومت بار داریم:

$$KVL: V_Z + V_{BE} + R_L I_L = V^V \quad (25\Omega \times 0.2A) = 5V^V$$

و گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

۶-۹-۸- پاسخ: از آنجا که برای جریان بار داریم V_{ou}/R_L ، ظاهراً با دو برابر شدن مقدار مقاومت بار مقدار جریان

بار نصف می شود. از آنجا که جریان بار تقریباً همان جریان امیتر ترانزیستور است به نظر می رسد افت ولتاژ دو سر مقاومت R_E نیز باید نصف شود، ولی چون مقدار ولتاژ دو سر دیود زنر ثابت است ولتاژ پیوند امیتر-بیس افزایش می یابد. این افزایش موجب افزایش جریان امیتر و در نتیجه جریان بار می شود و جریان بار در همان حد قبلی ثابت می ماند، لذا گزینه ۲ صحیح است.

۷-۹-۸- پاسخ: با جایگذاری مقادیر داده شده در رابطه تنظیم ولتاژ داریم:

$$V_R = \frac{(V_{ONL} - V_{OFL})}{V_{OFL}} = \left[\frac{(100 - 95)}{95} \right] \times 100 = 5.26\%$$

۸-۹-۸- پاسخ:

$$I_L = \frac{V_L}{R_L} = \frac{9/3^V}{1K\Omega} = 9/3^{mA} \quad V_L \quad V_Z \quad V_{BE} \quad 10 \quad 0.7 \quad 9/3^V \quad \text{(الف)}$$

(ب) از آنجا که در سؤال ذکر شده $I_E = I_C$ و جریان امیتر همان جریان بار است جریان کلکتور نیز برابر $9/3^{mA}$ است.

(پ) با نوشتن معادله ولتاژ در حلقه شامل منبع ولتاژ ورودی، مقاومت R و دیود زنر، می توان ولتاژ دو سر مقاومت R و جریان

$$KVL: V_i = R I_R + V_Z \rightarrow 20^V = 5K\Omega (I_R) + 10^V \rightarrow I_R = \frac{10^V}{5K\Omega} = 2^{mA} \quad \text{آن را محاسبه کرد:}$$

(ت) با نوشتن معادله جریان در گره شامل مقاومت R ، کلکتور ترانزیستور و منبع ولتاژ ورودی می توان جریان منبع را محاسبه کرد:

$$I_S \quad I_C \quad I_R \quad 9/3 \text{ mA} \quad 2 \text{ mA} \quad 11/3 \text{ mA}$$

۹-۸- پاسخ :

$$V_L \quad V_Z \quad V_{BE} \quad 10 \text{ V}$$

(الف)

$$I_L \quad V_L/R_L \quad 10 \text{ V}/4 \text{ K}\Omega \quad 2/675 \text{ mA}$$

(ب)

(پ) این جریان با نوشتن معادله ولتاژ در حلقه ورودی قابل محاسبه است :

$$\text{KVL: } V - R_S I_S - V_Z - V_{BE} \rightarrow 20 \text{ V} - 2 \text{ K}\Omega I_S - 10 \text{ V} \rightarrow$$

$$I_S = \frac{(20-10/7) \text{ V}}{2 \text{ K}\Omega} = 4/65 \text{ mA}$$

(ت) جریان زنر با نوشتن معادله جریان در حلقه ورودی قابل محاسبه است. در نوشتن این معادله باید به این نکته توجه کرد که جریان I_S ، جریان های دیود زنر، جریان بار و جریان کلکتور ترانزیستور را تأمین می کند.

$$\text{KCL: } I_S = I_Z + (I_C + I_L)$$

جریان دیود همان جریان بیس ترانزیستور است که برابر است با $\frac{I_C}{\beta}$:

$$I_S = I_Z + (I_C + I_L) \quad \frac{I_C}{\beta} + (I_C + I_L)$$

$$\rightarrow 4/65 \text{ mA} - I_C (1 + \frac{1}{\beta}) = 2/675 \text{ mA} \rightarrow I_C = (4/65 - 2/675) / (1 + \frac{1}{50}) = 1/936 \text{ mA}$$

$$\rightarrow I_Z = I_C / \beta = 1/936 \text{ mA} / 50 = 38/72 \mu\text{A}$$

۱۰-۹-۸- پاسخ :

A	B	C	D
ولتاژ مبنا	عنصر کنترل کننده و عبور دهنده جریان	آشکارساز خطا	مدار نمونه گیر

$$I_{L \max} = \frac{0/6}{R_S} \rightarrow R_S = \frac{0/6}{2^A} = 0/3 \Omega$$

۱۱-۹-۸- پاسخ :

۱۲-۹-۸- پاسخ : برای تثبیت ولتاژ خروجی رگولاتور روی ۱۲ ولت بایستی مقادیر مقاومت های مدار نمونه گیر به نحوی

انتخاب شوند که ولتاژ نمونه گیری شده در حالت تعادل برابر با ولتاژ مرجع باشد که در اینجا ولتاژ دیود زنر است :

$$V_Z = \frac{V_O R_3}{(R_2 + R_3)} \rightarrow 6/2 \text{ V} = \frac{12 R_3}{(R_2 + R_3)} \rightarrow 12 = 6/2 (\frac{R_2}{R_3} + 1) \rightarrow$$

$$\frac{R_2}{R_3} = 0/935$$

۸-۵- تنظیم کننده های مجتمع سه سر (صفحه ۱۸۹ از کتاب درسی)

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

آزمونک ۴

عیوب اصلی تنظیم کننده های مجتمع اولیه را نام برده و آنها را با جدیدترین نسل تنظیم کننده ها مقایسه کنید.

پاسخ : عیوب اصلی تنظیم کننده های مجتمع اولیه، نیاز به اجزای خارجی زیاد و همچنین تعداد پایه های زیاد در ساختار

آنها است در حالیکه نسل جدید تنظیم کننده ها فقط دارای سه پایه اتصال بوده و به جز یک جفت خازن بای پس به جزء خارجی دیگری احتیاج ندارند.

عیب اصلی تنظیم کننده های معمولی چیست؟

پاسخ: اتلاف توان در ترانزیستورهای عبوری و نیاز به گرماگیر بزرگ
در جدول ۱ چند نوع از رگولاتورهای مجتمع از خانواده LM300 با یکدیگر مقایسه شده اند.

جدول ۱- ویژگی های چند نمونه از رگولاتورهای ولتاژ مجتمع رایج

ولتاژ خروجی (ولت)	جریان خروجی (آمپر)	عملکرد	نام قطعه
۱/۲ تا ۳۲	۵	ولتاژ مثبت قابل تنظیم	LM ۳۳۸
۱/۲ تا ۳۲	۳	ولتاژ مثبت قابل تنظیم	LM ۳۵
۱/۲ تا ۳۷	۱/۵	ولتاژ مثبت قابل تنظیم	LM ۳۱۷
-۱/۲ تا -۳۲	۳	ولتاژ منفی قابل تنظیم	LM ۳۳۳
-۱/۲ تا -۳۷	۱/۵	ولتاژ منفی قابل تنظیم	LM ۳۳۷
۵	۳	ولتاژ مثبت ثابت	LM ۳۲۳
۱۵، ۱۲، ۵	۱	ولتاژ مثبت ثابت	LM ۳۴
-۵	۳	ولتاژ منفی ثابت	LM ۳۴۵
-۵، -۱۲، -۱۵	۱/۵	ولتاژ منفی ثابت	LM ۳۲

✓ پاسخ به سؤالات الگوی پرسش ۱۳-۸ (صفحه ۱۹۴ از کتاب درسی)

۱-۱۳-۸- پاسخ: صحیح

۲-۱۳-۸- پاسخ: غلط

۳-۱۳-۸- پاسخ: گزینه ۱ صحیح است

۴-۱۳-۸- پاسخ: طبق مطالب گفته شده در بخش ۱۲-۸ از کتاب درسی برای جریان I داریم:

$$I = I_{reg} \left(\frac{R_2}{R_1} \right) = 0/5^A (2) = 1^A$$

$$I_L \quad I \quad I_{reg} \quad 1/5^A$$

۵-۱۳-۸- پاسخ: وقتی مقدار ماکزیمم خود را دارد مقدار ولتاژ خروجی حداکثر می شود:

$$V_{out(max)} = V_{REF} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{ADJ} R_2 = 1/25^V \left(1 + \frac{3^{K\Omega}}{250^{\Omega}} \right) + 100^{\mu A} (3^{K\Omega}) = 16/55^V$$

