



# آزمایشگاه الکترونیک دیجیتال

گروه مهندسی کامپیوتر - سخت افزار

## فهرست موضوعات:

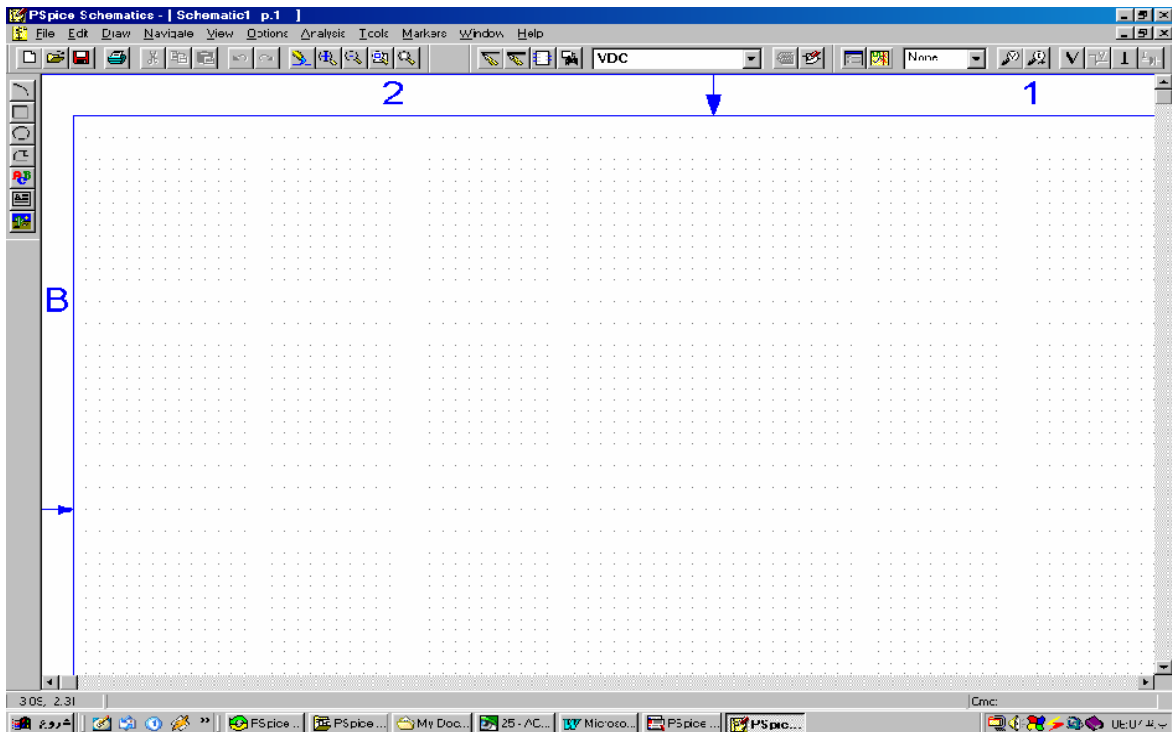
## صفحه

۱	خلاصه ای در خصوص کار با نرم افزار Pspice
۱۵	۱-تکنولوژی دیودی یا RDL (Resistor Diode Logic)
۱۶	۲-تکنولوژی RTL (Resistor Transistor Logic)
۱۹	۳-تکنولوژی DTL (Diode Transistor Logic)
۲۱	۴- تکنولوژی TTL (Transistor Transistor Logic)
۲۲	۵-تکنولوژی MOS
۲۶	۶- اینورتر NMOS با بار اشباع
۲۷	۷- پیاده سازی توابع بوسیله NMOS
۳۰	۸- تکنولوژی CMOS
۳۳	۹- پیاده سازی توابع بوسیله CMOS
۳۶	۱۰- بررسی و مقایسه رفتار فرکانسی ساختارهای مختلف
۴۵	۱۱- آشنایی با تقویت کننده عملیاتی 741
۴۸	۱۲- آشنایی با IC 555
۵۰	۱۳- مبدل آنالوگ به دیجیتال به شماره ADC0804
۵۵	۱۴- مبدل دیجیتال به آنالوگ به شماره DAC0800

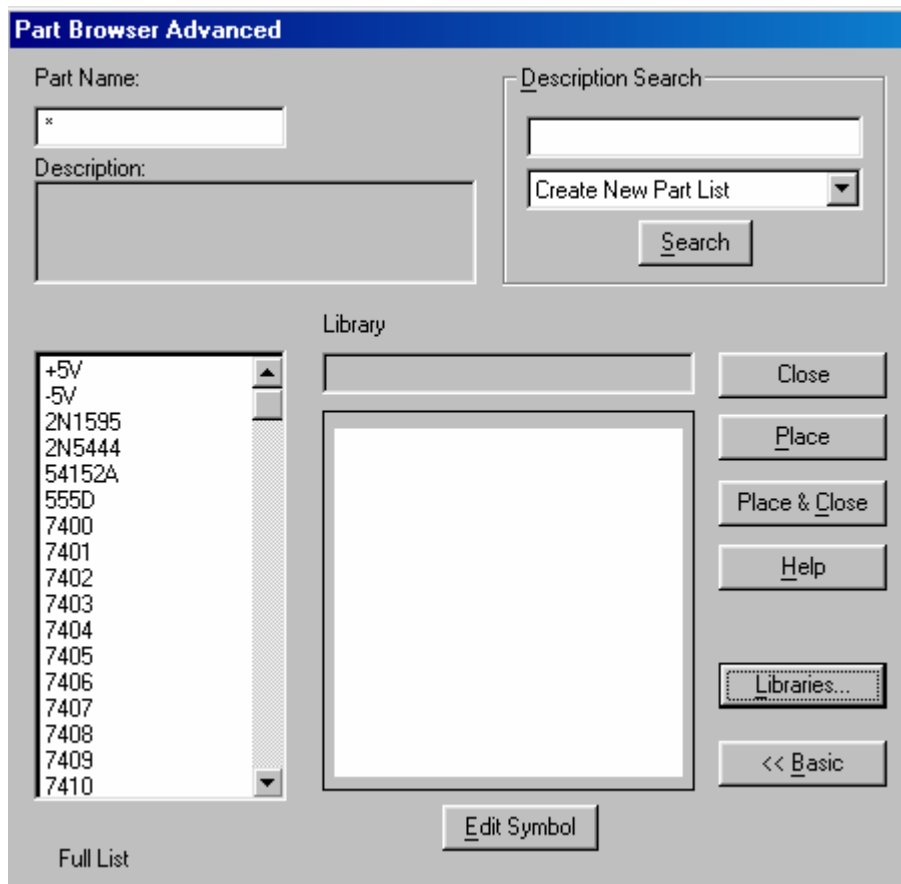
## خلاصه اي در خصوص كار با نرم افزار Pspice

نرم افزار مورد استفاده در برخی آزمایشهای آزمایشگاه مدارهای دیجیتال Pspice student 9.2، 9.2 Orcad یا Microsim eval 8 مي باشد. در این قسمت در خصوص کار با نرم افزار اطلاعاتی در حد بسیار مختصر ارائه مي گردد و درك کلیه جزئیات در این خصوص مستلزم مراجعه به کتابهای مرجع مي باشد.

ورود به محیط ترسیم مدار در Pspice:



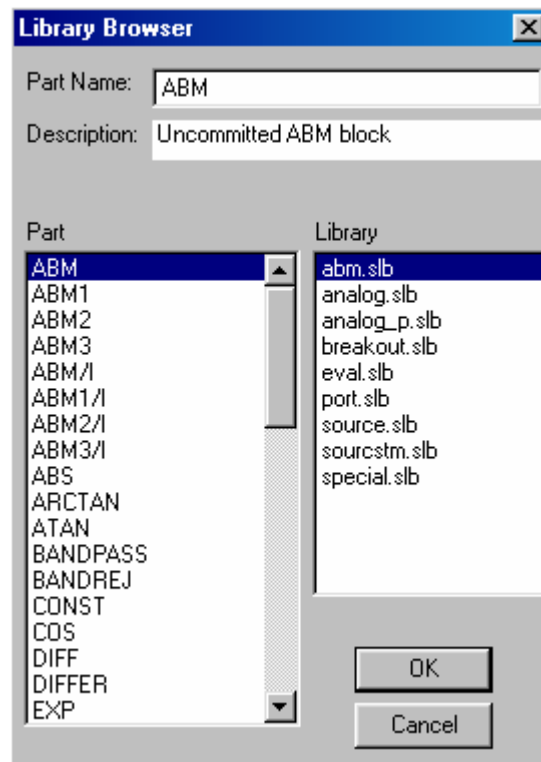
با کلیک روی گزینه Schematics از منوی Pspice student وارد محیط ترسیم مدار می شویم. در ابتدا می بایست قطعات مورد نظر خود را انتخاب کنیم این کار به وسیله گزینه Get New Part در قسمت Draw یا Ctrl+G انجام می پذیرد. انتخاب قطعه در این فضا به دو صورت امکان پذیر است :



- ۱- تایپ نام قطعه مورد نظر در قسمت Part Name و جایگذاری قطعه در صفحه ترسیم.
  - ۲- انتخاب قطعه از مجموعه مخصوص به خود که در این صورت می بایست گزینه Libraries... از این فضا را انتخاب کرده و وارد محیط Library Browser شویم.
- قطعاتی که مورد استفاده بیشتری دارند شامل موارد زیر می باشند:
- ۱- analog.slb ( حاوی قطعات آنالوگ مانند خازن، مقاومت ، سلف و ... )
  - ۲- eval.slb ( حاوی قطعات نیمه هادی مانند دیود ، ترانزیستورهای JFET, MOSFET, BJT و JFET , گیت‌های منطقی آماده , انواع IC های سری 74XX و ... )
  - ۳- breakout.slb ( حاوی انواع MOSFET های تخلیه ای و ... )
  - ۴- port.slb ( حامل قطعاتی مانند زمین حقیقی یا مجازی و ... )

۵- source.slb ( حامل منابع ولتاژ مختلف مانند )

VPWL, VSIN, VAC, VDC, VPULSE و همینطور منابع جریان مختلف و ... )

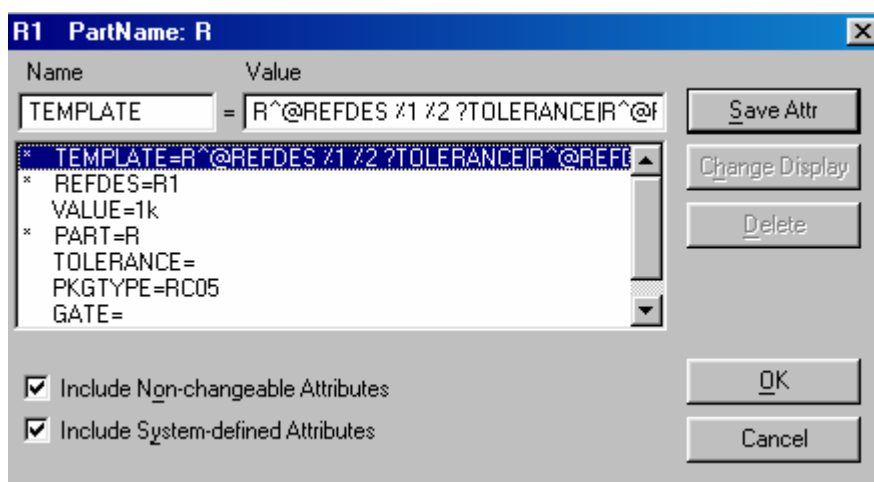


شایان ذکر است که محیط Library Browser شامل گزینه های دیگری نیز می باشد که در این درس بندرت مورد استفاده قرار می گیرند.

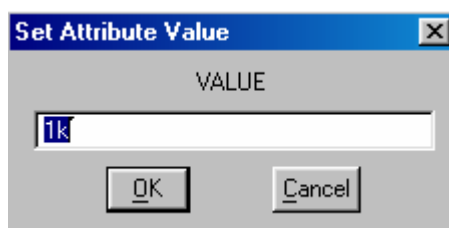
پس از انتخاب قطعات می بایست به وسیله سیم یا خطوطی ساختار مدار را در صفحه Schematics پیاده کرد یا به عبارتی قطعات را برای دستیابی به یک ساختار معین و مورد نظر به هم وصل کرد این کار به وسیله گزینه Wire در قسمت Draw یا Ctrl+W انجام می پذیرد. بدین ترتیب که به وسیله کلیک چپ در خروجی هر قطعه و ورودی قطعه دیگر می توان این دو قطعه را به وسیله سیم به هم متصل کرد ( این کار بایستی به دقت انجام شود زیرا

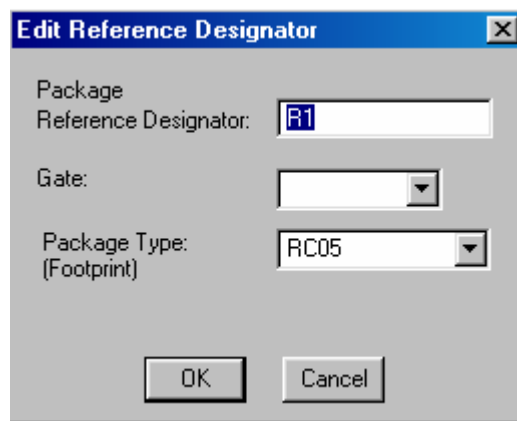
هر گونه عدم اتصال باعث ایجاد پیامهای error در حین شبیه سازی خواهد شد که در مرحله بعد توضیح داده می شود. برای چرخش قطعات به میزان ۹۰ درجه از Ctrl R و ۱۸۰ درجه از Ctrl F استفاده می شود.

پس از سیم بندی قطعات مختلف نوبت به مقدار دهی آنها می رسد. به منظور دستیابی به پارامترهای هر قطعه کافیسیت روی قطعه کلیک مضاعف کنید تا وارد پنجره تنظیمات قطعه مذکور شوید.



( به عنوان مثال با وارد شدن به پنجره پارامترهای مقاومت گزینه های مختلفی مشاهده می شود که تنها مورد انتخابی جهت تغییر گزینه VALUE می باشد و سایر گزینه ها به حال خود رها می شوند). روش دیگر تغییر مقدار مقاومت کلیک مضاعف روی مقدار مقاومت می باشد که در تصویر Schematics مشاهده می شود و می توان به راحتی مقدار مورد نظر را وارد کرد. این کار برای تغییر نام قطعه نیز امکان پذیر است و روش کار دقیقاً شبیه به تعیین مقدار است.





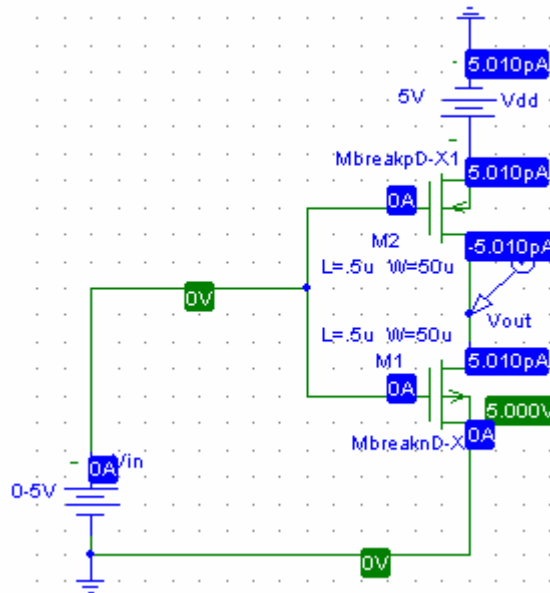
برای سایر قطعات نیز روش کلی بدین صورت است که در ادامه به برخی از موارد پر استفاده اشاره خواهد شد.

پس از انجام این مرحله نوبت به نامگذاری گره های مدار می باشد به این منظور می بایست روی هر گره کلیک مضاعف کرده و نام گره را در پنجره مربوط به دلخواه وارد کرد. اگر این نامگذاری صورت نگیرد Pspice به صورت خود تعریف اسامی برای گره ها در نظر خواهد گرفت که ممکن است گمراه کننده باشد.

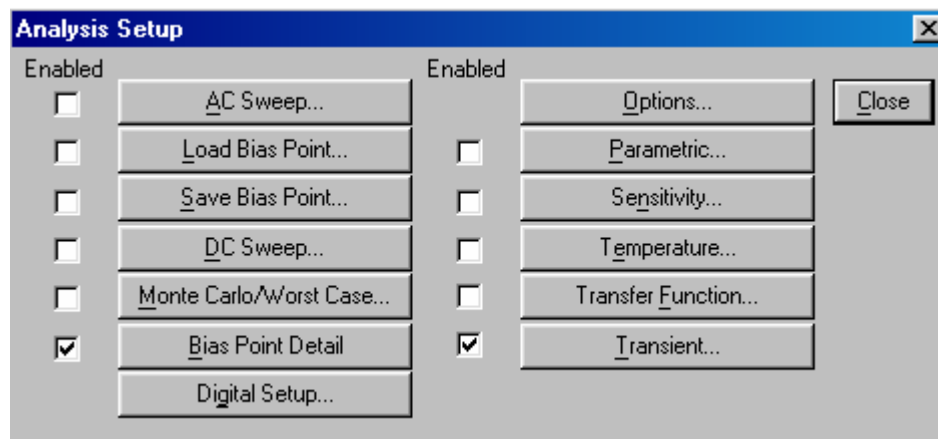
پس از تنظیمات اولیه که ذکر شد نوبت به تنظیمات صفحه نمایش خروجی می رسد. این مرحله از کار به عنوان مهمترین مرحله از شبیه سازی مطرح می باشد و حالات مختلفی در نظر گرفته می شود:

۱- هدف صرفاً مشاهده ولتاژها و جریان ها به ترتیب در گره ها و شاخه های مدار و در صفحه اصلی Schematics و در روی خود مدار می باشد. در این صورت هیچ نیازی به تنظیم صفحه نمایش خروجی نیست زیرا همه نتایج می بایست در صفحه جاری Schematics نمایش داده شوند. در نتیجه پس از ترسیم مدار و مقداردهی و نامگذاری قطعات و گره ها کفایت گزینه simulate از قسمت Analysis یا F11 را انتخاب کرده و مدار را شبیه سازی کنیم (شایان ذکر است که قبل از شبیه سازی مدار می بایست با یک

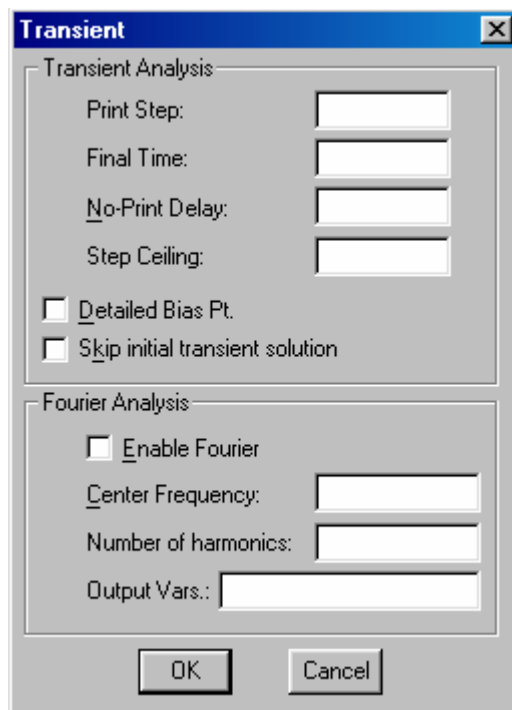
نام دلخواه (Save شود) پس از شبیه سازی از آنجایی که هیچ تنظیمی برای نمایش شکل موجهای خروجی انجام نشده یک صفحه تاریک مشاهده می شود که با بستن این پنجره و بازگشت به مدار اصلی و انتخاب شاخص های  $V$  ,  $I$  در صفحه اصلی می توان ولتاژها و جریانها را در روی مدار مشاهده کرد.



