شرکت دانش بنیان

تجهیزات ابزار آزما

نوآوری و فناوری برای توسعه

دستورکار جامع آزمایشگاه الکترونیک آنالوگ

دستور کار ویژه دانشجو

تجهیزات آزمایشگ
aboratory Equipment

نوآوری و فناوری برای توسعه

خراسان رضوی، مشهد، بزرگراه آسیایی، جاده شهرک صنعتی طوس، شهرک فناوری های نوین غذایی، ساختمان پژوهش، طبقه اول، شرکت تجهیزات ابزار آزما

www.abzarazma.ir

info@abzarazma.com

www.aparat.ir/abzarazma

+98 51 35420099 (3line)

آزمایشگاه های الکترونیک قدرت و ماشین الکتریکی
Power Electronics and Electrical Machines Labs

آزمایشگاه ماشین های الکتریکی
- آموزنده ماشین های القایی(اسنکرون) (MC-100)
- آموزنده ترانسفورماتور (MC-101)
- آموزنده ماشین های الکتریکی DC (MC-102)
- آموزنده ماشین های سنکرون (MC-103)
- آموزنده درایو ماشین های القایی(اسنکرون) (MC-104)
- آموزنده ماشین های الکتریکی پیشرفته (MC-105)
- آموزنده ماشین های الکتریکی AC (MC-106)
- آموزنده ماشین های مخصوص (MC-107)
- آموزنده ماشین الکتریکی با قابلیت پایش و کنترل نرم افزاری (MC-110)
- آموزنده مدار گسترده DC (MC-111)
- آموزنده مدار گسترده AC (MC-112)
- ماژول مانیتورینگ و کنترل ماشین های الکتریکی (MC-61)

آزمایشگاه الکترونیک صنعتی
- آموزنده الکترونیک صنعتی تکمیلی (IE-101)
- آموزنده الکترونیک صنعتی پیشرفته (IE-102)
- آموزنده الکترونیک صنعتی کنترل پیشرفته موتور (IE-103)
- آموزنده الکترونیک صنعتی یکسو سازها و برشگرها (IE-104)
- آموزنده الکترونیک صنعتی مبدل های DC به DC (IE-105)
- آموزنده الکترونیک صنعتی اینورتر و کنترل V/F (IE-106)
- آموزنده الکترونیک صنعتی سیکلو کانورتر (IE-107)
- آموزنده الکترونیک صنعتی با قابلیت پایش و کنترل نرم افزاری (IE-110)
- ماژول مانیتورینگ و کنترل مبدل های توان (IE-67)

آزمایشگاه الکترونیک قدرت
- آموزنده الکترونیک قدرت (IE-108)

آزمایشگاه های سیستم های قدرت و انرژی های نو
Power Systems and Renewable Energies Lab

آزمایشگاه بررسی سیستم های قدرت
- شبیه ساز بررسی سیستم های قدرت پایه (PSA-101)
- شبیه ساز بررسی سیستم های قدرت تکمیلی (PSA-102)
- شبیه ساز بررسی سیستم های قدرت پیشرفته (PSA-103)
- شبیه ساز جامع بررسی سیستم های قدرت (PSA-104)
- شبیه ساز تحلیل سیستم های انرژی (PSA-105)
- آموزنده رله و حفاظت و شبیه ساز پست برق (RP-103)
- آموزنده رله و حفاظت و سیستم قدرت (RP-104)
- آموزنده رله و حفاظت و پست برق و سیستم های قدرت (RP-105)
- ماژول مانیتورینگ و کنترل سیستم های قدرت (RE-61)

آزمایشگاه حفاظت و رله
- آموزنده رله و حفاظت پایه (RP-100)
- آموزنده رله و حفاظت تکمیلی (RP-101)
- آموزنده رله و حفاظت پیشرفته (RP-102)
- آموزنده رله و حفاظت و شبیه ساز پست برق (RP-103)
- آموزنده رله و حفاظت و سیستم قدرت (RP-104)
- آموزنده رله و حفاظت و پست برق و سیستم قدرت (RP-105)
- آموزنده رله و حفاظت پست برق رله اضافه جریان (RP-106)
- آموزنده رله و حفاظت پست برق رله دیفرانسیل (RP-107)
- آموزنده رله و حفاظت پست برق رله دیستانس (RP-108)
- ماژول مانیتورینگ و کنترل سیستم های قدرت (RE-61)

آزمایشگاه انرژی های نو
- آموزنده تولید برق خورشیدی(فتوولتاییک) (RE-100)
- شبیه ساز تولید برق بادی (RE-101)
- شبیه ساز تولید برق بادی پیشرفته (RE-102)
- شبیه ساز تولید برق بادی و خورشیدی (RE-103)
- آموزنده تولید برق پیل سوختی (RE-104)
- آموزنده تولید برق هایبرید (بادی-خورشیدی-پیل سوختی) (RE-105)
- ماژول مانیتورینگ و کنترل سیستم های قدرت (RE-61)

آزمایشگاه ریز موج و آنتن
- آموزنده ریز موج و آنتن (TC-104)

آزمایشگاه پردازش سیگنال های دیجیتال
- آموزنده پردازش سیگنال های دیجیتال DSP (DL-107)

آزمایشگاه سیستم های دیجیتال
- آموزنده میکرو کنترلر ARM (DL-104)
- آموزنده میکرو کنترلر PIC (DL-105)
- آموزنده سیستم های دیجیتال۲ (DL-106)
- آموزنده مدار منطقی (DL-101)
- آموزنده سیستم های دیجیتال۱ (DL-102)
- آموزنده میکرو کنترلر AVR (DL-103)

آزمایشگاه مدارهای الکتریکی و اندازه گیری
- میز آزمایشگاه مدارهای الکتریکی و اندازه گیری (CI-103)
- میز آزمایشگاه مدارهای الکتریکی و اندازه گیری (CI-101)

آزمایشگاه الکترونیک
- میز آزمایشگاه الکترونیک (CI-102)
- آموزنده جامع مدارهای الکترونیکی (AE-106)
- آموزنده مدارهای الکترونیکی۱ (AE-102)

آزمایشگاه الکترونیک آنالوگ
- آموزنده مدارهای الکترونیکی (AE-105)
- آموزنده مدارهای الکترونیکی۳ (AE-104)
- آموزنده مدارهای الکترونیکی۲ (AE-103)

کارگاه الکترونیک
- کارگاه تجهیزات SMD (BE-106)
- کارگاه مدار چاپی (BE-104)

آزمایشگاه مدارهای پالس و دیجیتال
- آموزنده مدارهای تکنیک پالس (AE-101)
- آموزنده مدارهای مجتمع (AE-100)

آزمایشگاه های الکترونیک و مخابرات
Electronics and Telecommunications Labs

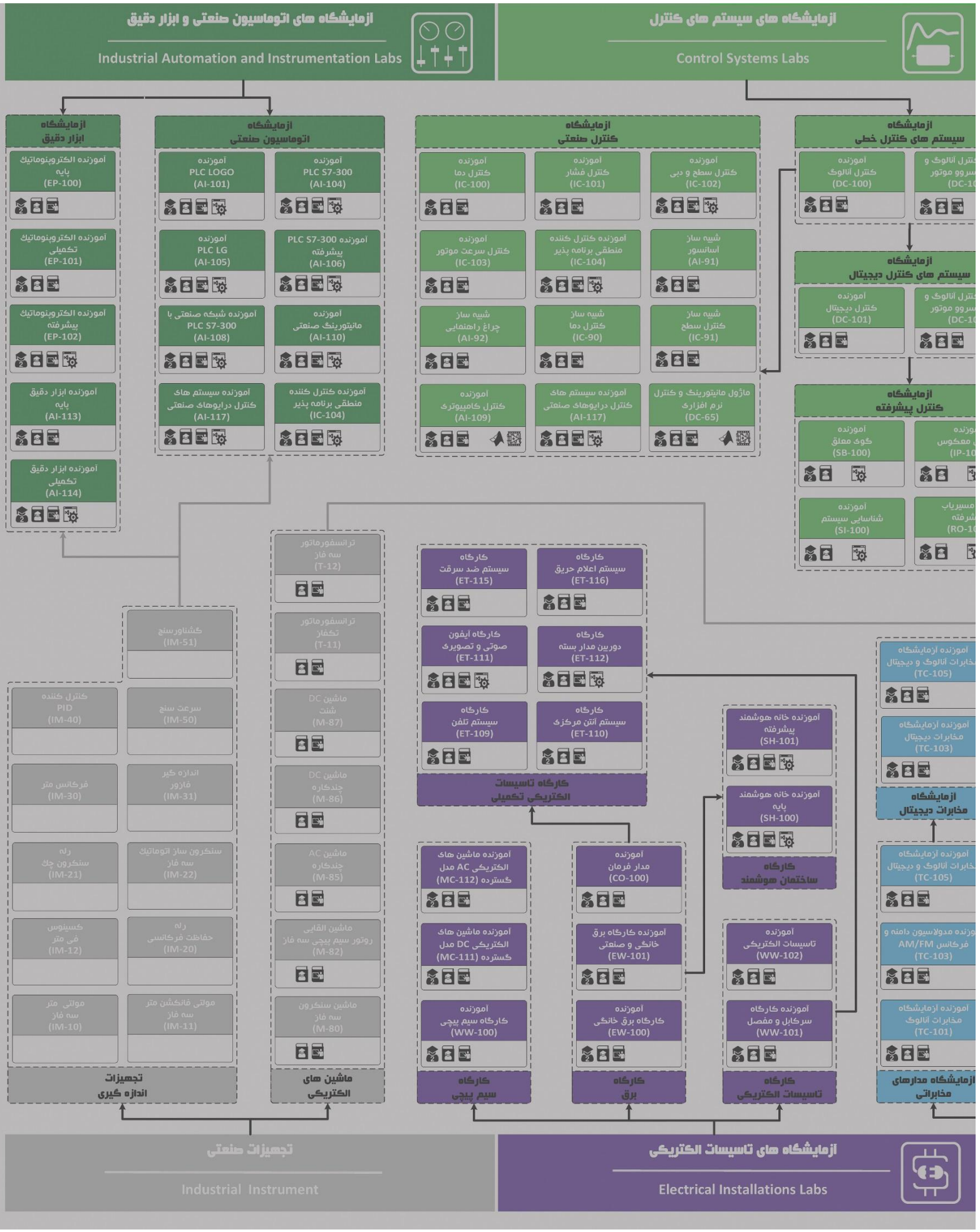
راهنما:
- تعداد کاربر
- دستورکار مدرس
- اتصال به نرم افزار Matlab/Simulink
- دستورکار دانشجو
- اتصال به نرم افزار
- اتصال به نرم افزار Labview

شرکت دانش بنیان

تجهیزات ابزار آزما

هی مهندسی برق

Electrical Engineering



دستور کار آزمایشگاه های الکترونیک

اهداف:

هدف از ارائه آزمایشگاه الکترونیک، آشنایی دانشجویان با تقویت کننده های تفاضلی، تقویت کننده عملیاتی، رگولاتورهای ولتاژ، اپتوکوپلر است.

هدف از این د ستور کار معرفی تجهیزات آزمای شگاههای الکترونیک و همچنین ارائه د ستورکار لازم برای انجام آزمایش‌ها می‌باشد.

پیشگفتار:

این مجموعه از دستگاه‌های آموزنده، جهت انتقال مفاهیم الکترونیک و... بر روی آموزنده‌های سیستم‌های الکترونیک پیش بینی شده‌اند.

در این دستور کار مطالب اساسی درس آزمایشگاه الکترونیک در قالب ۹ آزمایش ارائه گردیده است. . مطالب بیان شده در د ستور کار هر آزمایش شامل مقدمه، شرح آزمایش و تحلیل و جداول مربوطه و در پایان سؤالات مربوط به آزمایش می باشد. این دستور کار طوری طرح شده است تا دانشجو حین انجام مراحل مختلف آزمایش بخش‌های مختلف آن را تکمیل نماید و با تحلیل نتایج حاصل به درک عمیق‌تری از مفاهیم سیستم قدرت دست یابد. طبیعتاً به دلیل زمان محدود آزمای شگاه، انجام برخی محا سبات در آزمای شگاه تو سط دان شجو امکان پذیر نبوده و این مهم به بخش سؤالات انتهای هر بخش منتقل شده است.

هر دانشجو قبل از حضور در کلاس می‌بایست یک پیش گزارش راجع به مباحث جلسه جاری و گزارش تکمیل شده جل سه قبل را تحویل نماید. انجام بحث و تبادل نظر دان شجویان و مدرس کلاس راجع به نتایج حا صل از آزمایش‌ها تأثیر قابل ملاحظه ای در درک درس الکترونیک دیجیتال دارد. مسلماً گزارش حا صل همراه با نقص و کا ستی‌هایی ا ست که با پیشنهادات شما مدرسین و دانشجویان عزیز در نسخه های بعدی برطرف خواهد شد.

نکات مهم:

هشـــدار۱ (خطر شـــوک الکتریکی)

از آنجا که تغذیه اصلی دستگاه با برق سه فاز شهری انجام می‌گیرد، در هنگام انجام سیم بندی دقت کنید که برق دستگاه قطع باشد.

