برق تاسیسات

کارشناسی پیوسته

بخش دوم (دیودها و کاربردهای آنها)–۲ جلسه

نام استاد: رحیمی

فصل سوم

زمان اجرا: ۱۶ ساعت آموزشی

دیود

هدف کلی

بررسی ساختمان و کاربرد انواع دیود

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود که:

۱- اتصال PN را توضیح دهد.

۲- خصوصیات پیوند PN را توضیح دهد.

۳- بایاس مستقیم در دیود را توضیح دهد.

۴- بایاس معکوس در دیود را توضیح دهد.

۵- جریان اشباع معکوس در دیود را توضیح دهد.

۶- علامت اختصاری دیود و منحنی مشخصه‌ی آن را توضیح دهد.

۷- دیود در حالت ایده‌آل را تعریف کند.

۸- مقاومت استاتیکی و دینامیکی دیود را توضیح دهد.

۹- مدار معادل دیود معمولی را رسم کند.

۱۰- مقادیر حد در دیودها را شرح دهد.

۱۱- نحوه‌ی تشخیص پایه‌ها و سالم بودن دیود را با اهم مترعقربه‌ای و دیجیتالی توضیح دهد.

۱۲- انواع دیودها را نام ببرد.

۱۳- دیود اتصال نقطه‌ای و کاربرد آن را شرح دهد.

۱۴- اصول کار دیود زنر را شرح دهد.

۱۵- کاربرد ساده‌ای از دیود زنر را شرح دهد.

۱۶- دیود نوردهنده (LED) را شرح دهد.

۱۷- کاربرد ساده‌ای از دیود نور دهنده را شرح دهد.

۱۸- دیود خازنی را شرح دهد.

۱۹- کاربرد ساده‌ای از دیود خازنی را شرح دهد.

۲۰- فتو دیود را شرح دهد.

۲۱- کاربرد ساده‌ای از فتو دیود را شرح دهد.

۲۲- نمایشگر ال سی دی (LCD) و پلاسما را شرح دهد.

۲۳- به الگوی پرسش پاسخ دهد.

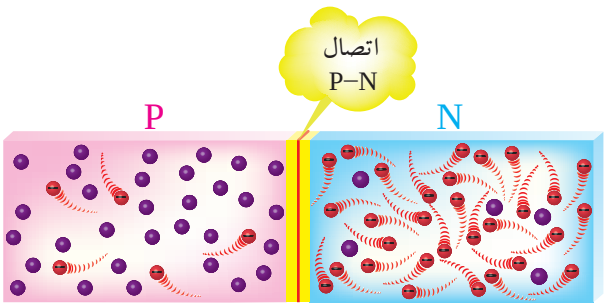
۲۴- هدف‌های مربوط به حیطه‌ی عاطفی که در فصل اول آمده است را اجرا نماید.

۳-۱ پیش گفتار

یکـی از قطعات پُر کاربـرد در مدارهای الکترونیکی دیود اسـت. دیود از پیوند دو قطعه کریسـتال نوع N و P به وجود می‌آید و در انواع مختلف سـاخته می‌شـود. در این فصل به نحوه‌ی تشـکیل پیونـد PN به عنوان دیود و مـوارد کاربرد آن می‌پردازیم. هم چنیـن انواع دیودها و نحوه‌ی امتحان کردن دیود با اهم متر و مقادیر حد دیودها از مواردی است که مورد بحث قرار می‌گیرد.

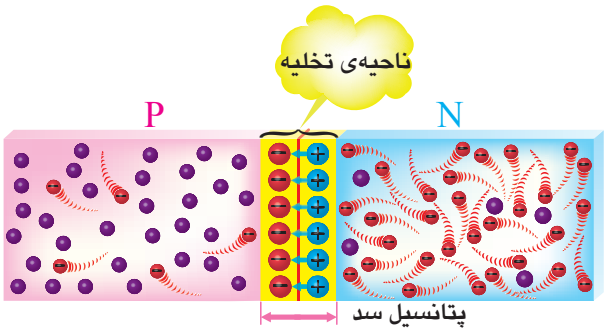
۳-۲ اتصال PN (PN Junction)

تاکنـون خصوصیت الکتریکی نیمه هادی نوع P و N را به طور جداگانه مورد بررسی قرار داده‌ایم. حال بررسی کنیـم اگر این دو نیمه هـادی را به یکدیگر پیوند دهیم[1]، چه اتفاقی می‌افتد؟ برای پاسخ دادن به این سؤال به شکل ۳-۱ توجه کنید.



شکل ۳-۱ پیوند PN

لحظـه‌ای که دو قطعه‌ی نیمه هـادی نوع P و N را به هم پیونـد می‌دهیم، از آن جایی که الکترون‌ها و حفره‌ها قابل انتقال‌انـد، الکترون‌های موجـود در نیمه‌هادی نوع N به سـبب بار الکتریکی مثبـت حفره‌ها، جذب حفره‌ها می‌گردنـد. لذا در محل اتصال نیمه هادی نوع P و N، نه الکترون آزاد وجود دارد و نه حفره. به این محل که در آن الکترون‌هـا و حفره‌ها وجود ندارند، ناحیه‌ی تخلیه یا لایه سد (Depletion Region) می‌گویند. عرض ناحیه تخلیه بسـیار کم گاهی حدود چند دهم میکرون است. اتم‌های محل پیوند PN هیچ گونـه الکترون اضافه یا کم ندارند، زیرا مدار آخر آن‌ها کامل است. لذا، می‌توان این محل را به عنوان یک عایق به حساب آورد (شکل ۳-۲).



شکل ۳-۲ لایه‌ی سد

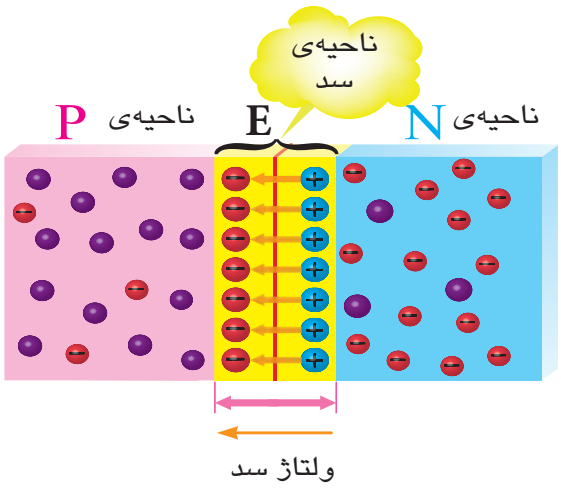
همان طور که در شکل ۳-۲ مشاهده می‌شود، ناحیه‌ی تخلیه، فاقد الکترون آزاد و حفره اسـت. اما دراین ناحیه، اتم‌هایی که الکترون از دست داده‌اند یا دریافت کرده‌اند، بـه صورت بارهای مثبت و منفـی در نیمه هادی نوع N و P باقی می‌مانند. بقیه‌ی قسـمت‌های دو نیمه‌ی هادی نوع N و P (بـه جز ناحیه‌ی تخلیه) وضـع عادی خود را حفظ می‌کنند.

در ناحیـه‌ی تخلیه، بارهای مثبـت در نیمه هادی نوع N و بارهـای منفـی در نیمه هادی نـوع P، در دو طرف لایه‌ی سـد یا لایـه‌ی عایق قـرار گرفته‌انـد. مجموعه‌ی ناحیه‌ی تخلیه، مانند یک خازن شـارژ شده عمل می‌کند. در این شرایط سطوح دو نیمه هادی به منزله‌ی دو جوشن و لایه‌ی سد به منزله‌ی عایق (دی‌الکتریک) خازن است. بنابراین بارهای مثبت و منفی بین دو جوشن یک پتانسیل تشکیل می‌دهند.

۱- منظور از پیوند دادن، اتصال مکانیکی یا چسباندن کریستال P به N نیست بلکه در هم آمیختن ملکول‌های آن‌ها با یکدیگر است که با فن‌آوری خاصی انجام می‌شود.