۶-۱۳-۸- پاسخ: ولتاژ خروجی برابر مجموع ولتاژ تنظیم شده ۵ ولتی و ولتاژ دو سر مقاومت ۱ کیلو اهمی است:

$$I_O = \frac{5^V}{500^{\Omega}} = 10^{mA}$$

$$V_O \quad 5^V \quad (10^{mA} \times 1^{K\Omega}) \quad 15^V$$

۷-۱۳-۸- پاسخ: ولتاژ خروجی برابر مجموع ولتاژ رگوله شده و ولتاژ دیود زنر است:

$$V_O \quad V_{reg} - V_z \quad 5 \quad 12 \quad 17^V$$

۸-۱۳-۸ پاسخ: مقادیر حداقل و حداکثر ولتاژ خروجی به ترتیب با مقادیر می نیمم (صفر اهم) و ماکزیمم (۳۰ اهم) مقاومت R_T حاصل می شود:

$$V_{ou (min)} = V_{RE} (1 + R_T/R_1) - I_{ADJ} R_T = 12^V (1 + 0) - 12^V$$

$$V_{ou (max)} = V_{RE} (1 + R_T/R_1) - I_{ADJ} R_T = 12^V (1 + 30/240) - 13/5^V$$

۹-۱۳-۸ پاسخ:

الف) چون رگولاتور داده شده جز خانواده ۷۸XX است ولتاژ خروجی ۹ در خروجی آن تولید می شود.
ب) مقادیر حداقل و حداکثر ولتاژ خروجی به ترتیب با مقادیر می نیمم (صفر اهم) و ماکزیمم (۱ کیلو اهم) مقاومت R_T حاصل می شود. با در نظر گرفتن $I_Q = 0$ داریم:

$$V_{ou (min)} = V_{REG} (1 + R_T/R_1) - I_Q = 9^V (1 + 0) - 9^V$$

$$V_{ou (max)} = V_{REG} (1 + R_T/R_1) - I_Q = 9^V (1 + 1000/330) - 36/27^V$$

از آنجا که ولتاژ ورودی آی سی رگولاتور ۷۸۰۹ در این مدار ۳۲/۶ ولت است، لذا ولتاژ خروجی ماکزیمم بیشتر از ۳۲/۶ ولت نخواهد شد.

۸-۶- مبدل dc به dc (صفحه ۱۹۵ از کتاب درسی)

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

 آزمونک ۶

فرکانس موج مربعی تولید شده توسط نوسان ساز به کارگرفته شده در مدار شکل ۸-۵۳ کتاب درسی توسط چه عاملی تعیین می شود.
پاسخ: در این مدار، فرکانس نوسان ساز توسط خازن و مقاومت بین پایه وارونگر و خروجی (R_T) تعیین می شود.

۸-۷- تنظیم کننده های کلیدزنی (صفحه ۱۹۶ از کتاب درسی)

۸-۷-۱ تنظیم کننده کاهنده

مباحث ۸-۷ و ۸-۷-۱ در لوح فشرده ضمیمه کتاب آمده است.

۸-۷-۲ تنظیم کننده افزایشنده (دانش افزایی): این مبحث جهت دانش افزایی است و در لوح فشرده ضمیمه کتاب آمده است.

۸-۷-۳ تنظیم کننده معکوس کننده: این مبحث جهت دانش افزایی است و در لوح فشرده ضمیمه کتاب آمده است.

۸-۷-۴ تنظیم کننده بازگشتی^۱: این مبحث جهت دانش افزایی است و در لوح فشرده ضمیمه کتاب آمده است.

☒ پاسخ به سؤالات الگوی پرسش ۸-۱۶ (صفحه ۲۰۱ از کتاب درسی)

۸-۱۶-۱ پاسخ: بهترین فرکانس کار نوسان ساز در مدار مبدل DC به DC برابر ۲۰ کیلو هرتز است.

۲-۱۶-۸- پاسخ : غلط

۳-۱۶-۸- پاسخ : گزینه ۲ صحیح است.

۴-۱۶-۸- پاسخ : با استفاده از رابطه بین ولتاژ ورودی، چرخه کار و ولتاژ خروجی داریم :

$$V_{ou} \quad DV_n \rightarrow V_{ou} \quad 15^V \quad 20^V \times 75\%$$

و گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

۵-۱۶-۸- پاسخ : برای چرخه کار داریم :

$$D = \left(\frac{\text{پهنای پالس}}{\text{زمان تناوب}} \right) = \frac{1}{3}$$

و گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

۶-۱۶-۸- پاسخ : اشکال اساسی این نوع از رگولاتورها توان تلفاتی بالای آنها است. برای کاهش اثرات ناشی از افزایش

درجه حرارت بایستی از گرماگیرهای بزرگ استفاده کرد که باعث حجیم شدن این نوع از تنظیم کننده ها می شود.

۷-۱۶-۸- پاسخ : حدود ۲۰ KHz

۸-۱۶-۸- پاسخ : نحوه عمل این مدار یک تنظیم کننده کاهنده است در بخش ۸-۷-۱ از کتاب حاضر شرح داده

شده است.

۹-۱۶-۸- پاسخ : در این مدار وقتی که کلید باز است جریان کاهشی سلف موجب روشن شدن دیود می شود. در واقع

دیود در هنگام باز بودن کلید موجب حفظ سلف در مدار شامل خازن و بار می شود و به این ترتیب یک جریان کاهشی به بار می رسد.

✓ نکته آموزشی

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

موضوعات پیشنهادی برای تحقیق و ارائه آن به صورت سمینار

۱- ساخت رگولاتور ولتاژ با تقویت کننده جریان به صورت تک ترانزیستوری و با استفاده از زوج دارلینگتون

۲- ساخت مدارهای محافظ دیودی و ترانزیستوری برای یک رگولاتور نوعی

۳- ساخت یک نمونه مدار رگولاتور جریان

۴- ساخت مدارهای رگولاتور ولتاژ با استفاده از رگولاتورهای مجتمع از خانواده های ۷۸xx ، ۷۹xx و LM317

موضوعات پیشنهادی برای تحقیق و ارائه آن به صورت سمینار در لوح فشرده ضمیمه کتاب آمده است.

اجرای نرم افزار

برای اجرای دقیق آموزش و عمق دادن به مفاهیم تشریح شده لازم است کلیه فرآیندهای آموزش که با استفاده از نرم افزار مولتی سیم قابل اجرا است را از قبل اجرا کنید و آن را برای هنرجویان در کلاس به نمایش درآورید، همچنین از آنان بخواهید که در خارج از ساعات کلاسی به اجرای موارد مطرح شده به صورت نرم افزاری بپردازند. اشاره ای هم داشته باشید به کتاب کارگاه الکترونیک عمومی که در آن اجرای عملی و نرم افزاری توصیه شده است. در کتاب آزمایشگاه مجازی جلد ۲ با کد ۴۶۶/۶ تمام مراحل اجرا شده و فایل های اجرا شده در لوح فشرده در ضمیمه کتاب وجود دارد.

فصل ۹

الکترونیک صنعتی



هدف‌های فصل

نگرشی	مهارتی	دانشی
<p>۱- شناخت قطعات اصلی مورد استفاده در کاربردهای الکترونیک صنعتی</p> <p>۲- درک مزیت‌های قطعات الکترونیک صنعتی</p> <p>در مقایسه با ترانزیستور در برخی از کاربردهای عملی</p>	<p>۱- توانایی شرح کار قطعات الکترونیک صنعتی ذکر شده در کتاب با استفاده از ساختمان و مدارهای معادل آن‌ها</p> <p>۲- توانایی توضیح نحوه عملکرد و علت استفاده از هر یک از قطعات مورد استفاده در مدارهای عملی ذکر شده در کتاب</p> <p>۳- توانایی مقایسه ویژگی‌های قطعات ذکر شده در کتاب</p> <p>۴- توانایی توضیح نحوه عملکرد قطعات مختلف با استفاده از منحنی ولت - آمپر آن‌ها</p> <p>۵- توانایی انتخاب قطعه مناسب با توجه به یک کاربرد خاص</p>	<p>۱- فراگیری شرایط مورد نیاز برای روشن و خاموش شدن قطعات الکترونیک صنعتی ذکر شده در کتاب</p> <p>۲- آشنایی با برخی از کاربردهای اصلی قطعات الکترونیک صنعتی</p>

سرفصل‌ها و عناوین اصلی

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

مفاهیم اساسی فصل

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

دانستنی‌ها و پیش نیازهای مورد نیاز برای آسان شدن یادگیری مطالب فصل

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

مهارت‌های اصلی معرفی شده در فصل که یادگیری آنها برای دانش‌آموزان ضروری است.

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

ارتباط مباحث مطرح شده در فصل با فناوری‌های رایج

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

نحوه ارزشیابی و مقدار زمان اختصاص داده شده به هر قسمت از فصل

همکاران محترم می‌توانند با توجه به وضعیت درسی دانش‌آموزان در میزان زمان در نظر گرفته شده برای هر قسمت یا روش ارزشیابی، به صلاحدید خود تجدید نظر کنند. زمان بندی با توجه به بودجه بندی ارائه شده در کتاب الکترونیک عمومی ۲، سطح کلاس و نظر معلم انجام می‌شود.