هشـــدار۳ (خطر آســـیب به دستگاه و شوک الکتریکی)

برای تعمیر تجهیزات از افراد واجد شـــرایط و با هماهنگی شـــرکت سازنده استفاده نمایید.

هشـــدار۴ (خطر آســـیب به دستگاه و شوک الکتریکی)

هیچ‌گونه اصـــلاح و یا تغییری در وضـــعیت فعلی تجهیزات مجاز نیست.

هشـــدار۵ (خطر شـــوک الکتریکی)

از سیم‌های رابط تمام عایق استفاده گردد.

هشـــدار۶ (خطر آســـیب به تجهیزات)

پیش از وصل کردن برق دستگاه، سیم‌بندی با حضور مدرس بررسی گردد.

هشـــدار۷ (خطر شـــوک الکتریکی)

در هنگام کار با دســـتگاه از کفپوش عایق در محل نصـــب دســـتگاه استفاده گردد.

هشـــدار۸ (خطر آســـیب به تجهیزات)

به تحلیل ورودی و خروجی های تجهیزات اقدام شـــود و از اعمال ورودی خارج از محدوده مجاز به تجهیز خودداری شود.

هشدار۹ (خطای احتمالی)

به منظور سیم‌بندی از سیم‌های رابط با رنگ‌بندی مختلف ا ستفاده شود تا احتمال خطا به حداقل برسد.

کلیه حقوق این اثر متعلق به شـــرکت دانش بنیان ابزار آزما می‌باشـــد. هرگونه کپی برداری از این اثر، غیرقانونی بوده و پیگرد قانونی دارد.

فهرست مطالب

نکات مهم: ۵
فهرست مطالب ..... ب
1 آشنایی با ساختار آزمایشگاه و تجهیزات ۱
۲ تقویت کننده تفاضلی ۵
۳ تقویت کننده عملیاتی Op-Amp ۹
۴ ضرب کننده (Multiplier) ۱۷
۵ رگولاتور ولتاژ (Buck Regulator) ۱۸
۶ اپتوکوپلر (Optical Isolator) ۱۹
۷ رگولاتور ۷۹۱۲ و ۷۸۱۲ ..... ۲۰
۸ مبدل A/D ۲۱
۹ ماژول D/A ۲۸

۱ آشنایی با ساختار آزمایشگاه و تجهیزات

۱-۱ مقدمه

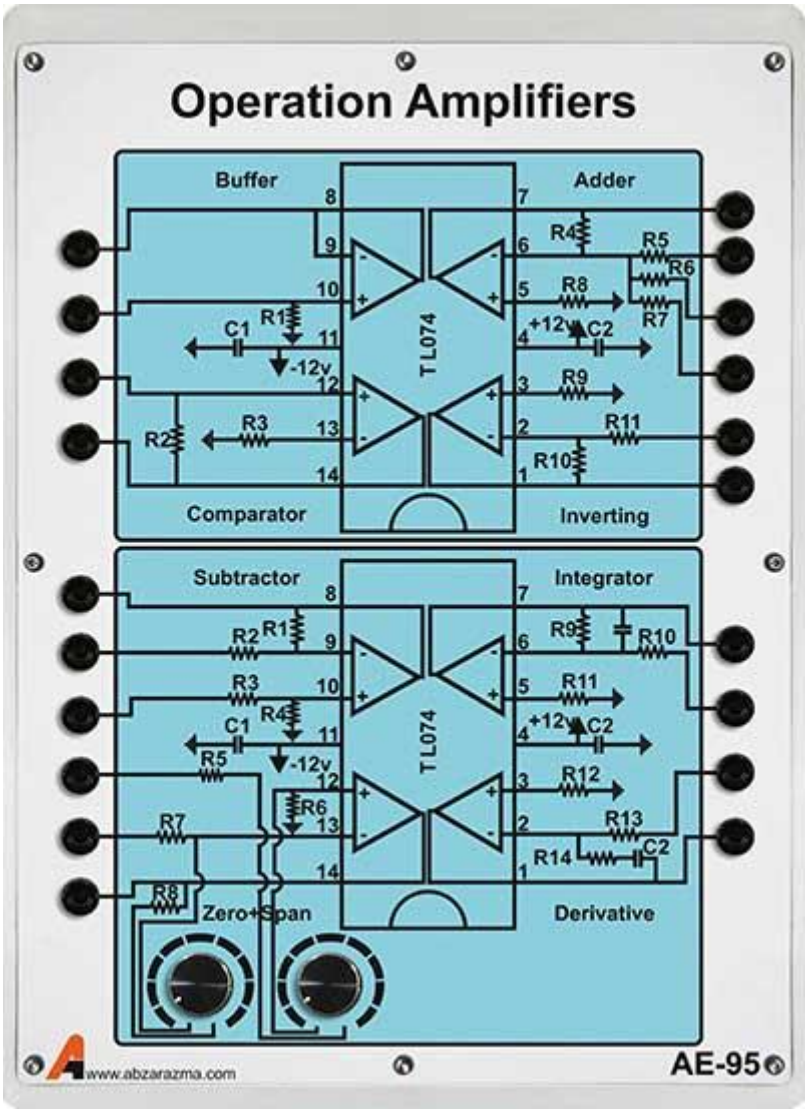
هدف آشنایی با ساختار آزمایشگاه مدارهای مجتمع خطی و تجهیزات مربوطه می‌باشد.

۱-۲ معرفی تجهیزات

۱-۲-۱ ماژول Operational Amplifiers (AE-95)

این ماژول از دو آی سی TL074 تشکیل شده است. این آی سی یک نوع تقویت کننده عملیاتی می‌باشد که دارای ۱۴ پایه است، همچنین پکیج این آی سی از نوع DIP بوده و مطابق شکل زیر این ای سی متشکل از ۴ عدد آپ امپ می باشد

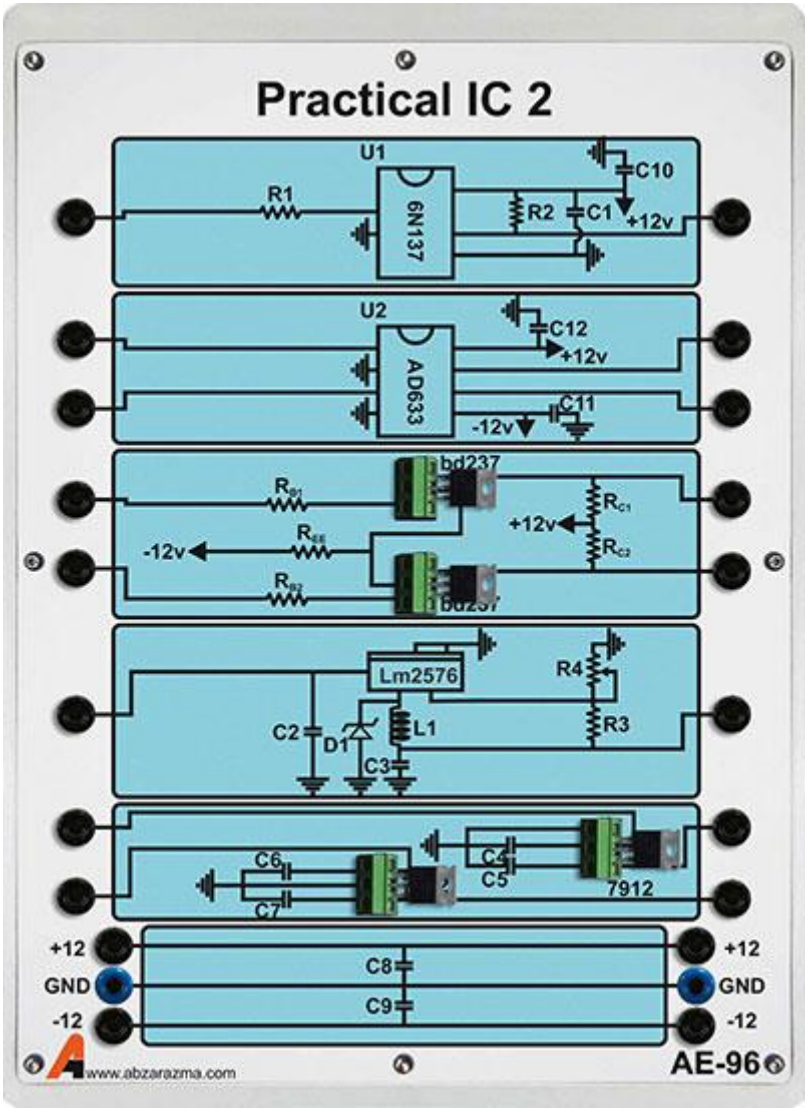
در این ماژول مدارات buffer، Inverting، Comparator، Subtractor، Integrator، Zero-Span، Derivative و Adder طراحی شده است.



۱-۲-۲ ماژول Practical IC2 (AE-96)

این ماژول برای آشنایی با تجهیزات زیر طراحی شده است:

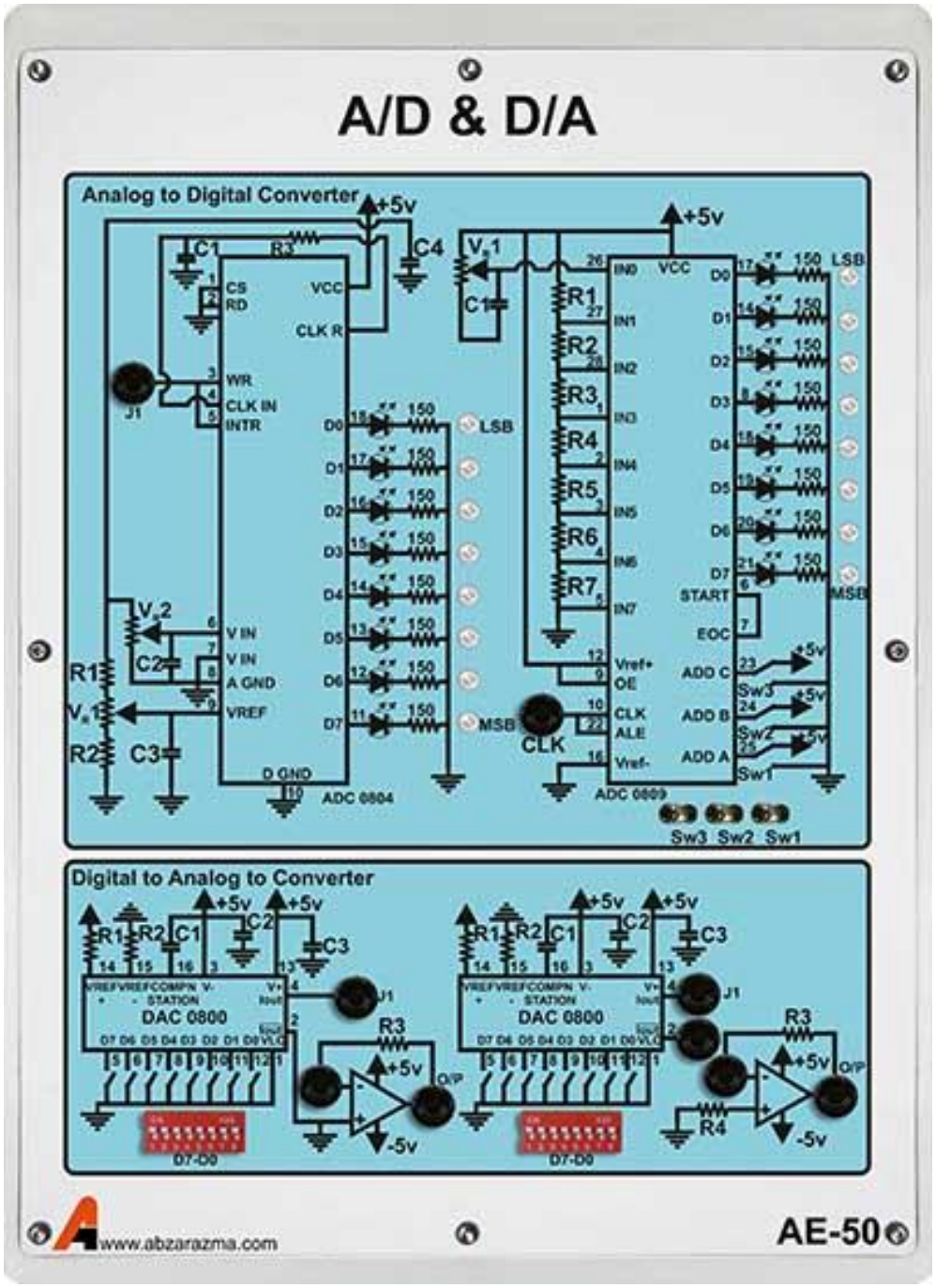
- Optical isolator: اپتوکوپلر که به عنوان ایزولاتور در این ماژول استفاده می‌شود.
- Multiplier: ضرب کننده‌ای که در آن از آی سی AD633 استفاده شده است.
- Buck Regulator: کاهش دهنده ولتاژ می‌باشد.
- Differential Amplifier: تقویت کننده تفاضلی است.
- Regulator 7912 & 7812: تنظیم کننده های ولتاژ می باشند.