این پتانسیل، پتانسیل سد نام دارد؛ زیرا قادر است که از عبور الکترون‌ها و حفره‌ها از لایه‌ی سد جلوگیری کند، به عبارت دیگر میدان الکتریکی به وجود آمده در ناحیه‌ی سد، مانع عبور حامل‌های اقلیت و اکثریت موجود در کریستال‌های نوع N و نوع P به سمت یک دیگر می‌شود. این نوع پیوند PN را اصطلاحاً دیود یا دو قطبی (Diode) می‌نامند. مقدار پتانسیل سد برای دیودهای سیلیسیمی حدود ۰/۷ ولت و برای دیودهای ژرمانیمی حدود ۰/۲ ولت است. بدیهی است که ما نمی‌توانیم به طور مستقیم (مثلاً با ولت متر) این پتانسیل را اندازه بگیریم. زیرا این پتانسیل، فقط در ناحیه‌ی تخلیه به وجود می‌آید نه در دو انتهای نیمه هادی P و N که بتوانیم با ولت متر آن را اندازه بگیریم. اندازه گیری این ولتاژ را فقط می‌توان با اتصال ولتاژ خارجی، که در قسمت ۳-۵ توضیح داده خواهد شد، به دست آورد.

پتانسیل سد، یک میدان الکتریکی از نیمه هادی نوع N به طرف نوع P به وجود می‌آورد، که در شکل ۳-۳ با حرف E نشان داده شده است. فلش نیز جهت میدان را مشخص می‌کند.

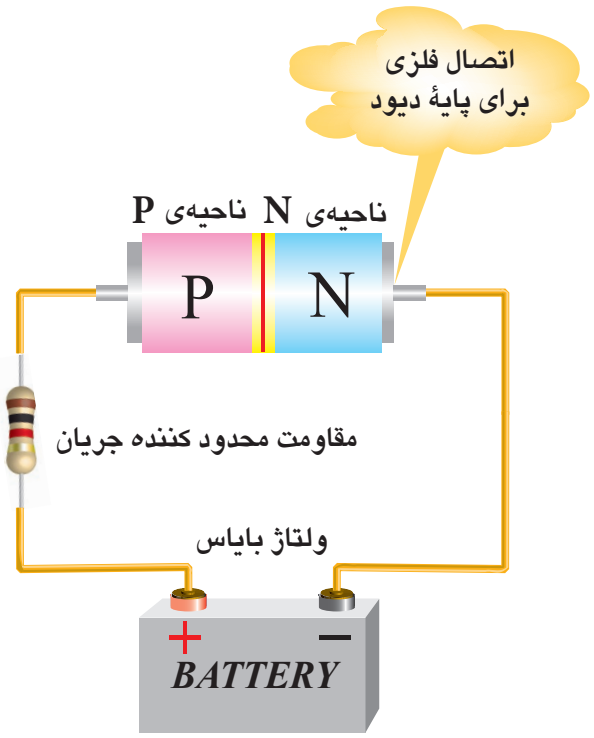


شکل ۳-۳ پتانسیل سد

۳-۳ دیود در بایاس مستقیم (Forward Bias) و بایاس معکوس (Reverse Bias)

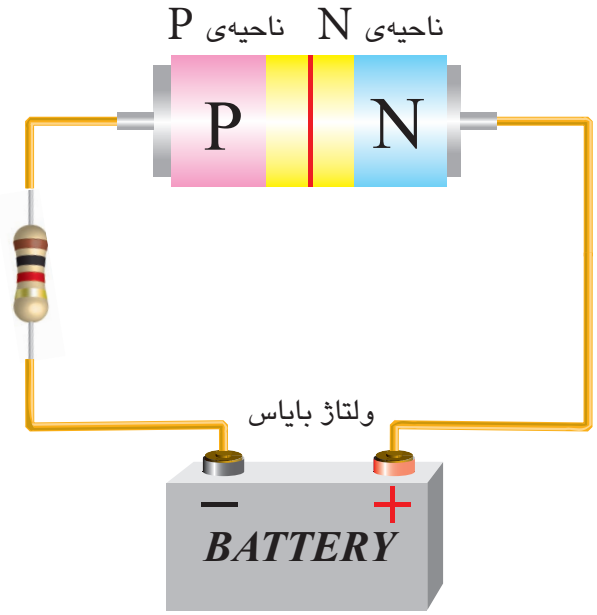
وصل کردن ولتاژ به دیود را بایاس کردن دیود می‌نامند. اتصال ولتاژ به دیود به دو صورت امکان‌پذیر است.

۳-۳-۱ بایاس مستقیم: اگر نیمه هادی نوع P را به قطب مثبت باتری و نیمه هادی نوع N را به قطب منفی آن متصل کنیم، این حالت را بایاس مستقیم می‌گویند. (شکل ۳-۴)



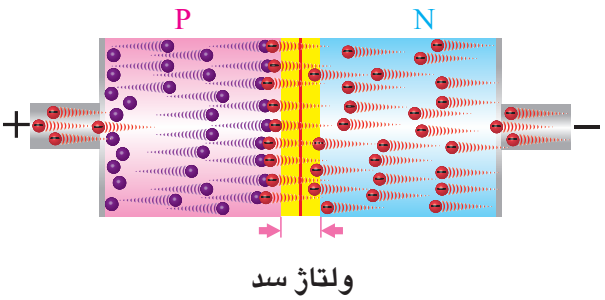
شکل ۳-۴ پیوند PN در بایاس موافق

۳-۳-۲ بایاس معکوس: در صورتی که نیمه هادی نوع P را به قطب منفی باتری و نیمه‌های نوع N را به قطب مثبت آن وصل نماییم، این حالت را بایاس معکوس می‌نامند. (شکل ۳-۵)



شکل ۵-۳ پیوند PN در بایاس مخالف

۳-۳-۳ رفتاردیود در بایاس مستقیم (بایاس موافق- گرایش مستقیم): شکل ۶-۳ اتصال یک دیود (PN) را به ولتاژ باتری در بایاس مستقیم نشان می‌دهد.

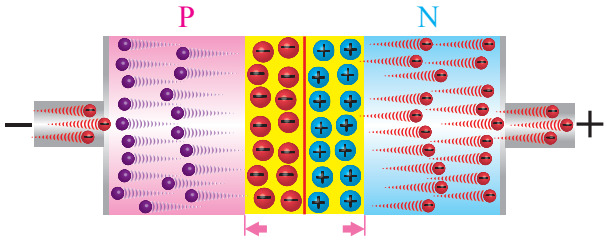


شکل ۶-۳ رفتار دیود در بایاس مستقیم

اگر در این بایاس، ولتاژ باتری بیش‌تر از پتانسیل سد باشد، میدان الکتریکی ناشی از ولتاژ باتری، میدان الکتریکی پتانسیل سد دیود را خنثا می‌کند (زیرا جهت میدان باتری، عکس میدان پتانسیل سد است). لذا منطقه‌ی تخلیه و پتانسیل سد از بین می‌رود به عبارت دیگر لایه‌ی سد، در اثر میدان الکتریکی ولتاژ باتری می‌شکند. در نتیجه، الکترون‌های آزاد واقع در نیمه‌هادی نوع N، توسط بار الکتریکی منفی باتری، به سمت محل پیوند رانده می‌شوند و از محل پیوند عبور می‌کنند و بعد از عبور از نیمه هادی نوع P، جذب پتانسیل مثبت باتری می‌گردند. در همین حال، حفره‌ها که در اثر ولتاژ مثبت باتری به سمت محل پیوند رانده شده‌اند وارد نیمه هادی نوع N می‌گردند و جذب قطب منفی باتری می‌شوند. به این ترتیب، الکترون‌ها از قطب منفی خارج می‌شوند و وارد قطب مثبت می‌گردند. یعنی در مدار، جریان برقرار می‌شود. به این نکته توجه داشته باشیم که، وقتی الکترون‌ها از محل پیوند عبور می‌کنند، وارد نیمه هادی نوع P می‌شوند و مرتباً با حفره‌ها ترکیب می‌گردند. پیوندهای تشکیل شده، به سبب میدان خارجی مرتباً شکسته می‌شود و الکترون آزاد می‌کند. الکترون آزاد شده با حفره مجاور ترکیب می‌شود، به این ترتیب با ترکیب‌های زیاد و شکسته شدن‌های مجدد پیوندها، الکترون‌ها از نیمه هادی نوع P عبور می‌کنند و جذب قطب مثبت باتری می‌گردند. بنابراین الکترون‌ها از طریق حفره‌ها به قطب مثبت می‌رسند. همان طور که حفره‌ها نیز عکس جهت حرکت الکترون‌ها، حرکت می‌کنند و جذب قطب منفی می‌شوند.