سرفصل مطالب	هدف‌ها در قلمرو دانش، مهارت و نگرش	محتوا و فعالیت‌های یادگیری	روش‌های پیشنهادی برای ارزشیابی	ابزارهای اندازه‌گیری پیشنهادی	زمان پیشنهادی برای تدریس (ساعت)	توضیحات
دیود چهار لایه	آشنایی با مشخصات کلی دیود چهار لایه	مطالعه	تکوینی	تشریحی	۲	پرسش در مورد ویژگی‌های اساسی دیود چهارلایه در قالب سؤالات تشریحی
یکسوساز کنترل شده سیلیکونی SCR	آشنایی با ساختمان، طرز کار، مدار معادل ترازستوری، مشخصه ولت – آمپر و برخی از کاربردهای اصلی SCR	مطالعه، بحث، حل تمرین	تکوینی، مجموعی	تشریحی	۶	پرسش در مورد ساختمان، شرایط لازم برای روشن و خاموش کردن و نقش SCR در مدارهای عملی در قالب سؤالات تشریحی
SCR نوری	آشنایی با نماد، طرز کار و برخی کاربردهای SCR نوری	مطالعه، بحث	مجموعی	تشریحی	۱	پرسش در مورد نحوه عملکرد این قطعه و نقش آن در مدارهای عملی در قالب سؤالات تشریحی
کلید قابل کنترل سلیکونی (SCS)	آشنایی با نماد، مدار معادل ترازستوری، طرز کار و کاربردهای SCS	مطالعه، بحث	مجموعی	تشریحی	۲	پرسش در مورد نحوه عملکرد این قطعه، روش‌های خاموش کردن و کاربردهای آن در قالب سؤالات تشریحی

دایاک	آشنایی با ساختمان، طرز کار، مدار معادل و مشخصه ولت - آمپر دایاک	مطالعه، بحث	تکوینی، مجموعی	تشریحی	۲	پرسش در مورد ساختمان، مزیت‌ها و شرایط لازم برای به کارگیری دایاک در مدارات مختلف در قالب سؤالات تشریحی
ترایاک	آشنایی با ساختمان، طرز کار، مدار معادل و مشخصه ولت - آمپر دایاک	مطالعه، بحث	تکوینی، مجموعی	تشریحی	۲	پرسش در مورد ساختمان، مزیت‌ها و شرایط لازم برای به کارگیری ترایاک در قالب سؤالات تشریحی
ترانزیستور تک اتصال	آشنایی با ساختمان، طرز کار، مدار معادل، منحنی مشخصه و برخی از کاربردهای ترانزیستور تک اتصال	مطالعه، بحث، حل تمرین	تکوینی، مجموعی	تشریحی و محاسباتی	۲/۵	پرسش در مورد ساختمان، نحوه عمل و شرایط لازم برای استفاده از UJT در نواحی مختلف در قالب سؤالات تشریحی طرح سؤالات محاسباتی برای یافتن ولتاژ و جریان پایه‌های مختلف این قطعه در شرایط عملکرد مختلف
ترانزیستور تک قطبی قابل برنامه ریزی	آشنایی با ساختمان، طرز کار، منحنی مشخصه و برخی از کاربردهای ترانزیستور تک قطبی قابل برنامه ریزی	مطالعه، بحث، حل تمرین	تکوینی، مجموعی	تشریحی و محاسباتی	۲/۵	پرسش در مورد ساختمان، نحوه عمل و شرایط لازم برای استفاده از PUT در نواحی مختلف در قالب سؤالات تشریحی طرح سؤالات محاسباتی برای یافتن ولتاژ و جریان پایه‌های مختلف این قطعه در شرایط عملکرد مختلف

۹-۱- پیشگفتار (صفحه ۲۰۲ از کتاب درسی)

۹-۲- یکسوساز کنترل شده سیلیکونی (SCR) (صفحه ۲۰۷ از کتاب درسی)

مباحث ۹-۱ و ۹-۲ در لوح فشرده ضمیمه کتاب آمده است.

آزمونک ۱

تفاوت اساسی عملکرد SCR با دیودهای معمولی چیست؟

پاسخ: تفاوت اصلی این قطعه با دیودهای معمولی در چگونگی انتقال از حالت قطع به حالت وصل است. در این قطعه تنها بایاس مستقیم آند به کاتد برای روشن شدن SCR کافی نیست و بایستی یک پالس با دامنه مثبت نیز به گیت آن اعمال شود.

نکته آموزشی

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

فرصت یاددهی - یادگیری

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

آزمونک ۲

روش‌های خاموش کردن SCR را نام ببرید.

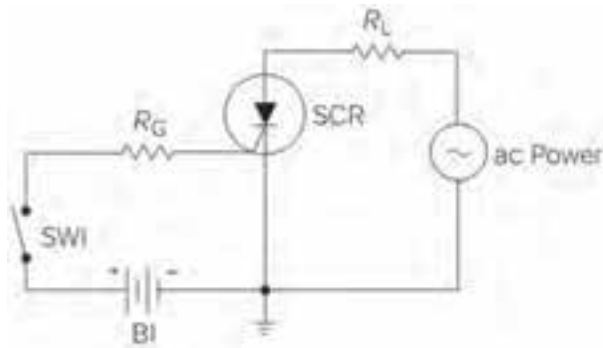
پاسخ: چهار راهکار اصلی برای خاموش کردن SCR وجود دارد که عبارت است از صفر کردن لحظه‌ای ولتاژ آند، قطع

جریان آند، اتصال کوتاه کردن آند به کاتد و ایجاد جریانی بر خلاف جهت جریان عبوری از SCR.

✓ فرصت یاددهی - یادگیری

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

مثال ۱: مدار شکل ۹-۱ را در نظر بگیرید. مادامی که کلید SW_1 باز است، R_L هیچ توانی از منبع AC دریافت نمی کند زیرا



شکل ۹-۱

SCR در هیچ کدام از نیم سیکل های منبع هدایت نخواهد کرد. اگر SW_1 با اعمال یک سیگنال مثبت پیوسته به گیت آن بسته شود، نیمی از توان تأمینی توسط منبع AC به بار می رسد. در این شرایط SCR مشابه یک دیود عمل می کند و جریان را تنها در طی نیم سیکل مثبت و وقتی که به صورت مستقیم بایاس شده است عبور می دهد. از مقاومت R_G برای محافظت گیت در برابر افزایش بیش از اندازه جریان استفاده شده است.

اگر کلید SW_1 بتواند به سرعت باز و بسته شود به نحوی که یک پالس مثبت به گیت SCR در زمانی اعمال شود که سیگنال نیم سیکل مثبت دارای مقدار بیشینه خود باشد، SCR تنها در نیمی از نیم سیکل مثبت هدایت می کند و در این حالت بار یک چهارم کل توان تأمینی توسط منبع AC را دریافت می کند. در این مرحله می توان از دانش آموزان خواست تا در مورد این موضوع با یکدیگر به بحث و تبادل نظر بپردازند.

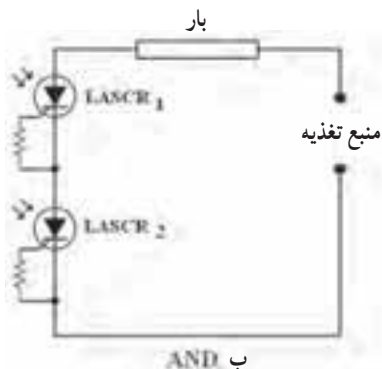
با تغییر دقیق رابطه زمانی بین پالس های اعمالی به گیت و نیم سیکل هایی که SCR در آنها به صورت مثبت بایاس شده است می توان از آن برای تأمین مقادیر مختلف از توان (حداکثر تا ۵۰ درصد) برای بار استفاده کرد. می توان این سؤال را مطرح کرد که چرا بیشتر از ۵۰ درصد از توان منبع نمی تواند به بار برسد؟ پاسخ این است که SCR حداکثر کل یک نیم سیکل را می تواند روشن باشد و با اعمال بایاس معکوس به آن قطع می شود.

۹-۳- SCR نوری (صفحه ۲۱۸ از کتاب درسی)

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

مثال ۲: مدارهای الف و ب از شکل ۹-۲ به ترتیب مدار عملگرهای منطقی OR و AND را نشان می دهند که با استفاده از

LASCR ساخته شده اند.



شکل ۹-۲

در مدار الف دو LASCR با یکدیگر موازی شده اند و با تابانیدن نور به هر یک از آنها و فعال شدنشان، ولتاژ منبع تغذیه به بار اعمال می شود. در مدار ب بر خلاف مدار الف که فعال شدن یکی از LASCR ها به تنهایی باعث برقراری جریان در مدار می شد، LASCR ها با یکدیگر به صورت سری استفاده شده اند و برای برقراری جریان در مدار باید به هر دو LASCR نور تابانیده شود. در هر دو مدار نقش مقاومت بین گیت و کاتد LASCR ها کاهش حساسیت این قطعات به نور است.

