فصل ۸

تنظیم‌کننده‌های ولتاژ

هدف‌های فصل

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

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.

نحوهٔ 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. زمان‌بندی با توجه به بودجه‌بندی 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 اندازه گیری 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 محاسبهٔ 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 محاسبهٔ ضرایب تثبیت رگولاتور	مطالعه، حل تمرین	مجموعی	تشریحی، محاسباتی	۰/۵	سؤال در مورد تعاریف ضرایب تثبیت ولتاژ به صورت تشریحی طرح سؤالاتی برای محاسبهٔ ضرایب تثبیت رگولاتور ولتاژ
رگولاتور زنری	آشنایی با چگونگی بکارگیری دیود زنر به منظور تنظیم و تثبیت ولتاژ	مطالعه، بحث	تکوینی	تشریحی	۰/۵	سؤال در مورد ساختار رگولاتور زنری و نقش دیود زنر در آن در قالب سؤالات تشریحی

رگولاتور ولتاژ با تقویت‌کنندهٔ جریان	آشنایی با نحوهٔ استفادهٔ آرایش تقویت‌کنندهٔ کلکتور مشترک برای افزایش جریان رگولاتور	بحث	تکوینی	تشریحی	۱	پرسش در مورد دلیل استفاده از تقویت کنندهٔ 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 تشکیل دهندهٔ آن
رگولاتور جریان	آشنایی با چگونگی به‌کارگیری رگولاتور ولتاژ برای تولید یک جریان ثابت در خروجی	بحث، مطالعه	تکوینی، مجموعی	تشریحی، محاسباتی	۰/۵	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 سازندهٔ تنظیم کننده‌های مجتمع پرسش در مورد ولتاژها و ویژگی‌های کمی رگولاتور مجتمع در قالب سؤالات محاسباتی
مبدل DC به DC	آشنایی با ایدهٔ اساسی استفاده شده در این مبدل	بحث، مطالعه	تکوینی، مجموعی	تشریحی	۱/۵	پرسش در مورد نقش هر یک از بلوک‌های تشکیل دهندهٔ مبدل در قالب سؤالات تشریحی
اساس کار رگولاتورهای کلیدزنی	آشنایی با مزایای رگولاتورهای کلیدزنی در مقایسه با رگولاتورهای خطی و توانایی محاسبهٔ پارامترهای مرتبط با این تنظیم کننده	مطالعه، حل تمرین	تکوینی، مجموعی	تشریحی، محاسباتی	۲	طرح سؤالات تشریحی در مورد ویژگی‌های رگولاتورهای کلیدزنی و بلوک‌های سازندهٔ آن سؤالات محاسباتی در رابطه با ولتاژ خروجی رگولاتورهای کلیدزنی و چرخهٔ کار آنها

۸-۱- پیشگفتار (صفحهٔ 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 (صفحهٔ ۱۷۶ از کتاب درسی)

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

آزمونک ۲

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

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

☑ فرصت یاددهی ـ یادگیری

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

۸ـ۳ـ رگولاتور زنری (صفحهٔ 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 بیشینهٔ 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.

۸ـ۴ـ رگولاتور با مدار فیدبک (صفحهٔ ۱۸۲ از کتاب درسی)

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

☑ پاسخ به سؤالات الگوی پرسش ۹ـ۸ (صفحه ۱۸۸ از کتاب درسی)

۱ـ۹ـ۸ـ پاسخ : غلط

۲ـ۹ـ۸ـ پاسخ : صحیح

۳ـ۹ـ۸ـ پاسخ : در رگولاتور با فیدبک نمونه‌گیر قسمتی از ولتاژ خروجی را به مدار مقایسه کننده برمی‌گرداند.

۴ـ۹ـ۸ـ پاسخ : مدار رگولاتور جریان شامل یک رگولاتور ولتاژ است که جریان مصرف کننده را ثابت نگه می‌دارد.

۵ـ۹ـ۸ـ پاسخ : با نوشتن یک KVL در حلقهٔ شامل دیود زنر، پیوند بیس ـ امیتر و مقاومت بار داریم :

$$KVL:\ V_Z \quad V_{BE} \quad R_L I_L \quad ۰/۷^{V} \quad (۲۵^{\Omega}\times ۰/۲^{A}) \quad ۵/۷^{V}$$

و گزینهٔ ۳ پاسخ صحیح است.

۶ـ۹ـ۸ـ پاسخ : از آنجا که برای جریان بار داریم $I_L \quad V_{ou}/R_L$ ، ظاهراً با دو برابر شدن مقدار مقاومت بار مقدار جریان بار نصف می‌شود. از آنجا که جریان بار تقریباً همان جریان امیتر ترانزیستور است به نظر می‌رسد افت ولتاژ دو سر مقاومت R_E نیز باید نصف شود، ولی چون مقدار ولتاژ دو سر دیود زنر ثابت است ولتاژ پیوند امیتر ـ بیس افزایش می‌یابد. این افزایش موجب افزایش جریان امیتر و در نتیجه جریان بار می‌شود و جریان بار در همان حد قبلی ثابت می‌ماند، لذا گزینه ۲ صحیح است.

۷ـ۹ـ۸ـ پاسخ : با جایگذاری مقادیر داده شده در رابطهٔ تنظیم ولتاژ داریم :

$$V_R = \frac{(V_{ONL} - V_{OFL})}{V_{OFL}} = [\frac{(۱۰۰-۹۵)}{۹۵}]\times ۱۰۰ = ۵/۲۶\,\%$$

۸ـ۹ـ۸ـ پاسخ :

الف) $V_L \quad V_Z \quad V_{BE} \quad ۱۰ \quad ۰/۷ \quad ۹/۳^{V}$

$$I_L = \frac{V_L}{R_L} = \frac{۹/۳^{V}}{۱^{K\Omega}} = ۹/۳^{mA}$$

ب) از آنجا که در سؤال ذکر شده $I_E \quad I_C$ و جریان امیتر همان جریان بار است جریان کلکتور نیز برابر $۹/۳^{mA}$ است.

پ) با نوشتن معادلهٔ ولتاژ در حلقهٔ شامل منبع ولتاژ ورودی، مقاومت R و دیود زنر، می‌توان ولتاژ دو سر مقاومت R و جریان آن را محاسبه کرد :

$$KVL: V_i = RI_R + V_Z \rightarrow ۲۰^{V} = ۵^{K\Omega}(I_R) + ۱۰^{V} \rightarrow I_R = \frac{۱۰^{V}}{۵^{K\Omega}} = ۲^{mA}$$

ت) با نوشتن معادلهٔ جریان در گره شامل مقاومت R ، کلکتور ترانزیستور و منبع ولتاژ ورودی می‌توان جریان منبع را محاسبه کرد :

$I_S \quad I_C \quad I_R \quad ۹/۳^{mA} \quad ۲^{mA} \quad ۱۱/۳^{mA}$

۹ــ۹ــ۸ــ پاسخ :

الف) $V_L \quad V_Z \quad V_{BE} \quad ۱۰/۷^{V}$

ب) $I_L \quad V_L/R_L \quad ۱۰/۷^{V}/۴^{K\Omega} \quad ۲/۶۷۵^{mA}$

پ) این جریان با نوشتن معادلهٔ ولتاژ در حلقهٔ ورودی قابل محاسبه است :

$KVL: V \quad R_S I_S \quad V_Z \quad V_{BE} \rightarrow ۲۰^{V} \quad ۲^{K\Omega} I_S \quad ۱۰/۷^{V} \rightarrow$

$$I_S = \frac{(۲۰ - ۱۰/۷)^{V}}{۲^{K\Omega}} = ۴/۶۵^{mA}$$

ت) جریان زنر با نوشتن معادلهٔ جریان در حلقهٔ ورودی قابل محاسبه است. در نوشتن این معادله باید به این نکته توجه کرد که جریان I_S، جریان‌های دیود زنر، جریان بار و جریان کلکتور ترانزیستور را تأمین می‌کند.