اگر نیمه هادی نوع P به قطب مثبت باتری و نیمه هادی نوع N به قطب منفی آن وصل شود و ولتاژ باتری از پتانسیل سد دیود بیش‌تر باشد، در مدار، جریان برقرار خواهد شد.

۳-۳-۴ رفتار دیود در بایاس معکوس (مخالف): شکل ۷-۳ اتصال بایاس معکوس یک دیود را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۷ بایاس معکوس (مخالف)

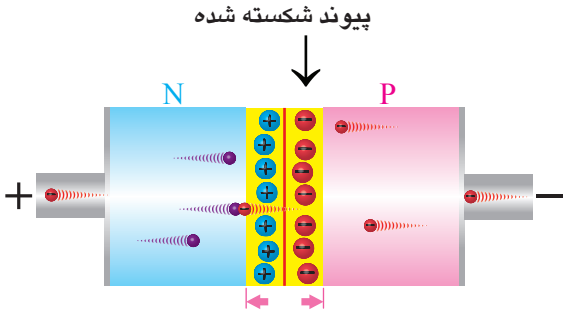
الکترون‌های آزاد واقع در نیمه هادی نوع N، به سبب پتانسیل مثبت باتری، به سمت راست و حفره‌ها نیز به دلیل پتانسیل منفی باتری، به سمت چپ کشیده می‌شوند. در این حالت، عرض ناحیه‌ی تخلیه زیادتر می‌گردد و ولتاژ باتری، پتانسیل سد را تشدید می‌کند. لذا، به دلیل افزایش پتانسیل سد و تهی‌تر شدن ناحیه‌ی تخلیه از الکترون‌ها و حفره‌ها، جریانی در مدار برقرار نخواهد شد.

اگر قطب مثبت باتری به نیمه هادی نوع N و قطب منفی باتری به نیمه هادی نوع P وصل شود، جریانی در مدار نخواهیم داشت. به عبارت دیگر، در بایاس معکوس جریانی در مدار برقرار نمی‌شود.

۳-۴ جریان اشباع معکوس در دیود

البته باید به خاطر داشته باشیم که بر اثر گرما، همواره پیوندها در حال شکسته شدن و ترکیب مجدد هستند. حال اگر دیودی در بایاس معکوس بسته شود و تعدادی از پیوندها در لایه‌ی سد شکسته شوند، چه اتفاقی خواهد افتاد؟

با توجه به شکل ۳-۸، فرض می‌کنیم یک پیوند در محل سد شکسته شده باشد، در نتیجه یک الکترون آزاد و یک حفره به وجود می‌آید.



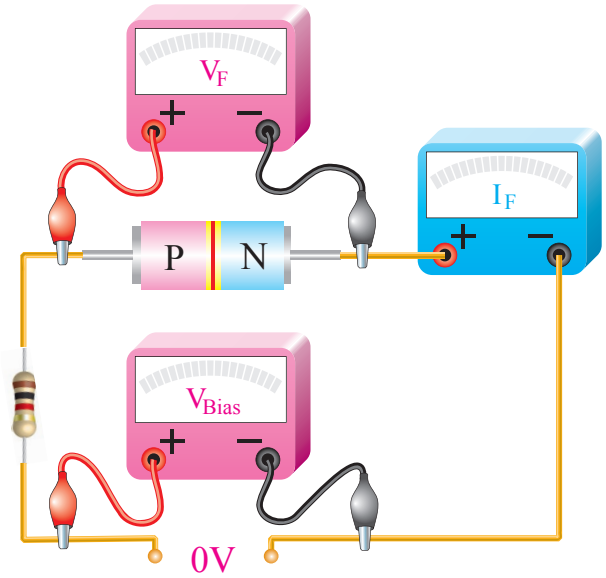
شکل ۳-۸ جریان اشباع معکوس

الکترون آزاد به سمت پتانسیل مثبت باتری کشیده خواهد شد و جذب قطب مثبت باتری می‌گردد. چون لایه‌ی سد، یک الکترون کمبود دارد، یک الکترون از قطب منفی وارد کریستال نوع P می‌شود و می‌توانیم بگوییم که حفره، جذب قطب منفی گردیده است، لذا در مدار، جریان بسیار ضعیفی به وجود می‌آید که به جریان اشباع معکوس معروف است. مقدار این جریان، به جنس نیمه هادی و گرمای محیط بستگی دارد، زیرا این جریان فقط در اثر شکستن پیوندها ایجاد می‌شود. در المان‌هایی که از سیلیسیم ساخته می‌شوند، این جریان بسیار کم است. گاهی مقدار آن از نانو آمپر تجاوز نمی‌کند. لذا در بیش‌تر موارد از آن صرف نظر می‌کنند.

۳-۵ منحنی مشخصّه‌ی ولت- آمپر دیود در بایاس مستقیم:

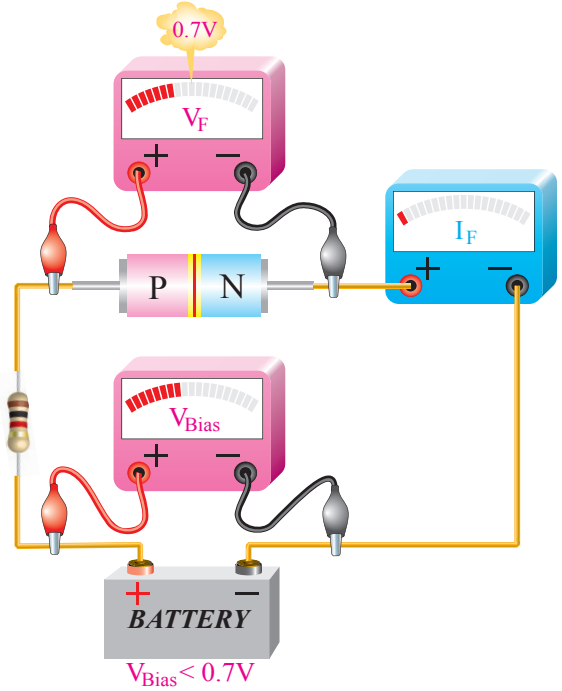
در مدار شکل ۳-۹ یک دیود در بایاس مستقیم قرار دارد. در این مدار یک میلی آمپر متر با دیود سری شده است. در ولتاژ صفر، مقدار جریان عبوری از دیود صفر است. چنان‌چه ولتاژ تغذیه را تا ۰/۵ ولت زیاد کنیم، میلی‌آمپر متر تقریباً جریانی را نشان نمی‌دهد. زمانی که ولتاژ از ۰/۵ ولت بیش‌تر می‌شود، چون جنس دیود از سیلیسیوم است،

جریان بسیار ضعیفی در مدار برقرار می‌گردد.



شکل ۹-۳ اتصال دیود به ولتاژ صفر ولت

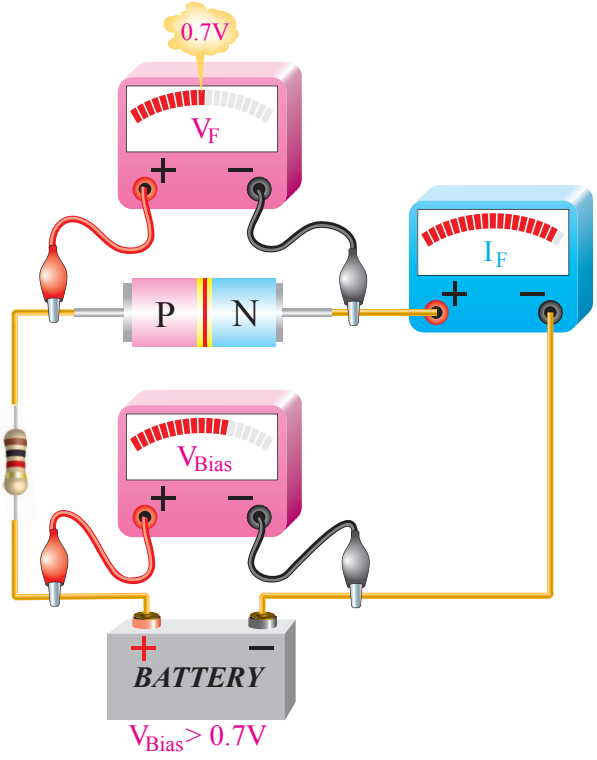
شکل ۱۰-۳ ولتاژ بایاس دیود را کم‌تر از ۰/۷ ولت و جریان ناچیز عبوری از دیود را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰-۳ ولتاژ بایاس دیود کمتر از ۰/۷ ولت

هنگامی که ولتاژ دیود به حدود ۰/۷ ولت می‌رسد، جریان به طور ناگهانی افزایش می‌یابد. زیاد شدن ناگهانی جریان، به دلیل غلبه‌ی ولتاژ خارجی بر پتانسیل سد است.

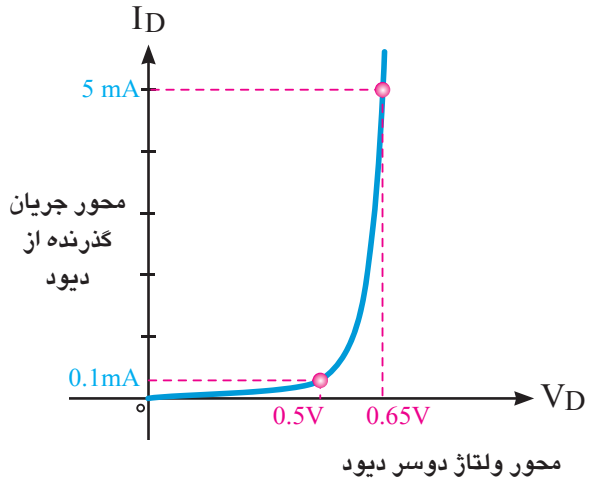
هنگامی که ولتاژ خارجی، از ولتاژ سد بیش‌تر شد، مقاومت دیود کم و جریان زیاد می‌شود. اگر این جریان محدود نشود، به سوختن دیود منجر می‌گردد. حداکثر این جریان را که به ازای آن دیود نمی‌سوزد، کارخانجات سازنده مشخص می‌نمایند. برای محدود کردن جریان عبوری از دیود، لازم است مقاومتی را با دیود سری کنیم. شکل ۱۱-۳ نشان می‌دهد که ولتاژ بایاس از ۰/۷ ولت بیش‌تر است و ولتاژ دو سر دیود تقریباً ۰/۷ ولت ثابت مانده است ولی جریان عبوری از دیود بسیار زیاد است.



شکل ۱۱-۳ هدایت دیود با ولتاژ بیش‌تر از ۰/۷ ولت

چنان‌چه مراحل فوق را برای ولتاژهای مختلف، تکرار کنیم و به ازای ولتاژهای مختلف مثلاً در پله‌های ۰/۱ ولتی (۰/۱، ۰/۲، ... ولت) جریان گذرنده از دیود را اندازه بگیریم و مقادیر را در جدولی ثبت کنیم، از روی مقادیر به دست آمده می‌توانیم نمودار $I_D - V_D$ را در یک مختصات رسم کنیم.

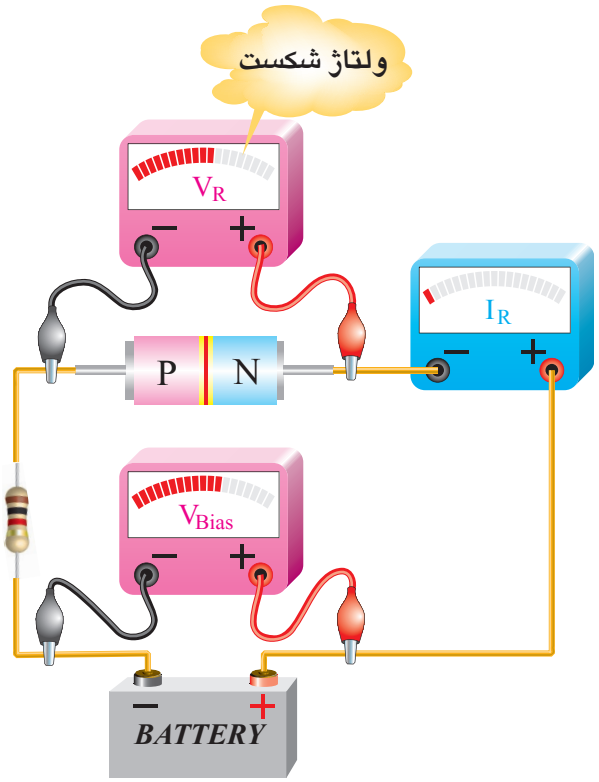
نمودار به دست آمده منحنی مشخصه ولت آمپر دیود را در بایاس مستقیم نشان می‌دهد. شکل ۱۲-۳ یک نمونه نمودار (ولت آمپر دیود) را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲-۳ منحنی مشخصه‌ی دیود

۳-۶ منحنی مشخصه‌ی ولت آمپر دیود در بایاس معکوس

اگر دیود را در بایاس معکوس اتصال دهیم و ولتاژ خارجی را زیاد کنیم، جریان بسیار ضعیفی از مدار می‌گذرد. این جریان همان جریان اشباع معکوس یا جریان نشتی دیود است. شکل ۱۳-۳ حالت بایاس معکوس دیود را نشان می‌دهد. در این شکل جریان عبوری از دیود و ولتاژ دو سر دیود را می‌توانید مشاهده کنید.



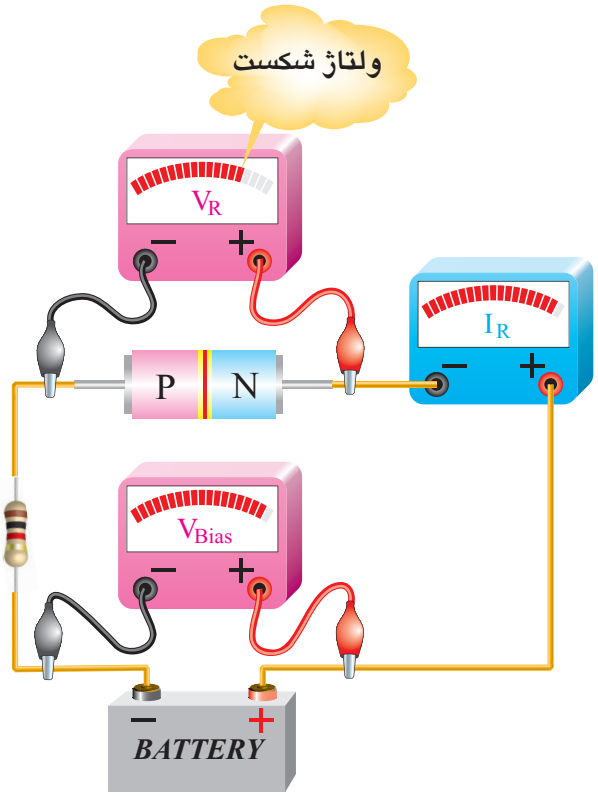
شکل ۱۳-۳ بایاس معکوس دیود

کارخانه‌های سازنده مقدار ولتاژ بیشینه قابل تحمل توسط دیود در بایاس معکوس را مشخص می‌کنند. این ولتاژ به عنوان یک مشخصه‌ی مهم در دیود معمولی به کار می‌رود. شکل ۱۴-۳ دیود را در حالتی نشان می‌دهد که مقدار ولتاژ معکوس آن به حد شکست رسیده است. در دیود معمولی اگر مقدار ولتاژ معکوس به حد شکست برسد دیود می‌سوزد.

تحقیق کنید:

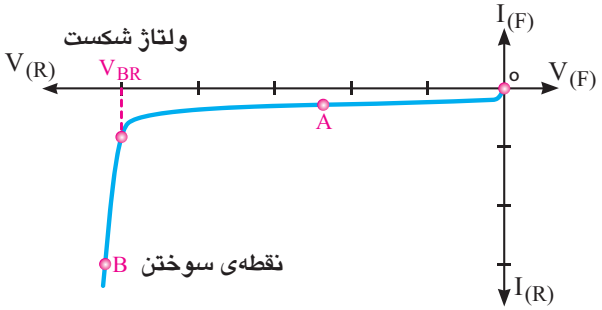
آیا از دیود می‌توان برای حفاظت دستگاه‌های الکترونیکی در مقابل اتصال ولتاژ با قطب‌های اشتباه استفاده کرد؟

تحقیق خود را به صورت یک گزارش کوتاه به کلاس ارائه نمایید.



شکل ۳-۱۴ ولتاژ دوسر دیود به حد شکست رسیده است

در شکل ۳-۱۵ منحنی مشخصه‌ی ولت آمپر دیود معمولی در گرایش معکوس نشان داده شده است.

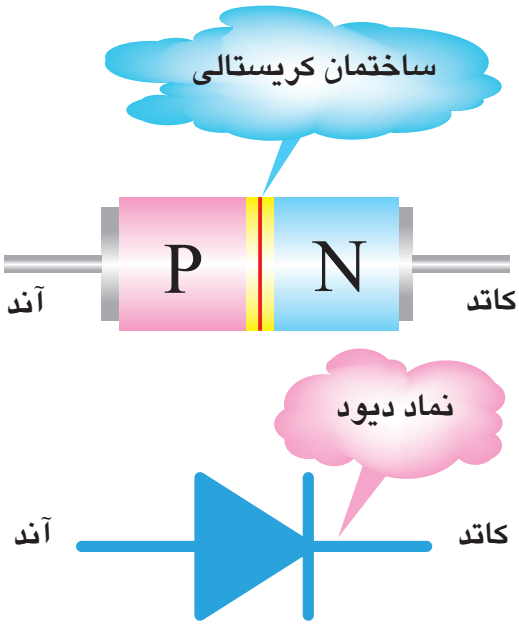


شکل ۳-۱۵ منحنی مشخصه‌ی ولت‌آمپر دیود در بایاس معکوس

نکته‌ی مهم: در صورتی که دیودهای معمولی در حالت شکست قرار گیرند آسیب می‌بینند.

۳-۷ علامت اختصاری و ساختمان ظاهری دیود معمولی

دیودهای معمولی، از نظر ظاهری به شکل‌های مختلفی ساخته می‌شوند ولی علامت اختصاری همه یک‌سان است. در شکل ۳-۱۶ ساختمان کریستالی و نماد مداری دیود نشان داده شده است.



شکل ۳-۱۶ ساختمان کریستالی و نماد مداری دیود

در نماد مداری، علامت مثلث، جهت قراردادی جریان را نشان می‌دهد. نیمه هادی نوع P را آند و نیمه هادی نوع N را کاتد، نام گذاری می‌نمایند.

شکل ظاهری چند نمونه دیود را در شکل ۳-۱۷ مشاهده می‌کنید. پایه‌های آند و کاتد روی دیودها مشخص شده‌اند.

معمولاً کاتد را با یک نوار یا علامت K یا سایر علایم مشخص می‌کنند و در نمونه‌هایی که پایه به بدنه اتصال دارد، کاتد بدنه است.

زمان اجرا: ۱۰ ساعت آموزشی

فصل چهارم

کاربرد دیودها
(یک‌سو ساز، چند برابر کننده و تغییر دهنده‌ی شکل موج)

هدف کلی

کاربرد دیودها در مدارهای پایه‌ای الکترونیک

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود که:

۱- یک سو سازی را تعریف کند.

۲- یک سوکننده‌های نیم موج، تمام موج و پل را توضیح دهد.

۳- فرق بین یک سوکننده‌های نیم موج و تمام موج را بیان کند.

۴- یک سوکننده‌ی تمام موج و پل را با هم مقایسه کند.

۵- صافی (فیلتر) را تعریف کند.

۶- اثرات صافی‌ها را در یک سو کننده‌های نیم موج، تمام موج و پل توضیح دهد.

۷- اصول کار مدارات چند برابر کننده‌ی ولتاژ را شرح دهد.

۸- مدار چند برابر کننده‌ی ولتاژ را ترسیم کند.

۹- کاربرد مدار چند برابر کننده‌ی ولتاژ را بنویسد.

۱۰- اصول کار مدارهای محدود کننده را توضیح دهد.

۱۱- مدارهای محدود کننده را رسم کند.

۱۲- مدارهای قیچی کننده (Clipper) و مدارهای مهار کننده (Clamper) را توضیح دهد.

۱۳- با استفاده از کتاب راهنمای دیودها، نوع دیود دلخواه را انتخاب و پایه‌های آن را مشخص کند.

۱۴- کاربرد انواع دیودها و روش‌های نام گذاری آن‌ها را نام ببرد.

۱۵- هدف‌های مربوط به حیطه عاطفی که در فصل اول آمده است را اجراء نماید.

۴-۱ پیش گفتار

در فصول گذشته به شرح ساختمان، مشخصّات و معرّفی انواع دیودهای نیمه هادی پرداختیم. در این فصل با کاربرد دیود در مدارهای مختلف، از جمله یک سو کننده‌های دیودی، چند برابرکننده‌ها و تغییردهنده‌های شکل موج آشنا خواهید شد. هر چند محدوده‌ی کاربرد دیود زیاد است ولی اصول کار آن در زمینه‌های مختلف یکسان است.

۴-۲ مدارهای یک سوکننده‌ی دیودی

مدارهای یک سوکننده‌ی دیودی، مداراتی هستند که ولتاژ متناوب را به ولتاژ مستقیم (یک طرفه) تبدیل می‌نمایند. عنصر اصلی این مدارها دیود است. زیرا همان طور که دیدیم، دیود در یک جهت جریان را هدایت می‌کند، در حالی که در جهت دیگر قطع است.مدارات یک سو کننده، علاوه بر ولتاژ یک فازه، ولتاژهای چند فازه (سه یا شش فازه) را نیز، به ولتاژ مستقیم تبدیل می‌نمایند.

به طور کلی سه نوع مدار یک سوکننده‌ی یک فازه وجود دارد.

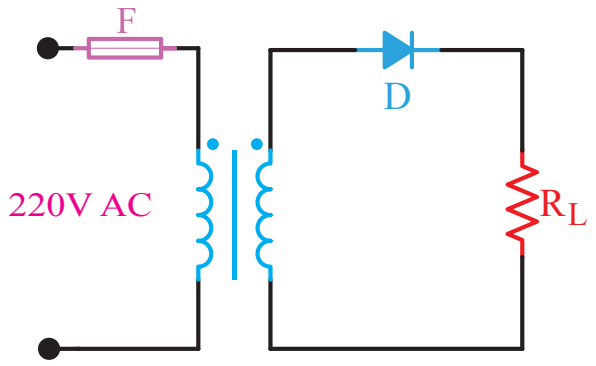
۱- مدار یک سوکننده‌ی نیم موج

۲- مدار یک‌سوکننده‌ی تمام‌موج با ترانس سر وسط

۳- مدار یک سوکننده‌ی تمام موج پل (Bridge)

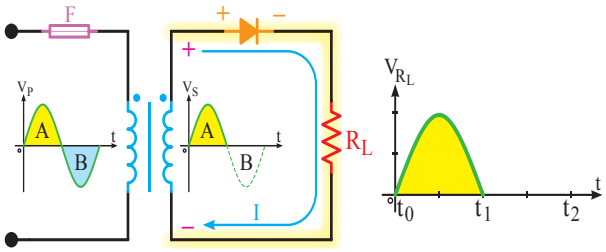
اینک به توضیح هر یک می‌پردازیم.

۴-۲-۱ مدار یک سوکننده‌ی نیم موج: شکل ۴-۱ مدار یک سو کننده نیم موج را نشان می‌دهد. در این مدار یک سو کننده و مدارات دیگر، فرض می‌شود که دیودهای به کار برده شده ایده‌آل هستند؛ یعنی، هیچ گونه افت ولتاژی در دو سر آن‌ها به وجود نخواهد آمد، ولی در عمل حدود ۰/۷ تا ۱/۵ ولت (بسته به جریان عبوری از دیود) دو سر دیود افت می‌کند.



شکل ۴-۱ یک‌سو ساز نیم موج (دیود ایده‌آل)

طرز کار مدار فوق، به این صورت است که، در مدت نیم سیکل مثبت، دیود در بایاس مستقیم قرار می‌گیرد و هادی است. لذا، جریان در نیم سیکل مثبت از دیود و بار عبور می‌کند و مسیر خود را می‌بندد. بنابراین، تمام ولتاژ ثانویه‌ی ترانسفورماتور در نیم سیکل مثبت دو سر بار، ظاهر خواهد شد.(شکل ۴-۲)

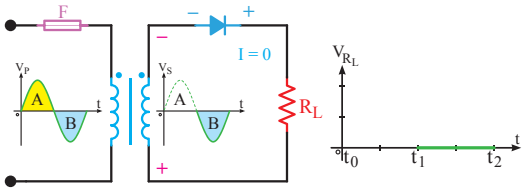


شکل ۴-۲ در نیم سیکل مثبت دیود وصل است

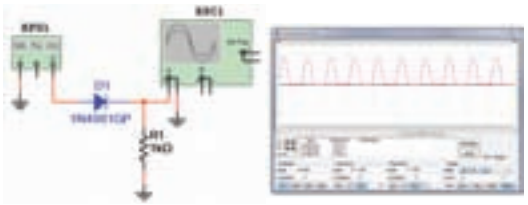
در مدت نیم سیکل منفی، دیود در بایاس معکوس قرار دارد و قطع است. لذا از مدار جریان عبور نمی‌کند. بنابراین، ولتاژ دو سر بار در نیم سیکل منفی، صفر است.

شکل ۴-۳ دیود را در نیم سیکل منفی که مانند کلید باز است نشان می‌دهد. در شکل ۴-۴، مدار یک سو ساز نیم موج را که توسط نرم‌افزار مولتی سیم بسته شده است

و هم چنین شکل موج دو سر بار را مشاهده می کنید.

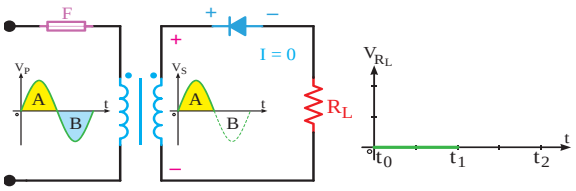


شکل ۳-۴ در این حالت دیود قطع است

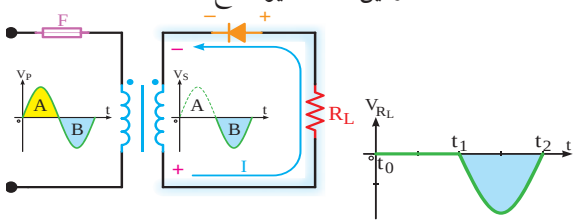


شکل ۴-۴ یک‌سو ساز نیم‌موج و شکل موج دو سر بار که توسط نرم افزار مولتی‌سیم بسته شده است

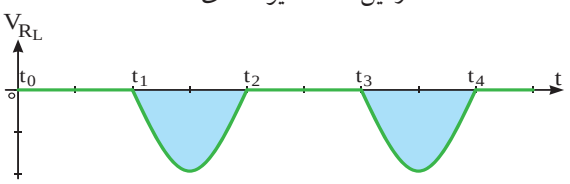
اگر دیود به طور معکوس بسته شود (نسبت به شکل ۲-۴) در مدت نیم سیکل مثبت قطع بوده، ولی در مدّت نیم سیکل منفی هادی است. لذا فقط در مدت نیم سیکل منفی دو سر بار ولتاژ خواهیم داشت. شکل ۵-۴ این مطلب را نشان می‌دهد.



در این حالت دیود قطع است



در این حالت دیود هادی است



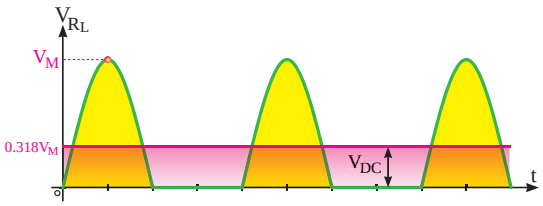
شکل ولتاژ خروجی

شکل ۵-۴ یک‌سو ساز نیم‌موج و شکل موج ورودی و خروجی آن

۴-۲-۲ متوسط ولتاژ دو سر بار: اگر ولت متر جریان مستقیم (dc) را در دو سر بار قرار دهیم، ولت متر چه ولتاژی را نشان می‌دهد؟ همان طور که می‌دانیم، ولت متر جریان مستقیم، مقدار ولتاژ متوسّط را و ولت متر جریانِ متناوب، مقدار ولتاژ مؤثر را نشان می‌دهد. چون در این مدار نوع ولتاژ مستقیم (یک طرفه) است. در این حالت ولت متر مقدار ولتاژ متوسط سیکل‌های یکسو شده را نشان خواهد داد. مقدار متوسّط این ولتاژ یک طرفه، برابر است با:

$$V_{dc} = \frac{V_M}{\pi} = ۰/۳۱۸ V_M$$

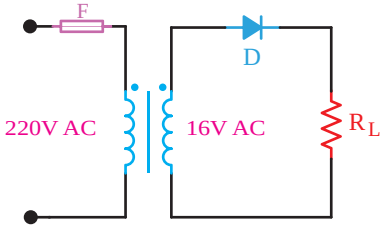
مقدار ولتاژ متوسط (dc) بر روی شکل ۶-۴ نشان داده شده است.



شکل ۶-۴ ولتاژ متوسط یک‌سو ساز نیم‌موج

مثال ۱-۴ مقدار ولتاژ dc شکل ۷-۴ چه قدر است؟ ولتاژ مؤثر ثانویه ترانسفورماتور ۱۶ ولت می‌باشد و دیود نیز ایده‌آل فرض می‌شود.

$$V_{dc} = ۰/۳۱۸ V_M$$
$$V_M = \sqrt{۲} \times V_e = ۱/۴۱ \times ۱۶ = ۲۲/۵۶$$
$$V_{dc} = ۰/۳۱۸ V_M = ۰/۳۱۸ \times ۲۲/۵ = ۷/۱۷ \text{ ولت}$$



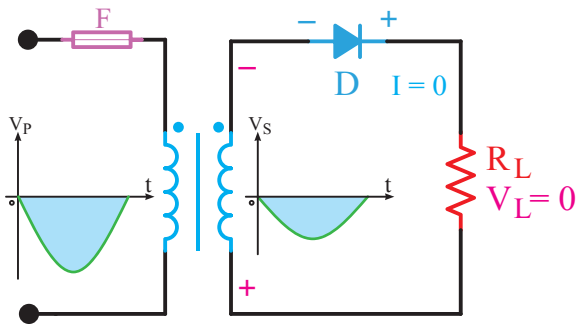
شکل ۷-۴ مربوط به محاسبه‌ی ولتاژ DC در یک‌سو ساز نیم‌موج

۴-۲-۳ حداکثر ولتاژ معکوس دو سر دیود:

همان طور که می‌دانیم، یکی از پارامترهای مهم مشخصات الکتریکی دیود، تحمّل حدّاکثر ولتاژی است که در بایاس معکوس دو سر دیود قرار می‌گیرد. باید دید در یک سوکننده‌ی نیم موج، حداکثر ولتاژی که دو سر دیود در بایاس معکوس قرار می‌گیرد تا دیود نسوزد، چه قدر است؟

با توجه به شکل ۸-۴، هنگامی که دیود در بایاس معکوس قرار دارد (در مدت نیم سیکل منفی) جریان در مدار صفر و افت ولتاژ دو سر بار نیز صفر است. لذا، تمام ولتاژ نیم سیکل منفی در دو سر دیود قرار می‌گیرد. حداکثر این ولتاژ برابر حداکثر دامنه(Vm) است. ولتاژ معکوسی که دو سر دیود قرار می‌گیرد با حروف PIV و به صورت رابطه‌ی زیر برای یک سوساز نیم موج نشان داده شده است.

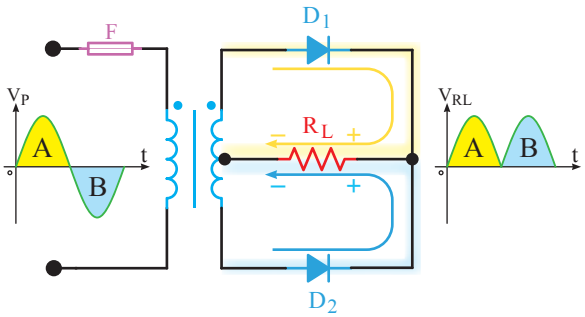
$$PIV=V_{max}$$
PIV=Peak Inverse Voltage



شکل ۸-۴ ولتاژ دیود در بایاس معکوس

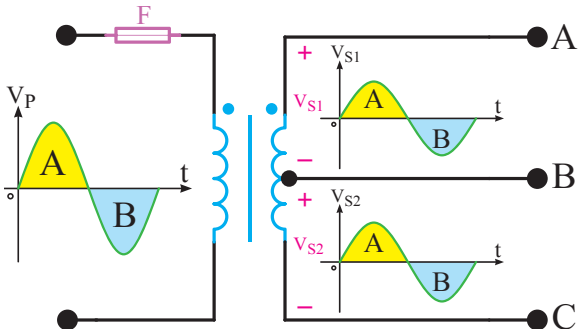
۴-۲-۴ مدار یک سوکننده‌ی تمام موج با ترانس سر وسط:

عیب یک سوکننده‌ی نیم موج، در کم بودن مقدار ولتاژ متوسّط است و مقدار آن از $0/318V_M$ بیش‌تر نمی‌شود. ضمناً، در این یک سوکننده از ولتاژ نیم سیکل منفی نیز استفاده‌ای نمی‌شود. گر چه در تعدادی از کاربردها از یک سوکننده‌ی نیم موج استفاده می‌شود. در یک سوکننده‌ی تمام موج، از دو دیود استفاده می‌شود و در ضمن در این مدار به یک ترانسفورماتور با دو سیم پیچ ثانویه با ولتاژهای مساوی نیاز است. شکل ۹-۴ یک سوکننده‌ی تمام موج را نشان می‌دهد.



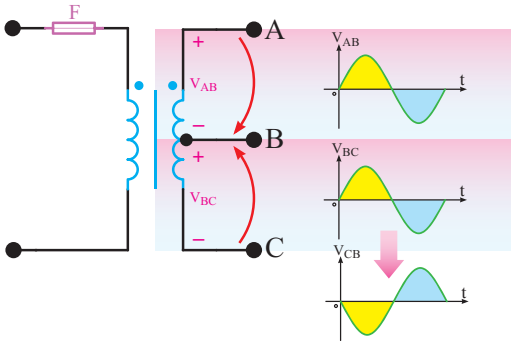
شکل ۹-۴ یک‌سو ساز تمام‌موج

برای این که دریابیم چگونه ولتاژ خروجی این مدار مانند شکل ۹-۴ می‌شود، باید ببینیم ولتاژهای ثانویه‌ی ترانسفورماتور، به چه صورت است؟ همان طوری که در شکل ۹-۴ پیداست، در این نوع یک سوکننده، از یک ترانسفورماتور با دو ولتاژ ثانویه‌ی کاملاً مساوی استفاده شده است. ترانسفورماتور شکل ۱۰-۴ را در نظر می‌گیریم.



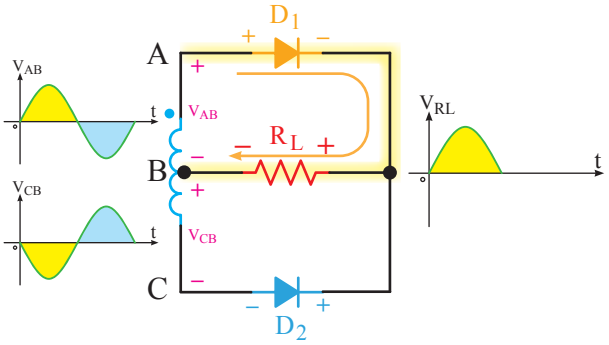
شکل ۱۰-۴ ترانسفورماتور با ثانویه‌ی سر وسط

ولتـاژ دو نقطه‌ی A و C دو برابـر ولتاژ نقاط AB و یا BC اسـت، زیرا دو ولتاژ با هم سـری شـده‌اند، یعنی $V_{AC} = V_{AB} + B_{BC}$. در نیـم سـیکل مثبـت، نقطه‌ی A مثبت‌تـر از نقطـه B و C و نقطـه‌ی B مثبت‌تر از نقطه‌ی C اسـت. اگر نقطه‌ی B (سر وسط ترانسفورماتور) را مبنا بگیریم، نقطه‌ی A نسـبت به مبنا (نقطـه‌ی B) مثبت‌تر و نقطه‌ی C نسـبت به مبنـا (نقطه‌ی B) منفی‌تر اسـت. این مطلب در شکل ۱۱-۴ نشان داده شده است.



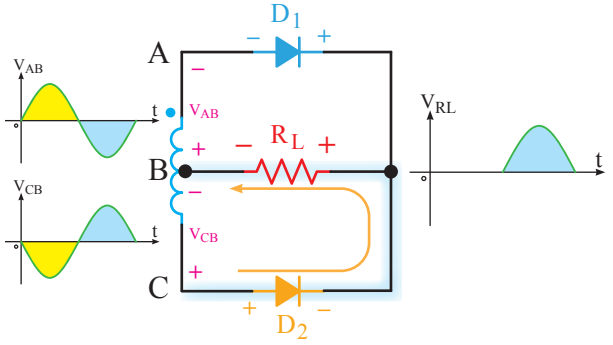
شکل ۱۱-۴ ولتاژهای ثانویه ترانس با سر وسط

اینک که با طرز کار ترانسـفورماتور با سـر وسط آشنا شدیم، به بیان طرز کار یک سو کننده‌ی تمام موج می‌پردازیم. در مدت نیم سـیکل مثبت، دیود D_1 در بایاس مستقیم است و دیود D_2 در بایاس معکوس قرار دارد. بنابراین، فقط دیود D_1 هدایت می‌کند. لذا، تمام ولتاژ نیم سیکل مثبت V_{AB} در دو سربار، ظاهر می‌گردد. (شکل ۱۲-۴)



شکل ۱۲-۴ نمایش عملکرد D۱ و D۲ در مقابل سیگنال‌های ورودی و ولتاژ دو سر بار

در مدت نیم سـیکل منفی، همان طوری که از شکل ۱۳-۴ مشـاهده می‌شـود، دیود D_2 در بایاس مسـتقیم و هادی و دیود D_1 در بایاس معکوس قرار گرفته است. در این حالت تمام ولتاژ V_{CB} دو سربار، ظاهر می‌گردد.

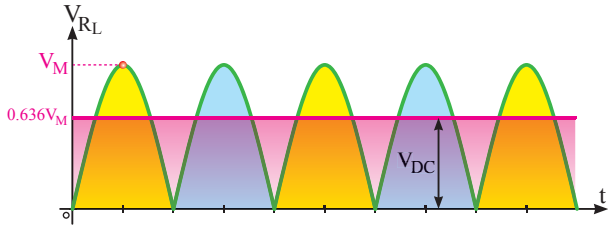


شکل ۱۳-۴ عملکرد D۱ و D۲ در مقابل سیگنال ورودی و ولتاژ دو سر بار

۴-۲-۵ معدل ولتاژ دو سـر بار: مقدار ولتاژ متوسط خروجی، در یک سـو کننده‌ی تمام مـوج، دو برابر ولتاژ یک سو شده‌ی نیم موج است، یعنی:

$$V_{dc} = ۲\frac{V_m}{\pi} = ۲(۰/۳۱۸V_m) = ۰/۶۳۶V_m$$

شـکل ۱۴-۴ معدل ولتاژ دو سر بار را در یک سو ساز تمام موج نشان می‌دهد.