۱-۲-۳ ماژول D/A & A/D

ماژولی است که قادر به تبدیل سیگنال های آنالوگ به دیجیتال و تبدیل سیگنال‌های دیجیتال یا باینری به آنالوگ می‌باشد.

این ماژول شامل ۲ عدد مبدل آنالوگ به دیجیتال و ۲ عدد مبدیل دیجیتال به آنالوگ می‌باشد.


A/D & D/A
Analog to Digital Converter
+5v
C1
R3
C4
CS
RD
VCC
CLK R
WR
CLK IN
INTR
J1
D0
D1
D2
D3
D4
D5
D6
D7
LSB
MSB
V IN
V IN
A GND
VREF
D GND
ADC 0804
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
C2
C3
CLK
ADC 0809
START
EOC
ADD C
ADD B
ADD A
Sw3
Sw2
Sw1
Digital to Analog to Converter
DAC 0800
-5v
O/P
D7-D0
www.abzarazma.com
AE-50

۴-۲-۱ ماژول source

این ماژول قادر به تولید همزمان دو سیگنال در قالب‌های سینو سی، مثلثی و یا مربعی می‌با شد. همچنین این ماژول قادر به تامین ولتاژهای کاری مختلف می‌باشد. این ولتاژها عبارت اند از ۱۲± ولت، ۵± ولت و GND (زمین).

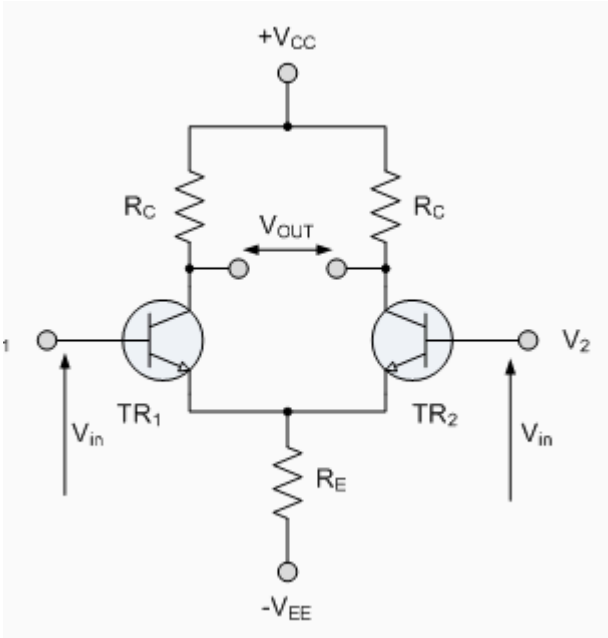
همچنین این ماژول قادر به تولید ولتاژ ۱,۲ ولت تا ۱۶ ولت DC متغیر می‌باشد.

۲ تقویت کننده تفاضلی

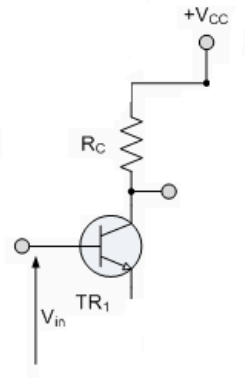
دراین آزمایش دانشجویان عملکرد یک تقویت کننده تفاضلی آشنا می شوند. مهمترین مزیت طبقه تفاضلی، خاصیت کاهش نویز خارجی است که میزان آن توسط نسبت حذف حالت مشترک بدست می‌آید.

۲-۱ مقدمه

تقویت کننده تفاضلی از ۲ طبقه امیتر مشترک تشکیل شده که در شکل زیر نشان داده شده است. تحلیل تقویت کننده تفاضلی در دو حالت تفاضلی و مشترک انجام می‌گیرد، درحالت تفاضلی ورودی ها نسبت به هم دارای ۱۸۰ درجه اختلاف فاز می‌باشند در صورتی که درحالت مشترک هیچ اختلافی در دامنه و فاز ورودی‌ها نسبت به هم وجود ندارد.



جهت تحلیل در حالت تفاضلی کافی است مدار را به ۲ نیم مدار به شکل زیر در بیاوریم و پارامترهای مقاومت ورودی و بهره ولتاژ را محاسبه نماییم.



$$Vid = |Vi1 - Vi2|$$

$$Rid = 2r\pi$$

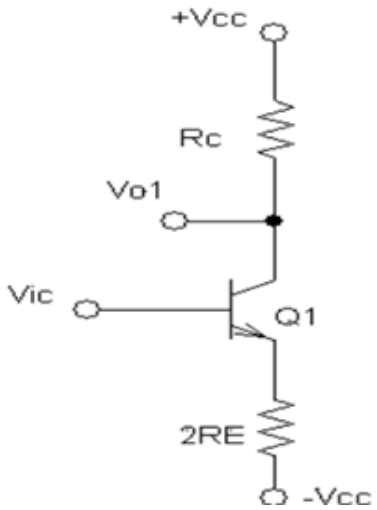
$$Ad1 = \frac{Vo1}{Vid} = \pm\frac{gm1 \times Rc1}{2}$$

به علت مشابه بودن تمام المان‌های طبقه‌های تقویت کننده تفاضلی، پارامترهای طبقه‌ها با هم یکی می‌باشند.

در حالت تفاضلی اگر اختلاف خروجی‌ها نسبت به‌هم مدنظر باشد:

$$AD = 2 \times Ad = \pm gm \times Rc$$

درحالت مشترک مدار به دو نیم مدار، به شکل زیر در می‌آید.



$$Vic=\frac{Vi1+Vi2}{2}$$

$$Ric=r\pi+2\times(1+\beta)\times RE$$

$$Ac=-\frac{gm\times Rc}{1+2\times gm\times RE}$$

در صورتی که ولتاژهای اعمالی به ورودی‌های تقویت کننده تفاضلی از نظر دامنه و فاز برابر نباشند می‌توان ولتاژ خروجی را از رابطه زیر محاسبه نمود.

$$|Vo1| = |Vo2| = |Ad|.|Vid| + |Ac|.|Vic|$$

پارامتر مهم، نسبت حذف حالت مشترک برای تقویت کننده‌های تفاضلی بیان می‌گردد که نسبت بهره تفاضلی به بهره مشترک را شامل می‌شود. این پارامتر نشان می‌دهد به چه میزان سیگنال‌های ناخواسته در خروجی تقویت کننده تفاضلی حذف می‌شوند.

$$CMRR=\frac{|Ad|}{|Ac|}$$

به علت بزرگ بودن عدد نسبت حذف حالت مشترک، آنرا بر حسب دسی بل بیان می‌نمایند.

$$CMRR|dB = 20Log\frac{|Ad|}{|Ac|}$$

۲-۲ آزمایش و تحلیل

پارامترهای نقطه کار ترانزیستورها را قبل از اعمال سیگنال به مدار اندازه گیری نمایید.

پارامتر	جریان امیتر (IE)	جریان کلکتور (IC)	ولتاژ کلکتور (VC)	ولتاژ امیتر (VE)	ولتاژ بیس (VB)
Q1					
Q2					

سیگنالی با فرکانس ۱ کیلو هرتز به مدار در حالت تفاضلی اعمال نمایید. (جهت اعمال سیگنال به صورت تفاضلی کافی است هریک از خروجی‌های مثبت و منفی سیگنال ژنراتور را به یکی از ورودی‌ها اعمال نمایید، لازم به ذکر است در این حالت زمین برای سیگنال ژنراتور وجود ندارد.)

بهره ولتاژ مدار (هریک از خروجی‌ها نسبت به ورودی تفاضلی) اندازه گیری نمایید. (توجه داشته باشید خروجی ها در حالت اشباع قرار نداشته باشند.) (Vid = Vsg)

$$Ad1 = \frac{Vo1}{Vid} = \text{.....} \qquad Ad2 = \frac{Vo2}{Vid} = \text{.....}$$

اختلاف فاز خروجی‌ها را نسبت به ورودی‌ها اندازه گیری نمایید.

Vo1	Vo2	∅
		Vi1
		Vi2

مقاومت ورودی مدار را در حالت تفاضلی اندازه‌گیری نمایید.

$$Rid = \frac{Vid}{ib} = \text{.....}$$

حال سیگنال را در حالت مشترک به ورودی‌ها اعمال نمایید. (جهت اعمال سیگنال در حالت مشترک کافی است خروجی سیگنال ژنراتور را همزمان به هر دو ورودی اعمال کنید.)

بهره ولتاژ مدار را در این حالت اندازه‌گیری کنید. (Vic = Vsg)

$$Ac1 = \frac{Vo1}{Vic} = \text{.....} \qquad Ac2 = \frac{Vo2}{Vic} = \text{.....}$$

اختلاف فاز هر یک از خروجی‌ها را نسبت به ورودی‌ها اندازه گیری نمایید.

Vo1	Vo2	∅
		Vi1
		Vi2

مقاومت ورودی مدار را در حالت مشـــترک اندازه‌گیری نمایید. (برای اندازه گیری مقاومت می‌توانید همانند روش اندازه‌گیری مقاومت در حالت تفاضلی عمل نمایید.)

$$Ric = \frac{Vic}{ib} = \text{----------}$$

۲-۳ پرسش

۱- مقادیر اندازه گیری شده در هر مرحله آزمایش را با مقادیر تئوری مقایسه نمایید.

۲- برای هر یک از زوج سیگنال‌های داده شده، سیگنال حالت مشترک و تفاضلی را تعیین نمایید.

$A)\quad V1 = 10Sin\omega t \qquad V2 = 6Sin\omega t$

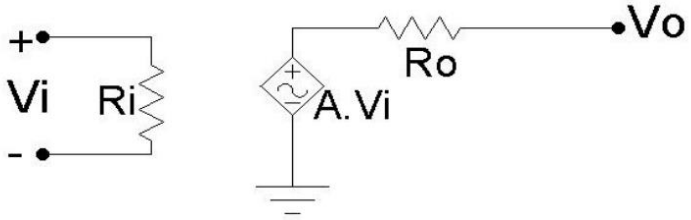
$B)\quad V1 = 4 + 0.1Sin\omega t \qquad V2 = 3 - 0.2Sin\omega t$

۳ تقویت کننده عملیاتی Op-Amp

در این آزمایش، دانشجو، مدارهای ساده ای همچون تقویت کننده، انتگرال گیر، مشتق گیر و غیره را که با بهره گیری از تقویت کننده‌های عملیاتی ساخته می‌شوند، مورد بررسی قرار داده و با برخی از مشخصه‌های OP-AMP آشنا خواهد شد.

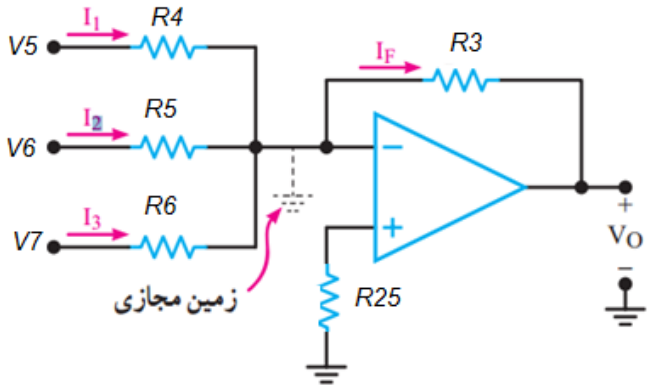
۳-۱ مقدمه

تقویت کننده عملیاتی یا آپ امپ، مدارهای مجتمعی می‌باشند که به صورت تقویت کننده های فرکانس پایین با بهره زیاد کار می‌کنند. مدار معادل آپ امپ به شکل زیر می‌باشد. تقویت کننده عملیاتی ایده‌آل دارای مقاومت ورودی بی‌نهایت، مقاومت خروجی صفر، بهره ولتاژ بی‌نهایت، پهنای باند بی‌نهایت و نسبت حذف حالت مشترک بی‌نهایت می‌باشد.



۳-۲ مدار جمع کننده (Adder)

یکی از مدارهای مفید که با استفاده از تقویت کننده‌ی عملیاتی ساخته می‌شود، مدار جمع کننده است. این مدار دارای دو یا چند ورودی و یک خروجی است.



هریک از ولتاژهای V5، V6 و V7 به ترتیب، باعث عبور جریان‌هایی از داخل مقاومت‌های R4، R5 و R6 می‌شوند. که مقدار آن ها از روابط زیر به‌دست می‌آید.

$$I1 = V5/R4 \ , \ I2 = V6/R5 \ , \ I3 = V7/R6$$

طبق قانون کیرشهف، مجموع جریانهای ورودی به یک گره باید مساوی جریانهای خارج شده از آن باشد؛ بنابراین، جریانی که از داخل R3 عبور میکند، مساوی جمع جبری سه جریان ورودی است.

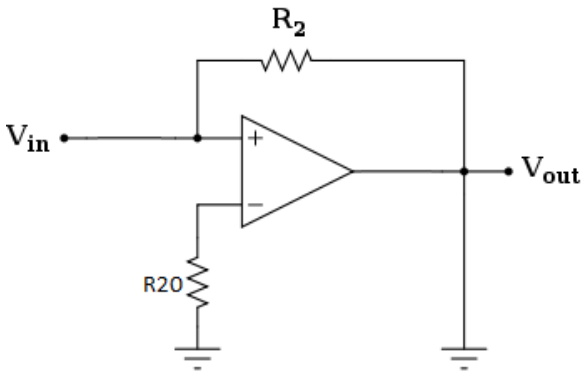
۳-۲-۱ آزمایش و تحلیل

به ازای ورودی های متفاوت، مقدار خروجی را اندازه گرفته و جدول را تکمیل نمایید.