۲- از یک منبع سیگنال سینوسی VSIN در مدار استفاده شده و نتیجه می بایست در حوزه زمان و به صورت نمودار نمایش داده شود در این صورت گزینه Setup... از قسمت Analysis را انتخاب کرده و وارد پنجره تنظیمات شوید و با انتخاب گزینه Transient... وارد پنجره مخصوص آن شوید.







گزینه Print Step را با يك مقدار بسيار نا چيز غير صفر مقدار دهی کنید , گزینه Final Time را تا زمانی که تمایل دارید نمودار نمایش داده شود مقدار دهی کنید و گزینه Step Ceiling را نیز با عددی در حوزه (10-10 $\mu$ ) مقدار دهی کنید ( هر چقدر مقدار Step Ceiling کمتر باشد نمودار هموارتر به نظر می رسد).

{نحوه تنظیم پارامترهای VSIN :

VOFF : تنظیم کننده مقدار آفست از ولتاژ صفر است.

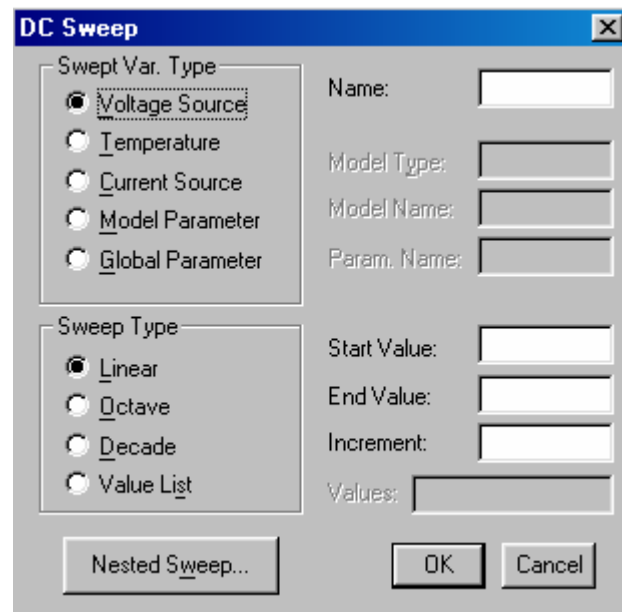
VAMPL : تنظیم کننده پیک سیگنال است.

FREQ : تنظیم کننده فرکانس سیگنال است. ما بقي پارامترها به صورت خود تعریف رها می شوند.}

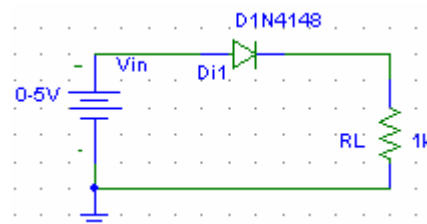
پس از تنظیم گزینه Transient به صورتی که تشریح شد نوبت به شبیه سازی مدار می رسد که با انتخاب F11 و در صورتی که مدار فاقد هر گونه ایرادی باشد صفحه نمایشگر نمودارهای خروجی ظاهر می شود که با انتخاب گزینه Add Trace... از قسمت

Trace می توان شکل موجهای مورد نظر را انتخاب و بر حسب زمان مشاهده کرد.

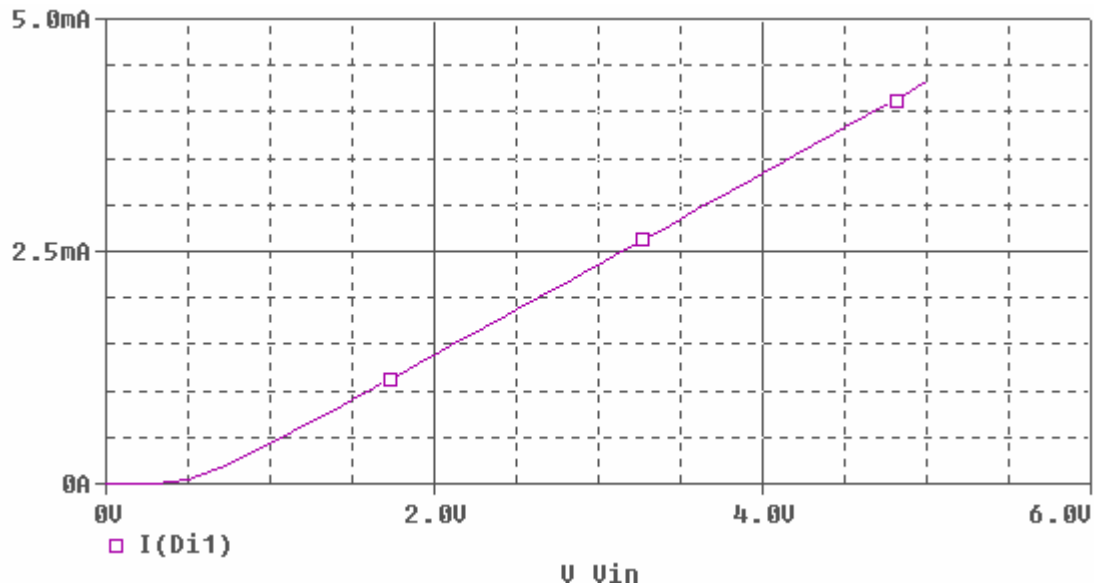
۳- از یک منبع ولتاژ DC استفاده شده و هدف مشاهده عکس العمل مدار به ازای یک محدوده مشخص از این منبع ولتاژ می باشد (سوئیچ DC) مانند منحنی جریان دیود بر حسب ولتاژ دو سر آن در این صورت نمودار افقی در شکل موج خروجی بر حسب ولتاژ است و می بایست گزینه DC Sweep... را در قسمت Setup تنظیم کرد. تنظیم مقادیر با توجه به نوع منبع متغیر (ولتاژ، جریان و ...) و نوع Sweep (خطی، اکتاو و ...) صورت می گیرد. در قسمت مربوط به Name نیز نام منبع متغیر مورد نظر بایستی تایپ شود و مقادیر شروع و پایان و افزایش نیز به دلخواه تنظیم می گردد.



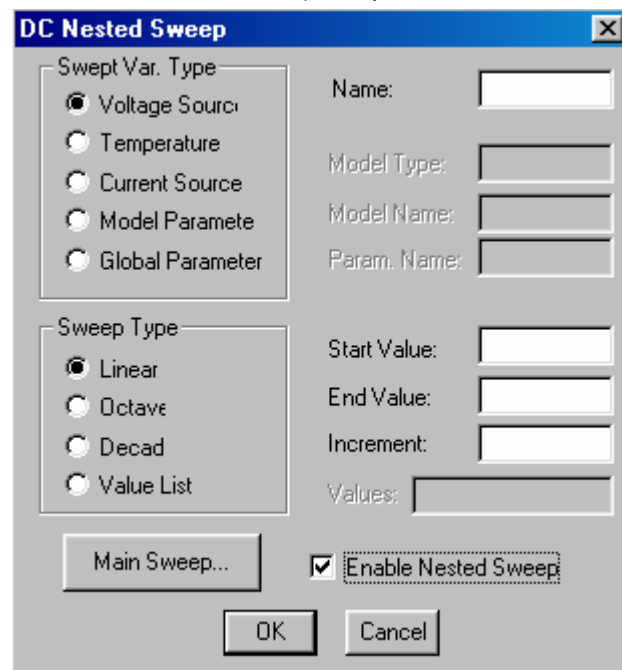
نحوه شبیه سازی مدار دقیقاً مشابه حالت ۲ است منتهی در اینجا پارامترها دیگر بر حسب



زمان نیستند.

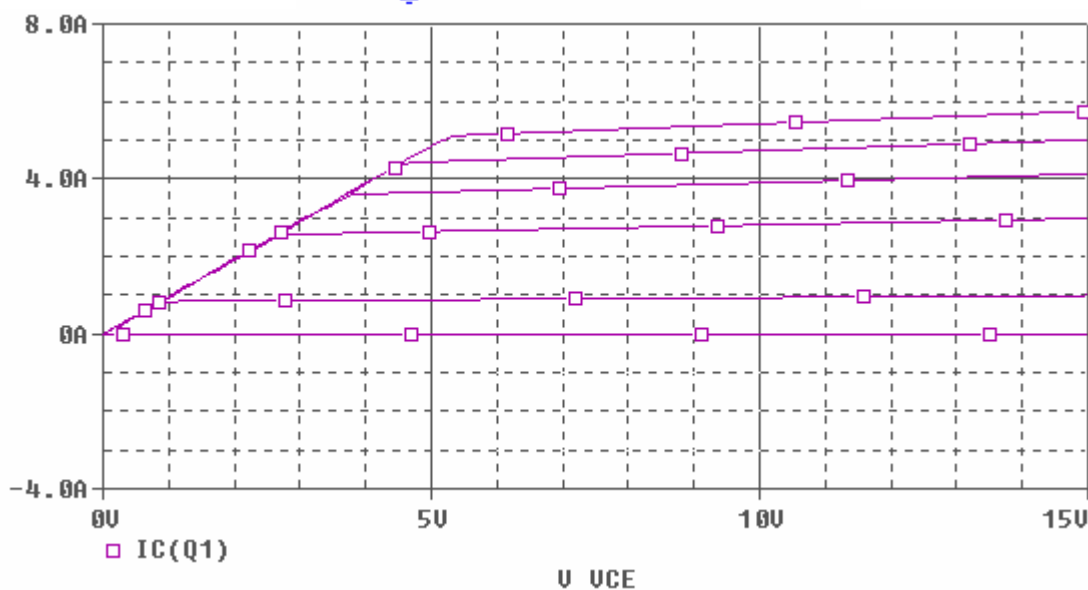
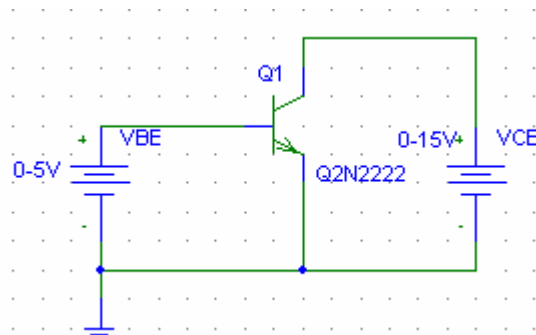


۳- در برخی مواقع هدف مشاهده عکس العمل مدار به ازای تغییرات دو پارامتر در محدوده مشخص می باشد (سوئیچ تو در توی DC) بعنوان مثال  $I_C$  ترانزیستور بر حسب  $V_{CE}$  به ازای مقادیر مختلف  $V_{BE}$ . این قسمت نیز شبیه به قسمت ۳ می باشد بدین ترتیب که پس از تنظیم پنجره DC Sweep برای مقدار  $V_{CE}$  (محور افقی) با انتخاب گزینه Nested Sweep... در همان پنجره وارد محیط تنظیم پارامتر دوم (در اینجا  $V_{BE}$ ) می شویم که تنظیمات آن نیز شبیه به پنجره حالت قبل می باشد (کنار گزینه Enable Nested Sweep در همین پنجره علامت گذاری شود).

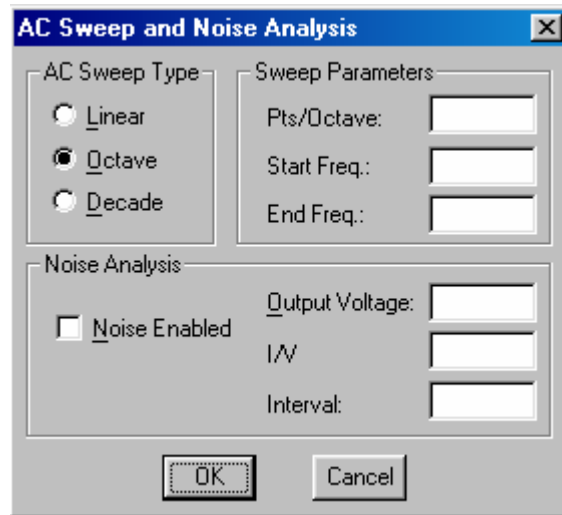


در ادامه می توان مدار را دقیقاً مشابه حالات قبل شبیه سازی کرد و نمودار پارامترهای

مورد نظر را در خروجی مشاهده نمود.



۵- در مواردی که هدف بررسی پاسخ فرکانسی سیستم و یا پهنای باند آن می باشد می بایست به تنظیم سوئیچ AC در پنجره Analysis Setup پرداخت تا قابلیت مشاهده تمامی پارامترها بر حسب فرکانس میسر گردد. به این منظور پس از انتخاب گزینه AC Sweep... و ورود به این محیط مقدار Pts/Octave در بازه (۳۰-۱۰ برای مقیاس اکتاو) و فرکانس شروع و پایان نیز به دلخواه تنظیم می شوند (به گونه ای که بتوان تمامی تغییرات را پوشش داد). سپس نوع AC Sweep بصورت Octave انتخاب می گردد و مابقی قسمتها بدون تغییر رها می شوند.



در ادامه می توان مدار را دقیقاً مشابه حالات قبل شبیه سازی کرد و نمودار پارامترهای مورد نظر را در خروجی بر حسب فرکانس مشاهده نمود.

تنظیم پارامترهای مربوط به قطعه MOSFET :

(<sup>۱</sup>) MOSFET های تخلیه ای

Mbreak P3D,N3D ( بدون اثر بدنه )

Mbreak P4D,N4D ( با اثر بدنه )

همانگونه که قبلاً اشاره شد می توان با کلیک مضاعف روی یک قطعه پارامترهای مختلف آنرا مشاهده کرد و تغییر داد ولی در قطعاتی مانند BJT و MOSFET تعداد بسیار محدودی از پارامترها به این طریق دستیابی می شوند. برای دسترسی به پارامترهای بیشتر قطعه مورد نظر را فعال کرده و با انتخاب گزینه Model... از قسمت Edit و انتخاب گزینه

Edit Instance Model [Text]... می توان وارد صفحه ویرایش پارامترهای

MOSFET (یا BJT) شد. در خط اول عبارت model MbreakPD-X PMOS. و در خط

دوم  $VTO=4.0$  ملاحظه می شود جهت افزودن پارامترهای دلخواه در ادامه خط اول

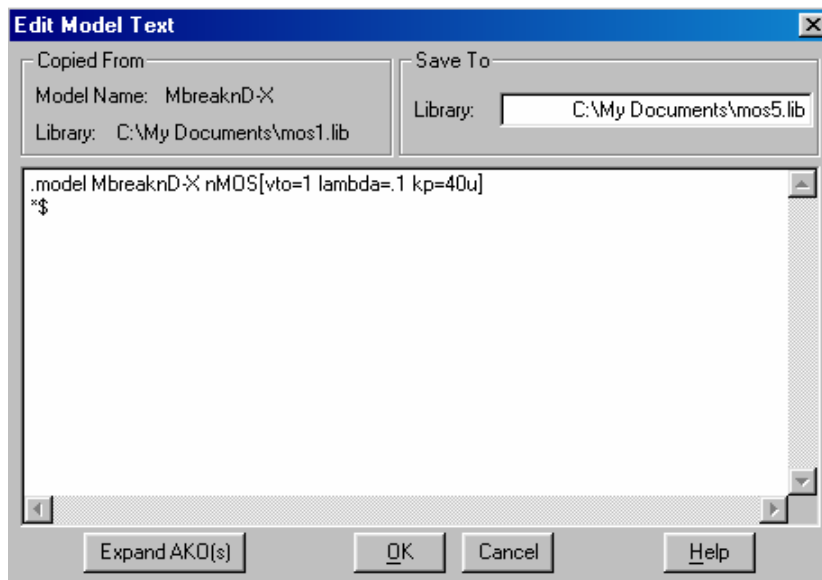
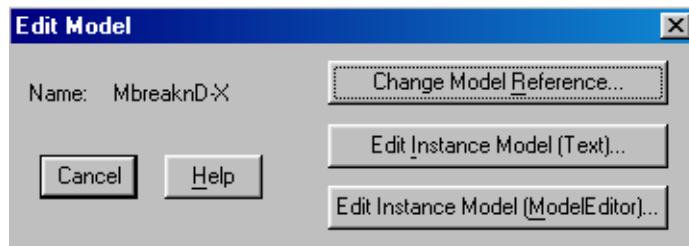
می توان موارد زیر را تایپ کرد.

.model Mbreak PD-X PMOS [lambda=0.1 kp=40μ Gamma=0.1 vto=1]

سپس خط دوم را پاک کنید (زیرا برای VTO نیز در خط اول مقداری انتخاب شده است). در این قسمت می توان نوع ترانزیستور را نیز با تبدیل PMOS در خط اول به NMOS و یا بالعکس تغییر داد. W و L نیز با کلیک مضاعف روی قطعه در صفحه اصلی قابل دسترسی است.

(توجه: تمامی فواصلی که بین کلمات در خط اول وجود دارد می بایست تا آخر حفظ شوند و از به هم پیوستن کلمات پرهیز شود تا از بروز خطا در حین شبیه سازی جلوگیری شود).