$KCL : I_S \quad I_Z \quad (I_C \quad I_L)$

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

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

$\rightarrow ۴/۶۵^{mA} \quad I_C(۱ \quad \frac{۱}{\beta}) \quad ۲/۶۷۵^{mA} \rightarrow I_C \quad (۴/۶۵ \quad ۲/۶۷۵)/(۱ \quad \frac{۱}{۵۰}) \quad ۱/۹۳۶^{mA}$

$\rightarrow I_Z \quad I_C/\beta \quad ۱/۹۳۶^{mA}/۵۰ \quad ۳۸/۷۲^{\mu A}$

۱۰ــ۹ــ۸ــ پاسخ :

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

۱۱ــ۹ــ۸ــ پاسخ :

$$I_{L\max} = \frac{۰/۶}{R_S} \rightarrow R_S = \frac{۰/۶}{۲^{A}} = ۰/۳^{\Omega}$$

۱۲ــ۹ــ۸ــ پاسخ : برای تثبیت ولتاژ خروجی رگولاتور روی ۱۲ ولت بایستی مقادیر مقاومت‌های 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 :

$$V_Z = \frac{V_O R_۳}{(R_۲ + R_۳)} \rightarrow ۶/۲^{V} = \frac{۱۲R_۳}{(R_۲ + R_۳)} \rightarrow ۱۲ = ۶/۲(\frac{R_۲}{R_۳} + ۱) \rightarrow$$

$$\frac{R_۲}{R_۳} = ۰/۹۳۵$$

۸ـ۵ـ تنظیم کننده‌های مجتمع سه سر (صفحهٔ ۱۸۹ از کتاب درسی)

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

آزمونک ۴

عیوب اصلی تنظیم کننده‌های مجتمع اولیهٔ را نام برده و آنها را با جدیدترین نسل تنظیم کننده‌ها مقایسه کنید.

پاسخ : عیوب اصلی تنظیم‌کننده‌های مجتمع اولیه، نیاز به اجزای خارجی زیاد و همچنین تعبیهٔ تعداد پایه‌های زیاد در ساختار آنها است در حالیکه نسل جدید تنظیم کننده‌ها فقط دارای سه پایهٔ اتصال بوده و به جز یک جفت خازن بای پس به جزء خارجی دیگری احتیاج ندارند.

آزمونک ۵

عیب اصلی تنظیم‌کننده‌های معمولی چیست؟

پاسخ : اتلاف توان در ترانزیستورهای عبوری و نیاز به گرماگیر بزرگ

در جدول ۱ چند نوع از رگولاتوهای مجتمع از خانوادهٔ LM۳۰۰ با یکدیگر مقایسه شده‌اند.

جدول ۱ــ ویژگی‌های چند نمونه از رگولاتورهای ولتاژ مجتمع رایج

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

پاسخ به سؤالات الگوی پرسش ۱۳ـ۸ (صفحهٔ ۱۹۴ از کتاب درسی)

۱ــ۱۳ــ۸ــ پاسخ : صحیح

۲ــ۱۳ــ۸ــ پاسخ : غلط

۳ــ۱۳ــ۸ــ پاسخ : گزینهٔ ۱ صحیح است

۴ــ۱۳ــ۸ــ پاسخ : طبق مطالب گفته شده در بخش ۱۲ــ۸ از کتاب درسی برای جریان I داریم :

$$I = I_{reg}(\frac{R_۲}{R_۱}) = ۰/۵^{A}(۲) = ۱^{A}$$

$I_L \quad I \quad I_{reg} \quad ۱/۵^{A}$

۵ــ۱۳ــ۸ــ پاسخ : وقتی $R_۲$ مقدار ماکزیمم خود را دارد مقدار ولتاژ خروجی حداکثر می‌شود :

$$V_{out(max)} = V_{REF}(۱+\frac{R_۲}{R_۱}) + I_{ADJ}R_۲ = ۱/۲۵^{V}(۱+\frac{۳^{K\Omega}}{۲۵۰^{\Omega}}) + ۱۰۰^{\mu A}(۳^{K\Omega}) = ۱۶/۵۵^{V}$$

۶ــ۱۳ــ۸ــ پاسخ : ولتاژ خروجی برابر مجموع ولتاژ تنظیم شدهٔ ۵ ولتی و ولتاژ دو سر مقاومت ۱ کیلو اهمی است :

$$I_O = \frac{۵^{V}}{۵۰۰^{\Omega}} = ۱۰^{mA}$$

$V_O \quad ۵^{V} \quad (۱۰^{mA} \times ۱^{K\Omega}) \quad ۱۵^{V}$

۷ــ۱۳ــ۸ــ پاسخ : ولتاژ خروجی برابر مجموع ولتاژ رگوله شده و ولتاژ دیود زنر است :

$V_O \quad V_{reg} _ V_z \quad ۵ \quad ۱۲ \quad ۱۷^{v}$

۸ــ۱۳ــ۸ــ پاسخ : مقادیر حداقل و حداکثر ولتاژ خروجی به ترتیب با مقادیر می‌نیمم (صفر اهم) و ماکزیمم (۳۰ اهم) مقاومت $R_۲$ حاصل می‌شود :

$$V_{ou\ (m\ n)} \quad V_{RE}\ (۱ \quad \frac{R_۲}{R_۱}) \quad I_{ADJ}R_۲ \quad ۱۲^{V}(۱ \quad ۰) \quad ۱۲^{V}$$

$$V_{ou\ (max)} \quad V_{RE}\ (۱ \quad \frac{R_۲}{R_۱}) \quad I_{ADJ}R_۲ \quad ۱۲^{V}(۱ \quad ۳۰/۲۴۰) \quad ۱۳/۵^{V}$$

۹ــ۱۳ــ۸ــ پاسخ :

الف) چون رگولاتور داده شده جز خانوادهٔ ۷۸XX است ولتاژ خروجی ۹ در خروجی آن تولید می‌شود.

ب) مقادیر حداقل و حداکثر ولتاژ خروجی به ترتیب با مقادیر می‌نیمم (صفر اهم) و ماکزیمم (۱ کیلو اهم) مقاومت $R_۲$ حاصل می‌شود. با در نظر گرفتن I_Q ° داریم :

$$V_{ou\ (m\ n)} \quad V_{REG}(۱ \quad \frac{R_۲}{R_۱}) \quad ۹^{V}(۱ \quad ۰) \quad ۹^{V}$$

$$V_{ou\ (max)} \quad V_{REG}(۱ \quad \frac{R_۲}{R_۱}) \quad ۹^{V}(۱ \quad ۱۰۰۰/۳۳۰) \quad ۳۶/۲۷^{V}$$

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.

۸ــ۶ــ مبدل dc به dc (صفحهٔ ۱۹۵ از کتاب درسی)

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

آزمونک ۶

فرکانس موج مربعی تولید شده توسط نوسان ساز به‌کارگرفته شده در مدار شکل ۵۳ــ۸ کتاب درسی توسط چه عاملی تعیین می‌شود.

پاسخ : در این مدار، فرکانس نوسان ساز توسط خازن و مقاومت بین پایهٔ وارونگر و خروجی ($R_۴$) تعیین می‌شود.

۸ـ۷ـ تنظیم کننده‌های کلیدزنی (صفحهٔ ۱۹۶ از کتاب درسی)

۸ــ۷ــ۱ــ تنظیم کنندهٔ کاهنده

مباحث ۸ـ۷ و ۸ـ۷ـ۱ در لوح فشرده ضمیمه کتاب آمده است.

۸ــ۷ــ۲ــ تنظیم کنندهٔ افزاینده (دانش افزایی) : این مبحث جهت دانش افزایی است و در لوح فشرده ضمیمه کتاب آمده است.

۸ــ۷ــ۳ــ تنظیم کنندهٔ معکوس‌کننده : این مبحث جهت دانش افزایی است و در لوح فشرده ضمیمه کتاب آمده است.

۸ــ۷ــ۴ ــ تنظیم کنندهٔ بازگشتی[۱] : این مبحث جهت دانش افزایی است و در لوح فشرده ضمیمه کتاب آمده است.

