به نام خدا

عنوان درس:

سخت افزار کامپیوتر

مدرس: دانشی

نیمسال دوم ۹۸-۹۹

کتاب مرجع درس

- از آنجایی که برای تهیه بخش های مختلف این درس از کتاب های مختلفی استفاده شده است، لذا نیازی به تهیه کتاب از سوی دانشجویان نیست و تنها مطالعه جزوه ارائه شده از سوی استاد کافی می باشد.

- البته برای مطالعه بیشتر برای دانشجویان علاقمند، کتاب مرجع هر بخش در ابتدای آن معرفی می شود.

نحوه ارزیابی

- ✓ امتحان پایان ترم: **۱۲ نمره**
- ✓ امتحان میان ترم: **۶ نمره**
- ✓ تمرین و حضور مرتب: **۲ نمره**

رئوس مطالب

- بخش یک: یادآوری جبر بول و گیت های منطقی
- بخش دو: مفهوم ترانزیستور و تحلیل انواع خانواده ICها
- بخش سه: بررسی سطح ولتاژ، سرعت و توان مصرفی ICها
- بخش چهار: بررسی ساختمان داخلی انواع گیت ها

بخش یک: یادآوری جبر بولی و گیت های منطقی

- ✓ مطالب این بخش از کتاب "مدار منطقی"، اثر موریس مانو نوشته شده است.

تعریف جبر بولی

- **تعریف:** جبر بولی یک جبر دو مقداری است با مقادیر صفر و یک.
- چرا به جبر بولی نیاز داریم؟ **پاسخ:** از آنجایی که مدارات الکترونیک امروزه به صورت دیجیتال بوده و از دو سطح ولتاژ پایین (مقدار صفر) و سطح ولتاژ بالا (مقدار یک) تشکیل شده اند، از این رو بهترین صورت ممکن برای تعیین و تحلیل این مقادیر همان جبر بول است.

عملگرهای منطقی

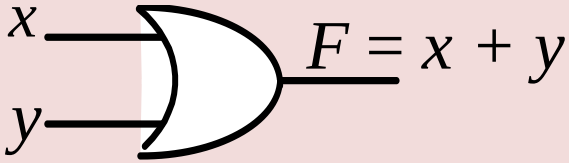
- عملگرهایی که میان مقادیر بولی (یعنی صفر و یک) تعریف شده و برای هر جفت مقداری از آنها، یک خروجی خاص تولید می کنند، عملگرهای منطقی نام دارند.
- پایه ای ترین عملگرهای منطقی NOT، AND و OR هستند.
- سایر عملگرهای منطقی مانند NAND، NOR و XOR بر اساس عملگرهای پایه ای تعریف می شوند.

تابع (عبارت) منطقی

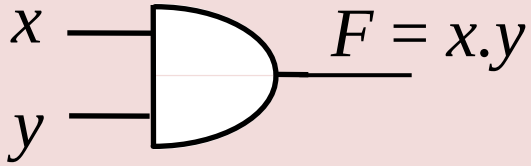
- عملگر AND با نماد (.)، OR با نماد (+) و NOT با عملگر پریم نشان داده می شوند.
- یک تابع (عبارت) منطقی از ترکیب متغیرها و عملگرهای بولی تشکیل می شود:
  - مانند $F_1 = x + y'z$

گیت منطقی

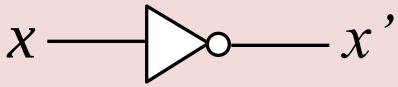
- هر عملگر منطقی را می توان با یک نماد گرافیکی نشان داد، که به آن گیت می گویند.



گیت OR

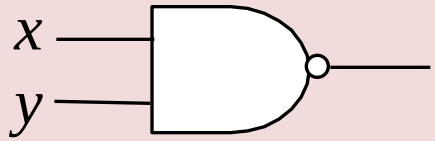


گیت AND

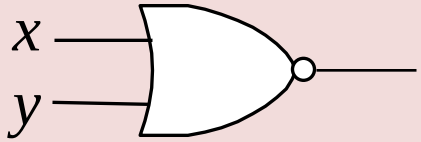


گیت NOT

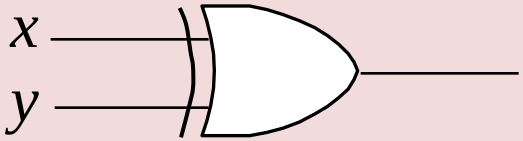
گیت منطقی (ادامه ...)



گیت NAND



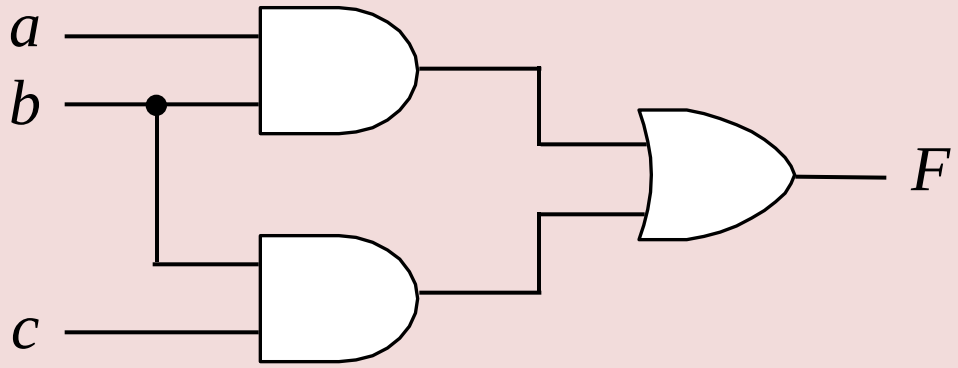
گیت NOR



گیت XOR

نمایش توابع (عبارات) منطقی با گیت ها

$$F = (a.b)+(b.c)$$



بخش دو: مفهوم ترانزیستور و تحلیل خانواده ICها

- ✓ مطالب این بخش از کتاب "الکترونیک دیجیتال"، اثر مهدی صدیقی، انتشارات دانشگاه امیرکبیر نوشته شده است.

مقدمه

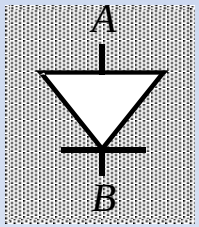
- اجزای اصلی سازنده مدارات دیجیتال را میتوان به صورت ترانزیستورهای MOS، دیودها و سیمهای ارتباط دهنده آنها نام برد.
- ترانزیستورها سالهاست که در مدارات دیجیتال مورد مطالعه بوده اند اما تاثیر سیمها در کارکرد مدار در سالهای اخیر اهمیت بیشتری داشته اند که در اثر کوچک تر شدن مدارات و افزایش سرعت آنها بوجود آمده است.

مفهوم دیود

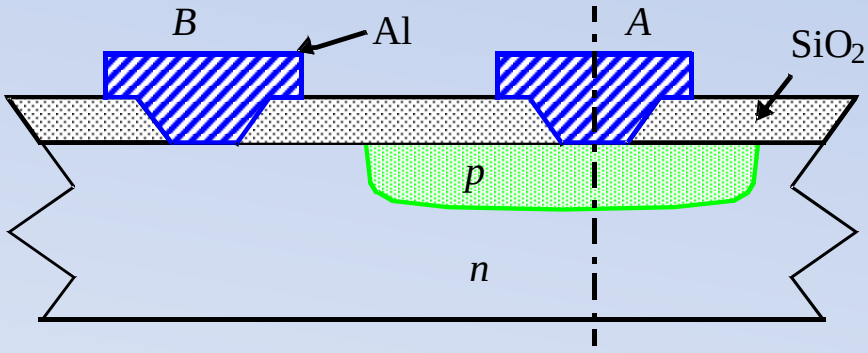
- دیود بندرت بصورت مستقیم در مدارات دیجیتال بکار برده میشود. اما بصورت غیر مستقیم در همه جای مدار وجود دارد. هر ترانزیستور MOS خود حاوی چند دیود با گرایش معکوس است که عملکرد آن را تحت تاثیر قرار میدهند.
- خازنهای وابسته به ولتاژی که از این دیودهای پارازیتی تشکیل میشوند نقش مهمی در رفتار سوئیچینگ گیتهای MOS دارد.
- از دیودها همچنین برای محافظت ورودی های مدارات دیجیتال در مقابل بارهای استاتیکی استفاده میشود.

دیود پیوند PN

- پیوند PN ساده ترین عنصر المان نیمه هادی است کــه از دو ناحیه P و N ساخته میشود.
- ناحیه P با استفاده از یک ناخالصی پذیرنده نظیر Boron و ناحیه N با استفاده از یک ناخالصی دهنده نظیر فســفر ساخته میشود.
- در بین دو ناحیه یک ناحیه تخلیه بوجود می آید.



diode symbol



Cross-section of *pn*-junction in an IC process

نحوه ایجاد جریان در دیود پیوند PN

- مجاورت دو ناحیه N و P باعث میشود تا غلظت عناصر دارای گرادیان بزرگی شود.غلظت الکترون ها (حفره ها) در ناحیه N (P) زیاد بود و در ناحیه P (N) بشدت کم میشود.
- این گرادیان باعث میشود تا الکترونها از ناحیه N به ناحیه P نفوذ نمایند. همین امر برای ناقلهای اکثریت ناحیه دیگر اتفاق میافتد (جریان نفوذی).
- حرکت ناقلها باعث باقی ماندن یون های غیر متحرک در ناحیه مربوطه میشود. در ناحیه اتصال بین دو نمیه هادی تعداد زیادی ناقل اکثریت محل خود را ترک کرده و یونهائی که برجای باقی میمانند تشکیل یک ناحیه تخلیه میدهند که در آن تمام ناقلهای متحرک محل خود را ترک گفته اند.
- وجود یونها در این ناحیه سبب به وجود آمدن یک میدان الکتریکی در مرز بین دو نیمه هادی میشود.
- این میدان باعث میشود تا ناقلها نتوانند از ناحیه تخلیه عبود کنند در نتیجه در حالت تعادل جریان عبوری از ناحیه صفر خواهد بود. در واقع میتوان گفت که این میدان یک جریان رانشی بوجود می آورد که با جریان نفوذی قبلی برابری کرده و آنرا خنثی میکند.

مفهوم ترانزیستور

- ترانزیستورهای MOS (یا MOSFET) بدلیل اینکه میتوان تعداد زیادی از آنها را در یک مدار مجتمع جاداد و همچنین بدلیل سهوات نسبی قرایند ساخت آنها بصورت گسترده ای در مدارات دیجیتال مورد استفاده هستند.
- امروزه میتوان ده ها میلیارد ترانزیستور را در یک مدار مجتمع نمود.

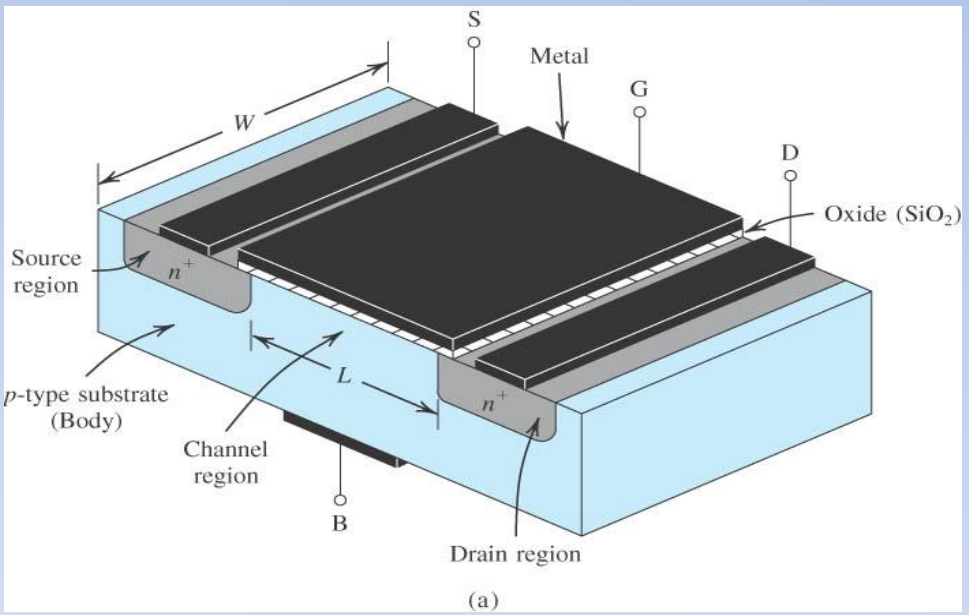
انواع ترانزیستورها

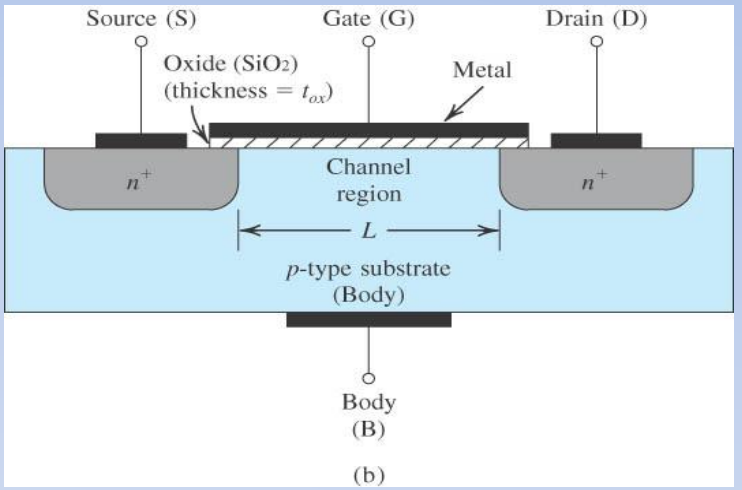
- در فصل قبل دیود که المانی دو ترمینالی بود را بررسی کردیم. در این فصل و فصل بعدی المانی سه ترمینالی که ترانزیستور نامیده میشود را بررسی خواهیم کرد.
- ترانزیستور در مدارات زیادی از جمله تقویت کننده ها، مدارات دیجیتال و حافظه ها کاربرد دارد.
- اصول کلی کارکرد ترانزیستور بر این پایه است که با اعمال ولتاژ به دو ترمینال جریان ترمینال سوم را کنترل میکنند.
- دو نوع ترانزیستور مهم وجود دارد: MOSFET, BJT
- MOSFET از BJT کوچکتر بوده و ساخت آن ساده تر بوده و توان کمتری مصرف میکند. در ساخت بسیاری از مدارات مجتمع کاربرد دارد.

ترانزیستور MOSFET

- این ترانزیستور بر روی یک پایه از نوع p ساخته میشود. بر روی پایه دو ناحیه با نیمه هادی نوع n که دارای ناخالصی زیادی هستند ایجاد میشود. این نواحی سورس و درین نامیده میشوند که با یک اتصال فلزی دردسترس قرار میگیرند.
- بین این دو ناحیه و در سطح پایه عایقی از جنس شیشه کشیده میشود. برروی این عایق یک لایه فلز قرار داده میشود که اتصالی با نام گیت بوجود می آورد.
- ممکن است پایه نیز به یک اتصال فلزی وصل شود.

ترانزیستور MOSFET (ادامه ...)

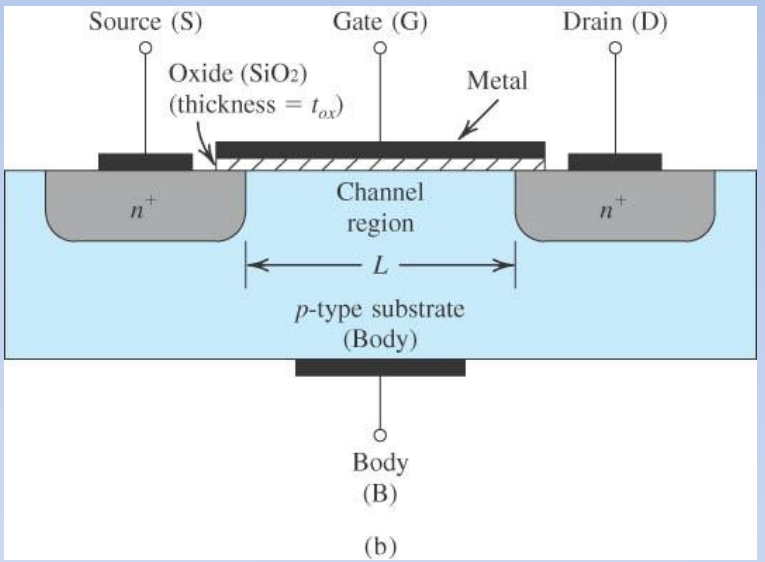




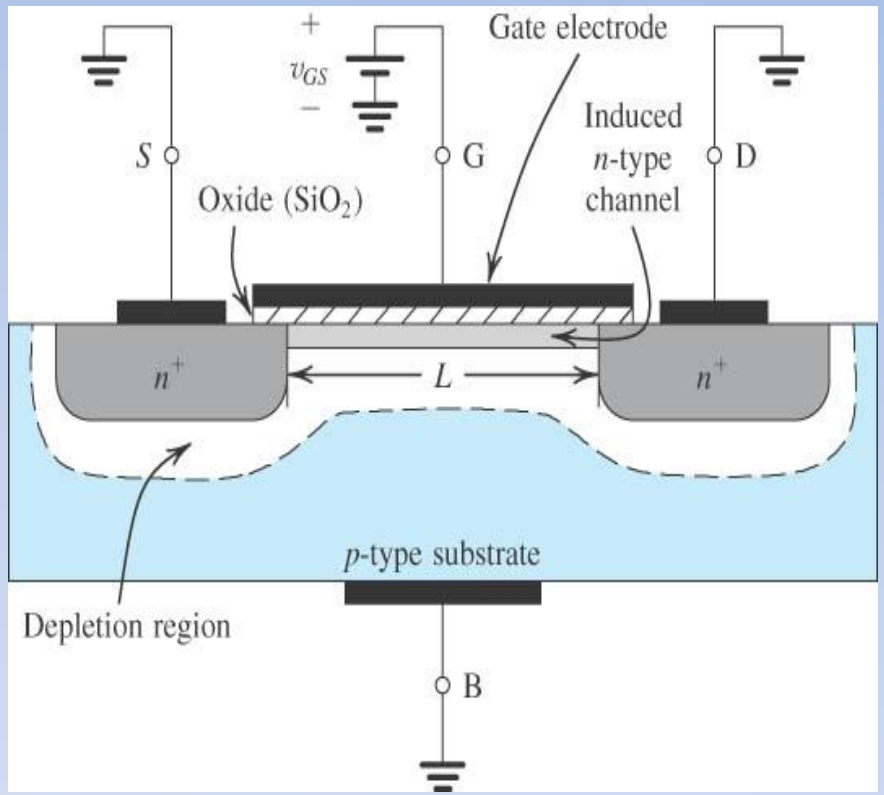
نحوه عملکرد ترانزیستور MOSFET

- این ترانزیستور بصورت یک المان با سه ترمینال Source، Drain , Gate مورد استفاده قرارمیگیرد.
- اگر ولتاژی به گیت وصل نشده باشد بین سورس و درین دو دیود وجود خواهند داشت: یکی بین n سورس و p پایه و دیگری بین p پایه و n درین.
- چون این دو دیود پشت به پشت به هم وصل شده اند هیچ جریانی بین سورس و درین نمیتواند برقرارشود.
- مقاومت بین سورس و درین خیلی زیاد خواهد بود.
- در واقع یک ناحیه تخلیه بین دو قطعه p,n مجاور تشکیل میشود که از عبور جریان بین پایه و درین و همچنین پایه و سورس جلوگیری میکند.

نحوه عملکرد ترانزیستور MOSFET (ادامه ...)



تشکیل ترانزیستور

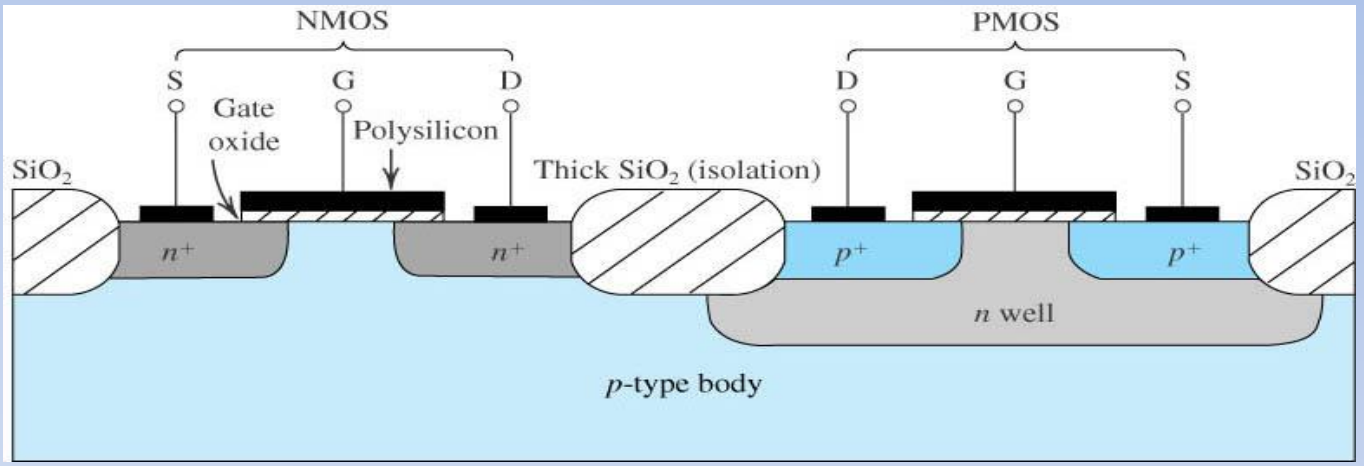


ایجاد کانال عبور جریان

ترانزیستور CMOS

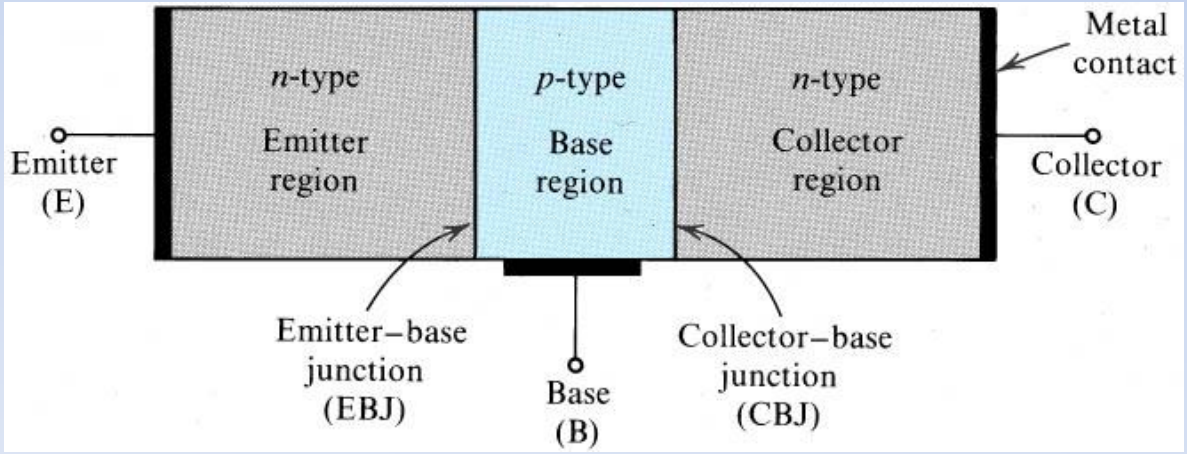
- تکنولوژی MOS مکمل و یا CMOS (Complementary MOS) از هر دو نوع ترانزیستور p,n استفاده میکند.
- تکنولوژی CMOS در بسیاری از مدارات دیجیتال و آنالوگ کاربرد دارد.
- در روی پایه از نوع p یک ناحیه با نام n well ایجاد میشود. این دو ناحیه توسط یک عایق از هم جدا میشوند.
- یک ترانزیستور کانال n در پایه و یک ترانزیستور کانال p درچاه n ایجاد میشود.

ترانزیستور CMOS (ادامه ...)



ترانزیستور BJT

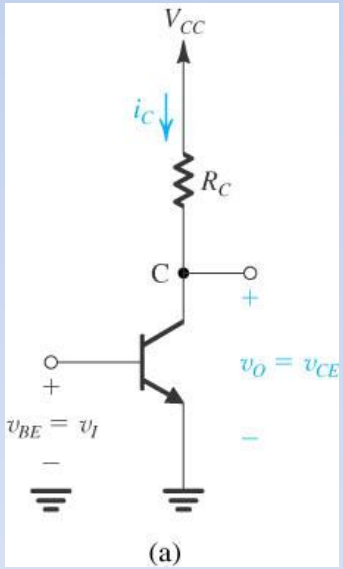
- یک ترانزیستور BJT از نوع npn از سه قطعه نیمه هادی متصل به هم تشکیل میشود:
  - یک نیمه هادی n با نام امیتر
  - یک نیمه هادی p با نام بیس
  - یک نیمه هادی n با نام کلکتور



Bipolar Junction Transistor (BJT)

منطق ترانزیستور RTL

- از یک ترانزیستور سطح MOS، مقاومت و منابع ولتاژ بالا و پایین تشکیل می شود و ولتاژ ورودی را بسته به تابع پیاده سازی شده، به ولتاژ خروجی تبدیل می کند.



Register-Transistor Level (RTL)

منطق ترانزیستور DTL

- منطق RTL از مشکل swing و نویز رنج میبرد. برای حل این مشکلات منطق DTL معرفی گردید. بدین صورت که از دیود در ورودی استفاده شده است.
- وجود دیود باعث میشود تا در صورت یک بودن خروجی، جریانی از خروجی گیت کشیده نشود. لذا مشکل تغییر swing در اثر fan-out از بین میرود.

یک مثال از منطق ترانزیستور DTL

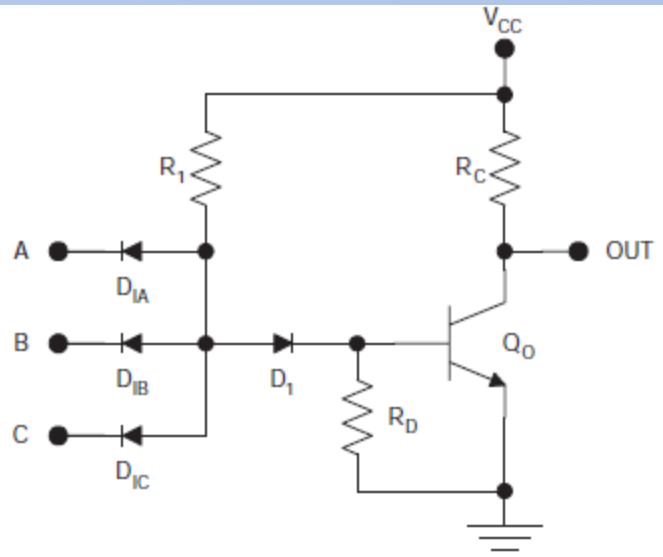


FIGURE 5.9
Elementary DTL NAND3 gate with one bipolar transistor.

گیت NAND سه ورودی

منطق ترانزیستور TTL

- با اعمال تغییراتی در منطق DTL منطق دیگری با نام TTL بوجود آمد که در آن دیود های موجود در ورودی با ترانزیستور جایگزین گشته اند. برای اینکار دو دیود پشت به پشت با هم ادغام و به صورت یک ترانزیستور npn ساخته شدند. در این مدار ناحیه p دیودها با هم ادغام شده و ضمن صرفه جوئی در جا، خازن پارازیتی کمتر و در نتیجه تاخیر انتشار کمتری نیز دارد.
- علاوه برآن بدلیل اینکه ترانزیستور ورودی در هنگام انتقال ورودی از یک به صفر بصورت فعال در می آید، باعث میشود تا بار موجود در بیس ترانزیستور خروجی به سرعت تخلیه شود. که در نهایت سرعت مدار را افزایش میدهد.