توضیح اینکه Pspice بصورت قراردادی ترانزیستورهای با جهت قش رو به بیرون را

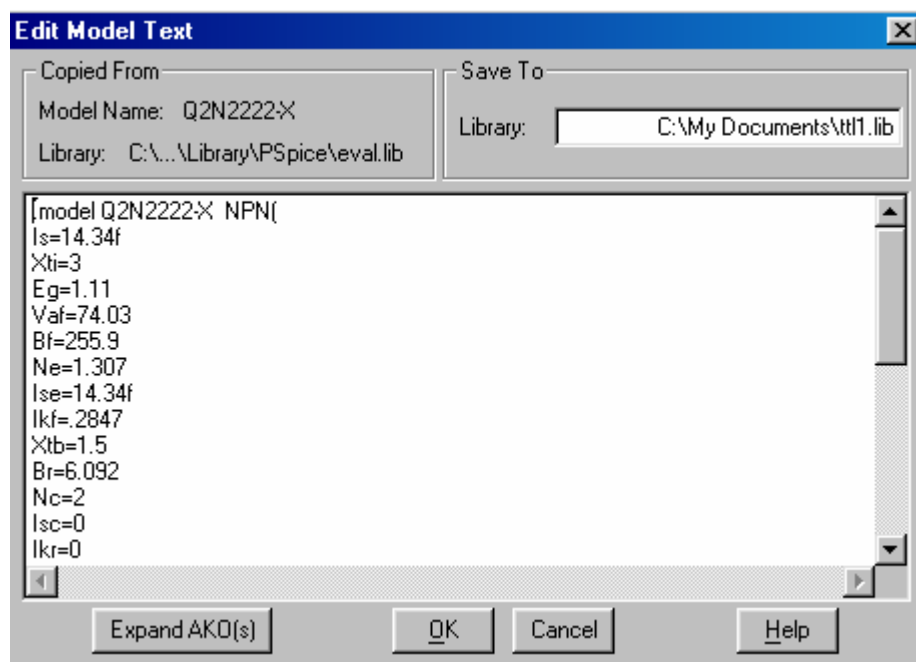


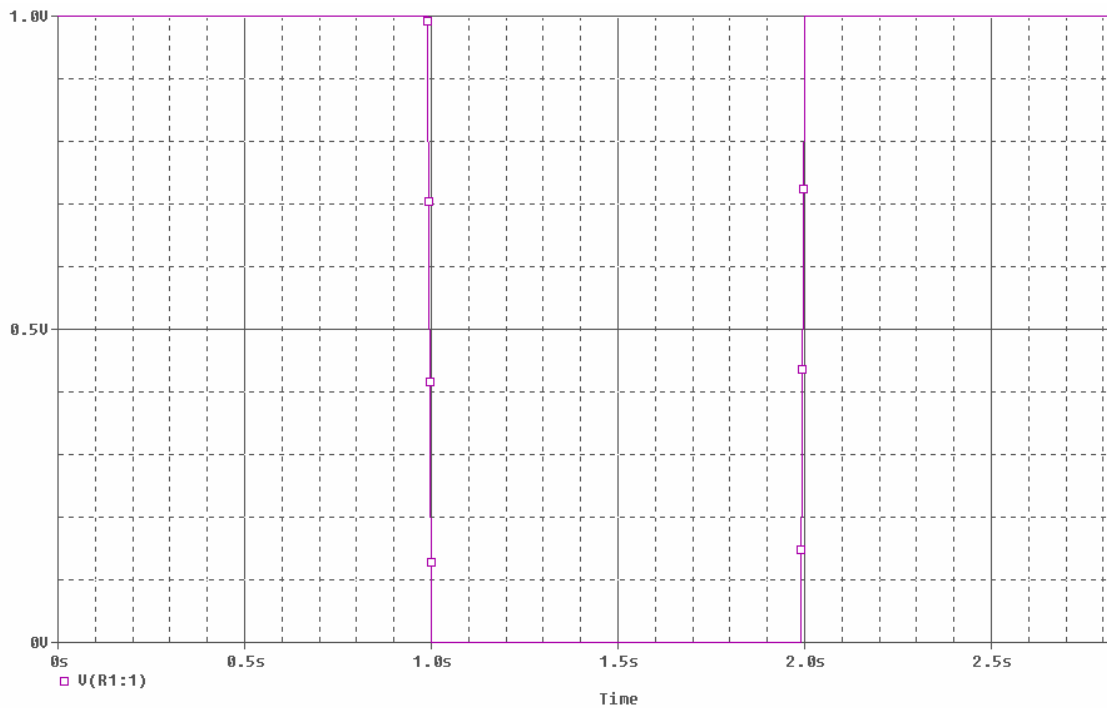
PMOS و با جهت فلش رو به داخل را NMOS در نظر می‌گیرد (بصورت تخلیه‌ای) که می‌توان این امر را همانگونه که در قسمت بالا اشاره شد با تبدیل PMOS به NMOS و یا بالعکس در خط اول و تغییر علامت VTO جهت استفاده (بصورت افزایشی) تغییر داد.

## ۲) MOSFET های افزایشی

نظیر IRF 150 و IRF9140 که در این مورد نیز روش تغییر پارامترها شبیه به روش مذکور می‌باشد با این تفاوت که پس از انتخاب گزینه Edit Instance Model [Text]... نیازی به تایپ پارامترها نیست و کلیه پارامترهای MOSFET لیست شده اند و می‌توان به دلخواه آنها را تغییر داد.

در خصوص ترانزیستور BJT بعنوان مثال Q2N2222 نیز روش تغییر پارامترها شبیه به روش مذکور در MOSFET های افزایشی می‌باشد.





براي ايجاد شكل موجهاي نظير شكل بالا مي بايست از منبع VPWL استفاده كرد كه نحوه

تنظيم پارامترهاي آن بصورت يك مثال به نمايش گذاشته مي شود.

وارد كردن مقادير زير شكل موج بالا را بر حسب زمان به وجود مي آورد. با توجه به نحوه

مقداردهي و با استفاده از اين الگو مي توان انواع شكل موجهاي دلخواه را جهت استفاده در

مدارات مختلف به وجود آورد.

(  $V_4 = 1v$ ,  $T_4 = 2s$  ,  $V_3 = 0V$ ,  $T_3 = 1.99s$ ,  $V_2 = 0v$ ,  $T_2 = 1s$ ,  $V_1 = 1v$ ,

$T_1 = 0.99s$ ,  $DC = 1v$  )

مواردي كه تا كنون بحث شد تنها كلياتي از اين نرم افزار بسيار قدرتمند و كارآمد مي باشد. از

آنجايي كه فرصت كافي جهت بررسي تمامي قسمتها و جزئيات در دست نمي باشد در اينجا

مبحث مربوط به نحوه كار با نرم افزار را به پايان برده و مطالعات اضافي در اين خصوص

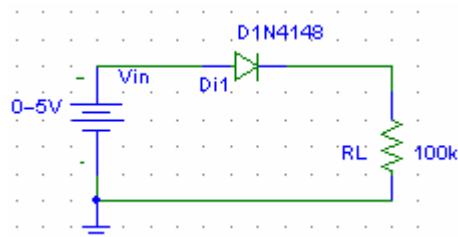
را به عهده دانشجويان گرامي نهاده و در ادامه مبحث مربوط به درس الكترونيك ديگيتال را

پي مي گيريم.

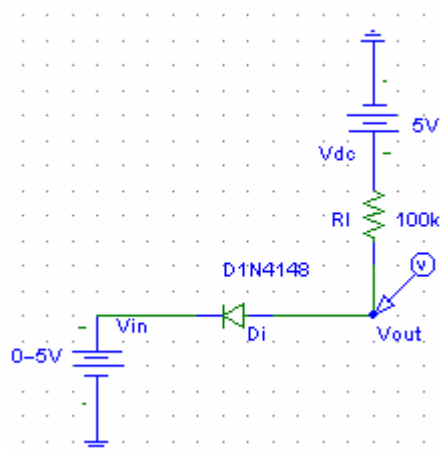


۱- تکنولوژی دیودی یا (Resistor Diode Logic) RDL : دارای ساده ترین مدارات پیاده سازی توابع منطقی می باشد که در ساختار آنها تنها از دیود و مقاومت استفاده شده است.

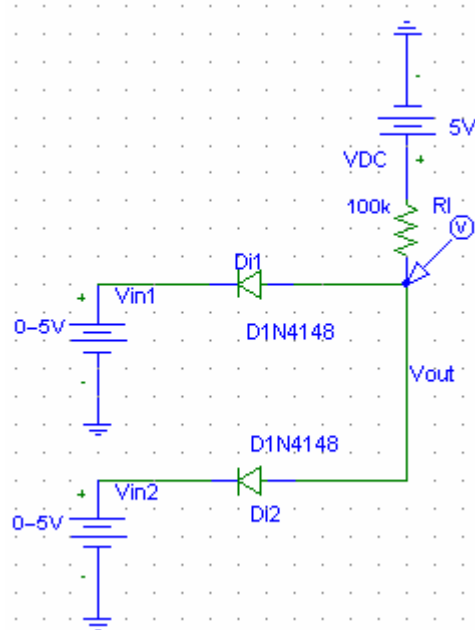
۱-۱) مدار زیر را بسته و منحنی مشخصه دیود ( $I_D$  بر حسب  $V_D$ ) را با استفاده از سوئیچ DC منبع ورودی مشخص کنید.



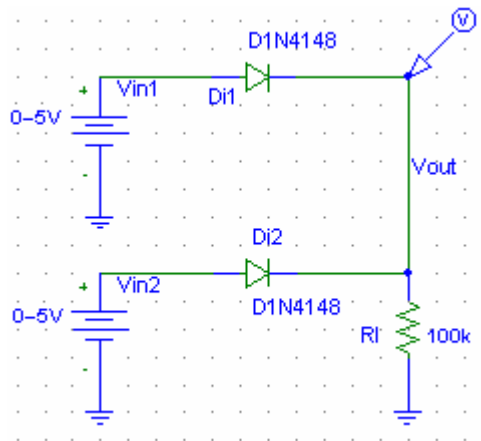
۲-۱) مدار زیر را بسته و ولتاژ خروجی را بر حسب ولتاژ ورودی با استفاده از سوئیچ DC منبع ورودی مشخص کنید. سپس نواحی کاری دیود و ولتاژ ورودی که خروجی بعد از آن شروع به ثابت شدن می کند را روی نمودار مشخص کرده و نحوه عملکرد مدار را شرح دهید.



۳-۱) مدار زیر را بسته و ولتاژ خروجی را به ازای مقادیر مختلف منطقی  $V_{in1}$  و  $V_{in2}$  مشخص کنید. سپس نحوه عملکرد مدار را شرح دهید. این مدار نمایانگر چه نوع گیتی می باشد؟



۴-۱) مرحله ۳-۱ را برای مدار زیر تکرار کنید.



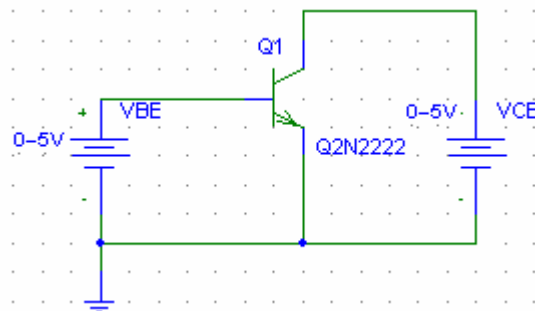
## ۲- تکنولوژی RTL (Resistor Transistor Logic) : این تکنولوژی در اوایل دهه

شصت قرن بیستم وارد بازار شد و انواع گیتها شامل NAND, NOR و ... بوسیله این

تکنولوژی قابل پیاده سازی است در این تکنولوژی تنها از مقاومت و ترانزیستور جهت پیاده

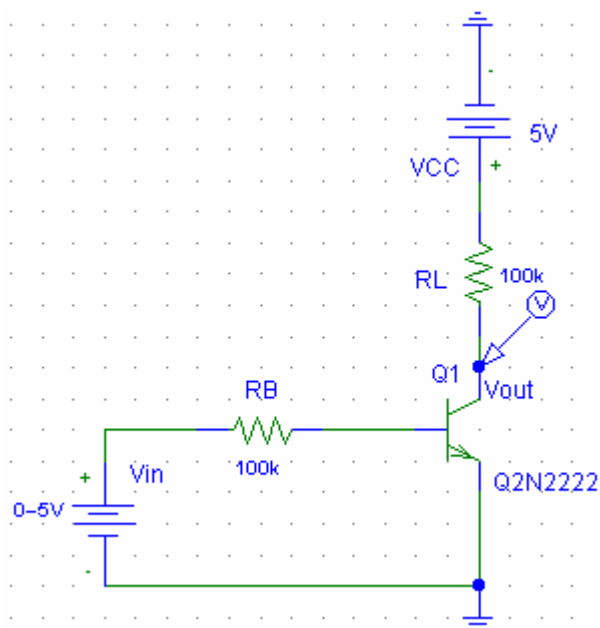
سازی توابع منطقی استفاده شده است.

۱-۲) مدار زیر را با استفاده از نرم افزار رسم کرده و منحنی مشخصه ترانزیستور ( $I_C$  بر حسب  $V_{CE}$  به ازای مقادیر مختلف  $V_{BE}$ ) را با استفاده از سوئیچ تو در توی DC مشخص کنید. سپس نواحی کاری ترانزیستور را روی نمودار مشخص کرده و تشریح کنید.



۲-۲) مدار زیر را بسته و ولتاژ خروجی را بر حسب ولتاژ ورودی با استفاده از سوئیچ DC منبع ورودی مشخص کنید.  $NML$ ,  $NMH$ ,  $V_{OH}$ ,  $V_{OL}$ ,  $V_{iH}$ ,  $V_{iL}$  را محاسبه کرده و با مقادیر عملی مقایسه کنید و میزان خطا را بدست آورید.

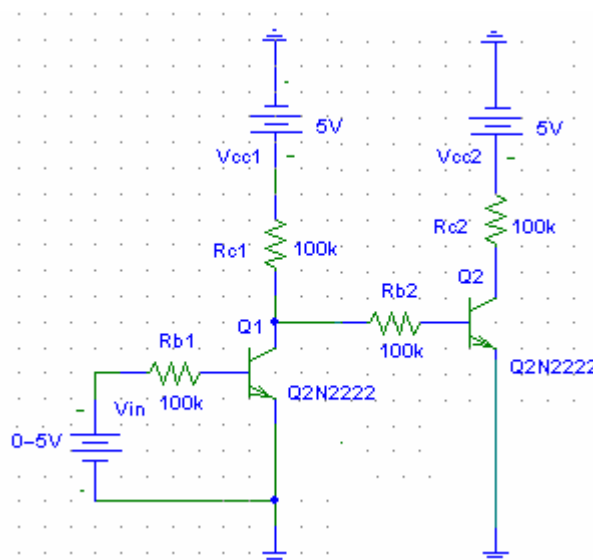
$$(NML=V_{iL}-V_{oL} \text{ و } NMH=V_{oH}-V_{iH})$$



۳-۲) توان مصرفی ایستار را محاسبه نمایید و با مقادیر عملی مقایسه کرده و میزان خطا را

$$P_{diss(ave)} = (I_{(OH)} + I_{(OL)}) \cdot V_{cc} / 2$$

۴-۲) قسمت ۲-۳ را برای طبقه اول مدار زیر تکرار کنید .

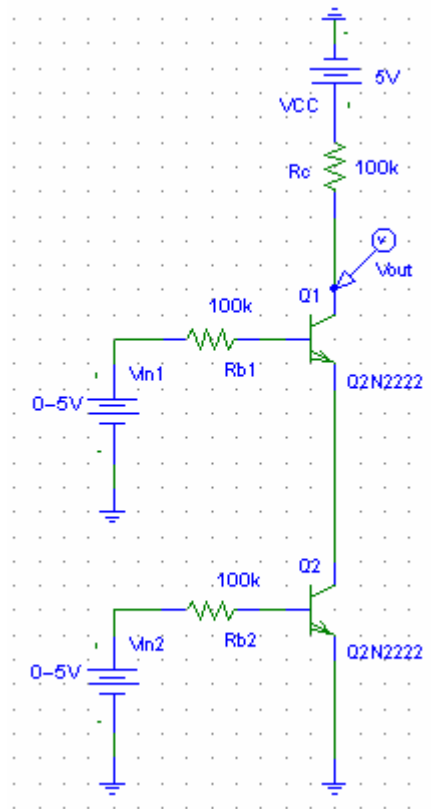


۵-۲) Fanout مدار قسمت ۲-۲ را محاسبه کنید. (توجه : در محاسبه Fanout ولتاژ

خروجی گیت تحریک کننده در حالت Hi است یعنی  $V_{iH}$  بایستی وارد محاسبات شود).

۶-۲) مدار زیر را در نظر بگیرید.  $I_{B1}$ ,  $I_{B2}$ ,  $I_{Rc}$ ,  $V_{out}$  را برای  $V_{in1} = 0$  و  $V_{in2} = 5$

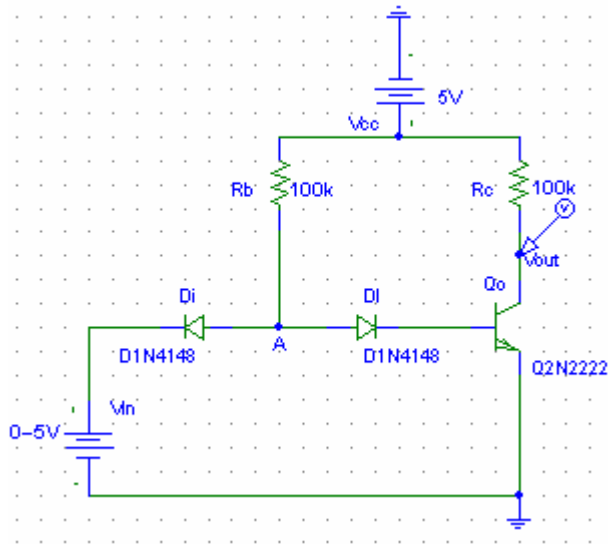
و بالعکس محاسبه کرده و با مقادیر عملی مقایسه کنید. این مدار نمایانگر چه نوع گیتی است؟



### ۳- تکنولوژی DTL (Diode Transistor Logic) : در این تکنولوژی برای تحقق

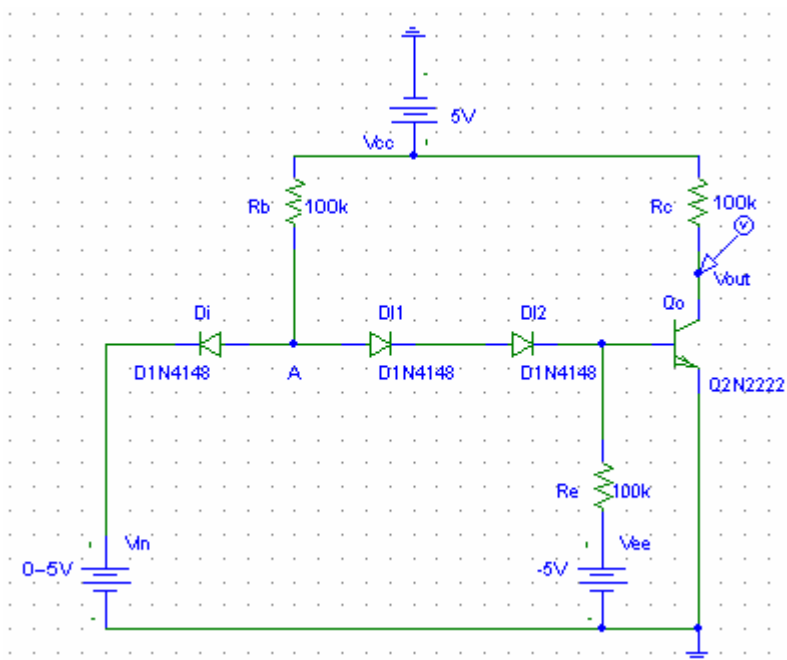
توابع منطقی از سه المان دیود ، ترانزیستور و مقاومت استفاده می شود . یکی از محاسن تکنولوژی DTL نسبت به تکنولوژی RTL عدم تغییر جریان  $I_{oH}$  در صورت وجود بار می باشد و دلیل آن نیز دیود معکوس در ورودی می باشد .

۳-۱) مدار زیر را بسته و ولتاژ خروجی را بر حسب ولتاژ ورودی بوسیله سوئیچ DC منبع ورودی مشخص کنید. سپس  $V_{iH}$  ,  $V_{iL}$  ,  $V_{oH}$  ,  $V_{oL}$  ,  $NMH$  ,  $NML$  را محاسبه کرده و با مقادیر عملی مقایسه کنید و میزان خطا را بدست آورید .



۲-۳) توان مصرفی ایستار را محاسبه کرده و با مقادیر عملی مقایسه کنید و میزان خطا را بدست آورید.

۳-۳) قسمت ۱-۳ را برای مدار زیر تکرار کنید سپس تاثیر  $DI_2$  در عملکرد مدار را تشریح کنید و دلیل استفاده از  $R_e$  متصل به بیس ترانزیستور را توضیح دهید.



۴-۳) در خصوص Fanout مدارات DTL توضیح دهید.