پاسخ به سؤالات الگوی پرسش ۸ـ۱۶ (صفحهٔ ۲۰۱ از کتاب درسی)

۱ــ۱۶ــ۸ــ پاسخ : بهترین فرکانس کار نوسان ساز در مدار مبدل DC به DC برابر **۲۰ کیلو هرتز** است.

۱ـ Flyback regulator

۲ــ۱۶ــ۸ــ پاسخ : غلط

۳ــ۱۶ــ۸ــ پاسخ : گزینهٔ ۲ صحیح است.

۴ــ۱۶ــ۸ــ پاسخ : با استفاده از رابطهٔ بین ولتاژ ورودی، چرخهٔ کار و ولتاژ خروجی داریم :

$$V_{ou} \quad DV_n \rightarrow V_{ou} \quad ۰/۷۵\times۲۰^{V} \quad ۱۵^{V}$$

و گزینهٔ ۱ پاسخ صحیح است.

۵ــ۱۶ــ۸ــ پاسخ : برای چرخهٔ کار داریم :

$$D = (\frac{\text{پهنای پالس}}{\text{زمان تناوب}}) = \frac{۱}{۳}$$

و گزینهٔ ۳ پاسخ صحیح است.

۶ــ۱۶ــ۸ــ پاسخ : اشکال اساسی این نوع از رگولاتورها توان تلفاتی بالای آنها است. برای کاهش اثرات ناشی از افزایش درجهٔ حرارت بایستی از گرماگیرهای بزرگ استفاده کرد که باعث حجیم شدن این نوع از تنظیم کننده‌ها می‌شود.

۷ــ۱۶ــ۸ــ پاسخ : حدود ۲۰KHz

۸ــ۱۶ــ۸ــ پاسخ : نحوهٔ عمل این مدار یک تنظیم کنندهٔ کاهنده است در بخش ۸ــ۷ــ۱ از کتاب حاضر شرح داده شده است.

۹ــ۱۶ــ۸ــ پاسخ : در این مدار وقتی که کلید باز است جریان کاهشی سلف موجب روشن شدن دیود می‌شود. در واقع دیود در هنگام باز بودن کلید موجب حفظ سلف در مدار شامل خازن و بار می‌شود و به این ترتیب یک جریان کاهشی به بار می‌رسد.

☑ نکتهٔ آموزشی

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

موضوعات پیشنهادی برای تحقیق و ارائهٔ آن به صورت سمینار

۱ــ ساخت رگولاتور ولتاژ با تقویت‌کنندهٔ جریان به صورت تک ترانزیستوری و با استفاده از زوج دارلینگتون

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

۳ــ ساخت یک نمونه مدار رگولاتور جریان

۴ــ ساخت مدارهای رگولاتور ولتاژ با استفاده از رگولاتورهای مجتمع از خانواده‌های ۷۸xx ، ۷۹xx و LM۳۱۷

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 نرم‌افزار 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 به‌صورت نرم‌افزاری 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.

فصل ۹

الکترونیک صنعتی

هدف‌های فصل

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

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.

نحوهٔ 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. زمان‌بندی با توجه به بودجه‌بندی 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 پیشنه دی	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 شدهٔ سیلیکونی SCR	آشنایی با ساختمان، طرز کار، مدار معادل ترانزیستوری، مشخصه ولت ــ 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 نحوهٔ عملکرد این قطعه و نقش آن در مدارهای عملی در قالب سؤالات تشریحی
کلید قابل کنترل سیلیکونی (SCS)	آشنایی با نماد، مدار معادل ترانزیستوری، طرز کار و کاربردهای SCS	مطالعه، بحث	مجموعی	تشریحی	۲	پرسش در مورد نحوهٔ عملکرد این قطعه، روش‌های خاموش کردن و کاربردهای آن در قالب سؤالات تشریحی

دایاک	آشنایی با ساختمان، طرز کار، مدار معادل و مشخصه ولت ـ آمپر دیاک	مطالعه، بحث	تکوینی، مجموعی	تشریحی	۲	پرسش در مورد ساختمان، مزیت‌ها و شرایط لازم برای به کارگیری دیاک در مدارات مختلف در قالب سؤالات تشریحی.
ترایاک	آشنایی با ساختمان، طرز کار، مدار معادل و مشخصه ولت ـ آمپر دیاک	مطالعه، بحث	تکوینی، مجموعی	تشریحی	۲	پرسش در مورد ساختمان، مزیت‌ها و شرایط لازم برای به‌کارگیری ترایاک در قالب سؤالات تشریحی.
ترانزیستور تک اتصالی	آشنایی با ساختمان، طرز کار، مدار معادل، منحنی مشخصه و برخی از کاربردهای ترانزیستور تک اتصالی	مطالعه، بحث، حل تمرین	تکوینی، مجموعی	تشریحی و محاسباتی	۲/۵	پرسش در مورد ساختمان، نحوهٔ 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، نحوهٔ 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.

۹ـ۱ـ پیشگفتار (صفحهٔ ۲۰۲ از کتاب درسی)

۹ـ۲ـ یکسوساز کنترل شدهٔ سیلیکونی (SCR) (صفحهٔ ۲۰۷ از کتاب درسی)

مباحث ۹ـ۱ و ۹ـ۲ 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 دامنهٔ مثبت نیز به گیت آن اعمال شود.

☑ نکتهٔ آموزشی

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

☑ فرصت یاددهی ـ یادگیری

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

آزمونک ۲

روش‌های خاموش کردن SCR را نام ببرید.

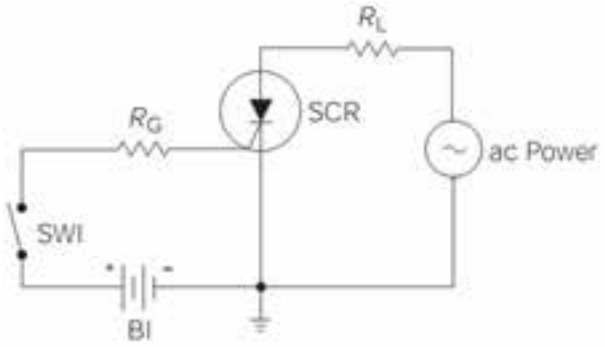
پاسخ : چهار راهکار اصلی برای خاموش کردن SCR وجود دارد که عبارت است از صفر کردن لحظه‌ای ولتاژ آند، قطع

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

☑ فرصت یاددهی ـ یادگیری

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

مثال ۱ : مدار شکل ۱ــ ۹ را در نظر بگیرید. مادامی که کلید SW۱ باز است، R_L هیچ توانی از منبع AC دریافت نمی‌کند زیرا SCR در هیچ کدام از نیم سیکل‌های منبع هدایت نخواهد کرد. اگر SW۱ با اعمال یک سیگنال مثبتِ پیوسته به گیت آن بسته شود، نیمی از توان تأمینی توسط منبع AC به بار می‌رسد. در این شرایط SCR مشابه یک دیود عمل می‌کند و جریان را تنها در طی نیم سیکل مثبت و وقتی که به صورت مستقیم بایاس شده است عبور می‌دهد. از مقاومت R_G برای محافظت گیت در برابر افزایش بیش از اندازهٔ جریان استفاده شده است.