V4(out)	V5(in1)	V6(in2)	V7(in3)

۳-۳ مقایسه کننده (Comparator)

مقایسه کننده مداری است که ولتاژ ورودی را با ولتاژ مرجع مقایسه می‌کند، خروجی مقایسه کننده معلوم می‌سازد که سیگنال ورودی بیشتر یا کمتر از ولتاژ مرجع است. وقتی سیگنال ورودی اندکی بزرگتر از ولتاژ مرجع می‌شود، ولتاژ خروجی تقریبا برابر ولتاژ تغذیه مثبت می‌شود. وقتی هم که ولتاژ ورودی کمی از ولتاژ مرجع کوچکتر می‌گردد، خروجی آپ امپ برابر ولتاژ تغذیه منفی می‌شود. مقدار دقیق آستانه متناسب با ولتاژ انحراف ورودی بوده و می‌توان آن را خنثی کرد.



۳-۳-۱ تحلیل و آزمایش

با استفاده از مدار مقایسه کننده موجود در ماژول آزمایشات زیر را انجام دهید.

۱- مقدار ولتاژ ورودی را تغییر داده و جدول زیر را تکمیل نمایید.

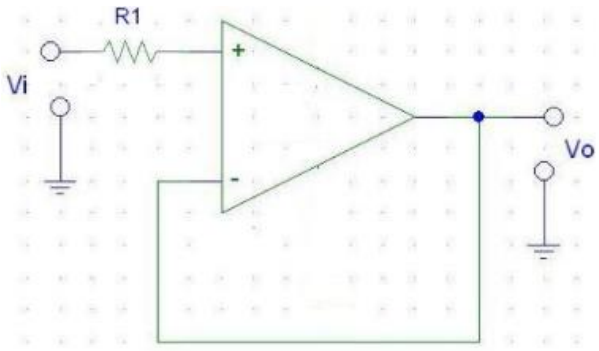
1 V	1.5 V	2 V	2.5 V	3 V	4 V	4.5 V	Vin
							Vout

۲- باتوجه به جدول بدست آمده کاربرد مدار فوق را توضیح دهید.

۳- رابطه تئوری مدار را بررسی و با مرحله عملی ۲ مقایسه کنید.

۳-۴ بافر (Buffer)

مدار شکل زیر کاربرد آپ امپ را به عنوان بافر نشان می‌دهد، در این مدار ولتاژ خروجی با ورودی برابر می‌باشد. این مدار همانند بافر خروجی را از ورودی ایزوله می‌نماید.



۳-۴-۱ تحلیل و آزمایش

۱- سیگنالی به صورت $2\cos(1000\pi t)$ به ورودی مدار اعمال نمایید.

Vo = ……

۳-۵ انتگرال گیر (Integrator)

در صورتی که فرکانس سیگنال ورودی بیشتر از فرکانس قطع مدار که از رابطه زیر محاسبه می‌گردد باشد به صورت انتگرال گیر عمل می‌نماید و ولتاژ خروجی از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$V_o = -\frac{1}{R_S C}\int Vi.dt \qquad F_C = \frac{1}{2\pi R_F C}$$

اگر فرکانس سیگنال ورودی کمتر از فرکانس قطع باشد مدار انتگرال گیر به صورت تقویت کننده معکوس با بهره رابطه زیر عمل می‌نماید.

$$A_{CL} = -\frac{R_F}{R_S}$$

۳-۵-۱ تحلیل و آزمایش

با استفاده از مدار موجود در ماژول، آزمایشات زیر را انجام داده و نتیجه را بررسی نمایید.

جدول زیر را با اعمال ورودی های ذکر شده کامل نمایید.

ورودی	$1\cos(3000\pi t)$	$1\cos(2000\pi t)$
V_o		
Ø		

۳-۶ مشتق گیر (Differentiator)

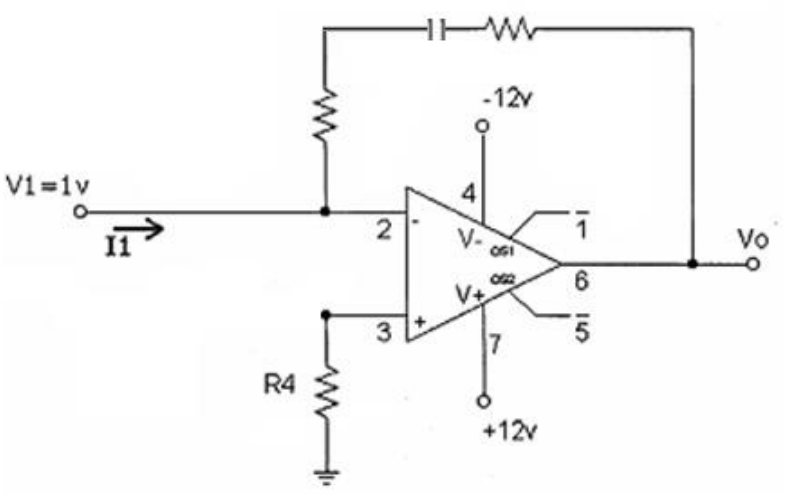
در این مدار در صورتی که فرکانس سیگنال ورودی کمتر از فرکانس قطع مدار که از رابطه زیر محاسبه می‌شود باشد مدار به صورت مشتق گیر عمل نموده و خروجی از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$F_C = \frac{1}{2\pi R_S C}$$

$$V_O = -R_F C \frac{dVi}{dt}$$

اگر فرکانس ورودی بیشتر از فرکانس قطع باشد، مدار به صورت تقویت کننده معکوس عمل نموده که بهره آن از رابطه زیر محاسبه میگردد.

$$A_{CL} = -\frac{R_F}{R_S}$$



۳-۶-۱ آزمایش و تحلیل

جدول زیر را با اعمال ورودی های ذکر شده کامل نمایید.

ورودی	$0.3\cos(3000\pi t)$	$0.3\cos(2000\pi t)$
V_o		
Ø		

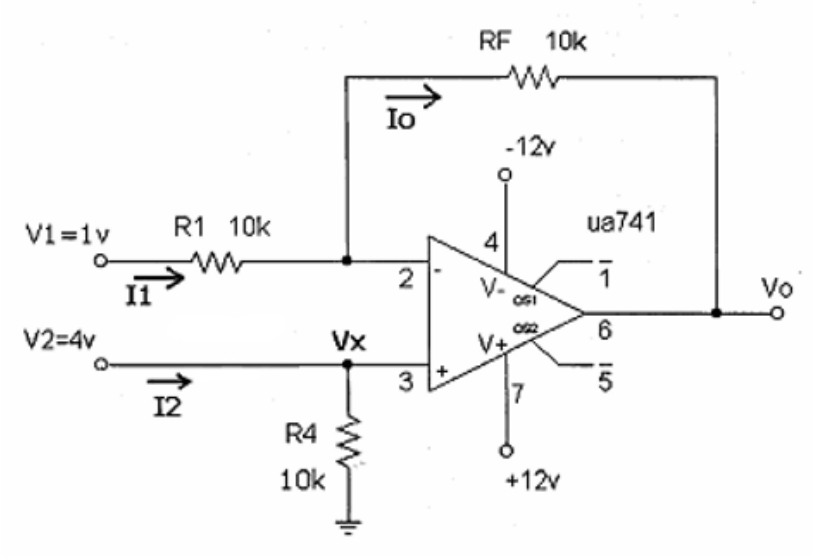
۳-۷ تفریق کننده (Subtractor)

تفریق کننده‌ها در الکترونیک می‌توانند به کمک op-amp دو عدد را از یکدیگر تفریق کند.

$$Vo = V_2 \frac{R_4}{R_4+R_3}\cdot\left(1+\frac{R_F}{R_1}\right)-\frac{R_F}{R_1}\cdot V_1$$

اگر R1= R3=R4 باشد آنگاه داریم :

$$Vo=V2-V1$$



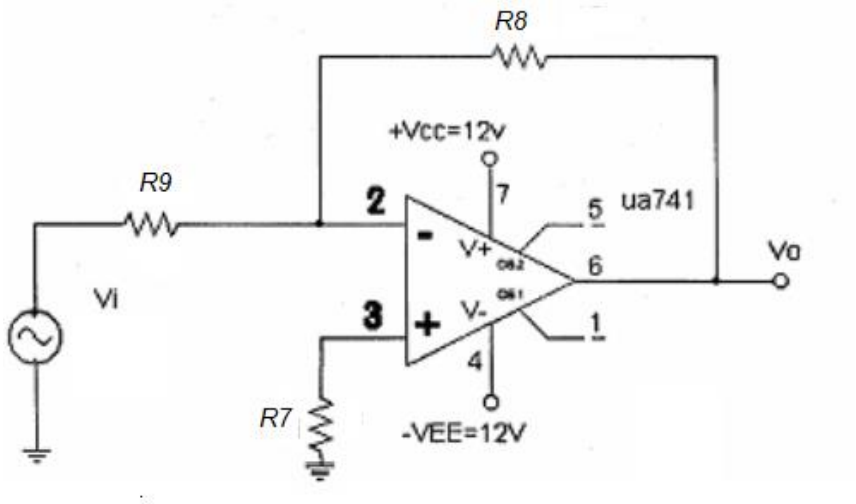
۳-۷-۱ آزمایش و تحلیل

جریان‌های I1، I2 و I3 را بدست آورید.

ولتاژهای V1، V2، Vo و Vx را اندازه گیری کنید.

۳-۸ معکوس کننده (Inverting)

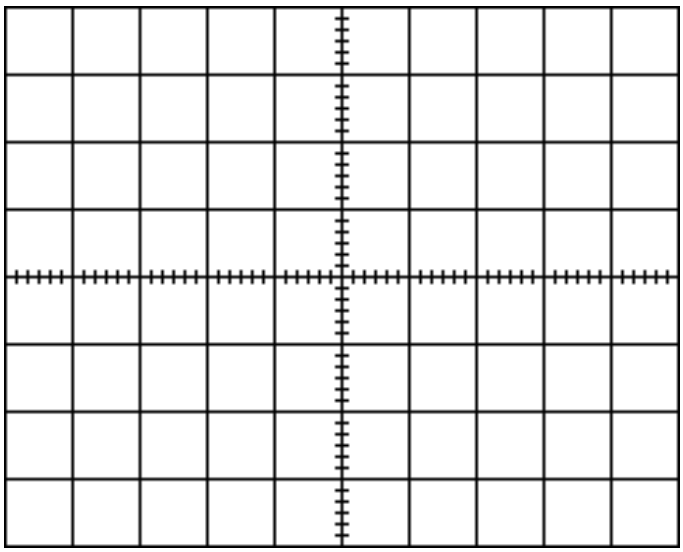
پر مصرف ترین مدار تقویت کننده با بهره ثابت، تقویت کننده معکوس‌گر است، که در شکل زیر نمایش داده شده است.
خروجی این مدار از ضرب ورودی در یک بهره ثابت حاصل می‌شود که به وسیله مقاومت ورودی و مقاومت فیدبک ایجاد شده است. این خروجی نسبت به ورودی معکوس شده است.



۳-۸-۱ تحلیل و آزمایش

۱- به مدار معکوس کننده فوق ورودی 50mv و فرکانس 10khz اعمال نمایید.

۲- شکل موج‌های ورودی و خروجی را رسم کنید.



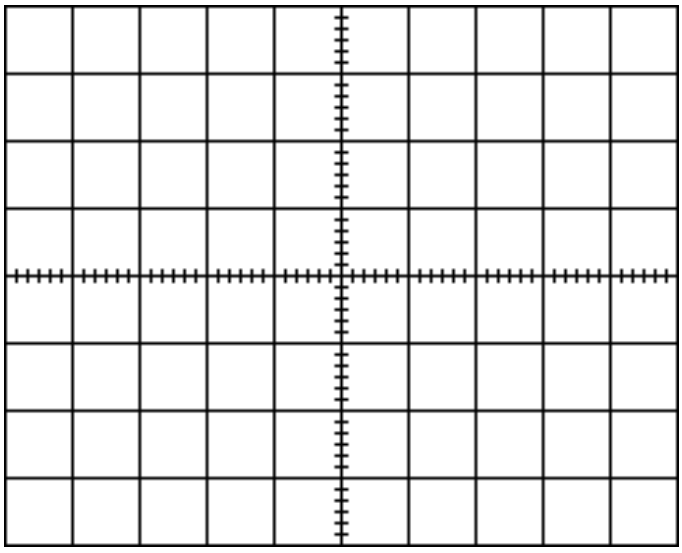
۳- باتوجه به شکل موج بدست آمده در مرحله ۲ بهره ولتاژ عملی را بدست آورید.

۴- بهره تئوری را محاسبه و با مقدار عملی به دست آمده در مرحله ۳ مقایسه کنید. اگر تفاوت دارد علت چیست؟

۵- فرکانس ورودی را طبق جدول تغییر و Vo را در جدول یادداشت کنید.