۹-۴- کلید قابل کنترل سلیکونی SCS (صفحه ۲۱۸ از کتاب درسی)

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

☑ پاسخ به سؤالات الگوی پرسش ۹-۷ (صفحه ۲۲۰ از کتاب درسی)

۹-۷-۱- پاسخ: تریستور به مفهوم در است.

۹-۷-۲- پاسخ: FLD و SCR ، SCS ، LASCR و ترایاک به عنوان عناصر قدرت و دایاک و UJT به عنوان عناصر

مدار فرمان به کار می روند.

۹-۷-۳- پاسخ: غلط

۹-۷-۴- پاسخ: صحیح

۹-۷-۵- پاسخ: صحیح

۹-۷-۶- پاسخ: ساختار کریستالی نشان داده شده مربوط به SCR است و گزینه ۲ باشد.

۹-۷-۷- پاسخ: منحنی مشخصه نشان داده شده مربوط به دیود چهار لایه و SCR در حالت گیت تحریک نشده است،

لذا صحیح ترین گزینه می تواند گزینه ۲ باشد.

۹-۷-۸- پاسخ: گزینه ۴ صحیح است.

۹-۷-۹- پاسخ: در مدار شکل ۹-۵۷ از کتاب درسی ابتدا دیود چهار لایه قطع است و خازن از طریق مقاومت شروع به

شارژ شدن می کند. وقتی ولتاژ دو سر خازن به مقدار ولتاژ شکست موافق دیود یعنی ۱۰ ولت رسید دیود هدایت کرده و باعث دشارژ

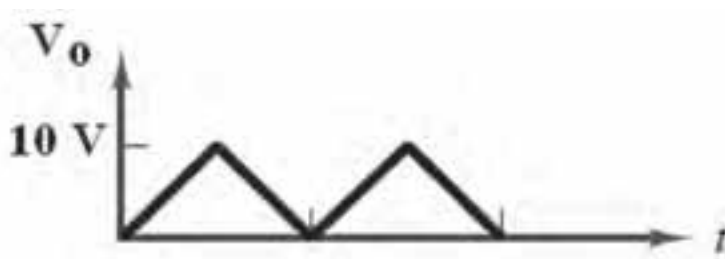
سریع خازن می شود. در این حالت ولتاژ دیود کاهش می یابد و خازن از طریق آن به دشارژ خود ادامه می دهد. دشارژ خازن و کاهش

جریان دیود به مقداری کمتر از جریان نگهدارنده (I_H) باعث خاموش شدن دیود می شود و خازن دوباره شروع به شارژ می کند. این

فرآیند تکراری در شکل مربوط به گزینه ۲ نشان داده شده است.

۹-۷-۱۰- پاسخ: مدار نشان داده در شکل ۹-۵۸ کتاب درسی دارای آرایشی مشابه با مدار ۹-۵۷ است که طرز کار آن

در سؤال قبل شرح داده شد. شکل موج تولیدی در شکل ۹-۳ نشان داده شده است.



شکل ۹-۳

۹-۷-۱۱- پاسخ: با تغییر مقدار مقاومت پتانسیومتر، ثابت زمانی شارژ خازن و در نتیجه فرکانس شکل موج تولید شده تغییر می کند.

۹-۷-۱۲- پاسخ: با وصل کلید K، پالس جریانی به گیت اعمال می شود. لامپ در صورتی روشن می شود که پالس اعمالی به گیت دارای دامنه کافی برای روشن شدن ترستور باشد. پتانسیومتر به این منظور به کار گرفته شده است تا با تنظیم آن تا جریان، تحریک گیت را به حدی برساند که بتواند ترانزیستور را روشن کند.

۹-۷-۱۳- پاسخ: برای جریان عبوری از SCR داریم:

$$I = \frac{V - V_{AK}}{R} = \frac{V - 0}{R}$$

با توجه به رابطه بالا مقدار حداقل مقاومت R که به ازای جریان نگهدارنده به دست می آید عبارت است از:

$$I_{H} = \frac{V - 0}{R} \Rightarrow R = \frac{V}{I_H} = \frac{2}{93} K\Omega$$

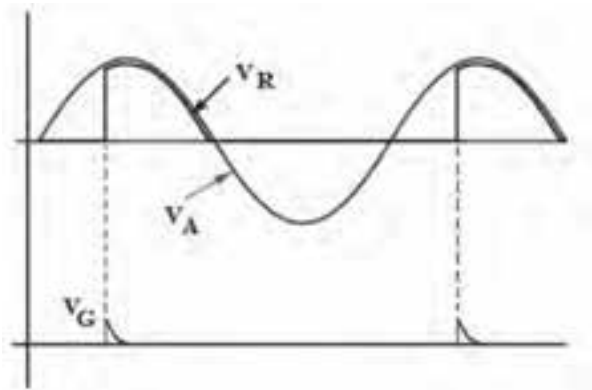
با افزایش مقدار مقاومت R از این مقدار، مقدار جریان عبوری از SCR کمتر از I_H شده و SCR قطع می شود.

۹-۷-۱۴- پاسخ: نماد SCS به همراه پایه های نام گذاری شده آن در شکل ۹-۵۱ از کتاب درسی نشان داده شده است.

۹-۷-۱۵- پاسخ: روش های خاموش کردن SCS در بخش ۹-۶-۲ از کتاب درسی شرح داده شده است.

۹-۷-۱۶- پاسخ: در این مدار اگر ولتاژ دو سر بار که همان ولتاژ دو سر SCR و مجموعه سری شده دیود زبر و مقاومت بار است تا حدی افزایش پیدا کند که دیود زبر وصل شود، پالس تحریکی به گیت SCR وارد شده و آن را روشن می کند. به این روش بار اتصال کوتاه شده و منبع تغذیه را خاموش می کند.

۹-۷-۱۷- پاسخ: شکل موج دو سر V_R در شکل ۹-۴ نشان داده شده است. پس از اعمال پالس V_G به گیت، SCR روشن شده و جریان در مدار برقرار می شود. ولتاژ V_A پس از افتی معادل V_{AK} در دو سر بار ظاهر می شود.



شکل ۹-۴

۹-۷-۱۸- پاسخ: دیودهای D_1 تا D_4 یک، یکسوساز تمام موج را تشکیل می دهند و یک موج یکسوساز تمام موج را در دو سر ترستور قرار می دهند. در صورت اعمال پالس جریان با دامنه کافی به گیت، از آنجا که ترستور به صورت مستقیم بایاس شده است می تواند هدایت کند. زمان روشن شدن ترستور و در نتیجه زاویه برش ترستور به ثابت زمانی شارژ خازن بستگی دارد و توسط پتانسیومتر R_p تنظیم می شود. هر چه مقدار مقاومت پتانسیومتر بیشتر باشد زمان مورد نیاز برای تأمین ولتاژ مورد نیاز برای آتش کردن ترستور و در نتیجه زاویه برش بیشتر می شود.

۹-۵- دایاک (صفحه ۲۲۳ از کتاب درسی)

۹-۶- ترایاک (صفحه ۲۲۴ از کتاب درسی)

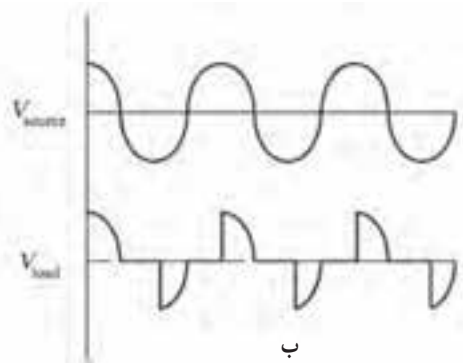
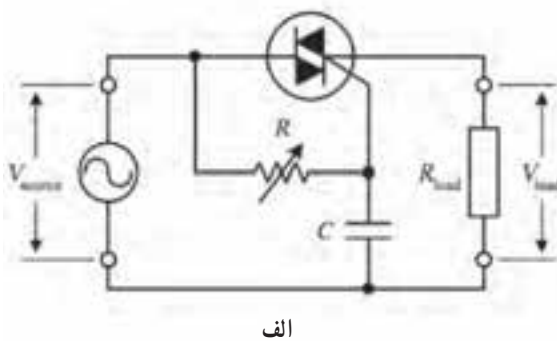
مباحث ۹-۵ و ۹-۶ در لوح فشرده ضمیمه کتاب آمده است.

پرسش ۱

هدف

بررسی نحوه عملکرد ترایاک در مدار کنترل فاز (توان)

نقش هر یک از قطعات استفاده شده در شکل ۹-۵-الف را توضیح دهید و شکل موج سیگنال خروجی را رسم کنید.