شکل ۱ــ۹

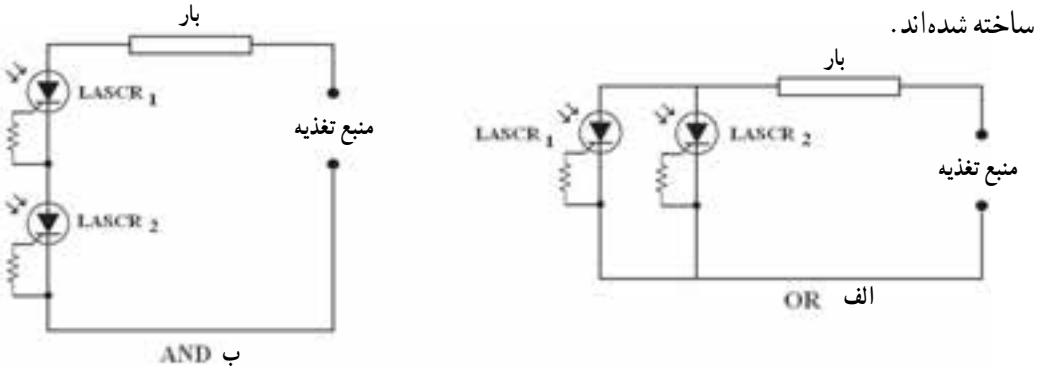
اگر کلید SW۱ بتواند به سرعت باز و بسته شود به نحوی که یک پالس مثبت به گیت SCR در زمانی اعمال شود که سیگنال نیم سیکل مثبت دارای مقدار بیشینهٔ خود باشد، SCR تنها در نیمی از نیم سیکل مثبت هدایت می‌کند و در این‌حالت بار یک چهارم کل توان تأمینی توسط منبع ACرا دریافت می‌کند. در این مرحله می‌توان از دانش‌آموزان خواست تا در مورد این موضوع با یکدیگر به بحث و تبادل نظر بپردازند.

با تغییر دقیق رابطهٔ زمانی بین پالس‌های اعمالی به گیت و نیم سیکل‌هایی که SCR در آنها به صورت مثبت بایاس شده است می‌توان از آن برای تأمین مقادیر مختلف از توان (حداکثر تا ۵۰ درصد) برای بار استفاده کرد. می‌توان این سؤال را مطرح کرد که چرا بیشتر از ۵۰ درصد از توان منبع نمی‌تواند به بار برسد؟ پاسخ این است که SCR حداکثر کل یک نیم سیکل را می‌تواند روشن باشد و با اعمال بایاس معکوس به آن قطع می‌شود.

۹ـ۳ـ SCR نوری (صفحهٔ ۲۱۸ از کتاب درسی)

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

مثال ۲ : مدارهای الف و ب از شکل ۲ــ۹ به ترتیب مدار عملگرهای منطقی OR و AND را نشان می‌دهند که با استفاده از LASCR ساخته شده‌اند.



شکل ۲ــ۹

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 می‌شود. در مدار ب بر خلاف مدار الف که فعال شدن یکی از LASCRها به تنهایی باعث برقراری جریان در مدار می‌شد، LASCRها با یکدیگر به صورت سری استفاده شده‌اند و برای برقرای جریان در مدار باید به هر دو LASCR نور تابانیده شود. در هر دو مدار نقش مقاومت بین گیت و کاتد LASCRها کاهش حساسیت این قطعات به نور است.

۹ـ۴ـ کلید قابل کنترل سلیکونی SCS (صفحهٔ ۲۱۸ از کتاب درسی)

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

☑ پاسخ به سؤالات الگوی پرسش ۷ـ۹ (صفحهٔ ۲۲۰ از کتاب درسی)

۱ــ۷ــ۹ــ پاسخ : تریستور به مفهوم در است.

۲ــ۷ــ۹ــ پاسخ : FLD و SCR ، SCS ، LASCR و ترایاک به عنوان عناصر قدرت و دایاک و UJT به عنوان عناصر مدار فرمان به کار می‌روند.

۳ــ۷ــ۹ــ پاسخ : غلط

۴ــ۷ــ۹ــ پاسخ : صحیح

۵ــ۷ــ۹ــ پاسخ : صحیح

۶ــ۷ــ۹ــ پاسخ : ساختار کریستالی نشان داده شده مربوط به SCR است و گزینهٔ ۲ باشد.

۷ــ۷ــ۹ــ پاسخ : منحنی مشخصهٔ نشان داده شده مربوط به دیود چهار لایه و SCR در حالت گیت تحریک نشده است، لذا صحیح ترین گزینه می‌تواند گزینهٔ ۲ باشد.

۸ــ۷ــ۹ــ پاسخ : گزینهٔ ۴ صحیح است.

۹ــ۷ــ۹ــ پاسخ : در مدار شکل ۵۷ــ۹ از کتاب درسی ابتدا دیود چهارلایه قطع است و خازن از طریق مقاومت شروع به شارژ شدن می‌کند. وقتی ولتاژ دو سر خازن به مقدار ولتاژ شکست موافق دیود یعنی ۱۰ ولت رسید دیود هدایت کرده و باعث دشارژ سریع خازن می‌شود. در این‌حالت ولتاژ دیود کاهش می‌یابد و خازن از طریق آن به دشارژ خود ادامه می‌دهد. دشارژ خازن و کاهش جریان دیود به مقداری کمتر از جریان نگهدارنده (I_H) باعث خاموش شدن دیود می‌شود و خازن دوباره شروع به شارژ می‌کند. این فرآیند تکراری در شکل مربوط به گزینهٔ ۲ نشان داده شده است.

۱۰ــ۷ــ۹ــ پاسخ : مدار نشان داده در شکل ۵۸ــ۹ کتاب درسی دارای آرایشی مشابه با مدار ۵۷ــ۹ است که طرز کار آن در سؤال قبل شرح داده شد. شکل موج تولیدی در شکل ۳ــ۹ نشان داده شده است.

شکل ۳ــ۹

۱۱ــ۷ــ۹ــ پاسخ : با تغییر مقدار مقاومت پتانسیومتر، ثابت زمانی شارژ خازن و در نتیجه فرکانس شکل موج تولید شده تغییر می‌کند.

۱۲ــ۷ــ۹ــ پاسخ : با وصل کلید K، پالس جریانی به گیت اعمال می‌شود. لامپ در صورتی روشن می‌شود که پالس اعمالی به گیت دارای دامنهٔ کافی برای روشن شدن تریستور باشد. پتانسیومتر به این منظور به‌کار گرفته شده است تا با تنظیم آن تا جریان، تحریک گیت را به حدی برساند که بتواند ترانزیستور را روشن کند.

۱۳ــ۷ــ۹ــ پاسخ : برای جریان عبوری از SCR داریم :

$$I = \frac{۳۰^{V} - V_{AK}}{R} = \frac{۳۰^{V} - ۰/۷^{V}}{R}$$

با توجه به رابطهٔ بالا مقدار حداقل مقاومت R که به ازای جریان نگهدارنده به‌دست می‌آید عبارت‌است از :

$$۱۰^{mA} = \frac{۳۰^{V} - ۰/۷^{V}}{R} \Rightarrow R = ۲/۹۳^{K\Omega}$$

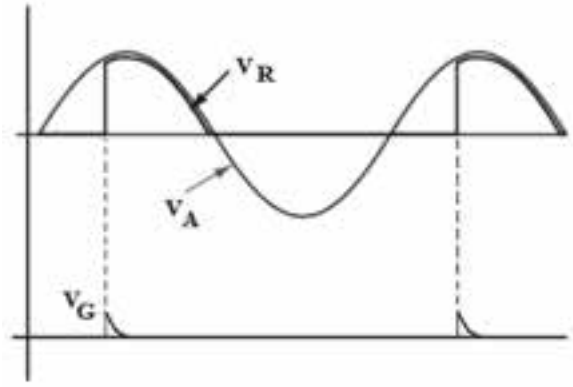
با افزایش مقدار مقاومت R از این مقدار، مقدار جریان عبوری از SCR کمتر از I_H شده و SCR قطع می‌شود.

۱۴ــ۷ــ۹ــ پاسخ : نماد SCS به همراه پایه‌های نام‌گذاری شدهٔ آن در شکل **۵۱ــ۹** از کتاب درسی نشان داده شده است.

۱۵ــ۷ــ۹ــ پاسخ : روش‌های خاموش کردن SCS در بخش **۲ــ۶ــ۹** از کتاب درسی شرح داده شده است.

۱۶ــ۷ــ۹ــ پاسخ : در این مدار اگر ولتاژ دو سر بار که همان ولتاژ دو سر SCR و مجموعهٔ سری شدهٔ دیود زنر و مقاومت بار است تا حدی افزایش پیدا کند که دیود زنر وصل شود، پالس تحریکی به گیت SCR وارد شده و آن را روشن می‌کند. به این روش بار اتصال کوتاه شده و منبع تغذیه را خاموش می‌کند.