#### ۴- تکنولوژی TTL (Transistor Transistor Logic): این تکنولوژی در سال

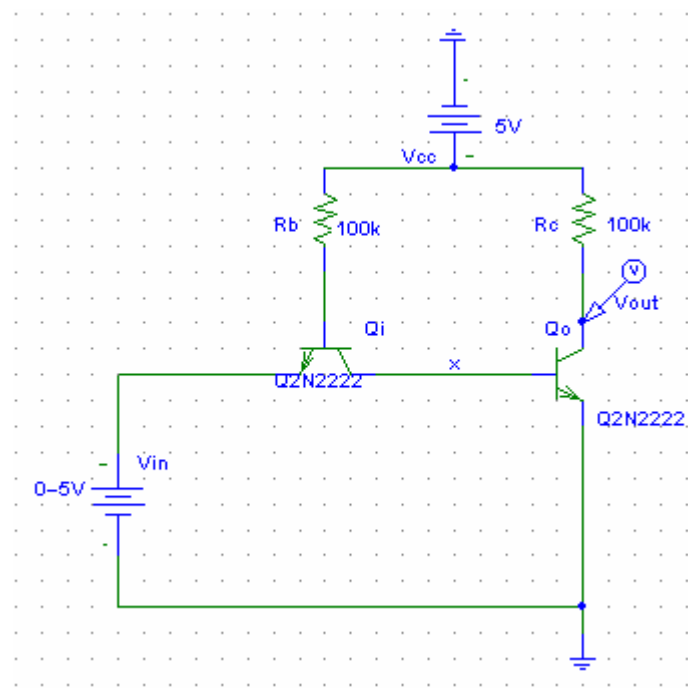
1965 به بازار عرضه شدو تفاوت آن با تکنولوژی DTL استفاده از ترانزیستور به جای

دیود می باشد از مزایای عمده آن افزایش Fanout و بهبود زمان پاسخ گذرا می باشد.

۴-۱) مدار زیر را بسته و ولتاژ خروجی را بر حسب ولتاژ ورودی بوسیله سوئیچ DC

منبع ورودی مشخص کنید. سپس  $V_{iH}$ ,  $V_{iL}$ ,  $V_{oH}$ ,  $V_{oL}$ ,  $NMH$ ,  $NML$  را محاسبه

کرده و با مقادیر عملی مقایسه کنید و میزان خطا را بدست آورید.

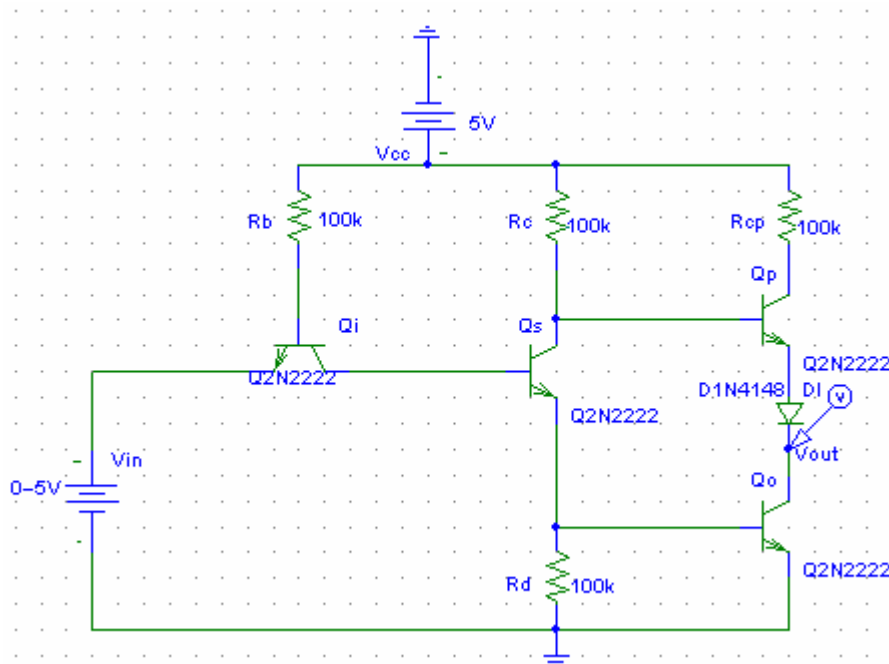


۴-۲) جدول حالت ترانزیستورهای  $Q_1, Q_2$  و همچنین  $V_x$  را به ازای مقادیر ورودی L و

ورودی H بدست آورید.

۴-۳) مدار زیر را بسته و جدول حالت ترانزیستورها را به ازای مقادیر ورودی L و

ورودی H بدست آورید.



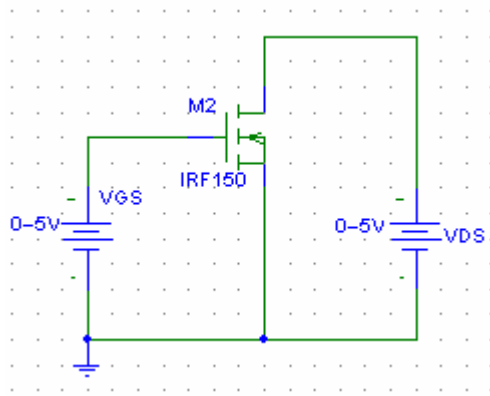
۴-۴) توان مصرفی ایستار را در حالت ورودی L و ورودی H محاسبه کرده و با مقادیر عملی مقایسه کنید و میزان خطا را بدست آورید .

۵-۴) Fanout مدار قسمت ۳-۴ را برای حالت ورودی H و ورودی L محاسبه کنید .

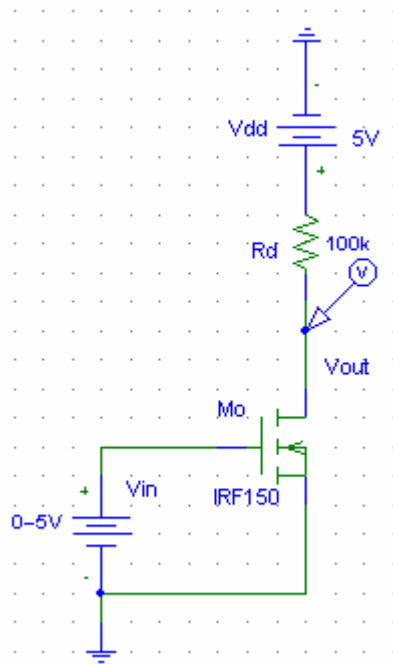
۵- تکنولوژی MOS : با استفاده از این تکنولوژی می توان مدارات دیجیتال پیچیده را در مساحتی کوچک تعبیه کرد و جریان ورودی راتا حد بسیار زیادی کاهش داد و در مواردی سرعت سیستم راتا حد زیادی بالا برد. در ادامه برخی مزایای دیگر استفاده از این تکنولوژی را مشاهده خواهیم کرد.

۱-۵) مدار زیر را با استفاده از نرم افزار رسم کرده و منحنی مشخصه MOSFET ( $I_D$  بر حسب  $V_{DS}$  به ازای مقادیر مختلف  $V_{GS}$ ) را با استفاده از سوئیچ تو در توی DC مشخص کنید سپس نواحی کاری MOSFET را روی نمودار مشخص کرده و تشریح کنید .





۲-۵) مدار زیر را بسته و با استفاده از تحلیل DC مقادیر جریان و ولتاژ مدار را محاسبه کرده و با نتایج عملی مقایسه کنید. سپس مقدار  $R_D$  را چند بار تغییر داده و صحت روابط زیر را در شرایط مخصوص به خود (حالت خطی و اشباع) بررسی کرده و خطای جریان را در دو حالت خطی و اشباع محاسبه کنید.



$$\left\{ \begin{array}{l} \text{اشباع} \quad V_G - V_{th} < V_D \\ \text{خطی} \quad V_G - V_{th} > V_D \\ \text{قطع} \quad V_G < V_{th} \end{array} \right.$$

$$\text{اشباع} : I_D = \frac{1}{2} \mu_n C_{on} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{Th})^2 (1 + \lambda V_{DS})$$

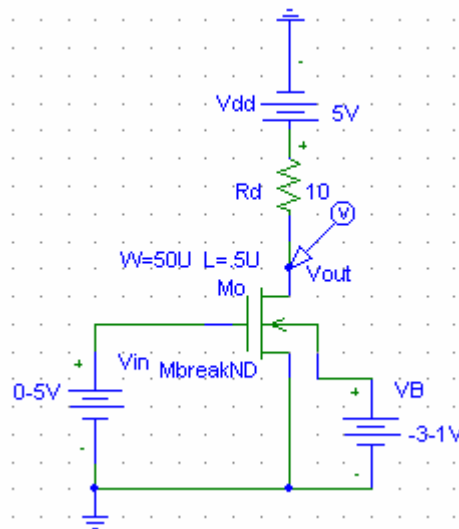
$$\text{خطی} : I_D = \mu_n C_{on} \frac{W}{L} \left[ (V_{GS} - V_{Th}) V_{DS} - \frac{1}{2} V_{DS}^2 \right]$$

همانگونه که ملاحظه شد  $R_D$  در تعیین ناحیه کاری ترانزیستور نقش اساسی ایفا می کند و لی در روابط فوق که شرایط قطع ، خطی یا اشباع بودن ترانزیستور را بیان می کنند اثری از  $R_D$  دیده نمی شود! این مسئله را چگونه می توان توجیه کرد؟ در ادامه مقدار  $W/L$  را با استفاده از نرم افزار تغییر داده و مراحل فوق را عیناً تکرار کنید . آیا همین دو عامل تعیین کننده ناحیه کاری ترانزیستور هستند؟ اگر جواب منفی است عامل یا عوامل دیگر را ذکر کرده و اثر آنرا دقیقاً مانند دو حالت قبل بررسی ، محاسبه و خطایابی کنید .

در نتیجه گیری قسمت ۲-۵ می توان گفت که برخی پارامترها بصورت مستقیم و برخی دیگر بصورت غیر مستقیم در تعیین ناحیه کاری ترانزیستور دخیل می باشند . بصورت خلاصه و مفید این عوامل را جمع بندی کنید .

۳-۵) در مدار قسمت ۲-۵ منحنی  $V_{TC}$  را رسم کنید و با استفاده از این نمودار نیز نواحی کاری را مشخص کنید (با استفاده از سوئیچ DC منبع ورودی) . سپس همانند قسمتهای گذشته  $NML$  ,  $NMH$  ,  $V_{OH}$  ,  $V_{OL}$  ,  $V_{IH}$  ,  $V_{IL}$  را محاسبه کرده و با مقادیر عملی مقایسه کنید و میزان خطا را بدست آورید .

۴-۵) اثر بدنه (Bulk Effect) یکی از عواملی است که در بررسی روابط مربوط به MOSFET بایستی لحاظ شود در این قسمت پارامتر متاثر از اثر بدنه و نحوه تاثیر آن بر تحلیل مدار بررسی خواهد شد . برای این منظور مدار شکل زیر را با استفاده از نرم افزار رسم کنید .



$V_B$  را برابر صفر قرار داده و جریان ترانزیستور را بدست آورده و با نتایج ناشی از شبیه سازی مقایسه کرده و خطا را محاسبه کنید.  $V_B$  را در چند مرحله تغییر داده و مرحله قبل را تکرار کنید. میزان جریان در هر مرحله چه تغییری می کند. با توجه به رابطه  $V_{Th} = V_{Th_0} + \gamma \left( \sqrt{|2\phi_F + V_{SB}|} - \sqrt{|2\phi_F|} \right)$  این پدیده را چگونه توجیه می کنید. اینگونه به نظر می آید که افزایش  $V_{SB}$  به عنوان یک عامل منفی و مضر در یک ترانزیستور مطرح باشد. اگر چنین است چه ضرورتی در استفاده از این پدیده وجود دارد؟! (راهنمایی: مدار را در این حالت از لحاظ فرکانسی بررسی کنید).

۵-۵) توان مصرفی ایستا را محاسبه نمائید و با مقادیر عملی مقایسه کرده و میزان خطا را محاسبه کنید.

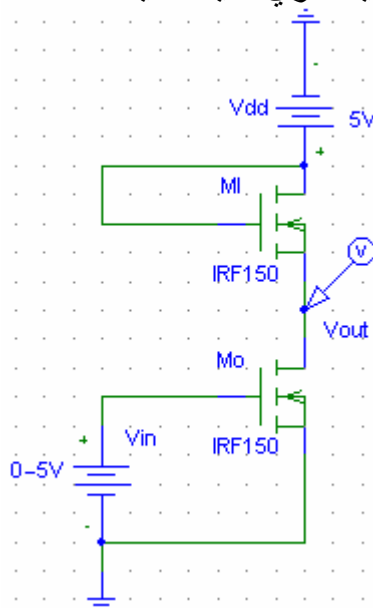
تا کنون ۵ تکنولوژی RDL, RTL, DTL, TTL و MOS بحث و بررسی شد. این پنج تکنولوژی را از لحاظ شباهت نمودار خروجی به حالت ایده آل اینورتر (حاشیه نویزو...)، مقادیر منطقی مطلوب، Fanout و توان مصرفی ایستا مقایسه کرده و نتایج را تشریح کنید.

## ۶- اینورتر NMOS با بار اشباع :

در قسمت ۵ اینورتر NMOS با بار مقاومتی بررسی شد. عملاً ساخت مقاومت در مدارات مجتمع دشوار است و ناحیه زیادی اشغال می شود و از لحاظ تحلیل مداری نیز ملاحظه شد که مدار صفر مطلوبی ندارد. در این قسمت اینورتر با بار اشباع جهت عدم استفاده مستقیم از بار مقاومتی بررسی می شود.

۶-۱) مدار زیر را با استفاده از نرم افزار رسم کرده و مقادیر جریان و ولتاژ مدار را محاسبه

کرده و با نتایج بدست آمده از شبیه سازی مقایسه کنید.



آیا  $W/L$  ترانزیستور MI در جریان مدار نقشی دارد (راهنمایی: تحلیل خود را روی ولتاژ موثرترانزیستور MI متمرکز کنید). افزایش  $W/L$  ترانزیستور MI یا  $Mo$  چه تاثیری در سرعت مدار دارد؟ شرح دهید. افزایش  $W/L$  ترانزیستور  $Mo$  در یک ولتاژ ورودی معین و  $W/L$  ثابت برای ترانزیستور MI چه تاثیری در خروجی خواهد گذاشت؟ با آزمایش و تحلیل روی این موضوع بحث کنید.

۲-۶) منحنی VTC مدار قسمت ۶-۱ را با استفاده از سوئیپ DC منبع ورودی رسم کنید و با استفاده از این نمودار نواحی کاری ترانزیستور را مشخص کنید سپس

$NML, NMH, V_{oH}, V_{oL}, V_{iH}, V_{iL}$  را محاسبه کرده و با مقادیر بدست آمده از شبیه سازی مقایسه کرده و میزان خطا را محاسبه کنید. در مقایسه این منحنی با منحنی VTC اینورتر با بار مقاومتی چه تغییری مشاهده می شود؟

۳-۶) توان مصرفی ایستا را محاسبه کرده و با مقدار بدست آمده از شبیه سازی مقایسه کرده و میزان خطا را محاسبه کنید. نسبت به اینورتر با بار مقاومتی چه تغییری مشاهده می شود؟

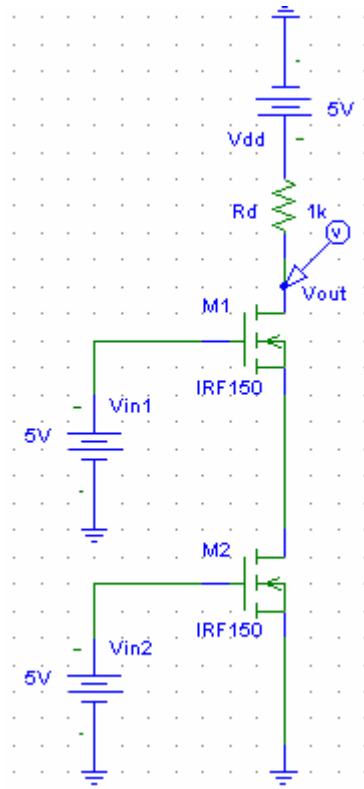
۷- پیاده سازی توابع بوسیله NMOS: بحثی که در ادامه مطرح می شود پیاده سازی توابع مختلف با استفاده از نرم افزار و بوسیله ترانزیستورهای NMOS (با بار مقاومتی یا اشباع) می باشد.

(توجه: در این قسمت تمامی ورودیها بصورت منبع ولتاژ DC و با ولتاژ 5v برای منطق Hi و 0V برای منطق Low اعمال می گردند و هیچگونه تنظیم سوئیپ در این قسمت لازم نیست).

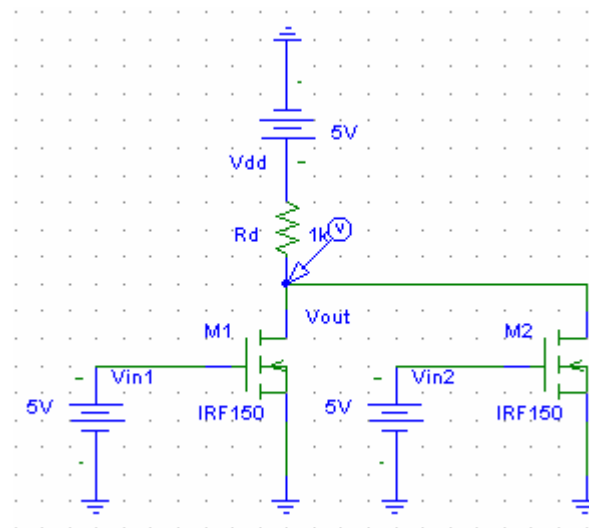
۱-۷) با اعمال ورودیهای مختلف به مدارات زیر خروجی را مشاهده و صحت توابع مورد نظر را بررسی نمایید.

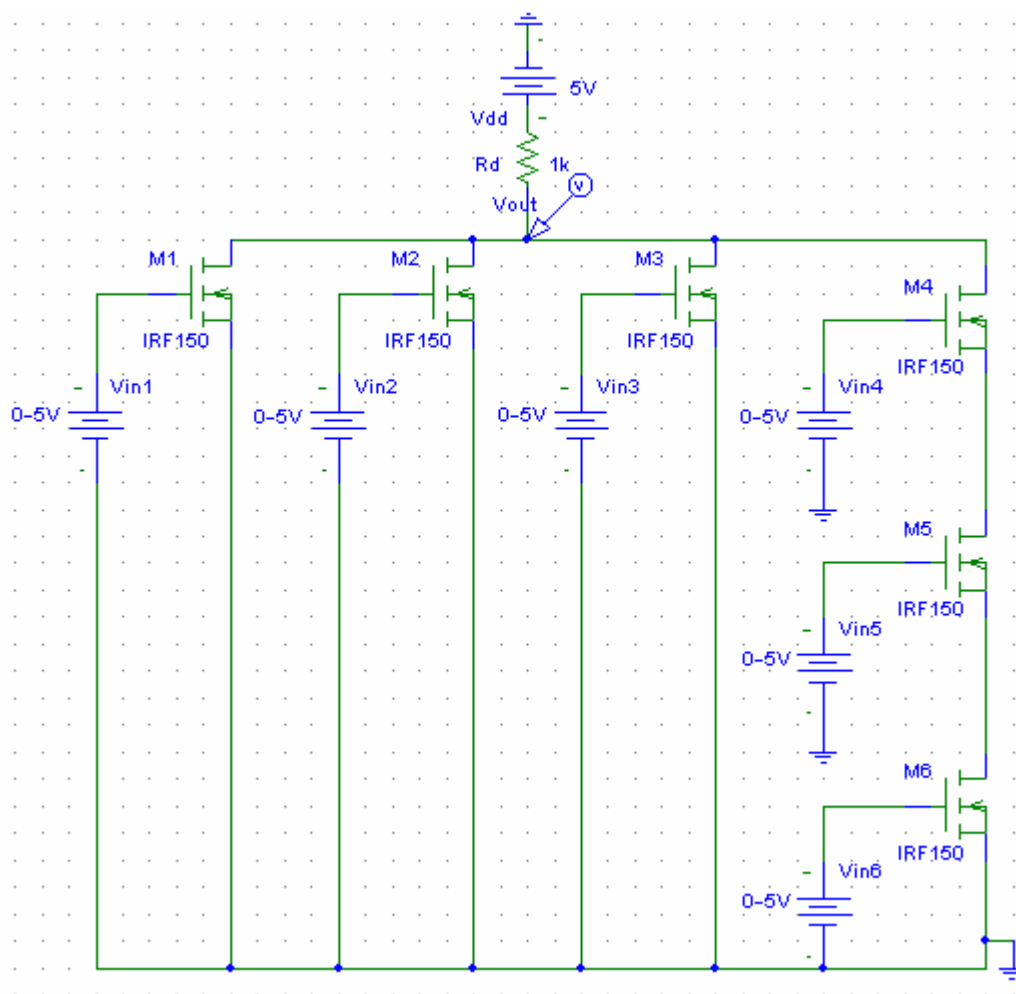
(توجه: تمامی خروجی ها هر چند بسیار نا چیز یادداشت شوند).

