

## فصل ۳

# مدارهای الکترونیکی ساده



دیود و ترانزیستور دو قطعه پُرکاربرد در مدارهای الکترونیکی هستند. از این قطعات معمولاً در همه دستگاه‌های الکترونیکی به صورت مجزا یا مجتمع استفاده می‌شود. بنابر این آزمایش روی دیود و ترانزیستور و اندازه‌گیری کمیت‌های مربوط به آن‌ها اهمیت دارد. این فرآیند از طریق نرم‌افزاری یا سخت‌افزاری صورت می‌گیرد و باید مورد توجه خاص قرار گیرد. یادآور می‌شود بدون شناخت این قطعات پایه، نمی‌توانیم به چگونگی عملکرد مدارهای الکترونیکی دسترسی پیدا کنیم.

### شایستگی آزمایش قطعات نیمه‌هادی

#### آیا تا به حال فکر کرده‌اید:

- عناصر نیمه‌هادی مانند دیود چه نقشی در مدارهای الکترونیکی دارند؟
- چه قطعات الکترونیکی می‌توانند برق متناوب شهر را به برق DC تبدیل کنند؟
- دیودهای نوردهنده در صرفه‌جویی انرژی الکتریکی چه تحول عظیمی ایجاد کرده‌اند؟
- در صفحات نمایش تصویر، رنگ‌های مختلف چگونه ساخته می‌شوند؟

دیودها، قطعاتی نیمه‌هادی هستند که در انواع مختلف ساخته شده‌اند و برای یکسوسازی، آشکارسازی، مخلوط‌کنندگی و کاربردهای متعدد دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. دیودهای نوردهنده در حد وسیعی به عنوان لامپ روشنایی، نمایشگر و چراغ‌های خودرو مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در این واحد یادگیری، ضمن آزمایش صحت و تعیین پایه‌های دیود، کمیت‌های مهم آن را از برگه اطلاعات استخراج می‌کنید. همچنین چند مدار کاربردی مهم دیود مانند یکسوسازی و چندبرابرکنندگی را به صورت نرم‌افزاری و سخت‌افزاری مورد آزمایش قرار می‌دهید. در تمام مراحل کار عملی، رعایت نکات ایمنی و بهداشتی و توجه به مهارت‌های غیر فنی مانند کار گروهی، مسئولیت‌پذیری، رعایت نظم و ترتیب از مواردی است که از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و باید رعایت شود.

#### استاندارد عملکرد

بستن مدارهای ساده دیودی به صورت نرم‌افزاری و سخت‌افزاری و اندازه‌گیری کمیت‌های مرتبط با رعایت استاندارد و دقت تعریف‌شده.

#### مواد، ابزار و تجهیزات مورد نیاز واحد یادگیری:

ابزار عمومی برق و الکترونیک - منبع تغذیه - سیگنال‌ژنراتور AF - مولتی‌متر دیجیتالی - اسیلوسکوپ - رایانه - نرم‌افزار مناسب - برد برد - لوازم التحریر - انواع دیود، مقاومت، خازن و سیم‌های رابط

## ۳-۱- تعیین پایه‌ها و آزمایش صحت دیود



شکل ۳-۱- ساختمان کریستالی و نماد فنی دیود

در درس دانش فنی با ساختمان کریستالی، نماد فنی و طرز کار دیود آشنا شده‌اید. در شکل ۳-۱ ساختمان دیود نیمه‌هادی و نماد فنی آن نشان داده شده است.



شکل ۳-۲- تصویر دو نوع دیود

دیودها در اشکال و ابعاد مختلف ساخته می‌شوند. معمولاً سازندگان دیود از علائمی برای مشخص کردن پایه‌های دیود استفاده می‌کنند. برای مثال مانند شکل ۳-۲ تصویر دیود را روی آن چاپ می‌کنند. در هر صورت مطمئن‌ترین روش برای تعیین آندوکاتد دیود مراجعه به برگه اطلاعات آن‌ها است.



شکل ۳-۳- تصویر چند نوع دیود با نوار رنگی

اگر دیود به صورت استوانه‌ای باشد، مانند شکل ۳-۳ در یک طرف آن یک یا چند نوار رنگی قرار می‌گیرد که نشان‌دهنده کاتد دیود است.

**کار عملی ۱: تعیین آند و کاتد دیود با استفاده از علائم ظاهری چاپ شده روی دیود**

**هدف:** تعیین آند و کاتد دیود با علائم ظاهری دیود

**مواد، ابزار و تجهیزات:** دیود سیلیسیومی و ژرمانیومی

کار عملی



### مراحل اجرای کار

۱- آند و کاتد را روی دیودهای شکل ۳-۴ مشخص کنید و در محل تعیین شده بنویسید.



شکل ۳-۴- تعیین آند و کاتد دیودها

جدول ۳-۱		
شماره ردیف	شکل ظاهری	شماره فنی دیود
۱		
۲		
۳		
۴		

۲- چند دیود واقعی را در اختیار بگیرید و آند و کاتد آن‌ها را با علائم چاپ شده روی دیود مشخص کنید. سپس جدول ۳-۱ را کامل نمایید. روی شکل ظاهری علامت آند (A) و کاتد (K) را بنویسید.

فیلم آزمایش دیود را ببینید.

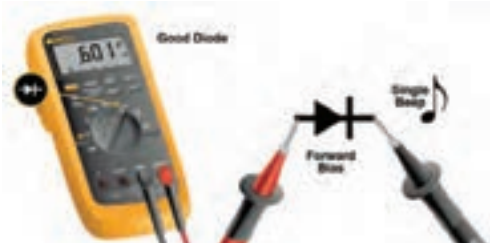
فیلم



شکل ۳-۵- مولتی متر دیجیتالی در حالت آزمایش دیود

### ● تشخیص پایه‌ها و سالم بودن دیود با مولتی متر

اغلب مولتی مترهای دیجیتالی دارای وضعیت آزمایش دیود هستند. هرگاه کلیدسلکتور مولتی متر دیجیتالی را مطابق شکل ۳-۵ در وضعیت آزمایش دیود قرار دهیم و دیود را به گونه‌ای به مولتی متر وصل کنیم که دیود در بایاس موافق قرار گیرد، مولتی متر مانند شکل ۳-۶ ولتاژ بایاس دوسر دیود را نشان می‌دهد. این ولتاژ برای دیودهای سیلیسیومی در محدوده ۰/۵ تا ۰/۷ ولت و برای دیودهای از جنس ژرمانیوم در محدوده ۰/۱۵ تا ۰/۳ ولت است.



شکل ۳-۶- وضعیت تست دیود در بایاس موافق

اگر دیود در بایاس مخالف قرار گیرد، ولتاژ داخلی دستگاه مولتی متر در دوسر دیود قرار می‌گیرد و توسط دستگاه نشان داده می‌شود. این ولتاژ ممکن است با توجه به نوع مولتی متر، بین ۱/۵ تا ۳ ولت باشد. در برخی مولتی مترها علامتی مطابق شکل ۳-۷ یا علامت دیگری که در راهنمای کاربرد مولتی متر ذکر شده است، روی صفحه نمایشگر مولتی متر ظاهر می‌شود. OL مخفف کلمه Open Loop به معنی اتصال باز است.



شکل ۳-۷- علامت OL روی صفحه نمایش



## کار عملی ۲: تعیین آند و کاتد دیود با مولتی متر

هدف: تعیین آند و کاتد دیود با مولتی متر

مواد، ابزار و تجهیزات: مولتی متر دیجیتالی یک دستگاه- چند نمونه دیود -سیم رابط دوسر سوسماری ۲ عدد-انواع دیود معیوب ۴ عدد

### مراحل اجرای کار

- ۱- چهار عدد دیود سالم در اختیار بگیرید و در جدول ۲-۳ شکل ظاهری آن‌ها را رسم کنید و شماره فنی آن‌ها را بنویسید.
- ۲- با استفاده از مولتی متر دیجیتالی جنس دیود و پایه‌های آن‌ها را مشخص و سپس جدول ۲-۳ را کامل کنید.

جدول ۲-۳				
شماره ردیف	شماره فنی دیود	شکل ظاهری	شکل ظاهری یا مشخص شدن آند و کاتد	جنس (Ge یا Si)
۱				
۲				
۳				
۴				

- ۳- چهار دیود سالم و چهار دیود معیوب را در کنار هم قرار دهید. سپس با استفاده از مولتی متر دیجیتالی آن‌ها را آزمایش کنید و دیودهای معیوب را از دیودهای سالم جدا نمایید. در بارهٔ مراحل اجرای این تجربه توضیح دهید.

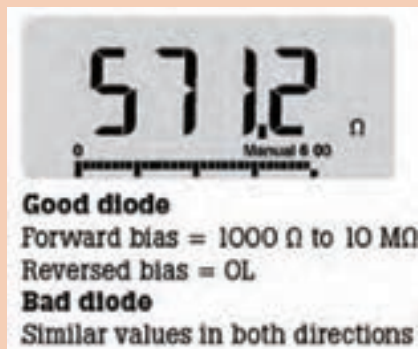
.....

.....

.....

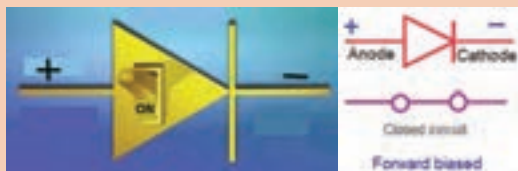


اطلاعات نوشته شده به زبان اصلی در مورد دیود سالم و معیوب را به فارسی ترجمه کنید.



دیود در حالت آرمانی (ایده‌آل) در بایاس موافق مانند کلید بسته و در بایاس مخالف مانند کلید باز عمل می‌کند. شکل‌های الف و ب ۳-۸، این حالت‌ها را نشان می‌دهد.

نکته



شکل الف ۳-۸- دیود ایده‌آل در بایاس موافق



شکل ب ۳-۸- دیود ایده‌آل در بایاس مخالف

## ۲-۳- استخراج اطلاعات از برگه اطلاعات و آزمایش دیود (نرم افزار و سخت افزار)

کار عملی ۳: خواندن برگه اطلاعات

هدف: استخراج برخی اطلاعات مهم دیود

مواد، ابزار و تجهیزات: برگه اطلاعات دیود ۱ ۱N۴۰۰۱ تا ۷ ۱N۴۰۰۷

کار عملی



### مراحل اجرای کار

۱- به برگه اطلاعات شکل ۳-۹ مراجعه کنید و مفاهیم هر یک از کلمات خواسته شده را در جدول ۳-۳ بنویسید.

۲- با مراجعه به برگه اطلاعات شکل ۳-۹ معنی هر یک از کلمات نوشته شده در جدول ۳-۴ را بیابید و معنی و مقادیر هر یک را برای دیود ۱N۴۰۰۱ در جدول ۳-۴ بنویسید.

جدول ۳-۳		
ردیف	لغت انگلیسی	معنی فارسی
۱	Features	
۲	leakage	
۳	Voltage drop	
۴	Surge capability	
۵	solder	

**1N4001 thru 1N4007**  
Vishay General Semiconductor

**General Purpose Plastic Rectifier**



DO-204AL (DO-41)

**FEATURES**

- Low forward voltage drop
- Low leakage current
- High forward surge capability
- Solder dip 275 °C max. 10 s, per JESD 22-B106
- Compliant to RoHS Directive 2002/95/EC and in accordance to WEEE 2002/96/EC

**RoHS**  
COMPLIANT

MAXIMUM RATINGS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)									
PARAMETER	SYMBOL	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	UNIT
Maximum repetitive peak reverse voltage	$V_{RRM}$	50	100	200	400	600	800	1000	v
Maximum RMS voltage	$V_{RMS}$	35	70	140	280	420	560	700	v
Maximum DC blocking voltage	$V_{DC}$	50	100	200	400	600	800	1000	v
Maximum average forward rectified current 0.375" (9.5mm) lead length at $T_A = 75^\circ\text{C}$	$I_{F(AVE)}$	1.0							A
Peak forward surge current 8.3 ms single half sine-wave superimposed on rated load	$I_{FSM}$	30							A
Non - repetitive peak forward	$t_p = 1\text{ms}$	45							A
Surge current square wavetorm	$t_p = 2\text{ms}$	35							
$T_A = 25^\circ\text{C}$ (fig. 3)	$t_p = 5\text{ms}$	30							
Maximum full load reverse current, full cycle average 0.375" (9.5mm) lead length $T_L = 75^\circ\text{C}$	$I_{R(AV)}$	30							$\mu\text{A}$

شکل ۳-۹ برگه اطلاعات

جدول ۳-۴				
ردیف	علامت اختصاری	معنی فارسی	مقدار	واحد
۱	$V_{RRM}$			
۲	$V_{RMS}$			
۳	$I_{FSM}$			
۴	$V_{DC}$			
۵	$I_{F(AVE)}$			

۳- با مراجعه به برگه اطلاعات، تفاوت بین دیودهای 1N4001 و 1N4007 را مشخص کنید و درباره آن توضیح دهید.

.....  
 .....

۴- آیا می‌توانیم دیود 1N4001 را به جای 1N4007 به کار ببریم؟ با ذکر دلیل توضیح دهید.

.....  
 .....

۵- آیا می‌توانیم از دیود 1N4001 به طور مستقیم برای یکسوسازی برق خانگی (۲۲۰ ولت) استفاده کنیم؟ توضیح دهید.

.....  
 .....

۶- با توجه به برگه اطلاعات شکل ۹-۳ معدل جریان موافق دیودهای 1N4001 تا 1N4007 چند آمپر است؟

.....  
 .....

کار عملی



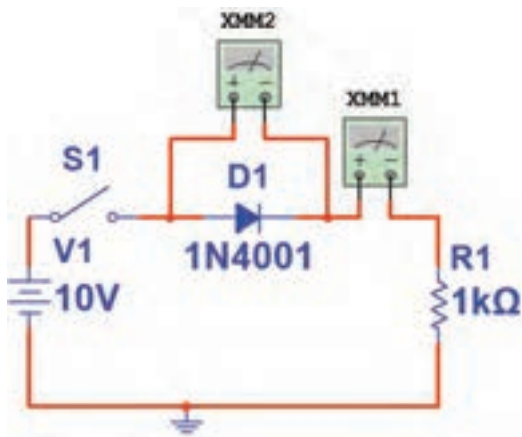
### کار عملی ۴: اندازه‌گیری $V_D$ ، $I_F$ و $V_R$ در نرم‌افزار

هدف: اندازه‌گیری کمیت‌های دیود در نرم‌افزار

مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه یک دستگاه- نرم‌افزار مناسب مانند مولتی‌سیم- لوازم‌التحریر

### مراحل اجرای کار

- ۱- مدار شکل ۱۰-۳ را توسط نرم‌افزار ببینید.
- ۲- اگر افت ولتاژ دو سر دیود را ۰/۷ ولت در نظر بگیریم، با فرض بسته‌بودن کلید، جریان عبوری از دیود را محاسبه کنید.



شکل ۱۰-۳- مدار آزمایش

ولت  $V_{R1} = \dots\dots\dots$

mA  $I_D = \dots\dots\dots$



۳- کلید مدار را ببندید و ولتاژ دو سر دیود و جریان مدار را اندازه بگیرید و در جدول ۳-۵ یادداشت کنید.

۴- آیا مقدار اندازه گیری شده با مقدار محاسبه شده انطباق دارد؟ در صورت وجود اختلاف، علت را توضیح دهید.

.....  
 .....

۵- کلید مدار را باز کنید و مقدار ولتاژ منبع را روی ۲۰ ولت تنظیم کنید. کلید مدار را ببندید و جریان مدار و افت ولتاژ دو سر دیود را اندازه بگیرید و در جدول ۳-۵ یادداشت کنید.

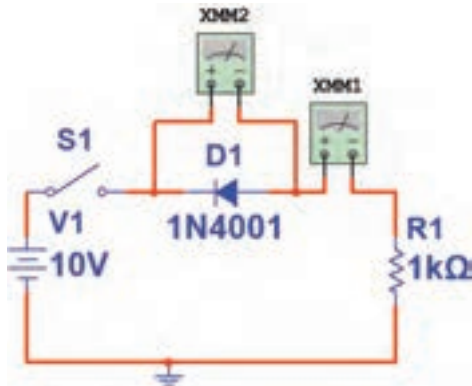
۶- آیا جریان مدار دو برابر شده است؟

.....  
 .....

۷- با توجه به برگه اطلاعات شکل ۳-۹، دیود ۱N۴۰۰۱ در بایاس موافق، حداکثر چند آمپر را تحمل می کند؟

.....  
 .....

۸- جهت قرار گرفتن دیود را در مدار، مطابق شکل ۳-۱۱ عوض کنید سپس کلید مدار را ببندید و جریان عبوری از دیود و افت ولتاژ دوسر آن را اندازه بگیرید و در جدول ۳-۵ یادداشت کنید.



شکل ۳-۱۱- مدار آزمایش

جدول ۳-۵		
ID (mA)	VD(V)	مراحل آزمایش
		۳
		۵
		۸

۹- آیا در بایاس مخالف، همه ولتاژ منبع در دو سر دیود افت می کند؟

.....  
 .....

۱۰- با توجه به برگه اطلاعات شکل ۳-۹، دیود ۱N۴۰۰۱ حداکثر چند ولت را در بایاس مخالف تحمل می کند؟

.....  
 .....



## کار عملی ۵: اندازه‌گیری $I_F$ و $V_D$ با قطعات واقعی

هدف: اندازه‌گیری کمیت‌های دیود با قطعات واقعی

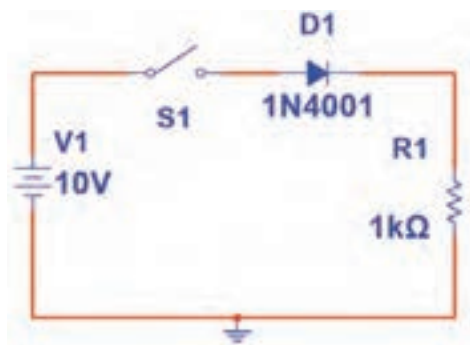
مواد، ابزار و تجهیزات: منبع تغذیه یک دستگاه- بردبرد یک قطعه- دیود ۱N4001 یک عدد - مولتی‌متر دیجیتالی یک دستگاه- سیم بردبرد به تعداد کافی- سیم رابط تغذیه دو عدد- مقاومت  $1k\Omega$  یک چهارم وات یک عدد

### مراحل اجرای کار

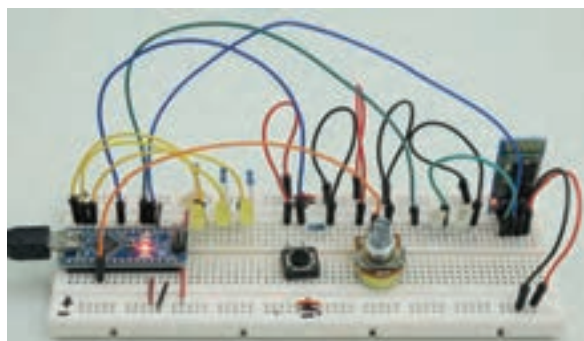
۱- در اتصال پایه‌های قطعات روی بردبرد از سیم استاندارد مانند شکل ۱۲-۳ استفاده کنید.

۲- مدار شکل ۱۳-۳ را روی بردبرد ببندید.

۳- آمپرمتر را در مدار قرار دهید. سپس کلید مدار را وصل کنید و جریان عبوری از دیود را اندازه بگیرید و در جدول ۳-۶ یادداشت کنید.



شکل ۱۳-۳ - مدار آزمایش



شکل ۱۲-۳ - استفاده از سیم استاندارد برای بردبرد

۴- با اتصال ولت‌متر به دو سر دیود، افت ولتاژ دوسر دیود را اندازه بگیرید و در جدول ۳-۶ یادداشت کنید.

۵- با معلوم بودن  $V_D$  و  $I_D$  و با استفاده از قانون اهم، مقاومت دیود را محاسبه کنید.

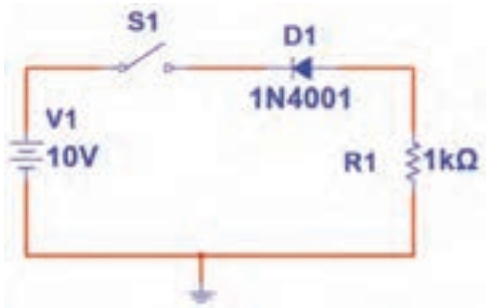
$$R_D = \dots \dots \dots \Omega$$

۶- کلید مدار را قطع کنید و جهت دیود را مطابق شکل ۱۴-۳ عوض کنید، سپس کلید را ببندید و مقادیر  $I_D$  و  $V_D$  را اندازه بگیرید و در جدول ۳-۶ یادداشت کنید.

۷- در این حالت مقاومت دیود را محاسبه کنید.

$$R_D = \dots \dots \dots \Omega$$

۸- آیا دیود مانند یک کلید قطع عمل می‌کند؟



شکل ۱۴-۳- مدار آزمایش

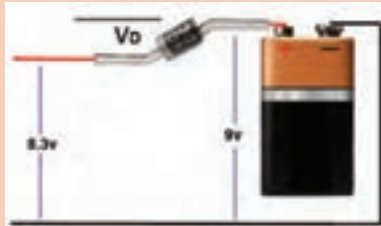
جدول ۳-۶		
ID (mA)	VD(V)	مراحل آزمایش
		۳ و ۴
		۶

الگوی پرسش:

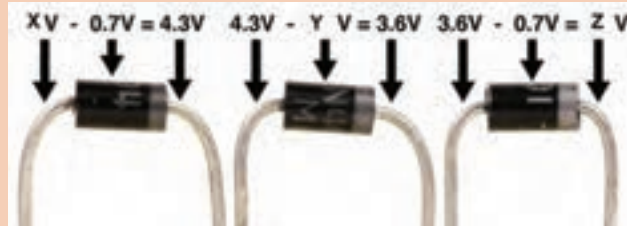
۱- با توجه به شکل ۳-۱۵ مقدار ولتاژ VD و جنس دیود را بنویسید.

۲- با توجه به شکل ۳-۱۶ مقدار X، Y و Z را بنویسید.

پرسش

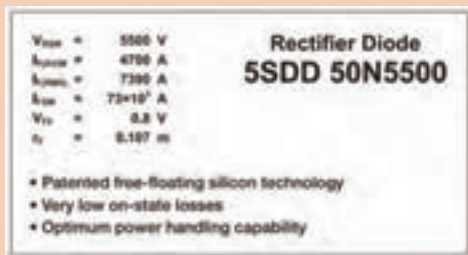


شکل ۱۵-۳



شکل ۱۶-۳

۳- با توجه به برگه اطلاعات شکل ۳-۱۷ که مربوط به دیود توان بالا است، مقادیر معدل ماکزیمم جریان موافق، جریان لحظه‌ای و ماکزیمم ولتاژ لحظه‌ای در بایاس مخالف را بنویسید.



شکل ۱۷-۳

### ۳-۳- دیود نوردهنده (LED)

LED یک دیود نوردهنده است که به عنوان یک لامپ کم مصرف به کار می‌رود. از LED های کوچک و با نور کم برای نشان دادن حالت‌های خاموش و روشن دستگاه‌ها استفاده می‌کنند. سطحی از LED که نور را پخش می‌کند، به شکل دایره، مربع و مستطیل است. شکل ۳-۱۸ چند نمونه LED معمولی را نشان می‌دهد.

برای این که بتوان LED های معمولی را به راحتی روی دستگاه سوار کرد، آن ها را در بسته بندی مخصوص و به صورت یک پارچه یا مدولار (Modular) عرضه می کنند. در شکل ۱۹-۳ چند نمونه از LED های قابل نصب روی دستگاه های مختلف را ملاحظه می کنید.



شکل ۱۸-۳- چند نمونه معمولی LED



شکل ۱۹-۳- LED معمولی قابل نصب روی دستگاه

### ● LED های پُر نور (High Brightness)

LED های با شدت نور زیاد، به عنوان لامپ های کم مصرف و با راندمان بالا جایگزین لامپ های رشته ای شده اند. در شکل ۲۰-۳ چند نمونه LED پُر نور را ملاحظه می کنید. شکل ۲۱-۳ لامپ های کم مصرف LED را نشان می دهد.



شکل ۲۰-۳- چند LED پُر نور



شکل ۲۱-۳- لامپ کم مصرف LED



الف- نور افکن با LED



ب- در چراغ خطر

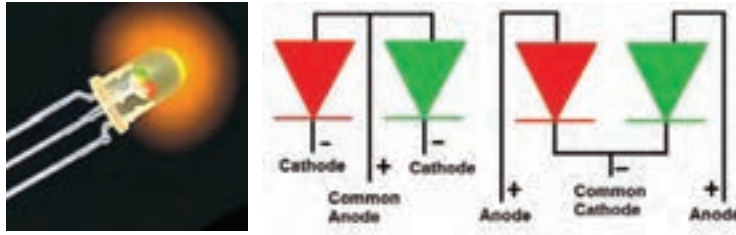
شکل ۲۲-۳- دو نمونه کاربرد LED

از LED ها در موارد دیگری مانند چراغ کم مصرف، نور افکن، تلویزیون LED و تابلو روان نیز استفاده می شود. شکل ۲۲-۳ دو نمونه از این کاربردها را نشان می دهد. نمونه های کاربردی دیگر در کتاب همراه هنرجو آمده است.

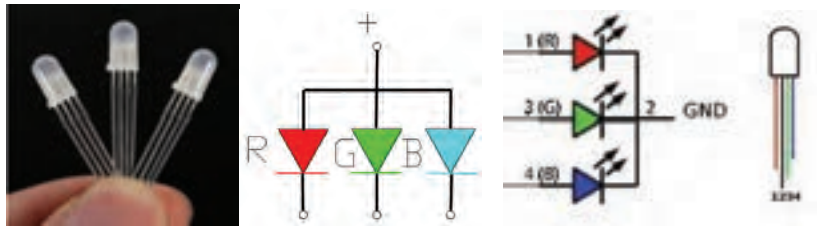
### ● ال ئی دی های چند رنگ (Multi Color LED)

برای این که بتوانند رنگ های مختلف را با استفاده از سه رنگ اصلی قرمز، سبز و آبی تولید کنند، از LED های چند رنگ استفاده می کنند.

در این نوع LED ها دو یا سه LED را در یک بسته بندی قرار می دهند. شکل ۲۳-۳ LED های دو رنگ و سه رنگ و نماد فنی آن ها را نشان می دهد. در این نوع LED ها معمولاً کاتدها یا آندها به صورت یک پایه مشترک در دسترس قرار می گیرند.



الف- LED های دو رنگ و نماد فنی آن ها



ب- LED های سه رنگ و نماد فنی آن ها

شکل ۲۳-۳- LED های چند رنگ و نماد فنی آن ها

LT9550ED		O 7.5mm Cylinder type Dichromatic LED Lamps	
Model No.	LT9550ED Yellow-green	Ga P	
Color	Red	Ga As P	Ga P
<b>Features</b>			
1. of 7.5mm all round mold			
2. Radiation color: Red, yellow-green and orange (mixed color)			
3. High-density mounting (Dispersion package)			
4. Colorless transparency lens type			
<b>Dimensions</b>		<b>Pin connections</b>	

شکل ۲۴-۳- برگه اطلاعات مربوط به LED های دو رنگ

### ● استفاده از برگه اطلاعات (Data Sheet)

برگه اطلاعات دیودهای نورانی مشابه برگه اطلاعات دیودهای معمولی است، با این تفاوت که اطلاعاتی مانند رنگ نور LED، شدت نور، طول موج رنگ منتشر شده و سایر اطلاعات در آن درج می شود. شکل ۲۴-۳ قسمتی از برگه اطلاعات LED دو رنگ با شماره فنی LT ۹۵۵۰ ED را نشان می دهد.

### کار عملی ۶: خواندن برگه اطلاعات

هدف: استخراج اطلاعات مهم از برگه اطلاعات

مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه- لوازم التحریر - برگه اطلاعات

کار عملی







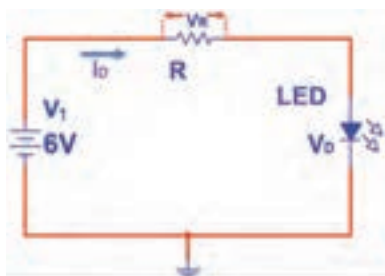
۲- با توجه به برگه اطلاعات شکل ۲۵-۳، مقادیر خواسته شده در جدول ۷-۳ را بنویسید.

جدول ۷-۳				
ردیف	علامت اختصاری	معنی فارسی	مقدار	واحد
۱	$V_F$			
۲	$V_R$			
۳	$I_{FSM}$			
۴	$V_{DC}$			
۵	$I_F$			
۶	$P_D$			
۷	$T_{sd}$			

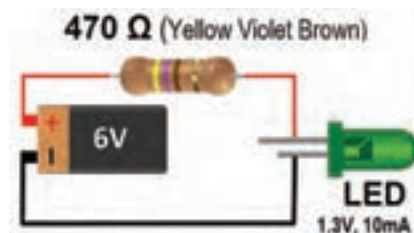
### ● محاسبه مقدار مقاومت محدودکننده جریان LED

معمولاً افت ولتاژ دو سر هر نوع LED در بایاس موافق و جریان کار طبیعی آن، تا حدودی باهم برابر است ولی برای اطمینان از مقادیر، لازم است برای هر نوع LED به برگه اطلاعات آن مراجعه شود. برای محاسبه مقدار مقاومت R در شکل ۲۶-۳ که محدودکننده جریان عبوری از دیود است، از قانون اهم استفاده می‌کنیم.

$$R = \frac{V_R}{I} = \frac{(V_1 - V_D)}{I_D} \quad V_R = V_1 - V_D$$



الف - نقشه فنی مدار

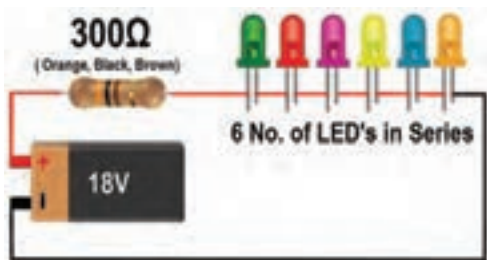


ب - نقشه عملی مدار

شکل ۲۶-۳- مدار LED با مقاومت

در شکل ۲۶-۳ مقدار R از رابطه زیر محاسبه شده است.

$$R = \frac{V_R}{I} = \frac{V_1 - V_D}{I} = \frac{6 - 1.3}{10 \text{ mA}} = 470 \Omega$$



شکل ۲۷-۳ مدار LED سری با مقاومت

۱- در مدار شکل ۲۷-۳، اگر افت ولتاژ دو سر هر دیود ۲ ولت باشد، جریان عبوری از مدار را محاسبه کنید.

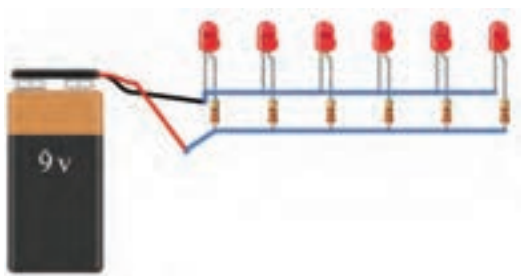
۲- اگر در شکل ۲۸-۳، افت ولتاژ هر دیود ۲ ولت باشد، با توجه به مقدار مقاومت ( $R=220\Omega$ )، جریان عبوری از هر دیود را محاسبه کنید. نقشه فنی مدار را طوری ترسیم کنید که فقط یک مقاومت در مدار قرار گیرد و جریان هر دیود نیز تأمین شود. توان مقاومت را محاسبه کنید.

.....

.....

.....

.....



شکل ۲۸-۳ مدار LED سری با مقاومت

با استفاده از نرم افزار Electronic Assistance مقدار مقاومت سری با انواع LED را محاسبه کنید.

نرم افزار



با توجه به ولتاژ موافق و جریان موافق LED در جدول ۴-۳ در صورتی که ولتاژ تغذیه ۱۵ ولت باشد، مقدار مقاومت سری با LED و توان آن را محاسبه کنید.

تمرین



### کار عملی ۷: LED در نرم افزار

هدف: روشن کردن LED و اندازه گیری کمیت های آن در نرم افزار

مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه- نرم افزار مناسب- لوازم التحریر

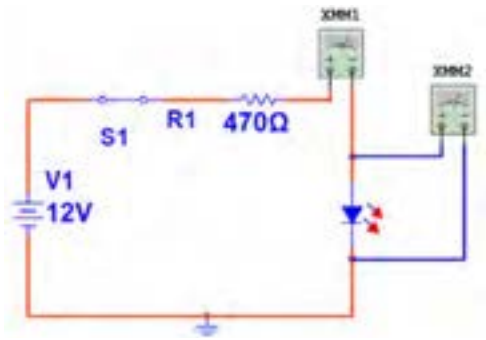
کار عملی



### مراحل اجرای کار

- ۱- مدار شکل ۲۹-۳ را در نرم افزار مولتی سیم ببندید.
- ۲- کلید مدار را وصل کنید و جریان عبوری از دیود و ولتاژ دوسر آن را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.





شکل ۳-۲۹

$$V_D = \dots V \quad I_D = \dots mA$$

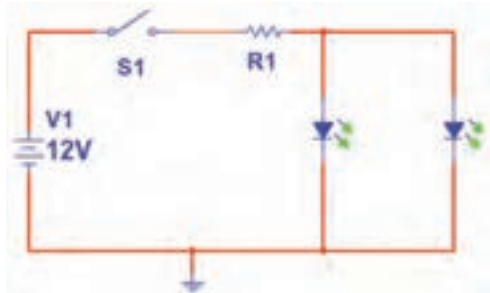
۳- کلید مدار را قطع کنید و به جای LED قرمز، LED سبز را در مدار قرار دهید. سپس کلید مدار را وصل کنید و جریان عبوری از دیود و ولتاژ دو سر آن را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$V_D = \dots V \quad I_D = \dots mA$$

۴- آیا مقادیر اندازه گیری شده باهم تفاوت دارد؟

۵- کلید مدار را قطع کنید و جهت LED را در مدار عوض کنید، سپس کلید مدار را وصل کنید و جریان عبوری از دیود و ولتاژ دوسر آن را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$V_D = \dots V \quad I_D = \dots mA$$



شکل ۳-۳۰- مدار آزمایش

۶- در مدار شکل ۳-۳۰، اگر افت ولتاژ دو سر دو دیود موازی ۲ ولت و جریان عبوری از هر دیود ۲۰ میلی آمپر باشد، مقدار  $R_1$  را محاسبه کنید. سپس مدار شکل ۳-۳۰ را در نرم افزار ببندید.

$$R_1 = \frac{V_{R1}}{I} = \frac{V_1 - V_D}{I_D} \quad R_1 = \dots$$

۷- کلید مدار را ببندید و جریان کل مدار و جریان هر دیود و ولتاژ دو سر هر دیود را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$I_{کل} = \dots mA$$

$$I_{D1} = \dots mA$$

$$I_{D2} = \dots mA$$

$$V_{D1} = V_{D2} = \dots V$$

دیودهای مدار باید از یک نوع (هر دو سبز یا آبی یا قرمز) باشد.

نکته





## کار عملی ۸: آزمایش LED واقعی

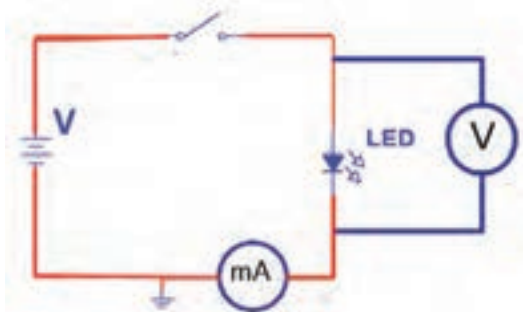
هدف: روشن کردن LED و اندازه‌گیری کمیت‌های آن با قطعات واقعی

مواد، ابزار و تجهیزات: بردبرد یک قطعه- منبع تغذیه یک دستگاه - مولتی‌متر دیجیتالی یک دستگاه- LED معمولی یک عدد- LED دو رنگ یک عدد- سیم بردبرد به تعداد کافی- سیم رابط تغذیه به تعداد کافی- هفت قطعه‌ای یک عدد

### مراحل اجرای کار

۱- یک عدد LED که ولتاژ و جریان نامی آن را نمی‌دانید، در اختیار بگیرید.

۲- مداری مطابق شکل ۳-۳۱ را روی بردبرد ببندید. ولتاژ منبع تغذیه را روی صفر ولت تنظیم کنید. سپس کلید مدار را وصل کنید.



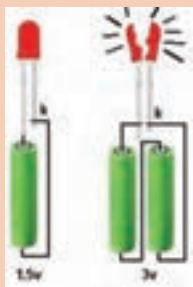
شکل ۳-۳۱- مدار آزمایش



- اجرای صحیح این آزمایش بسیار اهمیت دارد. زیرا با کمی بی‌دقتی ممکن است LED بسوزد.
- افزایش ولتاژ باید به تدریج و در پله‌های یک‌دهم ولتی صورت گیرد. همچنین باید زمینه‌ای از نور طبیعی در ذهن شما باشد.
- برای اجرای این آزمایش حتماً به توصیه‌های معلم کارگاه توجه کنید و آن‌ها را اجرا نمایید.



- در مدار شکل ۳-۳۲ LED آسیب دیده است؟ چرا؟



شکل ۳-۳۲

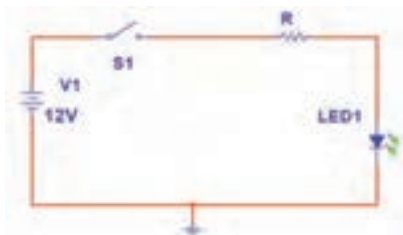
۳- ولتاژ منبع را به تدریج از صفر ولت افزایش دهید تا نور LED به حد طبیعی و قابل قبول برسد.

۴- جریان عبوری از LED و ولتاژ دو سر آن را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$V_D = \dots V \quad I_D = \dots mA$$

۵- باتوجه به مقادیر به دست آمده، مقدار مقاومت را برای LED با ولتاژ منبع ۱۲ ولت محاسبه کنید.

۶- مدار آزمایش را مشابه شکل ۳-۳۳ ببینید. بعد از بستن کلید، در صورت طبیعی بودن نور LED، مقادیر  $V_{LED}$ ،  $V_R$  و  $I$  مدار را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

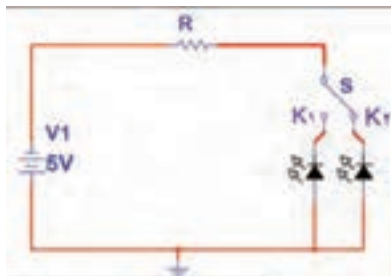


شکل ۳-۳۳- مدار آزمایش

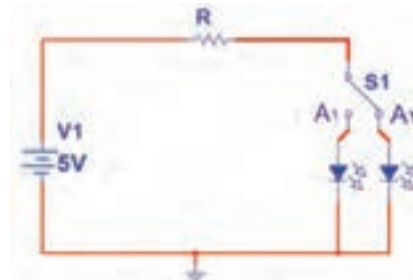
$$V_R = \dots V \quad I_D = \frac{V_R}{R} = \dots mA$$

$$V_{LED} = \dots V$$

۷- یک LED دو رنگ در اختیار بگیرید و مقدار R را با توجه به مشخصات LED چند رنگ محاسبه کنید. ولتاژ ورودی را ۵ ولت در نظر بگیرید. در صورتی که دو رنگ آند مشترک است، از مدار شکل الف ۳-۳۴ و اگر کاتد مشترک است از مدار شکل ب ۳-۳۴ استفاده کنید.



الف - مدار آند مشترک



ب- مدار کاتد مشترک

شکل ۳-۳۴ - مدار LED دو رنگ

۸- مدار آزمایش را مطابق یکی از شکل‌های الف ۳-۳۴ یا ب-۳-۳۴ ببینید.

۹- به تک تک پایه‌های غیرمشترک از طریق R ولتاژ بدهید، و به رنگ نور LED توجه کنید.

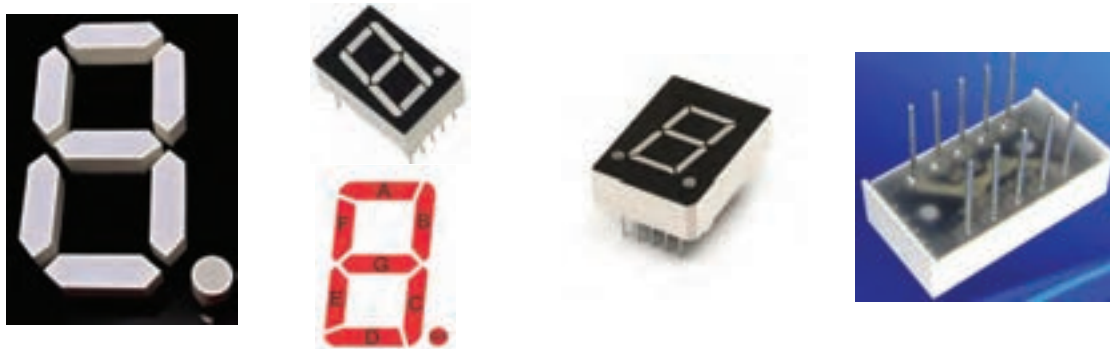
۱۰- به پایه غیرمشترک هر دو LED همزمان ولتاژ بدهید و به ترکیب نور LED ها توجه کنید.

### ● هفت قطعه‌ای (7Seg = Seven Segment)

از ترکیب ۷ عدد LED به صورت عدد انگلیسی، ۷ قطعه‌ای ساخته می‌شود. اگر هفت قطعه‌ای دارای نقطه اعشار باشد، یک عدد LED به هفت قطعه‌ای اضافه می‌شود. شکل ۳-۳۵ یک نمونه

هفت‌قطعه‌ای (۷ Seg) و پایه‌های آن را نشان می‌دهد. به منظور استانداردسازی، هریک از LED ها را با یک حرف انگلیسی مشخص می‌کنند.

در شکل ۳۶-۳، نمونه دیگری از ۷ Seg با دو نقطه اعشار و پایه‌های آن را مشاهده می‌کنید.