شکل ۹-۵ (الف) مدار کنترل توان، (ب) شکل موج سیگنال خروجی

عملکرد مدار نشان داده در شکل ۹-۵-الف شباهت زیادی به مدار نشان داده شده در شکل ۹-۸۳ کتاب درسی دارد. یک ترایاک به همراه یک مقاومت متغیر و یک خازن، مدار کنترل توان را تشکیل داده اند. مقاومت متغیر، زمان روشن شدن ترایاک را تنظیم می کند. با افزایش مقدار مقاومت، ثابت زمانی شارژ خازن افزایش یافته و مدت زمان بیشتری طول می کشد تا ولتاژ خازن به حد آستانه مورد نیاز برای تریگر کردن گیت ترایاک برسد. پس از تریگر گیت، ترایاک وصل شده و ولتاژ ورودی را دو سر بار قرار می دهد. شکل ۹-۵-ب سیگنال سینوسی منبع و شکل موج خروجی را نشان می دهد. بایستی توجه شود که اگرچه شکل موج خروجی سینوسی نیست (به علت روشن بودن ترایاک تنها در بخشی از هر نیم سیکل) اما فرکانس آن با فرکانس سیگنال منبع یکسان است.

پرسش ۲

هدف

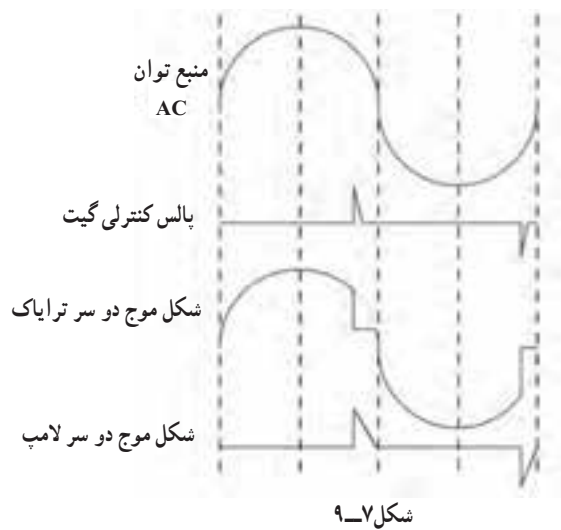
بررسی نحوه کنترل زاویه هدایت ترایاک در مدار دیمر



شکل ۹-۶ مدار یک دیمر را نشان می دهد که در آن شدت روشنایی لامپ با

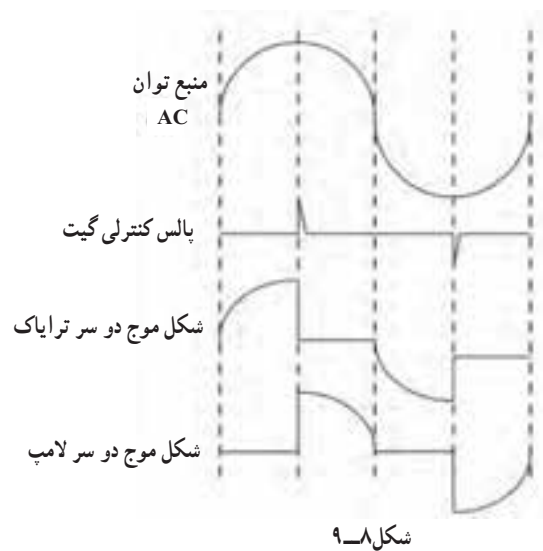
استفاده از یک ترایاک تنظیم می شود. نحوه عملکرد مدار را برای سه شدت روشنایی کم، متوسط و زیاد با نشان دادن شکل موج هر یک از اجزای آن توصیف کنید.

پاسخ: می دانیم بسته به این که پالس فعال کننده ترایاک در چه زمانی به گیت آن اعمال شود مقدار توان ورودی که به بار می رسد متفاوت است. ابتدا حالتی را بررسی می کنیم که نور لامپ دارای کمترین مقدار خود است. شکل ۹-۷ سیگنال مربوط به قطعات مختلف در مدار دیمر را در این حالت نشان می دهد.



شکل ۹-۷

همان طور که از شکل ۹-۷ مشخص است پالس کنترلی گیت نزدیک به زمان تغییر علامت شکل موج ورودی از مثبت به منفی به آن اعمال می شود. در این حالت ترایاک وصل شده و به صورت اتصال کوتاه عمل می کند. پیش از آن ترایاک قطع بوده و شکل موج دو سر آن همان شکل موج منبع ورودی است. همانطور که از شکل موج دو سر لامپ مشخص است هیچ ولتاژی پیش از اعمال پالس به گیت ترایاک به آن نمی رسد و پس از آن شکل موج دو سر آن همان شکل موج منبع است.

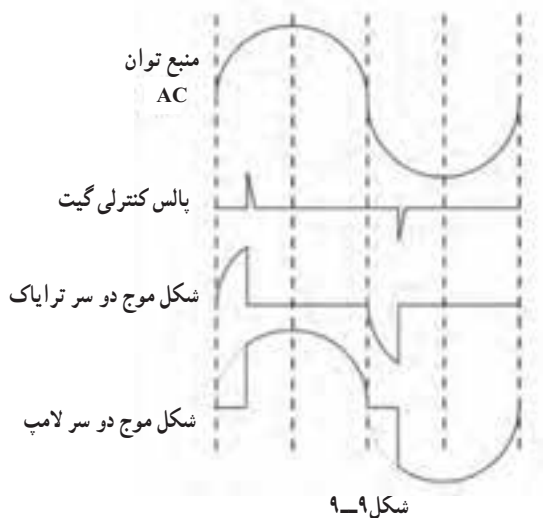


شکل ۹-۸

شکل ۹-۸ سیگنال مربوط به قطعات مختلف در مدار دیمر را در حالتی نشان می دهد که نور لامپ دارای مقدار متوسطی است. در این حالت پالس کنترلی گیت در نیمه هر نیم سیکل موج ورودی به آن اعمال شده است و زاویه هدایت آن برای هر نیم سیکل 90° درجه است. بنابراین ترایاک نیمی از هر نیم سیکل را هدایت می کند و نور لامپ بیشتر از حالت پیشین است.

✓ فرصت یاددهی - یادگیری

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.



شکل ۹-۹

شکل ۹-۹ سیگنال دو سر قطعات مختلف مدار دیمر را در حالتی نشان می دهد که نور لامپ دارای بیشترین مقدار خود است. در این حالت سیگنال کنترلی گیت در ابتدای هر یک از نیم سیکل های سیگنال ورودی به آن اعمال شده است. در نتیجه ترایاک در بیشتر از نیمی از یک نیم سیکل روشن است و بخش عمده توان منبع ورودی به بار می رسد.

✓ فرصت یاددهی - یادگیری

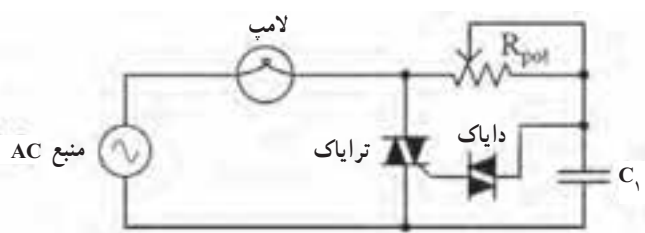
به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

پرسش ۳

هدف ✓

– بررسی نقش قطعات مختلف مدار یک دیمر و تأثیر هر یک از آنها بر عملکرد مدار پیش بینی کنید که در صورت بروز هر یک از مشکلات زیر، در عملکرد مدار چه خللی وارد می‌شود. هر بار تنها یکی از مشکلات اتفاق می‌افتد.

الف) مدار باز شدن پتانسیومتر R_{po} (ب) اتصال کوتاه شدن خازن C_1 (پ) مدار باز شدن دایاک
ت) اتصال کوتاه شدن ترایاک



شکل ۱۰-۹

پاسخ:

الف) در صورت مدار باز شدن پتانسیومتر، ارتباط دایاک با منبع تغذیه قطع شده و پالس مثبت لازم برای روشن شدن ترایاک به آن نمی‌رسد و لامپ خاموش می‌ماند.

ب) یکی از آندهای دایاک به گیت ترایاک و آند دیگر به خازن C_1 متصل شده است. اتصال کوتاه شدن خازن C_1 باعث متصل به زمین کردن آندی از دایاک می‌شود که به خازن وصل بود. از این رو امکان اعمال ولتاژ به این آند از بین رفته و پالس مورد نیاز برای روشن شدن ترایاک فراهم نمی‌شود و لامپ خاموش می‌ماند.

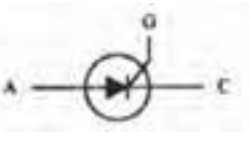


پ) با مدار باز شدن دایاک پالس لازم برای تحریک ترایاک فراهم نمی‌شود و ترایاک و در نتیجه لامپ خاموش است.