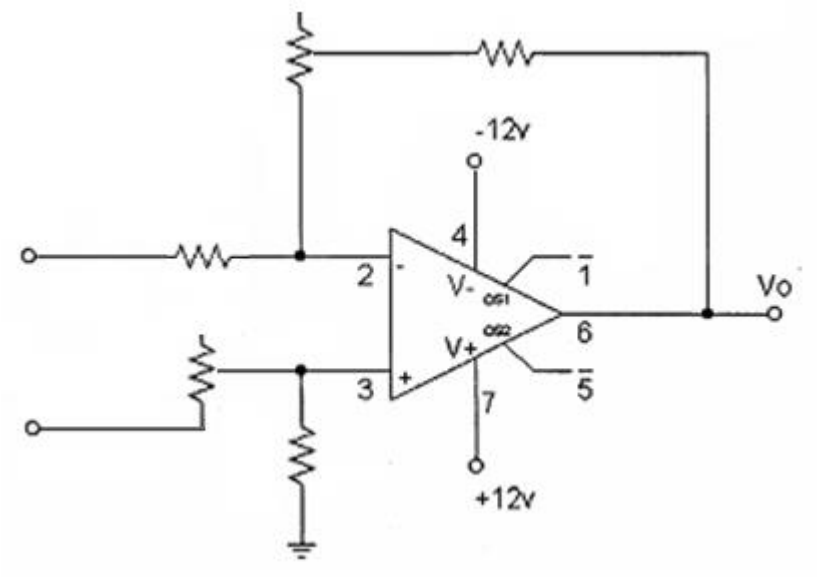
f(Hz)	100K	80K	40K	10K	5K	2K	1K	500	100	50
Vo										

۶- با توجه به جدول بدست آمده در مرحله ۵ پاسخ فرکانسی مدار را رسم و فرکانس قطع را مشخص کنید.



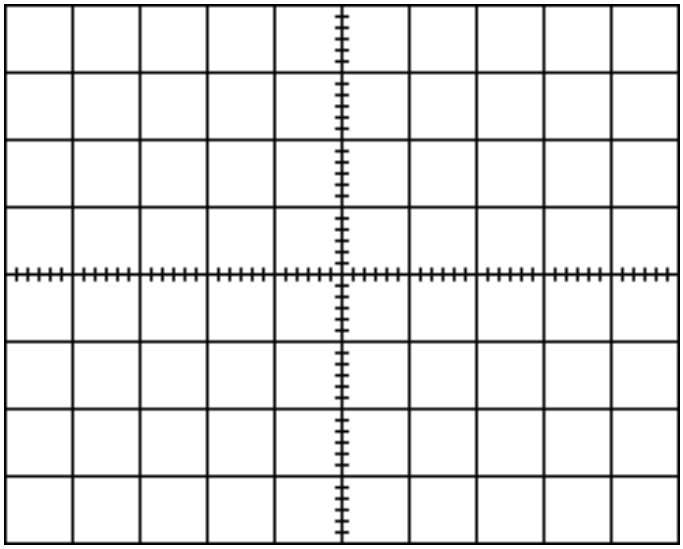
zero – span ۹-۳

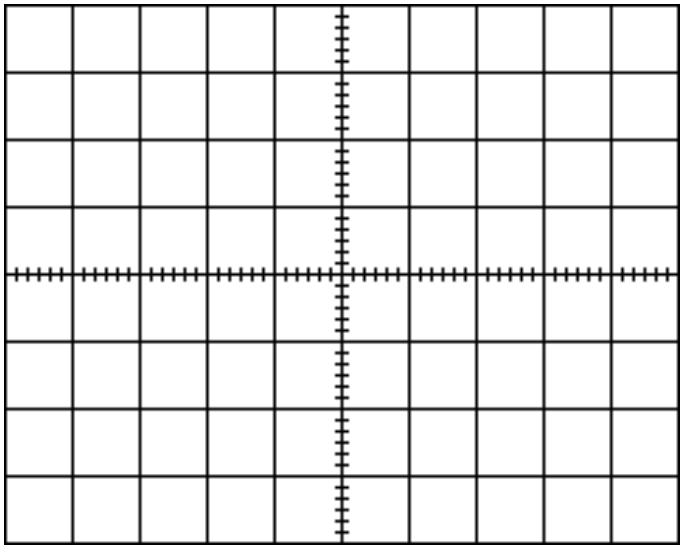
در سیستم های ابزار دقیق استانداردهای متفاوتی برای ولتاژ و جریان داریم. برای تبدیل این استانداردها به یکدیگر از مدار zero – span استفاده میکنیم.



۳-۹-۱ آزمایش و تحلیل

با استفاده از مدار Zero-span ورودی ثابت 1V را به مدار اعمال کنید و با تغییرات zero و span شکل موج خروجی را رسم نمایید



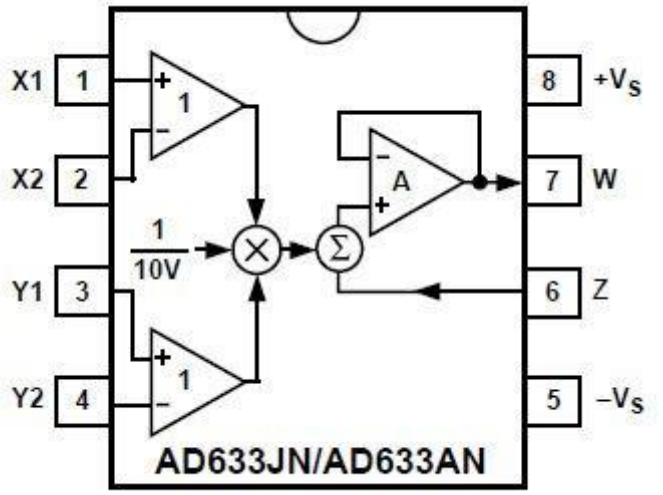


۴ ضرب کننده (Multiplier)

دراین آزمایش از آی‌سی AD633 استفاده شده است. بدین صورت که ورودی‌ها را دریافت کرده و خروجی را بصورت ضرب دو ورودی در یکدیگر تحویل می‌دهد.

آی سی AD633 ۴ ورودی دارد و یک ضرب کننده آنالوگ می باشد. این آی سی دارای امپدانس بالا و ورودی‌های تفاضلی یا دیفرانسیلی X و Y و یک ورودی امپدانس بالای جمع شونده Z می‌باشد.

خروجی این آی سی نیز امپدانس پایین و دارای مقدار نهایی ۱۰ ولت می باشد.



فرمول کاری آی سی به صورت زیر می باشد:

$$W = \frac{(X1 - X2)(Y1 - Y2)}{10\ \text{V}} + Z$$

۴-۱ تحلیل و آزمایش

با توجه به مدار، ورودی‌های مربوطه را به مدار اعمال نمایید و جدول مربوطه را تکمیل کنید.

ورودی ۲	ورودی ۱	خروجی

۵ رگولاتور ولتاژ (Buck Regulator)

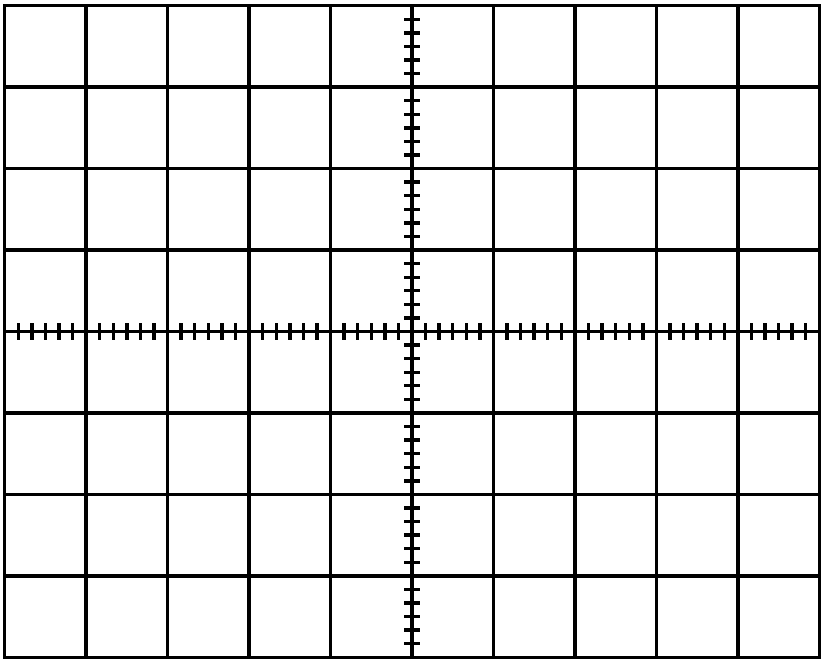
جهت تثبیت ولتاژ از رگولاتورهای متنوعی استفاده می شود. یکی از انواع رگولاتورهای مورد استفاده، رگولاتورهای سوئیچینگ می‌باشند. در این آزمایش رگولاتور Buck یا همان کاهنده مورد تحلیل و ارزیابی قرار می‌گیرد.

۵-۱ تحلیل و آزمایش

به کمک فانکشن ژنراتور ورودی متغیری به مدار اعمال نمایید، سپس خروجی را اندازه گیری کنید و جدول زیر را تکمیل نمایید.

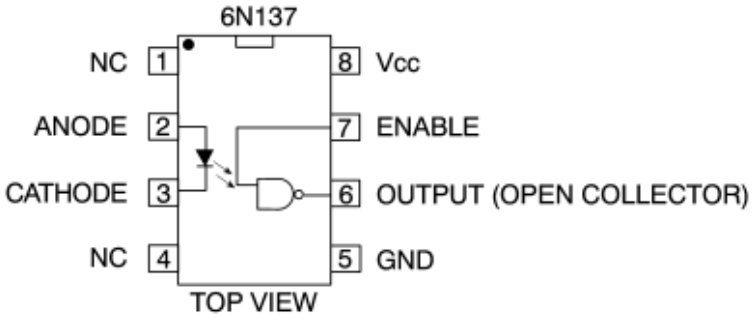
Vin	۲۰	۱۸	۱۶	۱۴	۱۲	۱۰	۵	۳	۱
Vout									

- پس از تکمیل جدول خروجی مشاهده شده را برای **Vo** برحسب **Vin** رسم کنید.



۶ اپتوکوپلر (Optical Isolator)

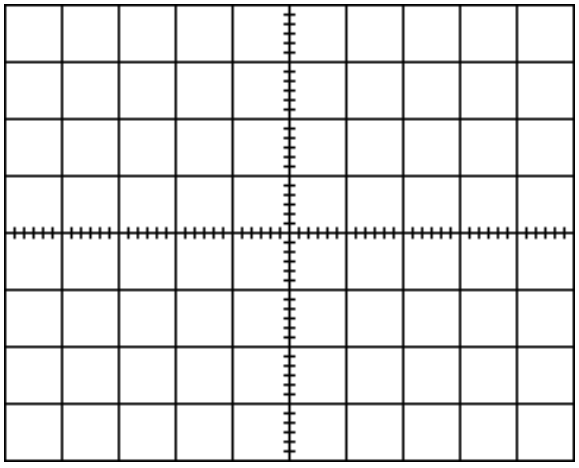
کاربرد این آی سی در ایزوله کردن دو نقطه از مدار با استفاده از نور می‌باشد. ایزوله کردن یعنی ارتباط و اتصال دو نقطه از مدار بدون استفاده از سیم.



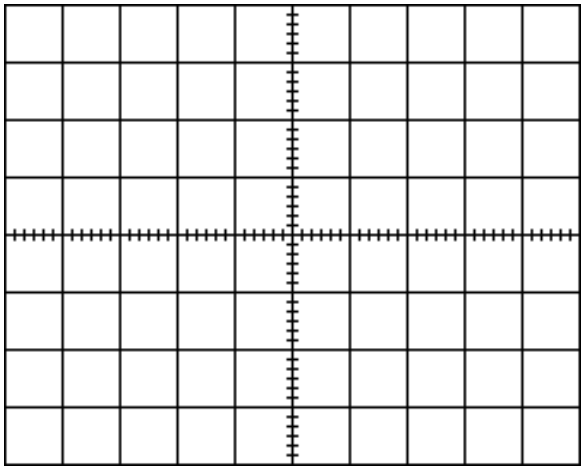
۶-۱ تحلیل و آزمایش

توسط سیگنال ژنراتور ورودی پالسی را با دامنه 1V به مدار اعمال نمایید. سپس با تغییر فرکانس با توجه به مقادیر داده شده خروجی را رسم نمایید.