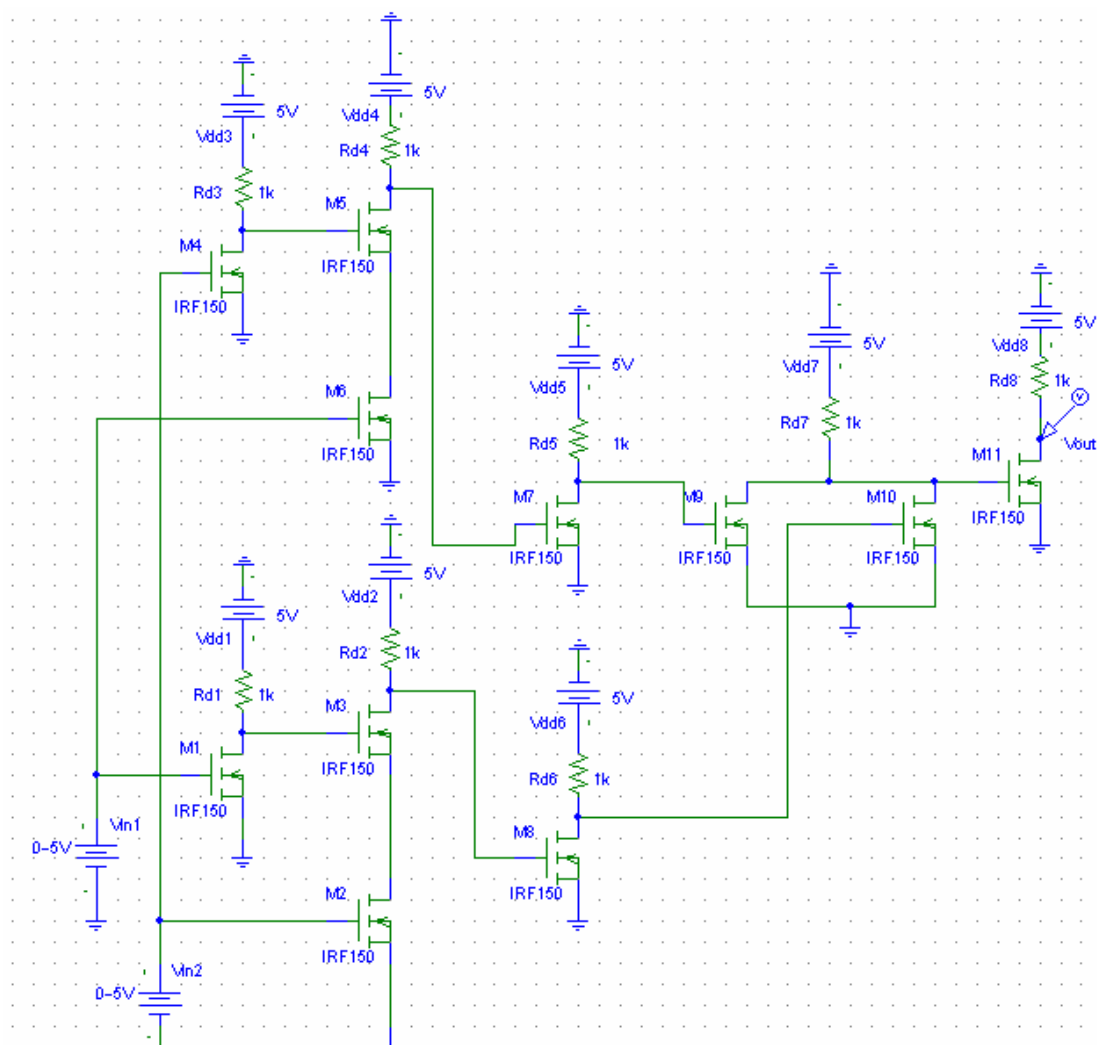
(1-1-V



(2-1-V







آیا می توان به طریقی توابع فوق را با تعدادترانزیستورهای کمتری به دست آورد؟

۸- تکنولوژی CMOS: همانگونه که مشاهده شد تمامی مداراتی که تا کنون تجزیه و تحلیل

شدند دارای توان استاتیکی و دینامیکی غیر صفر بودند. به عبارت دیگر مدار در حالت پایدار

اعم از منطق صفر یا یک یا حالت گذار خود ملزم به اتلاف انرژی بود و این مسئله به عنوان

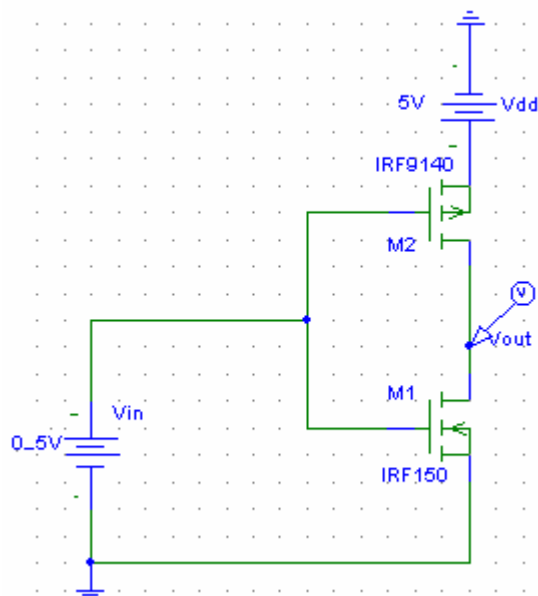


نقطه ضعف و ناکارآمدی این مدارات می باشد. پس اگر به نحوی و یا با ترفندی بتوان حداقل یکی از این تلفات را کم کرد و یا به صورت ایده آل به صفر رسانید بازده مدار به مراتب افزایش می یابد.

اگر توجه خود را روی توان استاتیکی معطوف کنیم با توجه به فرمول محاسبه توان استاتیکی  $(P_{diss(ave)} = (I_{(OH)} + I_{(OL)}) \cdot V_{cc} / 2)$  در می یابیم که به نحوی در دو حالت پایدار Low و Hi می بایست جریان صفر شود تا تلفات حالت استاتیک به صفر برسد. برای دستیابی به این هدف و مزایای متعدد دیگر تکنولوژی CMOS در ادامه معرفی و بررسی خواهد شد.

۸-۱) مدار زیر را با استفاده از نرم افزار رسم کرده و منحنی VTC مدار را با استفاده از سوئیچ DC منبع ورودی مشخص کنید. سپس تمامی نقاط بحرانی مدار و حالت هر ترانزیستور را در آن نواحی روی نمودار VTC مشخص کنید. آنگاه NMH و NML مدار را از روی نمودار بدست آورید. چه تفاوتی بین صفر و یک این مدار با مدارات قبل می بینید؟ صحت توان استاتیکی صفر را در مدار چگونه می توان توجیه کرد؟ توان دینامیکی چنین مداری را با فرض خازن بار  $C_L = 10PF$  و فرکانس نوسان 1GHZ و منبع تغذیه ولتاژ

$$(P_{D_{yn}} = C_L f V_{DD}^2) \text{ محاسبه کنید. } V_{DD} = 5V$$



۲-۸) یا جایی که هر دو ترانزیستور در اشباع هستند را از نمودار مشخص

$$V_m = \frac{V_{DD} + V_{Thp} + \sqrt{\frac{\mu_n \left(\frac{W}{L}\right)_n}{\mu_p \left(\frac{W}{L}\right)_p} V_{Thn}^2}}{1 + \sqrt{\frac{\mu_n \left(\frac{W}{L}\right)_n}{\mu_p \left(\frac{W}{L}\right)_p}}}$$

مقایسه کنید و میزان خطا را بدست آورده و با مقدار

آورید .

۳-۸) با فرض  $\mu_n = 2.5\mu_p$   $V_{Thn} = |V_{Thp}|$  نسبت  $\frac{\left(\frac{W}{L}\right)_p}{\left(\frac{W}{L}\right)_n}$  را به گونه ای محاسبه کنید

که  $V_M = \frac{V_{DD}}{2}$  سپس با مشاهده روی نمودار شبیه سازی شده صحت موضوع را بررسی

نمایید و اختلاف را بدست آورید.

۴-۸)  $\frac{W}{L}$  ترانزیستور n و ترانزیستور p را به دلخواه با چند مقدار مختلف تغییر داده و اثر

آنها در نمودار VTC بررسی کنید آیا تغییری مشاهده می شود؟ چرا؟ آیا می توان  $\frac{W}{L}$  را

در این مدار بعنوان پارامتر آزاد در نظر گرفت و بدون محدودیت آنها کم یا زیاد کرد؟ زیاد

کردن بیش از حد  $\frac{W}{L}$  ترانزیستورها چه مشکلی ایجاد خواهد کرد؟

۹- پیاده سازی توابع بوسیله CMOS : در این بخش به طراحی و پیاده سازی توابع منطقی

مختلف با استفاده از تکنولوژی CMOS و بوسیله نرم افزار می پردازیم .

( توجه : در این قسمت تمامی ورودیها بصورت منبع ولتاژ DC و با ولتاژ 5v برای

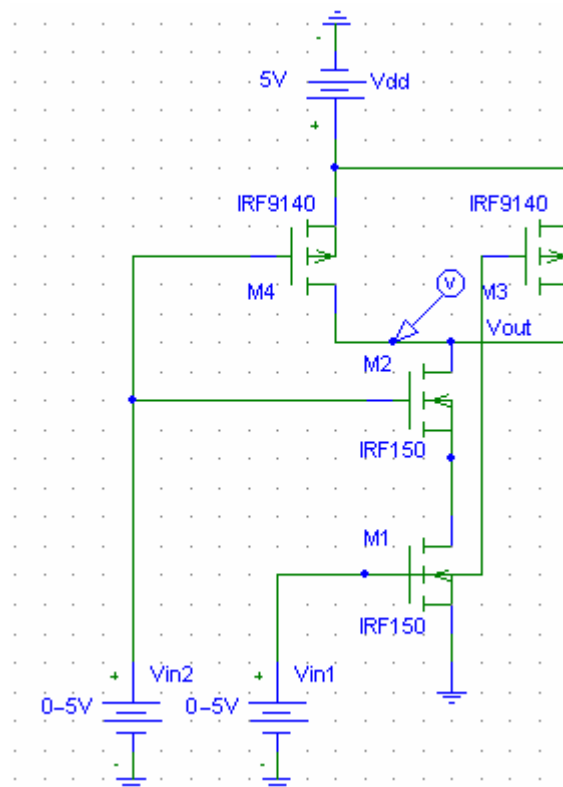
منطق Hi و 0V برای منطق Low اعمال می گردند و هیچگونه تنظیم سوئیچ در این قسمت

لازم نیست).

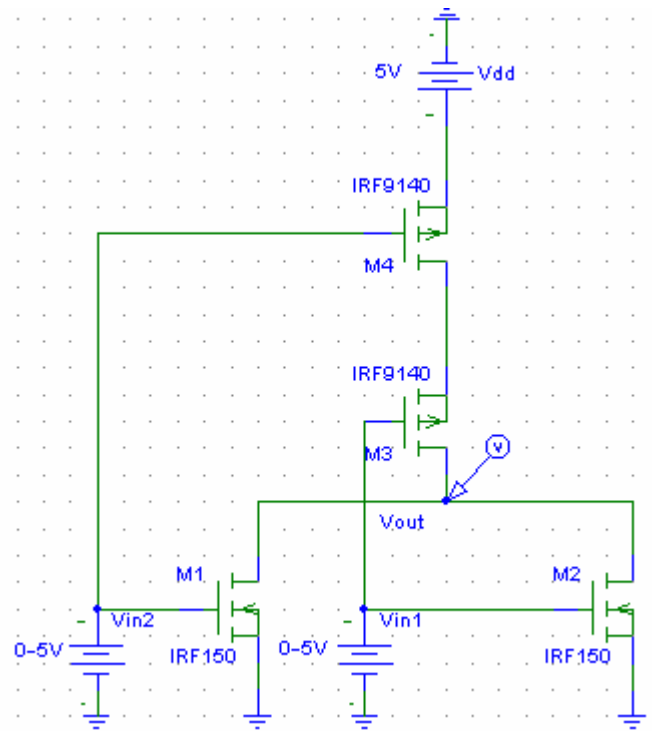
۹-۱) با اعمال ورودیهای مختلف به مدارات زیر خروجی را مشاهده کرده و صحت موارد

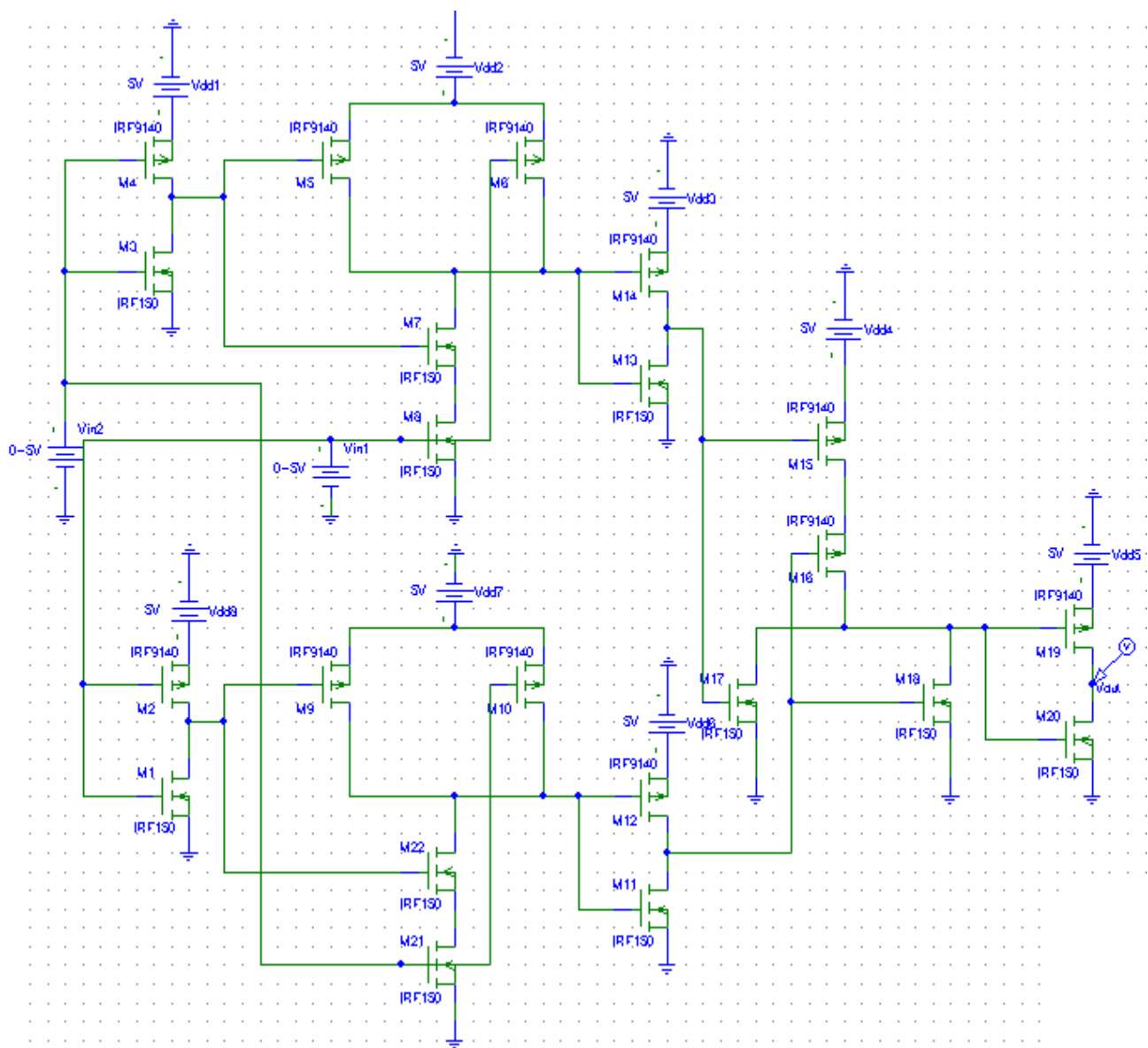
مورد نظر را بررسی نمایید .