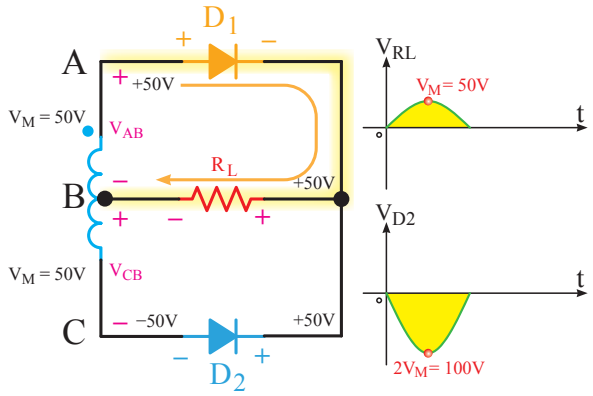


شکل ۱۴-۴ معدل ولتاژ دو سر بار

۴-۲-۶ حداکثـر ولتـاژ معکـوس دو سـر دیود: حداکثر ولتاژی که در بایاس معکوس، در دو سر هر یک از دیودها قرار می‌گیرد، برابر $۲V_M$ است. با توجه به شکل ۱۵-۴، فرض می‌کنیم ولتاژ ماکزیمم V_{AB} ترانسفورماتور

برابر ۵۰ ولت باشد، زمانی که دیود D_2 در بایاس معکوس قـرار دارد، به اندازه ۵۰- ولت ولتاژ در آندِ آن ۵۰+ ولت ولتـاژ در کاتدِ آن قرار می‌گیرد و اختلاف ولتاژ دو سـر آن برابر $۵۰-(-۵۰)=۱۰۰V$ اسـت. رابطه‌ی ماکزیمم ولتاژ معکوس در یک سـوکننده‌ی تمام موج به صورت زیر نوشته می‌شود:

$PIV=۲V_M$ یک‌سو کننده تمام موج



شکل ۱۵-۴ ولتاژ معکوس دوسر دیود در یک‌سو ساز تمام موج

مثال ۲-۴: در یک سوکننده‌ی تمام موج، اگر ولتاژ ثانویه‌ی یک ترانسفورماتور (سر وسط و یکی از سرهای دیگر) برابر ۳۰ ولت باشد، مقدار ولتاژ متوسط و حدّاکثر ولتاژی را، که دو سـر هر یـک از دیودها قرار می‌گیرد، حساب کنید.

حل:

$V_{dc}=۰/۶۳۶V_M$

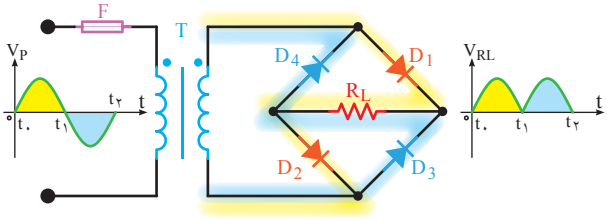
ولت $V_M=V_e\times\sqrt{۲}=۳۰\times۱/۴۱=۴۲/۳$

ولت $V_{dc}=۰/۶۳۶\times۴۲/۳=۲۶/۹$

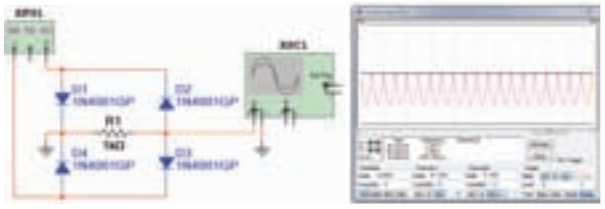
ولت $PIV=۲V_M=۲\times۴۲/۳=۸۴/۶$

۴-۲-۷ مدار یک سـوکننده‌ی تمام موج پل:

نوع دیگری از یک سـوکننده‌ی تمام موج، یک‌سـوکننده‌ی پل است. شکل ۱۶-۴- الف یک مدار یکسوکننده‌ی پل را، همراه با شکل موج یکسو شده، نشان می‌دهد. تصویر نرم‌افزاری این مدار را، که توسـط مولتی سـیم بسته شده است در شکل ۱۶-۴- ب مشاهده می‌کنید.



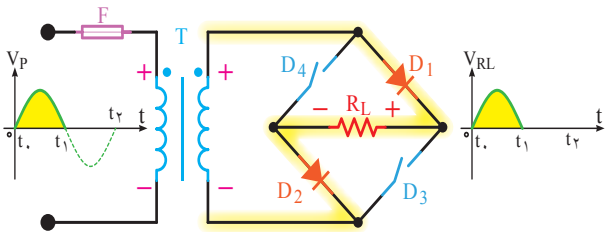
الف



ب

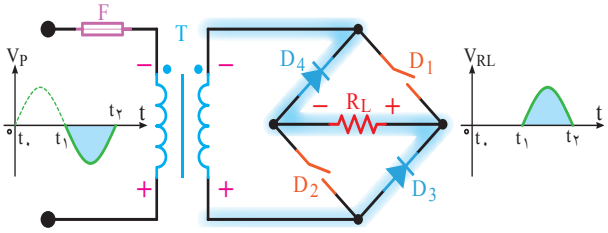
شکل ۱۶-۴ یک‌سو ساز پل و شکل ولتاژ دو سر بار همراه با مدار نرم‌افزاری

همان طوری که از شکل ۱۶-۴ پیداست، در این مدار یکسـو کننده، از چهار دیود و یک سـیم پیچ برای ولتاژ ثانویه‌ی ترانسفورماتور استفاده شده است. طرز کار مدار با توجه به شـکل ۱۷-۴ به این صورت است که در مدت نیم سـیکل مثبت، دیودهای D_1 و D_2 در بایاس مسـتقیم و دیودهـای D_3 و D_4 در بایـاس معکوس قـرار دارند. بنابرایـن ،جریان از دیود D_1 و بار R_L و دیود D_2 مسـیر خـود را می‌بندد. با توجه به این که دیودها ایده‌آل فرض شـده‌اند، لذا تمام ولتاژ ثانویه‌ی ترانسفورماتور دو سر بار ظاهر می‌گردد.



شکل ۱۷-۴ نحوه‌ی عملکرد یک‌سو ساز پُل دیود در نیم سیکل مثبت

در مدت نیم سیکل منفی، با توجه به شکل ۱۸-۴، دیودهای D_3 و D_4 در بایاس موافق و دیودهای D_1 و D_2 در بایاس معکوس قرار دارند. لذا، جریان از طریق دیودهای D_3 و D_4 و بار R_L مسیر خود را می‌بندد. در این حالت نیز تمام ولتاژ در دو سر بار ظاهر می‌گردد.

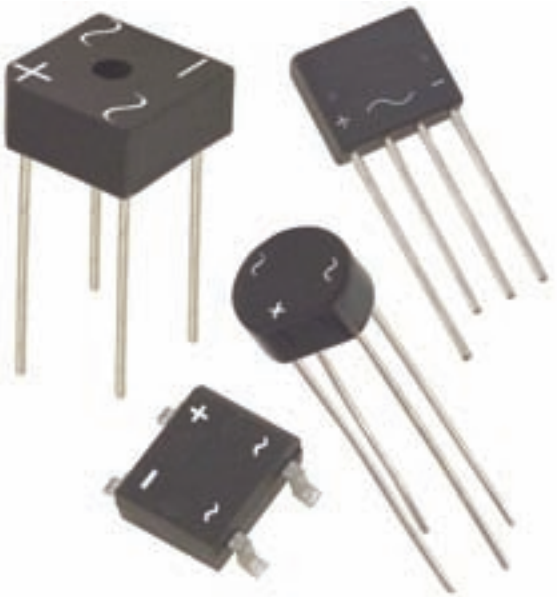


شکل ۱۸-۴ نحوه‌ی عملکرد یک‌سو ساز پل دیود در نیم سیکل منفی

مقدار ولتاژ متوسط یک سوساز پل نیز برابر با یک سوکننده‌ی تمام موج با ترانس سر وسط است. یعنی:

$$V_{dc} = ۰/۶۳۶ V_M$$

در مدار یک سوکننده‌ی پل، حدّاکثر ولتاژی که در بایاس معکوس دو سر هر دیود قرار می‌گیرد برابر با V_M است، زیرا با توجه به شکل ۱۸-۴ در مدت نیم سیکل منفی، دیود D_3 و D_4 هادی و دیودهای D_1 و D_2 در بایاس معکوس قرار دارند. پس ولتاژی که در بایاس معکوس دو سر هر دیود اعمال می‌شود برابر V_M است. معمولاً چهار عدد دیودی که به صورت پل بسته می‌شوند، به صورت قطعه‌ی یک‌پارچه ساخته می‌شوند. شکل ۱۹-۴ نمونه‌ای از این نوع پل دیود را نشان می‌دهد. این قطعه دارای چهار پایه است، دو پایه‌ی آن را با علامت (~) مشخص می‌کنند (ولتاژ متناوب به این دو پایه وصل می‌شود). دو پایه‌ی دیگر پل، ولتاژ خروجی و یکسو شده را به ما می‌دهد که با علامت (+) (قطب مثبت) و (−) (قطب منفی) مشخص می‌شود.



شکل ۱۹-۴ نمونه‌های پُل دیود