۱۷ــ۷ــ۹ــ پاسخ : شکل موج دو سر V_R در شکل **۴ــ۹** نشان داده شده است. پس از اعمال پالس V_G به گیت، SCR روشن شده و جریان در مدار برقرار می‌شود. ولتاژ V_A پس از افتی معادل V_{AK} در دو سر بار ظاهر می‌شود.



شکل۴ــ۹

۱۸ــ۷ــ۹ــ پاسخ : دیودهای D_1 تا D_4 یک، یکسوساز تمام موج را تشکیل می‌دهند و یک موج یکسوشدهٔ تمام موج را در دو سر تریستور قرار می‌دهند. در صورت اعمال پالس جریان با دامنهٔ کافی به گیت، از آنجا که تریستور به صورت مستقیم بایاس شده است می‌تواند هدایت کند. زمان روشن شدن تریستور و در نتیجه زاویهٔ برش تریستور به ثابت زمانی شارژ خازن بستگی دارد و توسط پتانسیومتر R_2 تنظیم می‌شود. هر چه مقدار مقاومت پتانسیومتر بیشتر باشد زمان مورد نیاز برای تأمین ولتاژ مورد نیاز برای آتش کردن تریستور و در نتیجه زاویهٔ برش بیشتر می‌شود.

۹ـ۵ـ دایاک (صفحهٔ ۲۲۳ از کتاب درسی)

۹ـ۶ـ ترایاک (صفحهٔ ۲۲۴ از کتاب درسی)

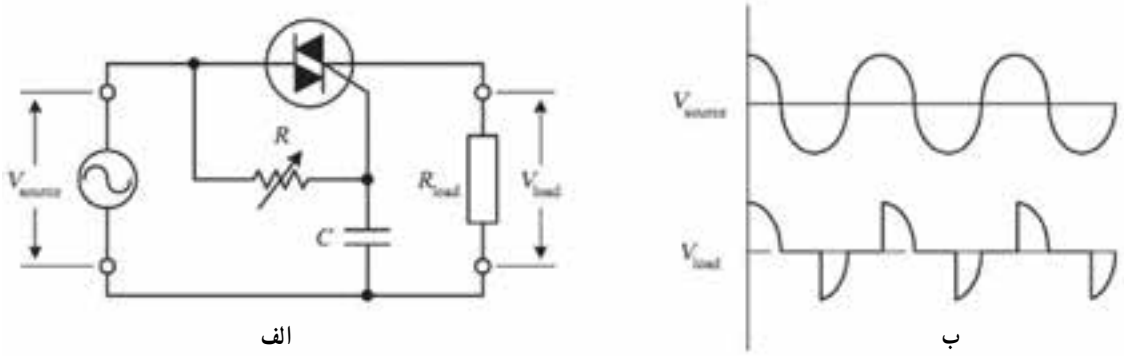
مباحث ۹ـ۵ و ۹ـ۶ در لوح فشرده ضمیمه کتاب آمده است.

پرسش ۱

هدف

بررسی نحوهٔ عملکرد ترایاک در مدار کنترل فاز (توان)

نقش هر یک از قطعات استفاده شده در شکل ۵ــ۹ــ الف را توضیح دهید و شکل موج سیگنال خروجی را رسم کنید.



شکل۵ــ۹ الف) مدار کنترل توان،ب) شکل موج سیگنال خروجی

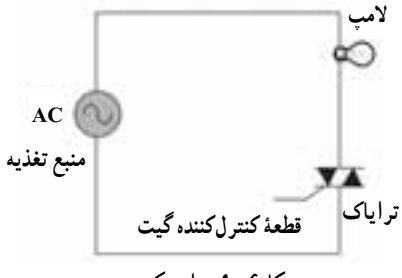
عملکرد مدار نشان داده در شکل ۵ــ۹ــ الف شباهت زیادی به مدار نشان داده شده در شکل ۸۳ــ۹ کتاب درسی دارد. یک ترایاک به همراه یک مقاومت متغیر و یک خازن، مدار کنترل توان را تشکیل داده اند. مقاومت متغیر، زمان روشن شدن ترایاک را تنظیم می کند. با افزایش مقدار مقاومت، ثابت زمانی شارژ خازن افزایش یافته و مدت زمان بیشتری طول می کشد تا ولتاژ خازن به حد آستانهٔ مورد نیاز برای تریگر کردن گیت ترایاک برسد. پس از تریگر گیت، ترایاک وصل شده و ولتاژ ورودی را دو سر بار قرار می‌دهد. شکل ۵ ــ ۹ــ ب سیگنال سینوسی منبع و شکل موج خروجی را نشان می‌دهد. 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

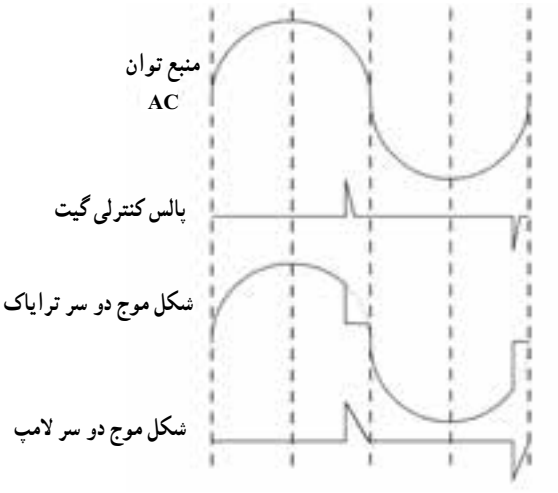
ــ بررسی نحوهٔ کنترل زاویهٔ هدایت ترایاک در مدار دیمر

شکل ۶ــ۹ مدار یک دیمر را نشان می‌دهد که در آن شدت روشنایی لامپ با استفاده از یک ترایاک تنظیم می‌شود. نحوهٔ عملکرد مدار را برای سه شدت روشنایی کم، متوسط و زیاد با نشان دادن شکل موج هر یک از اجزای آن توصیف کنید.



شکل۶ــ۹ مدار یک دیمر
با استفاده از ترایاک

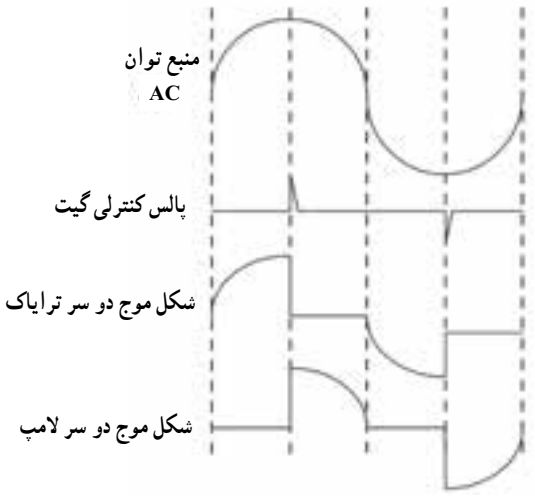
پاسخ : می دانیم بسته به این‌که پالس فعال کنندهٔ ترایاک در چه زمانی به گیت آن اعمال شود مقدار توان ورودی که به بار می‌رسد متفاوت است. ابتدا حالتی را بررسی می کنیم که نور لامپ دارای کمترین مقدار خود است. شکل ۷ــ۹ سیگنال مربوط به قطعات مختلف در مدار دیمر را در این‌حالت نشان می‌دهد.



شکل۷ــ۹

همان‌طور که از شکل ۷ــ۹ مشخص است پالس کنترلی گیت نزدیک به زمان تغییر علامت شکل موج ورودی از مثبت به منفی به آن اعمال می‌شود. در این‌حالت 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 ۸ــ۹ سیگنال مربوط به قطعات مختلف در مدار دیمر را در حالتی نشان می‌دهد که نور لامپ دارای مقدار متوسطی است. در این حالت پالس کنترلی گیت در نیمهٔ هر نیم سیکل موج ورودی به آن اعمال شده است و زاویهٔ هدایت آن برای هر نیم سیکل ۹۰ درجه است. بنابراین ترایاک نیمی از هر نیم سیکل را هدایت می‌کند و نور لامپ بیشتر از حالت پیشین است.