شکل ۳۵- هفت قطعه‌ای و پایه‌های آن

شکل ۳۶- هفت قطعه‌ای با دو نقطه اعشار و پایه‌های آن

هفت قطعه‌ای به صورت آند مشترک و کاتد مشترک ساخته می‌شود. شکل ۳۷-۳ نقشه فنی هفت قطعه‌ای آند مشترک و کاتد مشترک و شماره پایه‌های آن را نشان می‌دهد.



الف- مدار آند مشترک

ب- مدار کاتد مشترک

شکل ۳۷-۳ مدار هفت‌قطعه‌ای

فیلم مربوط به آزمایش هفت‌قطعه‌ای را مشاهده کنید و به چگونگی تست LED ها توجه کنید.

فیلم



کار عملی



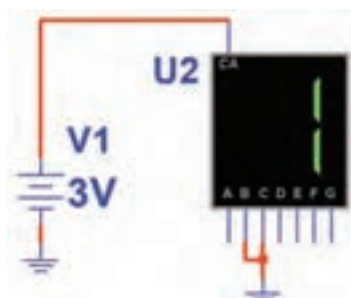
## کار عملی ۹ - هفت‌قطعه‌ای در نرم‌افزار

هدف: روشن کردن اعداد و حروف مختلف روی هفت‌قطعه‌ای

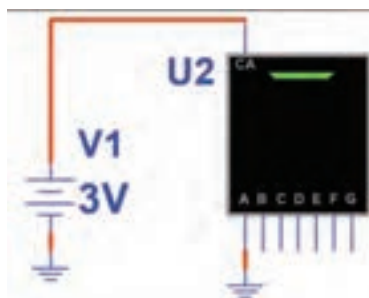
مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه - نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر - لوازم‌التحریر

## مراحل اجرای کار

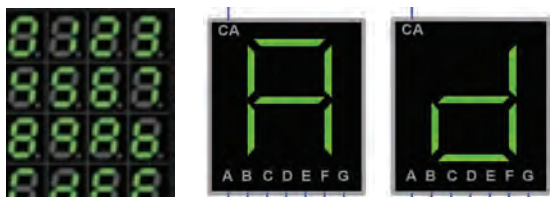
- ۱- نرم افزار مولتی سیم را فعال کنید.
- ۲- از نوار قطعات، هفت قطعه‌ای آند مشترک (CA) را به روی میزکار بیاورید.
- ۳- مطابق شکل ۳۸-۳ با یک باتری ۳ ولتی LED را که با حرف A مشخص شده است، روشن کنید.
- ۴- LED های نام گذاری شده با حروف B و C را مطابق شکل ۳۹-۳ روشن کنید.



شکل ۳۹-۳ روشن کردن LED های حروف B و C



شکل ۳۸-۳ روشن کردن LED حرف A

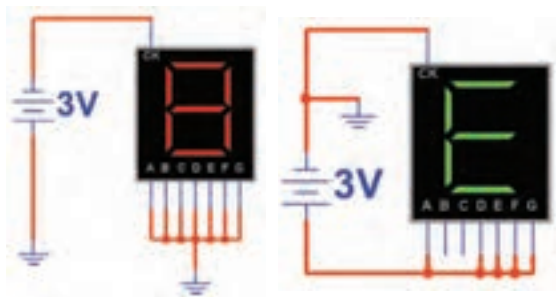


شکل ۴۰-۳ روشن کردن اعداد و برخی حروف انگلیسی

۵- آیا می‌توانید اعداد از صفر تا نه و برخی حروف انگلیسی مانند شکل ۴۰-۳ را روشن کنید؟ این موضوع را تجربه کنید.

۶- با هفت قطعه‌ای کدام حروف انگلیسی یا اعداد فارسی را می‌توانید بسازید؟

۷- هفت قطعه‌ای (7 Seg) کاتد مشترک را روی میزکار مجازی بیاورید. اعداد از صفر تا نه انگلیسی و تعدادی حروف انگلیسی و اعداد فارسی را نمایش دهید. شکل ۴۱-۳ روشن کردن عدد هشت انگلیسی و حرف E را با هفت قطعه‌ای کاتد مشترک نشان می‌دهد.



شکل ۴۱-۳ مدار هفت قطعه‌ای کاتد مشترک



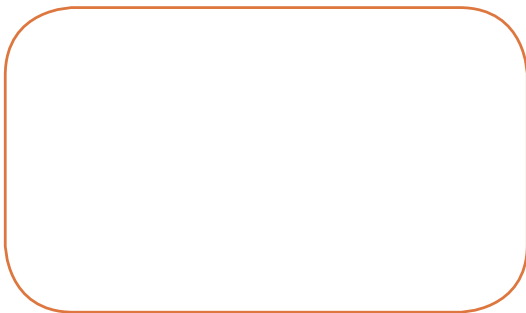
## کار عملی ۱۰- کار با هفت قطعه‌ای واقعی

هدف: کسب شایستگی در روشن کردن اعداد و حروف مختلف روی هفت قطعه‌ای

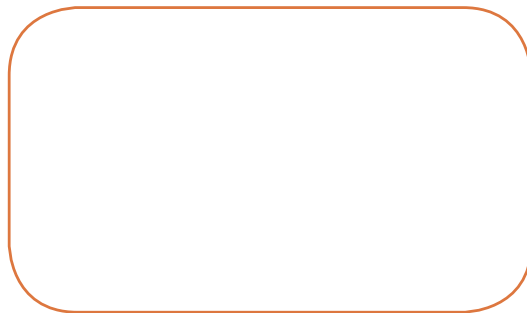
مواد، ابزار و تجهیزات: Seven Segment یک عدد- منبع تغذیه یک دستگاه - مولتی متر یک دستگاه- سیم‌های رابط به مقدار کافی

### مراحل اجرای کار

- ۱- هفت قطعه‌ای را در اختیار بگیرید و شکل ظاهری آن را در شکل ۳-۴۲ رسم کنید. دیودها را با حروف مشخص کنید.
- ۲- مقطع هفت قطعه‌ای را از محل خروج پایه‌ها مشابه شکل ۳-۳۶ در شکل ۳-۴۳ رسم کنید و هر پایه را شماره گذاری کنید.



شکل ۳-۴۲- محل ترسیم شکل هفت قطعه‌ای



شکل ۳-۴۳- ترسیم و شماره گذاری پایه‌ها در هفت قطعه‌ای

۳- منبع تغذیه DC را روی ۳ ولت تنظیم کنید.

۴- با اتصال ولتاژ منبع تغذیه به پایه‌های هفت قطعه‌ای، آند یا کاتد مشترک بودن هفت قطعه‌ای را مشخص کنید، سپس هریک از LED ها را به ترتیب روشن کنید و از صحت عملکرد LED ها مطمئن شوید و LED ها را در شکل ۳-۴۳ حروف گذاری کنید.

۵- هفت قطعه‌ای مورد آزمایش آند مشترک است یا کاتد مشترک؟ شرح دهید.

.....

.....

اعمال ولتاژ بیش تر از ۳ ولت باعث سوختن LED های هفت قطعه‌ای می شود.





الگوی پرسش

۱- با توجه به شکل ۳-۴۴ افت ولتاژ دو سر دیود و جنس دیود را مشخص کنید و در محل تعیین شده بنویسید.



افت ولتاژ دو سر دیود  
جنس دیود

شکل ۳-۴۴

۲- با استفاده از برگه اطلاعات نشان داده شده در شکل ۳-۹ حد اکثر ولتاژ موثر ( $V_{RMS}$ ) و جریان معدل ماکزیمم ( $I_{FAVE}$ ) برای دیود ۱N۴۰۰۱ را بنویسید.

۳- دیود در حالت ایده آل در بایاس موافق مانند کلید..... و در بایاس مخالف مانند کلید..... عمل می کند.

۴- تعداد LED ها در هفت قطعه ای یک رقمی با نقطه اعشار (DP) چند تا است؟



۵- تعداد LED ها در هفت قطعه ای دو رقمی شکل ۳-۴۵ چند تا است؟

(۱) ۱۴ (۲) ۱۵ (۳) ۱۶ (۴) ۱۸

۶- نقشه فنی یک نمونه هفت قطعه ای به صورت کاتد مشترک را رسم کنید.

۷- جریان عبوری از مدار شکل ۳-۴۶ را محاسبه کنید.

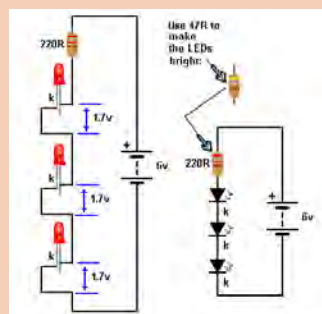
۸- در شکل ۳-۴۷ نور LEDها با مقاومت  $220 \Omega$  مناسب نیست ولی با مقاومت  $47 \Omega$  اهم مناسب است.

غلط

صحیح

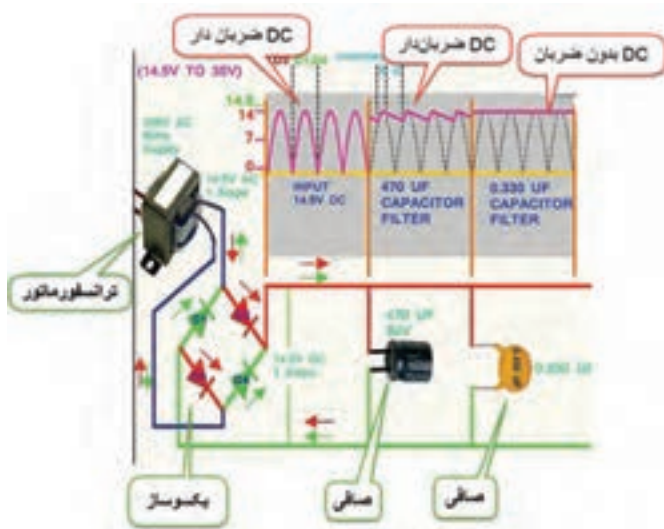


شکل ۳-۴۶



شکل ۳-۴۷

## ۳-۴ - کاربردهای دیود



شکل ۳-۴۸ - مراحل تولید ولتاژ CD

یکی از کاربردهای متداول دیود، استفاده از آن در یکسوسازی است. یکسوساز، مداری است که ولتاژ متناوب را به ولتاژ DC ضربان دار تبدیل می‌کند. ولتاژ DC ضربان دار را می‌توانیم با استفاده از خازن صاف کنیم و آن را به ولتاژ DC قابل استفاده برای دستگاه‌های الکترونیکی تبدیل کنیم. شکل ۳-۴۸، مراحل تبدیل ولتاژ متناوب را به ولتاژ DC نشان می‌دهد.

### انواع یکسوساز

یکسوسازها در انواع مختلف به شرح زیر تقسیم‌بندی می‌شوند.

- یکسوساز نیم‌موج (Half Wave Rectifier)
- یکسوساز تمام‌موج با دو دیود (Full Wave Rectifier with two diode)
- یکسوساز پل ( Bridge Rectifier )

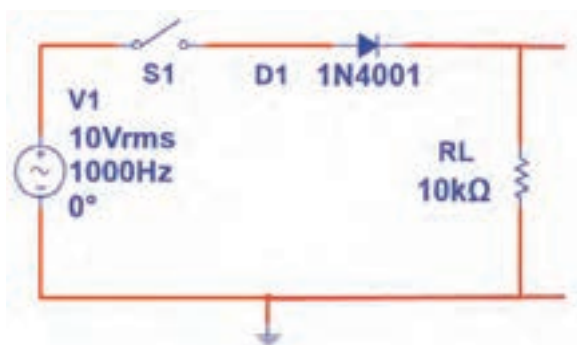
کار عملی



### کار عملی ۱۱: یکسوساز نیم‌موج در نرم‌افزار

هدف: بررسی عملی مدار یکسوساز نیم‌موج و اندازه‌گیری کمیت‌های مدار با استفاده از نرم‌افزار

مواد، ابزار و تجهیزات: نرم‌افزار مولتی‌سیم - رایانه - لوازم التحریر



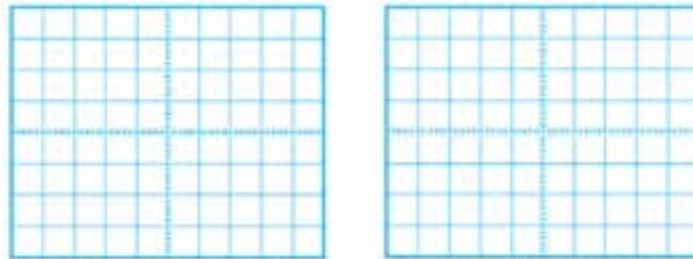
### مراحل اجرای کار

- ۱- نرم‌افزار مولتی‌سیم را فعال کنید.
- ۲- مدار شکل ۳-۴۹ را در نرم‌افزار ببندید.

شکل ۳-۴۹ - مدار آزمایش



۳- کلید مدار را ببندید و با استفاده از اسیلوسکوپ موجود در نرم‌افزار، شکل موج ولتاژ ورودی مدار (موج مولد AC) و شکل موج ولتاژ دوسر بار را به صورت پایدار و در مقیاس مناسب ظاهر کنید. سپس موج‌ها را در نمودار شکل ۳-۵۰ رسم کنید.



الف - شکل موج ورودی

ب- شکل موج خروجی

شکل ۳-۵۰ - محل ترسیم شکل موج‌ها

۴- ولتاژ پیک تا پیک موج ورودی را محاسبه کنید.  $V_{pp} = (\text{تعداد خانه‌های قله تا قله}) \times \left(\frac{\text{Volt}}{\text{Div}}\right)$

$$V_{pp} = (\dots) \times (\dots) = \dots \text{ v}$$

۵- ولتاژ پیک موج خروجی را محاسبه کنید.

$$V_{pk} = (\text{تعداد خانه‌های قله}) \times \left(\frac{\text{Volt}}{\text{Div}}\right)$$

$$V_{pk} = (\dots) \times (\dots) = \dots \text{ v}$$

۶- با ولت‌متر DC ولتاژ خروجی را اندازه‌گیری کنید.

$$V_{DC} = \dots \text{ v}$$

۷- با استفاده از فرمول  $V_{DC} = \frac{V_{pk}}{\pi}$  ، ولتاژ DC خروجی را محاسبه کنید.

$$V_{DC} = \dots \text{ v}$$

۸- آیا ولتاژ DC اندازه‌گیری شده با محاسبه شده برابر است؟ در صورت اختلاف علت را توضیح دهید.

۹- زمان تناوب موج خروجی را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.  $T = (\text{تعداد خانه‌های افقی یک سیکل}) \times \left(\frac{\text{Time}}{\text{Div}}\right)$

$$T = (\dots) \times (\dots) = \text{Sec}$$

۱۰- فرکانس موج خروجی را محاسبه کنید.

$$F = \dots \text{ HZ}$$

۱۱- آیا فرکانس موج ورودی و خروجی با هم برابرند؟ شرح دهید.

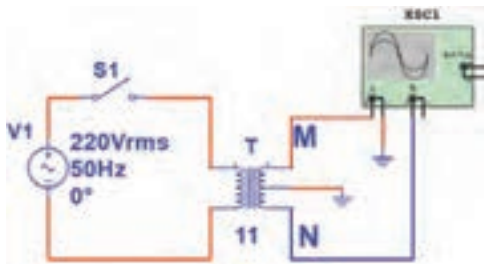


## کار عملی ۱۲: یکسوساز تمام موج در نرم افزار

هدف: بررسی عملی مدار یکسوساز تمام موج و اندازه گیری کمیت های مدار با استفاده از نرم افزار مواد، ابزار و تجهیزات: نرم افزار مولتی سیم- رایانه- لوازم التحریر.

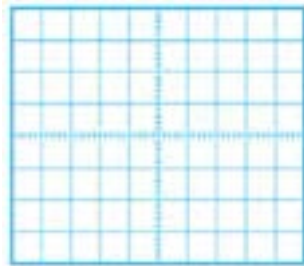
### مراحل اجرای کار

۱- مدار شکل ۳-۵۱ را در نرم افزار ببندید.

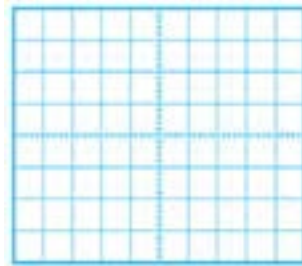


شکل ۳-۵۱- قسمتی از مدار یکسوساز

۲- اسیلوسکوپ نرم افزار را مطابق شکل به دو نقطه M و N وصل کنید، سپس با اتصال کلید S1، شکل موج ها را روی صفحه اسیلوسکوپ با مقیاس مناسب به صورت پایدار ظاهر کرده و شکل موج ها را در نمودار شکل های ۳-۵۲ و ۳-۵۳ رسم کنید.



شکل ۳-۵۳- موج  $V_{NG}$



شکل ۳-۵۲- موج  $V_{MG}$

۳- اختلاف فاز بین ولتاژ  $V_{MG}$  و ولتاژ  $V_{NG}$  چند درجه است؟

.....

.....

با هم گروهی خود بحث کنید که چرا با استفاده از ترانسفورماتور سه سر این اختلاف فاز را ایجاد نموده اند؟

.....

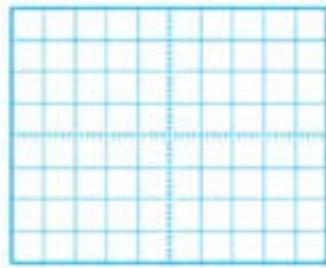


۴- دامنه پیک تا پیک یک سر ثانویه ترانسفورماتور را نسبت به نقطه G اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

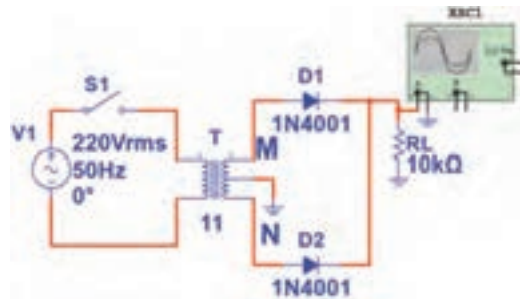
$$V_{PP} = \left( \frac{\text{Volt}}{\text{Div}} \right) \times (\text{تعداد خانه‌های قله تا قله})$$

$$V_{PP} = (\dots) \times (\dots) = \dots \text{ v}$$

۵- مدار را مطابق شکل ۳-۵۴ کامل کنید، سپس کلید مدار را وصل کنید و به کمک اسیلوسکوپ شکل موج دو سر بار را با مقیاس مناسب و به صورت پایدار ظاهر کنید و در نمودار شکل ۳-۵۵ رسم کنید.



شکل ۳-۵۵ شکل موج دو سر بار



شکل ۳-۵۴ مدار یکسوساز تمام موج

۶- دامنه ماکزیمم موج یکسوشده را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$V_{PK} = \left( \frac{\text{Volt}}{\text{Div}} \right) \times (\text{تعداد خانه‌های قله})$$

$$V_{PK} = (\dots) \times (\dots) = \dots$$

$$V_{DC} = \frac{2V_{PK}}{\pi}$$

۷- مقدار ولتاژ DC دو سر بار را از رابطه زیر محاسبه کنید.

$$V_{DC} = \dots \text{ v}$$

۸- مقدار ولتاژ DC دو سر بار را با ولت‌متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

۹- آیا ولتاژ DC اندازه‌گیری شده با محاسبه شده برابر است؟ در صورت اختلاف علت را توضیح دهید.

۱۰- زمان تناوب موج خروجی را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$T = \left( \frac{\text{Time}}{\text{Div}} \right) \times (\text{تعداد خانه‌های افقی یک سیکل})$$

$$T = (\dots) \times (\dots) = \text{Sec}$$

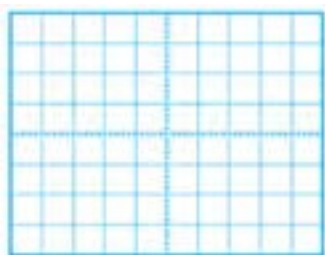
F = ..... HZ

۱۱- فرکانس موج خروجی را محاسبه کنید.

۱۲- چه رابطهای بین فرکانس موج ورودی و خروجی وجود دارد؟

.....  
.....

۱۳- خازن  $10 \mu F$  را با بار موازی کنید. سپس شکل موج دو سر بار را در نمودار شکل ۳-۵۶ رسم کنید.



شکل ۳-۵۶- ولتاژ خروجی با صافی

۱۴- آیا موج خروجی کاملاً صاف شده است یا دارای ضربان است؟

.....  
.....

۱۵- خازن  $100 \mu F$  را با بار موازی کنید آیا ولتاژ خروجی کاملاً صاف شده است؟

.....  
.....

### کار عملی ۱۳: یکسوساز نیم موج با قطعات واقعی

هدف: بررسی عملی مدار یکسوساز نیم موج و اندازه گیری کمیت های مدار با استفاده از قطعات واقعی

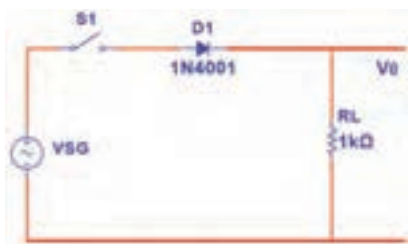
مواد، ابزار و تجهیزات: سیگنال ژنراتور صوتی یک دستگاه- اسیلوسکوپ یک دستگاه- مولتی متر دیجیتالی یک دستگاه- دیود ۱N4001 یک عدد- مقاومت  $1k\Omega$  ، یک عدد- بردبرد یک قطعه

کار عملی



### مراحل اجرای کار

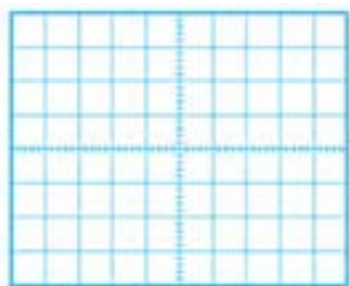
۱- مدار شکل ۳-۵۷ را روی بردبرد ببندید.



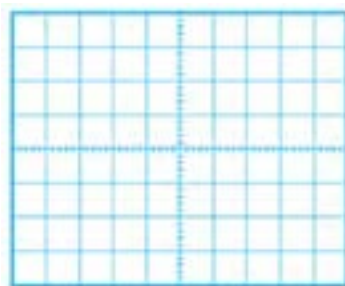
شکل ۳-۵۷- مدار یکسوساز نیم موج

۲- سیگنال ژنراتور را روی فرکانس ۵۰۰ هرتز و دامنه پیک تا پیک ۱۰ ولت تنظیم کنید.

۳- کلید مدار را وصل کنید و با استفاده از اسیلوسکوپ، موج ولتاژ ورودی مدار (موج مولد SG) و موج ولتاژ دوسر بار را به صورت پایدار و در مقیاس مناسب ظاهر کنید. سپس موج‌ها را در نمودار شکل ۳-۵۸ و ۳-۵۹ رسم کنید.



شکل ۳-۵۹ - موج VO



شکل ۳-۵۸ - موج VSG

۴- ولتاژ پیک تا پیک موج ورودی را محاسبه و مقدار آن را در جدول ۳-۸ یادداشت کنید.

۵- ولتاژ پیک موج خروجی را محاسبه کنید و مقدار آن را در جدول ۳-۸ یادداشت کنید.

۶- با استفاده از فرمول  $V_{DC} = \frac{V_{pk}}{\pi}$  ، ولتاژ DC خروجی را محاسبه کنید و مقدار آن را در جدول ۳-۸ یادداشت کنید.

۷- مقدار ولتاژ DC دوسر بار را با ولت‌متر اندازه بگیرید و در جدول یادداشت کنید.

۸- آیا ولتاژ DC اندازه‌گیری شده با محاسبه شده برابر است؟ در صورت اختلاف علت را توضیح دهید.

۹- زمان تناوب موج خروجی را اندازه بگیرید و در جدول یادداشت کنید.

۱۰- فرکانس موج خروجی را محاسبه کنید و در جدول یادداشت کنید.

جدول ۳-۸		
واحد	مقدار	کمیت مورد اندازه‌گیری
		ولتاژ پیک تا پیک ورودی
		ولتاژ پیک خروجی
		ولتاژ DC خروجی محاسبه شده
		ولتاژ DC خروجی اندازه‌گیری شده
		زمان تناوب موج خروجی
		فرکانس موج خروجی



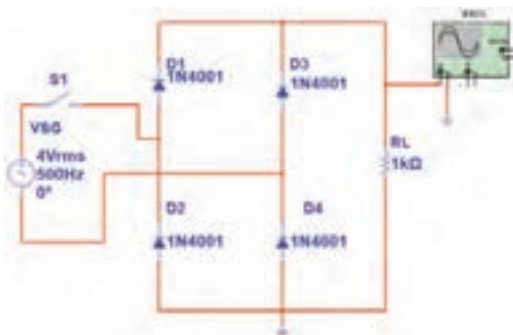
## کار عملی ۱۴: یکسوساز تمام موج پُل با قطعات واقعی

هدف: بررسی عملی مدار یکسوساز تمام موج و اندازه گیری کمیت های مدار با استفاده از قطعات واقعی

مواد، ابزار و تجهیزات: سیگنال ژنراتور صوتی یک دستگاه- اسیلوسکوپ یک دستگاه- مولتی متر دیجیتالی یک دستگاه- دیود ۱N4001، ۴ عدد- مقاومت  $\frac{1}{4}W$ ،  $1K\Omega$ ، یک عدد- آی سی پُل یک عدد- خازن  $10\mu F$  یک عدد- خازن  $100\mu F$  یک عدد- برد برد یک قطعه

### مراحل اجرای کار

۱- مدار شکل ۳-۶۰ را روی برد برد ببندید.

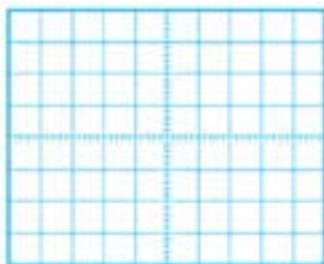


شکل ۳-۶۰ - مدار یکسوساز تمام موج

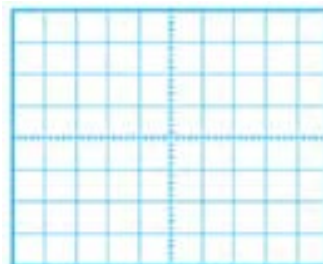
۲- سیگنال ژنراتور را روی فرکانس ۵۰۰ هرتز و دامنه موثر ۴ ولت تنظیم کنید.

۳- کلید مدار را وصل کنید و با استفاده از اسیلوسکوپ، موج ولتاژ ورودی مدار (موج مولد SG) و موج ولتاژ دو سر بار را به صورت پایدار و در مقیاس مناسب ظاهر کنید. سپس موج ها را در نمودار شکل ۳-۶۱ و ۳-۶۲ رسم کنید.

۴- ولتاژ پیک تا پیک موج ورودی را محاسبه کنید و مقدار آن را در جدول ۳-۹ یادداشت کنید.



شکل ۳-۶۲ - موج VO



شکل ۳-۶۱ - موج VSG

۵- ولتاژ پیک موج خروجی را محاسبه کنید و مقدار آن را در جدول ۳-۹ یادداشت کنید.

۶- مقدار ولتاژ DC دو سر بار را از رابطه زیر محاسبه کنید و مقدار آن را در جدول ۳-۹ یادداشت کنید.

$$V_{DC} = \frac{2V_{pk}}{\pi}$$

۷- مقدار ولتاژ DC دوسر بار را با ولت‌متر اندازه بگیرید و در جدول یادداشت کنید.

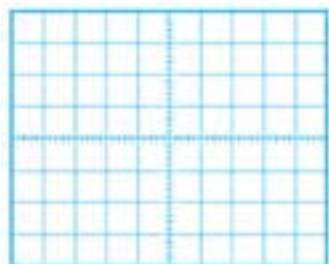
۸- آیا ولتاژ DC اندازه‌گیری شده با محاسبه شده برابر است؟ در صورت اختلاف علت را توضیح دهید.

۹- زمان تناوب موج خروجی را اندازه بگیرید و در جدول ۳-۹ یادداشت کنید.

۱۰- فرکانس موج خروجی را محاسبه کنید و در جدول ۳-۹ یادداشت کنید.

۱۱- خازن  $10\mu F$  را با بار موازی کنید. سپس شکل موج دو سر بار را در نمودار شکل ۳-۶۳ رسم کنید.


۱۲- مقدار پیک تا پیک ضربان موج را اندازه بگیرید و در جدول یادداشت کنید.



شکل ۳-۶۳- ولتاژ خروجی با صافی

جدول ۳-۹		
واحد	مقدار	ولتاژ پیک تا پیک ورودی
		ولتاژ پیک خروجی
		ولتاژ CD خروجی محاسبه شده
		ولتاژ CD خروجی اندازه‌گیری شده
		زمان تناوب موج خروجی
		فرکانس موج خروجی
		پیک تا پیک ضربان

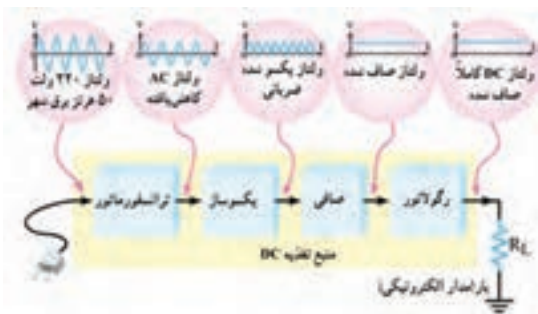
۱۳- به جای خازن  $10\mu F$ ، خازن  $100\mu F$  را با بار موازی کنید. آیا ولتاژ خروجی کاملاً صاف شده است؟

۱۴- به جای چهار دیود می‌توان از آی‌سی پُل مانند شکل ۳-۶۴ استفاده کرد. موج متناوب ورودی را به پایه‌های با علامت  اتصال دهید و خروجی یکسوشده را از + و - دریافت کنید.

۱۵- مدار را با آی‌سی پُل ببندید و شکل موج خروجی را مشاهده کنید.



شکل ۳-۶۴- دو نمونه آی‌سی پُل



### ● رگولاتور ولتاژ با دیودز

رگولاتور ولتاژ مداری است که به وسیله آن می‌توان با تغییر ولتاژ ورودی یا تغییر جریان بار، ولتاژ خروجی (دو سر بار) را ثابت نگه‌داشت. شکل ۳-۶۵ بلوک دیاگرام یک منبع تغذیه با رگولاتور ولتاژ را نشان می‌دهد.

شکل ۳-۶۵- بلوک دیاگرام منبع تغذیه با رگولاتور ولتاژ

فیلم مربوط به منبع تغذیه با رگولاتور ولتاژ و شکل موج قسمت‌های مختلف آن را ببینید.

فیلم



بحث گروهی



با توجه به شکل ۳-۶۵، در مورد نقش ترانسفورماتور، یکسو ساز، صافی و رگولاتور ولتاژ در این بلوک دیاگرام، با هم گروهی خود بحث کنید و عملکرد هر بخش بلوک دیاگرام را به اختصار بنویسید.

■ ترانسفورماتور: .....

.....

■ یکسو ساز: .....

.....

■ صافی: .....

.....

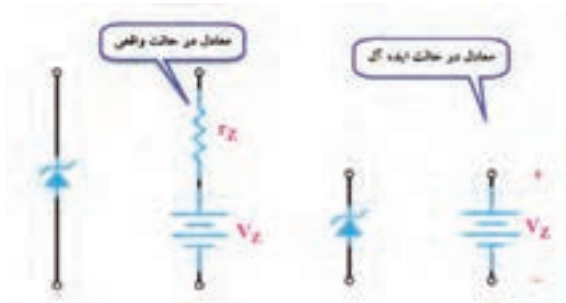
■ رگولاتور: .....

.....

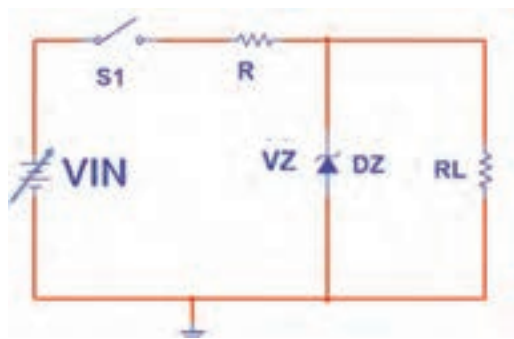
■ بار: .....

.....





شکل ۳-۶۶- مدار معادل دیود زنر در حالت واقعی و ایده‌آل



شکل ۳-۶۷- مدار ساده رگولاتور با زنر

یکی از کاربردهای دیود زنر، استفاده از آن در مدار رگولاتور ساده است. اگر دیود زنر در بایاس مخالف قرار گیرد و ولتاژ منبع بیش‌تر از ولتاژ شکست آن باشد، زنر در ناحیه شکست قرار می‌گیرد و ولتاژ دو سر آن تقریباً ثابت می‌ماند. در حالت ایده‌آل می‌توانیم دیود زنر را در ناحیه شکست معادل یک باتری در نظر بگیریم. شکل ۳-۶۶، معادل دیود زنر را در حالت واقعی و ایده‌آل نشان می‌دهد.

از این خاصیت دیود زنر برای ثابت نگه داشتن (تثبیت) ولتاژ دو سر بار ( $R_L$ ) استفاده می‌کنند. شکل ۳-۶۷، مدار تثبیت‌کننده ولتاژ دوسر بار (رگولاتور ولتاژ) را نشان می‌دهد.

در مدار شکل ۳-۶۷ ولتاژ بعد از خازن صافی منبع تغذیه شکل ۳-۶۵ است، که ممکن است در اثر تغییرات برق شهر یا جریان کشیدن بار دچار تغییرات شود.

فعالیت



### کار عملی ۱۵: تثبیت‌کننده ولتاژ با دیود زنر در نرم‌افزار

هدف: بررسی عملی مدار رگولاتور با زنر با استفاده از نرم‌افزار

مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه - نرم‌افزار مناسب - لوازم‌التحریر

### مراحل اجرای کار

۱- مدار شکل ۳-۶۸ را در نرم‌افزار ببندید.

۲- کلید مدار را ببندید و ولتاژ منبع را مطابق جدول ۳-۱۰ تغییر دهید و ولتاژ دو سر بار را با ولت‌متر نرم‌افزار اندازه بگیرید و در جدول یادداشت کنید.



شکل ۳-۶۸- مدار آزمایش رگولاتور با زنر

جدول ۳-۱۰		
ولتاژ دو سر بار	ولتاژ منبع (ولت)	ردیف
	۲	۱
	۵	۲
	۸	۳
	۱۲	۴
	۱۵	۵

۳- در چه محدوده‌ای از ولتاژ ورودی، ولتاژ خروجی ثابت مانده است؟

۴- در حالتی که ولتاژ ورودی ۵، ۱۲ و ۱۵ ولت است جریان عبوری از دیود زنر را به وسیله آمپر متر اندازه بگیرید و در جدول ۳-۱۱ یادداشت کنید.

۵- توان تلفاتی دیود زنر را در این دو حالت از فرمول  $P_Z = V_Z \times I_Z$  محاسبه و در جدول ۳-۱۱ یادداشت کنید.

جدول ۳-۱۱			
ردیف	ولتاژ ورودی	جریان دیود زنر (mA)	توان دیود زنر (mw)
۱	۵ ولت		
۲	۱۲ ولت		
۳	۱۵ ولت		

کار عملی



### کار عملی ۱۶: تثبیت کننده ولتاژ زنری به صورت سخت افزاری

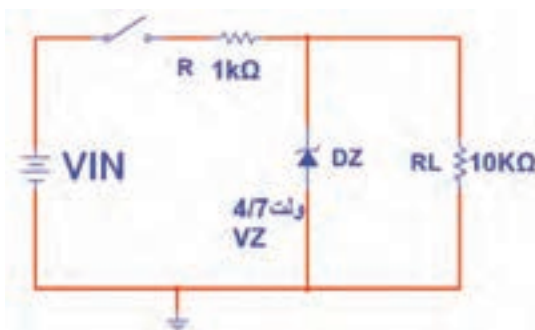
هدف: بررسی عملی مدار رگولاتور با زنر با استفاده از قطعات واقعی

مواد، ابزار و تجهیزات: منبع تغذیه یک دستگاه - مولتی متر دیجیتالی یک دستگاه - دیود زنر ۴/۷ ولت یک عدد - مقاومت،  $\frac{1}{4}$  W،  $10\text{ K}\Omega$ ،  $1\text{ K}\Omega$  از هر کدام یک عدد - بردبرد یک قطعه.

### مراحل اجرای کار

۱- مدار شکل ۳-۶۹ را روی بردبرد ببندید.

۲- کلید مدار را ببندید و ولتاژ منبع را مطابق جدول ۳-۱۲ تغییر دهید. ولتاژ دو سر بار را با ولت متر اندازه بگیرید و در جدول یادداشت کنید.



شکل ۳-۶۹- مدار آزمایش رگولاتور با زنر

۳- در چه محدوده‌ای از ولتاژ ورودی، ولتاژ خروجی ثابت مانده است؟

جدول ۳-۱۲		
ولتاژ دوسر بار	ولتاژ منبع (ولت)	ردیف
	۲	۱
	۵	۲
	۸	۳
	۱۲	۴
	۱۵	۵

.....

.....

.....

.....

.....

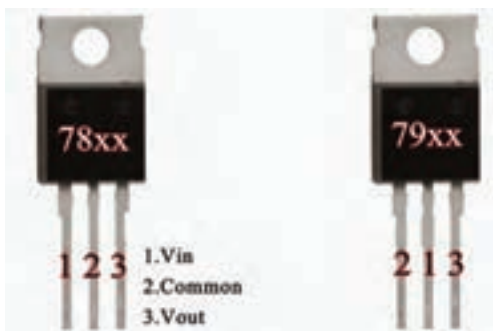
.....

از عیوب رگولاتور زهر، جریان‌دهی کم آن است. از این رو برای تقویت جریان از آی‌سی‌های رگولاتور استفاده می‌کنند.

نکته



## ۳-۵- آی‌سی‌های رگولاتور



شکل ۳-۷۰- دو نمونه از آی‌سی‌های رگولاتور

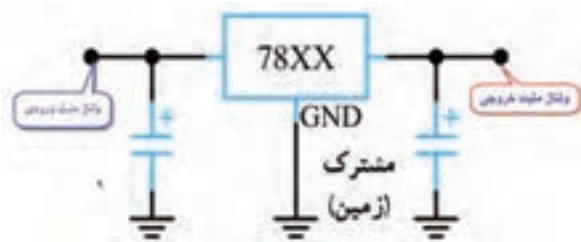
امروزه برای تثبیت ولتاژ به جای استفاده از دیود زهر از آی‌سی‌های رگولاتور استفاده می‌کنند. آی‌سی‌های رگولاتور، مدارهای مجتمع تنظیم‌کننده‌های ولتاژ هستند که فقط سه پایه برای اتصال به مدار دارند. یکی از پایه‌ها برای اتصال به ولتاژ تنظیم‌نشده ورودی، پایه دیگر برای ولتاژ تنظیم‌شده خروجی و پایه سوم برای اتصال به زمین است. شکل ۳-۷۰ دو نمونه از این نوع تنظیم‌کننده‌های ولتاژ را نشان می‌دهد.

تنظیم‌کننده‌ها (رگولاتورها) به صورت قطعاتی با پوشش پلاستیکی یا فلزی و با قیمت بسیار ارزان عرضه می‌شوند. در مدار خارجی آن‌ها حداکثر سه عدد خازن قرار می‌گیرد. خازن‌ها در ورودی و خروجی رگولاتور نصب می‌شوند تا تغییرات ولتاژی را که در اثر نفوذ و دخالت فرکانس‌های ناخواسته به وجود می‌آید، از بین ببرند.

### ● انواع آی‌سی‌های رگولاتور

از آن‌جا که در مدارهای الکترونیکی نیاز به دو نوع ولتاژ مثبت و منفی داریم، آی‌سی‌های رگولاتور به دو دسته، شامل سری‌های مثبت و منفی، تقسیم می‌شوند.

## ● آی‌سی‌های سری مثبت



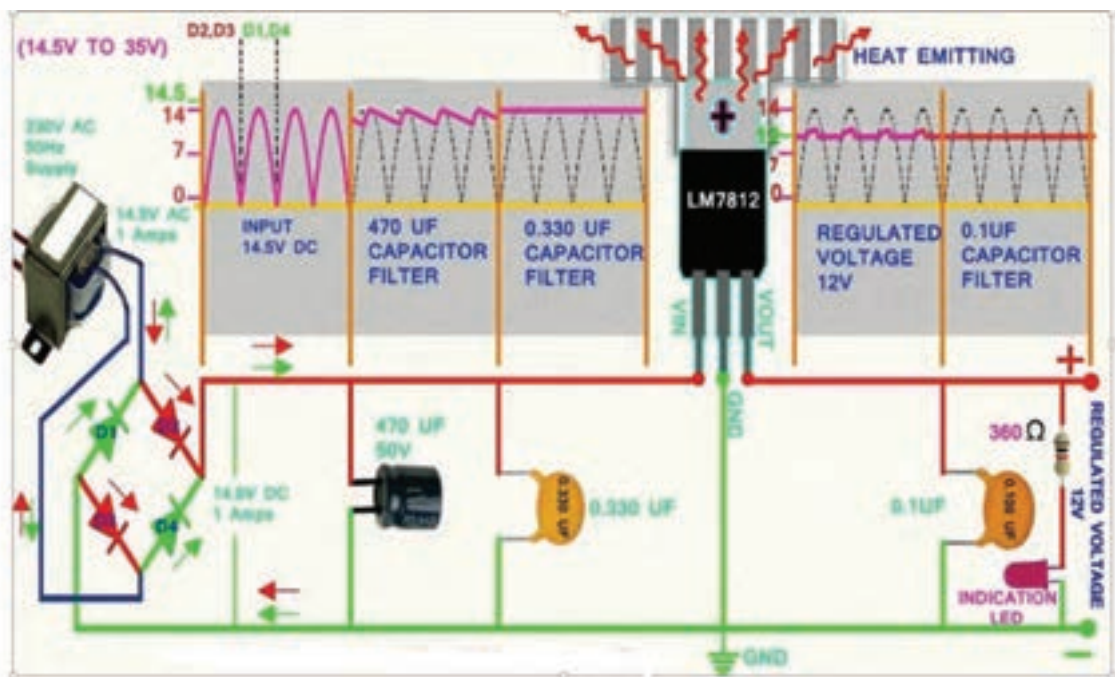
شکل ۷۱-۳- مدار استاندارد قرارگرفتن آی‌سی در مدار

این آی‌سی‌ها ولتاژ مثبت تهیه می‌کنند. رگولاتورهای سری ۷۸xx در این دسته‌بندی قراردارند. شکل ۷۱-۳ چگونگی قرارگرفتن آی‌سی رگولاتور سری مثبت را در مدار نشان می‌دهد. دو رقم آخر در شماره این آی‌سی‌ها، ولتاژ خروجی آن را مشخص می‌کند. مثلاً آی‌سی ۷۸۰۵، ولتاژ خروجی رگوله‌شده‌ای برابر با ۵+ ولت را فراهم می‌کند. ولتاژ خروجی این سری آی‌سی‌ها معمولاً  $\pm 4\%$  درصد خطا دارند. برای مثال ولتاژ خروجی آی‌سی ۷۸۰۵ ممکن است بین ۴/۸ ولت تا ۵/۲ ولت تغییر کند. در شکل ۷۲-۳ چهار نمونه بسته‌بندی از این سری آی‌سی‌ها را مشاهده می‌کنید.