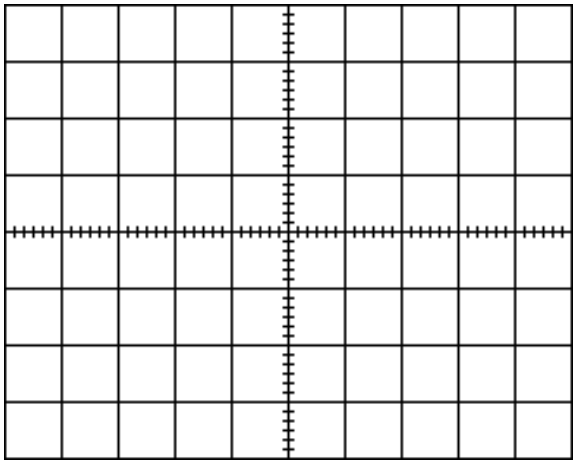
F = 100Khz



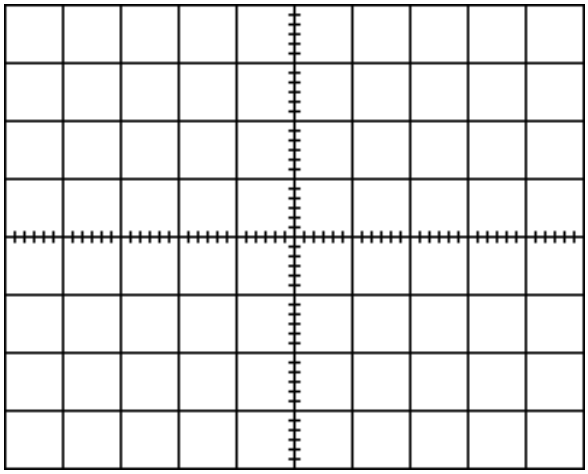
F = 1Khz



F = 1Mhz



F = 100Khz



۷ رگولاتور ۷۹۱۲ و ۷۸۱۲

رگولاتور قطعه اســـت که در ســـاخت مدارات الکترونیکی کاربردهای فراوانی دارد. در حقیقت رگولاتورهای ولتاژ، نوعی از نیمه هادی ها هستند که برای تنظیم ولتاژ طراحی شده اند.

۷-۱ آزمایش و تحلیل

به کمک فانکشن ژنراتور ورودی متغیری به مدار اعمال نمایید، سپس خروجی را اندازه گیری کنید و جدول زیر را تکمیل نمایید. این کار را برای هر دو رگولاتور انجام دهید.

رگولاتور ۷۸۱۲

Vin	۲۰	۱۸	۱۶	۱۴	۱۲	۱۰	۵	۳	۱
Vout									

رگولاتور ۷۹۱۲

Vin	۲۰	۱۸	۱۶	۱۴	۱۲	۱۰	۵	۳	۱
Vout									

۸ مبدل A/D

۸-۱ اهداف

۱- آشنایی با عملکرد مبدل آنالوگ به دیجیتال.

۲- آشنایی با مشخصات ADC0804 و ADC0809.

۳- آشنایی با کاربردهای ADC0804 و ADC0809.

۸-۲ تشریح اصول

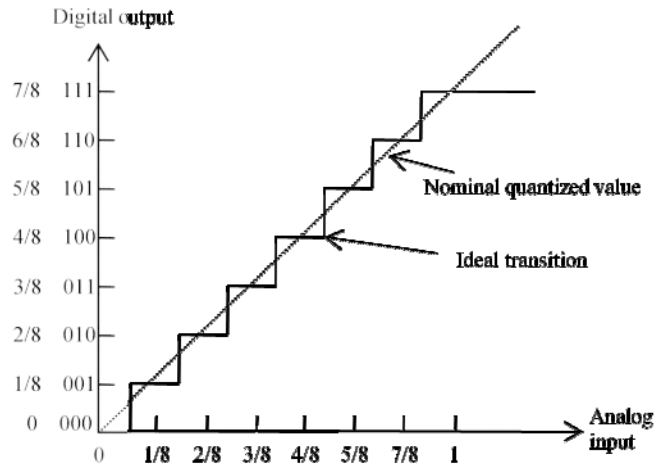
مبدلهای آنالوگ به دیجیتالADC (یا A/D) مقادیر آنالوگ را که معمولاً جریان یا ولتاژ پیوسته میباشند، به مقادیر دیجیتالی که در محاسبات، انتقال داده، ذخیره و پردازش اطلاعات و سیستمهای کنترل مورد استفاده قرار میگیرند، تبدیل میکنند. ما این تبدیل را انجام میدهیم زیرا سیگنالهای دیجیتال به آسانی ذخیره سازی و دیباگ میشوند و تقریباً بدون نویز هستند.

۸-۲-۱ عملکرد مبدل آنالوگ به دیجیتال

شکل زیر مشخصه انتقالی یک ADC سه بیتی ایدهآل را نشان میدهد. محدوده ورودی آنالوگ، از 0تا 1ولت، با تقسیم بر عدد 8کوانتیزه شده و به 8محدوده گسسته تقسیم میشود. تمامی مقادیر آنالوگ موجود در هر یک از محدودههای فوق توسط یک عدد دیجیتال که متناسب با مقدار میانی آن محدوده میباشد نمایش داده میشود. بنابراین همواره یک خطای کوانتیزاسیون ذاتی به اندازه مثبت و منفی 1/2 بیت با کمترین ارزش (LSB) در فرآیند تبدیل آنالوگ به دیجیتال وجود دارد. تنها راه کاهش خطای کوانتیزاسیون افزایش تعداد بیتها میباشد. مقدار کوانتیزاسیون یا پله، Qکوچکترین مقدار آنالوگ است که میتواند توسط ADCتشخیص داده شود. این مقدار میتواند به صورت زیر بیان شود:

$$Q = \frac{FS}{2^n - 1} = \frac{1}{2^n}$$

که FS برابر است با $\frac{2^n-1}{2^n}$ و 2n مقدار رزولوشن میباشد که توسط تعداد بیت خروجی تعیین میشود. بنابراین مقدار n بزرگتر منجر به رزولوشن بیشتر میشود. به طور کلی شرکتهای سازنده ADC رزولوشن را بر حسب تعداد بیت بیان میکنند، به عنوان مثال رزولوشن ADC0804 در دفترچه فنی آن 8بیت بیان شده است.

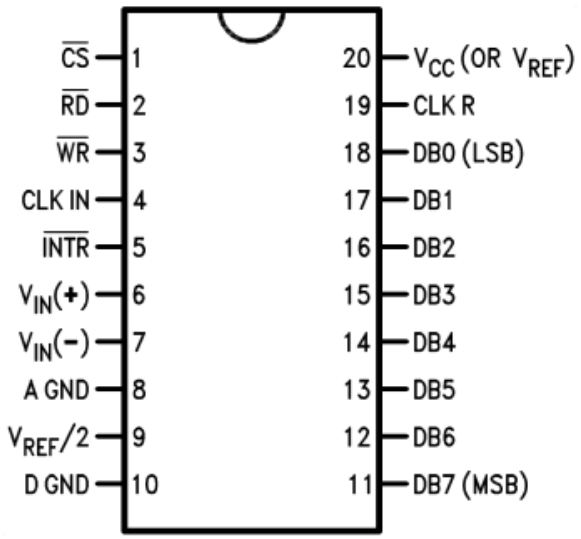


۸-۲-۲ مبدل آنالوگ به دیجیتال ADC0804

پایه های آی‌سی AD0804 در شکل زیر نشان داده شده است. زمانی که داده‌ها از پورت خروجی D_0~D_7 خوانده می‌شوند، پایه‌های $\overline{CS}$ و $\overline{RD}$ صفر شده تا لچ‌های خروجی ۳-حالته خروجی ۸ بیتی دیجیتال را فراهم نمایند. هر کدام از پایه‌های $\overline{CS}$ یا $\overline{RD}$ که یک باشند، خروجی‌های D_0 تا D_7 شناور خواهند بود. مبدل ADC0804 با صفر کردن همزمان پایه‌های $\overline{CS}$ و $\overline{RD}$ آغاز به کار می‌کند. این کار رجیستر ۸ بیتی را ریست می‌کند. زمانی که پایه $\overline{WR}$ یک می‌شود فرایند تبدیل آغاز می‌شود. پایه CLK IN (پایه ۴) پایه ورودی کلاک می‌باشد که فرکانس آن می‌تواند بین ۱۰۰ تا ۸۰۰ کیلو هرتز باشد. پایه $\overline{INTR}$ در طی عملیات تبدیل یک باقی می‌ماند و اگر تبدیل به پایان برسد یک گذر از یک به صفر خواهد داشت. ولتاژ ورودی تفاضلی آنالوگ به پایه‌های $V_{in}(+)$ و $V_{in}(-)$ اعمال می‌شود. اگر ورودی single-ended مد نظر باشد پایه $V_{in}(-)$ باید به زمین متصل شود. پایه AGND زمین سیگنال آنالوگ و DGND زمین سیگنال دیجیتال می‌باشد. توجه کنید که ولتاژ مرجع نیمی از ولتاژ V_{cc} و یا برابر با ولتاژی خواهد بود که از بیرون به ورودی $V_{ref}/2$ متصل شده است.

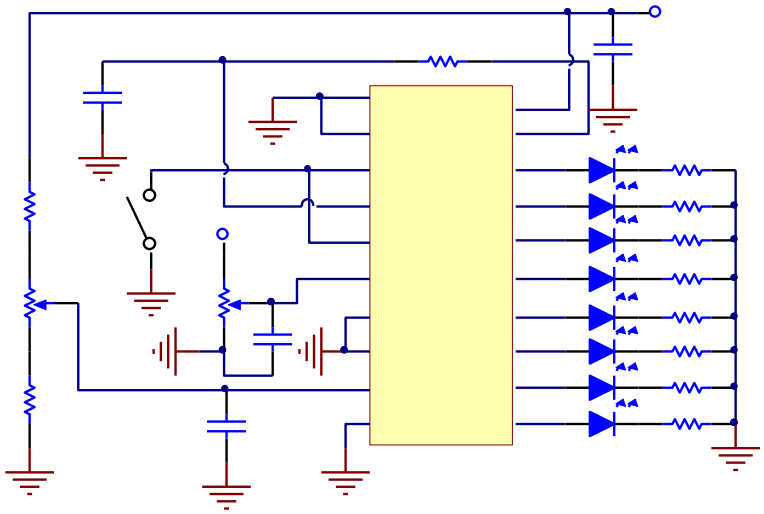
ورودی CLK IN می‌تواند به منبع پالس خارجی و یا به یک شبکه RC خارجی متصل گردد. چنانچه این پایه به یک شبکه RC خارجی متصل گردد فرکانس کلاک آن به صورت زیر خواهد بود:

$$f_{CLK} \approx \frac{1}{1.1RC} \quad \text{(Hz)}$$



Pinout آیسی ADC0804

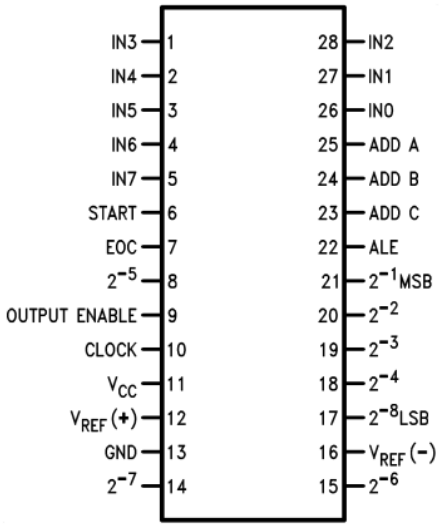
شکل زیر یک مدار مبدل آنالوگ به دیجیتال با استفاده از ADC0804 را نشان می‌دهد. سیگنال ورودی آنالوگ به پایه $V_{in}(+)$ متصل شده است و دامنه آن توسط VR_2 کنترل می‌شود. ورودی دیگر $V_{in}(-)$ به زمین متصل شده است. ولتاژ مرجع $V_{ref}/2$ (پایه ۹) توسط ولتاژ ۵ ولت و تقسیم مقاومتی R_1، R_2 و VR_1 فراهم شده است. ترکیب C_1 و R_3 فرکانس کلاک را تعیین می‌کنند. پایه‌های $\overline{CS}$ و $\overline{RD}$ مستقیماً به زمین متصل شده‌اند تا ADC را فعال نمایند.