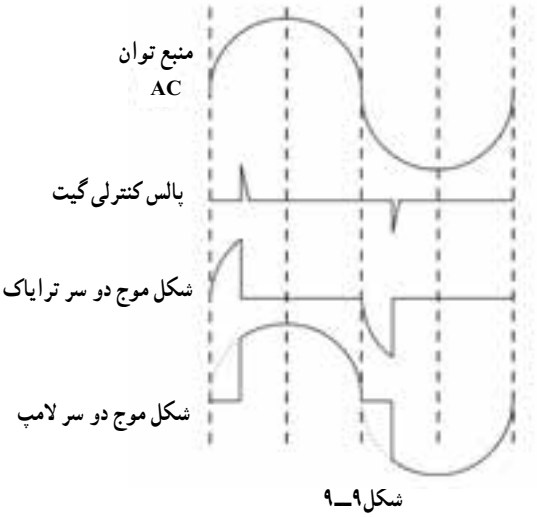


شکل۸ــ۹

☑ فرصت یاددهی ـ یادگیری

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

شکل ۹ــ۹ سیگنال دو سر قطعات مختلف مدار دیمر را در حالتی نشان می‌دهد که نور لامپ دارای بیشترین مقدار خود است. در این‌حالت سیگنال کنترلی گیت در ابتدای هر یک از نیم سیکل‌های سیگنال ورودی به آن اعمال شده است. در نتیجه ترایاک در بیشتر از نیمی از یک نیم سیکل روشن است و بخش عمدهٔ توان منبع ورودی به بار می‌رسد.



شکل۹ــ۹

☑ فرصت یاددهی ـ یادگیری

به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

پرسش ۳

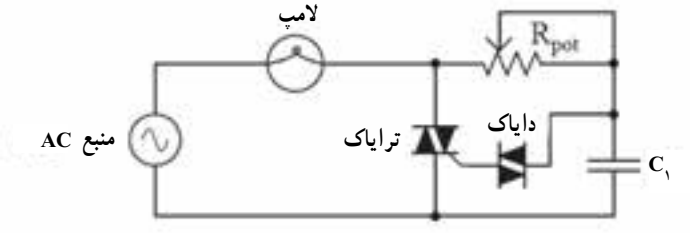
☑ هدف

ــ 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 ۱۰ــ۹

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 این‌رو امکان اعمال ولتاژ به این آند از بین رفته و پالس مورد نیاز برای روشن شدن ترایاک فراهم نمی شود و لامپ خاموش می‌ماند.

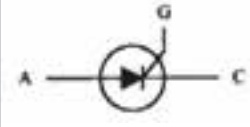
پ) با مدار باز شدن دایاک پالس لازم برای تحریک ترایاک فراهم نمی شود و ترایاک و در نتیجه لامپ خاموش است.

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 نمی توان داشت.

- خلاصه‌ای از مشخصات تریستورهای اصلی بررسی شده در کتاب درسی در جدول ۱ گردآوری شده است.

جدول ۱ــ خلاصهٔ ویژگی‌های تریستورهای اصلی

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

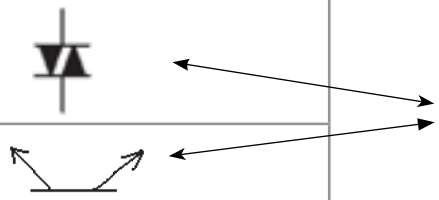
SCR		۳	در یک جهت و از آند به کاتد	مثبت بودن ولتاژ آند نسبت به کاتد و اعمال یک پالس مثبت به گیت	صفر کردن لحظه‌ای ولتاژ آند، قطع جریان آند، عبور جریانی در خلاف جهت اصلی و اتصال کوتاه کردن آند به کاتد
دایاک		۲	هدایت در دو جهت از آند ۱ به آند ۲ و بالعکس	رسیدن اختلاف ولتاژ بین دو آند به مقداری بیش از ولتاژ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

☑ پاسخ به سؤالات الگوی پرسش ۱۰ـ۹ (صفحهٔ ۲۲۷ از کتاب درسی)

۱ــ۱۰ــ۹ــ پاسخ : DIAC اول کلمات انگلیسی **Diod Alternating Current** است.

۲ــ۱۰ــ۹ــ پاسخ : اساساً می‌توان ترایاک را معادل دو SCR که به‌طور موازی و در جهت مخالف به هم وصل شده‌اند درنظر گرفت.

۳ــ۱۰ــ۹ــ پاسخ :

الف	ب
دایاک	
ترایاک	

۴ــ۱۰ــ۹ــ پاسخ : غلط

۵ــ۱۰ــ۹ــ پاسخ : صحیح

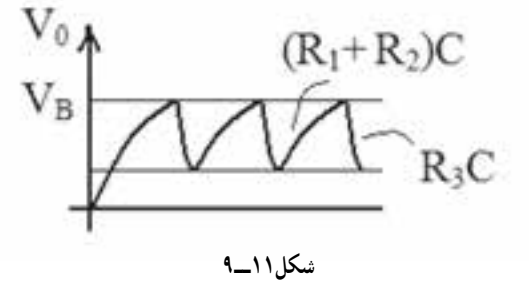
۶ــ۱۰ــ۹ــ پاسخ : نماد نشان داده شده مربوط به دایاک است و از آنجاکه این قطعه در هر دو جهت هدایت می‌کند، پس منحنی مشخصهٔ ولت ــ آمپر آن متقارن است. در نتیجه گزینهٔ ۲ صحیح است.

۷ــ۱۰ــ۹ــ پاسخ : این منحنی برای هر دو جهت هدایت مشابه بوده و ولتاژ شکست دایاک با کمی تغییر برای هر دو جهت

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

$V_{B1} \quad V_{B2} \pm ۱۰\% V_{B2}$

۸ــ۱۰ــ۹ــ پاسخ : در این مدار ابتدا خازن با ثابت زمانی $(R_2 \ R_1) C$ شروع به شارژ می‌کند. در این‌حالت شکل موج ولتاژ خروجی همان منحنی شارژ خازن است (شکل ۱۱ــ۹). هنگامی که ولتاژ خازن به ولتاژ شکست دایاک رسید باعث هدایت آن شده و خود از طریق مقاومت سری با دایاک دشارژ می‌شود. در این‌حالت ثابت زمانی دشارژ برابر R_3C است. وقتی جریان دایاک به مقدار کمتر از جریان نگهدارندهٔ آن برسد دایاک قطع شده و خازن دوباره شروع به شارژ می‌کند. با تغییر مقدار پتانسیومتر R_1 می‌توان زمان رسیدن ولتاژ خازن به ولتاژ شکست دایاک و در نتیجه فرکانس شکل موج تولید شده را کنترل کرد.



شکل۱۱ــ۹

۹ــ۱۰ــ۹ ــ پاسخ :

الف) در صورت بسته شدن کلید S_2 ولتاژ مثبت منبع تغذیهٔ ۶ ولتی در دو سر ترایاک قرار می‌گیرد. با بسته شدن کلید S_1 پالس جریانی به گیت ترایاک اعمال می‌شود و با فرض کافی بودن دامنهٔ این پالس، ترایاک هدایت کرده و باعث روشن شدن لامپ می‌شود.

ب) اگر کلید S_2 باز شود چون ارتباط لامپ با منبع تغذیه قطع می‌شود جریانی از آن نمی گذرد و لامپ خاموش می‌شود. حال اگر کلید S_2 بسته باشد، با باز کردن کلید S_1 و قطع پالس اعمالی به گیت، ترایاک کماکان هدایت می‌کند ولامپ روشن باقی می‌ماند.