۹-۱-۱)



(۲-۱-۹



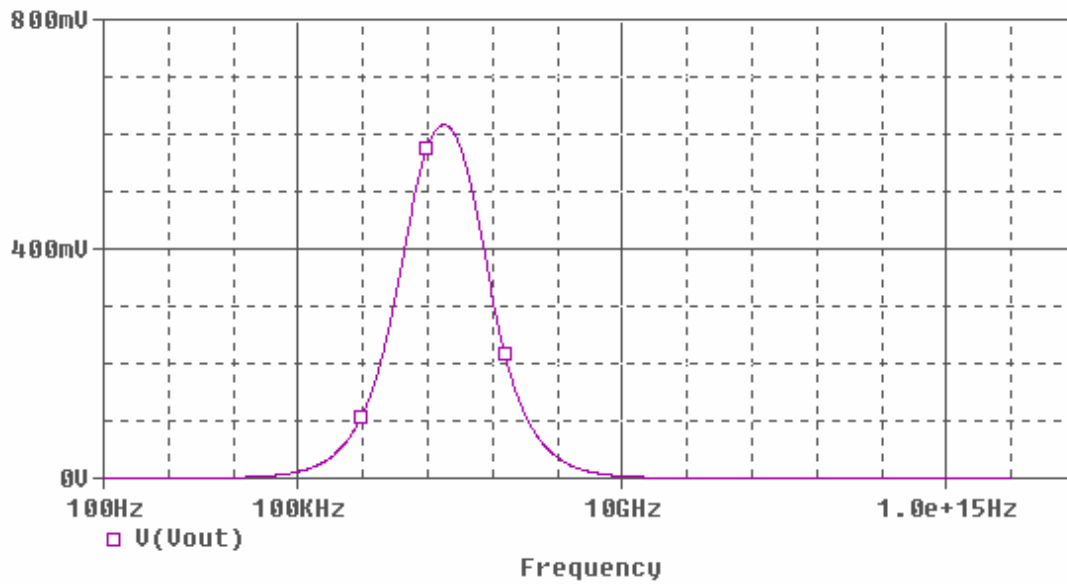
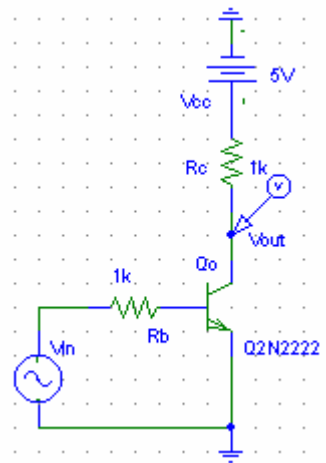


آیا می توان به طریقی توابع فوق را با تعدادترانزیستورهای کمتری به دست آورد؟

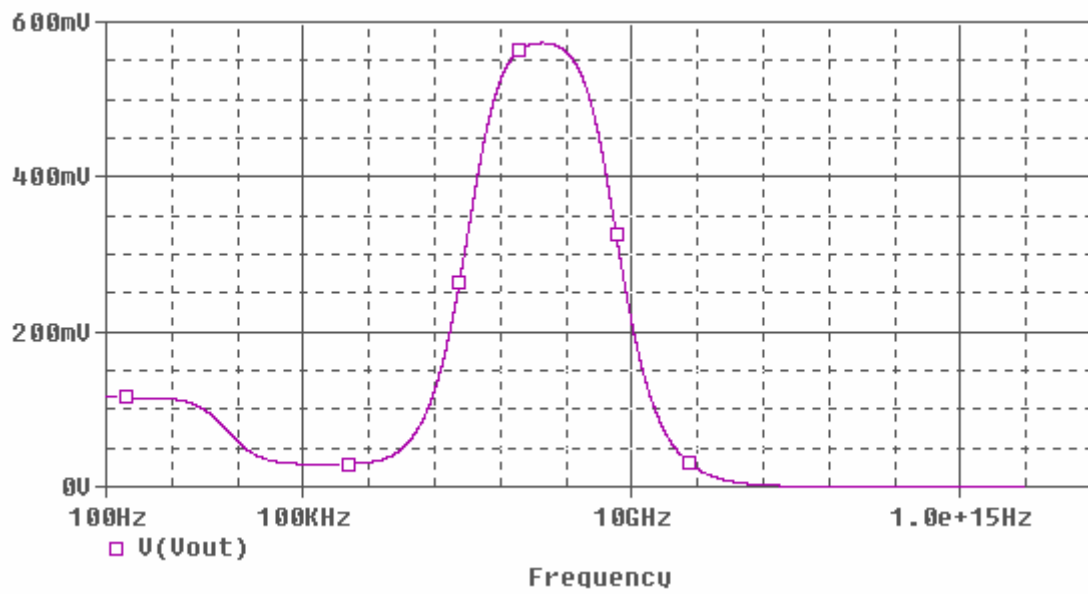
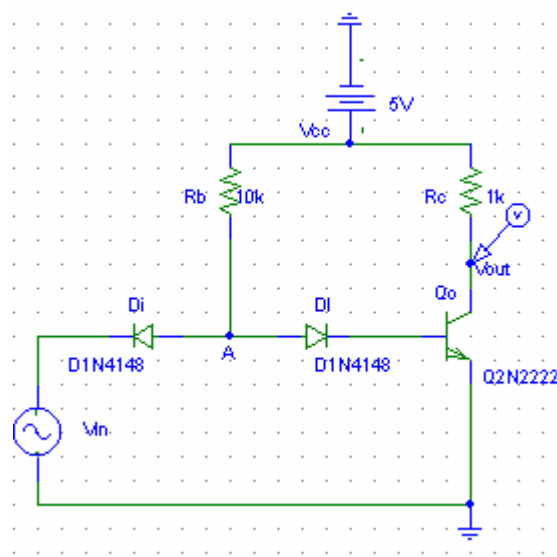
۱۰- بررسی و مقایسه رفتار فرکانسی ساختارهای مختلف: یکی از مهمترین پارامترهای بکارگیری يك مدار محدوده فرکانسی می باشد که مدار قادر به انجام وظایف خود بطور صحیح در آن محدوده می باشد در اصطلاح به آن پهنای باند مجاز فرکانسی گفته می شود. در این قسمت پهنای باند انواع ساختارهایی که تا کنون مطرح شده مورد بررسی و مقایسه قرار می گیرد.

۱۰-۱) مدارات زیر را با استفاده از نرم افزار رسم کرده و پهنای باند فرکانسی هر يك را بدست آورده و نهایتاً نتایج را در يك جدول جهت مقایسه و جمع بندی مرتب کنید.

(1-1-1)

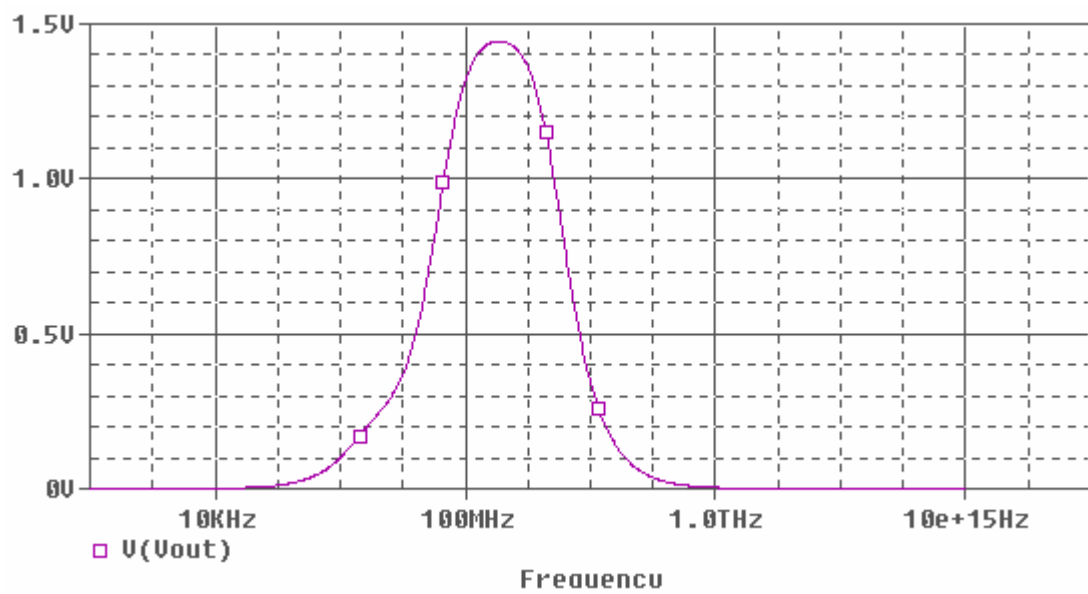
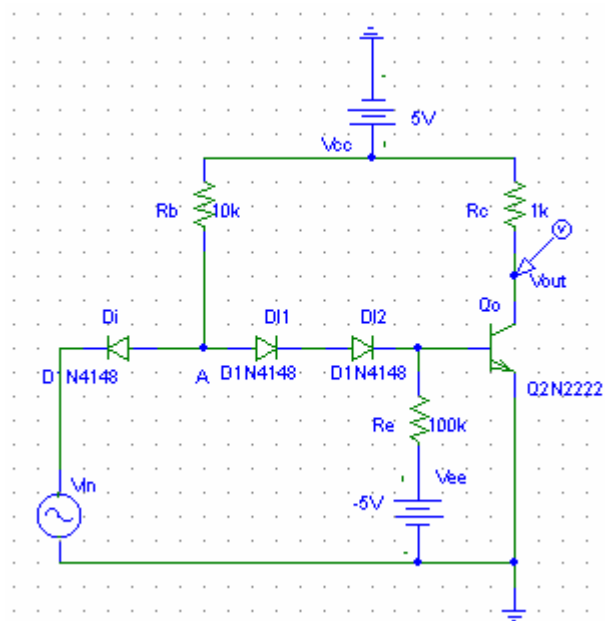


(Y-1-1)

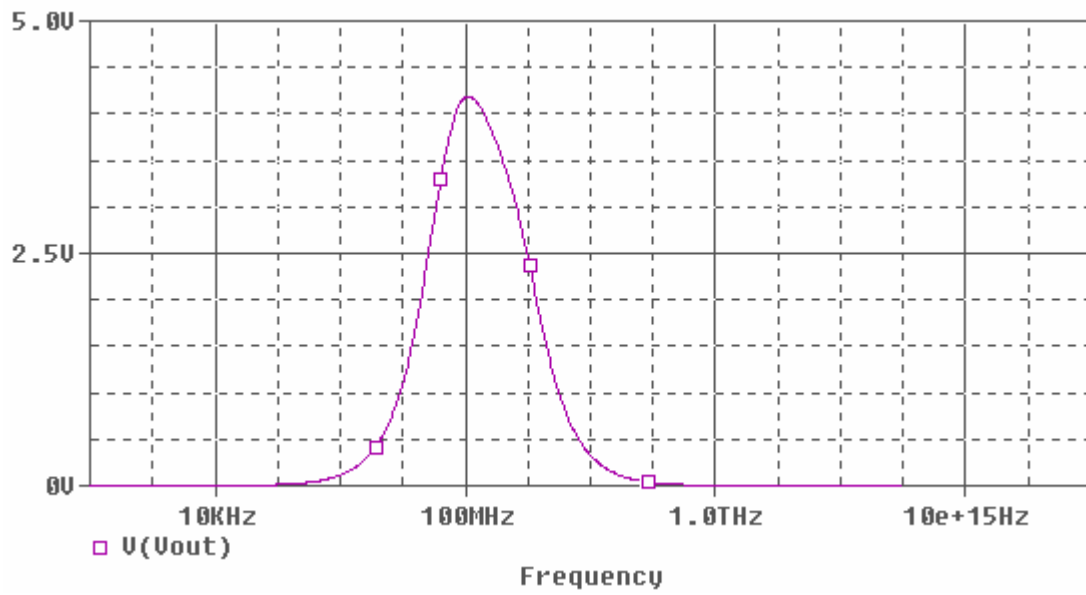
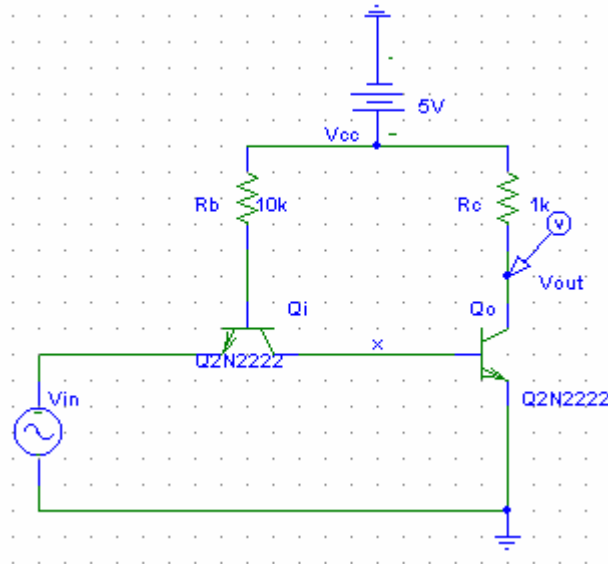




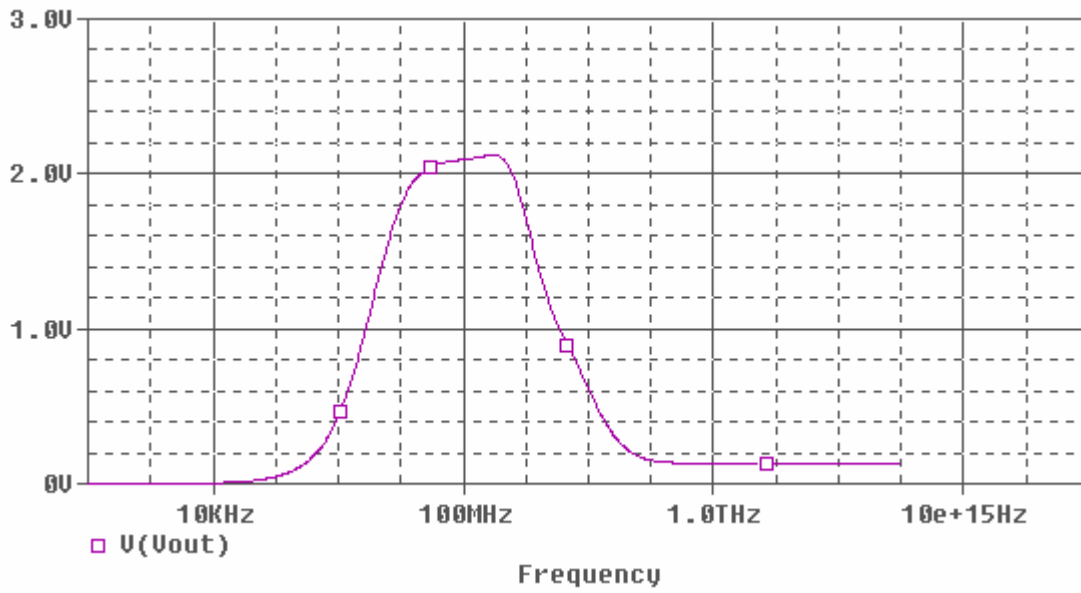
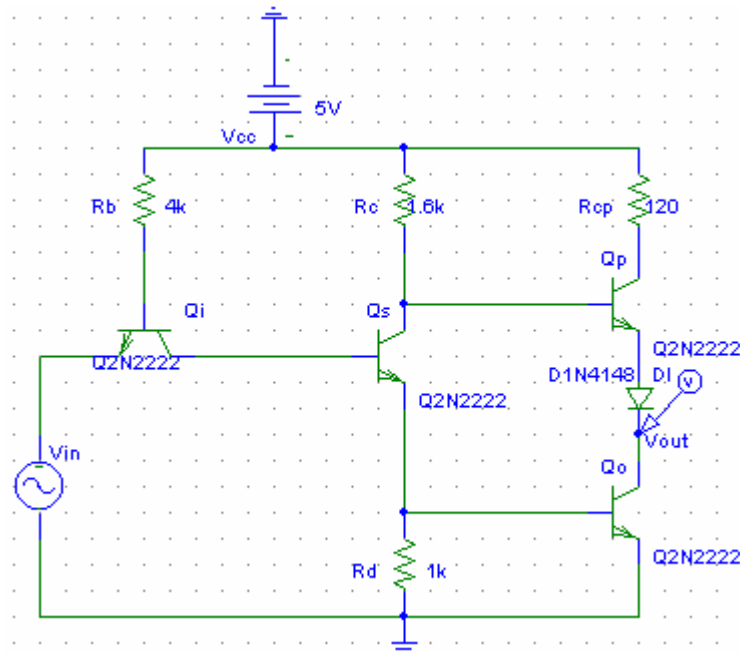
(3-1-1)



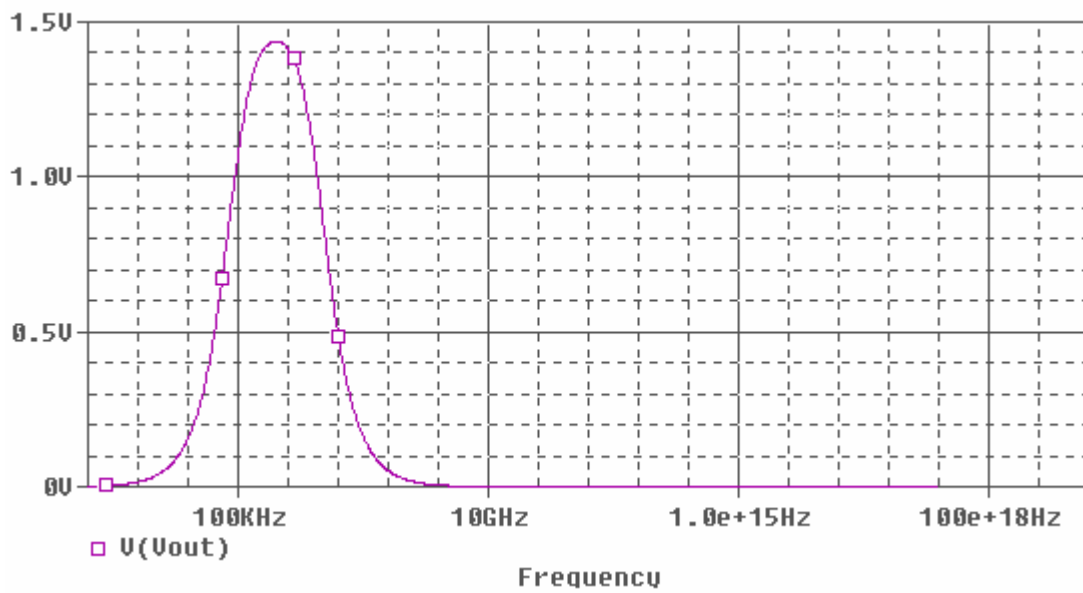
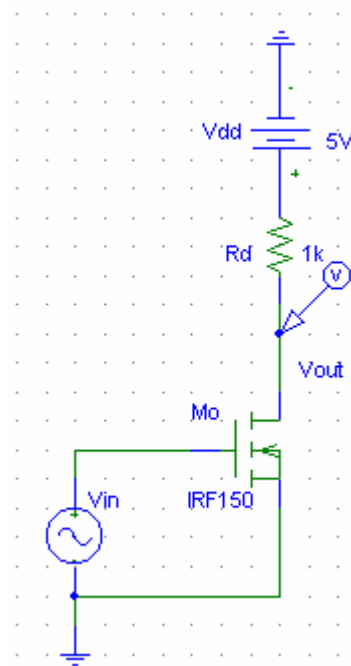
(ξ-1-1)•



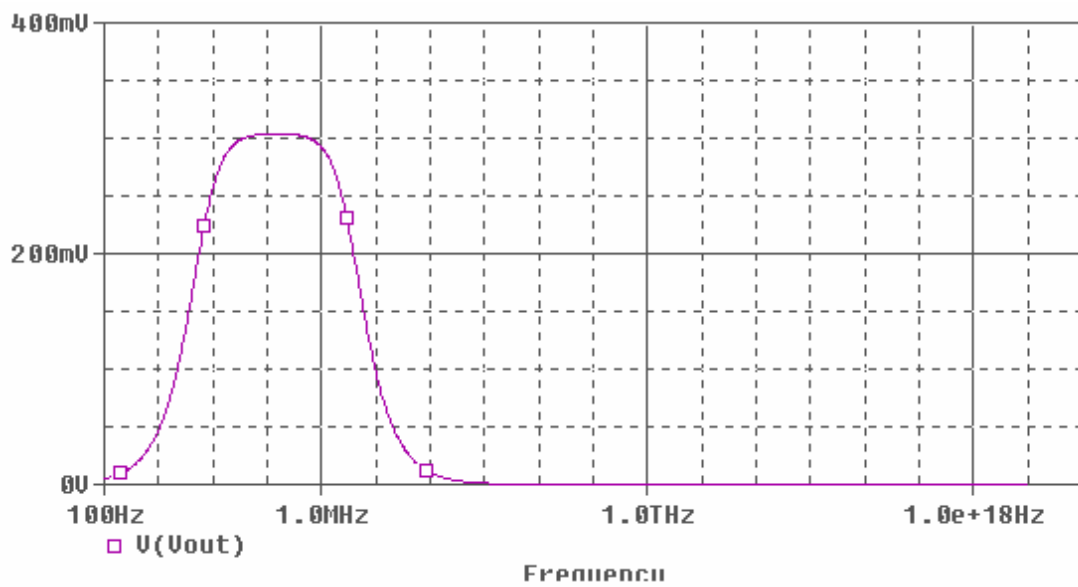
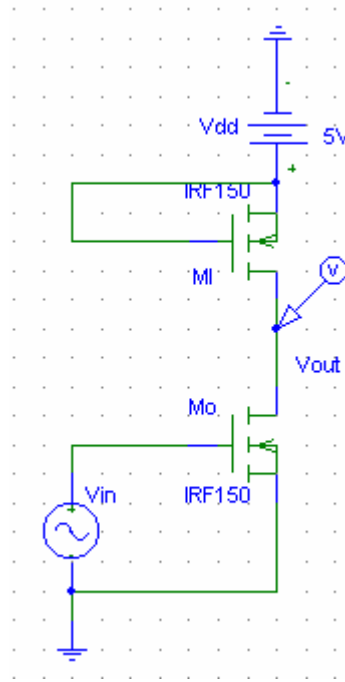
(0-1-1)



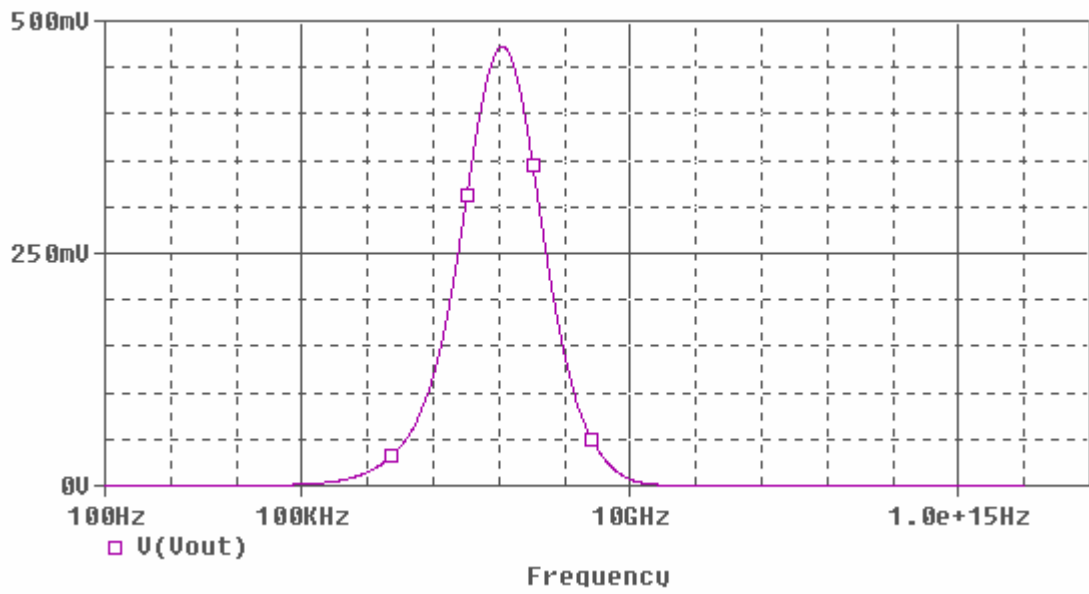
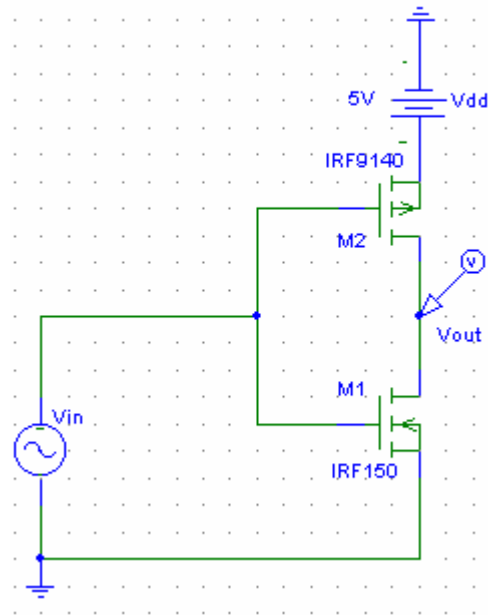
(7-1-1)



(Y-1-1)



(A-1-1)

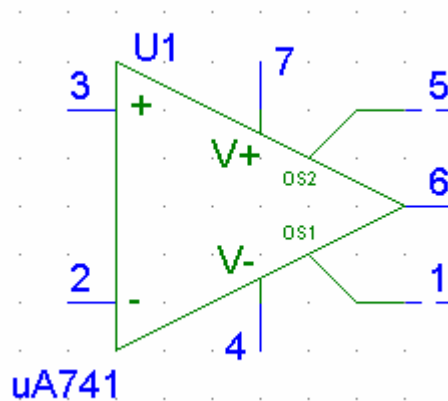


در ادامه برخی مدارات کاربردی الکترونیک دیجیتال را مطرح می کنیم.

### ۱۱ - آشنایی با تقویت کننده عملیاتی 741:

این تقویت کننده عملیاتی یکی از پر کاربردترین مدارات مجتمع در الکترونیک بشمار می آید که علاوه بر کاربرد اصلی خود به عنوان تقویت کننده DC و AC در انواع مدارات دیجیتال نقش عمده ای ایفا می کند.

معرفی و شرح قطعه:



پایه های 4 و 7 بترتیب منابع تغذیه منفی و مثبت تراشه می باشند(معمولاً بین ۱۰ تا ۱۵ ولت DC بصورت مثبت و منفی).

پایه های 2 و 3 بترتیب ورودیهای سیگنال منفی و مثبت تراشه می باشند.

پایه های 1 و 5 جهت از بین بردن آفست تراشه استفاده می شود.

پایه 6 خروجی تراشه می باشد و پایه 8 نیز بصورت disconnect است.

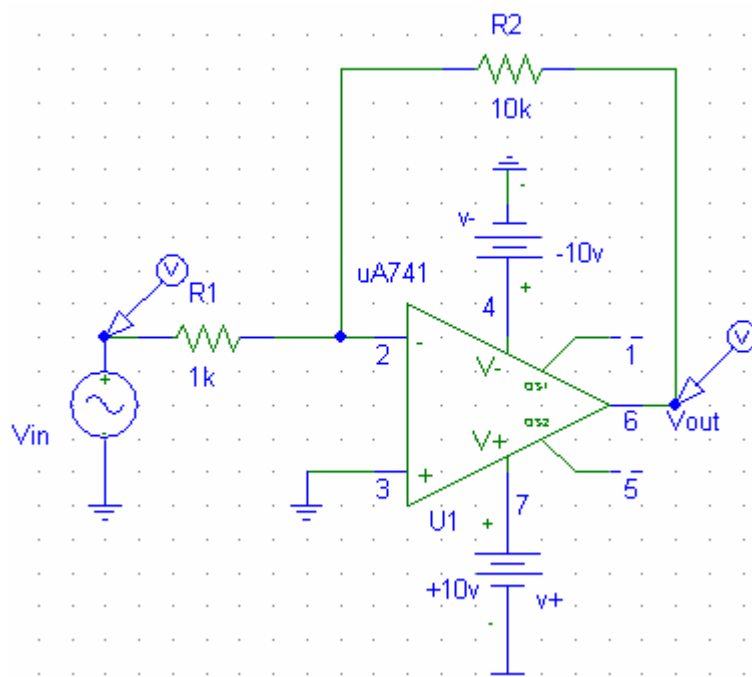
دو اصل کلیدی در تحلیل انواع مدارات حاوی Op Amp 741 :

الف) از پایه های ۲ و ۳ به داخل IC هیچ جریانی عبور نمی کند زیرا مقاومت داخلی این IC بسیار زیاد است.

ب) ولتاژ پایه های ۲ و ۳ متمایل به یکسان بودن می باشد به عبارتی  $v(2)=v(3)$ .

۱-۱۱) طراحی یک تقویت کننده inverting با استفاده از 741 :

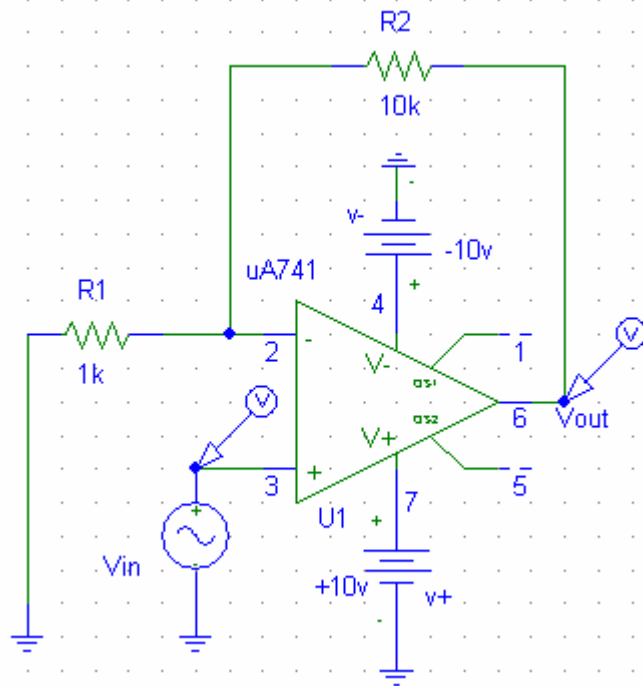
مدار زیر را بسته و با استفاده از روابط مداری ولتاژ خروجی را بر حسب ولتاژ ورودی بدست آورید. آنگاه نتایج را با مقادیر بدست آمده از آزمایش مقایسه کرده و خطا را محاسبه کنید.



۲-۱۱) طراحی یک تقویت کننده non-inverting با استفاده از 741

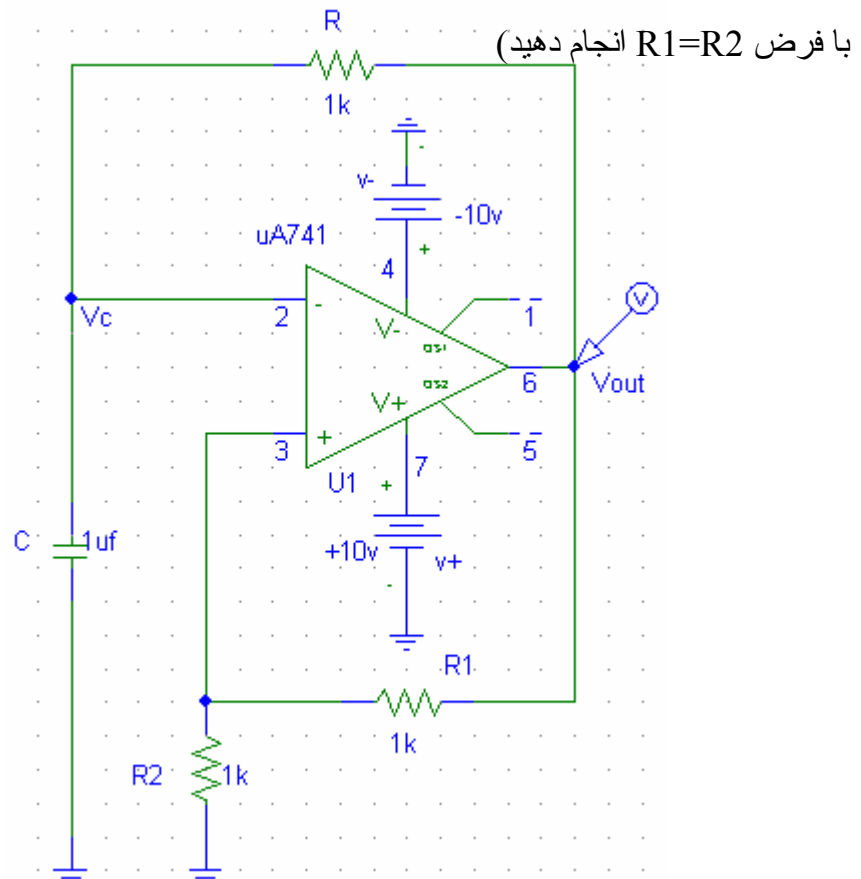
قسمت ۱-۱۱ را برای مدار زیر تکرار کنید.





۱۱-۳) مولد موج مربعی با استفاده از 741

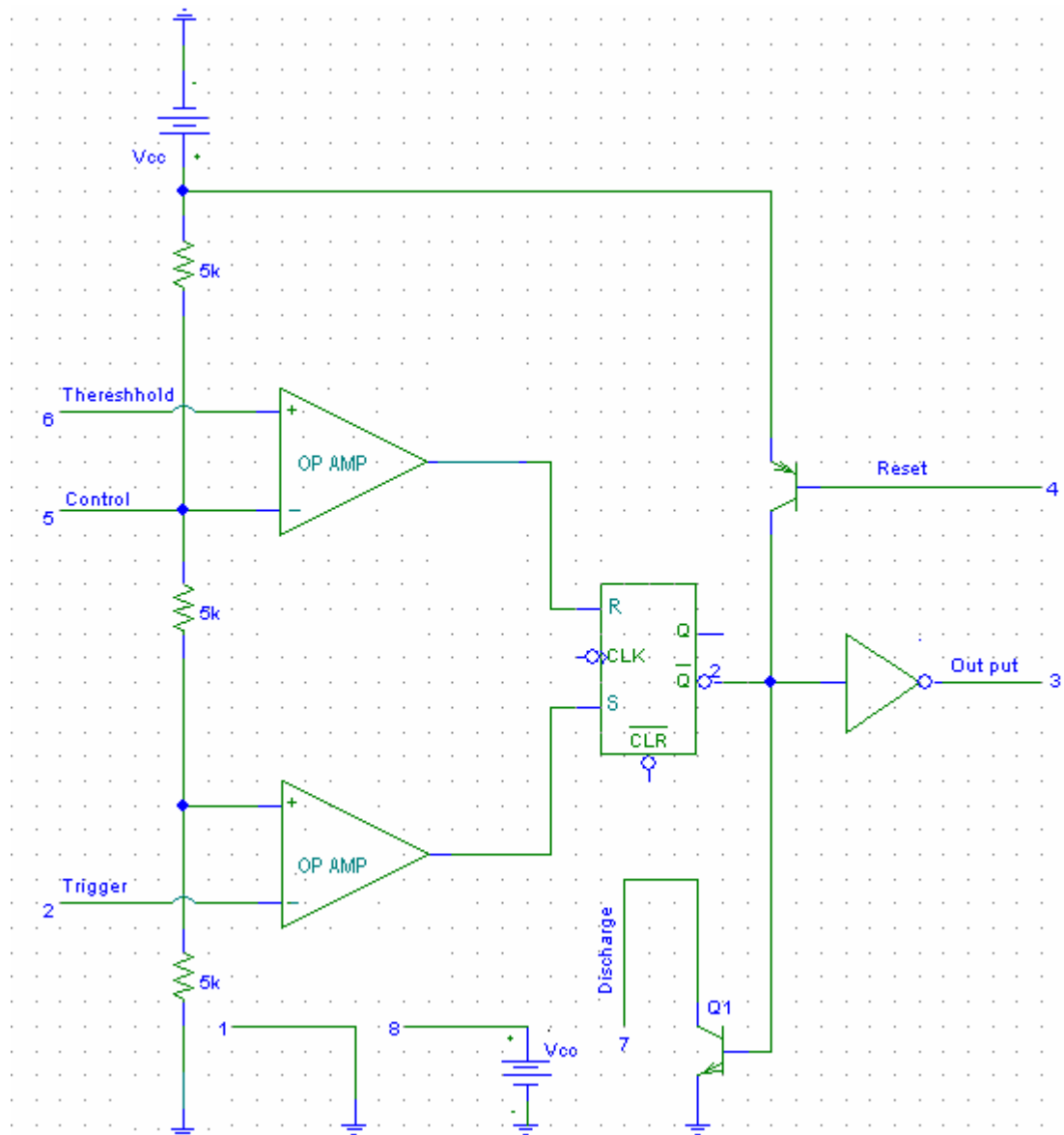
مدار زیر را در ابتدا تحلیل کرده و نحوه ایجاد شکل موج مربعی را در خروجی توضیح دهید (ترسیم شکل موج  $V_c$  می تواند مفید باشد). سپس فرکانس موج مربعی ایجاد شده را محاسبه کرده و پس از بستن مدار با مقادیر بدست آمده از آزمایش مقایسه کنید. (موارد فوق را



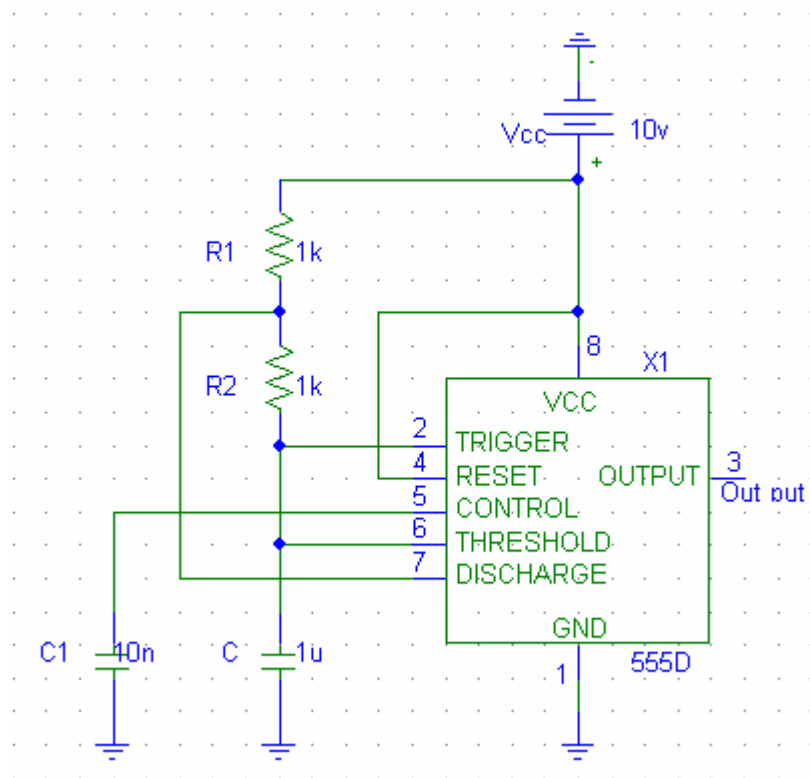
## ۱۲- آشنایی با IC 555:

۱۲-۱) مدار داخلی IC : جهت درک تحلیل مدارات بعدی می بایست با نمای داخلی این IC تا

حدودی آشنا شد.