شکل ۷۲-۳- بسته بندی آی‌سی‌های رگولاتور

در شکل ۷۳-۳ مدار یک منبع تغذیه با آی‌سی رگولاتور ۷۸۱۲ را مشاهده می‌کنید.



شکل ۷۳-۳- مدار منبع تغذیه با آی‌سی



### کار عملی ۱۷: آی سی رگولاتور مثبت در نرم افزار

هدف: بررسی عملی مدار آی سی رگولاتور با استفاده از نرم افزار

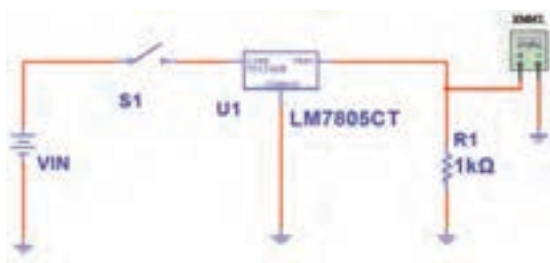
مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه - نرم افزار مناسب - لوازم التحریر

#### مراحل اجرای کار

۱- مدار شکل ۳-۷۴ را در نرم افزار ببینید.

۲- کلید مدار را وصل کنید و ولتاژ منبع را مطابق جدول ۳-۱۳ تغییر دهید. ولتاژ دو سر بار را با ولت متر نرم افزار اندازه بگیرید و در جدول یادداشت کنید.

۳- در چه محدوده‌ای از ولتاژ ورودی، ولتاژ خروجی ثابت مانده است؟



شکل ۳-۷۴- مدار آزمایش با آی سی رگولاتور

جدول ۳-۱۳		
ولتاژ دوسر بار	ولتاژ منبع (ولت)	ردیف
	۲	۱
	۵	۲
	۸	۳
	۱۲	۴
	۱۵	۵



### کار عملی ۱۸: رگولاتور با آی سی ۷۸۰۵

هدف: کسب شایستگی در بستن مدار رگولاتور و اندازه گیری کمیت‌های آن

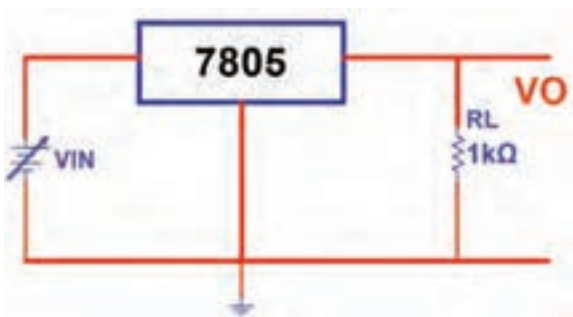
مواد، ابزار و تجهیزات: منبع تغذیه یک دستگاه - مولتی متر دیجیتالی یک دستگاه- آی سی رگولاتور ۷۸۰۵ یک عدد- مقاومت  $1\text{ K}\Omega$ ،  $\frac{1}{4}\text{ W}$  یک عدد- بردبرد یک قطعه

## مراحل اجرای کار عملی

۱- مدار شکل ۳-۷۵ را روی برد برد ببندید.

۲- مقدار ولتاژ ورودی را بر اساس جدول ۳-۱۴ تغییر دهید و ولتاژ دو سر بار را با ولت‌متر اندازه بگیرید و در جدول یادداشت کنید.

۳- در چه محدوده‌ای از ولتاژ ورودی، ولتاژ خروجی ثابت مانده است؟.



شکل ۳-۷۵- مدار آزمایش با آی‌سی رگولاتور مثبت

ولتاژ دوسر بار	ولتاژ منبع (ولت)	ردیف
	۲	۱
	۵	۲
	۸	۳
	۱۲	۴
	۱۵	۵

۴- در حالتی که ولتاژ ورودی ۱۵ ولت ثابت است، مقدار  $R_L$  را بر اساس جدول ۳-۱۵ تغییر دهید و در هر مرحله ولتاژ خروجی را با ولت‌متر اندازه بگیرید و در جدول ۳-۱۵ یادداشت کنید.

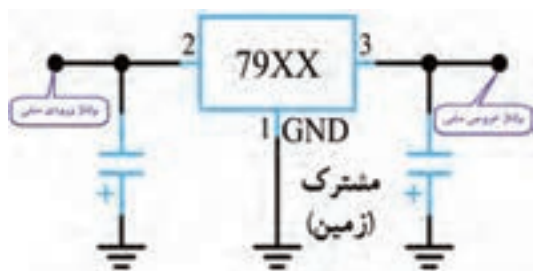
۵- جدول ۳-۱۵ را مورد بررسی قرار دهید. در مورد تأثیر مقاومت بار روی ولتاژ خروجی توضیح دهید. آیا در اثر تغییر مقاومت بار مقدار ولتاژ خروجی تغییر می‌کند؟

ردیف	مقدار $R_L$	ولتاژ خروجی	جریان بار
۱	۴۷ $\Omega$		
۲	۱۰۰ $\Omega$		
۳	۴۷۰ $\Omega$		
۴	۱k $\Omega$		

۶- با توجه به مقدار ولتاژ خروجی و مقاومت بار،  

$$I_L = \frac{V_{RL}}{R_L}$$
 جریان بار را در هر مرحله از فرمول محاسبه کنید و نتایج را در جدول بنویسید.

۷- آیا در بار کم (جریان بار زیاد) ولتاژ خروجی رگولاتور تغییر می‌کند؟ شرح دهید.



شکل ۳-۷۶- مدار استاندارد قرارگرفتن آی سی

### ● آی سی های سری منفی

این آی سی ها ولتاژ منفی تهیه می کنند. رگولاتورهای سری xx ۷۹ در این دسته بندی قرار دارند. شکل ۳-۷۶ چگونگی قرارگرفتن این نوع آی سی را در مدار نشان می دهد.

کار عملی



### کار عملی ۱۹: رگولاتور با آی سی ۷۹۰۵

هدف: بررسی عملی مدار آی سی رگولاتور منفی با استفاده از قطعات واقعی

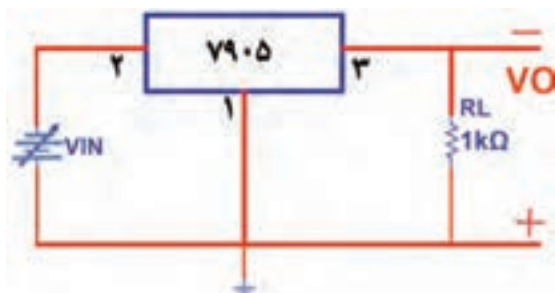
مواد، ابزار و تجهیزات: منبع تغذیه یک دستگاه مولتی متر دیجیتالی یک دستگاه آی سی رگولاتور ۷۹۰۵ یک عدد- مقاومت،  $\frac{1}{4}$  W ،  $1\text{ K}\Omega$  ، یک عدد- بردبرد یک قطعه

### مراحل اجرای کار

۱- مدار شکل ۳-۷۷ را روی بردبرد ببندید.

۲- مقدار ولتاژ ورودی را بر اساس جدول ۳-۱۶ تغییر دهید و ولتاژ دو سر بار را با ولت متر اندازه بگیرید و در جدول یادداشت کنید.

۳- در چه محدوده ای از ولتاژ ورودی، ولتاژ خروجی ثابت مانده است؟



شکل ۳-۷۷- مدار آزمایش با آی سی رگولاتور منفی

جدول ۳-۱۶		
ولتاژ دو سر بار	ولتاژ منبع (ولت)	ردیف
	۲	۱
	۵	۲
	۸	۳
	۱۲	۴
	۱۵	۵



کار عملی ۲۰: خواندن برگه اطلاعات

هدف: استخراج اطلاعات از برگه اطلاعات

مواد، ابزار و تجهیزات: برگه اطلاعات - لوازم التحریر

۱- متن زیر در مورد آی سی های سری ۷۸ XX به زبان اصلی است. متن را به فارسی ترجمه کنید.

- OUTPUT CURRENT TO 1.5A
- OUTPUT VOLTAGES OF 5; 5.2; 6; 8; 8.5; 9; 10; 12; 15; 18; 24V
- THERMAL OVERLOAD PROTECTION
- SHORT CIRCUIT PROTECTION
- OUTPUT TRANSITION SOA PROTECTION

.....

.....

.....

.....

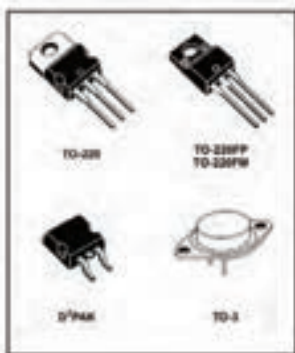
.....

.....

Range	Output Voltages ( $V_{OUT}$ )	Maximum Current	Maximum Input Voltage	Typical Dropout Voltage
LM78Lxx	5.0V, 6.2V, 8.2V, 9.0V, 12V, 15V	100mA	35V	$V_{OUT} + 1.7V$
LM78Mxx	5V, 12V, 15V	500mA	35V	$V_{OUT} + 2V$
LM78Cxx	5.0V, 5.2V, 6.0V, 8.0V, 8.5V, 9.0V, 12.0V, 15.0V, 18.0V, 24.0V	1A	35 or 40V depended on type	$V_{OUT} + 2.5V$

شکل ۳-۷۸ - برگه اطلاعات

۲- برگه اطلاعات شکل ۳-۷۸ را مورد مطالعه قرار دهید و اطلاعات خواسته شده را استخراج نمایید و در جدول ۳-۱۷ یادداشت کنید.



ردیف	شماره فنی آی سی	ولتاژ خروجی	ماکزیمم جریان	ماکزیمم ولتاژ ورودی
۱	۷۸L۰۵			
۲	۷۸M۱۵			
۳	۷۸۰۵			

شکل ۳-۷۹ - بسته بندی انواع آی سی رگولاتور

۳- با توجه به شکل ۳-۷۹، این آی سی های رگولاتور در چند مدل ساخته می شوند؟

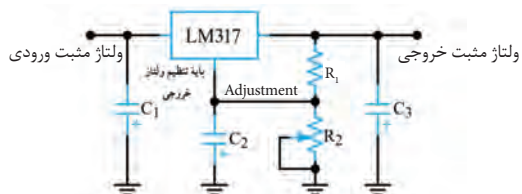
.....

.....



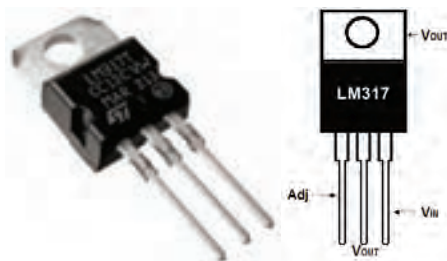


توجه داشته باشید که در برگه اطلاعات آی سی، مشخصات و داده‌های زیادی مطرح می‌شود که با توجه به نیاز، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این قسمت با توجه به نیاز قسمتی از برگه اطلاعات را آورده‌ایم.



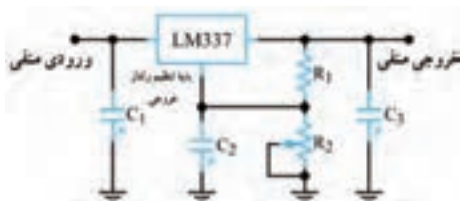
### ● رگولاتور ولتاژ مثبت قابل تنظیم

آی سی LM317 یک نمونه آی سی رگولاتور مثبت قابل تنظیم سه پایه است که ولتاژ خروجی آن رامی‌توان بین  $+1/25$  ولت تا  $+37$  ولت تغییر داد. نقشه الکتریکی مدار این آی سی و پایه‌های آن در شکل ۳-۸۰ رسم شده است.



آی سی دارای سه پایه ورودی (Input)، خروجی (Out put) و پایه قابل تنظیم (Adjustment) است. مقاومت ثابت  $R1$  و مقاومت متغیر  $R2$  برای تنظیم سطح ولتاژ و مقدار بیشینه (ماکزیمم) ولتاژ خروجی در مدار به کار می‌رود. حداکثر جریانی که این آی سی می‌تواند به بار بدهد  $1/5$  آمپر است.

شکل ۳-۸۰- نقشه مداری و پایه‌های رگولاتور قابل تنظیم مثبت



### ● رگولاتور ولتاژ منفی قابل تنظیم

آی سی LM337 یک آی سی رگولاتور ولتاژ منفی قابل تنظیم سه پایه است که ولتاژ خروجی آن را می‌توانیم بین  $-1/25$  ولت تا  $-37$  ولت تغییر دهیم. شکل ۳-۸۱ دو نمونه آی سی و یک نمونه نقشه استاندارد آن را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۸۱- نقشه مدار و تصویر دو نمونه رگولاتور منفی



### کار عملی ۲۱: رگولاتور متغیر با آی سی LM317

هدف: بررسی عملی مدار آی سی رگولاتور متغیر مثبت با استفاده از قطعات واقعی

مواد، ابزار و تجهیزات: منبع تغذیه یک دستگاه مولتی متر دیجیتالی یک دستگاه آی سی رگولاتور LM317 یک عدد- مقاومت  $100 \Omega$ ،  $10 \text{W}$  یک عدد- پتانسیومتر  $5 \text{K}\Omega$  یک عدد- بردبرد یک قطعه



شکل ۸۲-۳- مدار آزمایش با آی سی رگولاتور متغیر

## مراحل اجرای کار

۱- مدار شکل ۸۲-۳ را روی بردبرد ببندید.

۲- مقاومت متغیر  $5\text{ K}\Omega$  را روی حداقل مقدار قرار دهید و با مولتی متر ولتاژ دو سر مقاومت  $R_1$ ،  $R_P$  و  $V_O$  را اندازه بگیرید و در جدول ۱۸-۳ یادداشت کنید.

برای تشخیص پایه های آی سی LM317 به برگه اطلاعات آن مراجعه کنید.

نکته



۳- سر متغیر پتانسیومتر را در حد وسط و در ماکزیمم قرار دهید و در هر مرحله با ولت متر ولتاژ دو سر مقاومت  $R_1$ ،  $R_P$  و  $V_O$  را اندازه بگیرید و در جدول ۱۸-۳ یادداشت کنید.

۴- آیا با تغییر سر متغیر پتانسیومتر،  $V_{R1}$  تقریباً ثابت مانده است؟

۵- آیا همواره رابطه  $V_O = V_{RP} + V_{R1}$  برقرار است؟

۶- آیا می توان ولتاژ خروجی را از رابطه مقابل به دست آورد؟

هر مرحله، ولتاژ خروجی را با فرمول محاسبه کنید و نتایج را با مقدار اندازه گیری شده مقایسه نمایید. مقدار  $V_O$  محاسبه شده را در جدول یادداشت کنید.

$V_{O(\min)} = \dots\dots\dots V$

۷- کمترین ولتاژ خروجی و بیشترین ولتاژ خروجی چند ولت است؟

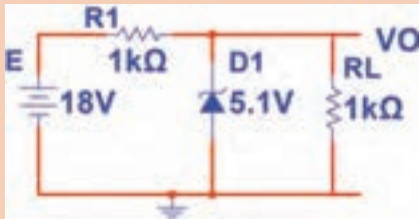
$V_{O(\max)} = \dots\dots\dots V$

جدول ۱۸-۳					
مرحله	مقدار پتانسیومتر	ولت $V_{R1}$	ولت $V_{RP}$	$V_O$ اندازه گیری شده (ولت)	$V_O$ محاسبه شده (ولت)
۱	در حد مینیمم				
۲	در حد وسط				
۳	در حد ماکزیمم				

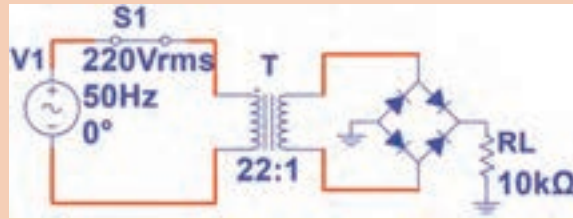


الگوی پرسش:

- ۱- یکسوسازی را تعریف کنید و انواع آن را نام ببرید.
- ۲- رابطه معدل ولتاژ دو سر بار را در یکسوساز نیم موج و تمام موج بنویسید.
- ۳- در شکل ۳-۸۳ مطلوب است محاسبه الف-  $V_O$  ب-  $I_L$
- ۴- در شکل ۳-۸۴ مطلوب است محاسبه الف- معدل ولتاژ دوسر بار ب- اگر خازن  $100\mu F$  با بار موازی شود، ولتاژ دو سر بار را محاسبه کنید.  
( ولتاژ دوسر دیود وصل را صفر در نظر بگیرید).



شکل ۳-۸۳- مدار سوال ۳



شکل ۳-۸۴- مدار سوال ۴

۵- آی سی های سری ۷۸XX رگولاتورهای ولتاژ ثابت سری مثبت هستند.

غلط  صحیح

۶- ولتاژ خروجی آی سی ۷۹۱۵ برابر ۱۵+ ولت است.

غلط  صحیح

۷- در مدار با کدام آی سی رگولاتور، ولتاژ خروجی بین ۱/۲ تا ۳۷- ولت قابل تنظیم است؟

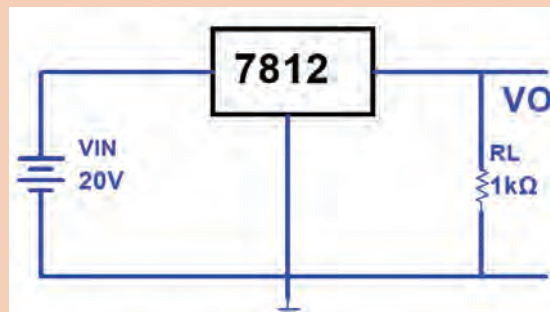
LM۳۱۷ (۲)

LM ۳۳۷ (۱)

AN۷۹۱۵ (۴)

AN۷۸۰۵ (۳)

۸- در مدار شکل ۳-۸۵ ولتاژ دو سر بار و جریان بار را محاسبه کنید.



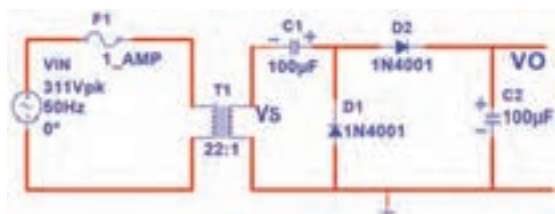
شکل ۳-۸۵- مدار سوال ۸

## چندبرابرکننده ولتاژ

مدارهای چندبرابرکننده ولتاژ، منابع تغذیه‌ای هستند که ولتاژ خروجی آن‌ها چند برابر ماکزیمم ولتاژ ورودی است. در شکل ۳-۸۶ مدار یک نمونه دوبرابرکننده ولتاژ رسم شده است.

در این مدار خازن  $C_1$  به اندازه  $V_{Smax}$  و خازن  $C_2$  به اندازه  $V_{Smax}$  ۲ شارژ می‌شود لذا ولتاژ خروجی دو برابر می‌شود. هنگامی که مقاومت بار به خروجی وصل شود، ضربان (ریپل) زیادی در دوسر بار ظاهر می‌شود، از این رو این گونه مدارها فقط در شدت جریان‌های کم به کار می‌روند. در شکل ۳-۸۷ مدار پنج‌برابرکننده ولتاژ رسم شده است. در این مدار هم خازن  $C_1$  به اندازه  $V_{Smax}$  و سایر خازن‌ها به اندازه  $V_{Smax}$  ۲ شارژ می‌شوند.

در شکل ۳-۸۸ یک نمونه مدار چندبرابرکننده ولتاژ با قطعات واقعی نشان داده شده است.



شکل ۳-۸۶- مدار دوبرابر کننده



شکل ۳-۸۸- مدار چند برابر کننده ولتاژ با قطعات واقعی



شکل ۳-۸۷- مدار پنج برابر کننده ولتاژ

در مورد کاربرد چند برابرکننده ولتاژ تحقیق کنید و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

پژوهش



کار عملی



### کار عملی ۲۲: دوبرابرکننده ولتاژ

هدف: بررسی عملی مدار دو برابرکننده ولتاژ در نرم‌افزار

مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه - نرم‌افزار مناسب - لوازم‌التحریر

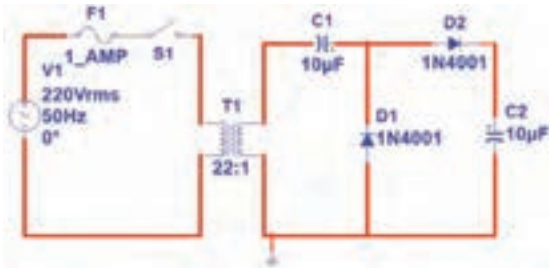
### مراحل اجرای کار

۱- مدار شکل ۳-۸۹ را در نرم‌افزار ببندید.

۲- کلید مدار را وصل کنید و به وسیله ولت‌متر AC نرم‌افزار، ولتاژ ثانویه ترانسفورماتور را اندازه بگیرید و در جدول ۱۹-۳ یادداشت کنید.

۳-  $V_{Smax}$  را با فرمول محاسبه و مقدار محاسبه شده را در جدول یادداشت کنید.

۴- ولتاژ دو سر خازن  $C_1$  و خازن  $C_2$  را با ولت‌متر DC نرم‌افزار اندازه بگیرید و در جدول یادداشت کنید.



شکل ۸۹-۳- مدار دوبرابر کننده ولتاژ

جدول ۱۹-۳		
ردیف	کمیت مورد اندازه‌گیری	مقدار (ولت)
۱	$V_{Srms}$	
۲	$V_{Smax}$	
۳	$V_{C1}$	
۴	$V_{C2}$	

### کار عملی ۲۳: دوبرابر کننده ولتاژ

هدف: بررسی عملی مدار دوبرابر کننده ولتاژ با قطعات واقعی

مواد، ابزار و تجهیزات: ترانسفورماتور ۶: ۲۲۰ ولت یک دستگاه - مولتی‌متر دیجیتالی یک دستگاه - بردبرد یک قطعه - دیود ۱N۴۰۰۱ یاهر نوع دیود مشابه دیگر ۲ عدد - خازن  $100\mu F$ ، ۲۵ ولت دو عدد - مقاومت  $470\Omega$ ،  $\frac{1}{4}W$  یک عدد

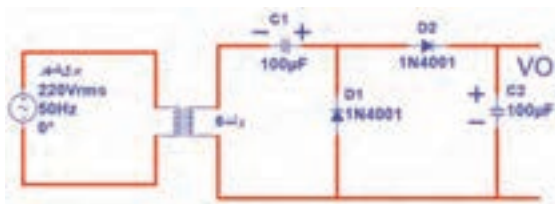
کار عملی



### مراحل اجرای کار

۱- مدار شکل ۹۰-۳ را روی بردبرد ببندید.

۲- کلید مدار را وصل کنید و به وسیله ولت‌متر AC، ولتاژ ثانویه ترانسفورماتور را اندازه بگیرید و در جدول ۲۰-۳ یادداشت کنید.



شکل ۹۰-۳- مدار دوبرابر کننده ولتاژ

در اتصال ترانسفورماتور به برق شهر به نکات ایمنی اشاره شده در شکل ۹۱-۳ به دقت توجه کنید و کلیه نکات ایمنی تذکر داده شده توسط مربی را در هنگام کار رعایت کنید.

نکته



۳-  $V_{Smax}$  را با فرمول محاسبه و مقدار محاسبه شده را در جدول یادداشت کنید.

۴- ولتاژ دو سر خازن  $C_1$  و خازن  $C_2$  را با ولت متر DC اندازه بگیرید و در جدول یادداشت کنید.



سیم اولیه ترانسفورماتور بریدگی نداشته باشد و کاملاً عایق بندی باشد.

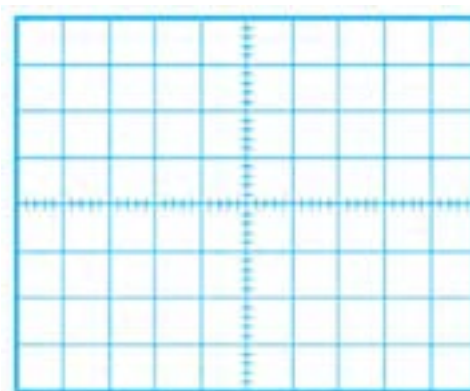
دو شاخه را مانند شکل به درستی در دست بگیرید.



شکل ۹۱-۳- مدار پنج برابر کننده ولتاژ

۵- مقاومت  $R_L = 470 \Omega$  را به خروجی مدار وصل کنید. به وسیله اسیلوسکوپ شکل موج ولتاژ دو سر  $R_L$  را در نمودار شکل ۹۲-۳ رسم کنید و مقدار ولتاژ DC را روی آن بنویسید.

جدول ۲۰-۳		
ردیف	کمیت مورد اندازه گیری	مقدار (ولت)
۱	$V_{Srms}$	
۲	$V_{Smax}$	
۳	$V_{C1}$	
۴	$V_{C2}$	



شکل ۹۲-۳- محل ترسیم شکل ولتاژ دوسر بار

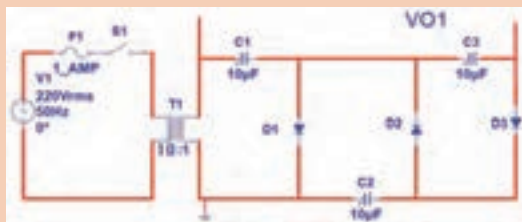
الگوی پرسش:

۱- در مدار چهار برابر کننده ولتاژ به... عدد دیود و... عدد خازن نیاز داریم.

۲- مدار یک پنج برابر کننده ولتاژ را رسم کنید.

پرسش

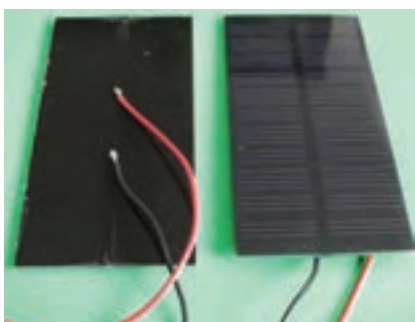




۳- در مدار شکل ۳-۹۳ پس از بستن کلید و شارژ کامل خازن‌ها، ولتاژ هر خازن و ولتاژ خروجی (VO1) را محاسبه کنید.

شکل ۳-۹۳- مدار سوال ۳

## ۳-۶- سلول خورشیدی Solar Energy



شکل ۳-۹۴- سلول خورشید و اتصال سیم به آن

در مباحث گذشته با سلول فتولتائیک که آن را با نام سلول خورشیدی می‌شناسیم آشنا شده‌اید. این سلول‌ها سالم‌ترین وسیله تولید الکتریسیته هستند. شکل ۳-۹۴ یک سلول خورشیدی که در تابش مناسب خورشید قادر به تولید ولتاژی حدود ۵/۵ ولت با جریان ۱۰۰ mA است را نشان می‌دهد.

برای آشنایی با طرز کار سلول خورشیدی به اجرای کار عملی ساده‌ای می‌پردازیم.

کار عملی



### کار عملی ۲۴: سلول خورشیدی

هدف: به کارگیری سلول خورشیدی برای تولید الکتریسیته

مواد، ابزار و تجهیزات: سلول خورشیدی ۲ قطعه- مولتی‌متر دیجیتالی یک‌دستگاه- دیود LED به تعداد کافی- بردبرد یک قطعه- مقاومت  $470 \Omega$ ،  $1/4 W$  وات یک عدد

### مراحل اجرای کار



شکل ۳-۹۵- اندازه‌گیری ولتاژ سلول خورشیدی

۱- پس از اتصال سیم‌های رابط از طریق لحیم‌کاری به سلول خورشیدی، در کم‌ترین و بیش‌ترین تابش نور خورشید، ولتاژ تولیدی توسط سلول را مانند شکل ۳-۵۹ اندازه بگیرید و یادداشت کنید.





هنگام لحیم کاری سیم به سلول خورشیدی مراقب باشید پدهای اتصال (Pads) سلول خورشیدی آسیب نینند.

۲- دو سلول را با هم سری کنید و ولتاژ تولیدی را در نور محیط کارگاه اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

ولتاژ در کمترین نور = V

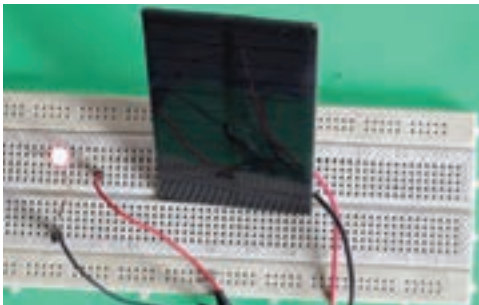
ولتاژ در بیشترین نور = V

۳- دو سلول را با هم موازی کنید و ولتاژ تولیدی را در نور محیط کارگاه اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

ولتاژ تولیدی (در کمترین نور) = V

ولتاژ تولیدی (در بیشترین نور) = V

۴- با توجه به برگه اطلاعات LED، افت ولتاژ دو سر LED و جریان طبیعی (Normal- نرمال) که می تواند نور مناسب تولید کند را به دست آورید. سپس با ولتاژ تولیدی سلول خورشیدی، مقاومت محدودکننده جریان را در مدار شکل ۹۶-۳ محاسبه کنید و LED را روشن نمائید.



$$R = \frac{V_R}{I} = \frac{V_{\text{سلول}} - V_D}{I_D}$$

$$R = \dots \dots \dots \Omega$$

شکل ۹۶-۳- مدار آزمایش

۵- آمپر متر را با مدار سری کنید و جریان مدار را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

I = ..... mA

۶- آیا می توانید چندین LED را موازی کنید و آن ها را با سلول خورشیدی روشن کنید؟ این موضوع را تجربه کنید.

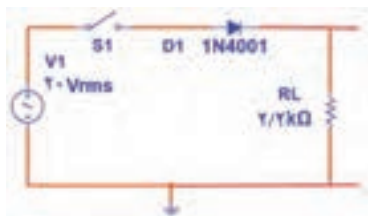
در صورت نیاز سلول ها را با هم موازی کنید تا جریان مورد نیاز را تأمین کند.



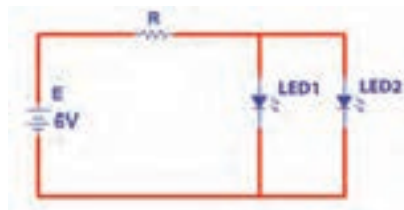


## الگوی آزمون نظری پایان واحد یادگیری

- ۱- آند و کاتد دیود را روی شکل ۳-۹۷ بنویسید.
- ۲- OL روی صفحه نمایش یک مولتی متر دیجیتال سر واژه کلمات انگلیسی..... و به معنی..... است.
- ۳- افت ولتاژ دو سر یک دیود سیلیسیومی در حالت آرمانی (ایده آل) برابر..... ولت و در حالت واقعی حدود..... ولت است.
- ۴- در شکل ۳-۹۸ اگر افت ولتاژ دوسر دیودها ۲ ولت و جریان مورد نیاز هر دیود ۲۰ mA باشد، مقدار R را محاسبه کنید.
- ۵- در مدار شکل ۳-۹۹ بعد از بستن کلید، ولتاژ دو سر بار را محاسبه کنید. دیود را ایده آل در نظر بگیرید.



شکل ۳-۹۹

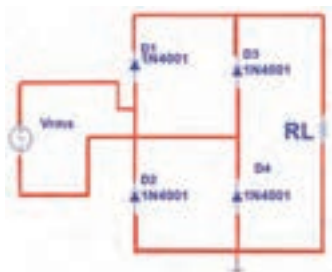


شکل ۳-۹۸



شکل ۳-۹۷

- ۶- در مدار یکسو ساز شکل ۳-۱۰۰، کدام گزینه رابطه محاسبه ولتاژ دوسر بار است؟



شکل ۳-۱۰۰

$$\frac{V_m}{\pi} \quad (2)$$

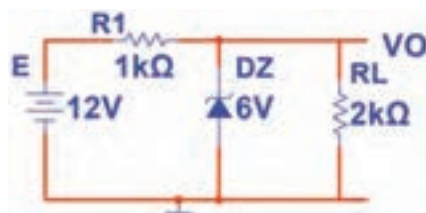
$$\frac{2V_m}{\pi} \quad (1)$$

$$\frac{V_{rms}}{\pi} \quad (4)$$

$$\frac{2V_{rms}}{\pi} \quad (3)$$

- ۷- با آی سی LM۳۱۷ می توان منبع تغذیه قابل تنظیم از ۱/۲ ولت تا ۳۷ ولت ساخت.

□ غلط □ صحیح



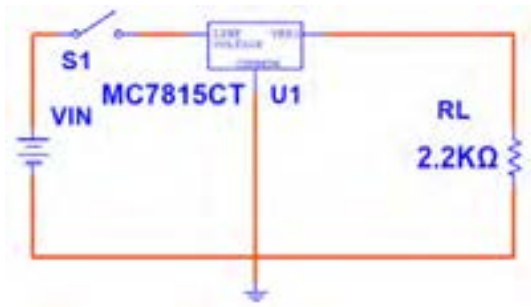
شکل ۳-۱۰۱

- ۸- در مدار شکل ۳-۱۰۱ ولتاژ دوسر بار و جریان آن را محاسبه کنید.

## الگوی آزمون عملی نرم‌افزاری پایان واحد یادگیری

۱- مدار شکل ۳-۱۰۲ را به‌طور منظم روی میز کار در نرم‌افزار ببندید.

۲- کلید مدار را ببندید و ولتاژ منبع را مطابق جدول ۳-۲۱ تغییر دهید و ولتاژ دو سر بار را با ولت‌متر نرم‌افزار اندازه بگیرید و در جدول ۳-۲۱ یادداشت کنید.



شکل ۳-۱۰۲

جدول ۳-۲۱		
ولتاژ منبع (ولت)	ولتاژ دوسر بار	ردیف
۸		۱
۱۵		۲
۲۰		۳
۲۵		۴
۳۰		۵

۳- در چه محدوده‌ای از ولتاژ ورودی، ولتاژ خروجی ثابت است؟

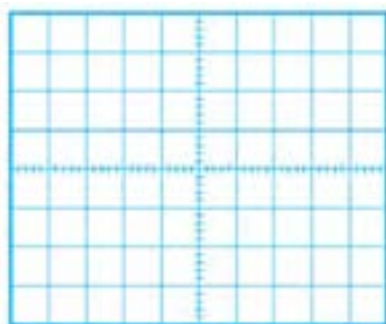
۴- به ازای ولتاژ ورودی ۲۵ ولت جریان بار را محاسبه کنید.

## الگوی آزمون عملی پایان واحد یادگیری با قطعات واقعی

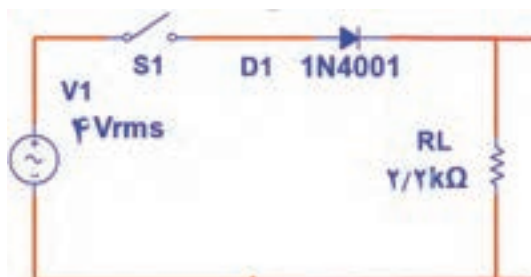
۱- مدار شکل ۳-۱۰۳ را روی برد ببندید.

۲- سیگنال‌ژنراتور را روی ۴ ولت موثر و فرکانس ۱۰۰۰ هرتز تنظیم کنید. سپس کلید مدار را ببندید.

۳- شکل موج ولتاژ دو سر بار را در نمودار شکل ۳-۱۰۴ رسم کنید و دامنه پیک آن را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.



شکل ۳-۱۰۴ محل ترسیم شکل ولتاژ دوسر بار



شکل ۳-۱۰۳ مدار آزمایش

- ۴- با استفاده از فرمول، ولتاژ DC خروجی را محاسبه کنید و مقدار آن را یادداشت کنید.
- ۵- مقدار ولتاژ DC دوسر بار را با ولت‌متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید.
- ۶- آیا ولتاژ DC اندازه‌گیری شده با ولتاژ محاسبه شده برابر است؟ در صورت اختلاف علت را توضیح دهید.
- ۷- زمان تناوب موج خروجی را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.
- ۸- فرکانس موج خروجی را محاسبه و یادداشت کنید.

## شایستگی های غیر فنی و دانشمندان ایرانی توسعه پایدار ( باز یافت و استفاده بهینه از انرژی) راز گرم شدن حمام شیخ‌بهایی تنها با یک شمع



حمام شیخ‌بهایی با راز کشف نشده خود یعنی گرم شدن منبع حمام با شمع که همواره روشن بوده، تبلور هنر معماری و ذهن خلاق ایرانیان در طراحی بناها است؛ موضوعی که سالها ذهن دانشمندان جهان را مشغول کرده است.

شیخ بهایی از بزرگ‌ترین دانشمندان عصر صفوی است که در علوم فلسفه، منطق، هیئت و ریاضیات تبحر داشت و

مجموعه تألیفاتی که از او بر جای مانده در حدود ۸۸ کتاب و رساله است. وی بنابر وصیت خود در جوار مرقد مطهر حضرت علی بن موسی الرضا (ع) دفن شده است.

معماری مسجد امام اصفهان و ساخت ساعت آفتابی در حرم امام رضا (ع) و مهم‌تر از همه ساخت حمامی که سالها ذهن ایرانیان و جهانیان را مشغول کرد، از شاخص‌ترین اقدامات مهندسی و معماری است که به شیخ‌بهایی نسبت داده‌اند.

این حمام از نظر معماری دارای ویژگی های حمام‌های دوره صفویه است، اما از آن با عنوان حمام

اسرار آمیز نام برده شده است. زیرا آب خزینه‌ای آن بدون مصرف انرژی مستقیم گرم می‌شود. به عبارت دیگر سیستم گرمایی این حمام از شاهکارهای مهندسی با استفاده از قوانین فیزیک و شیمی محسوب می‌شود.

این احتمال وجود دارد که یک سیستم لوله کشی زیرزمینی سفالی در حد فاصل آبریزگاه مسجد جامع و این حمام وجود داشته که با روش مکش طبیعی، گازهایی مانند متان و اکسیدهای گوگردی به حمام هدایت می‌شد. طبق محاسبات دقیقی که شیخ بهایی انجام داده بود و با توجه به طراحی خاص آن، فاضلاب تبدیل به گاز متان شده و به عنوان منبع گرما در مشعل خزینه می‌سوخت. با توجه به مجاورت کارگاه روغن‌کشی بالین حمام، ممکن است سوخت حمام از این منبع باشد. با مطالعات باستان‌شناسی در این منطقه، مشخص شد که در آن زمان فاضلاب شهر اصفهان توسط لوله‌های جمع‌آوری فاضلاب به حمام اتصال داشته است.

امروزه تولید گاز از فاضلاب، بیوگاز نامیده می‌شود که یکی از تخصص‌های مهندسیین بهداشت و محیط زیست است و در کشورهای مختلف از این سیستم به عنوان بازیافت فاضلاب و تهیه سوخت استفاده می‌شود.

این نمونه‌ای از فعالیت‌های دانشمندان ایران و اسلامی در راستای کاربرد عملی شایستگی‌های غیر فنی و گام نهادن به سوی توسعه پایدار است.

می‌گویند دیگ حمام شیخ بهایی از طلا بوده است. بررسی کنید و در صورت صحت علت آن را بیابید.

پژوهش



## ارزشیابی شایستگی آزمایش قطعات نیمه‌هادی

واحد یادگیری ۳		شرح کار:	
		۱- آزمایش دیود و استخراج اطلاعات از برگه اطلاعاتی ۲- آزمایش دیود نورددهنده ۳- کاربرد دیود به عنوان یکسوساز ۴- رگولاتور زنر و آی‌سی‌های رگولاتور ۵- آزمایش سایر کاربردهای دیود ۶- آزمایش سلول خورشیدی	
		<b>استاندارد عملکرد:</b> بستن مدارهای ساده دیودی به صورت نرم‌افزاری و سخت‌افزاری و اندازه‌گیری کمیت‌های مرتبط با رعایت استاندارد و دقت تعریف شده <b>شاخص‌ها:</b> ۱- تشخیص صحیح انواع دیود با علائم ظاهری درج شده روی آن ۲- استخراج صحیح اطلاعات از برگه اطلاعات دیود ۳- انجام آزمایش برای اندازه‌گیری مقادیر ولتاژ و جریان دیود به صورت نرم‌افزاری و سخت‌افزاری بر اساس استاندارد های تعریف شده ۴- آزمایش دیود نورددهنده تک رنگ و چند رنگ و هفت قطعه‌ای در نرم‌افزار و سخت‌افزار بر اساس استاندارد های تعریف شده ۵- بستن مدارهای یکسوسازی نیم‌موج، تمام موج با دو دیود، تمام موج پل و آی‌سی پل در نرم‌افزار و سخت‌افزار بر اساس استاندارد های تعریف شده ۷- استخراج اطلاعات رگولاتور از برگه اطلاعات، بستن مدار رگولاتور ساده زنر، بستن رگولاتور مثبت و منفی و متغیر و اندازه‌گیری کمیت‌ها بر اساس شرح کارها ۸- سری و موازی کردن سلول‌های خورشیدی برای افزایش ولتاژ و جریان، بستن مدار ساده و تغذیه مدار با سلول خورشیدی طبق استاندارد.	
		<b>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:</b> مکان انجام کار با کف عایق یا آنتی‌استاتیک- نور مناسب برای کارهای ظریف (مونتاز/کاری)- ابعاد حداقل ۶ مترمربع- دارای تهویه یا پنجره- دمای طبیعی (۱۸ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد) و مجهز به وسایل اطفاء حریق- میزکار استاندارد با ابعاد $D 180 \times H 80 \times W 180$ cm مجهز به فیوز حفاظت جان- رایانه متصل به شبکه اینترنت- فرد با لباس کار- انجام کار در حال نشسته- نرم‌افزار خاص- ذره‌بین با بزرگ‌نمایی ۱۰× <b>ابزار و تجهیزات:</b> ابزار عمومی گارگاه برق، الکترونیک - رایانه و لوازم جانبی آن- نرم‌افزار مرتبط- قطعات استاندارد طبق فهرست ملزومات مصرفی- برگه اطلاعات قطعات مرتبط با آزمایش- سیم‌های رابط- فرهنگ لغات- بردبرد	
		<b>معیار شایستگی:</b>	
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تعیین پایه‌ها و آزمایش صحت دیود	۱	
۲	استخراج مشخصات انواع دیود‌ها از برگه اطلاعات و آزمایش آن‌ها	۱	
۳	آزمایش دیود نورددهنده تک رنگ و چند رنگ و هفت قطعه‌ای در نرم‌افزار و سخت‌افزار	۲	
۴	بستن مدارهای کاربردی با دیود (مانند یکسوسازی نیم‌موج و تمام موج) در نرم‌افزار و سخت‌افزار	۲	
۵	استخراج اطلاعات رگولاتور از برگه اطلاعات، بستن انواع رگولاتورهای زنری و آی‌سی رگولاتور و اندازه‌گیری کمیت‌های مرتبط	۲	
۶	سری و موازی کردن سلول‌های خورشیدی برای افزایش ولتاژ و جریان به منظور تأمین تغذیه مدار	۲	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱- رعایت نکات ایمنی ابزارها و دستگاه‌ها ۲- دقت و تمرکز در اجرای کار ۳- شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر ۴- اخلاق حرفه‌ای		۲	
میانگین نمرات			*

\* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.

### ترانزیستور و کاربرد عملی آن

#### آیا تا به حال فکر کرده‌اید:

- اختراع ترانزیستور چه تحول شگرفی در صنعت الکترونیک پدید آورده است؟
- کدام قطعه الکترونیکی در یک مدار می‌تواند سیگنال ضعیف مانند صوت انسان را تقویت کند؟
- اگر بخواهیم در مداری میلیون‌ها بار عمل قطع و وصل را انجام دهیم، کدام قطعه الکترونیکی می‌تواند این کار را انجام دهد؟
- با اختراع کدام قطعه الکترونیکی دوام دستگاه‌های الکترونیکی افزایش یافته است؟

با اختراع ترانزیستور تحول بزرگی در صنعت الکترونیک به وجود آمده است. ترانزیستورها با تلفات قدرت کم، حجم و وزن کم و عمر طولانی، سبب کوچک شدن دستگاه‌های الکترونیکی و فراگیر شدن صنعت الکترونیک در همه زمینه‌ها شده‌اند. امروزه ترانزیستورها به صورت مدار مجتمع (آی‌سی) در مقیاس وسیعی در بُردهای الکترونیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. لذا شناخت عملکرد ترانزیستور اهمیت ویژه‌ای دارد. در این واحد یادگیری ابتدا به کمک مولتی‌متر، پایه‌ها و صحت عملکرد ترانزیستور را تعیین می‌کنید. سپس به بررسی تغذیه ترانزیستور (بایاس)، ترانزیستور به عنوان کلید و تقویت کننده می‌پردازید. در ادامه، کاربرد ساده‌ای از ترانزیستور را مورد آزمایش قرار می‌دهید. در تمام مراحل کار عملی رعایت نکات ایمنی و بهداشتی و توجه به مهارت‌های غیرفنی مانند کار گروهی، مسئولیت‌پذیری، پایبندی به نظم و ترتیب از مواردی است که از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و باید رعایت شود.

#### استاندارد عملکرد

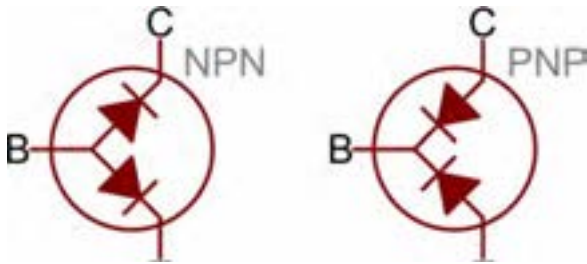
تغذیه ترانزیستور و اجرای عملی مدارهای کاربردی ساده با ترانزیستور به صورت نرم‌افزاری و سخت‌افزاری

#### ● مواد، ابزار و تجهیزات مورد نیاز واحد یادگیری:

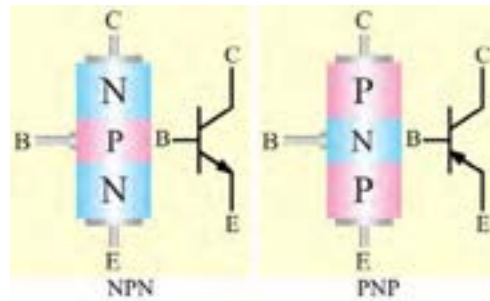
ابزار عمومی برق و الکترونیک - منبع تغذیه - سیگنال ژنراتور AF - اسیلوسکوپ - مولتی‌متر دیجیتالی - رایانه - نرم‌افزار مناسب - ویدئوپروژکتور - برد برد - لوازم التحریر - انواع ترانزیستور، مقاومت، خازن و سیم‌های رابط

## ۴-۱- تعیین پایه‌ها و آزمایش صحت ترانزیستور

ساختمان ترانزیستور شامل سه کریستال نیمه هادی ناخالص است که یک کریستال در وسط و دو کریستال از نوع مخالف در دو طرف آن قرار گرفته‌اند. شکل ۴-۱ ساختمان کریستالی دو نوع ترانزیستور NPN و PNP و نماد فنی آن‌ها را نشان می‌دهد. مدار معادل دیودی ترانزیستور در شکل ۴-۲ رسم شده است.



شکل ۴-۲- معادل دیودی ترانزیستور



شکل ۴-۱- ساختمان کریستالی و نماد فنی ترانزیستور

### کار عملی ۱- تعیین پایه‌ها، نوع و آزمایش صحت ترانزیستور

هدف: کسب شایستگی در تعیین پایه‌ها، نوع و صحت ترانزیستور با مولتی‌متر

مواد، ابزار و تجهیزات: مولتی‌متر دیجیتالی یک دستگاه-چند نوع ترانزیستور-بردبرد یک قطعه.

کار عملی



### مراحل اجرای کار

۱- تعیین پایه بیس: برای تعیین پایه بیس ترانزیستور، مولتی‌متر دیجیتالی را روی حالت آزمایش دیود قرار دهید سپس با اتصال پروب مولتی‌متر به پایه‌ها، پایه‌ای را پیدا کنید که نسبت به دو پایه دیگر در ولتاژ موافق قرار گرفته باشد. این پایه، (پایه مشترک) بیس ترانزیستور است. شکل ۴-۳ این حالت را نشان می‌دهد.

■ ترانزیستوری را در اختیار بگیرید و پایه بیس آن را مشخص کنید.



شکل ۴-۳- تشخیص پایه بیس ترانزیستور با مولتی‌متر دیجیتالی

۲- تعیین نوع ترانزیستور: در حالتی که دیوهای بیس-امیتر و بیس-کلکتور در ولتاژ موافق قرار دارند، اگر ترمینال مثبت مولتی‌متر به بیس متصل باشد،

ترانزیستور از نوع NPN و اگر ترمینال منفی مولتی متر به بیس متصل باشد، ترانزیستور از نوع PNP است. در شکل ۳-۴، ترانزیستور از نوع NPN است.

■ نوع ترانزیستور مورد آزمایش را تعیین کنید.



شکل ۴-۴ ولتاژ موافق کلکتور-بیس و امیتر-بیس

۳- تعیین پایه امیتر و کلکتور: برای تعیین پایه کلکتور و امیتر، چون سطح تماس کلکتور به بیس از سطح تماس امیتر به بیس بیش تر است، اتصال کلکتور به بیس در حالت موافق مقاومت کم تری نسبت به اتصال امیتر به بیس دارد لذا افت ولتاژ موافق کلکتور بیس کم تر از افت ولتاژ موافق امیتر بیس است. این تفاوت ولتاژ بسیار کم و در حدود هزارم ولت است. شکل ۴-۴ ولتاژ موافق بیس-کلکتور و بیس-امیتر را نشان می دهد.

■ امیتر و کلکتور ترانزیستور مورد آزمایش را مشخص کنید. سپس ولتاژ موافق دیود-بیس-امیتر و دیود-بیس-کلکتور را عملاً مورد بررسی قرار دهید و نتایج را در جدول ۴-۱ ثبت و جدول را کامل کنید.

۴- آزمایش را روی ترانزیستور دیگری تکرار کنید تا مهارت لازم را در آزمایش ترانزیستور کسب کنید.

جدول ۴-۱			
ردیف	اطلاعات مورد نظر	مورد ۱	مورد ۲
۱	شماره فنی ترانزیستور		
۲	شکل ظاهری با مشخص کردن پایه ها		
۳	نوع ترانزیستور (NPN یا PNP)		
۴	ولتاژ موافق امیتر-بیس		
۵	ولتاژ موافق کلکتور-بیس		

## ۵- آزمایش صحت ترانزیستور

ترانزیستور زمانی سالم است که مولتی متر دیجیتالی در حالت آزمایش دیود، بین بیس-امیتر و بیس-کلکتور در یک جهت ولتاژ موافق و در جهت دیگر تقریباً حالت اتصال باز را نشان دهد. شکل ۴-۵ اتصال بین بیس-امیتر و بیس-کلکتور را در حالت بایاس مخالف نشان می دهد.





اگر دیودهای بیس-امیتر و بیس-کلکتور در بایاس موافق و مخالف حالت اتصال باز را نشان دهند، ترانزیستور معیوب و دیودها قطع و اگر مولتی‌متر صفر ولت را نشان دهد دیودها اتصال کوتاه اند.

شکل ۴-۵- دیودهای بیس-امیتر و بیس-کلکتور در بایاس مخالف

۶- دو عدد ترانزیستور معیوب را در اختیار بگیرید و نوع عیب آنرا مشخص کنید. نوع عیب را شرح دهید.

.....

.....

.....

.....

کار عملی



## کار عملی ۲: خواندن برگه اطلاعات

هدف: کسب شایستگی در استخراج اطلاعات مهم از برگه اطلاعات ترانزیستور

مواد، ابزار و تجهیزات: برگه اطلاعات ترانزیستور- لوازم التحریر

## مراحل اجرای کار

۱- شکل ۴-۶ بخشی از برگه اطلاعات مربوط به ترانزیستور BC337 را نشان می‌دهد. در این برگه اطلاعات مقادیر ماکزیمم و مشخصات حرارتی نوشته شده است. با توجه به برگه اطلاعات، مطالب خواسته شده در جدول ۴-۲ را تکمیل کنید.

جدول ۴-۲			
ردیف	ماکزیمم کمیت مورد نظر	مقدار	واحد
۱	ولتاژ کلکتور-امیتر		
۲	جریان کلکتور		
۳	جریان بیس		
۴	توان تلفاتی		

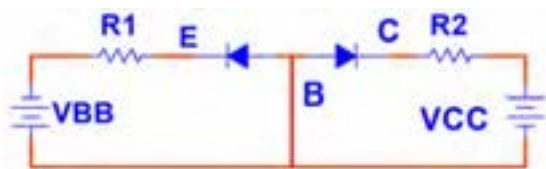
## Maximum Ratings & Thermal Characteristics Ratings at 25°C ambient temperature unless otherwise specified.

Parameters		Symbols	Value	Units
Collector-Emitter Voltage	BC337 BC338	$V_{CES}$	50 30	V
Collector-Emitter Voltage	BC337 BC338	$V_{CEO}$	45 25	V
Emitter-Base Voltage		$V_{EBO}$	5	V
Collector Current		$I_C$	800	mA
Peak Collector Current		$I_{CM}$	1	A
Base Current		$I_B$	100	mA
Power Dissipation at $T_{amb}=25^\circ\text{C}$		$P_{tot}$	625 <sup>(1)</sup>	mW
Thermal Resistance Junction to Ambient Air		$R_{\theta JA}$	200 <sup>(1)</sup>	$^\circ\text{C/W}$
Junction Temperature		$T_j$	150	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range		$T_S$	-65 to +150	$^\circ\text{C}$

Notes: (1) Valid provided that leads are kept at ambient temperature at a distance of 2mm from case.

شکل ۴-۶- بخشی از برگه اطلاعات ترانزیستور

## ۴-۲- تغذیه ترانزیستور



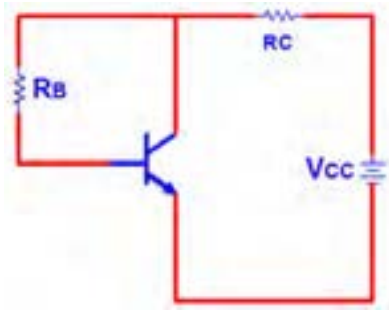
شکل ۴-۷- دیود امیتر بیس بایاس موافق و دیود کلکتور بیس بایاس مخالف

برای اینکه بتوان از ترانزیستور به عنوان تقویت کننده، کلید (سوئیچ) و سایر موارد استفاده نمود، باید ترانزیستور را از نظر ولتاژ DC تغذیه کرد. زمانی جریان در پایه‌های ترانزیستور برقرار می‌شود و ترانزیستور در حالت هدایت قرار می‌گیرد که دیود "بیس-امیتر" در بایاس موافق و دیود "بیس-کلکتور" در بایاس مخالف باشد. شکل ۴-۷ این حالت بایاس را برای ترانزیستور NPN نشان می‌دهد.

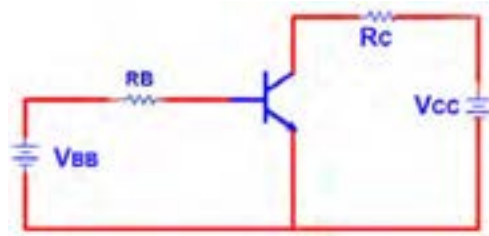
### ● انواع روش‌های بایاس

**الف- بایاس با دو منبع ولتاژ مستقل:** در این روش بایاس دو منبع مستقل  $V_{CC}$  و  $V_{BB}$  دیود بیس-امیتر را در ولتاژ موافق و دیود بیس-کلکتور را در ولتاژ مخالف قرار می‌دهند. شکل ۴-۸ این روش بایاس را نشان می‌دهد.

**ب- بایاس با یک منبع ولتاژ:** برای صرفه جویی در تعداد منبع ولتاژ به جای دو باتری تنها از یک منبع ( $V_{CC}$ ) استفاده شده است. شکل ۴-۹ این بایاس را نشان می‌دهد.



شکل ۹-۴- بایاس بایک باتری



شکل ۸-۴- بایاس با دو منبع مستقل

در مورد عیب این بایاس پژوهش کنید و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

پژوهش



### ۳-۴- کاربرد ترانزیستور به عنوان کلید (سوئیچ)

اگر جریان در پایه‌های ترانزیستور برقرار نباشد، ترانزیستور مانند کلید باز عمل می‌کند. ترانزیستور زمانی مانند کلید وصل (کلید بسته) عمل می‌کند که جریان ماکزیمم از پایه‌های آن عبور کند.

#### کار عملی ۳: ترانزیستور به عنوان کلید

هدف: کسب شایستگی در بررسی عملکرد ترانزیستور به عنوان کلید با استفاده از نرم‌افزار

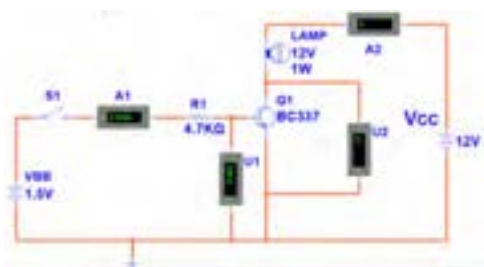
مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه- نرم‌افزار مناسب- لوازم التحریر

کار عملی



#### مراحل اجرای کار

۱- مدار شکل ۱۰-۴ را به کمک نرم‌افزار ببینید.



شکل ۱۰-۴- مدار ترانزیستور به عنوان کلید

۲- اگر کلید S1 قطع باشد دیود بیس آمیتر بایاس نمی‌شود و ترانزیستور در ناحیه قطع قرار می‌گیرد. در این حالت ترانزیستور مانند کلید باز (قطع - Cut Off) عمل می‌کند. کلید S1 را قطع کنید. وضعیت لامپ و مقادیری را که ولت‌متر و آمپر متر مدار نشان می‌دهند، در جدول ۳-۴ یادداشت کنید.

جدول ۳-۴

ردیف	وضعیت کلید	$I_B$	$I_C$	$V_{BE}$	$V_{CE}$	وضعیت لامپ	ناحیه کار ترانزیستور
۱							
۲							

۳- کلید S1 را وصل کنید. وضعیت لامپ و مقادیری را که ولت‌مترها و آمپرمترهای مدار نشان می‌دهند را در جدول یادداشت کنید. در این حالت جریان‌ها در پایه‌های ترانزیستور برقرار است و ترانزیستور در ناحیه هدایت قرار دارد.

۴- کلید S1 را قطع کنید، منبع  $V_{BB}$  را روی ۵ ولت تنظیم کنید سپس کلید S1 را وصل کنید و مقادیر نشان داده شده توسط ولت‌متر و آمپرمتر مدار را در جدول یادداشت کنید. در این حالت جریان‌های عبوری از ترانزیستور ماکزیمم و  $V_{CE}$  تقریباً صفر ولت است و ترانزیستور در ناحیه اشباع (Saturation) کار می‌کند. در حالت اشباع ترانزیستور مانند یک کلید بسته عمل می‌کند.

در کدام حالت‌ها ترانزیستور به عنوان سوئیچ (کلید باز و کلید بسته) عمل می‌کند؟

سوال



کار عملی



### کار عملی ۴: آزمایش هدایت ترانزیستور با قطعات واقعی

هدف: بررسی ناحیه کار ترانزیستور (قطع-فعال-اشباع) با قطعات واقعی

مواد، ابزار و تجهیزات: منبع تغذیه یک دستگاه- مولتی متر دیجیتالی یک دستگاه - برد بُرد یک قطعه- ترانزیستور عمومی مانند BC ۱۰۷ یا BC ۳۳۷ یا هر نوع ترانزیستور عمومی NPN با بتای ( $\beta$ ) حداقل برابر ۷۵ یک عدد- مقاومت  $4/7 K\Omega$  یک عدد- پتانسیو متر  $5 K\Omega$  خطی  $1/4 W$  یک عدد- لامپ ۱۲ ولت ۱ وات یک عدد

### مراحل اجرای کار

۱- مدار شکل ۱۱-۴ را روی برد بُرد ببندید.



شکل ۱۱-۴- مدار آزمایش هدایت ترانزیستور

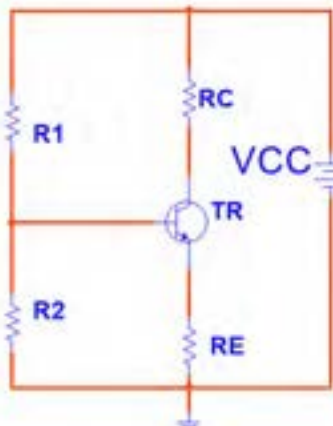
۲- سر متغیر پتانسیومتر را در نقطه N قرار دهید. در این حالت ولتاژ بیس امیتر "و" ولتاژ کلکتور امیتر" را اندازه بگیرید و مقادیر را در جدول ۴-۴ بنویسید و جدول را کامل کنید.

۳- سر متغیر پتانسیومتر را از نقطه N به نقطه M نزدیک کنید. در نور لامپ چه تغییری به وجود می‌آید؟ ولتاژ کلکتور- امیتر و ولتاژ بیس - امیتر چه تغییری می‌کند؟ شرح دهید، سپس جدول را کامل کنید.

۴- سر متغیر پتانسیومتر را در نقطه M قرار دهید، ولتاژ بیس امیتر ( $V_{BE}$ ) و ولتاژ کلکتور- امیتر ( $V_{CE}$ ) را اندازه بگیرید و مقادیر را در جدول ۴-۴ بنویسید و جدول را کامل کنید.

جدول ۴-۴					
ردیف	وضعیت سر متغیر پتانسیومتر	$V_{BE}$	$V_{CE}$	وضعیت لامپ	ناحیه کار ترانزیستور
۱	در نقطه N				
۲	بین نقطه M و N				
۳	در نقطه M				

### ● بایاس با مدار تقسیم‌کننده ولتاژ مقاومتی (Voltage Divider Bias)



شکل ۱۲-۴- بایاس سر خود

روش بهتر بایاس که دارای ثبات حرارتی است، بایاس با مدار تقسیم‌کننده ولتاژ مقاومتی است که به آن بایاس سرخود (Self Bias) نیز می‌گویند. شکل ۱۲-۴ این نوع بایاس را نشان می‌دهد.

در این نوع بایاس، مقاومت‌های  $R_1$  و  $R_2$  به عنوان تقسیم‌کننده ولتاژ، تغذیه بیس ترانزیستور را تأمین می‌کنند. برای به دست آوردن ولتاژ و جریان تقریبی پایه‌های ترانزیستور می‌توان به صورت زیر عمل

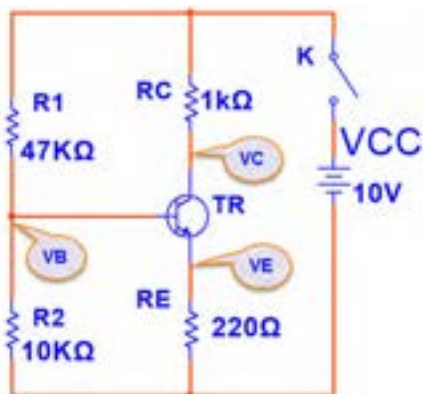
نمود. اگر از جریان بیس ترانزیستور ( $I_B$ ) که ناچیز است صرف نظر کنیم، می توانیم مقاومت های  $R_1$  و  $R_2$  را در شکل ۱۳-۴ سری در نظر بگیریم. ولتاژ نقطه B (ولتاژ دو سر مقاومت  $R_2$  نسبت به زمین) از رابطه  $V_B = \frac{V_{CC} \times R_2}{R_1 + R_2}$  به دست می آید.

در شکل ۱۳-۴ با عبور جریان  $I_E$  در دو سر مقاومت  $R_E$ ، افت پتانسیل  $V_E = R_E \times I_E$  به وجود می آید. پتانسیل امیتر نسبت به زمین ( $V_E$ ) را می توان از رابطه  $V_E = V_B - V_{BE}$  محاسبه نمود. با معلوم بودن  $V_E$ ،  $I_E$  محاسبه می شود.

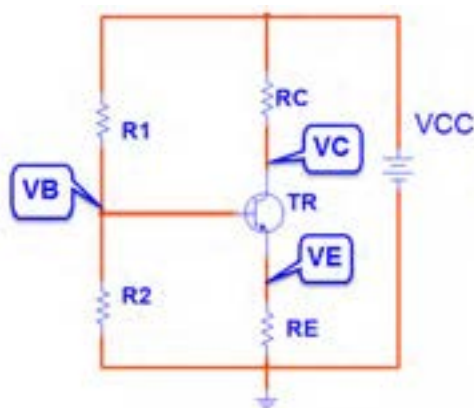
$$I_E = \frac{V_E}{R_E}$$

با تقریب قابل قبول می توان  $I_C$  را برابر  $I_E$  در نظر گرفت. پتانسیل کلکتور نسبت به زمین ( $V_C$ ) از رابطه  $V_C = V_{CC} - R_C \times I_C$  قابل محاسبه است.

مثال: در شکل ۱۴-۴ با فرض  $I_C \approx I_E$  ولتاژ پایه ها و جریان پایه های ترانزیستور را محاسبه کنید. ولت  $V_{BE} = 0.65$



شکل ۱۴-۴- بایاس سر خود



شکل ۱۳-۴- بایاس سر خود

$$V_B = \frac{V_{CC} \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 \times 10}{47 + 10} = \frac{100}{57} = 1.75 \text{ ولت}$$

$$V_E = V_B - V_{BE} = 1.75 - 0.65 = 1.1 \text{ ولت}$$

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{1.1}{220} = 5 \text{ mA}$$

$$I_C \cong I_E = 5 \text{ mA}$$

$$V_C = V_{CC} - R_C I_C = 10 - (1)(5) = 5 \text{ ولت}$$

$$V_{CE} = V_C - V_E = 5 - 1.1 = 3.9 \text{ ولت}$$

مراحل محاسبات به شرح زیر است :



### کار عملی ۵: اندازه‌گیری نقطه کار ترانزیستور

هدف: کسب شایستگی در بستن مدار بایاس سرخود و اندازه‌گیری ولتاژ پایه‌ها و جریان پایه‌ها

مواد، ابزار و تجهیزات: منبع تغذیه یک دستگاه- مولتی متر دیجیتالی یک دستگاه- ترانزیستور BC107 یا BC337 یا هر ترانزیستور مصرف عمومی NPN با بتای بین ۷۵ تا ۱۰۰ یک عدد- مقاومت های  $1\text{K}\Omega$ ،  $220\Omega$ ،  $47\text{K}\Omega$ ،  $10\text{K}\Omega$ ،  $\frac{1}{4}$  وات از هر کدام یک عدد- برد بُرد یک قطعه - سیم‌های رابط تغذیه و برد بُرد به تعداد کافی

#### مراحل اجرای کار:

- ۱- مدار شکل ۱۴-۴ را روی برد بُرد ببندید.
- ۲- قبل از وصل کلید K، مقادیر  $I_C$ ،  $I_E$ ،  $V_{BE}$ ،  $V_B$  و  $V_C$  و  $V_{CE}$  که محاسبه شده است، را در جدول ۵-۴ بنویسید.
- ۳- کلید K را ببندید و ولتاژ  $V_C$ ،  $V_{BE}$ ،  $V_B$  و  $V_{CE}$  را اندازه بگیرید و در جدول یادداشت کنید.
- ۴- با معلوم بودن  $V_E$  و مقدار  $R_E$ ،  $I_E$  را محاسبه کنید و آن را در جدول یادداشت نمایید. ( $I_E = I_C$ )

جدول ۵-۴

ردیف	$V_B$ ولت	$V_{BE}$ ولت	$V_E$ ولت	$I_C$ mA	$V_C$ ولت	$V_{CE}$ ولت	شیوه اجرا
۱							محاسباتی
۲							اندازه‌گیری شده

۵- آیا مقادیر اندازه‌گیری شده با مقادیر محاسبه شده تطابق دارد؟ در صورت اختلاف، علت را شرح دهید.

.....

۶- آیا  $V_{CE}$  تقریباً نصف  $V_{CC}$  است؟

.....

۷) اگر به جای این ترانزیستور، ترانزیستور NPN دیگری را که بتای آن حدود بتای همین ترانزیستور است، در مدار قرار دهید، آیا مقادیر جدول ۴-۵ تغییر می کند؟ شرح دهید.

فیلم عملکرد رله و حسگر ( سنسورهای) حرارتی و نوری را ببینید.

فیلم



کار عملی



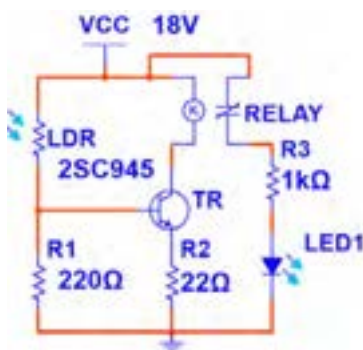
### کار عملی ۶: مدار فرمان نوری و حرارتی

هدف: کسب مهارت در به کارگیری ترانزیستور به عنوان کلید (سوئیچ حساس نوری و حرارتی)

مواد، ابزار و تجهیزات: منبع تغذیه یک دستگاه- برد بُرد یک قطعه- رله ۱۲ ولتی یک قطعه- ترانزیستور عمومی یک عدد- مقاومت  $470\Omega$ ،  $220\Omega$ ،  $220\Omega$ ،  $680\Omega$  و  $\frac{1}{4}$  وات از هر کدام یک عدد- LDR یک عدد- NTC  $100\Omega$  یک عدد- سیم های رابط به تعداد کافی- سیم های بُرد بُرد به تعداد کافی.

### مراحل اجرای کار:

۱) مدار شکل ۴-۱۵ را روی بُرد بُرد ببندید.



شکل ۴-۱۵- مدار فرمان با سنسور نور

نکته



رله مورد استفاده یک رله ۱۲ ولتی است. در صورتی که کنتاکت های رله مورد استفاده بیش از دو تیغه دارد، در این مرحله فقط از کنتاکتی استفاده کنید که در حالت عادی باز (NO) است.

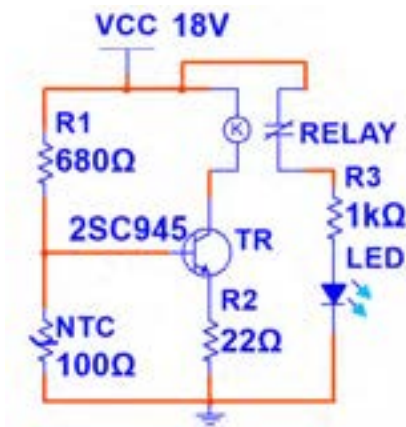
۲- روی LDR را با دست بپوشانید. در این حالت باید LED خاموش باشد. این موضوع را تجربه کنید. در این حالت ترانزیستور در چه ناحیه ای قرار دارد؟ شرح دهید.

.....

.....

.....





شکل ۱۶-۴- مدار فرمان با حسگر حرارتی

۳- به LDR نور بتابانید، در این حالت LED روشن خواهد شد. این موضوع را تجربه کنید و در مورد ناحیه کار ترانزیستور شرح دهید.

۴- مدار را مطابق شکل ۱۶-۴ تغییر دهید. این مدار با حسگر حرارتی عمل می کند.

۵- آیا در شرایط عادی LED روشن است یا خاموش؟ ناحیه کار ترانزیستور و عملکرد مدار را شرح دهید.

۶) NTC را به وسیله هویه گرم کنید. آیا وضعیت LED خروجی تغییر می کند؟ ناحیه کار ترانزیستور و عملکرد آن را در این حالت شرح دهید.

الگوی پرسش:

۱) مقاومت‌های..... و..... و..... در مدارهای مختلف به عنوان حس گر نوری و حرارتی به کار می‌روند.

۲) حس گرهای حرارتی و نوری برای تثبیت حرارت و نور در مدارها استفاده می‌شوند.

□ صحیح □ غلط

۳) ترانزیستور به عنوان کلید در دو ناحیه قطع و اشباع کار می‌کند.

□ صحیح □ غلط

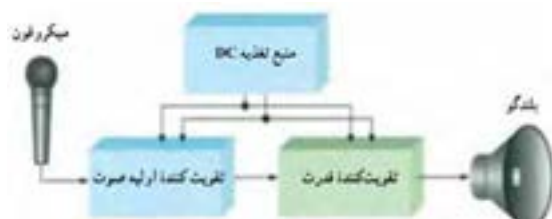
پرسش



## ۴-۴- تقویت کننده با ترانزیستور

مداری که بتواند یک سیگنال الکتریکی را از لحاظ دامنه ولتاژ یا جریان افزایش دهد، تقویت کننده (AMP=Amplifier) نام دارد. در تقویت کننده‌ها سیگنال ضعیف را به ورودی تقویت کننده وصل می‌کنند و سیگنال تقویت شده را از خروجی دریافت می‌نمایند. شکل ۴-۱۷ بلوک دیاگرام یک سیستم کامل آمپلی فایر صوتی را نشان می‌دهد.

ورودی این سیستم می‌تواند میکروفن، خروجی دستگاه پخش صوت یا خروجی یک CD خوان باشد. بار یا مصرف کننده متصل شده به خروجی، یک بلندگو است. هر بلوک این آمپلی فایر ممکن است شامل چند بلوک فرعی و هر بلوک فرعی شامل چندین ترانزیستور یا آی سی (IC) باشد.

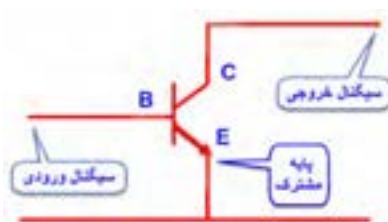


شکل ۴-۱۷- بلوک دیاگرام آمپلی فایر صوتی

### ● آرایش‌های ترانزیستور (Transistor Configuration)

ترانزیستور به عنوان تقویت کننده می‌تواند در یکی از سه آرایش امیتر مشترک، بیس مشترک و کلکتور مشترک مورد استفاده قرار گیرد. مشخصات الکتریکی هر آرایش مانند مقاومت ورودی، مقاومت خروجی، بهره ولتاژ و بهره جریان با یکدیگر متفاوت است.

### ● آرایش امیتر مشترک (CE= Common Emitter)



شکل ۴-۱۸- آرایش امیتر مشترک

در این آرایش، سیگنال متناوب در ورودی به بیس -امیتر ترانزیستور اعمال می‌شود و سیگنال تقویت شده از پایه‌های خروجی یعنی از کلکتور -امیتر ترانزیستور دریافت می‌شود. چون پایه امیتر بین ورودی و خروجی مشترک است، این آرایش امیتر مشترک نام دارد. شکل ۴-۱۸ این آرایش را بدون مقاومت‌های بایاس نشان می‌دهند.

### کار عملی ۷: تقویت کننده امیتر مشترک

هدف: کسب شایستگی در بستن مدار تقویت کننده CE و اندازه‌گیری کمیت‌های تقویت کننده

مواد، ابزار و تجهیزات: ترانزیستور عمومی با بتای ۱۰۰ یا هر ترانزیستور مصرف عمومی با بتای ۷۵ بیش تر یک عدد- منبع تغذیه یک دستگاه- سیگنال ژنراتور AF یک دستگاه- مولتی متر دیجیتالی یک دستگاه- برد برد یک قطعه- مقاومت‌های  $47K\Omega$ ،  $2/2K\Omega$ ،  $1K\Omega$ ،  $220\Omega$ ،  $\frac{1}{4}$  وات از هر کدام یک عدد- مقاومت  $10K\Omega$   $\frac{1}{4}$  وات ۲ عدد- خازن  $47\mu F$ ، ۲۵ ولت ۲ عدد- خازن  $100\mu F$ ، ۲۵ ولت ۱ عدد-

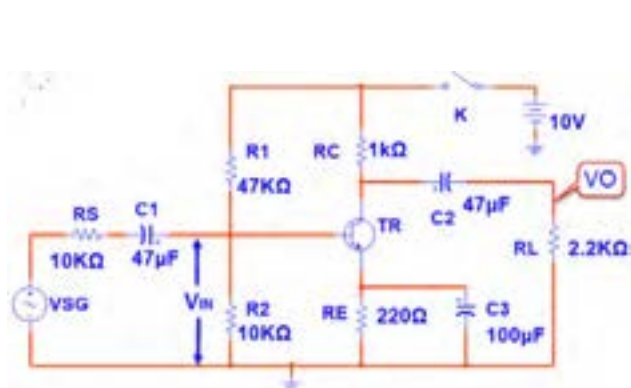
کار عملی



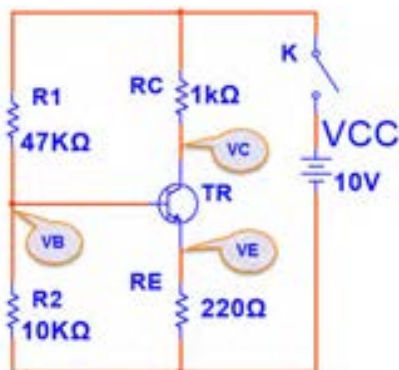
## مراحل اجرای کار

۱- شکل ۴-۱۹ را روی برد بُرد ببندید. و با اندازه‌گیری  $V_{BE}$ ،  $V_E$ ،  $V_B$  و  $V_{CE}$  صحت عملکرد مدار را تأیید کنید.

۲- برای اعمال سیگنال متناوب، مدار را مطابق شکل ۴-۲۰ تکمیل کنید.



شکل ۴-۲۰- تقویت‌کننده امیترمشترک



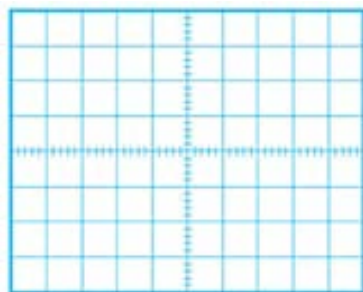
شکل ۴-۱۹- بایاس DC امیترمشترک

۳- سیگنال ژنراتور را روی فرکانس ۱۰۰۰ هرتز تنظیم کنید و به مدار وصل کنید.

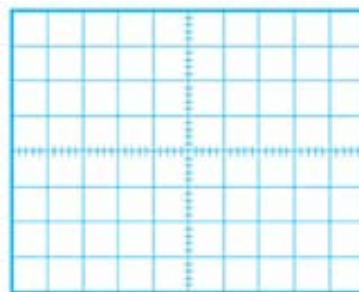
۴- کانال یک اسیلوسکوپ را به خروجی مدار ( دو سر بار  $R_L$  ) وصل کنید.

۵- دامنه سیگنال ژنراتور را آن قدر تغییر دهید تا دامنه سیگنال خروجی ( سیگنال دو سر بار ) روی ۳ ولت پیک تا پیک تنظیم شود.

۶- شکل موج دو سر بار و ورودی تقویت‌کننده ( $V_{IN}$ ) را در نمودارهای شکل ۴-۲۱ و ۴-۲۲ رسم کنید.



شکل ۴-۲۲ - شکل موج خروجی



شکل ۴-۲۱- شکل موج ورودی

اگر موج ورودی اعوجاج دارد، دامنه آن را کم کنید.

نکته



۷- دامنه پیک تا پیک موج ورودی را اندازه بگیرید.

$V_{in(PP)} =$  ولت

۸- بهره ولتاژ (میزان تقویت ولتاژ) از رابطه  $AV = \frac{V_{opp}}{V_{inpp}}$  به دست می‌آید. بهره ولتاژ را محاسبه کنید.

$Av =$  ..... مرتبه

۹- بهره جریان (میزان تقویت جریان) از رابطه  $A_I = \frac{I_L}{I_{in}}$  به دست می‌آید.

$I_{LPP} =$  ..... mA

$I_L$  را از رابطه  $\frac{V_O}{R_L}$  محاسبه کنید.

$I_{in}$  را از رابطه  $I_{in} = \frac{V_{RS}}{R_S} = \frac{V_{SG(PP)} - V_{in(pp)}}{R_S}$  محاسبه کنید.

$I_{in} =$  ..... mA

$A_I =$  ..... مرتبه

۱۰- اختلاف فاز بین ولتاژ ورودی و خروجی را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

۱۱- در حالت با بار  $C_3$  را از مدار خارج کنید. آیا دامنه شکل موج خروجی کاهش می‌یابد؟ شرح دهید.

۱۲- دامنه موج خروجی چندمرتبه کوچک‌تر شده است؟

کار در منزل



### کار عملی ۸: بررسی تقویت‌کننده امیترمشترک در نرم‌افزار

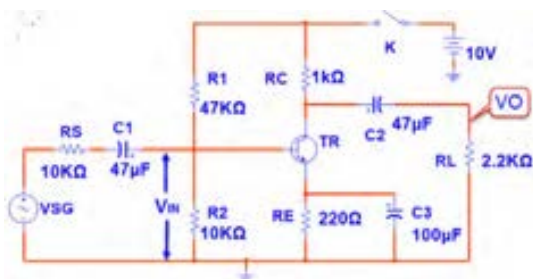
هدف: کسب شایستگی در بستن مدار امیتر مشترک و اندازه‌گیری کمیت‌های آن در نرم‌افزار

مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه- نرم افزار مناسب- لوازم التحریر

### مراحل اجرای کار

۱- شکل ۲۳-۴ را در نرم‌افزار ببندید.

۲- سیگنال ژنراتور را روی فرکانس ۱۰۰۰ هرتز تنظیم کنید و به مدار وصل کنید.

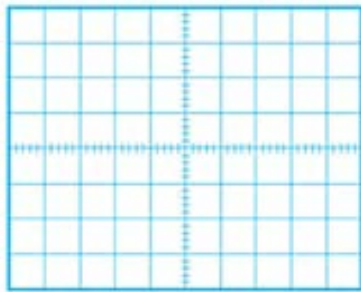


شکل ۲۳-۴- تقویت‌کننده امیترمشترک

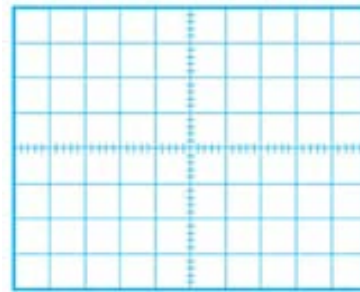
۳- کانال یک اسیلوسکوپ را به خروجی مدار (دو سر بار  $R_L$ ) وصل کنید.

۵- دامنه سیگنال ژنراتور را آن قدر تغییر دهید تا دامنه سیگنال خروجی (سیگنال دو سر بار) روی ۵ ولت پیک تا پیک تنظیم شود.

۶- شکل موج دو سر بار و ورودی تقویت کننده ( $V_{IN}$ ) را در نمودارهای شکل ۴-۲۴ و ۴-۲۵ رسم کنید.



شکل ۴-۲۵- شکل موج خروجی



شکل ۴-۲۴- شکل موج ورودی

۷- دامنه پیک تا پیک موج ورودی را اندازه بگیرید.

ولت  $V_{in(PP)} = \dots\dots\dots$

۸- بهره ولتاژ (میزان تقویت ولتاژ) را محاسبه کنید.

مرتبه  $A_V = \dots\dots\dots$

۹- بهره جریان (میزان تقویت جریان) را محاسبه کنید.

.....  
 .....

۱۰- اختلاف فاز بین ولتاژ ورودی و خروجی را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

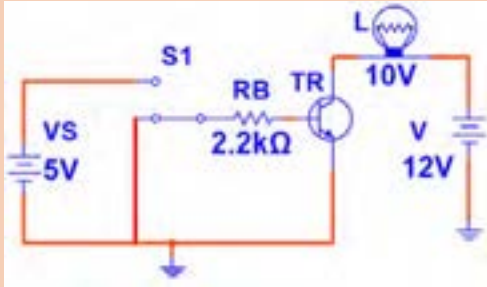
.....  
 .....

۱۱- در حالت با باری خازن  $C_3$  را از مدار خارج کنید. دامنه شکل موج خروجی چند مرتبه کاهش می یابد؟ شرح دهید.

.....  
 .....



الگوی پرسش:



شکل ۴-۲۶

۱- مدار معادل، دیودی ترانزیستور NPN را رسم کنید.

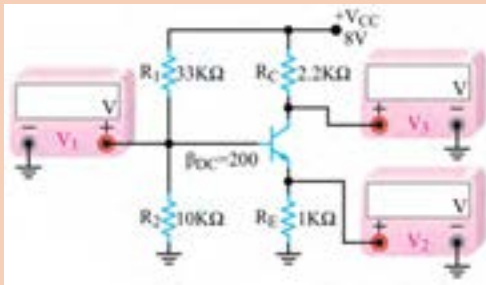
۲- در حالت هدایت ترانزیستور، دیود بیس امیتر در بایاس..... و دیود کلکتور بیس در بایاس..... قرار دارد.

۳- ترانزیستور در مدار شکل ۲۶-۴ مانند کلید وصل عمل می‌کند.

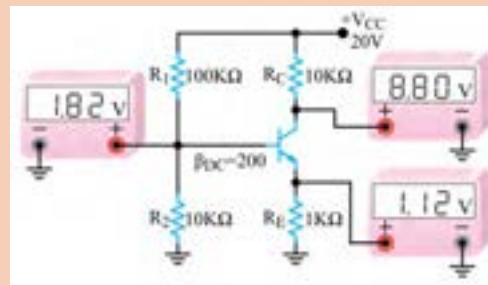
□ غلط □ صحیح

۴- با استفاده از روابط مربوط به بایاس سرخود، اثبات کنید که مقادیر نشان داده شده توسط ولت‌مترهای شکل ۲۷-۴ صحیح است.

۵- مقادیری که ولت‌مترهای  $V_1$  و  $V_2$  و  $V_3$  در مدار شکل ۲۸-۴ باید نشان دهد را محاسبه کنید.



شکل ۴-۲۸



شکل ۴-۲۷

## ۵-۴- آی‌سی آمپلی‌فایر صوت

آی‌سی‌های تقویت‌کننده صوت در انواع متنوعی به بازار عرضه شده‌اند. یک نمونه از این آی‌سی که از مدار ساده‌ای برخوردار است، آی‌سی LM۳۸۰ یا LM۳۸۶ است. در شکل ۲۹-۴ نماد فنی و شکل پایه‌های آی‌سی نشان داده شده است.



شکل ۴-۲۹ - نماد فنی و پایه‌های آی‌سی

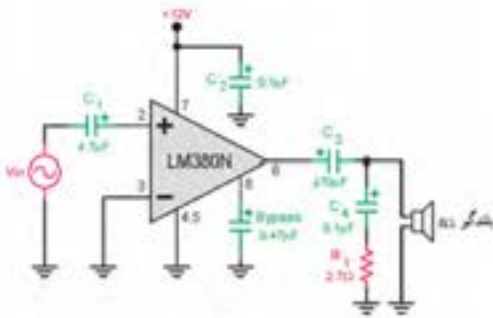


## کار عملی ۱۰: تقویت صوت با آی سی آمپلی فایر

هدف: تقویت سیگنال صوتی توسط آی سی آمپلی فایر

**مواد، ابزار و تجهیزات:** سیگنال ژنراتور AF یک دستگاه-اسیلوسکوپ یک دستگاه-منبع تغذیه یک دستگاه-برد بُرد یک قطعه - آی سی LM380 یا هر نوع آی سی آمپلی فایر صوتی یک عدد-خازن های الکتریکی  $4.7\mu F$ ،  $470\mu F$ ،  $25$  ولت از هر کدام یک عدد-خازن  $100n$  و خازن  $470n$  یک عدد-مقاومت  $2/7\Omega$  نیم وات یک عدد - بلندگو  $8\Omega$  یک عدد.

### مراحل اجرای کار



شکل ۳۰-۴ - مدار تقویت کننده

۱- مدار تقویت کننده قدرت صوتی شکل ۳۰-۴ را روی برد بُرد ببندید.

۲- منبع تغذیه را روشن و آن را روی ولتاژ ۱۲ ولت تنظیم کنید.

۳- سیگنال ژنراتور صوتی را روی فرکانس ۱۰۰۰ هرتز تنظیم کنید و خروجی آن را به ورودی مدار تقویت کننده صوتی متصل کنید.

۴- اسیلوسکوپ را به خروجی (دو سر بلندگو) متصل کنید. دامنه ولتاژ خروجی سیگنال ژنراتور را طوری تنظیم کنید که دامنه سیگنال مشاهده شده روی صفحه اسیلوسکوپ ماکزیمم و بدون اعوجاج باشد. در این حالت باید بلندگو بیشترین موج صدا را داشته باشد.

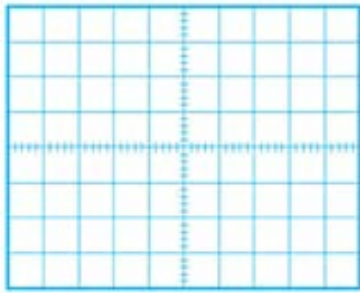
۵- شکل موج خروجی (دو سر بلندگو) و شکل موج ورودی (پایه شماره ۲ آی سی) را توسط اسیلوسکوپ مشاهده کنید و سپس آن ها را در نمودار شکل ۳۱-۴ و ۳۲-۴ رسم کنید. دامنه پیک تا پیک موج ها را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$V_{IN(PP)} = \dots\dots\dots V$$

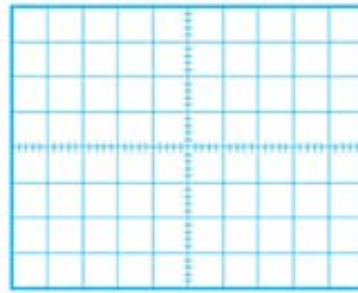
$$V_{O(PP)} = \dots\dots\dots V$$

۶- بهره ولتاژ (میزان تقویت ولتاژ) را محاسبه کنید.

$$AV = \dots\dots\dots \text{مرتبه}$$



شکل ۴-۳۲ - شکل موج خروجی



شکل ۴-۳۱ - شکل موج ورودی

۷- خروجی سیگنال ژنراتور را مستقیماً به بلندگو وصل کنید، آیا صدا با قدرت کافی شنیده می‌شود؟ شرح دهید.

.....

.....

### الگوی آزمون نظری پایان واحد کار



شکل ۴-۳۳

۱- معادل دیودی ترانزیستور PNP را رسم کنید.

۲- در شکل ۴-۳۳ دیود بیس-امیتر ترانزیستور..... است.

(۱) معیوب و اتصال کوتاه (۲) معیوب و قطع

(۳) سالم و در ولتاژ موافق (۴) سالم و در ولتاژ مخالف

۳- با توجه به جدول اطلاعات شکل ۴-۶، جریان ماکزیمم کلکتور ترانزیستور BC۳۳۷ چند میلی‌آمپر است؟

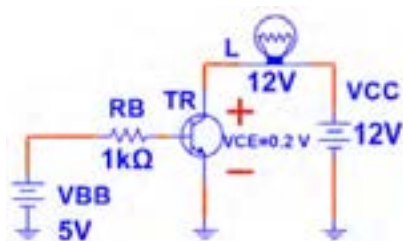
۴- برای آنکه ترانزیستور در حالت هدایت کار کند و جریان‌ها در پایه‌های آن برقرار باشد، باید دیود بیس-امیتر در بایاس ..... و دیود بیس-کلکتور در بایاس ..... قرار گیرد.

(۱) موافق-موافق (۲) مخالف-مخالف

(۳) مخالف-موافق (۴) موافق - مخالف

۵- ترانزیستور در شکل ۴-۳۴ مانند کلید بسته (وصل) عمل می‌کند.

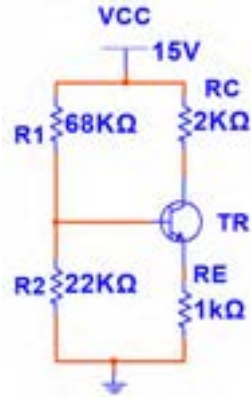
غلط  صحیح



شکل ۴-۳۴



۶- در شکل ۴-۳۵ با فرض  $I_E \approx I_C$  ولتاژ پایه های ترانزیستور را محاسبه کنید.  
ولت  $V_{BE} = 0.7$



شکل ۴-۳۵

۷- در یک تقویت کننده اگر ولتاژ پیک تا پیک دو سر بار برابر ۲ ولت و ولتاژ پیک تا پیک ورودی تقویت کننده ۵۰ میلی ولت باشد، بهره ولتاژ تقویت کننده را محاسبه کنید.

۸- ولتاژ خروجی یک تقویت کننده در حالت بی بار کم تر از ولتاژ خروجی آن در بار کامل (با  $R_L$ ) است.

صحيح  غلط

۹- شکل ساده تقویت کننده را در آرایش امیتر مشترک رسم کنید.

۱۰- آرایش امیتر مشترک ولتاژ و جریان را تقویت می کند.

صحيح  غلط

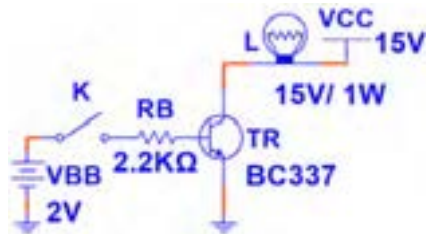
## الگوی آزمون عملی نرم افزاری پایان واحد یادگیری

۱- نرم افزار مولتی سیم یا هر نرم افزار مناسب دیگر را فعال کنید.

۲- مدار شکل ۴-۳۶ را در نرم افزار ببندید.

۳- در حالتی که کلید K قطع است، با مولتی متر نرم افزار  $V_{BE}$ ،  $I_B$ ،  $I_C$  و  $V_{CE}$  ترانزیستور را اندازه بگیرید سپس جدول ۴-۶ را کامل کنید.

۴- کلید K را وصل کنید و مقادیر خواسته شده در جدول را اندازه بگیرید و جدول را کامل کنید.



شکل ۴-۳۶

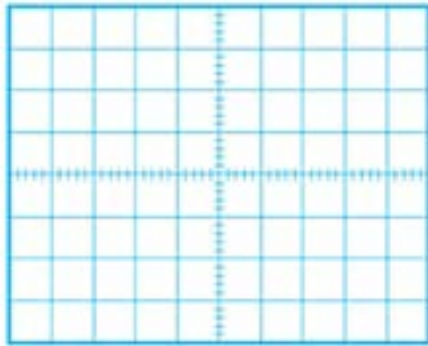
جدول ۴-۶

ردیف	کمیت مورد اندازه گیری	کلید K قطع	کلید K وصل
۱	$V_{BE}$		
۲	$I_B$		
۳	$I_C$		
۴	$V_{CE}$		
۵	نور لامپ		
۶	وضعیت ترانزیستور		

## الگوی آزمون عملی سخت‌افزاری پایانی



شکل ۴-۳۷



شکل ۴-۳۸

۱- مدار شکل ۴-۳۷ را روی بُرد ببندید.

۲- کلید  $K_2$  را وصل و کلید  $K_1$  را قطع کنید. سپس به وسیله ولت‌متر  $V_B$ ،  $V_{BE}$ ،  $V_E$  و  $V_{CE}$  ترانزیستور را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$V_B = \dots \text{ V} \quad V_{BE} = \dots \text{ V}$$

$$V_E = \dots \text{ V} \quad V_{CE} = \dots \text{ V}$$

۳- سیگنال‌ژنراتور را روی موج سینوسی با فرکانس ۱۰۰۰ هرتز تنظیم کنید. سپس کلید  $K_1$  را وصل کنید.

۴- اسیلوسکوپ را به خروجی (دو سر بار) متصل کنید. دامنه ولتاژ خروجی سیگنال‌ژنراتور را طوری تنظیم کنید که دامنه پیک تا پیک سیگنال مشاهده شده روی صفحه اسیلوسکوپ ۲ ولت شود.

۵- شکل موج ورودی را توسط اسیلوسکوپ مشاهده کنید و سپس آن را در نمودار شکل ۴-۳۸ رسم نمایید و دامنه پیک تا پیک آن را اندازه بگیرید.

$$V_{in\ pp} = \dots \text{ V}$$

۶- بهره ولتاژ مدار را به دست آورید.

۷- با اندازه‌گیری کمیت‌های مورد نیاز، بهره جریان (میزان تقویت جریان) را محاسبه کنید.

۸- اختلاف فاز بین ولتاژ ورودی و خروجی را اندازه بگیرید و آن را یادداشت کنید.

## مهندسی معکوس در جنگ تحمیلی



یکی از فعالیت‌هایی که در زمینه صنایع مختلف از جمله صنعت الکترونیک موجب پیشرفت، خلاقیت و نوآوری می‌شود، اجرای مهندسی معکوس است. در مهندسی معکوس، برای ساخت یک دستگاه ساخته‌شده، دستگاه‌ها را بررسی و اجزاء آن‌ها را باز می‌کنند و چگونگی عملکرد آن‌ها را استخراج می‌نمایند. در نهایت

با استفاده از علوم ریاضی و فنی، محاسبات مورد نیاز را انجام می‌دهند سپس اقدام به نمونه‌سازی اولیه می‌کنند. پس از نمونه‌سازی، در صورت دریافت نتیجه قابل قبول، شرایط تولید انبوه برای آن‌ها مهیا می‌نمایند. یکی از فعالیت‌هایی که در جنگ تحمیلی صورت گرفت، مهندسی معکوس برای ساخت موشک بود. آیا می‌دانید اولین موشک ساخته‌شده از طریق مهندسی معکوس موشک مجتمع نام داشت.

**مجتمع** حروف اول **موشک** **جواب** تجاوزات **موشکی** عراق است که به ابتکار شهید حسن طهرانی مقدم و تیم وی صورت گرفت و از این طریق توانستند با مهندسی معکوس، موشک‌هایی را بسازند که بتواند جواب موشک‌های عراقی را بدهد.

پژوهش: با مراجعه به رسانه‌های مختلف، بررسی کنید چرا شهید حسن طهرانی مقدم را پدر علم موشکی ایران می‌نامند؟

اداره کل امور ایثارگران وزارت جهاد کشاورزی

## ارزشیابی شایستگی آزمایش ترانزیستور و کاربرد عملی آن

واحد یادگیری ۴

شرح کار:

- ۱- تعیین پایه‌ها و آزمایش صحت ترانزیستور
- ۲- تغذیه (بایاسینگ) ترانزیستور
- ۳- کاربرد ترانزیستور به عنوان سوئیچ
- ۴- تقویت کننده با ترانزیستور
- ۵- آی سی آمپلی فایر

استاندارد عملکرد:

تغذیه ترانزیستور و اجرای عملی مدارهای کاربردی ساده با ترانزیستور به صورت نرم‌افزاری و سخت‌افزاری

شاخص‌ها:

- ۱- آزمایش ترانزیستور و تشخیص پایه‌های آن بر اساس استاندارد های تعریف شده
- ۲- بستن صحیح مدار ترانزیستور به عنوان سوئیچ و کاربرد آن برای مدار فرمان نوری و حرارتی
- ۳- بستن صحیح یک نوع بایاس ترانزیستور و اندازه‌گیری نقطه کار در نرم‌افزار و با قطعات واقعی
- ۴- بستن صحیح مدار CE و اندازه‌گیری کمیت‌ها در نرم‌افزار و با قطعات واقعی
- ۵- استخراج صحیح اطلاعات آی سی آمپلی فایر از برگه اطلاعات و بستن مدار آن

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

مکان انجام کار با کف عایق یا آنتی‌استاتیک- نور مناسب برای کارهای ظریف (مونتازکاری)- ابعاد حداقل ۶ مترمربع- دارای تهویه یا پنجره- دمای طبیعی (۱۸ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد) و مجهز به وسایل اطفاء حریق- میز کار استاندارد با ابعاد  $D 180 \times H 80 \times W 180$  cm مجهز به فیوز حفاظت جان- رایانه متصل به شبکه اینترنت- فرد با لباس کار- انجام کار در حال نشسته- نرم‌افزار خاص- ذره‌بین با بزرگ‌نمایی  $\times 10$

ابزار و تجهیزات: ابزار عمومی گارگاه برق، الکترونیک - رایانه و لوازم جانبی آن- نرم‌افزار مرتبط- قطعات استاندارد طبق فهرست ملزومات مصرفی- برگه اطلاعات قطعات مرتبط با آزمایش- سیم‌های رابط- فرهنگ لغات- برد برد

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تعیین پایه‌ها و آزمایش صحت ترانزیستور	۱	
۲	بستن یک نوع بایاس ترانزیستور و اندازه‌گیری نقطه کار در نرم‌افزار و با قطعات واقعی	۲	
۳	بستن مدار ترانزیستور به عنوان سوئیچ و مدار فرمان نوری و حرارتی	۲	
۴	بستن صحیح مدار CE و اندازه‌گیری کمیت‌ها در نرم‌افزار و با قطعات واقعی	۲	
۵	استخراج صحیح اطلاعات آی سی آمپلی فایر از برگه اطلاعات و بستن مدار آن	۲	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:	۲	
	۱- رعایت نکات ایمنی ابزارها و دستگاه‌ها ۲- دقت و تمرکز در اجرای کار ۳- شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر ۴- اخلاق حرفه‌ای		
	میانگین نمرات		*

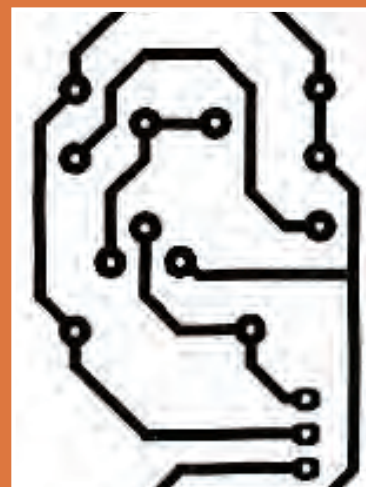
\* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.

## فصل ۴

# طراحی مدار چاپی و شبیه سازی



برای تولید، نظارت و کنترل کیفیت محصولات الکترونیکی ترسیم نقشه‌های الکترونیکی بسیار اهمیت دارد. نقشه‌های الکترونیکی شامل بلوک دیاگرام، نقشه فنی و طرح مدار چاپی است که براساس قوانین و استانداردها بین‌المللی برق و الکترونیک با دست و نرم‌افزار ترسیم می‌شوند. ساخت مدارهای الکترونیکی دستگاه‌های مختلف با تهیه فیبرمدار چاپی امکان‌پذیر است. با آماده شدن فیبر، قطعات الکترونیکی با آرایش خاصی روی فیبر نصب (مونتاژ) می‌شوند. ارتباط الکتریکی این قطعات با خطوط مسی برقرار می‌شود. چگونگی چیدمان قطعات بر روی فیبرمدار چاپی مهم است، زیرا چیدمان صحیح سبب صرفه‌جویی در هزینه‌های ساخت و تولید مدارها در دستگاه‌های الکترونیکی می‌شود. توجه داشته باشید وجود یک یا چند برد الکترونیکی در یک دستگاه مانند سیستم ارتباطی تصویری، سبب می‌شود فرمان‌های لازم برای عملکرد آن دستگاه شکل گیرد.



### ترسیم نقشه فنی مدار چاپی با دست

#### آیا تا به حال فکر کرده‌اید:

- برای ساخت دستگاه‌های الکترونیکی از چه نقشه‌هایی استفاده می‌شود؟
- نصب قطعات الکترونیک و اتصال آن در دستگاه‌ها چگونه است؟
- تهیه فیبر مدار چاپی با نرم‌افزار سرعت تولید محصولات را افزایش می‌دهد؟
- روش‌های انتقال طرح مدار چاپی به فیبر چگونه اجرا می‌شود؟
- نصب (مونتاژ) قطعات بر روی برد مدار الکترونیکی چگونه و با چه ترتیبی به اجرا در می‌آید؟

قطعات الکترونیکی در کلیه دستگاه‌های مختلف روی برد مدار چاپی مونتاژ می‌شوند. بردهای مدار چاپی را به صورت یک لایه و چند لایه می‌سازند. وجود این ساختار سبب کوچک شدن ابعاد دستگاه‌های الکترونیکی و الکترونیکی و افزایش کیفیت عملکرد آن‌ها می‌شود.

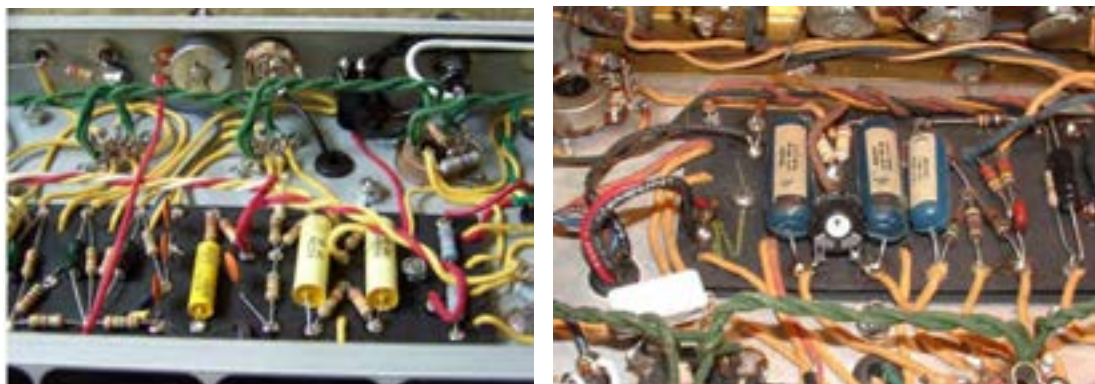
در این واحد یادگیری، ابتدا نقشه فنی مدارهای الکترونیکی را توسط نرم‌افزار ترسیم و شبیه‌سازی می‌کنید و صحت عملکرد آن را مورد تأیید قرار می‌دهید. سپس نقشه فنی را با استفاده از دست و نرم‌افزار به مدار چاپی تبدیل می‌نمایید. در تمام مراحل اجرای کار عملی رعایت نکات ایمنی و بهداشتی، توجه به سایر مهارت‌های غیر فنی مانند کار گروهی، رعایت نظم و ترتیب، مدیریت منابع، کاربرد فناوری و توجه به نکات زیست محیطی مهم و ضروری است، باید در تمام مراحل مورد توجه قرار گیرد و به طور دقیق به اجرا درآید.

#### استاندارد عملکرد

ترسیم نقشه فنی مدارهای الکترونیکی ساده و مدار چاپی با دست و روش مازیک

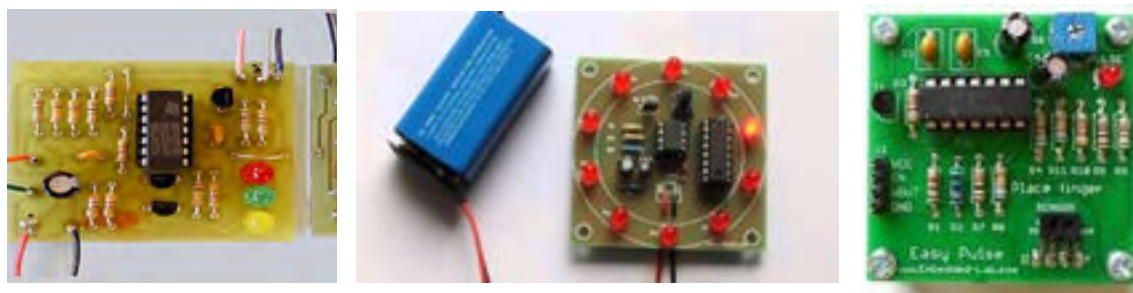
## ۵-۱- اصول تهیه طراحی مدار چاپی

در گذشته برای ساختن یک مدار الکترونیکی ابتدا نقشه مدار را روی فیبر مخصوص قرار می دادند، سپس جای پایه های المان های الکترونیکی را با سیم اتصال می دادند. این روش مطابق شکل ۵-۱ جای زیادی اشغال می کرد.



شکل ۵-۱ - نصب قطعات الکترونیکی در دستگاه های قدیمی

امروزه به علت پیشرفت علم الکترونیک و پیچیده تر شدن مدارهای الکترونیکی این طریقه سیم کشی نمی تواند کاربردی داشته باشد، لذا به جای آن از مدار چاپی شکل ۵-۲ استفاده می شود.



شکل ۵-۲- نصب قطعات الکترونیکی بر روی فیبر مدار چاپی

برای ساختن یک دستگاه الکترونیکی، ابتدا باید با چگونگی عملکرد قسمت های مختلف دستگاه آشنا شویم. از این رو لازم است که قطعات الکترونیکی و الکترونیکی مورد نیاز هر قسمت را شناسایی کنیم و نحوه ارتباط الکترونیکی آن ها را مشخص نمائیم. برای این منظور از نقشه بلوک دیاگرام و نقشه فنی استفاده می کنیم. با توجه به پیشرفت فناوری، امروزه انواع نقشه های مدارهای الکترونیکی را با رایانه تهیه می کنند.



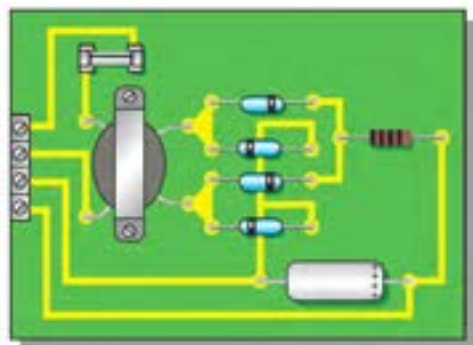
## ● ترسیم نقشه‌های بلوکی

معمولاً برای نمایش عملکرد قسمت‌های مختلف مدار یک سیستم الکترونیکی از بلوک دیاگرام استفاده می‌کنند. در این فرایند مشخصات فنی و نام هر مدار را در داخل مستطیل یا بلوک مخصوص می‌نویسند و ورودی‌ها و خروجی‌های هر بلوک را مشخص می‌کنند. در شکل ۵-۳ بلوک دیاگرام یک منبع تغذیه ساده رسم شده است.

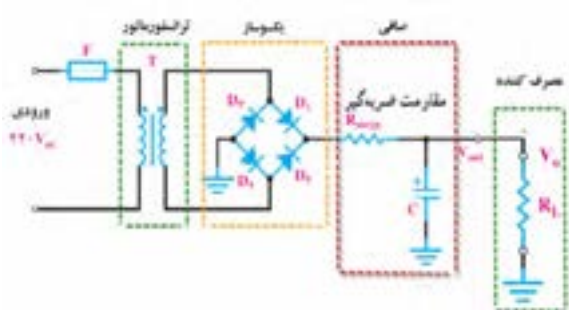


شکل ۳-۵- بلوک دیاگرام یک منبع تغذیه ساده

شکل ۴-۵ نقشه فنی الکترونیکی منبع تغذیه ساده را در ارتباط با بلوک دیاگرام شکل ۳-۵ نشان می‌دهد. در شکل ۵-۵ منبع تغذیه در اندازه واقعی روی فیبر مدار چاپی نشان داده شده است. در این نقشه، ورودی و خروجی مدار به ترمینالی در سمت چپ نقشه وصل شده است.



شکل ۵-۵- نقشه مدار چاپی و جای قطعات در اندازه واقعی



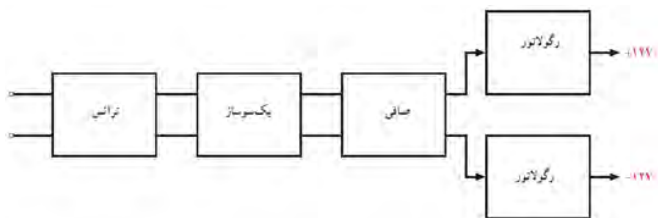
شکل ۴-۵- نقشه مدار الکترونیکی یک منبع تغذیه ساده

ابتدا بلوک دیاگرام شکل ۵-۶ را با نقشه فنی شکل ۵-۷ مطابقت دهید و بلوک‌ها را روی نقشه با خط چین رسم کنید. سپس در شکل ۵-۸ تلاش کنید ارتباط نقشه مدار چاپی را با نقشه فنی بیابید. نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

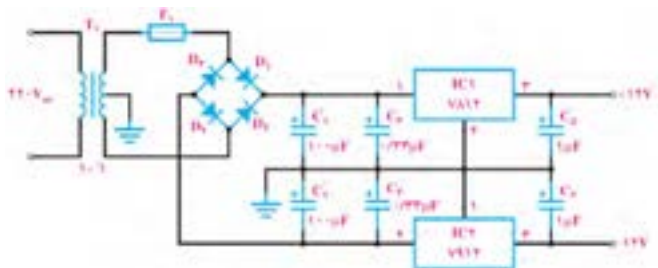
کارگروهی



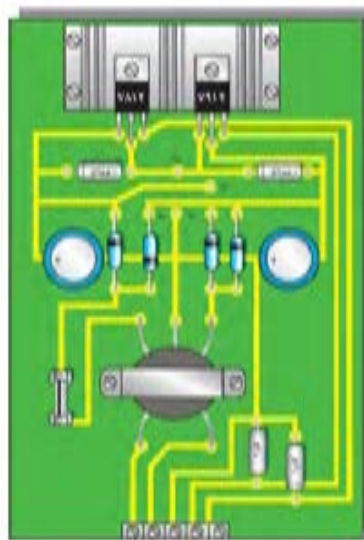




شکل ۶-۵- نمای بلوکی یک منبع تغذیهٔ دوپل



شکل ۷-۵- نقشهٔ الکترونیکی یک منبع تغذیهٔ دوپل

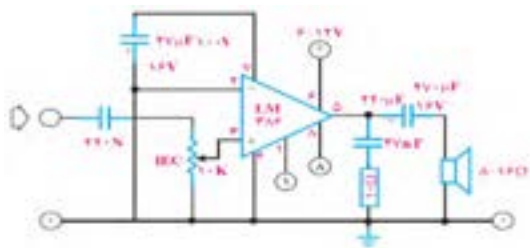


شکل ۸-۵- برد مدار چاپی و جای قطعات در اندازه واقعی

### ● ترسیم نقشه فنی مدارهای الکترونیکی

در مباحث گذشته درباره چگونگی ترسیم نقشه‌های فنی الکترونیکی صحبت کردیم. معمولاً در نقشه‌های استاندارد لازم است عناصر مدار با اندازه و مقیاس مناسب رسم شوند. همچنین باید قواعد و قراردادهای مربوط به آن نیز رعایت گردد. برخی از مهم‌ترین قراردادهای ترسیم نقشه استاندارد الکترونیکی به شرح زیر است.

- ۱- ترسیم کلی مدارها باید از سمت چپ به سمت راست صورت گیرد.
- ۲- ورودی‌ها در سمت چپ صفحه و خروجی‌ها در سمت راست صفحه در نظر گرفته شود.
- ۳- متناسب با مراحل کار و عملکرد مدار باید عناصر و قطعات به ترتیب و به دنبال هم رسم شود.
- ۴- مقادیر ولتاژهای بیش‌تر در بالای صفحه و مقادیر ولتاژهای کم‌تر در پایین صفحه قرار گیرند. مثلاً مقادیر ولتاژهای مربوط به یک مدار ترانزیستوری به صورت  $+12V$  در بالای صفحه و علامت زمین به صورت  $\perp$  در پایین صفحه مشخص شود.
- ۵- مدارهایی که در نقشه موجودند ولی قسمت اصلی مدار را تشکیل نمی‌دهند مانند منبع تغذیه باید در نیمه پایینی صفحه رسم شوند.
- ۶- خطوط اتصال بین اجزای مدار باید به طور دقیق و کامل کشیده شود.
- ۷- تا آنجایی که مقدور است خطوط اتصال به صورت قائم ( $90^\circ$ ) یکدیگر را قطع کنند.
- ۸- وقتی که خطوط یکدیگر را قطع می‌کنند و نقاط برخورد به یکدیگر وصل می‌شوند، باید براساس استاندارد IEC محل اتصال با یک نقطه توپُر مشخص شود.



شکل ۹-۵- نقشه مدار تقویت کننده صوت

در شکل ۹-۵ ویژگی‌های کلی ترسیم یک نقشه الکترونیکی تا حدودی رعایت شده است.

کار عملی



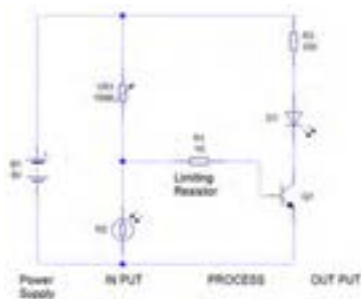
### کار عملی ۱: ترسیم نقشه بلوک دیاگرام و نقشه فنی

هدف: مهارت در نقشه خوانی و ترسیم نقشه بلوک دیاگرام و نقشه فنی مدارهای الکترونیکی

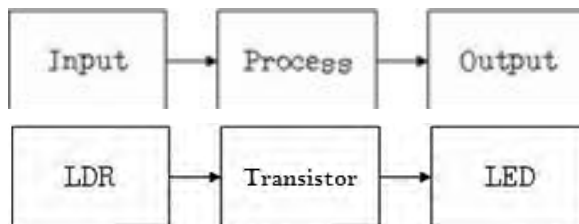
مواد، ابزار و تجهیزات: مداد، پاک کن، کاغذ، نقشه فنی مدار

### مراحل اجرای کار

در شکل ۱۰-۵ بلوک دیاگرام و نقشه فنی کنترل روشنایی با حسگر LDR ترسیم شده است. بلوک دیاگرام و نقشه فنی مدار را با رعایت استاندارد و قواعد مربوطه با مقیاس مناسب روی کاغذ میلی متری ترسیم کنید.



ب- نقشه فنی الکترونیکی کنترل روشنایی



شکل الف- بلوک دیاگرام کنترل روشنایی

شکل ۱۰-۵- نقشه بلوک دیاگرام و فنی کنترل روشنایی

### ● طراحی مدار چاپی با دست

در مدارهای چاپی یک لایه عناصر در یک طرف فیبر مدارهای چاپی قرار می گیرند. ارتباط بین قطعات به وسیله لایه نازک مسی که در طرف دیگر فیبر وجود دارد برقرار می شود. استفاده از مدار چاپی، حجم مدار را کوچک می کند، ضمن اینکه می توانیم ضخامت و فواصل خطوط عبور جریان را با توجه به میزان جریان و خازن پراکنده ترسیم کنیم. به طور کلی مزایای مدار چاپی در مقایسه با مدارهای سیم کشی به شرح زیر است:

- مانع شلوغی اتصالات و سیم‌کشی‌ها می‌شود.
  - ابعاد مدارهای ساخته شده کوچک‌تر می‌شود.
  - در زمان تعمیر دستگاه، دنبال کردن مسیرهای ارتباطی به سهولت انجام می‌شود.
  - مونتاژ مدار سریع‌تر و آسان‌تر و مقرون به صرفه‌تر است.
  - تولید دستگاه‌های الکترونیکی در شمارگان بالا آسان‌تر است.
- مزایای فوق سبب شده است که تمام کارخانه‌های تولیدکننده لوازم الکترونیکی از مدار چاپی استفاده کنند.

بحث گروهی



درباره مزایای مدار چاپی با همکار گروهی خود بحث کنید و نتیجه را جمع‌بندی نمایید.

### ● استاندارد طراحی مدار چاپی

- تبدیل یک نقشه الکترونیکی به نقشه مدار چاپی باید طبق استانداردهای موجود صورت پذیرد. مدار چاپی باید با رعایت فواصل پایه‌ها، حجم و اندازه حقیقی قطعات طراحی شود.
- همچنین موارد زیر نیز باید به اجرا درآید.
- طرح مدار چاپی به گونه‌ای باشد که ورودی‌های مدار در یک سمت و خروجی‌ها در سمت دیگر قرار گیرند.
  - قطعات حرارتی مانند مقاومت‌ها و ترانزیستورهای پاور نباید در کنار قطعات حساس به حرارت (مانند دیودها و ترانزیستورهای کوچک) قرار گیرند.
  - قطعات به گونه‌ای در کنار هم چیده شوند که هنگام تعمیر به راحتی بتوان آن‌ها را تعویض کرد.
  - در فرایند طراحی باید برای محل قرار گرفتن قطعاتی مانند رادیاتور که در نقشه الکترونیکی دیده نمی‌شوند، جای پیچ در نظر گرفته شود.
  - پهنای خطوط باید متناسب با جریان عبوری و نیز مقاومت آن در حد قابل قبول باشد.

بحث گروهی



درباره استانداردهای مدار چاپی با همکار گروهی خود بحث کنید و نتیجه را جمع‌بندی نمایید.

## ۵-۲- تهیه طرح مدار چاپی با دست

برای تهیه طرح اولیه مدار چاپی مراحل زیر به اجرا در می‌آید.

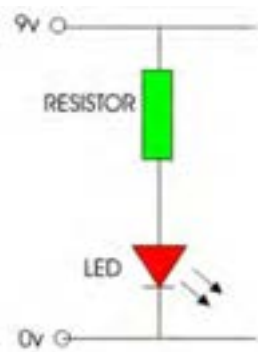
■ با استفاده از نقشه مدار، روی یک صفحه کاغذ با ابعاد مناسب محل قرار گرفتن قطعات را مشخص می‌کنیم. محل استقرار قطعات نباید از ابعاد واقعی قطعات کوچک‌تر باشد اما محل قرار گرفتن قطعات را می‌توان تغییر داد، شکل ۵-۱۱.

■ پس از ترسیم طرح اولیه، قطعات را روی برد، مکان‌یابی و بررسی کنید، شکل ۵-۱۲.

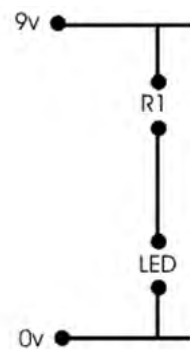
■ در صورت نیاز مسیرها را تغییر می‌دهیم.



شکل ۵-۱۲- جای گذاری قطعات روی برد



نقشه فنی مدار

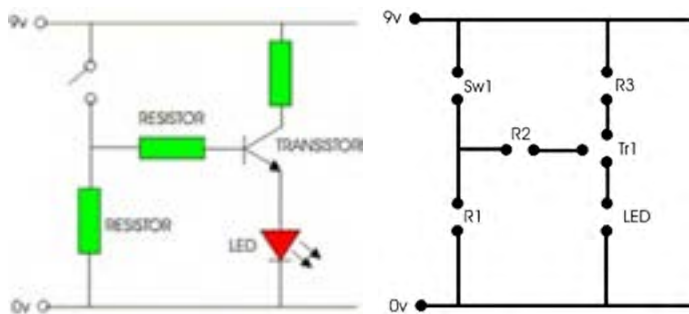


مشخص کردن محل پایه‌های قطعات

شکل ۵-۱۱- طرح اولیه مدار چاپی

با توجه به توضیحات داده شده یک طرح اولیه واقعی برای یک مقاومت و یک LED رسم کنید.

فعالیت

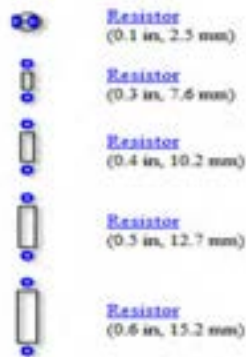


شکل ۵-۱۳- اختصاص دایره یا pad به هر پایه

### ● کامل کردن طرح مدار چاپی

پس از ترسیم طرح اولیه، مراحل زیر را اجرا می‌کنیم.

■ برای هر پایه هر قطعه یک دایره منظور می‌کنیم. این دایره را پد (pad) می‌گویند. اگر در یک منطقه چندین پایه نزدیک به یکدیگر قرار گیرند باید برای هر پایه یک پد جداگانه منظور شود، شکل ۵-۱۳.



شکل ۱۴-۵- فاصله پایه‌های مقاومت

فاصله پایه‌ها در فیبر مدار چاپی باید با ابعاد و فاصله پایه‌های قطعات در اندازه واقعی مطابقت داشته باشد. مثلاً اگر فاصله پایه‌های یک مقاومت ۲ واتی که به طور افقی روی فیبر قرار می‌گیرد، ۱۵mm باشد باید در طراحی مدار چاپی نیز حداقل ۱۵mm فاصله بین دو پایه در نظر گرفته شود.

در شکل ۱۴-۵ نمونه‌هایی از فاصله پایه‌های مقاومت نشان داده شده است.

لازم است پایه‌هایی که به سیم متصل می‌شوند کوتاه‌ترین فاصله را داشته باشند. اگر در مدار اصلی دو سیم از روی یکدیگر عبور کنند و به هم متصل نباشند، بر روی فیبر مدار چاپی نیز این دو سیم نباید به هم وصل شوند.

### ● کامل کردن فرایند طراحی

چون در مدار چاپی یک لایه، قطعات مدار در یک طرف فیبر و مسیره‌های مدار چاپی در طرف دیگر فیبر قرار می‌گیرند، باید طرح مدار چاپی که از روی نقشه به دست می‌آید معکوس شود.

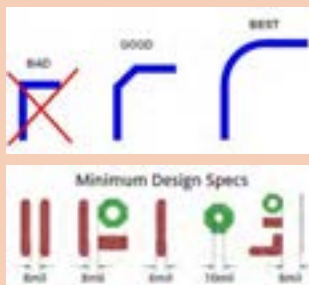


شکل ۱۵-۵- طرح مدار چاپی معکوس شده

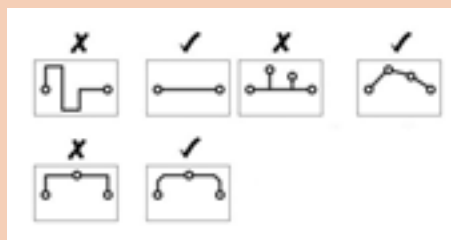
نقشه مدار چاپی شکل ۱۵-۵ را به منظور تمرین اولیه طراحی کنید.