پ) در این‌حالت یک ولتاژ منفی در دو سر ترایاک قرار می‌گیرد و برای روشن شدن آن بایستی یک پالس منفی با دامنهٔ کافی به گیت آن اعمال شود. با معکوس شدن پلاریتهٔ V_1 این پالس فراهم می‌شود و با بسته شدن کلید S_1 لامپ روشن می‌شود. حال اگر کلید S_2 بسته باقی بماند و S_1 باز شود لامپ روشن باقی خواهد ماند.

۱۰ــ۱۰ــ۹ ــ پاسخ : تفاوت اصلی بین این دو قطعه، شرایط بایاسینگ لازم برای هدایت آنها است. SCR تنها در بایاس موافق و در نیم سیکل مثبتِ یک موج متناوب می‌تواند هدایت کند در حالیکه ترایاک در هر دو نیم سیکل قابلیت هدایت دارد.

۱۱ــ۱۰ــ۹ــ پاسخ : در این مدار ترایاک برای روشن شدن به یک پالس جریان با دامنهٔ کافی نیازمند است که توسط دایاک تأمین می‌شود. برای هدایت دایاک بایستی ولتاژ دو سر خازن به ولتاژ شکست دایاک برسد. وقتی این ولتاژ به ولتاژ شکست دایاک رسید باعث هدایت آن شده و مقاومت دیاک به شدت کاهش می‌یابد و این امر موجب افزایش جریان دایاک و روشن شدن ترایاک می‌شود. پس از دشارژ خازن از طریق دایاک و کاهش جریان دایاک به میزانی کمتر از جریان نگهدارنده، دایاک قطع می‌شود اما ترایاک به هدایت خود ادامه می‌دهد. با ایده‌آل در نظر گرفتن ترایاک و صرفنظر کردن از جریان گذرنده از مقاومت ۸۲ کیلو اهمی، برای جریان عبوری از مقاومت ۲۲ اهمی داریم : $I_R \quad ۷۵^V/۲۲^\Omega \quad ۳/۴^A$

۱۲ــ۱۰ــ۹ــ پاسخ : در این مدار ترایاک برای روشن شدن نیازمند یک پالس با دامنه و علامت مناسب در هر یک از نیم سیکل‌های مثبت و منفی است. این پالس توسط دایاک به گیت ترایاک داده می‌شود. دایاک برای روشن شدن احتیاج به ولتاژی بزرگتر از ولتاژ عبور از شکست آن دارد که این ولتاژ توسط خازن تأمین می‌شود. در نیم سیکل مثبت خازن شروع به شارژ می‌کند و هنگامی

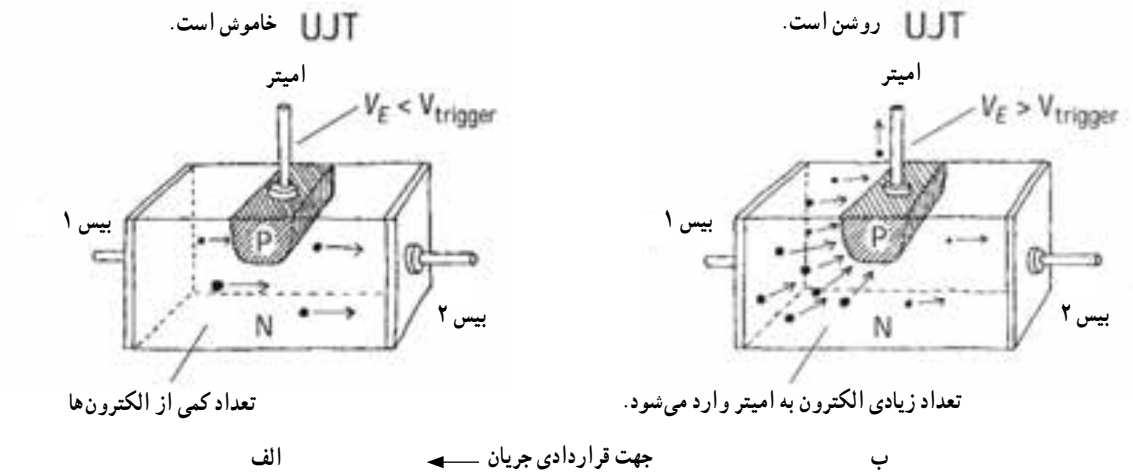
که ولتاژ آن برای راه اندازی دایاک به اندازهٔ کافی افزایش یافت موجب وصل شدن آن و اعمال یک پالس مثبت به گیت ترایاک خواهد شد. حال بسته به اینکه این پالس در چه زمانی در طی نیم سیکل مثبت به گیت اعمال می‌شود زمان روشن بودن لامپ معین می‌شود. در نیم سیکل منفی ابتدا ترایاک قطع می‌شود و خازن شروع به دشارژ می‌کند.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

۱۳ــ۱۰ــ۹ــ پاسخ : با افزایش نور تابیده شده به یک فوتورزیستور مقاومت آن کاهش می‌یابد. 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 این‌حالت بیشتر از حالتی است که نور تابیده شده به فوتورزیستور مقدار کمتری داد.

۹ـ۷ـ ترانزیستور تک اتصالی (UJT) (صفحهٔ ۲۲۸ از کتاب درسی)

۹ــ۷ــ۱ــ ساختمان و نحوهٔ عملکرد ترانزیستور تک اتصالی (UJT)

مباحث ۹ـ۷ و ۹ـ۷ـ۱ در لوح فشرده ضمیمه کتاب آمده است.



شکل ۱۲ــ۹ــ ساختمان یک UJT نوعی. الف) مسیر حرکت الکترون‌ها در حالتی که UJT خاموش است. الف) مسیر حرکت الکترون‌ها در حالتی که ولتاژی بیشتر از ولتاژ تریگر به امیتر UJT اعمال شده و موجب روشن شدن آن می‌شود.

مثال ۳

هدف

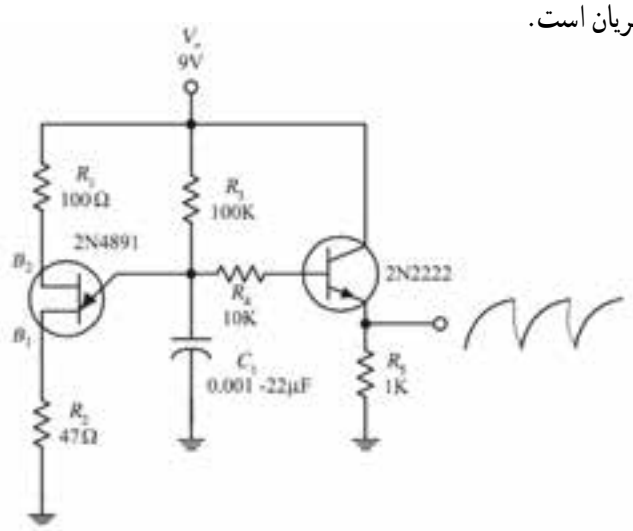
ــ بررسی یک مدار عملی مبتنی بر UJT

شکل ۱۳ــ۹ مدار یک مولد موج دندانه اره‌ای به همراه یک تقویت‌کنندهٔ جریان را نشان می‌دهد. نحوهٔ عملکرد مدار و نقش هریک از اجزای آن را توضیح داده و دربارهٔ طریقهٔ کنترل خروجی‌های مختلف آن بحث کنید.

پاسخ : در این مدار ترکیب مقاومت‌های R_1 ، R_2 و R_3 به همراه خازن و UJT یک نوسان ساز را تشکیل می‌دهند. برای

توضیح نحوهٔ عملکرد این مدار می‌توان از دانش‌آموزان خواست تا با مراجعه به کتاب درسی، به مرور دوبارهٔ مدار شکل ۹۴ــ۹ بپردازند. در این مدار یک شکل موج دندانه اره‌ای بر روی امیتر UJT تولید می‌شود که فرکانس آن توسط مقاومت R_1 و خازن تعیین می‌شود. در مدار شکل ۱۳ــ۹ 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 تقویت‌کنندهٔ جریان است.



شکل ۱۳ــ۹ــ مدار یک مولد موج دندانه اره‌ای به همراه یک تقویت‌کنندهٔ 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.

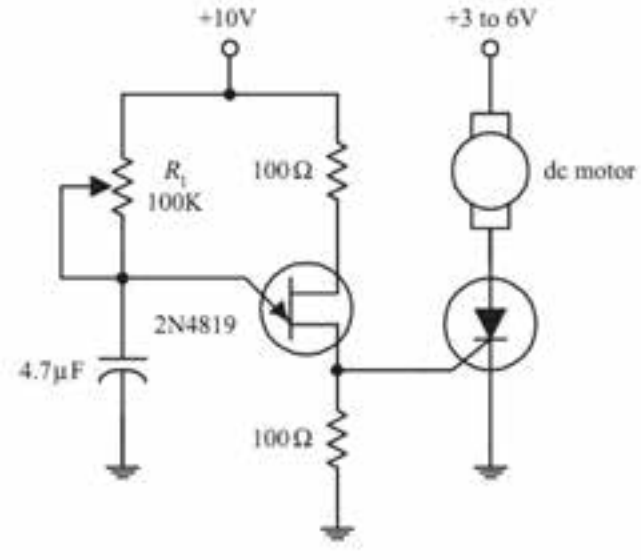
مثال ۴

هدف

ــ بررسی کارایی SCR و UJT در یک کاربرد عملی

توضیح دهید که در مدار نشان داده شده در شکل ۱۴ــ۹ 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 ۱۴ــ۹ 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 ۹۴ــ۹ کتاب درسی می‌توان دریافت که UJT، خازن و مقاومت‌ها یک نوسان‌ساز را تشکیل می‌دهند. سیگنال خروجی تولید شده توسط نوسان ساز، پالس مورد نیاز گیت



شکل ۱۴ــ۹ــ مدار کنترل سرعت موتور DC با استفاده از SCR و UJT

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

حال بایستی به بررسی این مسئله پرداخت که چگونه سرعت موتور توسط تریستور کنترل می‌شود. پاسخ به این سؤال را می‌توان با در نظر گرفتن الگوی روشن شدن SCR تعیین کرد. هر چه در یک بازهٔ زمانی معین میانگین تعداد پالس‌های مثبت اعمالی به گیت تریستور 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 ۱۴ـ۹ 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

۱ـ http: //www.technologystudent.com/elec1/thyris1.htm
۲ـ http: //www.allaboutcircuits.com/vol 3/chpt 7/5.html
۳ـ http: //encyclobeamia.solarbotics.net/articles/scr.html
۴ـ http: //www.wisc online.com/Objects/ViewObject.aspx?ID SSE7706
۵ـ http: //www.wisc online.com/Objects/ViewObject.aspx?ID SSE7406

☑ **نکتهٔ آموزشی**

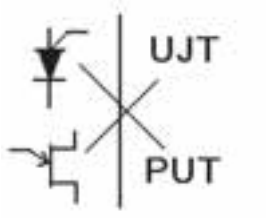
به لوح فشرده ضمیمه کتاب مراجعه کنید.

☑ **پاسخ به سؤالات الگوی پرسش ۱۴ـ۹ (صفحهٔ ۲۳۴ از کتاب درسی)**

۱ـ۱۴ـ۹ـ پاسخ : UJT اول کلمات انگلیسی Uni Junction Transistor است.

۲ـ۱۴ـ۹ـ پاسخ : UJT را می‌توان معادل یک دیود و دو مقاومت درنظر گرفت.

۳ـ۱۴ـ۹ـ پاسخ :



۴ـ۱۴ـ۹ـ پاسخ : صحیح

۵ـ۱۴ـ۹ـ پاسخ : گزینهٔ ۴ صحیح است.

۶ــ۱۴ــ۹ــ پاسخ : با جایگذاری ولتاژ هدایت در رابطهٔ زیر می‌توان ضریب تقسیم را محاسبه کرد :

$V_P \ \eta V_{BB} \ V^{Pn} \Rightarrow ۴/۷ \quad ۰/۷ \quad ۱۰\eta \Rightarrow \beta \ ۰/۴$

لذا گزینهٔ ۱ پاسخ صحیح است.

۷ــ۱۴ــ۹ــ پاسخ : شکل ۸۸ــ۹ از کتاب درسی پاسخ این سؤال است.

۸ــ۱۴ــ۹ــ پاسخ : این مطلب در بخش ۳ــ۱۱ــ۹ از کتاب درسی شرح داده شده است.

۹ــ۱۴ــ۹ــ پاسخ :

$$\eta = \frac{R_{B۱}}{R_{B۱} + R_{B۲}} = \frac{۲/۵}{۶/۵} = ۰/۳۸۵$$

۱۰ــ۱۴ــ۹ ــ پاسخ : در ابتدا و وقتی که UJT قطع است، جریانی در مدار برقرار نیست و ولتاژ V روی امیتر ظاهر می‌شود. ولتاژ آستانهٔ مورد نیاز برای روشن نشدن UJT از رابطهٔ $V_{pn} \quad \eta V_{BB}$ V قابل محاسبه است :

$V \quad ۰/۶۳ \times ۲۰^{V} \ ۰/۷^{V} \quad ۱۳/۳^{V}$

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.

۱۱ــ۱۴ــ۹ــ پاسخ : منظور ناحیه‌ای است که در آن PUT همانند یک مقاومت منفی عمل کرده و به یکی از حالات پایدار روشن یا خاموش منتقل می‌شود. در حالت قطع، PUT دارای ولتاژ بزرگ و جریانی کوچک است و طبق رابطهٔ V/Iهمانند یک مقاومت بسیار بزرگ و یا مدار باز عمل می‌کند. وقتی ولتاژ آند به کاتد به ولتاژ شکست V_P می‌رسد قطعه روشن شده و وارد ناحیهٔ ناپایدار می‌شود. در این‌حالت ولتاژ دارای مقداری کمتر از مقدار جریان است که باعث می‌شود همانند یک مقاومت بسیار کوچک عمل کند که می‌تواند با یک مدار اتصال کوتاه مدل شود. بنابراین قطعه از حالت مدار باز به حالت اتصال کوتاه تغییر وضعیت می‌دهد و نقطهٔ پایدار عملکرد آن با $R_{B۱}$ ، $R_{B۲}$ و V_{BB} مشخص می‌شود.

۱۲ــ۱۴ــ۹ــ پاسخ : برای ولتاژ وصل PUT داریم : $V_A = V_P = \eta V_{BB} + V_{pn} = \frac{۱۸^{V} R_۳}{R_۲ + R_۳} + ۰/۷^{V} = ۹/۷^{V}$

۱۳ــ۱۴ــ۹ــ پاسخ :

الف) $V_P = \eta V_{BB} + V_{pn} = \frac{۶^{V} R_۳}{R_۲ + R_۳} + ۰/۷^{V} = ۳/۷^{V}$

ب) در نیم سیکل منفی چون V_{AK} منفی است با توجه به منحنی مشخصهٔ ولت ــ آمپر PUT این قطعه خاموش می‌شود.

۱۴ــ۱۴ــ۹ ــ پاسخ : یکی از اصلی‌ترین تفاوت‌های این دو قطعه ساختمان آنها است. UJT یک قطعهٔ تک پیوندی است در حالی‌که PUT ساختمانی شبیه به یک SCR دارد و از چهار لایه تشکیل شده است. علاوه بر این جریان‌های 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.

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

منابع

[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 عمومی۲ کد ۴۹۰/۵ چاپ ۱۳۹۱ــ مؤلفان سیّد محمود صموتی، شهرام نصیری سوادکوهی ــ ناشر شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران

[۱۵] کتاب آزمایشگاه مجازی جلد۲ کد ۴۶۶/۶ چاپ ۱۳۹۱ــ مؤلفان مهین ظریفیان، سیّد محمود صموتی، محمود شبانی، سیدعلی صموتی ــ ناشر شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران