sbargh.ir

تحليل مدارهاي ديودي

معرفي ديودها : ديود به عنوان ساده ترين اختراع غيرخطي مي باشد كه اين متن در مورد آن شرح داده است. اين عنصر داراي تنوع بسيار بوده و اكثر به يك صورت مورد استفاده قرار ميگيرد يا به بياني ديگر د رتمامي شاخه هاي صنعت الكترونيك كاربرد دارد.

از انواع آن ميتوان به ديود خلا ديود گاز، ديودهاي يك سو ساز فلزي، ديودهاي نيمه هادي و ديودهاي تونل و ... اشاره كرد. به ديود نيمه هادي ارجعيت بيشتري مي دهيم چرا كه تئوري مربوط به ساخت اين نوع خاص از انواع ديود مرتبط وصادق براي انواع ديگر است.

2-مشخصات مداري ديود در اين بخش اموزش داده خواهد شد.

در ضمن تكنيكهاي تصويري مورد تاكيدي باشند چرا كه تصوير قابل رويتي از عملكرد مدار را نمايش مي دهند و اطلاعاتي را عرضه مي كنند كه نمي توان صرفا از رفتار چيزي معمار آنها را بدست آورد.

اين تكنيكهاي تصويري شامل رفتار خط بار ac,dc مي باشند كه فراهم آورنده ي سيگن ال كوچك و سيگنال بزرگ است. اگر چه اين روشها معمولا در تحليل مدارات

sbargh.ir

ديودي استفاده نمي شوند اما آنها را براي قوي ومحكم ساختن مجموعه آثار ومنابع دانشجويان در اين بخش معرفي كرده ايم.

وقتي ترازيستورها پيچيده مي باشند مشكلات ديگر مواجه شده بسيار راحتتر خواهند بو د وقتي كه آنها را با ديود شبيه سازي كنيم.

2-1-خاصيت غيرخطي-ديويد ايده آل

داتشجويان معمولا تحصيل خود را با در نظر گرفتن نمونه هاي خطي مدار آغاز مي كنند كه ساده ترين آنها مقاومت مي باشد. رابطه ي ولت- آمپر يعني همان مشخصه ي vi يك مقاومت با مافوق ساده هم توضيح داده شده است كه ما گاهي اوقات تفسير نموداري آن را بررسي نمي كنيم. مشخصه ي خطي ترازيستور در شكل 1-2-1 مشخص است و مشخصه ي غيرخطي ديويد هم در اينجا به وضوح وجود دارد . وقتي ولتاژ منبع مثبت باشد جريان id هم مثبت خواهد بود.

وديود اتصال كوتاه است $(v_D = o)$ و زماني كه vi منفي باشد وجريان ديويد id صفر خواهد بود و ديود اتصال باز خواهد بود $(v_D = v_i)$ مي توان ديويد را به عنوان يك كليد تصور كرد كه با جهت ولتاژ قابل كنترل خواهد بود. اين كليد به ازاي ولتاژهاي مثبت بسته خواهد بود و به ازاي ولتاژهاي منفي كليد باز است.

3-راه ديگر براي بررسي اين المان توجه به جهت هدايت جريان آن است كه فقط از قطب P به قطب n است(شكل 2-1-2-) و اين هدايت زماني وقوع پيدا مي

sbargh.ir

كند كه ولتاژ منبع مثبت باشد وزماني كه ولتاژ منبع منفي باشد ديويد هدايتي نخواهد داشت.

4-محدوديت ديودهاي واقعي كه داراي مشخصه هاي ذاتي مي باشند باعث تفاوت آنها از ديودهاي ايده آل شده است. اين موضوعات در بخشهاي اينده مورد بررسي قرار خواهند گرفت و در مبحث فعلي ديودها ايده آل تصور مي شوند.

مثالهاي پايين در مورد بوجود آوردن بعضي اعمال بر روي سيگنال كه با ديود ميسر است خواهد بود.

مثال 1-1-2: يكسو كننده نيم موج يا قطع كننده مدار يكي از كاربردهاي مهم ديود در بوجود آوردن ولتاژ dc از ولتاژ Ac منبع است و اين فرايند را يكسو كنندگي مي ناميم. يكي از عوامل مهم در يكسو كنندگي سيگنالهاي با فركانسهايي است كه از چند گانه سازني منبع بدست مي ايد.

يك معاد نمونه براي يكسو سازنيم موج در شكل 2-1-3 آورده شده است.

(الف) ولتاژ منبع سينوسي مي باشد $\gamma_{im} = ۱۰\gamma, \gamma_i \gamma_{im} \cos wd$ شكل موج ولتاژ با را بدست آوريد ورسم كنيد .

ميانگين dc آن را بدست آوريد.

(ب) قسمت الف را تكرار كنيد اگر $\gamma_i = -۵ + ۱۰$ باشد.

جواب (الف) قانون ولتاژ كيوشهف (kvl) براي مدار2-1-3 عملي خواهد بود

$$v_i = iDr_i + V_D + iDRl \qquad \text{يا} \qquad iD = \frac{V_i - V_D}{ri + RL}$$

sbargh.ir

اين معادله داراي دو بخش ناشناخته ي id,VD مي باشد آنها بستگي به مشخصه ي Vi ديود دارند.

بنابراين راه حل براي iD يا VD نياز به جانشين سازي منحني Vi در معادله دارد.

و اين به شكل زير ممكن خواهد بود . منحني مشخصه ي ديود بيان مي كند كه فقط جريان مثبت در مدار جاري خواهد شد. به اين معني كه $V_i \rangle V_D$ مي باشد. اگر چه زماني كه ديود در حال هدايت است $V_D = o$ مي باشد بنابراين جريان در مسير مثبت جاري مي شود تنها زماني كه $V_i \rangle o$ باشد.

5-زماني كه Vi منفي باشد جهت جريان بايد بر خلاف جهت مبنا باشد ولي ديود در اين جهت نمي تواند هدايت كند بنابراين iD=o خواهد بود زماني كه $V_i \langle o$ باشد.

شكل 3-1-20

يكسوسازيم موج براي مثال 1-1-20

www.ControlMakers.ir

sbargh.ir

شکل 4-201

عمل هدایت وعدم هدایت دیود یکسو ساز

(الف) $V_i \rangle o$ (ب) $V_i \langle o$

6-این مبحث را میتوان خلاصه کرد و باترسیم دو مداره یکي براي ورودي هاي بزرگتر از صفر و ديگري براي ورودي هاي کوچکتر از صفر همان طور که در شکل 4-201 نشان داده شده است.

با استفاده ا زمداراتي که در شکل نشان داده شده است ناشناخته هاي i_D, V_D بدست خواهند آمد بنابراين جريان ديود برابر خواهد بود با:

$$i_D = \begin{cases} (\frac{V_{im}}{ri + R_h})\cos wd & \text{زماني که } o \langle v_i \\ o & \text{زماني که } V_i \langle o \end{cases}$$

و ولتاژ ، VL برابر خواهد بود با $V_L = iDRL$

7-ولتاژ بار VL و ولتاژ سيگنال Vi در شکل 5-201 رسم شده اند.

توجه کنيد که شکل موج جريان هم فاز و هم شکل با شکل موج ولتاژ بار VL است.

اين يك يکسو ساز نيم موج سينوسي است و ولتاژ ميانگين آن از تقسيم کردن سطح کل سيگنال بر 216 بدست مي آيد.

www.ControlMakers.ir

sbargh.ir

$$V_{L.da}=(\frac{۱}{۲\pi})\int_{-w/۲}^{w/۲}(VLm\cos wd)d(wd)=\frac{Vlm}{\pi}=\frac{۹}{\pi}=۲/۸\lambda$$

شکل 201-5

شکل موج در مدار یکسو ساز مربوط به مثال 201-1

شکل 201-6

فیلترهایي با تغذیه ي مثبت

بسط سري فوریه براي VL(+) بیان مي دارد که :

$$V_L(+)=V_{Lm}(\frac{۱}{\pi}+\frac{۱}{۲}\cos wd+\frac{۲}{۳\pi}\cos wd-\frac{۲}{۱۵\pi}\cos wd+....)$$

رابطه ي (201-2)

8-این عبارت به وضوح بیان میدارد که تاثیر دیوید فقط براي بوجود آوردن سطح dc یا فرکانس برابر فرکانس و رودي نبوده اگر چه همچنین اصطلاح فرکانس هارمونیك در ولتاژ منبع وجود ندارد.

9-اگر مدار یك سطح ولتاژ dc بوجود آورد، مقدار متوسط سیگنال باید از هارمونیکها توسط فیلتر کردن Vl(+) جدات نهي و تفکیك شود.

این عمل معمولا توسط یك فیلتر غیرفعال انجام مي شود همانطور که درشکل 201-6 مشاهده مي کنید.

مدار شکل (201-6 الف) یك فیلتر پایین گذر RC ساده را نشان مي دهد.

براي مثال اگر C,R را طوري تنظیم کنیم که $Rc=۱۰۰/w_o$ شود واگر

sbargh.ir

$R\rangle\rangle R_l$ باشد آنگاه دامنه ي ولتاژ خروجي V_{ov+} در فركانس now برابر است با $n\geq ۱$ با شرط

$$\gamma_{ovtn}=\frac{VL_n}{\sqrt{۱+(nw_oRc)^۲}}\approx\frac{VL_n}{۱۰۰n}$$

زماني كه VLn دامنه ي ولتاژ با دو فركانس nw0 مي باشد

(براي مثال $VL_T=۲V_{Lm}/۳\pi$)

اگر ا زجريان حلقه استفاده كنيم ولتاژ خروجي برابر خواهد بود با

$$V_{o(+)}=VLm(\frac{۱}{\pi}+\frac{۱}{۲۰۰}\sin wd+\frac{۱}{۳۰۰\pi}\sin wd)$$

$$\frac{۱}{۳۰۰۰\pi}\sin wd+....)$$

بنابراين ولتاژ خروجي به ولتاژ $\frac{Vlm}{\pi}dc$ ونوسان كوچك ولتاژ Vr بستگي دارد

زماني كه $V_r=V_{lm}(\frac{۱}{۲۰۰}\sin wd+\frac{۱}{۳۰۰\pi}\sin twd....)$ نسبت ولتاژ rms به ولتاژ ريپل سطح dc در نسبت تاثير گذاري فيلتر در جداكردن ولتاژ dc ا زهارمونيكهاي آن اندازه گيري مي شود.

$$V_r(ms)=\left\{(\frac{۱}{۲\pi})\int_o^{۲\pi}[v_r(wd)]^۲d(wd)\right\}^{\frac{۱}{۲}}$$

$$=(\frac{V_{lm}}{\sqrt{۲}})\sqrt{\frac{۱}{(۲۰۰)^۲}+\frac{۱}{(۳۰۰\pi)^۲}+.....}\approx\frac{Vlm}{۲۸۰}$$

$$,\frac{V_r(rms)}{VLdo}=\frac{\pi}{۲۸۰}\approx۰/۰۱۱$$

www.ControlMakers.ir

sbargh.ir

بنابراین ولتاژ ریپل rms تقریبا 0/01 ولتاژ dc خروجي خواهد بود.

10- فیلتر هاي پیچیده تر،مثل فیلترهاي CLC,Lc که در شکل (6-201 ب) نشان داده شده اند ولتاژ ریپل کوچکتري را بوجود مي آورند.

که با استفاده از روش ریاضي بالا میتوان آنها را هم حساب کرد.

محاسبه ي دقیق مدارات فیلترینك ویکسوسازها زماني مقدور است که دیودها را واقعي در نظر بگیریم نه ایده آل که از حیطه ي بحث ما خارج است.

11) شکل موج Vi در شکل 7-201 رسم شده است.

در این حالت یك بایاس معکوس هم به س یگنال اضافه شده است.

شکل موج براي Vl زماني قابل محاسبه است که در نظر داشته باشیم دیود تنها در حالتي که Vi مثبت باشد اجازه ي جاري شدن جریان را مي دهد.

در زمان دقیق $\pm T_1$ که در آنها جریان شروع به جاري شدن مي کند و یا قطع مي شود با قرار دادن $v_i = o$ بدست مي آید بنابراین

$$-5 + 1, \cos wT_1 = o$$

$$\cos w_o t_1 = 0/5$$

$$, wd_1 = \pm \pi / 3$$

مدار یکسو ساز با اضافه کردن شکل 7-201 ولتاژ به ولتاژ با یاس.

www.ControlMakers.ir

sbargh.ir

از تناسب تابع کسینوس بنظر مي ايد که ديود هدايت را شروع مي کند زماني که $۲\pi n-\pi/۳\le wd\le ۲nn+\pi/۳$ باشد بنابراين ولتاژ برابر خواهد بود با

و ولتاژ $Vl=\begin{cases}-۴۰۵+۹\cos wd & ۲\pi n-۱۶/۳\le wd\le ۲\pi n+\pi/۳\\ o & ۲\pi n+\pi/۳\le wd\le ۲\pi n+۵\pi/۳\end{cases}$

ميانگين V_l هم از همين طريق بدست مي آيد.

$$V_L do=(\frac{۱}{۲\pi})\int_{-\pi/۳}^{\pi/۳}(-۴.۵+۹\cos wd)d(wd)$$

$$=(-۴.۵)(\frac{۱}{۳})+(\frac{۹}{\pi})(\sin\frac{\pi}{۳})$$

$$=-۱/۵+(\frac{۹}{\pi})(\frac{\sqrt{۳}}{۲})\approx ۰/۹۸\gamma$$

مثال 2-201 يکسو ساز تمام موج

ولتاژ ريبل در يکس و ساز نيم موج عمدتا بستگي به مقدار متوسط سيگنال در هارموني اول فرکانس wo داشت.

يکسو ساز تمام موج ولتاژ با با کمترين ريپل در فرکانس 2wo را بوجود مي آورد.

بعلاوه اينکه ولتاژ ميانگين dc هم دوبرابر مي باشد.

اين نوع مدار که نمونه اي از آن در شکل 8-201 نشان داده شده است کارآمدترين مدارات براي بوجود آوردن ولتاژ dc با ريبل کم مي باشد که در اکثر دستگاه هاي خانگي مثل راديو وتلويزيون يافت مي شود و اين مدار همچنين به عنوان مدار يکسو ساز پايه براي منابع تغذيه مي باشد.

www.ControlMakers.ir

sbargh.ir

شکل 8-201

یکسو ساز تمام موج

12-عملکرد مدار به صورت با کیفیت تري شرح داده خواهد شد اگر ترانس ایده آل را حذف کنیم مثل شکل 9-201

در این شکل منابع ac جانشین اولیه ترانزسفورمر با استفاده از ترمینال وسطي مدار دوم است . زماني که ولتاژ Vi مثبت باشد دیود D1 اتصال کوتاه و دیود D2 اتصال باز است و زماني که ولتاژ Vi منفي باشد دیود D1 قطع ردیود D2 اتصال کوتاه مي باشد و در هر حال جریان بار il در مسیر ثابت ومثبتي است که در شکل (9-201 الف) نشان داده شده است و زماني که هرکدام از دو دیود D1 یا D2 اتصال کوتاه شده باشند د رهر نیم سیکل نوسان،ولتاژ با را مي توان نوشت $V_L = |V_i|$ شکل موج جریان و ولتاژ در شکل (9-201 ب) نشان داده شده اند.

سري فوریه براي Vl برابر

$$V_L = V_{lm}(\frac{۲}{\pi} + \frac{۴}{۳\pi}\cos twd$$

$$\frac{۴}{۱۵\pi}\cos ۴wd + ...)$$

شکل (9-201 الف وب)

مدار و شکل موج یك سو ساز تمام موج

sbargh.ir

مقدار متوسط dc برابر $\frac{۲}{\pi}Vlm$ مي باشد كه دو برابر ولتاژ dc بدست آمده از يكسو ساز نيم موج است.

گر V_L را ا زدرون يك فيلتر Rc عبور دهيم (مثل فيلتر شكل 201-6a) با woRc=100 (مثل گذشته) ولتاژ ريپل خروجي برابر خواهد شد با

$$V_r = (\frac{۴V_{lm}}{۳\pi})(\frac{۱}{۲۰۰}\sin tw + \frac{۱}{۲۰۰۰}\sin ۴w + ...)$$

و ولتاژ ريپل rms=

$$(V_r)_{rms} = \frac{V_{lm}}{۲۱۰\pi}$$

و نسبت ولتاژ ريپل به ولتاژ dc برابر =

$$\frac{(V_r)_{rms}}{V_{l.do}} = \frac{۱}{۴۲۰} \approx ۰/۰۰۲۴$$

كه به طور قابل ملاحظه اي كمتر از مقدار بدست آمده از فيلتر نيم موج است.

13-هميشه تمامي مدارات الكترونيكي به ولتاژ dc براي كاركردن خود نياز دارند واز آنجا كه اكثر ولتاژ ac در دسترس مي باشد، انواع يكسو سازهاي تركيبي در وسايل الكتريكي يافت مي شوند . مثال هاي 2-.1 و 201-2 فيلترهاي تركيبي و يكسو سازهايي را كه از ولتاژ ac سطح dc را بوجود مي آورند نشان مي دهد.

اين مدارات مبنا داراي مشكلات زيادي هستند كه به همين دليل نمي توان از آنها در براي بعضي كاربردها استفاده كرد . اولين مشكل نوسان سطح ولتاژ dc بار هنگام تغييرات جريان بار است . اين اتفاق با كميتي

sbargh.ir

كه ثبات نام دارد اندازه گيري مي شود كه از رابطه ي زير بدست مي آيد:

$$\text{ثبات} = \frac{\text{ولتاژ با باربر} - \text{ولتاژ بدون بار}}{\text{باولتاژ باربر}}$$

14) يك تغذيه ي ايده آل ولتاژ dc بوجودمي آورد كه بدون تغييراست.

به جريان بستگي ندارد. با مقدار ثبات

اين بدين معني است كه بگوييم مقاومت خروجي اي كه از ترمينال بار ديده مي شود برابر با صفر است. ولي در مدارات عملي و درسي مقاوت ديود كه در مثالها لحاظ نشده بود داراي نقش است و همچنين مقاومت مدار فيلترينگ باعث بوجود آمدن مقاومت خامي درخروجي كه در محدوده ي معيني مي باشد مي شود.

اگر مقاومت خروجي با مقاومت بار برابر باشد ، ولتاژ تمام بار برابر با نصف ولتاژ بدون بار خواهد بود وثبات 100% خواهد بود.

دومين عيب ونقص مدارات يكسو ساز نيم موج زماني كه به عنوان منبع تغذيه ي dc كار مي كنند آن است كه ولتاژ dc خروجي مستقيما متناسب با ولتاژ ac تغذيه مي باشد و از آنجا كه اكثر منابع ac كاملا باثبات و بدون تغيير نيستند،ولتاژ dc هم به همين نسبت متغير خواهد بود. براي بسياري كاربردها اين نوسان قابل تحمل نبوده حتي اگ ر به نسبت كوچك هم باشد . سومين نقص مدارات فوق اين است كه حتي اگر ولتاژ ريپل كمي در خروجي باشد براي كار حقيقي بعضي مدارات پيچيده مشكل ساز خواهد بود.

www.ControlMakers.ir

sbargh.ir

15-تكنيكهاي بسياري براي غلبه بر مشكلات مذكور وجود دارد.

سازندگان يكسو سازها كتب راهنما واطلاعات كامل تخصصي كه مربوط به طراحي و ساخت مدارات منابع تغذيه در انواع گوناگون است را فراهم كرده اند. اين كتب معمولا حاوي تازه ترين اطلاعات در حد اعلايي پيشرفته مي باشند و منابع اطلاعاتي كاملي براي مهندسان طراح به شمار مي آيند . تكنيكهاي زيادي براي ثابت كردن عملكرد منابع تغذيه در بخش 207و208 آمده است.

ضرب فركانسي

كاربرد اصلي يكسوسازي در ضرب فركانسي است .معامله ي (2-201) بيان مي كند كه مدار يكسوسازي فركانسهاي هارمونيك توليد مي كند. بنابراين براي ضرب wo با 2 يك راه ساده طراحي مدار يكسو ساز با فيلتري است كه فقط هارمونيك دوم 2wo را عبور مي دهد . اين عوامل شبيه جداسازي dc يا فركانس توسط فيلتر پايين گذر است.

معرفي تئوري ديود نيمه هادي

16-يك بحث كيفي مختصر در مورد مفاهيم حاكم در جريان جاري در ديودهاي نيمه هادي در اين بخش موجود مي باشد.

هيچ تلاشي براي بوجود آوردن معادلات يا مباحث سخت ودشوار صورت نگرفته است.

sbargh.ir

دانشجوي مشتاق بايد به مقالات بسياري كه وابسته به فيزيك مدارات مي باشد رجوع كند تا بتواند خود را سرشار از جزئيات بيابد.

17-مواد بنياني كه امروزه در ساخت اكثر ديودها وترازيستورها بكار مي روند از جنس سيليسم است.

در گذشته ساختن بيشتر و به وضوح استفاده مي شد اما اين يك فرايند سريع است.

سيليكون يك نيمه هادي است كه در باند هدايت آن كريستال در دماي اتاق الكترون هاي آزاد كمي وجود دارند.

زماني كه جريان بستگي به تعداد الكترونهاي هادي آن داشته باشد جريان بسيار كم خواهد بود.

چرا كه اين ماده مقاوم ت بالايي دارد .باند هدايت و باند ظرفيت سيليكون خالص در شكل 202-1 نشان داده شده است.

202-1 شكل

باند انرژي در سيليكون در دماي اتاق

(تعداد بالاتر بستگي به نقل قول منابع ومراجع در پايان متن دارد)

18-در دماي صفر درجه ي لكوين . (صفر مطلق) تمام الكترونها در پايين ترين سطح انرژي خود بسر مي برند. در دماي اتاق الكتروني كه مناسب باشد انرژي كافي را دارا خواهد بود براي فرار از باند ظرفيت خود و رفتن به باند هدايت.

www.ControlMakers.ir

sbargh.ir

(همانطور كه توسط يك نقطه در شكل 202-1 ن شان داده است)

جاي خالي كه از الكترون به جاي مي ماند با يك داريه يا سوراخ نمايش داده مي شود.

اگر ميدان الكتريكي كه براي مواد محيا شود مثال شكل 202-2 الكترونها همانطور كه انتظار مي رود به سمت قطب راست باتري حركت خواهند كرد.

يك الكترون در باند ظرفيت اگر انرژي كافي براي رفتن از سطح انرژي خود به سطح انرژي گودال را بگيرد مي تواند به سمت قطب مثبت باري حركت كنند.

وقتي كه الكترون از گودالي فرار مي كند گودال ديگري پشت سرخود جاي مي گذارد.

و اين بصورت حركت گودالها به سمت راست ديده ميشود كه در واقع به سمت قطب منفي باتري مي باشد .

بنابراين جريان شبكه برابر مجموع جريان مربوط به هدايت الكت روني در باند هدايت وجريان مربوط به حركت گودالها خواهد بود . گودال يا بارالكتريكي مثبت را ترجيح مي دهيم تا حالت الكترونها در باند ظرفيت براي جلوگيري از به هم ريختگي با هدايت الكتروني در باند هدايت. مسير مرسوم ومتدا ول ناشي از حركت الكترونها مي باشد ومطمنا جر يان گودالها هم در مسير ميدان الكتروني مي باشد.

19-اين نكته بايد مورد توجه قرار گيرد كه حركت الكترونها به سمت ترمينال مثبت باتري سريعتر از حركت گودالها به سمت ترمينال مثبت باتري حركت گودالها به سمت ترمينال منفي باتري مي باشد . چرا

sbargh.ir

که احتمال اینکه الکترون انرژي به سمت ترمینال مثبت باتري داشته باشد که آن را به سمت فضاي خالي در باند هدایت (که همیشه خالي است) ببرد بیشتر از احتمال این است که الکترون انرژي داشته باشد که آن را به سمت فضاي خالي در باند ظرفیت (که همیشه پراست) سوق دهد.

بنابراین جریان ناشي از حرکت الکترونها در باند ظرفیت قوي تر از جریان حفره ها در سیلیکون است.

اگرچه جریان شبکه بسیار کوچك است و بنابراین این ماده نیمه هادي محسوب است.

20-براي ساختن یك دیود تعدادي از اتمهاي ماده اي مثل بور را به سیلیکون اضافه مي کنیم که این عمل را اصطلاحا «گوپینگ» مي نامیم.

بور را یك ماده ي پذیرا مي نامیم چرا که قادر به گرفتن اتم از لایه هاي ظرفیت اتم سیلیکون است در دماي اتاق الکترونها از لایه ي ظرفیت سیلیکون فضاي پذیراي بور را پر مي کنند . شکل 3-202 زماني که احتمال اینکه الکترونهاي لایه ي ظرفیت انرژي لازم را براي پل از روي فضاي کوچك خلا داشته باشد بسیار بالا است.

نتیجه این خواهد بود که تعداد زیادي گودال بوجود خواهند آمد.

زماني که میدان الکتریکي مور این سیلیکون ناخالص شده قرارگیرد در جریان گودالها بسیار بالا مي رود . واین ماده هم اکنون یك هادي خوب حساب مي شود.

sbargh.ir

اين يك نيمه هادي نوع P ناميده مي شود. توجه داشته باشيد كه نيمه هادي نوع عمده ي حركت و هدايت مربوط به گودالها مي باشد.

21-هم اكنون ما تكه ي ديگري از اتم سيليكون رابر مي داريم واتمهاي عنصر ديگري مثل فسفر را به آن اضافه مي كنيم . فسفر را يك عنصر اهدا كننده مي ناميم چرا كه قادر به اهدا كردن اتم به باند هدايت سيليكون است. بنابراين اين عنصر تمام الكترونهايش را به باند هدايت سيليكون اهدا مي كند (در دماي اتاق) همانطور كه در شكل 1-202 نشان داده شده است: اكنون جريان جاري زماني كه ميدان الكتريكي پديد مي ايد عمدتا تشكيل شده از جريان الكت رونها اين ماده با ناخالصي اش را نوع n مي ناميم.

شكل 3-202

باند انرژي سيليكون با ناخالص بور

22-يك ديود از يك ناخالص نوع n و يك ناخالصي نوع p تشكيل شده است كه مطابق شكل 5-202 به هم اتصال پيدا كرده اند . اتصال بين p,n پايه اي است براي اسم ديود كه آن را ديود اتصالي مي ناميم. شكل (5-202 الف) نماد مداري و با ياس مستقيم ديود را نشان مي دهد. گودالها ناحيه ي p سمت ناحيه ي n در حركت هستند و در ضمن الكترونها از ناحيه ي n به سمت ناحيه ي p حركت دارند. ولتاژ كوچك شما كافي است تا جريان زيادي را بوجود آورد.

sbargh.ir

شکل 202-5 با یا س معکوس دیود را نشانمي دهد .
الکترونها د رناحیه ي به سمت ناحیه ي n در حرکت هستند و گودالها از ناحیه ي n به سمت ناحیه ي p.
بنابراین جریان جاري بسیار کم است واین بخاطر مقدار کم بارهاي در حال حرکت مي باشد.

شکل 202-4
باند انرژي در سیلیکون ناخالص شده با فسفر

شكل 202-5
اتصال دیود
(ب) بایاس معکوس (الف) با یاس مستقیم

23-اگر vi بعد از ولتاژ شکست دیود کاهش یابد جریان دیود به ازاي تغییرات جزیي vi تغییرات فاحشي داده و بسیار کم مي شود که این ناحیه ي شهري نامیده مي شود. این شکست معمولا شکست بهمني نامیده مي شو د.
مکانیزم و ساختار شکست بهمني و شکست با هم تفاوت دارد.
شکست بهمني در ولتاژ معکوس بالا صورت میگیرد ولي شکست فنري در ولتاژ معکوس پایین صورت مي گیرد اگر چه تاثیر هر دوي انها در مدار یکسان مي باشد.
در این متن وجه تمایزي بین این دو بوجود نیامده است.
شکست بهمن را م ي توان برخورد الکترونهاي ازاد با الکترونهاي ثابت فرض کرد که پس از برخورد آنها را آزاد مي کنند و همین اتفاق باز هم تکرار مي شود والکترونها بسیاري آزاد مي شوند و این جریان بسیاري از در این ناحیه جاري مي کند.

www.ControlMakers.ir

sbargh.ir

24-آنالیز فیزیکي دیود (در نظر گرفتن ناحیه ي رنزي) نشان مي دهد که ولتاژ وجریان بستگي دارد به

$i_D = I_o(e^{gmd/mkt} - ۱)$

ولتاژ دوسردیود $= v_D$ جریان داخل

دیود $= i_D$

کوني $= ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}$ انرژي الکتروني $= q$ جریان اشباع

معکوس $= I_o$

ژول در صفر درجه لکوین $= ۱/۳۸ \times ۱۰^{-۲۲}$ ثابت بوتزمان $= k$

دماي صفر مطلق $= T$

ثابت تجربي $= m$

بین 1تا 2در دماي اتاق

25-تساوي (202-1) بیان مي کند که اگر V_P منفي بوده با مغناطیس قوي تر از MKT/q جریان جاري همان جریان اشباع معکوس خواهد بود $= I_O$ این جریان معکوس I_O حاصل و نتیجه ي شکل و ابعاد ظاهري ودما مي باشد.

با توجه به اینکه V_D مثبت است و به مراتب بیشتر از MKT/q بنابراین جریان مستقیم برابر

$$I_D = I_{oe}^{GMD/MKT}$$

تساوي (202-1) در شکل (202-6الف) رسم شده است.

(براي ژرمانیوم وسیلیکون)

مشخصه ي واقعي دیودار منحني نمایي دیود متمایز است بخاطر تاثیرات گوناگون در جریان مستقیم نسبتا زیاد مقاومت اهمي اتصالات ومواد نیمه هادي به طور موثري

www.ControlMakers.ir

sbargh.ir

در جهت مقاومت مستقيم افزايش پيدا مي كند در جهت معكوس نشتي سطح كه در جهت و در راستاي جريان سطح سيليكون مي باشد به نسبت دلق ناحيه ي اتصال قطب P,n به شدت مقاوت معكوس را كاهش دهد.

در ولتاژ معكوس زياد شكست بهمني رخ مي دهد. بقيه ي تاثيرات در بخشهاي متنوع مشخ صه ي ديود تاثير خود را نشان مي دهد اما براي بيشتر اهداف اموزشي آنها را در نظر نمي گيرند منحني هاي شكل (6-202 الف) هنگامي كه به درجه بندي مناسب تقسيم شود به نظر مي رسد كه در حدود 0/2 ولت روشن مي شود (براي ژرمانيوم)

وحدود 0/7 روشن مي شود. (براي سيليسوم)

شكل 6-202

مشخصات ديود (سه تا شكل)

www.ControlMakers.ir

sbargh.ir

در مصارف سیگنال بزرگ دیود را طوري در نظر مي گیرد که در شکل (6-202 ب) مثل یك خط راست قابل مشاهده است.

این تقریبها را منحني خطي مي گوییم . در منحني مشخصه ي معکوس شکست ژرمانیوم 0/2 وشکست سیلیسم 0/7 ولت است . مشخصات ترکیبي در شکل 7-202 رسم شماست. دیودهاي سیلیکون داراي جریان کمتري نسبت به دیودهاي ژرمانیوم هستند. این محاسبات بیان مي کند که مقدار جریان معکوس در دیودهاي سیلیکون ژرمانیوم متفاوت است که باید کمتر در نظر گرفته شود و نتیجه ي آن در مقابل بالا در سیلیکون به دلیل کمبود جریان سطحي خود را نشان مي دهد.

تحلیل مدارهاي دیود ساده خط بار DC

تصور مي کنیم که ساده ترین مدار از تاثیرات دیودها و مقاومتها بوجود مي آیند. یك یکسو ساز نیم موج را بررسي مي کنیم، (شکل 1-203) مدار مورد نظر در مثال 1-201 مي باشد و دیود آن دیود ایده ال در نظر گرفته مي شود. اکنون مي خواهیم مشخصات دیود عملي را مورد بررسي قرار دهیم.

علت تحلیل گرافیکي براساس دوکمیت ساده مي باشد:

1) رفتار دیود به صورت مشخصات کامل در فرکانس پایین به صورت نمودار γi است که کارخانه سازنده آن را به شکل تعمیرهاي گرافیکي در اختیار مي گذارد.

sbargh.ir

2) 2) المانهاي ديگر هم مي توانند خطي باشند و يا با مدار معادل تر جايگزين شوند

همان گونه كه از ترمينال هاي ديود ديده شده است مي خواهيم بخشي از مدار را تحليل كنيم.

همانطور كه در شكل 2-203 ديده شده است روابط را براي دو نقش مي توان نوشت.

المان غيرخطي : $i_D = f(V_D)$

معادله تونن: $V_D = V_T - i_D R_j$

دو مورد v_D, i_D در معادلات مجهولن ولي چون اين دو رابطه در يك مدار صادق است ميتوان آنها را بدست آورد. اگر شكل بكارگيري منحني مشخصه ي γ_I از عناصر غيرخطي شناخته شده باشد ميتوان اين راه حل را در موارد تحليلي استفاده كرد . به عنوان مثال يك ديود سيليكون را فرض كنيد (شكل 1-202) مي توان اين عنصر را به عنوان يك عنصر غيرخطي ناميد و چون ماهيت آن پيدا شده است پس راه حل در شش است وميتوان با آزمايشات م تعدد نتيجه را بدست آورد.

بنابراين آن مورد كه به وسيله ي جزئيات محاسباتي كه اكثر بي مفهوم است انجام مي شود ساده تر است. چرا كه منحني هاي ارائه شده براي تمام ديودها صدق نمي كند وتنوع نموداري آن ها بسيار زياد مي باشد اين گونه مسائل اغلب به صورت تصاوير (1-203) و (2-203) روي محورها مشاهده مي شود بخشهاي دروني منحني از نتيجه ي نقاط

sbargh.ir

مختلف که در شرایط خاص در نظر گرفته شده اند بدست آمده که تعیین کننده ي I_D, V_D است. یك طرح نمونه در شکل (3-203) آمده است. منحني مشخصه ي خط مستقیم از مدار تونن براي ولتاژ تون ن 1/5 است.

شکل 3-203

منحني مشخصه ي دیود وخط بار

sbargh.ir

sbargh.ir

مقاومت تونن 50 اهم است. بخش هاي دروني از خط بار DC (شكل 2-203) ومنحني مشخصه ي ديود شكل (1-203) نقاط عملي را در اين شرايط به ما نشان مي دهند. بخش هاي دروني اين دومنحني در نقطه ي اتفاق مي افتد جايي كه $I_D = ۱۵^{MA}/V_D \approx ۰/۷\gamma$ مي باشد.

شكل 4-203

تغييرات تصويري در جريان هنگامي كه ولتاژ سينوسي به آن داده شده باشد. خط بار كه حدود 0/5 ولت است به صورت افقي نشان داده شده است و نقاط اجرايي با $Q_۲$ حركت مي كند. R_T ثابت مانده است و با تغيير V_T قسمتهاي مختلفي از خط بار در نظر گرفته مي شود.

اين تكنيك در شكل (4-203) مشخص است كه در آن $V_{Tm} = ۱/۵\gamma$ است. غير خطي بودن ديود كه ماهيت آن مي باشد باعث ذخيره جريان مي شود. اگر اين شكل موج را با شكل (5-201) مقايسه كنيم نتيجه آن است كه يك ديود ايده آل استفاده شده است.

بارگشت به مدار اصلي تصوير (1-203) مشاهده شد كه براي اين نمونه V_T برابر ولتاژ تغذيه ي V_I مي باشد كه براساس طرحي از ولتاژ با مقدار $R_۱$ در نظر گرفته شده است.

توجه كنيد كه مسير اجرايي ديود با سيگنال ثابت بكاررفته همان طور كه در روي منحني مشخصه پيداست بين نقاط b,a در حركت است.

sbargh.ir

تحلیل سیگنال کوچك-مفهوم مقاومت دینامیکی

پیك توپیك (swing) از سیگنال ac که اغلب در یك کارکرد کوچك از DC است به نام سیگنال کوچکم نامیده می شود . وقتي این شرایط پیش می آید یك راهکار تحلیلي جامع وجود دارد:

این راهکار در شکل (1-203) پیداست که یك سطح ولتاژ DC به γ_i اضافه شده است پس:

جایي که $V_m \langle\langle V_{dc}$ $V_T = V_{DC} + V_I = V_{DC} + V_m \sin wt$

تکنیکه اي مورد استفاده آنهایي هستندکه برحسب واقعیات به صورت نابرابري در نیمه هادي (1-204) در مدارات مورد استفاده قرار مي گیرند . براي اهداف عملي مي توان منحني مشخصه ي دیود را به صورت خطي دراین ناحیه در نظر گرفت و دیودها به وسیله ي مقاومتها جایگزین مي شوند.

نتیجه گیري مدار خطي براي استاندارد تکنیك هاي تحلیل مدار است.

با توجه به اینکه این مدار براي موارد خطي است ما ابتدا عملکرد نقاط را براي $(V_m = o) V_T = V_{dc}$ تعیین مي کنیم . یك نقطه نقطه ي Q است. اکنون راه کار تکراري است و تصاویر هم همان تصاوي ر تکراري (1-204)

$V_{dc} = ۱/۵\gamma \quad , v_i + RL = ۵۰$

شکل 1-204

جریان: $I_d = i_D - I_{DQ}$

ولتاژ: $V_d = v_D - v_{DQ}$

www.ControlMakers.ir

sbargh.ir

تصوير (204-1) بخشهايي از تصوير (204-2) را نشان مي دهد كه با تغييرات جديد روي مقياس هاي مختلف ترسيم شده است . مسير ab براي مقياسهاي خطي در نظر گرفته شده است اين موارد به نام مقاومت ديناميكي rd از ديود است وميتواند معادل با دامنه از منحني مشخصه ي ديود در نقطه ي Q باشد پس :

$$rd = \frac{\Delta VD}{\Delta iD}\Big|_{Q\text{كار نقطه}}$$

شكل 204-2

هر كدام از متغيرهاي مدار را مي توان به وسيله ي قانون اهم حساب كرد و يا مدار را ميتوان به دو مدار مجزا تقسيم كرد .(شكل 204-3 الف) از تصوير (204-3) براي پيدا كردن V_{DQ}, I_{DO} و از تصوير(204-3 ب) براي يافتن V_d, I_d جريان كل ديود وولتاژ و .. استفاده مي شود

شكلهاي 204-3 الف و 204-3 ب

با استفاده از شكل 204-3 مي توان از طريق موارد مذكور از يك سري بسط تيلور استفاده كرد و مشخصات ديود در نقطه ي Q را پيدا كرد.

اين موردي است كه اغلب در تقريب مهندسي بكار مي رود. منحني مشخصه ي vi ديود به اين شكل است

$$i_D = fvd$$

شكل 203-1 الف و ب

www.ControlMakers.ir

sbargh.ir

براي سيگنال هاي كوچك و بدون تغيير

$$i_D = I_D + id \ , v_D = v_{DQ} + v_d$$

جايي كه $|v_d| \langle\langle v_{DQ}$ $|id| \langle\langle I_{DQ}$

سپس (203-1) مي شود $I_{DQ} + id = f(v_{DQ} + v_d)$

اكنون از بسط تيلور و آن $f(x+\Delta x)$ را ميتوان بدست آورد و ارائه دهنده ي f(x) مي باشد.

$$f(x+\Delta x) = f(x) + \Delta x f'(x) + higher - arderTerms$$

ناديده گرفت عبارتهاي با درجه ي بالاتر براي بدست آوردن x با x با $\Delta x, v_{DQ}$ با v_D است پس

$$I_D = I_{DQ} + id \approx f(v_{DQ}) + v_d \left(\frac{di_D}{dv_D}\right)\Big|_Q$$

توجه كنيد كه $f(v_{DQ}) = I_{DQ}$ اين موارد ساده شده است.

$$id = vd \left(\frac{di_D}{dv_D}\right)\Big|_Q$$

و در نهايت $$\frac{vd}{Id} = \frac{dv_D}{di_D}\Big|_Q \approx \frac{\Delta v_D}{\Delta i_D}\Big|_Q = rd$$

اكنون قانون kvl براي مدار در شكل (203-1) بيان مي كند كه

$$v_T = v_D + i_D R_1$$

جايي كه $R_T = r_i + R_L$ مي توان رابطه ي زير را جايگزين تعاريف سيگنال كوچك كرد.

$$vd_c + vi = v_{DQ} + v_d + I_{DQ} R_T + i_d R_T$$

www.ControlMakers.ir

sbargh.ir

از آنجا كه براي شرايط سيگنال كوچك شكل بدون تغيير در نظر گرفته شده است.

$$vd_c = v_{DQ} + I_{DQ}R_T \qquad , \qquad v_i = v_d + i_d R_T$$

در نهايت با ادغام دو رابطه به رابطه ي ريز مي رسيم: $v_i = id(rd + R_T)$ معادلات بالا تعريف كننده ي مدارهاي معادل ac و نيز dc از شكل (3-204) هستند محاسبه ي dc به شكل تصوير انجام مي گيرد كه ا زروي منحني مشخصه ي ديود است در حالي كه تحليل سيگنال كوچك با استفاده از قانون اهم به rd ارزيابي مي شود و با توجه به منحني مشخصه ي ديود نقطه ي Q.

محاسبه ي rd: يك عبارت تحليلي براي يك مقاومت ديناميكي از يك ديود مي تواند به صورت تفاوتهايي درمعادلات ديود در نظر گرفته شود.

اين از موارد ارزيابي rd در نقاط اجرايي مي باشد و موردي است كه در دنباله آمده است:

$$ID = I_O(e^{aVD/mkt} - ۱) \approx I_O e^{qVD/mkt}$$

$$\frac{di_D}{dv_D} = \frac{q}{kt} I_O e \frac{qvd}{mkt} = (\frac{q}{MKT}) i_D$$

$$rd = \frac{dv_D}{di_D}\Big|_{Q\ \text{كار}\quad \text{نقطه}} \approx \frac{mkT/q}{I_{DQ}} \approx m(\frac{۲۵m\gamma}{I_{DQ}})$$

عناصر واكنشي: زماني كه شرايط سيگنال كوچك مفروض باشد يك موضوع ساده كه در عناصر واكنشي مثل فيلتر RC كه در شكل (4-204) آمده است در نظر گرفته مي شود.

sbargh.ir

خازن قادر به تاثيرگذار روي نقاط اجرايي نيست پس در محاسبه ي dc در نظر گرفته نمي شود پس دامنه ي مشخصات ديود در نقطه ي Q به اندازه ي $\frac{۱}{rd}$ تغيير كرده است و جريان dc هم از تاثير ولتاژ بوجود مي آيد پس مي توان قانون اهم را استفاده كرد :پس ميتوان نوشت

$$I_{dm} = \frac{V_{im}}{۱ri + rd + z_l}$$

هنگامي كه I_{Dm}, V_{im} نشان دهنده ي لوچ جريا ن در نوسان ولتاژ است و zl يك امپرانس پيچيده است را تصور كنيد. آنها در مثال زير پيدا هستند.

يك ديود اتصالي مورد استفاده در مدار شكل (204-4) وجود دارد.

$v_{dc} = ۱/۵\gamma$

(شكل 4-204) $R_۱ = ۹۰\Omega$

$w = ۱۰rad/s$

$v_{im} = ۲۰m\gamma$ $r_i = ۱۰\Omega$

$R_L = ۲۰۰\Omega$ $c = ۱۰۰MF$

ثابت كيند كه ولتاژ در امتداد RL است.

راه حل : يك خط بار كشيد . شده از طريق نقاط $V_D = ۱/۵\gamma$ را داريم پس مي توانيم نقطه ي Q را بدست آوريم و بخش هاي داخلي از اين خط بار و نيز منحني مشخصه ي ديود در $۷/۵mA$ وجود دارد.

$$rd = \frac{۲۵\times۱۰^{-۳}}{۷/۵\times۱۰^{-۳}} = ۳.۳\Omega$$

www.ControlMakers.ir

sbargh.ir

از آنجايي كه $xc = \frac{1}{wc}$ و حدودا برابر 1Ω خارق بايد بصورت مشخص در مقايسه با rc باشد. توجه به اين نكته داشته باشيد كه مدار سيگنال كوچك شكل (3-204 ب) از مدار (6-204) الهام گرفته شده است.

تحليل سيگنال كوچك خط بار ac

مداردر تصوير (4-204) توصيف شده است و مي توان با گسترش ساده اي از ساختمان خط بار dc به خط بار ac رسيد و هر دو را يكسان تحليل كرد . اين نوع تحليل براي مدارات ساده اي ديودي و مدارات ترانزيستوري بكار گرفته شده است كه در آن از راكتانس خارتي استفاده مي شود.

ما در اين بخش توضيحاتي آورده ايم:

براي مدار از تصوير (4-204) خط بار dc در نقطه Q بدست آمده به صورتي است كه در تصوير (1-205) آمده است

تصوير 1-205)

مدارهايي براي شكاف در ديودهاي ساده در نظر گرفته شده است.

دامنه ي خط بار dc به وسيله ي مقاومت $r_{iq}R_1$ تعيين شده است. وقتي كه يك سيگنال ac ارايه شد مقاومت موثر به وسيله ي ديود برابر است با شكلي كه در تصوير (1-205) نشان داده شده است همانطور كه سيگنالها با زمان تغيير مي كنند خط بار ac به عقب

sbargh.ir

و جلو حرکت مي کند و اين بخاطر آن است که مسير اجرايي براي ديود را تع ريف کند . در مقايسه با تصوير (1-204) همانطور که خط بار به عقب و جلو حرکت مي کند تفاوت بين دو خط را ميتوان مقاومت ظاهري ناميد که مشابه مقاومت dc بوده ومثل ديودهابراي مدار بايد در اين نقش در نظر گرفته شوند.

مسير اجرايي در امتداد بخش ab از مشخصات ديود است. اين راه کار نتايج بازدهي شناسايي با نتايج تحليلي کسب شده در (1-204) است که در امتداد با بخش ab که تقريبا خطي مي باشد. اين موارد مفيد در يك دسته از محورهاي vd-id روي منحني از تصوير (1-205) مي باشد.

تحليل سيگنال بزرگ- اغتشاش وشکل نقطه Q وقتي که موارد غيرخطي در مسير کارکرد بسيار زياد است اجازه ي خطي شدن به منحني مشخصه ي ديود را در مورد نقطه Q مي دهد و در نتيجه شکل موج تغيير مي کند.

مثال: مداري ر که در شکل (1-206 الف) با يك موج مربعي با سيگنال ورودي vi طبق شکل (1-206) آمده در نظر بگيريد مي توانيد براي محاسبات بعدي يك ديود خطي را که به وسيله ي معادلات ريز بدست مي آيد را جايگزين قرار دهيد.

$$i_D = \begin{cases} 0 & v_D \le 0 \\ v_D & 0 < v_D \le 1 \\ 2v_{D-1} & 1 < v_D \end{cases}$$

اين مشخصات در تصوير (1-206پ) آمده است

جريان ديود را در وضعيت پايدار تعيين کنيد.

sbargh.ir

با استفاده از kvL $v_{dc}+v_i=I+v_i=v_D+i_D z_T$

از آنجایي که مقدار dc از $R_1=z_T$ است و مقدار ac برابر R_1 موازي با R_L در نتیجه

$i_D z_T=R_1 I_D+(R_1 \| RL)id=I_D+id$

وجائیکه R_D مقدار میانگین از I_D باشد به خاطر اعوجاج همانند I_{DQ} نمي باشد و به هر حال به شکلm زیر تعریف مي شود.

$id=iD-I_D$

sbargh.ir