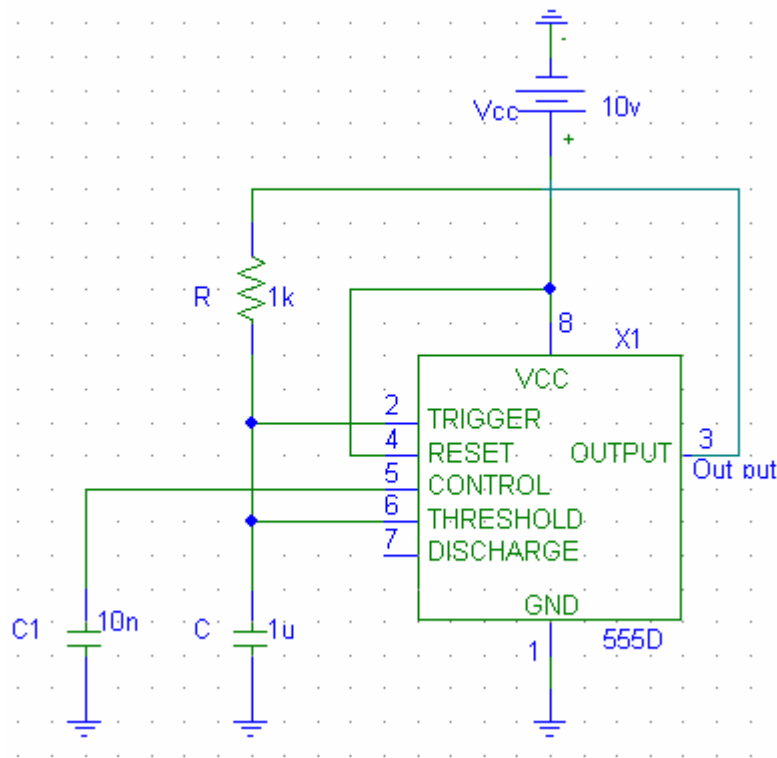


در ادامه قسمت ۱-۱۲ مدار زیر را که یک مدار مولد موج مربعی نامتقارن است بسته و نحوه ایجاد شکل موج مربعی را در خروجی توضیح دهید. در ادامه فرکانس شکل موج ایجاد شده را محاسبه کرده و با فرکانس بدست آمده از حالت تئوری مقایسه کنید و خطا را بدست آورید.



با افزودن یک دیود به دو سر R2 بطوریکه کاتد دیود به پایه ۲ وصل شود چه اتفاقی می افتد؟ چرا؟

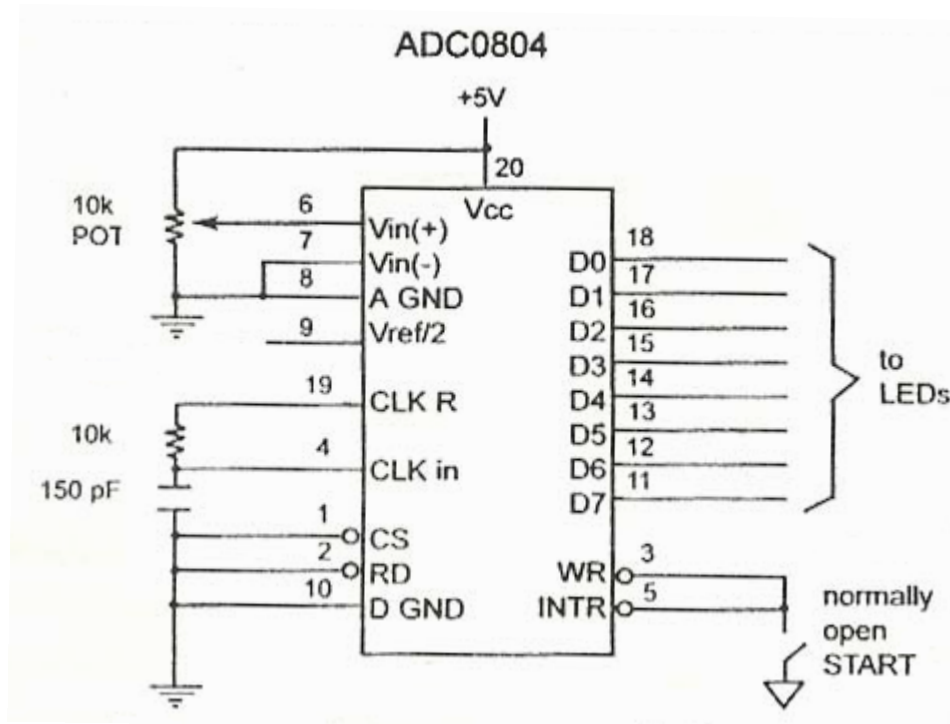
۱-۱۲) قسمت ۱-۱۲ را برای مدار زیر که یک مولد موج مربعی متقارن است تکرار کنید.



### ۱۳- مبدل آنالوگ به دیجیتال به شماره ADC0804:

متغیرهای اطراف ما یا بصورت مقادیر بهم پیوسته است و یا بصورت مقادیر گسسته که اصطلاحاً آنها را متغیرهای آنالوگ و دیجیتال می‌گویند. البته تعداد بسیار زیادی از متغیرها در زندگی روزمره ما از نوع آنالوگ هستند و در عین حال، وقتی که این متغیرها می‌خواهند توسط سیستمهای دیجیتالی و یا کامپیوتری مورد پردازش قرار گیرند، بایستی به فرم دیجیتال و عدد درآیند. از اینرو عناصر و قطعاتی وجود دارند که کمیتهای الکتریکی پیوسته نظیر ولتاژ و جریان را به اعداد باینری یا BCD تبدیل می‌کنند. انجام این عمل به روشهای گوناگونی انجام می‌پذیرد و دو روش بسیار مشهور یکی روش انتگرال‌گیری و روش دوم روش تقریبهای متوالی است و البته هر یک مزایا و معایب خاص خود را دارند. (مزایا و معایب هر کدام چیست؟) در این آزمایش با مبدلی آشنا می‌شوید که ولتاژ الکتریکی را با روش تقریبهای متوالی

به یک عدد باینری ۸ بیتی تبدیل می‌کند. ۵۰



IC های مبدل A/D عموماً دارای یک ورودی برای ورود ولتاژ و تعدادی پایه خروجی عدد حاصل از تبدیل هستند. CLK in یک پایه ورودی است که به یک منبع ساعت خارجی وصل می شود تا زمانبندی تراشه بصورت خارجی انجام شود. اما از آنجایی که 804 دارای یک مولد پالس داخلی نیز می باشد برای استفاده از مولد پالس داخلی ADC804، پایه های CLK،  $R, CLK_{in}$  به یک خازن و مقاومت مطابق شکل وصل می شوند. در این صورت فرکانس پالس ساعت تراشه از روی فرمول  $F=1/(1.1RC)$  محاسبه می شود. چنانچه  $R=10K$  و  $C=150Pf$  باشد فرکانس تراشه 606KHz و زمان تبدیل برابر  $110 \mu S$  خواهد بود. پایه INTR یک پایه خروجی و فعال صفر می باشد. این پایه در حالت عادی یک بوده و وقتی عمل تبدیل انجام می شود در سطح صفر قرار می گیرد. پس از اینکه INTR صفر می شود پایه CS مساوی صفر قرار داده شده و یک پالس یک به صفر روی پایه RD اعمال می شود تا داده تبدیل شده دریافت گردد.  $V_{in}(+)$  و  $V_{in}(-)$  ورودی های آنالوگ تفاضلی می باشند که در آن  $V_{in}=V_{in}(+)-V_{in}(-)$  برقرار است.

اغلب پایه  $V_{in}(-)$  به زمین وصل می شود و پایه  $V_{in}(+)$  به ولتاژ ورودی آنالوگ جهت تبدیل به دیجیتال وصل می شود.  $V_{cc}$  به منبع تغذیه  $+5V$  وصل می شود. این پایه در صورتیکه ورودی  $V_{ref}/2$  (پایه 9 تراشه) باز باشد بعنوان ولتاژ مرجع بکار می رود.  $V_{ref}/2$  یک ولتاژ ورودی است که ولتاژ مرجع تراشه را تامین می کند. اگر این پایه باز باشد (بدون اتصال)، ولتاژ آنالوگ ورودی در محدوده صفر تا  $+5V$  است (برابر با پایه  $V_{cc}$ ). اما کاربردهای زیادی وجود دارند که در آنها ولتاژ آنالوگ ورودی نیاز به محدوده ای غیر از صفر تا  $+5V$  دارد بعنوان مثال اگر محدوده ولتاژ آنالوگ ورودی مورد نیاز بین صفر تا  $+4V$  باشد پایه  $V_{ref}/2$  به ولتاژ  $+2V$  وصل می شود. جدول زیر محدوده  $V_{in}$  به ازای مقادیر مختلف  $V_{ref}/2$  را نشان می دهد.

$V_{ref}/2(V)$	$V_{in}(V)$
بی اتصال	0 تا 5
2.0	0 تا 4
1.5	0 تا 3
1.28	0 تا 2.56
1.0	0 تا 2
0.5	0 تا 1

$D0$  تا  $D7$  (با ارزشترین بیت و  $D0$  کم ارزشترین بیت) پایه های خروجی داده دیجیتال هستند. این پایه ها از بافرهای سه حالته تشکیل شده اند و داده تبدیل شده وقتی در دسترس است که پایه  $CS=0$  و  $RD$  نیز در سطح صفر قرار گیرد.

برای محاسبه ولتاژ خروجی از فرمول  $(V_{in(+)} / V_{ref}) * 255$  و نهایتاً تبدیل آن به فرم باینری استفاده می شود. زمین آنالوگ و زمین دیجیتال ورودی زمین سیگنالهای آنالوگ و دیجیتال را فراهم می کنند. زمین آنالوگ به زمین سیگنال آنالوگ ورودی  $V_{in}$  و زمین دیجیتال به زمین پایه  $V_{cc}$  وصل می شود. دلیل داشتن دو زمین جدا برای سیگنالهای آنالوگ و دیجیتال جدا سازی سیگنال آنالوگ ورودی از ولتاژهای گذرای است که در اثر تغییر وضعیت پایه های خروجی  $D0$  تا  $D7$  تولید می شوند و این جدا سازی دقت داده خروجی دیجیتال را تضمین می کند. شایان ذکر است که جدا سازی زمین های آنالوگ و دیجیتال در مدارات بسیار حساس صورت می پذیرد و در مدارات معمولی می توان این دو زمین را به هم وصل کرد.

تذکر: بنابر یک قاعده کلی، هیچگاه نبایستی به پایه های یک IC ولتاژی بیش از ولتاژ تغذیه اعمال شود و از آنجایی که ولتاژ تغذیه ADC0804 برابر 5 ولت است، بنابراین ولتاژی که به پایه های ورودی و پایه های  $V_{in(+)}$  و  $V_{in(-)}$  اعمال می شود نباید بیشتر از 5 ولت باشد.

جدول صحت:

$D7-D0$ : پایه های خروجی که عدد حاصل از تبدیل را بیرون می دهند در حالت عادی این پایه ها شناورند.

$V_{in(+)}$  و  $V_{in(-)}$ : ورودی های آنالوگ تفاضلی

$V_{ref}/2$ : تامین کننده ولتاژ مرجع تراشه

$CLK_{in}$ : پایه ورودی که به یک منبع ساعت خارجی وصل می شود.

CLK R: جهت استفاده از مولد پالس داخلی همراه با يك مدار جانبی استفاده می شود.

INTR: نمایانگر وقفه انتهای تبدیل است که معمولاً برای انتقال اطلاعات به يك IC جانبی

مثل يك پردازنده همراه با پایه‌های RD و CS استفاده می شود.

IC را روی دستگاه آزمایش ببندید. پایه‌های D0 تا D7 را به LEDهای D0 تا D7 وصل

کنید و مابقی مدار را مطابق شکل اتصال دهید. حال دستگاه را به برق وصل کنید. با اعمال

ولتاژ آنالوگ ورودی به پایه Vin(+) تغییرات اطلاعات خروجی را روی LEDها ببینید. به

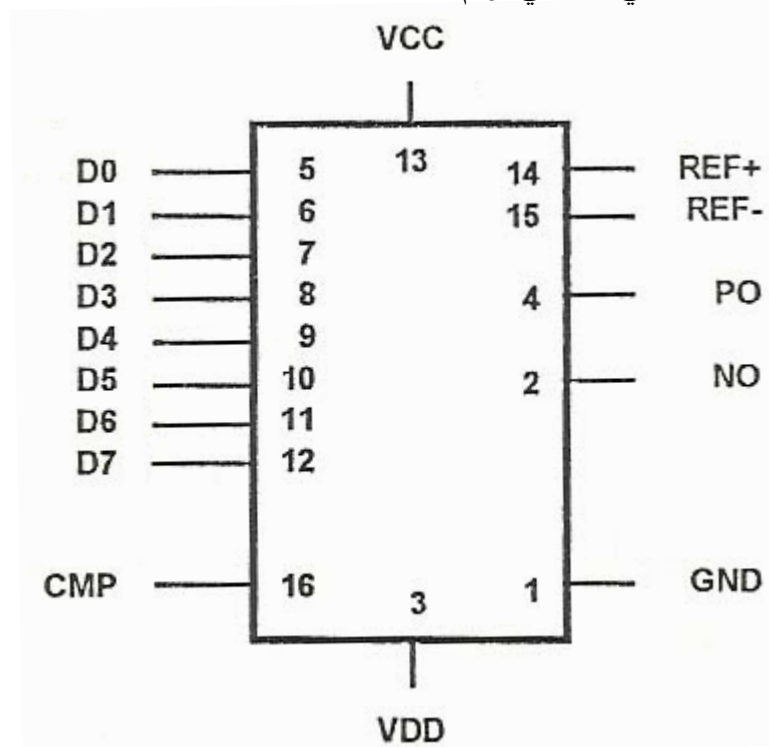
همین ترتیب جدول زیر را پر کنید.

ولتاژ ورودی	خروجی (باینری)	خروجی (هگزا دسیمال)	خروجی (دهدهی)
0			
.01			
.02			
.1			
.2			
.5			
1			
2			
2.5			
3			
4			



#### ۱۴- مبدل دیجیتال به آنالوگ به شماره DAC0800:

در آزمایش قبل با مبدلی آشنا شدید که ولتاژ پیوسته را به یک عدد باینری تبدیل می‌کرد. در آن آزمایش دانستید که اگر بخواهیم یک کمیت پیوسته را به یک کامپیوتر یا سیستم دیجیتالی وارد کنیم، ابتدا بایستی آن کمیت را به صورت ولتاژ درآوریم و سپس با یک مبدل آنالوگ به دیجیتال آنرا به یک عدد تبدیل کنیم، آنگاه آن عدد را می‌توان به سیستم دیجیتالی وارد کرد. بدیهی است که حالت عکس نیز می‌تواند اتفاق بیفتد. یعنی هرگاه یک سیستم دیجیتال بخواهد یک فرمان آنالوگ یا یک مقدار آنالوگ را به دنیای بیرون بدهد معمولاً بایستی به صورت یک ولتاژ باشد. در این حال نیاز به قطعه ای داریم که بتواند یک عدد باینری را به یک دامنه ولتاژ تبدیل کند. در این آزمایش با چنین قطعه‌ای آشنا می‌شویم.



IC شماره DAC0800 يك مبدل ديجيتال به آنالوگ هشت بيتي است و عدد باينري در ورودي را به ولتاژي در خروجي تبديل مي‌کند که دامنه اين ولتاژ متناسب با عدد ورودي است.

با مراجعه به تصوير اولين نکته‌اي که به چشم مي‌خورد، آنست که اين IC برخلاف تمام ICهاي آزمايش‌هاي قبلي نياز به دو تغذيه مثبت و منفي دارد. هشت پايه ورودي D0 تا D7 پايه‌هايي هستند که عدد باينري از آن طريق به IC وارد مي‌شود. IC اين عدد را دريافت کرده و در پايه PO آنرا تبديل به جريان مي‌کند. مقدار منفي اين جريان نيز از پايه NO خارج مي‌شود حال اگر ما يك مقاومت در مسير هر کدام از اين جريانها قرار دهيم، عبور جريان از اين مقاومت در دوسر آن يك ولتاژ ايجاد مي‌کند که همان ولتاژ خروجي مورد نظر ماست.

سوالي که بلافاصله به ذهن ميرسد آنست که رابطه بين عدد ورودي و ولتاژ خروجي چيست؟ به عبارت ديگر به ازاء هر يك واحد افزايش در عدد ورودي، ولتاژ خروجي چقدر افزايش مي‌يابد؟ براي تعيين اين رابطه، IC داراي دو پايه بنامهاي REF+ و REF- مي‌باشد. اگر پايه REF+ را با يك مقاومت RF به يك منبع ولتاژ VF وصل كنيم، جرياني به اسم IF يا جريان مرجع از پايه REF+ عبور مي‌کند و به IC وارد مي‌شود که برابر است با ولتاژ VF تقسيم بر RF. پايه REF- نيز به خط زمين وصل مي‌شود (البته بنا بر ملاحظات مدارات آنالوگ اين پايه

نيز از طريق يك مقاومت برابر با مقاومت مسير REF+ به زمين وصل مي‌شود).

طراحي اين IC بگونه‌اي است که وقتي عدد ورودي 00H است، جريان خروجي IC در پايه‌هاي PO و NO برابر صفر است.

حال اگر بزرگترین عدد (FFH) به ورودی IC اعمال شود (یعنی همه پایه‌های ورودی یک شود) آنگاه جریان در پایه‌های خروجی IC برابر همان جریان پایه REF+ یعنی مقدار IF خواهد بود. همانطور که گفته شد می‌توان در مسیر پایه‌های خروجی IC یک مقاومت برابر RO قرار داد تا عبور جریان خروجی IC از آن یک ولتاژ ایجاد کند. این ولتاژ که همان ولتاژ خروجی مورد نظر ماست برابر است با:  $VO=RO (V_{ref}/R_{ref})/256$  به یاد داشته باشید که حداکثر جریان مجازی که می‌توان به پایه REF+ وارد کرد برابر 5 میلی آمپر است.

جدول صحت:

D7-D0 : پایه‌های ورودی عدد باینری به

VCC: خط تغذیه مثبت

VDD: خط تغذیه منفی

GND: خط تغذیه صفر و زمین دیجیتال

COMP: این پایه برای جلوگیری از نوسان در با یک خازن به خط تغذیه منفی وصل می‌شود.

PO: پایه خروجی جریان

NO: پایه خروجی به صورت آینه‌ای (جریان منفی)

REF+ و REF-: پایه‌های ورود جریان مرجع

IC را روی دستگاه آزمایش ببندید. توجه داشته باشید که برق دستگاه حتماً قطع باشد. ولتاژ +5 را به پایه تغذیه مثبت و ولتاژ 5- را به پایه تغذیه منفی وصل کنید. پایه GND را نیز به خط زمین تغذیه وصل نمایید.

برای جلوگیری از نوسان احتمالی در IC پایه COMP را به یک خازن 10NF به پایه تغذیه منفی وصل کنید برای اعمال جریان مرجع به IC، پایه REF+ را با یک مقاومت 4.7K به خط +5 و پایه REF- را هم با یک مقاومت 4.7K به زمین وصل کنید. پایه‌های PO و NO هر کدام را با یک مقاومت 4.7K به خط +5 وصل کنید.

کارهای فوق مقدمات آزمایش بود. حال هشت پایه D0 تا D1 را به کلیدهای A0 تا A7 وصل کنید و تمام این کلیدها را در حالت صفر قرار دهید. برق دستگاه را متصل کنید و با یک ولت‌متر

ولتاژ پایه‌های PO و NO را نسبت به زمین اندازه‌گیری کنید.

با توجه به اینکه پایه REF+ توسط یک مقاومت 4.7K به خط +5 ولت وصل است، جریان مرجع (جریان ورودی به پایه REF+) را تعیین کنید.

همچنین با اعمال اعداد جدول زیر به IC، ولتاژ پایه‌های خروجی PO و NO را از ولت‌متر قرائت و در جدول ثبت کنید. آیا ولتاژهای خروجی از رابطه تئوری IC تبعیت می‌کنند؟ ولتاژ پایه PO چه ارتباطی با ولتاژ پایه NO دارد؟

عدد باينرى ورودى	ولتاژ پايه PO نسبت به زمين	ولتاژ پايه NO نسبت به زمين
00H		
01H		
02H		
04H		
08H		
10H		
20H		
40H		
80H		
FFH		