ت) با اتصال کوتاه شدن ترایاک، لامپ و منبع تغذیه موازی شده و همواره با بیشترین مقدار روشنایی وصل است و در نتیجه کنترلی بر مقدار روشنایی آن نمی‌توان داشت.

● خلاصه‌ای از مشخصات ترستورهای اصلی بررسی شده در کتاب درسی در جدول ۱ گردآوری شده است.

جدول ۱- خلاصه ویژگی‌های ترستورهای اصلی

راهکارهای خاموش شدن	شرایط روشن شدن	جهت‌های هدایت	تعداد ترمینال‌ها	نماد مداری	نام
کاهش ولتاژ دو سر دیود تا حدی که جریان عبوری از آن کمتر از جریان نگهدارنده شود	رسیدن ولتاژ دو سر دیود به مقداری بیش از ولتاژ عبور از شکست	در یک جهت و از آند به کاتد	۲		دیود چهار لایه





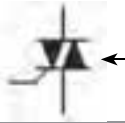
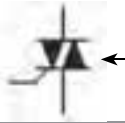
SCR		۳	در یک جهت و از آند به کاتد	مثبت بودن ولتاژ آند نسبت به کاتد و اعمال یک پالس مثبت به گیت	صفر کردن لحظه‌ای ولتاژ آند، قطع جریان آند، عبور جریانی در خلاف جهت اصلی و اتصال کوتاه کردن آند به کاتد
دایاک		۲	هدایت در دو جهت از آند ۱ به آند ۲ و بالعکس	رسیدن اختلاف ولتاژ بین دو آند به مقداری بیش از ولتاژ عبور از شکست	کاهش جریان به مقداری کمتر از جریان نگهدارنده
ترایاک		۳	هدایت در دو جهت از آند ۱ به آند ۲ و بالعکس	مثبت بودن اختلاف ولتاژ دو آند و اعمال یک پالس (مثبت و منفی به ترتیب) برای اختلاف ولتاژهای مثبت و منفی، با دامنه کافی به گیت	کاهش جریان آند ۱ به آند ۲ به مقداری کمتر از جریان نگهدارنده

✓ پاسخ به سؤالات الگوی پرسش ۱۰-۹ (صفحه ۲۲۷ از کتاب درسی)

۱-۱۰-۹- پاسخ: DIAC اول کلمات انگلیسی Diod Alternating Current است.

۲-۱۰-۹- پاسخ: اساساً می‌توان ترایاک را معادل دو SCR که به‌طور موازی و در جهت مخالف به هم وصل شده‌اند در نظر گرفت.

۳-۱۰-۹- پاسخ:

الف	ب
	
	
	

۴-۱۰-۹- پاسخ: غلط

۵-۱۰-۹- پاسخ: صحیح

۶-۱۰-۹- پاسخ: نماد نشان داده شده مربوط به دایاک است و از آنجا که این قطعه در هر دو جهت هدایت می‌کند، پس

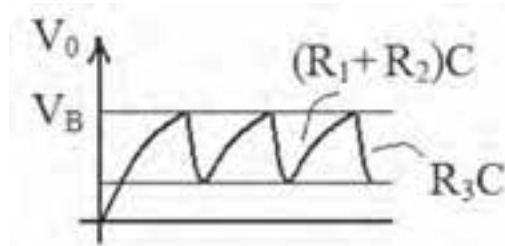
منحنی مشخصه ولت-آمپر آن متقارن است. در نتیجه گزینه ۲ صحیح است.

۷-۱۰-۹- پاسخ: این منحنی برای هر دو جهت هدایت مشابه بوده و ولتاژ شکست دایاک با کمی تغییر برای هر دو جهت

یکسان است. رابطه دقیق ولتاژهای شکست دیاک عبارت است از :

$$V_{B1} = V_{B2} \pm 1\% V_{B2}$$

۸-۱۰-۹ پاسخ : در این مدار ابتدا خازن با ثابت زمانی $(R_1 + R_2)C$ شروع به شارژ می کند. در این حالت شکل موج ولتاژ خروجی همان منحنی شارژ خازن است (شکل ۹-۱۱). هنگامی که ولتاژ خازن به ولتاژ شکست دیاک رسید باعث هدایت آن شده و خود از طریق مقاومت سری با دیاک دشارژ می شود. در این حالت ثابت زمانی دشارژ برابر R_3C است. وقتی جریان دیاک به مقدار کمتر از جریان نگهدارنده آن برسد دیاک قطع شده و خازن دوباره شروع به شارژ می کند. با تغییر مقدار پتانسیومتر R_1 می توان زمان رسیدن ولتاژ خازن به ولتاژ شکست دیاک و در نتیجه فرکانس شکل موج تولید شده را کنترل کرد.



شکل ۹-۱۱

۹-۱۰-۹ پاسخ :

الف) در صورت بسته شدن کلید S_2 ولتاژ مثبت منبع تغذیه ۶ ولتی در دو سر ترایاک قرار می گیرد. با بسته شدن کلید S_1 پالس جریانی به گیت ترایاک اعمال می شود و با فرض کافی بودن دامنه این پالس، ترایاک هدایت کرده و باعث روشن شدن لامپ می شود. ب) اگر کلید S_2 باز شود چون ارتباط لامپ با منبع تغذیه قطع می شود جریانی از آن نمی گذرد و لامپ خاموش می شود. حال اگر کلید S_2 بسته باشد، با باز کردن کلید S_1 و قطع پالس اعمالی به گیت، ترایاک کماکان هدایت می کند و لامپ روشن باقی می ماند. پ) در این حالت یک ولتاژ منفی در دو سر ترایاک قرار می گیرد و برای روشن شدن آن بایستی یک پالس منفی با دامنه کافی به گیت آن اعمال شود. با معکوس شدن پلاریته V_1 این پالس فراهم می شود و با بسته شدن کلید S_1 لامپ روشن می شود. حال اگر کلید S_2 بسته باقی بماند و S_1 باز شود لامپ روشن باقی خواهد ماند.

۱۰-۱۰-۹ پاسخ : تفاوت اصلی بین این دو قطعه، شرایط بایاسینگ لازم برای هدایت آنها است. SCR تنها در بایاس

موافق و در نیم سیکل مثبت یک موج متناوب می تواند هدایت کند در حالیکه ترایاک در هر دو نیم سیکل قابلیت هدایت دارد.

۱۱-۱۰-۹ پاسخ : در این مدار ترایاک برای روشن شدن به یک پالس جریان با دامنه کافی نیازمند است که توسط دیاک

تأمین می شود. برای هدایت دیاک بایستی ولتاژ دو سر خازن به ولتاژ شکست دیاک برسد. وقتی این ولتاژ به ولتاژ شکست دیاک رسید باعث هدایت آن شده و مقاومت دیاک به شدت کاهش می یابد و این امر موجب افزایش جریان دیاک و روشن شدن ترایاک می شود. پس از دشارژ خازن از طریق دیاک و کاهش جریان دیاک به میزانی کمتر از جریان نگهدارنده، دیاک قطع می شود اما ترایاک به هدایت خود ادامه می دهد. با ایده آل در نظر گرفتن ترایاک و صرف نظر کردن از جریان گذرنده از مقاومت ۸۲ کیلو اهمی، برای جریان عبوری از مقاومت ۲۲ اهمی داریم :

$$I_R = \frac{75V}{22\Omega} = 3.4A$$

۱۲-۱۰-۹ پاسخ : در این مدار ترایاک برای روشن شدن نیازمند یک پالس با دامنه و علامت مناسب در هر یک از نیم

سیکل های مثبت و منفی است. این پالس توسط دیاک به گیت ترایاک داده می شود. دیاک برای روشن شدن احتیاج به ولتاژی بزرگتر از ولتاژ عبور از شکست آن دارد که این ولتاژ توسط خازن تأمین می شود. در نیم سیکل مثبت خازن شروع به شارژ می کند و هنگامی

