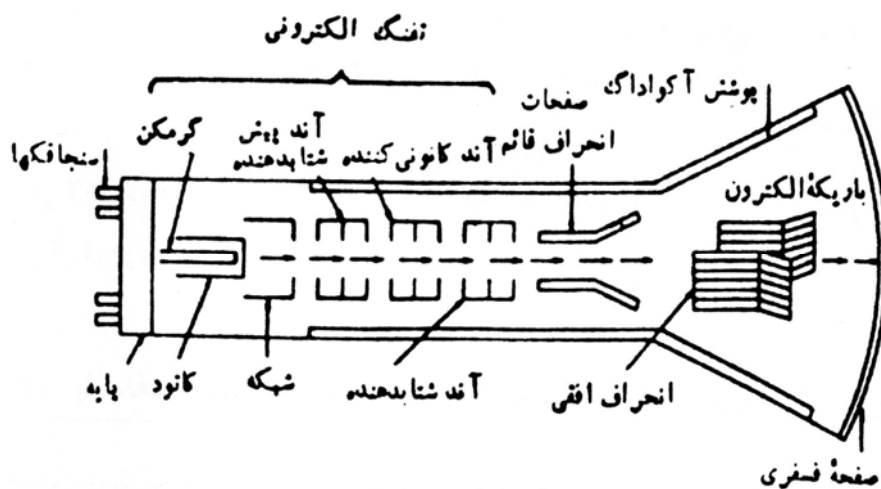


آشنایی با اسیلوسکوپ (Oscilloscope)

مقدمه: یکی از مهمترین ابزارهای اندازه گیری در آزمایشگاه اسیلوسکوپ میباشد. اسیلوسکوپ این امکان را فراهم میکند که علاوه بر نمایش شکل امواج الکتریکی ویژگیهای این امواج نظیر دامنه و فرکانس را نیز اندازه گرفت. قسمت اصلی یک اسیلوسکوپ لامپ اشعه کاتدی می باشد. در لامپ اشعه کاتدی (Cathode Ray Tube (CRT) شعاع باریکی از الکترون به صفحه فسفری اصابت کرده و باعث ایجاد یک نقطه نورانی میشود. با انحراف اشعه در دو جهت و جابجایی نقطه نورانی می توان یک شکل دو بعدی را مشاهده کرد. عملاً انحراف اشعه در جهت افقی متناسب با زمان و در جهت عمودی متناسب با کمیت مورد اندازه گیری مثل ولتاژ است. بنابر این می توان تغییرات ولتاژ ورودی با زمان را مشاهده نمود. شکل 1 برش عرضی در یک لامپ اشعه کاتدی ساده را که در اسیلوسکوپهای فرکانس پایین استفاده می شود نشان می دهد.