نقشه معکوس مداری را که طراحی کرده‌اید، با دست و بدون استفاده از ابزار رسم کنید.

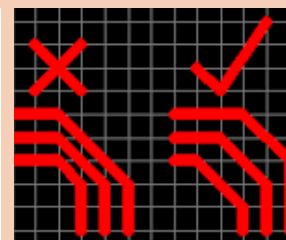
در شکل ۱۶-۵، نمونه‌هایی از نکات مربوط به ارتباط پایه‌ها در طراحی مدار نشان داده است:



کم‌ترین فاصله بین خطوط مسی و پد هر mil برابر است با ۱۰۰۰/۱ اینچ



شکل ۱۶-۵- نکات مهم در مدار چاپی



فعالیت



## ۳-۵- روش‌های انتقال طرح مدار چاپی روی فیبر

پس از تبدیل نقشه الکترونیکی به نقشه مدار چاپی باید آن را روی فیبر منتقل کنیم. انواع روش‌های زیر برای انتقال طرح روی فیبر وجود دارد:

۱- روش انتقال بامازیک ضد اسید

۲- استفاده از حرارت اتو

۳- پوزیتیو (۲۰ Positive)

۴- چاپ سیلک اسکرین

از آنجا که تنوع گسترده‌ای در انتقال طرح مدار چاپی روی فیبر وجود دارد و در کار عملی ۲، روش مازیک را توضیح داده‌ایم، در این قسمت به شرح روش اتو می‌پردازیم. سایر روش‌ها در کتاب همراه هنرجو آمده است.



شکل ۱۷-۵- انتقال طرح مدار چاپی به روی فیبر با اتو

### ● روش استفاده از حرارت اتو

در این روش، نقشه مدار چاپی را که روی کاغذ گلاسه چاپ شده است، با استفاده از حرارت اتو روی فیبر مدار چاپی منتقل می‌کنیم، شکل ۱۷-۵. در بخش‌های بعدی به یک کار عملی با استفاده از حرارت اتو می‌پردازیم.

### کار عملی ۲: طراحی مدار چاپی منبع تغذیه و انتقال آن روی فیبر با روش مازیک

هدف: کسب مهارت در طراحی چاپ و انتقال روی فیبر



شکل ۱۸-۵- نقشه فنی مدار الکترونیکی برای تهیه طرح مدار چاپی

کار عملی



مواد، ابزار و تجهیزات: مداد، پاک‌کن، کاغذ، کاربن، مازیک، فیبر مدار چاپی، قطعات الکترونیکی مطابق با نقشه فنی مدار الکترونیکی شکل ۱۸-۵.



## مراحل اجرای کار

۱- ابتدا یک فیبر مدار چاپی به اندازه ۵×۵ سانتی‌متر با راهنمایی معلم برش دهید و آن را کاملاً تمیز کنید، شکل ۱۹-۵.

شکل ۱۹-۵- شستشو و تمیز کردن فیبر مدار چاپی

۲- با استفاده از نقشه مدار الکترونیکی، روی یک صفحه کاغذ با ابعاد مناسب، با رعایت مراحل طراحی، طرح مدار چاپی را ترسیم کنید.

۳- نقشه مدار چاپی تهیه شده را به وسیله کاربن، معکوس کنید. برای این کار کافی است کاربن را وارونه روی کاغذ دیگر بگذارید و مسیرها را ترسیم کنید.

۴- به وسیله کاربن نقشه را روی فیبر مدار چاپی انتقال دهید. به این ترتیب که با کشیدن قلم روی خطوط و پایه‌های قطعات، اثر طرح، روی مس فیبر مدار چاپی منتقل می‌شود. یک نمونه طرح مدار چاپی را در شکل ۲۰-۵ مشاهده می‌کنید.

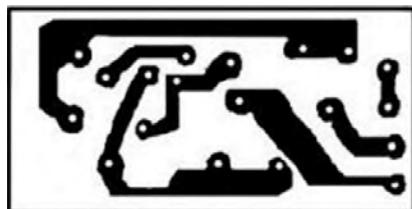
۵- با استفاده از ماژیک ضد اسید، اثر به جا مانده از کاربن را پر رنگ کنید، شکل ۲۱-۵.



شکل ۲۱-۵- طرح مدار چاپی انتقال داده شده روی فیبر با ماژیک

شکل ۲۰-۵- طراحی مدار چاپی و نقشه معکوس مدار چاپی

۶- در صورت نیاز، عناصر را با شابلون دایره یا شابلون مخصوص مدار چاپی روی فیبر رسم کنید و با استفاده از خط کش، پایه‌ها را به یکدیگر وصل کنید. هنگام کار با ماژیک باید دقت کنید که ماژیک چند بار روی فیبر در جهت عکس یکدیگر کشیده نشود. خطوط ترسیم شده مانند شکل ۲۲-۵ باید پررنگ باشد، زیرا در صورت کم رنگ بودن، اسید روی مس فیبر اثر می‌کند و مس‌های خطوط ارتباطی را از بین می‌برد.



شکل ۲۲-۵- طرح مدار چاپی

۷- طرح مدار چاپی را جهت ارزشیابی به معلم خود نشان دهید. پس از ارزشیابی طرح اجرا شده را با الکل یا تینر، از روی فیبر پاک کنید.





### کار عملی ۳: طراحی مدار چاپی تقویت کننده و انتقال آن روی فیبر با روش مازیک

هدف: کسب مهارت در طراحی مدار چاپی و انتقال به روی فیبر

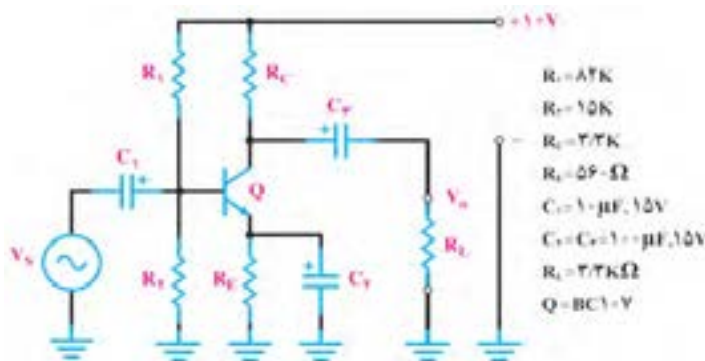
مواد، ابزار و تجهیزات: مداد، پاک کن، کاغذ، کاربن، مازیک، فیبر مدار چاپی، قطعات الکترونیکی مطابق با نقشه فنی مدار الکترونیکی مورد نظر



نوع مدار تقویت کننده و قطعات مربوط به آن، با توجه به امکانات قابل تغییر است.

### مراحل اجرای کار

- ۱- طرح مدار چاپی شکل ۲۳-۵ را که یک تقویت کننده امیتر مشترک است، با توجه به ابعاد قطعات در کادر مناسب طراحی کنید. کلیه مقاومت ها  $\frac{1}{4}$  وات هستند. در طراحی مدار چاپی، حتماً به ابعاد دقیق قطعات توجه نمایید.
- ۲- با سایر اعضاء گروه در مورد طرح مدار چاپی مشاوره کنید و بهترین طرح را انتخاب و طرح خود را مطابق آن اصلاح کنید.
- ۳- یک فیبر مدار چاپی را با ابعاد مورد نیاز برش دهید. طرح انجام شده را پس از معکوس کردن به طور کامل روی آن انتقال دهید.
- ۴- طرح مدار چاپی را جهت ارزشیابی به معلم خود نشان دهید. پس از ارزشیابی، طرح اجرا شده را از روی فیبر مدار چاپی پاک کنید.



شکل ۲۳-۵- مدار تقویت کننده امیتر مشترک





## کار عملی ۴: طراحی مدار چاپی حسگر صوتی و انتقال آن روی فیبر با روش ماژیک

هدف: کسب مهارت در طراحی، انتقال و چاپ آن روی فیبر

مواد، ابزار و تجهیزات: مداد، پاک کن، کاغذ، کاربن، ماژیک، فیبر مدار چاپی، قطعات الکترونیکی مطابق با نقشه فنی مدار الکترونیکی انتخاب شده

### مراحل اجرای کار

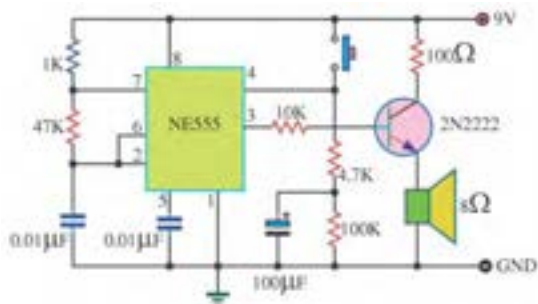
۱- شکل ۲۴-۵ مدار یک نمونه حسگر هشدار دهنده (آلارم، آژیر) صوتی است. مدار چاپی این حسگر را در کادر مناسب طراحی کنید.

۲- طرح خود را جهت ارزیابی با سایر گروه‌ها تعویض کنید.

۳- طرح اصلاح شده و نهایی را معکوس کنید.

۴- یک فیبر مدار چاپی را در اندازه مناسب آماده کنید.

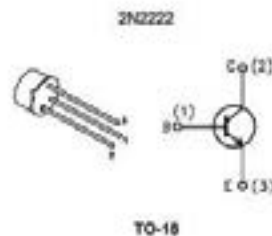
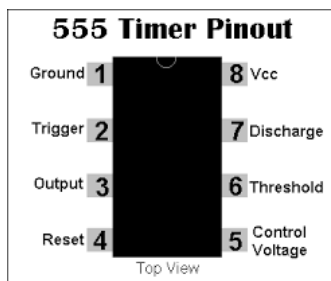
۵- طرح معکوس شده را با ماژیک روی فیبر مدار چاپی انتقال دهید. در هنگام طراحی مدار چاپی، به اندازه واقعی آی سی، ترانزیستور و کلید فشاری توجه کنید.



شکل ۲۴-۵- مدار هشدار دهنده صوتی

۶- در شکل ۲۵-۵ شکل ظاهری ترانزیستور و آی سی و شماره پایه‌های آن‌ها رسم شده است.

۷- طرح مدار چاپی را جهت ارزشیابی به معلم خود نشان دهید. پس از ارزشیابی، طرح اجرا شده را از روی فیبر پاک کنید.



شکل ۲۵-۵- شکل ظاهری ترانزیستور و آی سی استفاده شده



الگوی پرسش:

۱- ترسیم طرح کلی مدارها باید از سمت راست به سمت چپ صورت گیرد.

صحيح □ غلط □

۲- برای آشنایی با چگونگی عملکرد قسمت‌های مختلف یک دستگاه از کدام نقشه استفاده می‌کنند؟

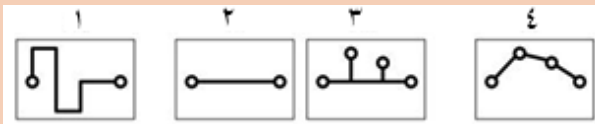
۳- چهار مورد از مزایای استفاده از مدار چاپی را بنویسید؟

۴- پهنای خطوط در مدار چاپی باید متناسب با ..... و ..... آن باید در حد قابل قبول باشد.

۵- کدام طرح مدار چاپی صحیح است؟

۶- چرا طرح مدار چاپی باید معکوس شود؟

۷- روش‌های انتقال طرح مدار چاپی روی فیبر را نام ببرید.



## ارزشیابی شایستگی ترسیم نقشه مدار چاپی با دست

واحد یاد گیری ۵	شرح کار:																																								
	<p>۱- ترسیم بلوک دیاگرام مدارهای الکترونیکی ساده با دست                  ۲- ترسیم نقشه فنی مدارهای الکترونیکی ساده با دست                  ۳- طراحی مدار چاپی به صورت دستی                  ۴- انتقال طرح مدار چاپی روی فیبر با ماژیک ضداسید</p>																																								
	<p>استاندارد عملکرد:                  ترسیم نقشه فنی مدارهای الکترونیکی ساده و ترسیم نقشه مدار چاپی با دست و روش ماژیک</p>																																								
	شاخص ها:																																								
	<p>۱- رعایت قوانین استاندارد حاکم بر ترسیم نقشه های بلوکی                  ۲- رعایت قوانین استاندارد حاکم بر ترسیم فنی مدارهای الکترونیکی ساده                  ۳- طراحی مدار چاپی مدارهای الکترونیکی ساده بر اساس استانداردهای تعریف شده                  ۴- انتخاب پهنای خطوط مسی روی فیبر متناسب با جریان عبوری از آن                  ۵- قرار دادن قطعات حرارت زای مدار دور از قطعات حساس به حرارت                  ۶- انتقال طرح مدار چاپی روی فیبر با روش ماژیک</p>																																								
	شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:																																								
	<p>مکان انجام کار با کف عایق یا آنتی استاتیک- نور مناسب برای کارهای ظریف (مونتازکاری)- ابعاد حداقل ۶ مترمربع- دارای تهویه یا پنجره- دمای طبیعی (۱۸ تا ۲۷ درجه سانتی گراد) و مجهز به وسایل اطفاء حریق- میز کار استاندارد با ابعاد <math>180 \times 80 \times W180</math> cm مجهز به فیوز حفاظت جان- رایانه متصل به شبکه اینترنت- فرد با لباس کار- انجام کار در حال نشسته- نرم افزار خاص- ذره بین با بزرگنمایی ۱۰                  ابزار و تجهیزات: نقشه مدار الکترونیکی- لوازم التحریر- کاربن- نقشه های بلوکی و فنی- قطعات الکتریکی و الکترونیکی مرتبط با نقشه مدار الکترونیکی</p>																																								
	معیار شایستگی:																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>مرحله کار</th> <th>حداقل نمره قبولی از ۳</th> <th>نمره هنرجو</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>۱</td> <td>۱</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۲</td> <td>۱</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۳</td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۴</td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۵</td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۶</td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>میانگین نمرات</td> </tr> </tbody> </table>	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو	۱	۱		۲	۱		۳	۲		۴	۲		۵	۲		۶	۲				میانگین نمرات	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>۱</td> <td>ترسیم نقشه های بلوکی</td> </tr> <tr> <td>۲</td> <td>ترسیم نقشه های فنی مدارهای الکترونیکی ساده</td> </tr> <tr> <td>۳</td> <td>طراحی مدار چاپی با دست</td> </tr> <tr> <td>۴</td> <td>رعایت تناسب پهنای خطوط مسی روی فیبر</td> </tr> <tr> <td>۵</td> <td>چیدمان صحیح قطعات روی فیبر</td> </tr> <tr> <td>۶</td> <td>انتقال طرح مدار چاپی روی فیبر با ماژیک</td> </tr> <tr> <td>۲</td> <td>شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:                      ۱- رعایت نکات ایمنی ابزارها و دستگاه ها                      ۲- دقت و تمرکز در اجرای کار                      ۳- شایستگی تفکر و یادگیری مادام العمر                      ۴- اخلاق حرفه ای</td> </tr> <tr> <td colspan="2">میانگین نمرات</td> </tr> </tbody> </table>	۱	ترسیم نقشه های بلوکی	۲	ترسیم نقشه های فنی مدارهای الکترونیکی ساده	۳	طراحی مدار چاپی با دست	۴	رعایت تناسب پهنای خطوط مسی روی فیبر	۵	چیدمان صحیح قطعات روی فیبر	۶	انتقال طرح مدار چاپی روی فیبر با ماژیک	۲	شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱- رعایت نکات ایمنی ابزارها و دستگاه ها ۲- دقت و تمرکز در اجرای کار ۳- شایستگی تفکر و یادگیری مادام العمر ۴- اخلاق حرفه ای	میانگین نمرات	
مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو																																							
۱	۱																																								
۲	۱																																								
۳	۲																																								
۴	۲																																								
۵	۲																																								
۶	۲																																								
		میانگین نمرات																																							
۱	ترسیم نقشه های بلوکی																																								
۲	ترسیم نقشه های فنی مدارهای الکترونیکی ساده																																								
۳	طراحی مدار چاپی با دست																																								
۴	رعایت تناسب پهنای خطوط مسی روی فیبر																																								
۵	چیدمان صحیح قطعات روی فیبر																																								
۶	انتقال طرح مدار چاپی روی فیبر با ماژیک																																								
۲	شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱- رعایت نکات ایمنی ابزارها و دستگاه ها ۲- دقت و تمرکز در اجرای کار ۳- شایستگی تفکر و یادگیری مادام العمر ۴- اخلاق حرفه ای																																								
میانگین نمرات																																									
	* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.																																								

### شبیه‌سازی و ترسیم مدار چاپی با نرم‌افزار

#### آیا تا به حال فکر کرده‌اید:

- چگونه می‌توان قبل از پیاده‌سازی سخت‌افزاری یک مدار الکترونیکی به صحت عملکرد آن پی برد؟
- به چه دلیل استفاده نرم‌افزارهای شبیه‌سازی، از اتلاف وقت و هدر رفتن سرمایه ملی جلوگیری می‌کند؟
- چه نرم‌افزارهایی برای شبیه‌سازی مدارهای الکترونیکی وجود دارند؟
- برای طرح مدار چاپی مدارهای ساده و پیچیده الکترونیکی از چه نرم‌افزارهایی استفاده می‌کنند؟
- دقت و سرعت عملکرد نرم‌افزارها در ترسیم مدار چاپی در مقایسه با اجرای دستی آن چه تفاوت‌هایی دارد؟

با استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی می‌توانید صحت عملکرد مدار را تأیید کرده و کمیت‌های مدار را اندازه بگیرید. همچنین قادر خواهید بود عملکرد مدار را تجزیه و تحلیل کنید. پس از تأیید نقشه و عملکرد آن، با استفاده از نرم‌افزار می‌توانید طرح مدار چاپی نقشه‌مورد نظر را آماده‌سازی کنید. در این واحد یادگیری ابتدا با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌سازی مانند مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار کاربردی دیگر، نقشه‌های ساده الکترونیکی را شبیه‌سازی می‌کنید. سپس با استفاده از نرم‌افزارهایی مانند PCB Wizard یا هر نرم‌افزار ساده طراحی مدار چاپی موجود، نقشه فنی را به طرح مدار چاپی تبدیل می‌کنید. لازم به یاد آوری است که استفاده از نرم‌افزارهای حرفه‌ای مانند پروتل، دی‌ایکس‌پی و آلتیوم در پایه یازدهم و در درس پروژه ساخت آموزش داده خواهد شد. در تمام مراحل اجرای کار شایستگی‌های غیر فنی مانند دقت و تمرکز اجرای کار، رعایت ارگونومی، کار ایمنی با رایانه و مشارکت فعال در گروه باید مورد توجه قرار گیرد و به‌طور دقیق اجرا شود.

#### استاندارد عملکرد

شبیه‌سازی مدار و ترسیم نقشه مدار چاپی با نرم‌افزار

## ۶-۱- معرفی نرم افزار شبیه سازی

امروزه قبل از اجرای پروژه و ساخت مدارهای الکترونیکی از نرم افزار استفاده می کنند. با استفاده از نرم افزار می توان برای تشخیص صحت عملکرد مدار و اندازه گیری کمیت ها، آن را شبیه سازی و تحلیل کرد. استفاده از نرم افزارهای مولتی سیم (Multisim) و پروتئوس (Proteus) برای شبیه سازی، بیشتر از سایر نرم افزارها متداول است. قبلاً تا حدودی با این گونه نرم افزارها آشنا شده اید.

کار عملی



### کار عملی ۵: شبیه سازی مدار الکترونیکی چراغ چشمک زن

هدف: کسب مهارت شبیه سازی مدارهای الکترونیکی با نرم افزار

مواد، ابزار و تجهیزات: نرم افزار مرتبط- رایانه- نقشه فنی مدار مورد نظر

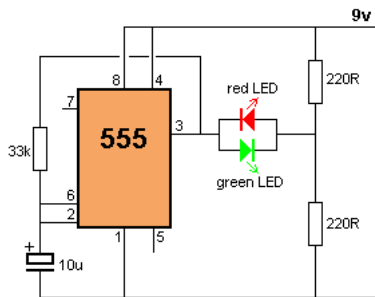
### مراحل اجرای کار

۱- در صورتی که نرم افزار مولتی سیم (یا هر نرم افزار مرتبط دیگر) روی رایانه نصب نیست آن را نصب و راه اندازی کنید.

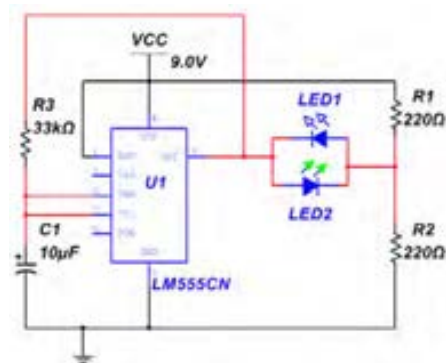
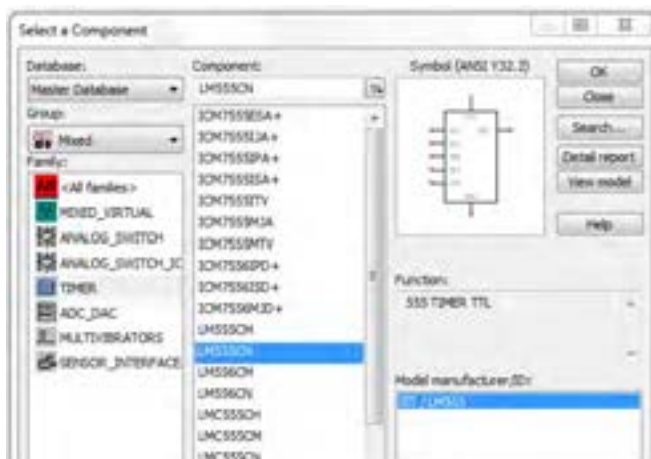
۲- مدار شکل ۶-۱ را در نرم افزار مولتی سیم ببندید.

۳- برای استفاده از آی سی ۵۵۵ در نرم افزار، آن را از گروه (Place Mixed) و مسیر نشان داده شده در شکل ۶-۲ به روی محیط کار نرم افزار بیاورید.

۴- فایل مدار چشمک زن را ذخیره کنید.



شکل ۶-۱- مدار چشمک زن LED با آی سی ۵۵۵



شکل ۶-۲- مسیر انتخاب آی سی ۵۵۵ و مدار چشمک زن با نرم افزار

## ۶-۲- تهیه طرح مدار چاپی با نرم افزار

نرم افزارهای طراحی مدار چاپی در بازار جهانی بسیار تنوع دارند. پروتل (Protel)، دی ایکس پی (DXP)، سرکت میکر (Circuit maker)، پی سی بی دیزاین (PCB Design)، پد توپد (pad2pad) و پی سی بی ویزارد (PCB Wizard) از جمله نرم افزارهایی هستند که برای طراحی مدار چاپی به کار می روند. در شکل ۶-۳ چند نمونه از نرم افزارهای مدار چاپی را ملاحظه می کنید.



شکل ۶-۳- چند نمونه از نرم افزارهای طراحی مدار چاپی

در این پایه تحصیلی با توجه به اینکه مدارهای ساده الکترونیکی انتخاب شده اند نرم افزار ساده‌ای مانند PCB Wizard انتخاب و آموزش داده شده است. در پایه تحصیلی آینده، نرم افزارهای حرفه‌ای تر مانند پروتل (Protel) آموزش داده خواهد شد.

نکته



### ● معرفی نرم افزار PCB Wizard

این نرم افزار یکی از نرم افزارهای کم حجم برای ترسیم نقشه فنی (شماتیک) مدارهای الکترونیکی و تبدیل آن به طرح مدار چاپی است. این نرم افزار دارای ویژگی‌هایی به شرح زیر است:

■ در اینترنت به راحتی قابل دسترس است و همچنین قابل حمل (پرتابل) و نصب بر روی رایانه است.

■ Help بسیار ساده و کامل دارد.

■ نماد فنی و اندازه فیزیکی اکثر قطعات متداول الکتریکی و الکترونیکی، در کتابخانه آن موجود است.

■ قابلیت تایپ متن فارسی بر روی نقشه‌های فنی پروژه‌های درسی را دارد.

- امکانات کامل را برای طراحی مدار چاپی به صورت دستی Manually و اتوماتیک Automatic Routing دارد.
  - امکان چاپ نقشه‌های فنی، طرح مدار چاپی به صورت معمولی و آینه‌ای، جای گذاری قطعات بر روی برد فیبر مدار چاپی، شکل واقعی مدارمونتاز شده بر روی برد را دارد.
- برای تهیه این نرم‌افزار به یکی از آدرس‌های زیر در اینترنت مراجعه کنید.

۱- PCB Wizard ۵۰.۳ Pro Unlimited. exe - Google Drive

۲- [http://۴downloads.ir/۰۹/۱۳۸۸/\\_pcb\\_wizard\\_۳۵۰\\_pro\\_unlimited-۲](http://۴downloads.ir/۰۹/۱۳۸۸/_pcb_wizard_۳۵۰_pro_unlimited-۲)

**نکته:** به جای نرم‌افزار PCB wizard می‌توانید از نرم‌افزار Circuit wizard استفاده کنید. این نرم‌افزار توانایی شبیه‌سازی و آزمایش طرح PCB تهیه شده را نیز دارد.

نکته



کار عملی



### کار عملی ۶: نصب نرم‌افزار PCB Wizard

**هدف:** کسب مهارت بارگیری نرم‌افزار PCB Wizard از اینترنت و نصب آن

**مواد، ابزار و تجهیزات:** نرم‌افزار مرتبط-رایانه-اینترنت

### مراحل اجرای کار

۱- از آدرس‌های اینترنتی، نرم‌افزار را بارگیری کنید.

۲- پس از استخراج کردن Extract فایل بارگیری شده، سند(فایل) PCBWIZARD. exe را از پوشه PCB Wizard ۵۰.۳ Pro Unlimited اجرا کنید. با اجرای نرم‌افزار تصویر شکل ۴-۶ ظاهر می‌شود.



شکل ۴-۶- تصویر فعال بودن نرم‌افزار draziW BCP

در ابتدای اجرای نرم‌افزار PCB Wizard می‌توان یکی از گزینه‌های طرح مدار، باز کردن مثال‌ها، طراحی مدار چاپی، چه خبر، آموزش و از وبسایت ما دیدن کنید را، انتخاب نمایید.

کار عملی



### کار عملی ۳: رسم نقشه فنی حسگر تابع نور LDR با نرم‌افزار PCB Wizard

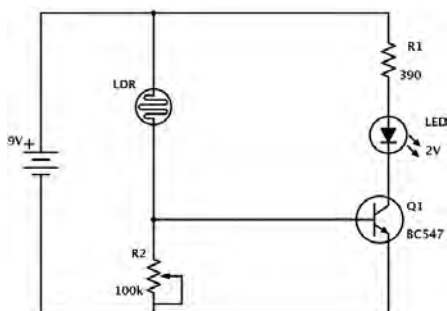
**هدف:** کسب مهارت تحلیل، شبیه‌سازی و رسم نقشه فنی مدارهای الکترونیکی با نرم‌افزار مولتی‌سیم و PCB Wizard

**مواد، ابزار و تجهیزات:** نرم‌افزار مرتبط-رایانه-نقشه فنی مدار

فیلم



فیلم عملکرد مدار با حسگر نوری را مشاهده و نکات مهم آن را به خاطر بسپارید.



شکل ۵-۶- مدار کنترل روشنایی با مقاومت تابع نور LDR

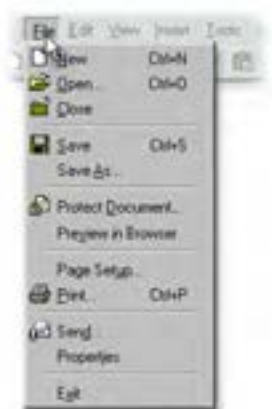
مدار شکل ۵-۶ یک حسگر تشخیص روشنایی است که با تابیدن نور به مقاومت تابع نور (LDR)، مقاومت آن کاهش می‌یابد و سبب افزایش ولتاژ دوسر مقاومت  $100\text{K}\Omega$  می‌شود. در این شرایط هدایت ترانزیستور بیشتر شده و به اشباع می‌رود و دیود نورانی روشن می‌شود.

## مراحل اجرای کار

فیلم



چگونگی ترسیم نقشه فنی را ببینید.



شکل ۶-۶ ایجاد یک سند جدید در منوی File در نرم‌افزار PCB Wizard

۱- مدار را با نرم‌افزار مولتی‌سیم (یا هر نرم‌افزار مرتبط دیگر) ببندید. در مدار شبیه‌سازی شده مقاومت  $R_1$  را ثابت و برابر  $100\text{K}\Omega$  قرار دهید و به جای LDR از یک پتانسیومتر  $10\text{K}\Omega$  استفاده کنید.

۲- فایل را ذخیره کنید.

۳- نرم‌افزار PCB Wizard را فعال کنید. روی منوی فایل (FILE) شکل ۶-۶ کلیک کنید و یک سند جدید New باز کنید.

۴- مدار شکل ۵-۶ را با توجه به مراحل زیر رسم کنید.

- اضافه کردن قطعه از موزه Gallery به محیط کار نرم‌افزار
- اتصال قطعات به یکدیگر
- تغییر مقدار عناصر مدار

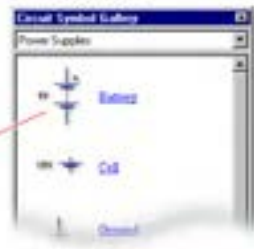


۵- اگر گالری نرم افزار باز نیست، می توانید با کلیک بر روی دگمه در سمت راست، نوار ابزار را باز کنید. مطابق شکل ۶-۷ نمادهای مدار را انتخاب کنید. همچنین می توانید از کلیدهای میانبر  $Ctrl+F_7$  برای این منظور استفاده کنید.



شکل ۶-۷- Gallery نرم افزار

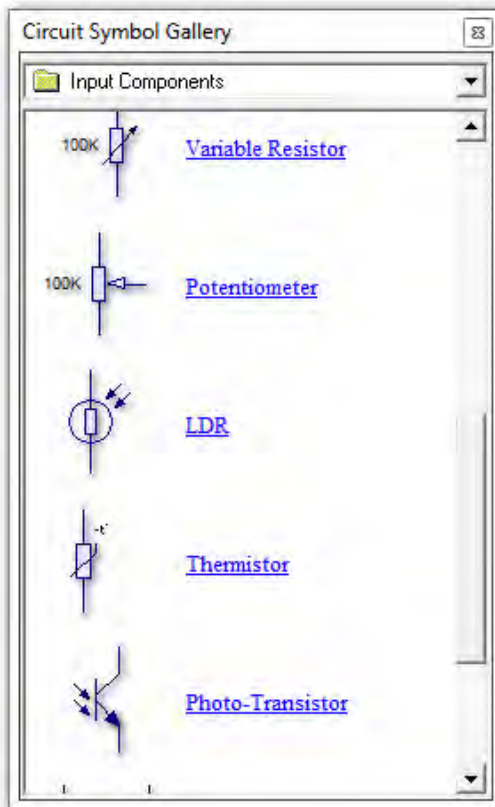
۶- از زبانه Power Supplies گالری، نماد باتری را انتخاب کنید. برای انجام این کار مکان نماي ماوس را روی نماد باتری ببرید و روی آن کلیک کنید و ماوس را حرکت دهید. نماد باتری را به همراه ماوس به محیط کار نرم افزار بکشید و دوباره کلیک چپ کنید تا باتری به طور ثابت روی میز کار نرم افزار قرار گیرد. در شکل ۶-۸ نحوه انتخاب و انتقال باتری به محیط کار نرم افزار را مشاهده می کنید.



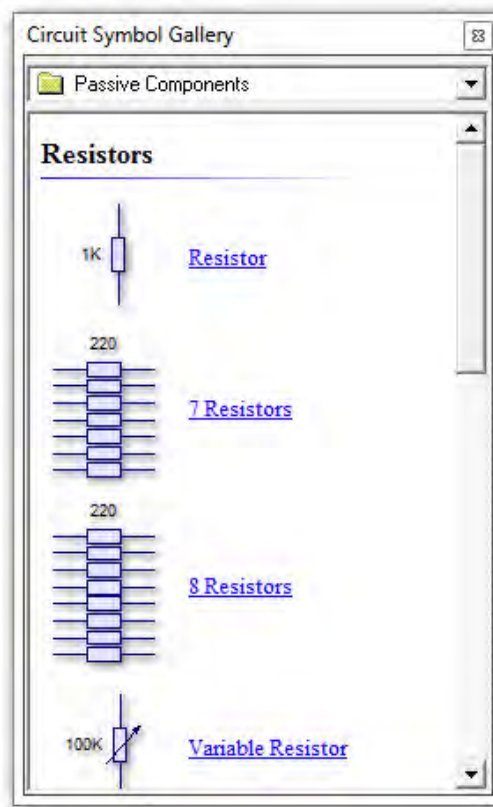
شکل ۶-۸- انتخاب و انتقال باتری به محیط کار نرم افزار

۷- قطعات الکتریکی غیرفعال R,C,L از زبانه Passive Component شکل ۶-۹ انتخاب می شود. یک مقاومت انتخاب کنید.

۸- مقاومت تابع نور LDR را از زبانه Input Components انتخاب کنید و روی میز کار بیاورید.



شکل ۶-۱۰- عناصر ورودی مدار



شکل ۶-۹- قطعات غیر فعال LCR

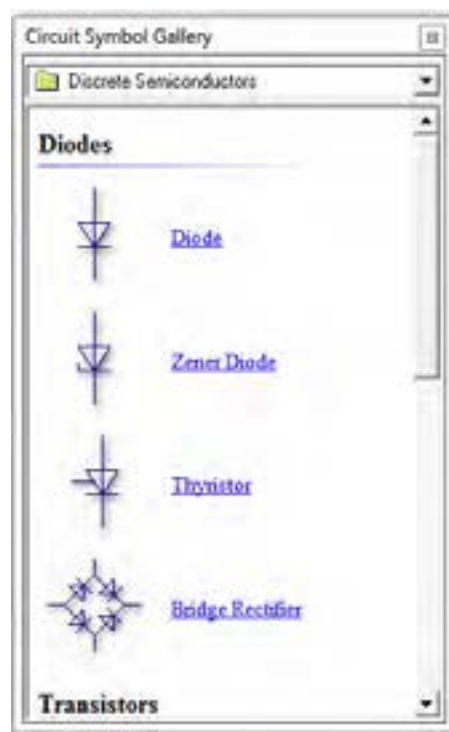
سؤال ۱ - زبانه ورودی (Input Components) گالری را باز کنید. نام قطعات موجود، در آن را بنویسید.

۹- قطعات نیمه‌هادی شامل دیود معمولی، دیود زهر، پل دیود، و ترانزیستور معمولی BJT، ترانزیستور FET, MOSFET و قطعات صنعتی مانند ترانزیستور در زبانه قطعات گسسته (Discrete Semiconductors) مطابق شکل ۱۱-۶ وجود دارد. یک ترانزیستور انتخاب کنید و روی میز کار بیاورید.

۱۰- دیود نورانی LED را از زبانه قطعات خروجی Output Components شکل ۱۲-۶ انتخاب کنید.



شکل ۱۲-۶ - زبانه قطعات خروجی Output Components



شکل ۱۱-۶ - زبانه قطعات نیمه‌هادی

سؤال ۲- زبانه خروجی (Output Components) گالری را باز کنید. نام قطعات موجود، در آن را بنویسید.

به گونه‌ای عناصر مدار را چیدمان کنید که آرایش مدار اصلی را داشته باشد.

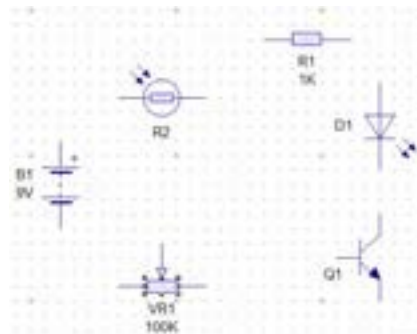
نکته



برای منظم کردن مدار و چیدمان افقی یا عمودی قطعات، ابتدا قطعه مورد نظر را انتخاب کنید. سپس از کلیدهای چرخش به چپ (Rotate Left (Ctrl+L) و چرخش به راست (Rotate Right (Ctrl+R) که در نوار ابزار شکل ۱۴-۶ وجود دارد، استفاده کنید.



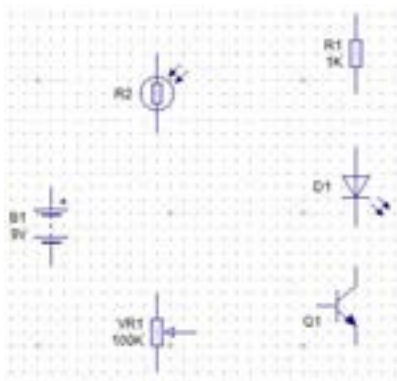
شکل ۱۴-۶- کلید چرخش به چپ



شکل ۱۳-۶- چیدمان قطعات مدار بر روی میز کار نرم افزار

همچنین می توانید پس از انتخاب قطعه روی آن راست کلیک کرده و گزینه Arrange را انتخاب کنید. سپس با توجه به مسیر نشان داده شده در شکل ۱۵-۶ چرخش قطعه به راست یا چپ را انجام دهید.

پس از چیدمان قطعات به طور منظم طبق شکل ۱۶-۶، نوبت به اتصال و سیم بندی عناصر مدار می رسد.



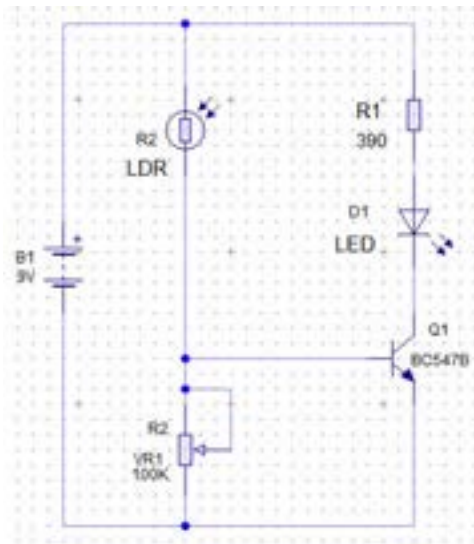
شکل ۱۶-۶- چیدمان قطعات مطابق با نقشه فنی



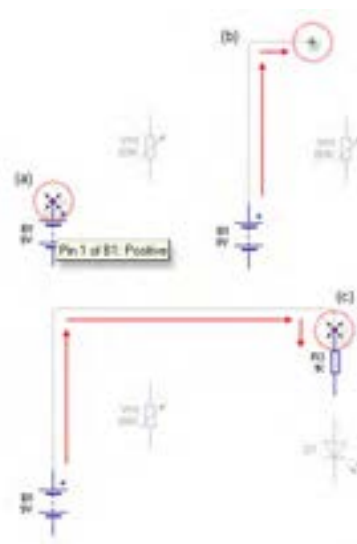
شکل ۱۵-۶- مسیر چگونگی چرخش قطعه به چپ یا راست

۱۱- برای ترسیم اتصال خطوط بین قطعات، مکان نمای ماوس را روی پین مثبت باتری قرار دهید. در این حال علامت مکان نما به صورت نقطه توپر به همراه علامت ضربدر، تغییر شکل می دهد. هم زمان کلیک چپ ماوس را پایین نگه دارید و ماوس را حرکت دهید تا سیم کشیده شود تا به پایه قطعه برسد و به پین مورد نظروصل شود. در شکل ۱۷-۶ چگونگی اتصال سیم به قطعات نمایش داده شده است.

۱۲-مراحل را ادامه دهید تا طبق شکل ۱۸-۶، اتصال خطوط بین پایه‌های قطعات کامل شود.



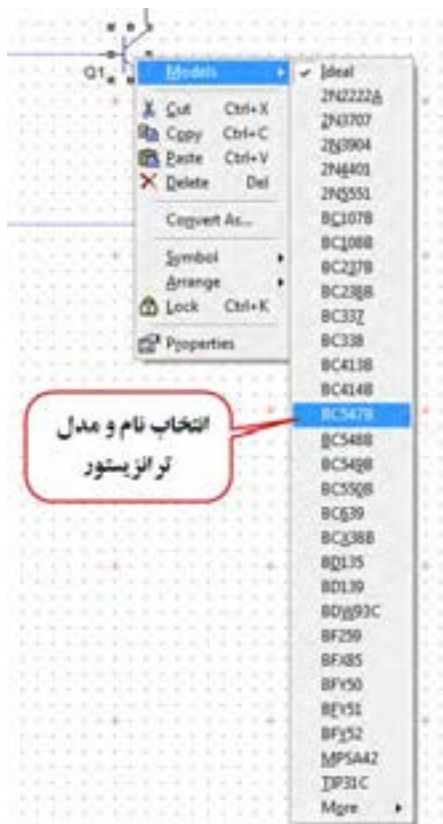
شکل ۱۸-۶-ترسیم خطوط اتصال پایه‌های قطعات



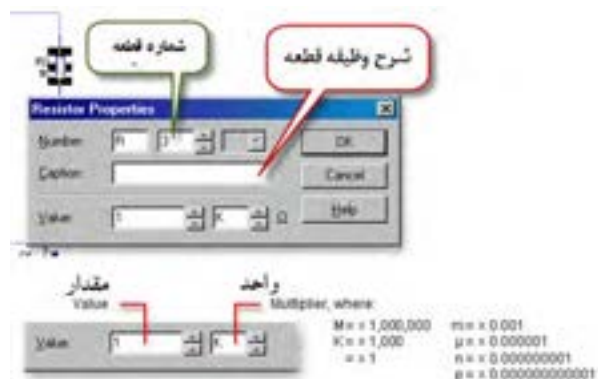
شکل ۱۷-۶-نحوه اتصال خطوط به پایه‌های قطعات

۱۳- پس از ترسیم نقشه مدار می‌توانید مقادیر و مدل عناصر را تغییر دهید. روی ترانزیستور کلیک کنید و سپس کلیک راست را بزنید و از گزینه مدل Models نام ترانزیستور را انتخاب کنید. در شکل ۱۹-۶ چگونگی انتخاب ترانزیستور نشان داده شده است.