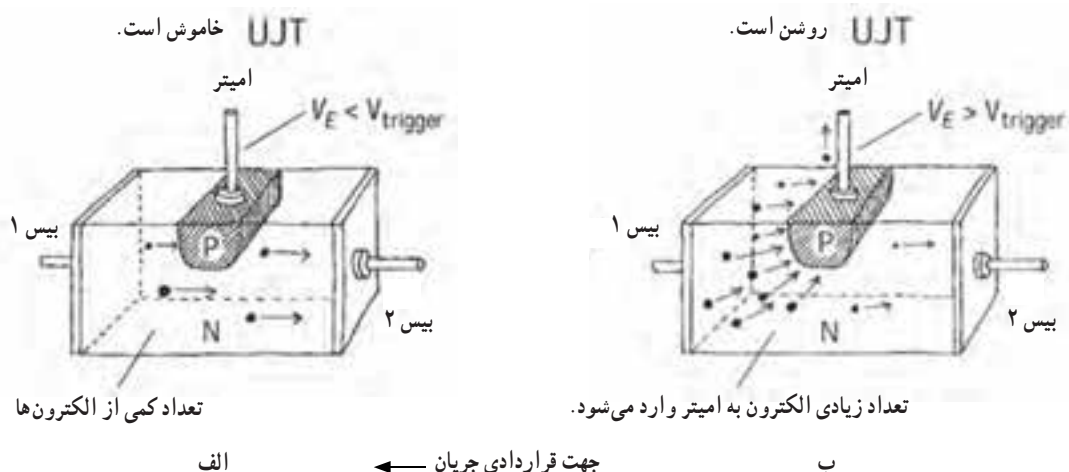
که ولتاژ آن برای راه اندازی دایاک به اندازه کافی افزایش یافت موجب وصل شدن آن و اعمال یک پالس مثبت به گیت ترایاک خواهد شد. حال بسته به اینکه این پالس در چه زمانی در طی نیم سیکل مثبت به گیت اعمال می شود زمان روشن بودن لامپ معین می شود. در نیم سیکل منفی ابتدا ترایاک قطع می شود و خازن شروع به دشارژ می کند. هنگامی که در نیم سیکل منفی مقدار ولتاژ منفی تأمین شده توسط خازن به اندازه کافی افزایش یافت و موجب هدایت دایاک شد دوباره ترایاک روشن می شود. با تغییر مقدار پتانسیومتر می توان سرعت شارژ و دشارژ خازن و زاویه برش ترایاک را کنترل کرد.

۱۳-۱۰-۹ پاسخ: با افزایش نور تابیده شده به یک فوتورزیستور مقاومت آن کاهش می یابد. کاهش مقاومت به معنی کاهش ثابت زمانی شارژ خازن است. در نتیجه ولتاژ لازم برای هدایت دایاک و روشن شدن ترایاک در هر نیم سیکل زودتر فراهم شده و ترایاک در مدت زمان بیشتری از یک تناوب روشن خواهد بود. در نتیجه نور لامپ در این حالت بیشتر از حالتی است که نور تابیده شده به فوتورزیستور مقدار کمتری داد.

۹-۷- ترانزیستور تک اتصالی (UJT) (صفحه ۲۲۸ از کتاب درسی)

۹-۷-۱- ساختمان و نحوه عملکرد ترانزیستور تک اتصالی (UJT)

مباحث ۹-۷ و ۹-۱ در لوح فشرده ضمیمه کتاب آمده است.



شکل ۹-۱۲- ساختمان یک UJT نوعی. الف) مسیر حرکت الکترون ها در حالتی که UJT خاموش است. الف) مسیر حرکت الکترون ها در حالتی که ولتاژی بیشتر از ولتاژ تریگر به امیتر UJT اعمال شده و موجب روشن شدن آن می شود.

مثال ۳

هدف

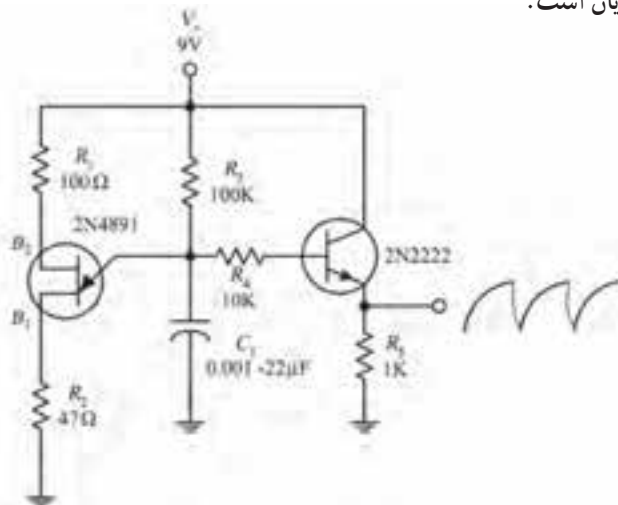
- بررسی یک مدار عملی مبتنی بر UJT

شکل ۹-۱۳- مدار یک مولد موج دنداناره ای به همراه یک تقویت کننده جریان را نشان می دهد. نحوه عملکرد مدار و نقش هر یک از اجزای آن را توضیح داده و درباره طریقه کنترل خروجی های مختلف آن بحث کنید.

پاسخ: در این مدار ترکیب مقاومت های R_1 ، R_2 و R_3 به همراه خازن و UJT یک نوسان ساز را تشکیل می دهند. برای

توضیح نحوه عملکرد این مدار می‌توان از دانش‌آموزان خواست تا با مراجعه به کتاب درسی، به مرور دوباره مدار شکل ۹-۹۴ بی‌دازند. در این مدار یک شکل موج دندان‌اره‌ای بر روی امیتر UJT تولید می‌شود که فرکانس آن توسط مقاومت R_1 و خازن تعیین می‌شود. در مدار شکل ۹-۱۳ این موج به عنوان ورودی به بیس ترانزیستور داده شده است.

در این مرحله می‌توان از دانش‌آموزان خواست تا در مورد آرایش مدار ترانزیستوری و ویژگی اصلی آن گفتگو کنند. در این مدار ورودی به بیس ترانزیستور داده شده و خروجی از امیتر آن گرفته شده است. لذا ترانزیستور در آرایش کلکتور مشترک استفاده شده است که یک تقویت‌کننده جریان است.



شکل ۹-۱۳- مدار یک مولد موج دندان‌اره‌ای به همراه یک تقویت‌کننده جریان

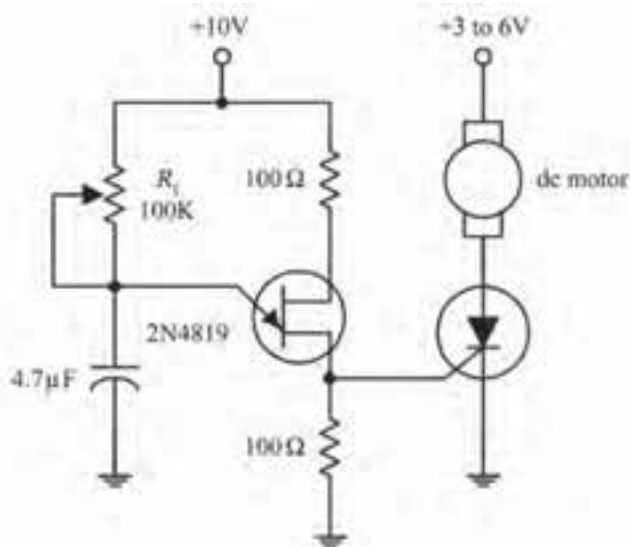
آزمونک ۳

علت اساسی استفاده از UJT در مدارهای الکتریکی چیست؟

پاسخ: مصرف کم این قطعه در زمان کار عادی علت استفاده از آن در دستگاه‌های الکتریکی است.

مثال ۴

هدف



شکل ۹-۱۴- مدار کنترل سرعت موتور DC با استفاده از UJT و SCR

- بررسی کارایی SCR و UJT در یک کاربرد عملی

توضیح دهید که در مدار نشان داده شده در شکل ۹-۱۴ چگونه سرعت موتور DC کنترل می‌شود.

پاسخ: یک SCR به همراه تعدادی مقاومت، یک خازن و یک UJT می‌توانند به یکدیگر متصل شده تا یک مدار کنترل سرعت متغیر را همانند آنچه در شکل ۹-۱۴ نشان داده شده است تشکیل دهند و به این وسیله تعداد دورهای یک موتور DC را کنترل کنند. از مدار نشان داده شده در شکل ۹-۹۴ کتاب درسی می‌توان دریافت که UJT، خازن و مقاومت‌ها یک نوسان‌ساز را تشکیل می‌دهند. سیگنال خروجی تولید شده توسط نوسان‌ساز، پالس مورد نیاز گیت

برای روشن شدن SCR را تأمین می‌کند. وقتی که ولتاژ اعمالی به گیت از حد آستانه روشن شدن SCR بیشتر باشد، ترستور روشن می‌شود و به جریان اجازه می‌دهد که مسیر خود را از طریق موتور DC بیند.

حال بایستی به بررسی این مسئله پرداخت که چگونه سرعت موتور توسط ترستور کنترل می‌شود. پاسخ به این سؤال را می‌توان با در نظر گرفتن الگوی روشن شدن SCR تعیین کرد. هر چه در یک بازه زمانی معین میانگین تعداد پالس‌های مثبت اعمالی به گیت ترستور بیشتر شود جریان بیشتری از موتور گذشته و سرعت آن بیشتر می‌شود. اگرچه موتور یک سری از پالس‌های مثبت و منفی را دریافت می‌کند اما دارای یک الگوی روشن شدن پیوسته است. از اینجا می‌توان فهمید که در واقع فرکانس سیگنال تولیدی توسط نوسان ساز نقش اصلی را در کنترل سرعت موتور دارد. در مدار شکل ۹-۱۴ ظرفیت خازن ثابت است ولی با تغییر مقدار مقاومت پتانسیومتر R_1 می‌توان فرکانس را تنظیم کرد.