مدار مبدل آنالوگ به دیجیتال ADC0804

۸-۲-۳ مبدل آنالوگ به دیجیتال ADC0809

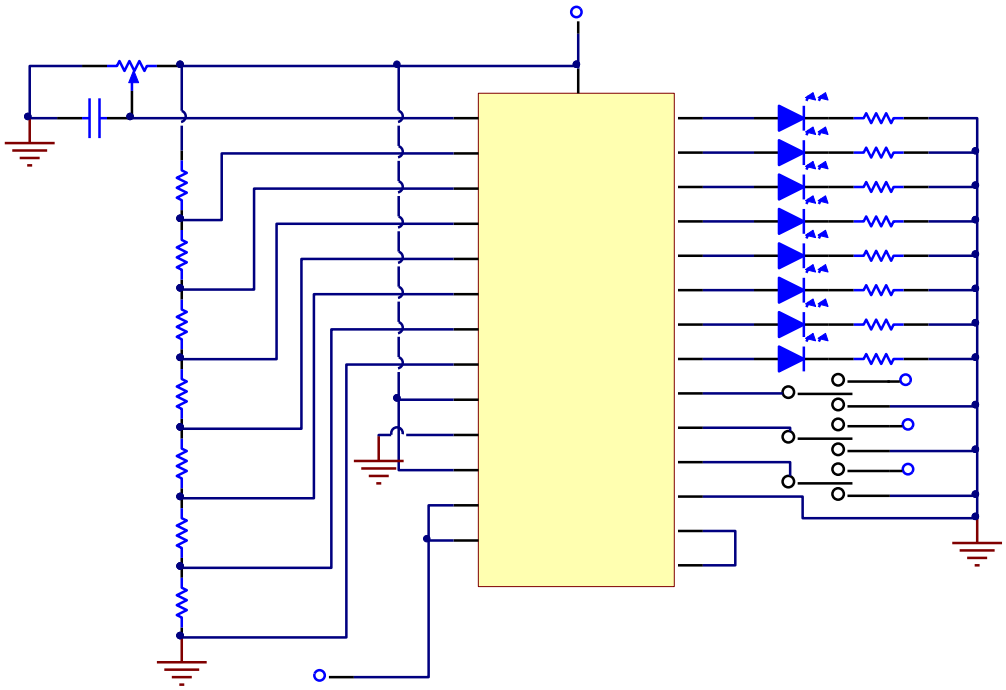
آی سی ADC0809 که دارای بسته‌بندی ۲۸ پایه DIP می‌باشد، یک مبدل آنالوگ به دیجیتال ۸ بیتی با مالتی‌پلکسر ۸ کاناله می‌باشد. آیسی ADC0809 به واسطه داشتن مدار مالتی‌پلکسر ۸ کاناله دارای ۸ کانال ورودی آنالوگ می‌باشد. پایه های آی سی ADC0809 در شکل ۹-۴ نشان داده شده است. پایه‌های ۵، ۴، ۳، ۲، ۱، ۲۸، ۲۷ و ۲۶ ورودی‌های آنالوگ IN_7 تا IN_0 می‌باشد و پایه‌های ۲۱، ۲۰، ۱۹، ۱۸، ۸، ۱۵، ۱۴ و ۱۷ به ترتیب خروجی‌های دیجیتال D_7 تا D_0 می‌باشد. پایه ۱۰ ورودی کلاک می‌باشد. در عمل ورودی تغذیه V_{cc} (پایه ۱۱) و ورودی ولتاژ مرجع $V_{ref}(+)$ (پایه ۱۲) می‌توانند به یکدیگر متصل شوند. توجه کنید که این کار در صورتی که منبع تغذیه دارای پایداری خوبی نباشد می‌تواند منجر به کاهش دقت ADC شود. هر کانال ورودی خاص با استفاده از ورودی‌های دیکدر آدرس ADDA (پایه ۲۵)، ADDB (پایه ۲۴) و ADDC (پایه ۲۳) انتخاب می‌شود. به عنوان مثال وضعیت 000 در ورودی‌های ADDA، ADDB و ADDC ورودی آنالوگ IN_0 را انتخاب می‌کند.



پایه های آی‌سی ADC0809

مبدل ADC0809 برای ارتباط مستقیم با میکروپروسسور یا سیستم طراحی شده است. قابلیت خروجی ۳-حالته در ADC0809 نیاز استفاده از قطعات جانبی را از بین برده است. خطوط کنترل START، EOC (End-of-conversion)، OE (output enable) و ALE (address latch enable) معمولاً به خطوط کنترلی CPU متصل می‌شوند. با استفاده از این خطوط کنترلی، ADC0809 به آسانی با CPU ارتباط برقرار کرده و داده‌ها را به آن‌ها ارسال می‌کند. به محض کامل شدن تبدیل، سیگنال EOC فعال شده و وقفه‌ای را در CPU فعال می‌کند. زمانی که CPU آماده دریافت داده از خروجی‌های دیجیتال می‌شود، سیگنال OE را فعال نموده و داده‌های دیجیتال را خوانده و سپس سیگنال‌های ALE و START را فعال می‌کند. اگر چندین کانال ورودی مورد استفاده قرار گیرد، در سیکل restart ورودی‌های انکدر آدرس نیز باید انتخاب گردند.

یک مدار عملی ADC با استفاده از ADC0809 در شکل زیر آمده است. پایه EOC مستقیماً به پایه START وصل شده است. با این کار پایه EOC برای راه‌اندازی ADC0809 استفاده می‌شود. پالس‌های کلاک به پین‌های ALE و CLK اعمال شده است تا عملیات ADC را کنترل نماید. دامنه ولتاژ آنالوگ ورودی به IN_0 توسط ولوم VR_1 کنترل می‌شود. دیگر ورودی‌ها با شبکه تقسیم ولتاژ (R_1 تا R_7) تعیین می‌شوند. ورودی‌های کانال آنالوگ توسط کلیدهای SW_1، SW_2 و SW_3 انتخاب می‌شوند. وضعیت خروجی‌های دیجیتال توسط LED نشان داده می‌شود.



مدار مبدل آنالوگ به دیجیتال ADC0809

۸-۳ تحلیل و آزمایش

۸-۳-۱ مبدل آنالوگ به دیجیتال ADC0804

۱. منبع تغذیه را روشن نمایید.

۲. با استفاده از مولتی متر دیجیتال مقدار ولتاژ در ورودی $V_{ref}/2$ (پایه ۹) را اندازه‌گیری کرده و ولوم VR_1 را به آرامی تغییر دهید تا ولتاژ اندازه‌گیری شده به 2.5V برسد. این کار محدوده ولتاژ آنالوگ ورودی ADC0804 را بین ۰ تا ۵ ولت قرار می‌دهد.

۳. ورودی آنالوگ (پایه ۶) را اندازه‌گیری کرده و و ولوم VR_2 را به آرامی تغییر دهید تا مقدار ولتاژ برابر صفر ولت گردد.

۴. اتصال J_1 را برقرار نمایید. این کار خروجی‌های دیجیتال را ثابت نگاه می‌دارد. وضعیت LEDها را مشاهده کرده و نتایج را در جدول ۸-۱ ثبت نمایید.

۵. اتصال J_1 را قطع نمایید. خروجی‌های دیجیتال با تغییر ورودی تغییر می‌کنند.

۶. ولوم VR_2 را با دقت بچرخانید تا مقادیر ورودی آنالوگ دیگر که در جدول ۸-۱ آمده، بدست آید. گام‌های ۴ و ۵ را تکرار کرده و نتایج را در جدول ۸-۱ ثبت نمایید.

۸-۳-۲ مبدل آنالوگ به دیجیتال ADC0809

۱. منبع تغذیه را روشن نمایید.

۲. شکل موج مربعی با دامنه 2.5V و فرکانس 120kHz با مقدار آفست 2.5V (high = 5V و low = 0V) را به ورودی پالس (CLK) اعمال نمایید.

۳. کلیدهای SW_3، SW_2 و SW_1 را به زمین وصل نمایید. در این‌صورت سیگنال ورودی به پورت ورودی IN_0 وصل خواهد گردید.

۴. ولوم VR_1 را به دقت تنظیم کرده تا به مقادیر موجود در جدول ۸-۲ دست یابید.

۵. وضعیت LEDها را برای هر کدام از مقادیر آنالوگ مشاهده کرده و در جدول ۸-۲ ثبت نمایید.

۶. مقادیر ولتاژ ورودی در پورت‌های ورودی IN_1 تا IN_7 را محاسبه کرده و در جدول ۸-۲ ثبت نمایید.

۷. مقادیر بیان شده در جدول ۸-۳ را برای کلیدهای SW_3، SW_2 و SW_1 ایجاد نمایید و هر کدام از پورت‌های ورودی (IN_1 تا IN_7) را به عنوان ورودی آنالوگ اختصاص دهید.

۸. وضعیت LEDها را مشاهده کرده و در جدول ۸-۳ ثبت نمایید.

ولتاژ آنالوگ ورودی (V)	خروجی دیجیتال			
	مقدار محاسبه شده		مقدار اندازه‌گیری شده	
	باینری	هگزادسیمال	باینری	هگزادسیمال
0.0				
0.5				
1.0				
1.5				
2.0				
2.5				
3.0				
3.5				
4.0				
4.5				
5.0				

جدول ۸-۱

ولتاژ آنالوگ ورودی (V)	خروجی دیجیتال			
	مقدار محاسبه شده		مقدار اندازه‌گیری شده	
	باینری	هگزادسیمال	باینری	هگزادسیمال
0.0				
0.5				
1.0				
1.5				
2.0				
2.5				
3.0				
3.5				
4.0				
4.5				
5.0				

جدول ۸-۲

خروجی دیجیتال (مقدار اندازه‌گیری شده)		ورودی آنالوگ (مقدار محاسبه شده)		SW1	SW2	SW3
هگزادسیمال	باینری	ولتاژ	پورت ورودی			
			IN_1	+5V	GND	GND
			IN_2	GND	+5V	GND
			IN_3	+5V	+5V	GND
			IN_4	GND	GND	+5V
			IN_5	+5V	GND	+5V
			IN_6	GND	+5V	+5V
			IN_7	+5V	+5V	+5V

جدول ۸-۳

۹ ماژول D/A

۹-۱ هدف

۱. آشنایی با عملکرد مبدل دیجیتال به آنالوگ.

۲. آشنایی با عملکرد DAC0800.

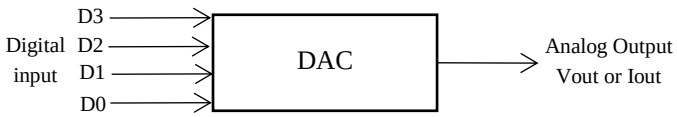
۳. مطالعه نحوه ساختن خروجی‌های unipolar و bipolar با استفاده از DAC0800.

۹-۲ تشریح اصول

مبدل‌های دیجیتال به آنالوگ (DAC یا D/A) در تبدیل سیگنال‌های دیجیتال به آنالوگ به منظور کنترل، نمایش اطلاعات و پردازش‌های آنالوگ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۹-۲-۱ عملکرد مبدل دیجیتال به آنالوگ

به طور خلاصه، D/Aها ادواتی هستند که سیستم‌ها از طریق آن‌ها با دنیای بیرون ارتباط برقرار می‌کنند. یک DAC وضعیت‌های دیجیتال ورودی را به ولتاژ یا جریان خروجی آنالوگ تبدیل می‌کند. شماتیک یک مبدل دیجیتال به آنالوگ ۴ بیتی در شکل زیر نشان داده شده است.



الف. سمبل شماتیکی

D_3	D_2	D_1	D_0	V_{out}	D_3	D_2	D_1	D_0	V_{out}
0	0	0	0	0	1	0	0	0	**8**
0	0	0	1	1	1	0	0	1	**9**
0	0	1	0	2	1	0	1	0	**10**
0	0	1	1	3	1	0	1	1	**11**
0	1	0	0	4	1	1	0	0	**12**
0	1	0	1	5	1	1	0	1	**13**
0	1	1	0	6	1	1	1	0	**14**
0	1	1	1	7	1	1	1	1	**15**

ب. جدول صحت

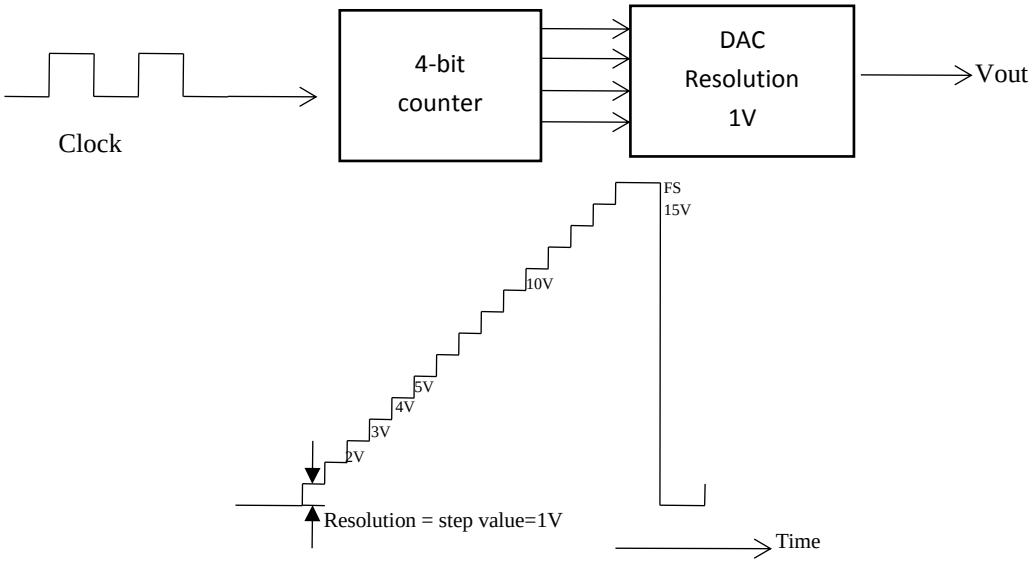
مبدل دیجیتال به آنالوگ ۴ بیتی

شکل ب جدول صحت یک مبدل دیجیتال به آنالوگ ۴ بیتی را نشان می‌دهد. هر رشته باینری ورودی، یک مقدار خروجی آنالوگ را تولید می‌کند. محدوده خروجی مبدل شامل 2^4 یا ۱۶ حالت مختلف می‌باشد.

یک DAC شامل ولتاژ مرجع دقیق، کلیدهای کنترلی دیجیتال، شبکه مقاومتی و یک op-amp می‌باشد. هر یک از مقاومت‌های موجود در شبکه مقاومتی به یک کلید کنترلی دیجیتال متصل شده که این کلید مقاومت را به ولتاژ مرجع V_{ref} متصل می‌کند. طرف دیگر مقاومت به ورودی جمع‌کننده op-amp متصل شده است. ورودی‌های دیجیتال، وضعیت سوییچ‌ها را مشخص می‌کند و op-amp خروجی DAC را به جریان I_{out} یا ولتاژ V_{out} تبدیل می‌کند.

شبکه مقاومتی مهم‌ترین بخش مدار DAC می‌باشد. دو نوع شبکه مقاومتی وجود دارد: شبکه مقاومتی وزن دار (weighted-resistor network) و شبکه مقاومتی نردبانی R-2R.

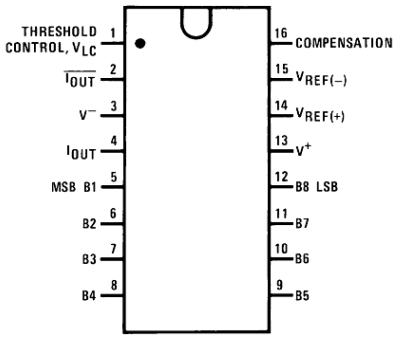
رزولوشن یک DAC به صورت کوچکترین تغییرات خروجی آنالوگ زمانی که ورودی دیجیتال ۱ واحد تغییر می‌کند. رزولوشن معمولاً وزن یک LSB می‌باشد. با توجه به جدول ب ولتاژ خروجی V_{out} به ازای یک واحد تغییر در ورودی دیجیتال 1V تغییر می‌کند. بنابراین رزولوشن این DAC برابر 1V می‌باشد. رزولوشن را مقدار گام یا ارتفاع گام نیز می‌گویند. منحنی یک مبدل دیجیتال به آنالوگ ۴ بیتی با شیب نردبانی (staircase-ramp) در شکل زیر نشان داده شده است. با تغییر ۱ واحدی در ورودی دیجیتال، ولتاژ خروجی به اندازه 1V تغییر می‌کند. تفاوت بین گام‌های خروجی یا همان ارتفاع گام برابر 1V می‌باشد.



شکل مبدل دیجیتال به آنالوگ با شیب نردبانی (staircase-ramp)

۹-۲-۲ مبدل دیجیتال به آنالوگ ADC0800

مبدل DAC 0800 یک مبدل دیجیتال به آنالوگ ۸ بیتی ارزان قیمت شامل ولتاژ مرجع، شبکه مقاومتی نردبانی R-2R و کلیدهای ترانزیستوری می‌باشد. شکل زیر، pinout آیسی DAC0800 را نشان می‌دهد.



شکل pinout آیسی DAC 0800

تغذیه مورد نیاز برای DAC0800 بین V 4.5 $\pm$ تا 18 V $\pm$ می‌باشد. تلفات توان برای تغذیه Vdc 5 $\pm$ برابر با 33mW و settling time آن در حدود 85ns می‌باشد. با توجه به خروجی‌های مکمل جریان I_{out} و $\overline{I_{out}}$ (پایه های ۲ و ۴)، مبدل DAC0800 می‌تواند در خروجی‌های unipolar یا bipolar مورد استفاده قرار گیرد. شکل زیر مدار DAC با خرورجی ولتاژ unipolar با استفاده از DAC0800 و آپ امپ uA741

را نشان می‌دهد. پایه $V_{ref}(-)$ با استفاده از مقاومت R_2 زمین شده است. ولتاژ مرجع +5V از طریق مقاومت R_1 به پایه $V_{ref}(+)$ اعمال شده است. بنابراین جریان مرجع I_{ref} که در R_1 جاری می‌شود به صورت زیر به دست می‌آید:

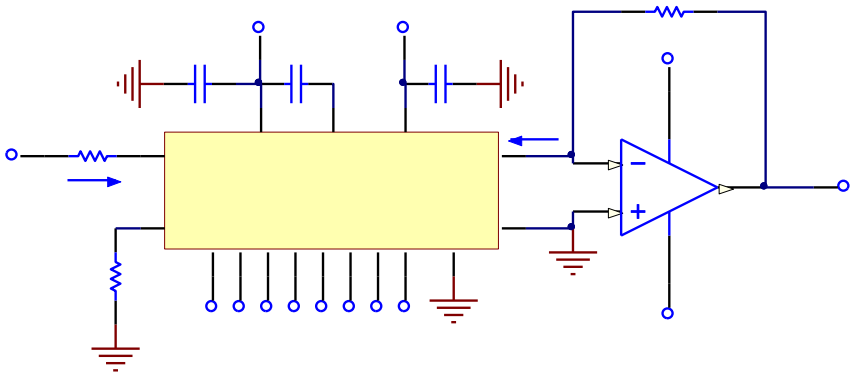
$$I_{ref} = \frac{V_{ref}}{R_1}$$

بنابراین جریان خروجی I_{out} به صورت زیر خواهد بود:

$$I_{out} \approx \frac{V_{ref}}{R_1}\left(\frac{D_7}{2} + \frac{D_6}{4} + \frac{D_5}{8} + \frac{D_4}{16} + \frac{D_3}{32} + \frac{D_2}{64} + \frac{D_1}{128} + \frac{D_0}{256}\right)$$

جریان I_{out} از مبدل به بیرون جاری می‌شود، و سپس توسط uA741 به یک ولتاژ خروجی تبدیل می‌شود. ولتاژ خروجی V_{out} به صورت زیر به دست می‌آید:

$$V_{out} = I_{out}R_3$$



شکل مدار خروجی unipolar با استفاده از DAC0800

مدار DAC با خرورجی ولتاژ bipolar با استفاده DAC0800 در شکل زیر نشان داده شده است. پایه $\overline{I_{out}}$ بر خلاف مدار شکل فوق که به زمین وصل شده بود، به ورودی ناوارونگر آپ امپ uA741 متصل شده است. ولتاژ خروجی uA741 به صورت زیر خواهد بود:

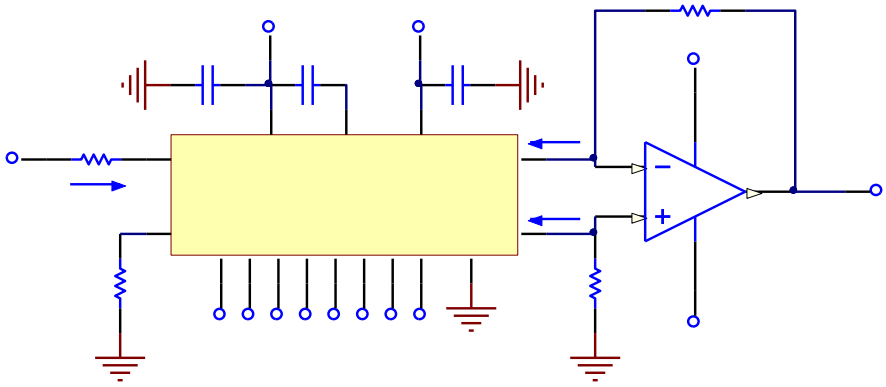
$$V_{out} = (I_{out} - \overline{I_{out}})R_4$$

که I_{out} و $\overline{I_{out}}$ خروجی‌های جریان مکمل می‌باشند. چنانچه جریان FS به صورت $I_{FS} = I_{out} + \overline{I_{out}}$ تعریف گردد خواهیم داشت:

$$\overline{I_{out}} = I_{FS} - I_{out}$$

با جایگذاری رابطه ۱۰-۵ در رابطه ۱۰-۴ خواهیم داشت:

$$V_{out} = 2I_{out}R_4 - I_{FS}R_4$$



شکل مدار خروجی bipolar با استفاده از DAC0800

۹-۳ تحلیل و آزمایش

۹-۳-۱ خروجی ولتاژ unipolar با استفاده از DAC0800

۱. در قسمت مربوط به مبدل دیجیتال به آنالوگ unipolar در ماژول CC101 اتصال J_1 را برقرار کرده تا خروجی I_{out} (پایه ۴) آیسی DAC0800 به ورودی uA741 (پین ۲) متصل شود.

۲. مقدار گام (step value) را محاسبه کرده و در جدول ۹-۱ ثبت نمایید.

۳. کلیدهای ورودی D_0 تا D_7 را در موقعیت صحیح 0000 0000 قرار دهید. (0 = GND , 1 = +5V)

۴. با استفاده از رابطه‌های ۱۰-۲ و ۱۰-۳ مقادیر جریان I_{out} و ولتاژ خروجی V_{out} را محاسبه کرده و در جدول ۹-۱ ثبت نمایید.

۵. اتصال J_1 را قطع نمایید. مقدار I_{out} را با اتصال آمپرمتر بین خروجی DAC0800 و ورودی uA741 اندازه‌گیری کرده و نتیجه را در جدول ۹-۱ ثبت نمایید.

۶. اتصال J_1 را مجدداً وصل نموده و با استفاده از ولتمتر ولتاژ خروجی uA741 را در خروجی (O/P) اندازه‌گیری نمایید. نتایج را در جدول ۹-۱ ثبت نمایید.

۷. مقادیر دیجیتال بیان شده در جدول ۹-۱ را با استفاده از کلیدهای D_7 تا D_0 ایجاد کرده و گام‌های ۵ و ۶ را به ترتیب تکرار نمایید. نتایج را در جدول ۹-۱ ثبت نمایید.

۹-۳-۲ خروجی ولتاژ bipolar با استفاده از DAC0800

۱. در قسمت مربوط به مبدل دیجیتال به آنالوگ bipolar در ماژول CC101 اتصال J_1 و J_2 را برقرار نمایید.

۲. مقدار گام (step value) را محاسبه کرده و در جدول ۹-۲ ثبت نمایید.

۳. کلیدهای ورودی D_0 تا D_7 را در موقعیت صحیح 0000 0000 قرار دهید. (0 = GND, 1 = +5V)

۴. با استفاده از رابطه‌های زیر مقدار ولتاژ خروجی V_{out} را محاسبه کرده و در جدول ۹-۲ ثبت نمایید.

$$I_{out} \approx \frac{V_{ref}}{R_1}\left(\frac{D_7}{2}+\frac{D_6}{4}+\frac{D_5}{8}+\frac{D_4}{16}+\frac{D_3}{32}+\frac{D_2}{64}+\frac{D_1}{128}+\frac{D_0}{256}\right)$$

$$V_{out} = 2I_{out}R_4 - I_{FS}R_4$$

۵. با استفاده از ولتمتر ولتاژ خروجی V_{out} را اندازه‌گیری نمایید. نتایج را در جدول ۹-۲ ثبت نمایید.

۶. اتصال J_1 را قطع نمایید. مقدار جریان خروجی I_{out} را با استفاده از آمپرمتر اندازه‌گیری کرده و نتیجه را در جدول ۹-۲ ثبت نمایید.

۷. اتصال J_2 را قطع کرده و اتصال J_1 را برقرار نمایید. جریان خروجی $\overline{I_{out}}$ را با استفاده از آمپرمتر اندازه‌گیری کرده و نتایج را در جدول ۹-۲ ثبت نمایید.

۸. مقدار $I_{out} + \overline{I_{out}}$ را محاسبه کرده و در ۹-۲ ثبت نمایید.

۹. مقادیر دیجیتال بیان شده در جدول ۹-۲ را با استفاده از کلیدهای D_7 تا D_0 ایجاد کرده و گام‌های ۵ تا ۸ را به ترتیب تکرار نمایید. نتایج را در جدول ۹-۲ ثبت نمایید.

مقدار گام = ولتاژ بر حسب V و جریان بر حسب mA

ورودی دیجیتال	خروجی آنالوگ			
	I_{out}		V_{out}	
$D_7\ D_6\ D_5\ D_4\ D_3\ D_2\ D_1\ D_0$	اندازه‌گیری شده	محاسبه شده	اندازه‌گیری شده	محاسبه شده
0 0 0 0 0 0 0 0				
0 0 0 0 0 0 0 1				
0 0 0 0 0 0 1 0				
0 0 0 0 0 1 0 0				
0 0 0 0 1 0 0 0				
0 0 0 1 0 0 0 0				
0 0 1 0 0 0 0 0				
0 1 0 0 0 0 0 0				
1 0 0 0 0 0 0 0				
1 1 1 1 1 1 1 1				

جدول ۹-۱

مقدار گام = ولتاژ بر حسب V و جریان بر حسب mA

ورودی دیجیتال	خروجی آنالوگ				
	اندازه‌گیری شده				محاسبه شده
$D_7\ D_6\ D_5\ D_4\ D_3\ D_2\ D_1\ D_0$	$\overline{I_{out}} + I_{out}$	$\overline{I_{out}}$	I_{out}	V_{out}	V_{out}
0 0 0 0 0 0 0 0					
0 0 0 0 0 0 1 0					
0 0 0 0 1 0 0 0					
0 0 1 0 0 0 0 0					
0 1 1 1 1 1 1 1					
1 0 0 0 0 0 0 0					

					1 0 0 0 0 0 1 0
					1 0 0 0 1 0 0 0
					1 0 1 0 0 0 0 0
					1 1 0 0 0 0 0 0
					1 1 1 1 1 1 1 1

جدول ۹-۲