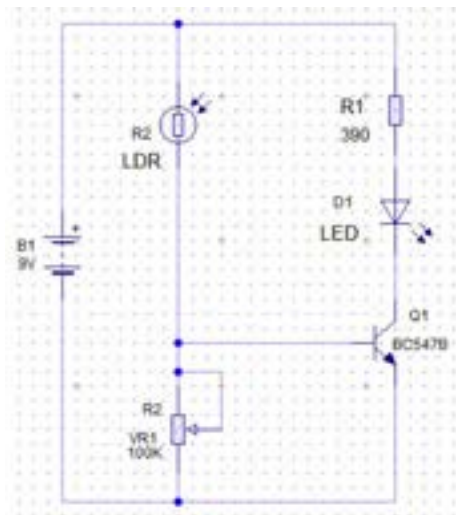
۱۴- برای تغییر مقدار قطعات R,C,L روی آن‌ها دوبار کلیک کنید و با توجه به شکل ۲۰-۶ شماره، نام و مقدار قطعه را به میزان مورد نظر تغییر دهید.



شکل ۱۹-۶-نحوه انتخاب نام و مدل ترانزیستور



شکل ۲۰-۶-تغییر شماره، نام و مقدار قطعه



۱۵- پس از اتمام کار باید نقشه فنی مدار حسگر تشخیص روشنایی با توجه به شکل ۶-۲۱ کامل باشد.

۱۶- فایل را ذخیره کنید.

شکل ۶-۲۱- نقشه فنی کامل شده مدار حسگر

روشنایی در نرم افزار PCB Wizard

با کلیک کردن روی Tools ، گزینه: Insert parts list Report Report را انتخاب کنید. ماوس را از گوشه سمت چپ بالا، کامل روی نقشه مدار بکشید. چه اتفاقی می افتد؟ نتایج را به کلاس ارائه دهید.

فعالیت



**کار عملی ۷:** رسم نقشه فنی مدار کنترل دما و مدار راه انداز رله با ترانزیستور در نرم افزار PCB Wizard  
**هدف:** کسب مهارت تحلیل، شبیه سازی و رسم نقشه فنی مدارهای الکترونیکی با نرم افزار مولتی سیم و PCB Wizard

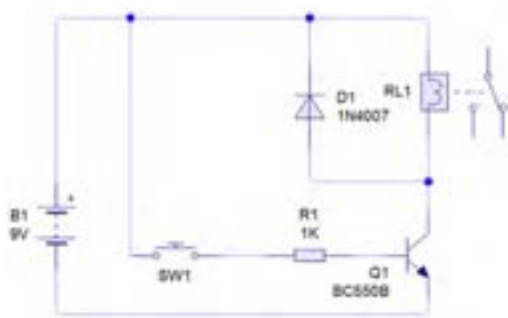
کار عملی



**مواد، ابزار و تجهیزات:** نرم افزار مرتبط- رایانه- نقشه فنی مدار

### مراحل اجرای کار

۱- مدارهای شکل ۶-۲۲ و شکل ۶-۲۳ را با نرم افزار مولتی سیم شبیه سازی کنید.



شکل ۶-۲۳- مدار راه انداز رله با ترانزیستور



شکل ۶-۲۲- مدار کنترل دما با مقاومت تابع حرارت (NTC)

توجه

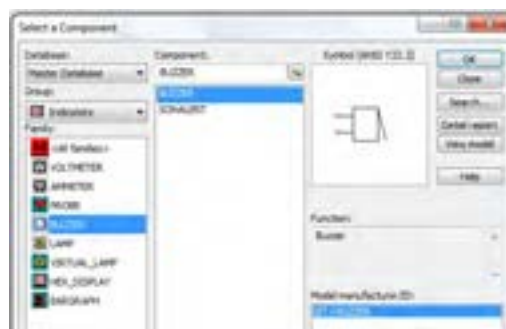


۱- بی‌زر را از گروه **Indicator** به محیط کار نرم‌افزار مطابق شکل ۶-۲۴ بیاورید. مقادیر فرکانس و ولتاژ کار بی‌زر را با توجه به شکل ۶-۲۵ تنظیم کنید.

۲- نقشه فنی مدارهای شکل ۶-۲۲ و شکل ۶-۲۳ را با نرم‌افزار PCB Wizard رسم کنید.



شکل ۶-۲۵- تنظیم فرکانس و ولتاژ کار بی‌زر



شکل ۶-۲۴- مسیر انتخاب بی‌زر

## ۶-۳- تبدیل نقشه فنی به مدار چاپی (نرم افزار دستی)

تبدیل نقشه فنی مدار به یک طرح مدار چاپی PCB به صورت دستی Manually

پس از ترسیم نقشه شماتیک مدار حسگر تشخیص روشنایی، فیبر مدار چاپی آن را طراحی می‌کنیم. می‌خواهیم طرح مدار چاپی را به صورت دستی رایانه‌ای طراحی کنیم. منظور از طراحی دستی رایانه‌ای این است که اتصال‌ها را خودمان با استفاده از ماوس ترسیم نمائیم.

کار عملی



کار عملی ۸: رسم نقشه مدار چاپی با نرم‌افزار PCB Wizard

هدف: کسب مهارت طراحی مدار چاپی با نرم‌افزار به روش دستی رایانه‌ای

مواد، ابزار و تجهیزات: نرم‌افزار مرتبط- رایانه- نقشه فنی مدار

### مراحل اجرای کار

۱- برای شروع کار، صفحه جدیدی را برای طراحی مدار چاپی باز کنید. با دوبار کلیک (دوبل کلیک) کردن روی نماد اجرای نرم‌افزار می‌توانید آن را باز کنید. چند لحظه صبر کنید تا شکل ۶-۲۶ ظاهر شود.





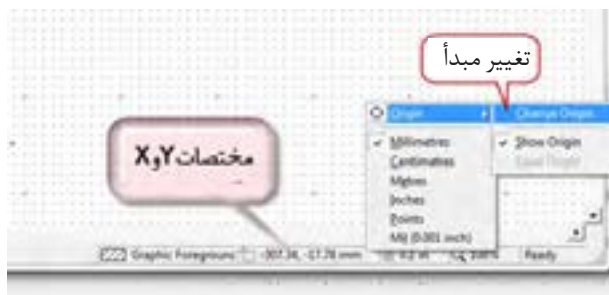
شکل ۲۶-۶- تصویر شروع به کار نرم افزار PCB Wizard

روی گزینه Create a Circuit کلیک کنید تا فایل جدید باز شود. یادآور می شود که نوارهای این نرم افزار در حالت طراحی مدار چاپی همان نوارهای حالت نقشه کشی فنی (شماتیک) است و با سایر نرم افزارها از جمله نرم افزارهای ادیسون و مولتی سیم بسیار شباهت دارد. برای مثال نوار منوی این نرم افزار بسیار شبیه نوار منوی نرم افزار مولتی سیم است. برای طراحی مدار چاپی لازم است تنظیم های اولیه را انجام دهیم. تنظیم های اولیه مواردی مانند انتخاب ابعاد مدار چاپی، Grid/Snap, Origin را در بر می گیرد.

## ۲- تعیین ابعاد و مختصات نقشه مدار چاپی:

در پایین صفحه و سمت راست، یک دایره کوچکی وجود دارد که آن را نقطه مبدأ یا (Origin) می نامیم. معمولاً هنگام تعیین ابعاد فیبر مدار چاپی نقطه مبدأ (Origin) با مختصات  $X=0$  و  $Y=0$  به طور خودکار در پایین و سمت چپ انتخاب می شود. این ویژگی برای تمام نرم افزارهای مدار چاپی وجود دارد. در شکل ۲۷-۶ نقطه مبدأ (Origin) را مشاهده می کنید.

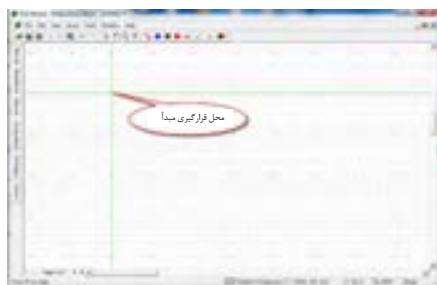
روی محل مبدأ (Origin)، شکل ۲۸-۶ کلیک راست کنید و واحد مختصات X و Y را روی میلی متر قرار دهید.



شکل ۲۸-۶- Origin و تعیین واحد مختصات X و Y



شکل ۲۷-۶- نقطه مبدأ Origin



۳- روی تغییر مبدأ (Change Origin) کلیک کنید و نقطه مبدأ را مطابق شکل ۲۹-۶ در سمت چپ در نقطه  $X=0$  بالا قرار دهید. در این حالت مبدأ به طور خودکار مختصات  $X=0$  و  $Y=0$  تبدیل می شود. این فعالیت را چندین بار انجام دهید.

شکل ۲۹-۶- محل قرارگیری مبدأ

## ● معرفی جعبه ابزار نرم افزار

در شکل ۶-۳۰ جعبه ابزار نرم افزار را برای طرح مدار چاپی ملاحظه می کنید. در صورتی که مکان نما را روی زبانه مربوطه قرار دهید، توضیح مربوط به عملکرد آن به زبان اصلی نوشته می شود. ۴- در شکل ۶-۳۱ در مقابل هر زبانه، کار آن به طور خلاصه بیان شده است. مکان نما را روی هر یک از نشانه ها بگذارید و متن ایجاد شده را با متن شکل ۶-۳۱ که ترجمه آن است، مقایسه کنید.



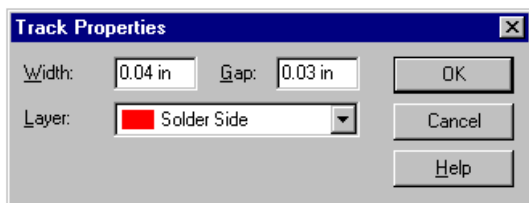
شکل ۶-۳۰- جعبه ابزار



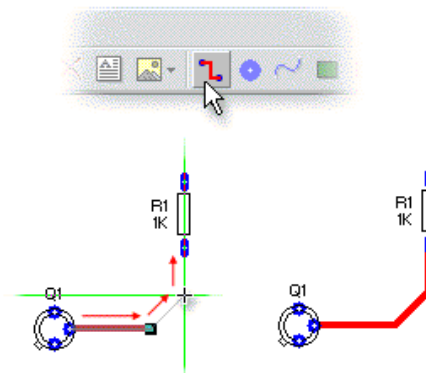
شکل ۶-۳۱- توضیح زبانه ها

۵- ترسیم خطوط مسی (Track) برد مدار چاپی: برای رسم خطوط مسی روی زبانه Track کلیک چپ کنید. مکان نما به صورت دو خط + سبز رنگ در می آید. مطابق شکل ۶-۳۲ ابتدا روی پایه ترانزیستور کلیک چپ کنید تا اتصال برقرار شود و خط سبز رنگ مکان نما به رنگ قرمز در آید. سپس به پایه مقاومت اتصال دهید و کلیک کنید تا ارتباط مسی بین دو قطعه برقرار شود.

۶- با دو بار کلیک کردن روی هر نوار مسی شکل ۶-۳۳ ظاهر می شود. در این حالت می توانیم پهنای خطوط (Width)، لایه برد مدار چاپی (Layer) و کمترین فاصله بین دو نوار مسی (Gap) را تغییر دهیم. پهنای خطوط را تغییر دهید.



شکل ۶-۳۳- تعیین ویژگی های خطوط مسی



شکل ۶-۳۲- نحوه اتصال خطوط مسی بین پایه قطعات



۷- قرار دادن Pad (دایره) سوراخ روی برد مدار چاپی: Padها اتصال‌هایی هستند که با استفاده از آن‌ها می‌توانیم سیم قطعات بزرگ مانند ترانسفورماتور و پایه قطعه را به طرف دیگر برد مدار چاپی لحیم کنیم. با ایجاد چهار سوراخ در چهار گوشه برد، می‌توانیم برد مدار چاپی را با پیچ بر روی بدنه دستگاه الکترونیکی نصب نمائیم. Padها را از جعبه ابزار شکل ۶-۳۴ می‌توان انتخاب کنید.

۸- برای تغییر ویژگی‌های (Properties)، Padها مانند شکل ۶-۳۵، پهنا، ارتفاع و کمترین فاصله دو سوراخ، لایه برد روی Pad، دو بار کلیک کنید. برای تعیین قطر سوراخ براساس پایه قطعات، مقدار Hole را تغییر می‌دهیم. پدها را انتخاب و ابعاد آن را تغییر دهید.



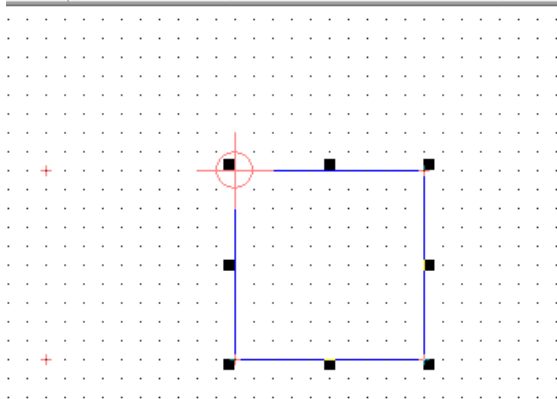
شکل ۶-۳۵- تعیین ویژگی‌های Padها



شکل ۶-۳۴- انتخاب Pad از جعبه ابزار

۹- تعیین اندازه ابعاد برد مدار چاپی: برای تعیین ابعاد برد مدار چاپی روی آیکن Circuit Board روی جعبه ابزار شکل ۶-۳۶ کلیک کنید.

در این حالت مکان نما تغییر حالت می‌دهد و به صورت + و دو خط عمود برهم به رنگ سبز در می‌آید. مکان نما را به نقطه مبدأ روی صفحه محیط کار که قبلاً تعیین کردید، انتقال داده و کلیک کنید. ابعاد برد مطابق شکل ۶-۳۷ بر روی صفحه ظاهر می‌شود.



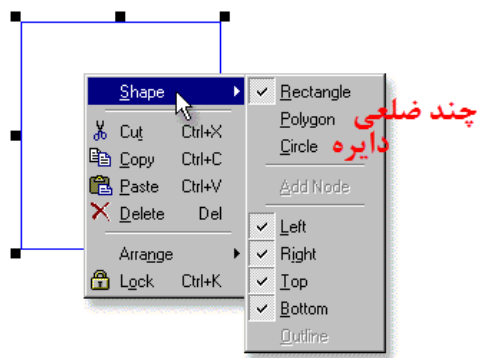
شکل ۶-۳۷- چگونگی رسم ابعاد برد مدار چاپی



شکل ۶-۳۶- آیکن ابعاد برد مدار چاپی Circuit Board

۱۰- برای تعیین دقیق ابعاد برد می‌توانید روی نقطه P شکل ۳۸-۶ کلیک چپ کنید و آن را پایین نگه دارید (Drag) و بکشید تا به ابعاد مورد نظر خود برسید.

۱۱- برای تغییر شکل کادر برد مدار چاپی از مستطیل شکل به چند ضلعی یا دایره‌ای شکل، روی کادر ابتدا کلیک چپ کنید، سپس کلیک راست کنید تا شکل ۳۹-۶ ظاهر شود.



شکل ۳۹-۶- نحوه تغییر شکل کادر برد مدار چاپی

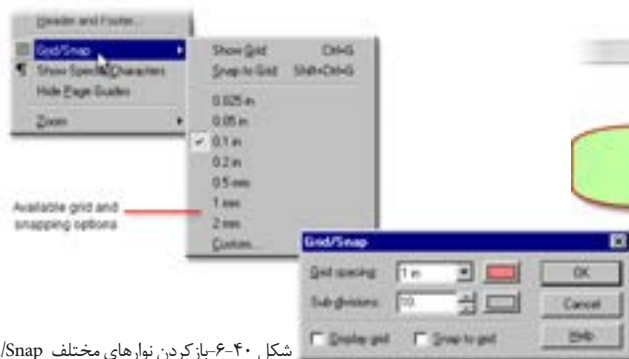


شکل ۳۸-۶- نحوه تعیین اندازه برد مدار چاپی

۱۲- با کلیک کردن روی زبانه View در نوار منو، فهرست مربوطه را باز کنید. روی زبانه Grid/Snap کلیک کنید. منوی نوارهای مختلف باز می‌شود، شکل ۴۰-۶. ابعاد و شکل مورد نظر را انتخاب کنید و تمرین نمایید.

۱۳- گزینه‌ای به نام Snap / Grid وجود دارد. این گزینه میزان جابه جایی خطوط و قطعات را به ازاء هر پله حرکت ماوس واره یا صفحه کلید تعیین می‌کند. هر قدر این عدد کوچک‌تر باشد، جابه جایی با دقت بیشتری انجام می‌شود. Snap/Grid را روی ۰/۵ میلی‌متر (توجه ابعاد روی اینچ قرار دارد) قرار دهید. در این صورت در هر مرحله از جابجایی قطعه در برابر هر حرکت قطعه به اندازه ۰/۵ میلی‌متر جابجا می‌شود. برای تنظیم Grid/Snap می‌توانید از مسیر دیگر مطابق شکل ۴۱-۶ از نوار منو پایین صفحه نرم‌افزار مقدار آن را تعیین کنید. واحدهای میلی‌متر و اینچ با گریدهای مختلف را تغییر دهید.

۱۴- مدار شکل ۲۲-۶ را در فیبری با ابعاد ۵×۶ ترسیم کنید.



شکل ۴۰-۶- باز کردن نوارهای مختلف Grid/Snap



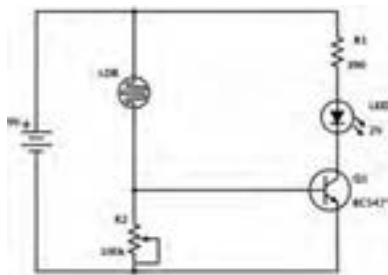
شکل ۴۱-۶- مسیر تنظیم Grid/Snap



## کار عملی ۶: طراحی مدار چاپی برد حسگر تشخیص نور

هدف: کسب مهارت طراحی مدار چاپی بانرم افزار به روش دستی رایانه‌ای  
مواد، ابزار و تجهیزات: نرم افزار مرتبط - رایانه - نقشه فنی مدار

### مراحل اجرای کار



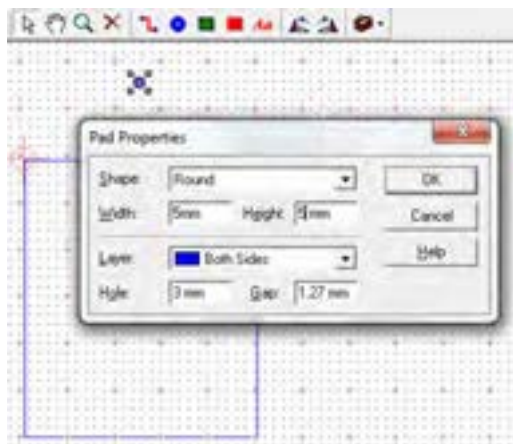
شکل ۴۲-۶- مدار حسگر تشخیص نور

طراحی مدار چاپی مدار شکل ۴۲-۶ را با اجرای مراحل زیر انجام می‌دهیم.

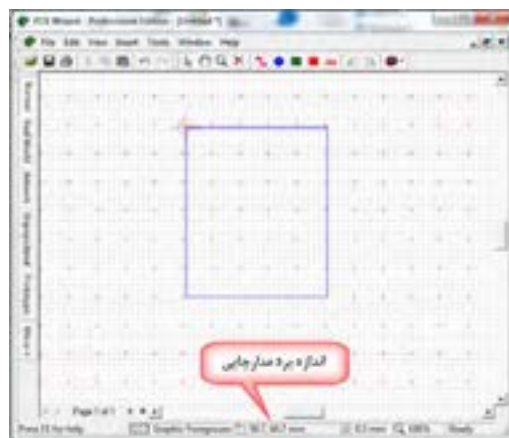
- تعیین اندازه برد مدار چاپی
- قراردادن Pad سوراخ در چهار گوشه برد مدار چاپی
- اضافه کردن نماد قطعات در مدار چاپی PCB Component
- اتصال ارتباط مسی بین پایه قطعات
- اضافه کردن لایه مسی بر روی سطح مدار چاپی در صورت نیاز

۱- اندازه برد را برای این مدار  $5 \times 6$  سانتی‌متر ( $50 \times 60$  میلی‌متر) در نظر می‌گیریم. پس از تعیین نقطه Origin روی نماد circuit board کلیک می‌کنیم، شکل ۴۳-۶ و کادر برد مدار چاپی را رسم می‌کنیم.

۲- معمولاً برای نصب برد مدار چاپی به بدنه دستگاه، از سوراخ‌های چهار گوشه برد، قطر ۳ میلی‌متر در نظر می‌گیرند. یک pad انتخاب و روی آن دوبار کلیک کنید. سپس پهنا Width و ارتفاع Pad Height را روی ۵ میلی‌متر سوراخ (Hole) آن را روی ۳ میلی‌متر بگذارید شکل ۴۴-۶.



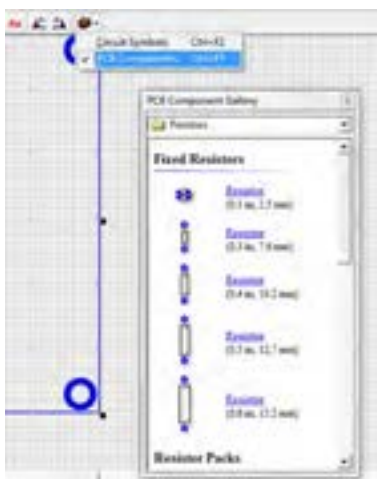
شکل ۴۴-۶- تغییر اندازه Pad گوشه‌های برد مدار چاپی



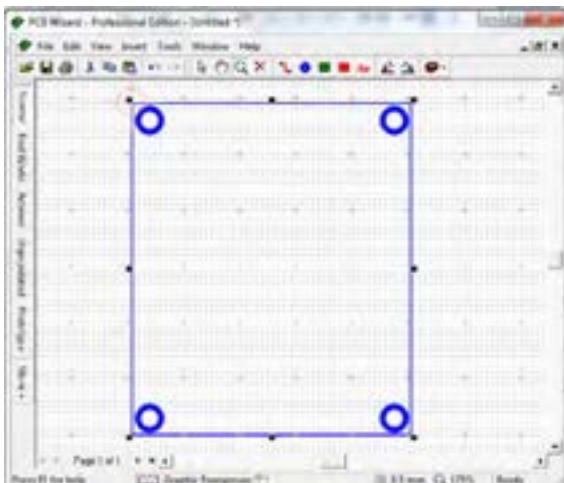
شکل ۴۳-۶- اندازه برد مدار چاپی  $50 \times 60$  میلی‌متر

۳- حال ۳ مرتبه از pad تنظیم شده Copy بگیرید و در فاصله ۳ میلی متری از لبه‌های چهار طرف برد قرار دهید. برای copy کردن مانند سایر نرم‌افزارها روی pad کلیک راست کنید و گزینه Copy را انتخاب کنید و یا از کلیدهای میانبر ctrl+c استفاده کنید. برای چسباندن کلیک راست کنید و Paste را انتخاب کنید یا از کلیدهای ctrl+c استفاده شود. طرح شما باید مشابه طرح نشان داده شده در شکل ۶-۴۵ باشد.

۴- در زبانه PCB Component Gallery → شکل ۶-۴۶ فهرست اندازه استاندارد فیزیکی (ابعاد واقعی) قطعات (Footprint) آورده می‌شود. از این فهرست مقاومت‌ها را با اندازه پایه‌های میلی متر انتخاب کنید.

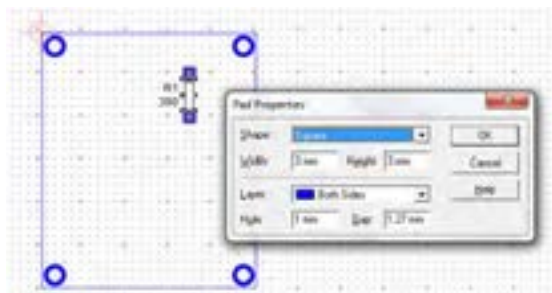


شکل ۶-۴۶- فهرست قطعات PCB Component Gallery



شکل ۶-۴۵- چهار سوراخ گوشه‌های برد

۵- برای افزایش استحکام pad مربوط به پایه‌های قطعات در برابر خوردگی اسید حلال مس‌های اضافی بهتر است ابعاد آن را افزایش دهید. روی قطعه کلیک راست کنید. Pads را انتخاب کنید و پهنا و ارتفاع را به ۳ میلی متر تغییر دهید. قطر مناسب سوراخ برای پایه قطعاتی مانند مقاومت، خازن، دیود و ترانزیستور ۱ میلی متر است. بنابراین (Hole) سوراخ padها را روی ۱ قرار دهید شکل ۶-۴۷.



شکل ۶-۴۷- تغییر شکل و اندازه pad پایه‌های مقاومت

۶- پتانسیومتر و مقاومت تابع نور (LDR) را از زبانه input component و باتری را از power supplies انتخاب کنید و در محل‌های مورد نظر بگذارید. یک

دیود نورانی را از زبانه 5mm LEDs (standard) انتخاب کنید. ترانزیستور را با توجه به برگه اطلاعاتی آن در شکل ۶-۴۸ نوع To92 در نظر بگیرید. مدل پایه‌های ترانزیستور را از زبانه Discrete Semiconductors انتخاب کنید. در شکل ۶-۴۹ مسیر انتخاب نوع پایه‌های ترانزیستور را مشاهده می‌کنید.



### BC547 (NPN - Transistor)

> The BC547 transistor is an NPN Epitaxial Silicon Transistor.

> It is used in general-purpose switching and amplification BC847/BC547 series 45 V, 100 mA NPN general-purpose transistors.


> The ratio of two currents ( $I_c/I_b$ ) is called the DC Current Gain of the device and is given the symbol of  $h_{fe}$  or nowadays Beta, ( $\beta$ ).

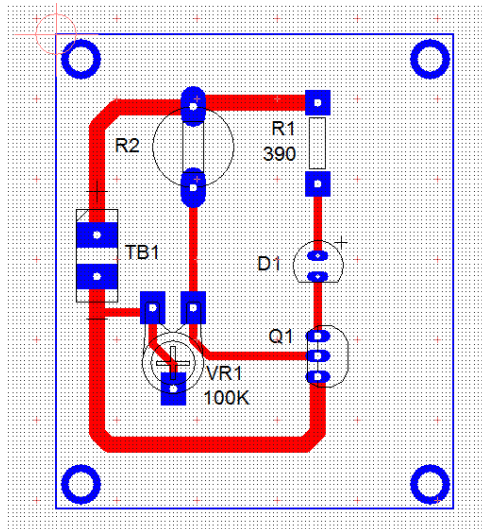


شکل ۴۸-۶- برگه اطلاعاتی ترانزیستور BC547

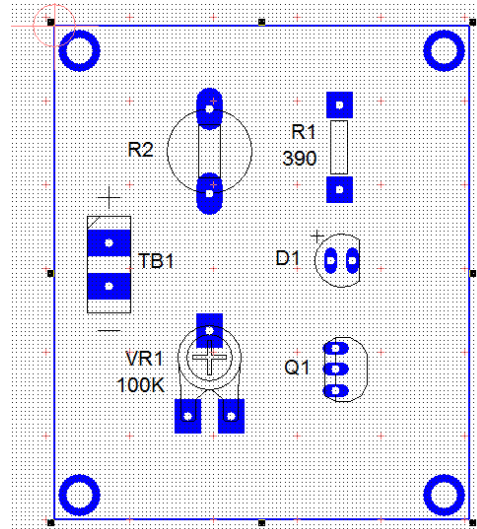
شکل ۴۹-۶- انتخاب پایه‌های ترانزیستور BC547

۷- بعد از انتخاب قطعات می‌توانید اندازه و شکل Pad‌های مربوط به پایه قطعات را، مشابه مقاومت  $R_1$  تغییر دهید. یک نمونه تغییرات را در شکل ۵۰-۶ ملاحظه می‌کنید.

۸- حال نوبت ارتباط مسی بین قطعات است. ارتباط خطوط مسی ولتاژ + V و زمین باید از سایر خطوط پهن‌تر باشد. با کلیک روی  ارتباط مسی بین پایه‌ها را برقرار کنید. برای آنکه بین مقاومت  $R_1$  و پایه مثبت LED و پتانسیومتر با LDR اتصال مسی بهتری برقرار باشد، پتانسیومتر را ۱۸۰ درجه و LED را ۹۰ درجه به راست چرخش دهید. پس از اتمام ارتباط مسی بین پایه‌ها باید شکل ۵۱-۶ حاصل شود.



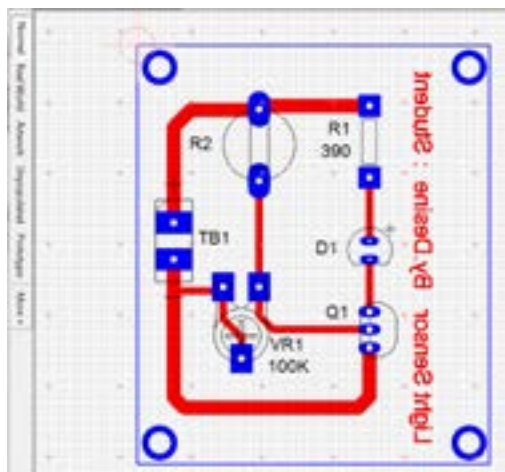
شکل ۵۱-۶- ارتباط مسی پایه‌های قطعات



شکل ۵۰-۶- تغییر شکل پایه‌های قطعات



۹- نام مدار و مشخصات (By. Desine :Name Student) طراح مدار چاپی را می توانیم با برچسب(متن) مسی بر روی برد بنویسیم. متن‌ها در فیبر بصورت معکوس درج می‌شود. در شکل ۵۲-۶ مسیر انتخاب برچسب مسی را نشان می‌دهد. طبق شکل ۵۳-۶ درج متن نام مدار و طراح مدار چاپی را بنویسید.



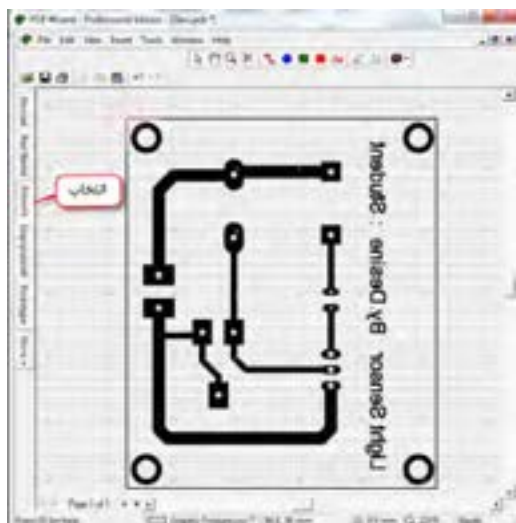
شکل ۵۳-۶- نوشتن متن مسی نام مدار و طراح مدار چاپی



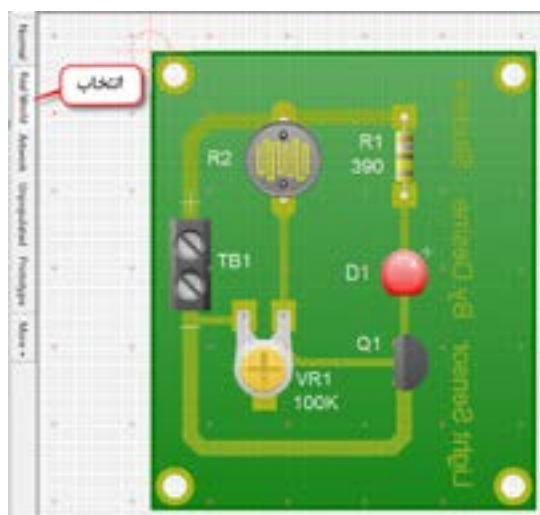
شکل ۵۲-۶- مسیر انتخاب برچسب مسی

۱۰- روی دکمه Real word (دنیای واقعی) کلیک کنید، باید مطابق صفحه شکل ۵۴-۶ تصویر واقعی فیبر مدار چاپی به همراه قطعات ظاهر شود.

۱۱- با کلیک روی دکمه Artwork طرح مدار چاپی را مشاهده خواهید کرد، شکل ۵۵-۶.



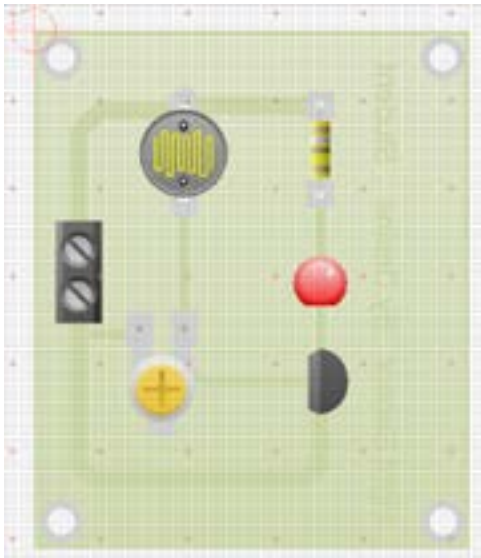
شکل ۵۵-۶- طرح مدار چاپی مدار حسگر روشنایی



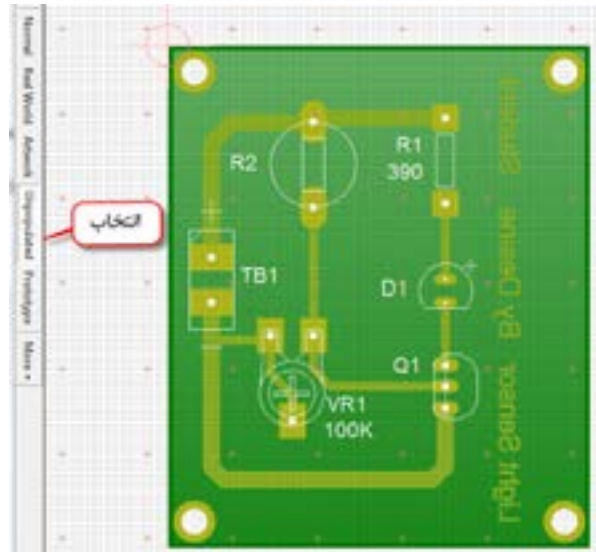
شکل ۵۴-۶- تصویر واقعی فیبر مدار چاپی

۱۲- پس از چاپ طرح با یکی از روش‌های انتقال که فراگرفتید، طرح را روی یک فیبر واقعی انتقال دهید. اگر روی دکمه Unpopulated نشان داده شده در شکل ۶-۵۶ کلیک کنید. نقشه چیدمان قطعات (Placement) ظاهر می‌شود. این نقشه در موقع مونتاژ قطعات به عنوان راهنما به کار می‌رود.

۱۳- با کلیک روی دکمه prototype نمونه اولیه ساخت مدار چاپی طبق شکل ۶-۵۷ برای بایگانی ایجاد می‌شود.



شکل ۶-۵۷- نمونه بایگانی فیبر مدار چاپی



شکل ۶-۵۶- نقشه چیدمان قطعات

## کار عملی ۷: طراحی مدار چاپی مدار چراغ چشمک زن

هدف: کسب مهارت طراحی مدار چاپی با نرم‌افزار به روش دستی رایانه‌ای

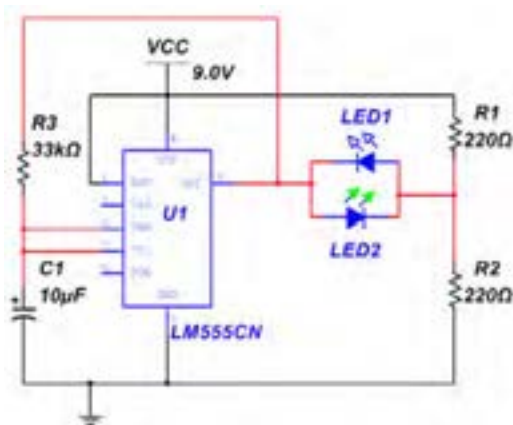
مواد، ابزار و تجهیزات: نرم‌افزار مرتبط- رایانه- نقشه فنی مدار

کار عملی



## مراحل اجرای کار

۱- فیبر مدار چاپی مدار شکل ۶-۵۸ را در ابعاد ۶۰×۷۰ طراحی کنید.



شکل ۶-۵۸- مدار چشمک زن با آی سی ۵۵۵

## ۴-۶ - طراحی مدار چاپی با نرم افزار به صورت خودکار

کار عملی



کار عملی ۸: طراحی مدار چاپی به صورت خودکار

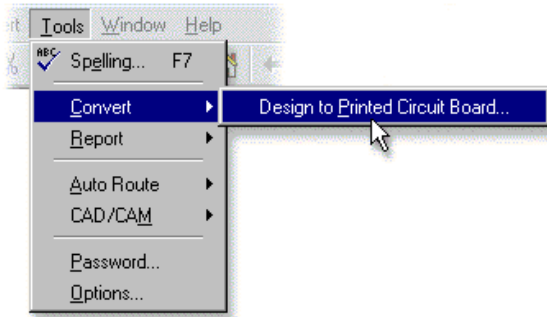
هدف: کسب مهارت طراحی مدار چاپی با نرم افزار به روش خودکار

مواد، ابزار و تجهیزات: نرم افزار مرتبط - رایانه - نقشه فنی مدار

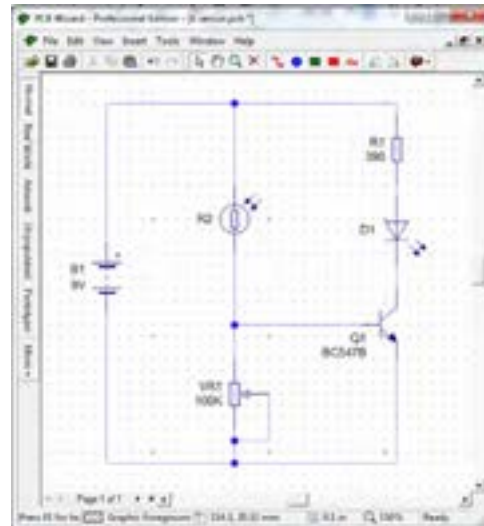
### مراحل اجرای کار

در این روش ابتدا نقشه فنی مدار رسم می شود. سپس به صورت خودکار (Automatic) نقشه فنی به طرح مدار چاپی تبدیل می شود، شکل ۵۹-۶.

۱- با کلیک روی زبانه Tools و انتخاب Convert مطابق شکل ۶۰-۶، عملیات تبدیل نقشه فنی الکترونیکی مدار به طرح مدار چاپی آغاز می شود.



شکل ۶۰-۶- زبانه تبدیل نقشه فنی به فیبر مدار چاپی



شکل ۵۹-۶- ترسیم نقشه فنی مدار حسگر روشنایی

۲- در شروع فرایند تبدیل یک پرسش از سوی نرم افزار برای طراح مطرح می شود که آیا شما تصمیم به کنترل چگونگی تبدیل مدار به طرح مدار چاپی را دارید؟  
بعد از انتخاب Convert این پرسش در صفحه شکل ۶۱-۶ ظاهر می شود.

Do you wish to control how your design is converted?

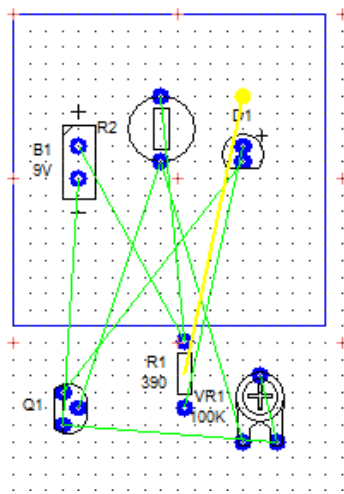


روی No کلیک کنید به این ترتیب به نرم افزار اجازه می دهید تا با توجه به استانداردهای تعریف شده اقدام به ترسیم خطوط رابط مدار چاپی نماید.

۳- روی گزینه Next کلیک کنید. در صفحه بعد نرم افزار آمادگی خود را برای فرایند تبدیل اعلام می کند.

۴- روی گزینه Convert کلیک کنید. در این لحظه چیدمان قطعات و اتصال پایه ها روی فیبر مدار چاپی مطابق شکل ۶-۶۲ به صورت خودکار انجام می شود.

۵- در انتهای اجرای عملیات، متن "مسیر یابی خودکار و اتصالات به طور ۱۰۰٪ با موفقیت اجرا شد" بر روی صفحه ظاهر می شود شکل ۶-۶۳.

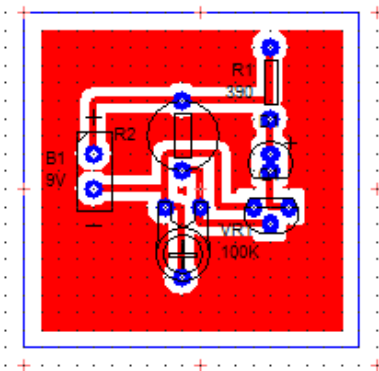


شکل ۶-۶۲- چیدمان قطعات و اتصال پایه روی فیبر مدار چاپی

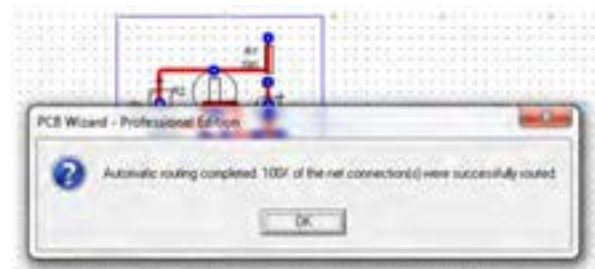


شکل ۶-۶۱- پرسش از کاربر برای تصمیم گیری چگونگی تبدیل مدار به طرح مدار چاپی

۶- با کلیک روی OK، لایه مسی نیز به برد اضافه می شود، شکل ۶-۶۴.

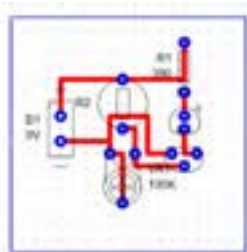


شکل ۶-۶۴- اضافه شدن لایه مسی به برد مدار چاپی



شکل ۶-۶۳- مسیریابی خودکار و اتصالات به طور ۱۰۰٪ با موفقیت اجرا شد.

۷- روی لایه مسی کلیک کنید تا انتخاب شود. سپس آن را حذف (Delete) کنید. در این صورت شکل ۶-۶۵ بوجود می‌آید. نرم‌افزار به طور خودکار برای طرح مدار چاپی، اندازه برد را برحسب تعداد قطعات، با حداقل فاصله نوارهای چاپی، انتخاب می‌کند.



۸- با انتخاب حالت‌های فیبرمدار چاپی در واقعیت (Real word)، طرح مدار چاپی (Artwork) و نقشه جای‌گذاری قطعات (Unpopulated) شکل ۶-۵۶ و شکل ۶-۵۷ و شکل ۶-۶۵ که به صورت خودکار طراحی شده‌اند را با حالت طراحی دستی که در بخش قبل طراحی شده‌اند مقایسه کنید.

۹- طرح‌های هنرجویان در کارگاه با هم تعویض شود، سپس هر هنرجو کارگروه دیگر را بررسی کند و مورد ارزیابی قرار دهد.

شکل ۶-۶۵- حذف لایه مسی و طرح مدار چاپی

## آزمون نظری پایانی واحد یادگیری

۱- در نرم‌افزار PCB Wizard کلیدهای میان بر Ctrl+F2 برای باز کردن فهرست نماد فنی قطعات است.

صحیح  غلط

۲- مقاومت تابع نور LDR از نوار فهرست Out put Components انتخاب می‌شود.

صحیح  غلط

۳- دیود نورانی LED از نوار فهرست Out put Components انتخاب می‌شود.

۴- کلیدهای میان بر Ctrl+L برای ..... است.

۵- نماد..... در جعبه ابزار برای قرار دادن ..... روی طرح فیبرمدار چاپی است.

۶- برای ترسیم ..... روی برد مدار چاپی از ابزار..... استفاده می‌شود.

۷- میزان جابجایی خطوط و قطعات در نرم‌افزار را..... تعیین می‌کند.

۸- برای چاپ طرح مدار چاپی کدام گزینه را باید انتخاب کرد.

الف) Real word      ب) Artwork

پ) Unpopulated      ت) Prototype

۹- با کلیک کردن روی Convert چه فرایندی انجام می‌شود؟ شرح دهید.

۱۰- آیا با نرم افزار PCB Wizard می توانید فهرست قطعات به کار رفته در مدار را تهیه کنید؟ مراحل تهیه فهرست قطعات را بنویسید.

صحيح □ غلط □

۱۱- معنای فارسی هر یک از لغات زیر را بنویسید.

الف): Origin

ب) Convert :

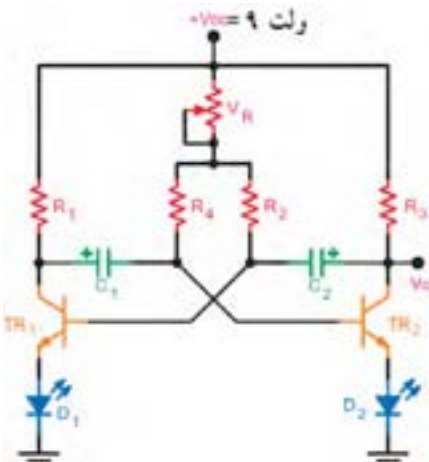
پ) Track :

ت) Artwork:

### آزمون عملی پایانی واحد یادگیری

طرح مدار چاپی مدار شکل ۶۶-۶ را با استفاده از نرم افزار PCB WIZARD به صورت دستی رایانه ای طراحی کنید.

کلیه مقاومت ها  $\frac{1}{4}$  وات هستند. در طراحی مدار چاپی، به اندازه دقیق قطعات توجه کنید.



$$R_1 = R_7 = 330\Omega$$

$$V_R = 100K\Omega$$

$$R_2 = R_6 = 47k\Omega$$

$$V_{CC} = 9 \text{ Volt}$$

$$C_1 = C_2 = 22\mu F$$

$$D_1 = D_2 = \text{LED}$$

$$TR_1 = TR_2 = \text{BC107}$$

شکل ۶۶-۶ مدار چشمک زن با ترانزیستور

## ارزشیابی شایستگی شبیه‌سازی و ترسیم مدار چاپی با نرم‌افزار

واحد یادگیری ۶

شرح کار:

- ۱- شبیه‌سازی مدارهای الکترونیکی ساده با نرم‌افزار
- ۲- نصب و راه‌اندازی نرم‌افزار مرتبط با ترسیم نقشه فنی مدارهای الکترونیکی
- ۳- ترسیم نقشه فنی مدارهای الکترونیکی ساده با نرم‌افزار
- ۴- طرح مدار چاپی نقشه فنی مدارهای الکترونیکی با نرم‌افزار (دستی)
- ۵- طرح مدار چاپی نقشه فنی مدارهای الکترونیکی با نرم‌افزار به طور خودکار

استاندارد عملکرد:

شبیه‌سازی مدار و ترسیم نقشه مدار چاپی با نرم‌افزار

شاخص‌ها:

- ۱- نصب و راه‌اندازی صحیح نرم‌افزار مدار چاپی و کار با منوهای آن
- ۲- ترسیم صحیح نقشه فنی مدار الکترونیکی با استفاده از نرم‌افزار
- ۳- طراحی صحیح مدار چاپی نقشه فنی مدار با نرم‌افزار به صورت دستی ( سفارشی customized )
- ۴- اجرای صحیح و استاندارد تبدیل نقشه فنی به نقشه مدار چاپی در نرم‌افزار به صورت خودکار

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

مکان انجام کار با کف عایق یا آنتی‌استاتیک- نور مناسب برای کارهای ظریف (مونتاز کاری)- ابعاد حداقل ۶ مترمربع- دارای تهویه یا پنجره- دمای طبیعی (۱۸ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد) و مجهز به وسایل اطفاء حریق- میز کار استاندارد با ابعاد  $D 180 \times H 80 \times W 180$  cm مجهز به فیوز حفاظت جان- رایانه متصل به شبکه اینترنت- فرد با لباس کار- انجام کار در حال نشسته- نرم‌افزار خاص- ذره‌بین با بزرگ‌نمایی ۱۰  
**ابزار و تجهیزات:** نقشه مدار الکترونیکی- رایانه- شبکه اینترنت- چاپگر- نرم‌افزار مدار چاپی

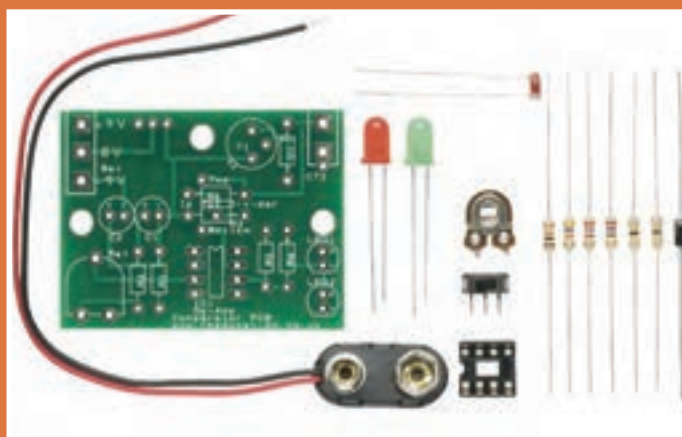
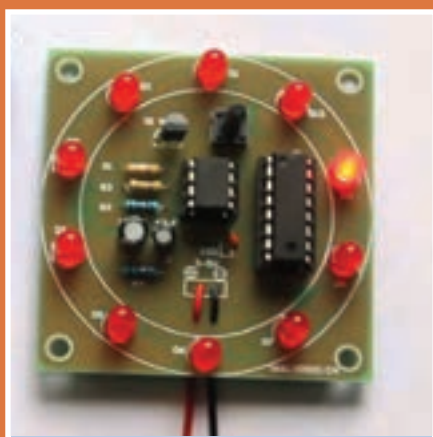
معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	نصب و راه‌اندازی صحیح نرم‌افزار مدار چاپی	۱	
۲	ترسیم صحیح نقشه فنی مدار الکترونیکی با استفاده از نرم‌افزار	۲	
۳	طراحی صحیح مدار چاپی نقشه فنی مدار با نرم‌افزار به صورت دستی و خودکار	۲	
۴	چیدمان مناسب و صحیح قطعات خاص الکتریکی و الکترونیکی و رعایت پهنای خطوط مسی با جریان عبوری از آن	۱	
	شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱- رعایت نکات ایمنی ابزارها و دستگاه‌ها ۲- دقت و تمرکز در اجرای کار ۳- شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر ۴- اخلاق حرفه‌ای	۲	
	میانگین نمرات		*

\* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.

## فصل ۵

### ساخت پروژه ساده



اجرای یک پروژه الکترونیکی دارای مراحل مختلفی است. هر مرحله خصوصیات ویژه خود را دارد و نیازمند تصمیم‌گیری متناسب آن است. برای عملی شدن یک پروژه لازم است موضوع را درک کنیم، برنامه‌ریزی و زمان بندی اجرایی دقیق برای هر بخش داشته باشیم. بنابراین هر فرد باید در فرایند آموزش این ویژگی‌ها را کسب کند. در اجرای پروژه‌های الکترونیکی افراد نیاز به فعالیت‌های پژوهشی از رسانه‌های مختلف مانند فضای مجازی و محیط واقعی کار دارند. همچنین لازم است طرح و نظریه‌های خود را قبل از اجرا در محیط‌های نرم افزاری شبیه‌سازی کنند و پس از کسب نتایج اقدام به ساخت پروژه نمایند. اجرای پروژه باعث می‌شود که افراد با محیط‌های علمی، صنایع و بازار کار تعامل بیشتری داشته باشند و می‌توانند در آینده به حرفه‌های مناسب و مورد نظر خود دسترسی پیدا کنند.

## مونتاژ یک نمونه برد ساده کاربردی الکترونیکی

### آیا تا به حال فکر کرده‌اید:

- گام های طراحی و نقشه اجرایی کارهایی که باید انجام شود چه مفهومی دارد؟
- اجرای فعالیت ها در یک زمان محدود، با هزینه مشخص و کیفیتی معین بیانگر چه مفهومی است؟
- قوانین و استانداردهای محلی و بین المللی برق و الکترونیک چه نقشی در پروژه دارند؟
- برنامه ریزی و زمان بندی اجرای کارها در پروژه چه ویژگی را رشد می دهد؟
- فعالیت تحقیقی، شبیه سازی و نمونه سازی چه اثری در اجرای پروژه دارند؟
- ویژگی های فردی و شایستگی های فنی چه تاثیری در فرایند اجرایی کار و محصول نهایی دارند؟
- برای ارائه و دفاع از پروژه چه اقداماتی باید صورت گیرد؟

اجرای پروژه می تواند موجب ارتقاء سطح علمی هنرجویان شود و زمینه مناسبی را برای ارتباط آنان با بازار کار فراهم آورد. پروژه باید به گونه ای باشد که حتما به نتیجه برسد و اجرایی شود. تنها در این شرایط است که حس اعتماد و پشتکار را در فرآیند افزایش می دهد، و آن ها را برای اجرای پروژه های کاربردی پیچیده تر در سال های بعد آماده می کند.

اجرای پروژه های کاربردی عملی سبب می شود که هنرجویان از اجرای کار عملی هراسی نداشته باشند و به راحتی بتوانند در محیط های متنوع و گسترده بازار کار به صورت فعال و خلاق عمل کنند. در این واحد یادگیری هنرجو باید در بازه زمان تعیین شده سه پروژه را به اجرا درآورد. پروژه ها می توانند، همان پروژه پیشنهادی در کتاب یا پروژه هایی باشند که به تایید هنرآموز کارگاه برسد.

### استاندارد عملکرد

اجرای پروژه و راه اندازی یک نمونه برد الکترونیکی ساده با رعایت استاندارد

## ۱-۷- معرفی پروژه

اجرای پروژه می تواند موجب ارتقاء سطح علمی هنرجویان شود و زمینه مناسبی را برای ارتباط آنان با بازار کار فراهم آورد. پروژه باید به گونه ای باشد که حتماً به نتیجه برسد و اجرایی شود. تنها در این شرایط است که حس اعتماد و پشتکار در فراگیرنده را افزایش می دهد، و آن ها را برای اجرای پروژه های کاربردی پیچیده تر در سال های بعد آماده می کند.

اجرای پروژه های کاربردی عملی سبب می شود که هنرجویان از اجرای کار عملی هراسی نداشته باشند و به راحتی بتوانند در محیط های متنوع و گسترده بازار کار به صورت فعال و خلاق عمل کنند. در این واحد یادگیری هنرجو باید در بازه زمان تعیین شده سه پروژه را به اجرا در آورد. پروژه ها می توانند، همان پروژه پیشنهادی در کتاب یا پروژه هایی باشد که به تأیید معلم کارگاه برسد.

در تمام مراحل ساخت پروژه، توجه به شایستگی های غیر فنی مانند، مدیریت منابع، ارتباط مؤثر، کار تیمی، ویژگی های شخصی و اخلاقی و تفکیک و معدوم کردن زباله های تولیدی شده اهمیت ویژه ای دارد و باید مورد توجه قرار گیرد.

هنگام انتخاب مدار پروژه، سعی کنید مداری را انتخاب کنید که با دانش مخاطب یعنی هنرجویان هماهنگ شود و قابل اجرا و نهایی شدن باشد. به طور کلی پروژه زمانی به نتیجه می رسد که فرایند زیر در مراحل اجرا کاملاً رعایت شود.

نکته



- نقشه پروژه انتخابی باید به تأیید مربی کارگاه برسد.
- قبل از شروع کار باید مدار پروژه در حد نیاز تحلیل شود.
- شبیه سازی پروژه با نرم افزار مناسب مواردی است که در به نتیجه رسیدن پروژه اثرگذار است.
- بعد از تأیید پروژه باید قطعات تهیه و برای خرید به بازار مراجعه شود.
- تمام قطعات باید آزمایش شود و مدار روی برد برد به اجرا در آید.
- پس از دریافت پاسخ پروژه باید فیبر مدار چاپی طراحی و ساخته شود.
- نصب (مونتاژ) قطعات روی برد مدار چاپی پس از طی مراحل بالا صورت می گیرد.
- پس از نصب قطعات پروژه را هاندازی می شود.
- چنانچه پروژه راه اندازی نشد باید بر اساس استاندارد های تعریف شده، عیب یابی و رفع عیب شود.
- تهیه گزارش کار از پروژه و مستند سازی آن از مواردی است که نمی شود از آن صرف نظر کرد. این گزارش کار به صورت الکترونیکی تهیه می شود.
- پس از تهیه گزارش کار باید یک یا دو پرینت تهیه کنید و طی یک ارائه کوتاه، نتایج را ارائه دهید.



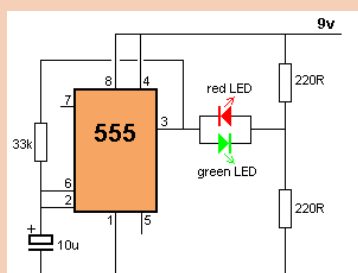
با مراجعه به رسانه های مختلف از جمله فضای مجازی یا مشاوره با هنرآموز کارگاه، یک پروژه مناسب را انتخاب و نام پروژه را در دفتر هنرآموز ثبت کنید.

## ۲-۷- ساخت پروژه ۱



### کار عملی ۱: شبیه سازی، طراحی مدار چاپی و ساخت پروژه مدار چشمک زن

هدف: کسب مهارت در شبیه سازی، طراحی مدار چاپی، اجرا و ساخت پروژه



شکل ۱-۷- مدار چشمک زن LED با آی سی ۵۵۵

**مواد، ابزار و تجهیزات:** مداد-پاک کن-کاغذ، رایانه - نرم افزار مرتبط فیبر مدار چاپی - کاغذ گلاسه- اتو-چاپ گر لیزری - قیچی-اسید پرکلرور دوفر-لوازم اسیدکاری-لوازم لحیم کاری-قطعات الکترونیکی مطابق با نقشه فنی مدار چشمک زن نشان داده شده در شکل ۱-۷.

### مراحل اجرای پروژه

- ۱- نقشه پروژه مورد نظر را تهیه کنید و به تأیید معلم خود برسانید؛ سپس نقشه ی پروژه را بررسی کنید و نقش قطعات و اجزای آن و ارتباط قطعات آن را باهم به طور خلاصه شرح دهید و نتایج را بنویسید.
- ۲- با استفاده از نرم افزار مولتی سیم (یا هر نرم افزار مرتبط دیگر) مدار شکل ۱-۷ را در نرم افزار ببندید.
- مدار را به طور کامل اجرا و شبیه سازی کنید و نتایج حاصل را به طور خلاصه ثبت کنید.

۳- فهرست قطعات مورد نیاز را تهیه کنید و برای خرید به بازار مراجعه کنید.

۴- نقشه فنی مدار را در نرم افزار PCB Wizard رسم کنید. با کلیک کردن روی Tools مسیر:

Report → Insert of Materials Report را انتخاب کنید. ماوس را از گوشه سمت چپ بالا و به طور کامل روی نقشه مدار بکشید، تا یک فهرست خرید برای قطعات ایجاد شود.





■ هنگام خرید قطعات، قیمت ها را از چندمحل سؤال کنید تا بتوانید قطعات را با بهترین کیفیت و مناسب ترین قیمت خریداری نمایید، در ضمن همواره در کلیه شرایط مراقب کیف پول خود باشید، شکل ۷-۲.

■ هنگام خرید قطعات از سالم بودن قطعات اطمینان حاصل کنید و هنگام نصب روی مدار چاپی، مجدداً آن ها را آزمایش کنید، شکل ۷-۳



شکل ۷-۴- بستن مدار روی بردبرد و آزمایش آن



شکل ۷-۳- اطمینان از سالم بودن قطعات



شکل ۷-۲- مراقبت از کیف خود

۵- مدار پروژه انتخاب شده را بر روی بردبرد ببندید و آن را آزمایش کنید، شکل ۷-۴.

۶- با مراجعه به راهنمای کاربرد دستگاه پرینتر لیزری کلیه ی دستورهای حفاظتی و ایمنی مربوط به آن را رعایت کنید.



فرایند چگونگی عملکرد و علت انتخاب چاپ گر لیزری برای انتقال طرح مدار چاپی روی کاغذ گلاسه در کتاب همراه هنرجو آمده است.



شکل ۷-۵- چاپ طرح مدار چاپی با دستگاه چاپ گر

۷- با قرار دادن کاغذ گلاسه از نوع مرغوب در دستگاه چاپ گر، طرح مدار چاپی پروژه چشمک زن را چاپ کنید، شکل ۷-۵. چاپ طرح باید کاملاً با کیفیت و پر رنگ باشد.

۸- فیبر را به اندازه مناسب طرح برش دهید، آن را بشوید تا سطح آن کاملاً تمیز، براق و شفاف شود. در شکل ۷-۶ مراحل برش و شست شوی فیبر مدار چاپی را به ترتیب مشاهده می کنید.

فیلم



فیلم نکات ایمنی مربوط به برش فیبر و چگونگی بریدن آن را مشاهده کنید.

ایمنی

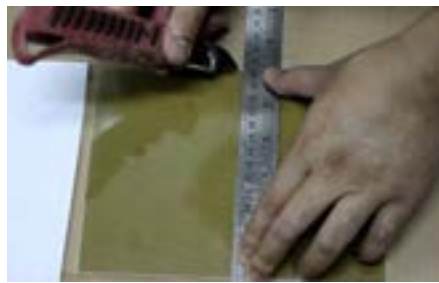


هنگام خط انداختن و بریدن فیبر مراقب دست های خود باشید.

**یادآوری:** روش های متفاوتی مانند استفاده از قیچی اهرمی، خط کشی روی فیبر - خط انداختن با تیغه تیز و ضربه زدن به آن و استفاده از دستگاه های خاص وجود دارد. ساده ترین روش خط انداختن روی فیبر و قرار دادن محل برش روی لبه تیز و ضربه زدن است.



الف - تعیین اندازه فیبر



ب- انداختن خط روی فیبر



پ- شست شو و تمیز کردن فیبر

شکل ۶-۷- مراحل برش و شست شوی فیبر مدار چاپی

۹- قسمت طرح مدار چاپی را با قیچی از کاغذ جدا کنید، شکل ۷-۷.

۱۰- کاغذ طرح مدار چاپی را برعکس (وارونه) مطابق شکل ۸-۷ روی فیبر آماده شده بگذارید. به منظور جلوگیری از جابجایی طرح با یک لایه نوار چسب شفاف، نقطه ای از طرح را به فیبر مدار چاپی گیر دهید؛ سپس یک کاغذ A4 روی آن قرار دهید.



شکل ۷-۷- برش طرح مدار چاپی از کاغذ

شکل ۸-۷- قرار دادن طرح مدار چاپی روی فیبر



شکل ۹-۷- کشیدن اتو روی کاغذ و فیبر

۱۱- مجموعه را روی میز چوبی یا آهنی قرار دهید.

۱۲- طبق شکل ۹-۷ اتورا با درجه حرارت نسبتاً بالا روی کاغذ A4 قسمتی که فیبر مدار چاپی قرار دارد بکشید. فرایند اتوکشی را آنقدر ادامه دهید که رنگ کاغذ کمی تیره شود و کاغذ حالت چسبیده به فیبر را پیدا کند، توجه داشته باشید که اتو باید به طور یکنواخت به تمامی نواحی فیبر گرما برساند، برای این منظور لازم است اتو را به آرامی حرکت دهید.

هنگام کار با اتو مراقب دست و لباس و سیم های رابط اتو باشید.

فیبر مسی در این زمان دارای حرارت نسبتاً زیادی است. لذا هنگام جا به جایی آن مراقب باشید تا به دست شما آسیب نرسد.

ایمنی



۱۳- فیبر مسی گرم را با کاغذ برای مدتی کمتر از ۱۰ دقیقه در آب جوش قرار دهید، شکل ۱۰-۷

۱۴- بعد از خیس شدن کامل کاغذ چسبیده به فیبر ، آن را به آرامی جدا کنید. انگشت خود را به آرامی روی کاغذ ها حرکت دهید تا فقط قسمت های مدار که روی برد چاپ شده است باقی بماند، شکل ۱۱-۷.



شکل ۱۱-۷- جدا کردن کاغذ از سطح روی فیبر

شکل ۱۰-۷- قراردادن فیبر با کاغذ چسبیده در آب جوش

۱۵- محلول اسید را برای حل کردن مس های اضافی فیبر مدار چاپی تهیه کنید. اسید مورد استفاده معمولاً پرکلرودو فراس است. این اسید به صورت مایع و جامد در بازار عرضه می شود.

۱۶- برای اسید کاری موارد زیر را حتماً رعایت کنید.

■ از دستکش ، ماسک و پیش بند استفاده کنید، شکل ۱۲-۷.

■ اسید را در ظروف شیشه ای ، لعابی ، چینی یا پلاستیکی آماده بریزید، شکل ۱۳-۷.



شکل ۱۳-۵- استفاده از ظروف شیشه ای ، لعابی، چینی یا پلاستیکی

شکل ۱۲-۷- استفاده از دستکش ،ماسک و پیش بند موقع اسیدکاری

- میزان حجم اسیدبه اندازه ای باشدتا با قرار دادن فیبر در داخل آن، محلول حدود ۲ میلی متر بالاتر از سطح فیبر قرار گیرد،شکل ۱۴-۷.
- به پرکلرودوفر به اندازه ای آب اضافه کنید که محلول تقریباً غلیظ به دست آید.
- حتماً آب را گرم کنید یا آب گرم رادر ظرف بریزید . اگر از ظرف پیرکس استفاده می کنید ظرف را روی حرارت خیلی کم اجاق برقی نگه دارید،شکل ۱۵-۷.
- فیبر مدار چاپی را در داخل محلول قرار دهید و محلول را به آرامی تکان دهید،شکل ۱۶-۷.
- پس از خورده شدن مس های اضافی ، فیبر را از محلول خارج کنید و آن را با آب بشوییدتا اسیدهای آن پاک شود شکل ۱۷-۷.



شکل ۱۶-۷- تکان دادن محلول برای خورده شدن مس اضافی فیبر

شکل ۱۵-۷- استفاده از اجاق برقی برای حرارت دادن محلول اسید کاری

شکل ۱۴-۷- اندازه سطح محلول اسید و آب ۲میلیمتر بالاتر از فیبر



شکل ۱۷-۷- شستشوی فیبر پس از اسید کاری





شکل ۱۸-۷- سوراخ کاری پایه قطعات با مته مناسب

۱۶- پس از آماده نمودن فیبر مدار چاپی باید جای پایه قطعات را با دریل، و مته ای با قطر مناسب یک تا دو میلیمتر، سوراخ کنید، شکل ۱۸-۷.

■ مته مناسب برای پایه قطعاتی مانند مقاومت، خازن، دیود و ترانزیستور و آی سی مته شماره یک است.

■ هنگام سوراخ کاری زیر فیبر یک چوب یا یونولیت فشرده قرار دهید.

۱۷- نصب قطعات طی مراحل زیر صورت می گیرد.

■ فهرست قطعات که قبلاً تهیه کرده اید را در اختیار بگیرید.

■ فهرست قطعات را با نقشه فنی مدار مطابقت دهید و از نظر تعداد، ابعاد و اندازه فیزیکی و پایه کنترل کنید. در شکل ۱۹-۷ قطعات تهیه شده یک نمونه برد الکترونیکی را برای مونتاژ مشاهده می کنید.

همچنین نمونه ای از فهرست و ارسی قطعات برد مدار چشمک زن در شکل ۲۰-۷ آمده است.



شکل ۱۹-۷- آماده کردن قطعات برای مونتاژ

■ به وسیله نرم افزار فهرست قطعات راتهییه کنید.

■ از گیره نگه دارنده فیبر مدار چاپی برای نگه داری فیبر استفاده کنید، شکل ۲۱-۷.



شکل ۲۱-۷- گیره برای نگهداری برد

مقدار	شکل ظاهری قطعه	نماد فنی	نام قطعه	ردیف
Quantity	Package	Symbol	Part	Row
۲ عدد		$R$ ۲۲۰Ω	مقاومت اسی ۲۲-Ω	۱
۱ عدد		$R$ ۳۳kΩ	مقاومت اسی ۳۳kΩ	۲
۱ عدد		LED	دیود نورانی رنگ قرمز	۳
۱ عدد		LED	دیود نورانی LED رنگ سبز	۴
۱ عدد		$C$	خازن الکترولیتی ۱۰μF/۱۶V	۵
۱ عدد		IC 74LS00	آی سی ۷۴۰۰	۶

شکل ۲۰-۷- یک نمونه فهرست و ارسی قطعات الکترونیکی

■ قطعات رابه ترتیب از کوچک ترین قطعه شروع کنید و درمحل خودقراردهیدوپایه‌های آن‌ها را لحیم کنید.

■ این فرایند را ادامه دهید تا به بزرگ ترین قطعه برسید.

نکته



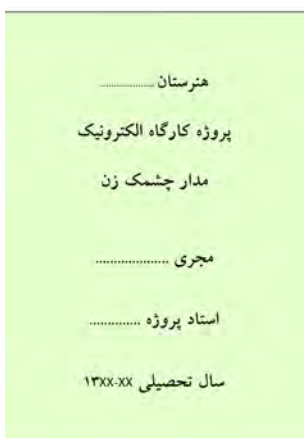
برای آشنایی باترتیب قراردادن قطعات الکترونیکی برروی فیبر مدار چاپی به کتاب همراه هنرجو مراجعه کنید.

۱۸- پس از مونتاژ قطعات، با راهنمایی هنرآموز مداراراه اندازی کنید .

۱۹- تهیه گزارش کار پروژه:

گزارش کار پروژه عبارت از مستنداتی است که می‌تواند در آینده برای هنرجویان مورد استفاده قرار گیرد و پلی برای ارتباط با دنیای کار باشد. در ادامه مشخصات گزارش پروژه بیان می‌شود. ضمناً زمانی پروژه قابل ارائه خواهد بود که گزارش آن بر مبنای دستورالعملی که در ادامه می‌آید تنظیم شود.

روی جلد پروژه باید نام پروژه، نام هنرجو، نام استاد پروژه، نام هنرستان و سال تحصیلی مربوطه قید شود، شکل ۲۲-۷.



شکل ۲۲-۷- تنظیم روی جلد پروژه

فهرست

عنوان	صفحه
۱- ..... بسم الله الرحمن الرحيم " با فونت مناسب آورده شود.	.....
۲- ..... در صفحه دوم پروژه، طرح روی جلد تکرار شود.	.....
۳- ..... صفحات سوم و چهارم به فهرست پروژه اختصاص داده شود، شکل ۲۳-۷.	.....

شکل ۲۳-۷- فهرست پروژه

در صفحه پنجم عنوان پروژه با فونت درشت حروف نگاری شود.

در صفحه ششم مقدمه ای راجع به پروژه و سبب انتخاب موضوع، کاربرد و مشکلات مرتبط با آن آورده شود. در این مقدمه می‌توانید از کسانی که با آنان همکاری کرده‌اند، تشکر نمایید و حتی می‌توانید آن را به اعضای خانواده یا فرد مورد علاقه خود تقدیم کنید، مثلاً بنویسید

این پروژه را به پدر و مادرم تقدیم می‌کنم تا شاید توانسته باشم جزئی از زحمات آنان را قدردان شوم.

- بعد از مقدمه، تشریح نقشه ی پروژه می آید که باید نقشه ی پروژه نیز در آن ترسیم شود.
  - مراحل ساخت پروژه به طور دقیق بیان می شود. لازم است در فرآیند نوشتن گزارش پروژه مسئله ی صفحه بندی و رعایت فونت ها و تیرها رعایت شود. به عنوان الگو می توانید از روش فهرست بندی و تیربندی کتاب های درسی استفاده کنید.
  - مشکلات ناشی از فرآیند ساخت پروژه در عنوانی مستقل می آید و باید به طور دقیق تشریح شود.
  - طراحی مدار چاپی و نحوه ی ساخت آن نیز عنوان بعدی خواهد بود. تصاویری از مراحل ساخت مدار چاپی، همچنین تصویر مدار چاپی نهایی ساخته شده را در این قسمت درج نمایید.
  - به مراحل مونتاژ و آماده کردن مجموعه نیز عنوان جداگانه ای اختصاص دهید و ضمن تشریح مراحل مونتاژ، تصویری از بُرد مونتاژ شده را بیاورید.
  - راه اندازی و عیب یابی نیز از عناوینی است که در گزارش پروژه به صورت مستقل می آید و کلیه ی فرایندها در آن بیان می شود.
  - در عنوان پایانی موارد و کاربرد آن به طور دقیق بحث می شود.
  - در صفحه ی آخر گزارش پروژه، منابع و مآخذ استفاده شده با ذکر نام مؤلف و ناشر و سال چاپ به طور دقیق می آید.
- ۲۰- برد پروژه مدار و گزارش آن را جهت ارزشیابی به معلم خود نشان دهید و برای ارائه پروژه آماده شوید.
- راجع به چگونگی ارائه پروژه، به توضیحات معلم آزمایشگاه به دقت گوش دهید و نکات اجرایی آن را یادداشت کنید.

نکته



هنگام ارائه ی پروژه باید اعتماد به نفس داشته باشید و از ساخته ی خود به طور منطقی دفاع کنید. با صبر و حوصله به پرسش های هنرجویان و معلم خود گوش دهید، سپس برای پاسخ، اقدام کنید. تحت هیچ شرایطی در مقابل پرسش گر جبهه ی مخالف نگیرید.

کار عملی



### ۳-۷ ساخت پروژه دوم (۲):

پروژه پیشنهادی برای این قسمت حسگر دما شکل ۲۴-۷ است. به جای این پروژه می توانید با مشاوره با مربی کارگاه پروژه دیگری را انتخاب و اجرا کنید.

**هدف:** کسب مهارت در شبیه سازی، طراحی مدار چاپی، اجرا و ساخت پروژه حسگر دما



شکل ۲۴-۷- مدار حسگر دما

## مراحل اجرای پروژه

فرایند اجرای پروژه مشابه مراحل اجرای پروژه یک (۱) است.

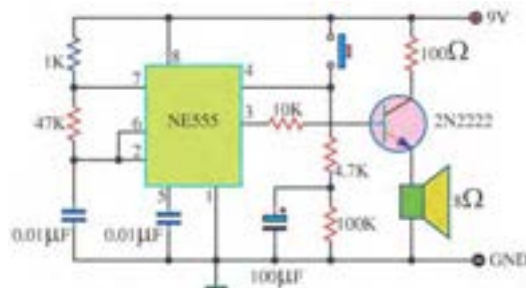
کار عملی



## ۴-۷ ساخت پروژه سوم (۳):

پروژه پیشنهادی برای این قسمت مدار هشدار دهنده صوتی شکل ۵۲-۷ است. به جای این پروژه می توانید با مشاوره با مربی کارگاه پروژه دیگری را انتخاب و اجرا کنید.

هدف: کسب مهارت در شبیه سازی، طراحی مدار چاپی، اجرا و ساخت پروژه هشدار دهنده صوتی



شکل ۲۵-۷- مدار هشدار دهنده صوتی

## ارائه ی دو نمونه پروژه ی پیشنهادی:

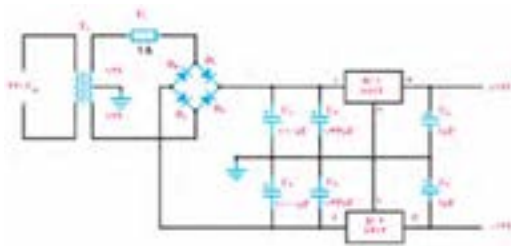
مدار های الکترونیکی که در شکل ۲۶-۷ نشان داده شده است را می توانید به عنوان پروژه انتخاب کنید.

کار عملی



## پروژه ی شماره ی ۱ پیشنهادی

منبع تغذیه متقارن

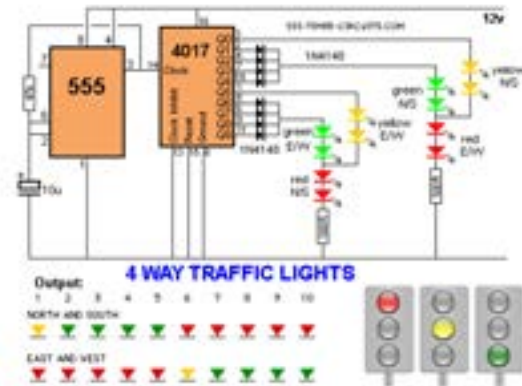


الف - پروژه پیشنهادی ۱





## پروژه شماره ۲ پیشنهادی چراغ های راهنمایی ترافیک



ب - پروژه پیشنهادی ۲

شکل ۲۶-۷- پروژه های پیشنهادی

### آزمون نظری پایانی واحد یادگیری

- ۱- اجرای فعالیت ها در یک زمان محدود و معین پروژه نام دارد.  
 صحیح  غلط
- ۲- برای اجرایی شدن پروژه نیاز به یک برنامه ریزی و زمان بندی است.  
 صحیح  غلط
- ۳- برای طراحی فیبر مدار چاپی نیاز به خرید قطعات نیست.  
 صحیح  غلط
- ۴- از کاغذ ..... برای چاپ طرح مدار استفاده می شود.
- ۵- نام اسید فیبر مدار چاپی ..... است.
- ۶- قطر مناسب مته برای پایه ترانزیستور، مته شماره ..... است.
- ۷- برای ارائه پروژه چه اقداماتی باید صورت گیرد؟
- ۸- در صفحه های گزارش کار پروژه که در زیر آمده است، چه عناوینی باید نوشت؟
  - الف- صفحه اول.....
  - ب- صفحه ششم.....
  - پ- صفحه آخر.....

## ارزشیابی شایستگی مونتاژ یک نمونه برد ساده کاربردی الکترونیکی

واحد یاد گیری ۷

شرح کار:

- ۱- تحقیق درباره انتخاب یک نمونه پروژه ساده الکترونیکی
- ۲- شبیه سازی مدار انتخاب شده پروژه با نرم افزارهای مرتبط
- ۳- طراحی مدار چاپی با نرم افزار
- ۴- انتقال طرح مدار چاپی بر روی فیبر به روش استفاده از حرارت اتو
- ۵- مونتاژ قطعات و راه اندازی برد الکترونیکی
- ۶- گزارش نویسی و مستندسازی پروژه

استاندارد عملکرد:

انجام پروژه و راه اندازی حداقل یک نمونه و حد اکثر سه نمونه برد الکترونیکی ساده با رعایت استاندارد های تعریف شده

شاخص ها:

- ۱- انتخاب نقشه استاندارد پروژه و شبیه سازی آن با نرم افزار مناسب
- ۲- تهیه صحیح قطعات استاندارد برای پروژه انتخابی
- ۳- آزمایش صحت هر یک از قطعات پروژه بر اساس استاندارد های تعریف شده
- ۵- بستن مدار الکترونیکی پروژه در نرم افزار و بر روی بردبرد و راه اندازی آن
- ۶- طراحی صحیح فیبر مدار چاپی پروژه انتخابی با نرم افزار و باز بینی صحت آن
- ۷- نصب صحیح و استاندارد قطعات بر روی برد مدار چاپی و راه اندازی کامل مدار
- ۸- رفع عیب بر اساس استانداردهای تعریف شده در صورت کار نکردن برد
- ۹- تهیه گزارش کامل پروژه، مستندسازی و ارائه آن

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

مکان انجام کار با کف عایق یا آنتی استاتیک- نور مناسب برای کارهای ظریف (مونتاژ کاری)- ابعاد حداقل ۶ مترمربع- دارای تهویه یا پنجره- دمای طبیعی (۱۸ تا ۲۷ درجه سانتی گراد) و مجهز به وسایل اطفاء حریق- میز کار استاندارد با ابعاد ۱۸۰×۸۰×۱۸۰ cm D مجهز به فیوز حفاظت جان- رایانه متصل به شبکه اینترنت- فرد با لباس کار- انجام کار در حال نشسته- نرم افزار خاص- ذره بین با بزرگنمایی ۱۰×  
**ابزار و تجهیزات:** لوازم التحریر- رایانه- نرم افزار مرتبط با فیبر مدار چاپی- کاغذ گلاسه- اتو- چاپگر لیزری- پیچی- دریل با مته مناسب- اسید پروکلرودوفر- لوازم اسید کاری- لوازم لحیم کاری- قطعات الکترونیکی مرتبط با پروژه- مولتی متر- منبع تغذیه

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	انتخاب نقشه پروژه و شبیه سازی پروژه با نرم افزار مناسب	۱	
۲	تهیه صحیح قطعات مورد نیاز و آزمایش هر یک از قطعات پروژه	۲	
۳	بستن مدار الکترونیکی پروژه بر روی بردبرد	۲	
۴	طراحی فیبر مدار چاپی و نصب قطعات بر روی برد و راه اندازی مدار	۲	
۵	رفع عیب بر اساس استانداردهای تعریف شده در صورت معیوب بودن برد و تهیه گزارش پروژه و مستندسازی مراحل کار	۲	
	شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱- رعایت نکات ایمنی ابزارها و دستگاهها ۲- دقت و تمرکز در اجرای کار ۳- شایستگی تفکر و یادگیری مادام العمر ۴- اخلاق حرفه ای	۲	
	میانگین نمرات		*

\* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.

## منابع و مآخذ

- ۱- برنامه درسی رشته الکترونیک - دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش، سال ۱۳۹۴.
- ۲- اصول الکترونیک، گروپ، ترجمه احمد ریاضی، محمود همتایی و..... دانشکده شهید شمس پور.
- ۳- اندرسن چارلز، دوره جامع برق و الکترونیک، مترجم محمدرضا محمدی فر، انتشارات سپهر.
- ۴- الکترونیک عمومی ۱، مؤلفان: ابوالقاسم جاریانی، شهرام نصیری سوادکوهی و.....، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.
- ۵- الکترونیک پایه، کد ۶۰۹/۱۷ مؤلفان: فتح اله نظریان، فرشته داودی لعل آبادی و.....، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.
- ۶- الکترونیک عمومی ۲ کد ۴۹۰/۵، مؤلفان: شهرام نصیری سوادکوهی، یداله رضازاده، و.....، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.
- ۷- کارگاه الکترونیک مقدماتی کد ۳۵۹/۶۲ مؤلفان شهرام نصیری سوادکوهی، سید محمود صموتی T شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران
- ۸- آزمایشگاه مجازی ۲ کد ۴۶۶/۶، مؤلفان مهین ظریفیان جولایی، محمود شبانی و..... شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.
- ۹- راهنمای کاربرد (help) نرم افزار PCB WIZARD
- ۱۰- سایت‌های اینترنتی برگه‌های اطلاعات، Data sheet کتاب اطلاعات Data book و دستیانه Hand book.
- ۱۱- طراحی و سیم‌کشی برق ساختمان‌های مسکونی، مؤلفان علیرضا حجرگشت، محمدرضا سعیدی و... شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.
- 12 - Electronic devices and circuit theory by Robert Boylestad Louis Nashilsky.
- 13 - Transistor Fundamentals by Robert J Brite
- 14 - Transistor Circuit action by Henry C.Vealch
- 15 - Electronic Devices Electron flow version Floyd
- 16 - High reliability soldering and circuit board repair0 , by Norman Ahlhelm- unesco 2013

هنرآموزان محترم، هنرجویان عزیز و اولیای آنان می‌توانند نظرهای اصلاحی خود را درباره مطالب این کتاب از طریق نامه  
برنشانی تهران - صندوق پستی ۴۸۷۴ / ۱۵۸۷۵ - گروه درسی مربوط و یا پیام‌نگار [tvoccd@roshd.ir](mailto:tvoccd@roshd.ir) ارسال نمایند.

وبگاه : [www.tvoccd.medu.ir](http://www.tvoccd.medu.ir)

دفترتالیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کارواش

هنرآموزان نامبرده زیر در استان‌های منتخب کشور در اعتبارسنجی کتاب درسی طراحی و ساخت مدار چاپی رشته الکترونیک مشارکت داشته‌اند.  
رحمت‌الله ابراهیمی، قربان‌بالی، حسین قناعت‌خواه، محمدرضا تاجیک چوبه، سید کاظم  
جامعی مقدم، مجتبی حمیدی، جلال‌الدین رضایی، فرهاد زاهد زارعی، امیر ستارزاده،  
محمد شعوری، محمدحسین عبدی، مرتضی غفاری، محمد فاضل فرهادی، مسعود فلاح،  
پیام قاسمی، سید کاظم نجفی، اکبر نور محمدی، سجاد یوسفی