در ادامه می‌توان به دانش‌آموزان گوشزد کرد که با استفاده از این راهکار و با توجه به این نکته که موتور تنها در بخشی از یک تناوب کامل روشن است، به میزان قابل توجهی از تلفات توان جلوگیری می‌شود.

WWW

معرفی سایت

۱- <http://www.technologystudent.com/elec/thyris1.htm>

۲- http://www.allaboutcircuits.com/vol_3/chpt_7/5.html

۳- <http://encyclopedia.solarbotics.net/articles/scr.html>

۴- http://www.wisc_online.com/Objects/ViewObject.aspx?ID_SSEV706

۵- http://www.wisc_online.com/Objects/ViewObject.aspx?ID_SSEV406

☒ نکته آموزشی

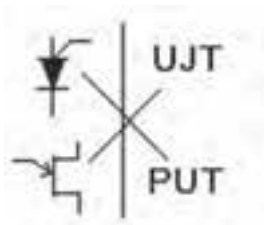
به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

☒ پاسخ به سؤالات الگوی پرسش ۹-۱۴ (صفحه ۲۳۴ از کتاب درسی)

۹-۱۴-۱ پاسخ: UJT اول کلمات انگلیسی Uni Junction Transistor است.

۹-۱۴-۲ پاسخ: UJT را می‌توان معادل یک دیود و دو مقاومت در نظر گرفت.

۹-۱۴-۳ پاسخ:



۹-۱۴-۴ پاسخ: صحیح

۹-۱۴-۵ پاسخ: گزینه ۴ صحیح است.

۹-۱۴-۶ پاسخ: با جایگذاری ولتاژ هدایت در رابطه زیر می توان ضریب تقسیم را محاسبه کرد:

$$V_P \quad \eta V_{BB} \quad V^{Pn} \Rightarrow 4/V \quad 0/V \quad 10 \Rightarrow \beta \quad 0/4$$

لذا گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

۹-۱۴-۷ پاسخ: شکل ۹-۸۸ از کتاب درسی پاسخ این سؤال است.

۹-۱۴-۸ پاسخ: این مطلب در بخش ۹-۱۱-۳ از کتاب درسی شرح داده شده است.

۹-۱۴-۹ پاسخ:

$$\eta = \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} = \frac{2/5}{6/5} = 0/385$$

۹-۱۴-۱۰ پاسخ: در ابتدا و وقتی که UJT قطع است، جریانی در مدار برقرار نیست و ولتاژ V روی آمیتر ظاهر

می شود. ولتاژ آستانه مورد نیاز برای روشن شدن UJT از رابطه $V_P \quad \eta V_{BB} \quad V_{np}$ قابل محاسبه است:

$$V \quad 0/63 \times 20 \quad 0/V \quad 13/3^V$$

واضح است که باید افت ولتاژ روی مقاومت ۱ کیلو اهمی را نیز در نظر گرفت و مقدار ولتاژ منبع را بزرگتر از V انتخاب

کرد.

۹-۱۴-۱۱ پاسخ: منظور ناحیه ای است که در آن PUT همانند یک مقاومت منفی عمل کرده و به یکی از حالات پایدار

روشن یا خاموش منتقل می شود. در حالت قطع، PUT دارای ولتاژ بزرگ و جریانی کوچک است و طبق رابطه V/I همانند یک

مقاومت بسیار بزرگ و یا مدار باز عمل می کند. وقتی ولتاژ آند به کاتد به ولتاژ شکست V_P می رسد قطعه روشن شده و وارد ناحیه

ناپایدار می شود. در این حالت ولتاژ دارای مقداری کمتر از مقدار جریان است که باعث می شود همانند یک مقاومت بسیار کوچک

عمل کند که می تواند با یک مدار اتصال کوتاه مدل شود. بنابراین قطعه از حالت مدار باز به حالت اتصال کوتاه تغییر وضعیت می دهد

و نقطه پایدار عملکرد آن با R_{B1} ، R_{B2} و V_{BB} مشخص می شود.

$$V_A = V_P = \eta V_{BB} + V_{pn} = \frac{18^V R_p}{R_p + R_r} + 0/V^V = 9/V^V \quad \text{پاسخ: برای ولتاژ وصل PUT داریم: } 9/V^V$$

۹-۱۴-۱۳ پاسخ:

$$V_P = \eta V_{BB} + V_{pn} = \frac{6^V R_p}{R_p + R_r} + 0/V^V = 3/V^V \quad \text{(الف)}$$

ب) در نیم سیکل منفی چون V_{AK} منفی است با توجه به منحنی مشخصه ولت - آمپر PUT این قطعه خاموش می شود.

۹-۱۴-۱۴ پاسخ: یکی از اصلی ترین تفاوت های این دو قطعه ساختمان آنها است. UJT یک قطعه تک پیوندی است

در حالی که PUT ساختمانی شبیه به یک SCR دارد و از چهار لایه تشکیل شده است. علاوه بر این جریان های پیک و دره در PUT

عموماً کمتر از مقادیر مشابه برای UJT است.

موضوعات پیشنهادی برای تحقیق و ارائه آن به صورت سمینار در لوح فشرده

ضمیمه کتاب آمده است.

- ۱- بررسی چند مدار کاربردی که در آنها از قطعات الکترونیک صنعتی معرفی شده در این فصل استفاده شده است.
- ۲- بررسی برگه اطلاعات قطعات الکترونیک صنعتی معرفی شده در این فصل

موضوعات پیشنهادی برای تحقیق و ارائه آن به صورت سمینار در لوح فشرده ضمیمه کتاب آمده است.

اجرای نرم افزار

برای اجرای دقیق آموزش و عمق دادن به مفاهیم تشریح شده لازم است کلیه فرآیندهای آموزش که با استفاده از نرم افزار مولتی سیم قابل اجرا است را از قبل اجرا کنید و آن را برای هنرجویان در کلاس به نمایش درآورید، همچنین از آنان بخواهید که در خارج از ساعات کلاسی به اجرای موارد مطرح شده به صورت نرم افزاری بپردازند. اشاره‌ای هم داشته باشید به کتاب کارگاه الکترونیک عمومی که در آن اجرای عملی و نرم افزاری توصیه شده است. در کتاب آزمایشگاه مجازی جلد ۲ با کد ۴۶۶/۶ تمام مراحل اجرا شده و فایل‌های اجرا شده در لوح فشرده در ضمیمه کتاب وجود دارد.

- [۱] All New Electronics Self Teaching Guide, Harry Kybett, Earl Boysen, John Wiley & Sons, 3rd edition, 2008
- [2] Electronics A First Course, Owen Bishop, Newnes, 2nd edition, 2006
- [3] Electronic devices and circuit theory, Robert L. Boylestad, Louis Nashelsky, Prentice Hall, 8th edition, 2002
- [4] Fundamentals of microelectronics, Behzad Razavi, John Wiley & Sons, 2008
- [5] Make Electronics, Charles Platt, Make, 1st edition, 2009
- [6] Op Amps, Design, Application and Troubleshooting, David L. Terrell, Newnes, 2nd edition, 1996
- [7] Operational Amplifiers, Arpad Barna, Dan I. Porat, John Wiley & Sons, 2nd edition, 1988
- [8] Practical Electronics for Inventors, Paul Scherz, McGraw_Hill, 2007
- [9] Principles and Applications of Electrical Engineering, Giorgio Rizzoni, Tom T. Hartley, McGraw_Hill Higher Education, 5th edition, 2007
- [10] Starting Electronics, Keith Brindley, Newnes, 3rd edition, 2005
- [11] TAB Electronics Guide to Understanding Electricity and Electronics, G. Randy Slone, McGraw Hill, 2nd edition, 2000
- [12] Teach Yourself Electricity and Electronics, Stan Gibilisco, McGraw Hill, 3rd edition, 2002
- [13] The Electronic Handbook, Richard C. Dorf, 2nd edition, Taylor & Francis Group, 2005

- [۱۴] کتاب الکترونیک عمومی ۲ کد ۴۹۰/۵ چاپ ۱۳۹۱ - مؤلفان سید محمود صموتی، شهرام نصیری سوادکوهی - ناشر شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران
- [۱۵] کتاب آزمایشگاه مجازی جلد ۲ کد ۴۶۶/۶ چاپ ۱۳۹۱ - مؤلفان مهبد ظریفان، سید محمود صموتی، محمود شبانی، سیدعلی صموتی - ناشر شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران