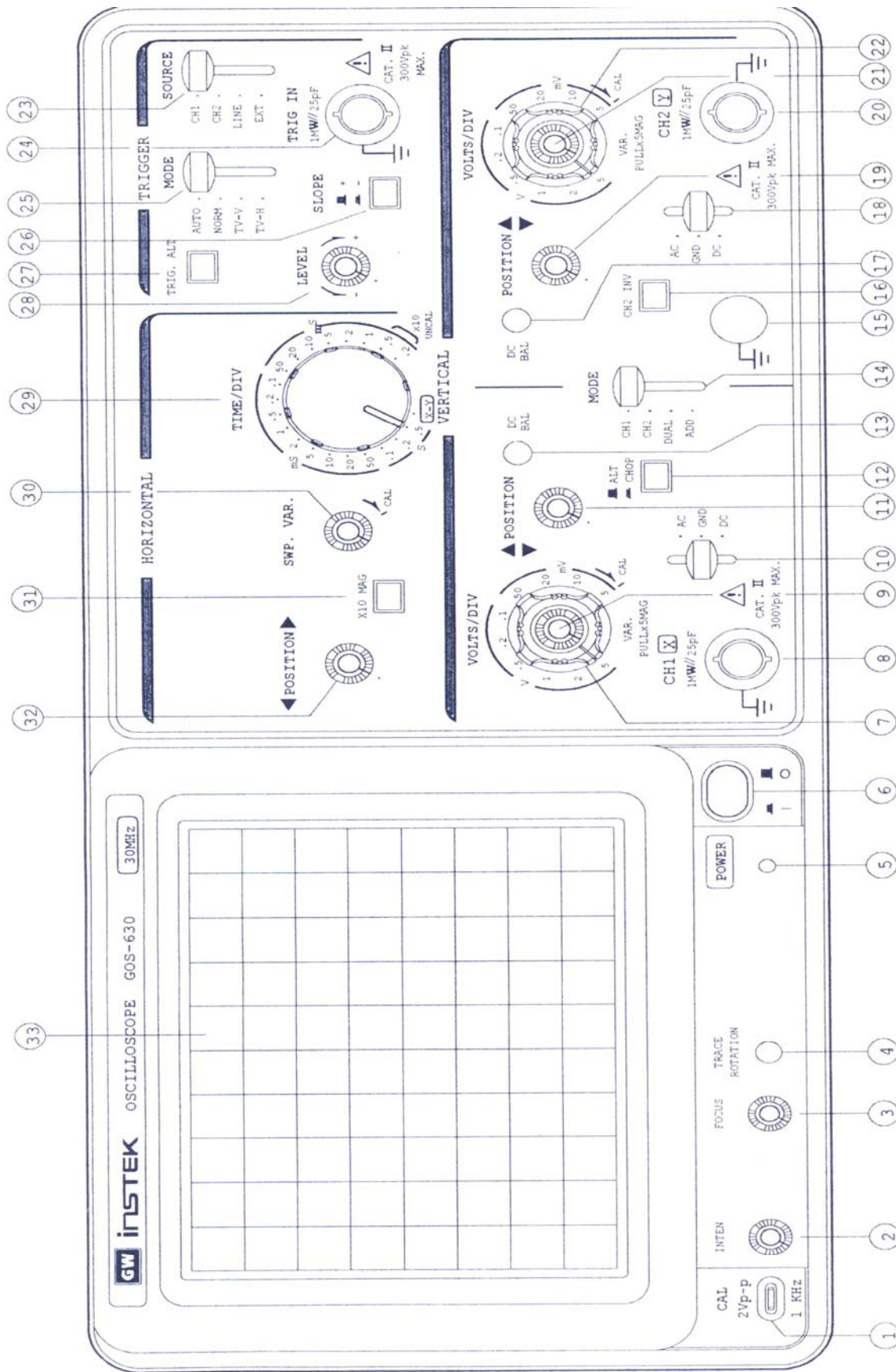


شکل 1

در داخل لامپ اشعه کاتدی، تفنگ الکترونی و سیستم کانونی کردن اشعه قرار دارد. این قسمت شعاع الکترونی را ایجاد نموده و پس از کانونی کردن آن، به الکترونها شتاب داده و آنها را با سرعتی حدود 10^7 m/s به سمتی صفحه فلورسنت مقابل پرتاب می کند. الکترونها پس از برخورد با صفحه، انرژی خود را از دست داده و ایجاد یک نقطه نورانی روی صفحه می نمایند. از طریق پتانسیومتر تنظیم روشنایی که در قسمت جلوی دستگاه قرار دارد، می توان میزان عبور الکترونها را تغییر داد.

قسمتهای مختلف پانل اسیلسکوپ:

شکل 2 پانل جلوی اسیلوسکوپ را نشان می دهد. قسمتهایی از این پانل که بیشتر کاربرد دارد در زیر توضیح داده شده است



شکل 2

1- یک سیگنال مربعی با فرکانس 1kHz و $V_{p-p} = 2V$ تولید می کند که از آن برای کالیبره کردن اسیلوسکوپ استفاده می شود.

2-INTEN: میزان روشنایی موج را تنظیم می کند.

3-FOCUS: برای تنظیم وضوح موج روی صفحه بکار می رود.

4-TRACE ROTATION: با چرخش موج رسم شده در امتداد محور افقی می توان آنرا بر محور مدرج اسیلوسکوپ منطبق کرد.

5-POWER: برای روشن و خاموش کردن اسیلوسکوپ بکار می رود.

8- ورودی کانال 1 CH1(X) در حالتی که اسیلوسکوپ در حالت X-Y قرار دارد این کانال به عنوان X در نظر گرفته می شود.

20- ورودی کانال 2 CH2(Y) در حالتی که اسیلوسکوپ در حالت X-Y قرار دارد این کانال به عنوان Y در نظر گرفته می شود.

10 و 18-AC-GND-DC: انتخاب کننده ولتاژ ورودی: در حالت DC سیگنال ورودی مستقیماً به آمپلی فایر متصل می شود ولی در حالت AC

یک خازن بطور سری در سر راه ورودی قرار می گیرد و از عبور ولتاژ DC همراه با سیگنال ورودی جلوگیری می نماید. در حالت GND ورودی

آمپلی فایر به زمین اتصال کوتاه می شود و سطح صفر را می دهد.

7 و 22-VOLTS/DIV: رزولوشن محور عمودی را از 5mV/DIV تا $5V/DIV$ تغییر می دهد

9 و 21- برای تنظیم دقیق رزولوشن محور عمودی بکار می رود.

11 و 19-POSITION: برای جابجا کردن موج در راستای عمودی

14- VERT MODE :

CH1: با قرار دادن دکمه 14 در این حالت، تنها ورودی مربوط به کانال 1 (CH1) قابل مشاهده خواهد بود.

CH2: با قرار دادن دکمه 14 در این حالت، تنها ورودی مربوط به کانال 2 (CH2) قابل مشاهده خواهد بود.

DUAL: با قرار دادن دکمه 14 در این حالت، ورودیهای مربوط به کانالهای 1 و 2 (CH2&CH1) قابل مشاهده خواهند بود.

ADD: با قرار دادن دکمه 14 در این حالت، جمع جبری ورودیهای مربوط به کانالهای 1 و 2 (CH2+CH1) قابل مشاهده خواهد بود. اگر دکمه

16 (CH2 INV) فشرده شده باشد، ورودی مربوط به کانال 2 معکوس شده و در حالتی که دکمه 14 در حالت ADD باشد، تفاضل جبری

ورودیهای دو کانال (CH1-CH2) را خواهیم داشت.

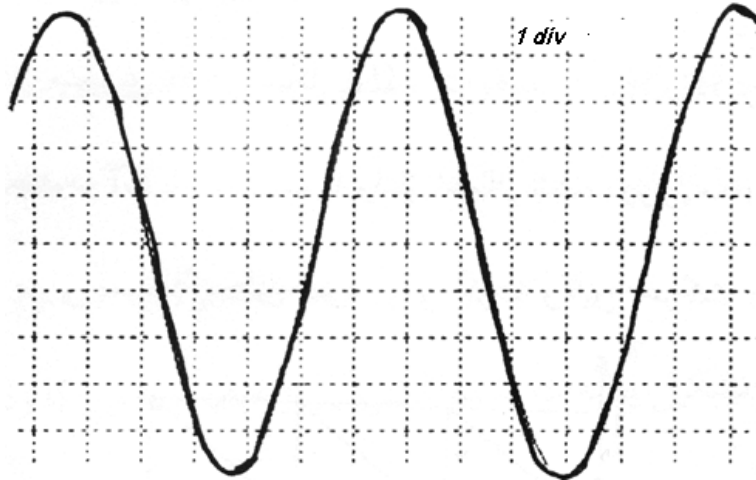
16- CH2 INV: عمل معکوس کردن ورودی کانال 2 را انجام می دهد. (به عنوان مثال +5 به -5 تغییر می یابد)

TIME BASE

29- TIME /DIV: رزولوشن محور افقی را از $0.2\mu\text{S} / \text{DIV}$ تا $0.5\text{S} / \text{DIV}$ تغییر می دهد.

روش اندازه گیری با اسیلوسکوپ :

فرض کنید که یک سیگنال سینوسی مطابق شکل 3 به یکی از ورودیهای اسیلوسکوپ داده می شود . هدف خواندن دامنه (V_m) و فرکانس موج (f) می باشد .



شکل 3

برای اندازه گیری V_m ، تعداد تقسیماتی (division, div.) که دامنه موج را در بر می گیرد در عددی که در مقابل سلکتور $Volt/div$ قرار دارد، ضرب می شود. بطور مشابه برای اندازه گیری زمان تناوب T ، تعداد تقسیماتی که یک دوره تناوب را در جهت محور X ها در بر می گیرد در عددیکه در مقابل Tim/div قرار دارد، ضرب کنید. برای حالت نشان داده شده در شکل (3) ، چنانچه سلکتور $Volt/div$ بر روی 10V و سلکتور Tim/div بر روی 1ms قرار داشته باشد، در این صورت اندازه دامنه و زمان تناوب برابر خواهد بود با:

$$V_m = 5div. \times 10^{volt/div.} = 50volt$$

$$T = 6div. \times 1^{ms/div.} = 6ms \Rightarrow f = \frac{1}{T} \approx 167Hz$$

تذکر: بطوریکه در اندازه گیری ولتاژ دیده شد، اسیلوسکوپ فقط قادر به اندازه گیری دامنه ولتاژ یعنی V_{max} (و یا دامنه V_{p-p}) خواهد بود . لذا

برای اندازه گیری مقدار موثر دامنه بایستی از فرمول زیر استفاده نمود:

$$V_{rms} = V_e = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V^2(t) dt} = \sqrt{\int_0^T V_m^2 \sin^2 \omega t dt} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

الف - دو موج هم فاز باشند ($\varphi = 0$):

$$\begin{cases} x = x_0 \sin \omega t \\ y = y_0 \sin \omega t \end{cases} \Rightarrow y = \frac{y_0}{x_0} x$$

$$-x_0 \leq x \leq x_0, \quad -y_0 \leq y \leq y_0$$

ب - دو موج دارای اختلاف فاز برابر با $\frac{\pi}{2}$ هستند ($\varphi = \frac{\pi}{2}$):

$$\begin{cases} x = x_0 \sin \omega t \\ y = y_0 \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) = y_0 \cos \omega t \end{cases} \Rightarrow \left(\frac{x}{x_0}\right)^2 + \left(\frac{y}{y_0}\right)^2 = 1$$

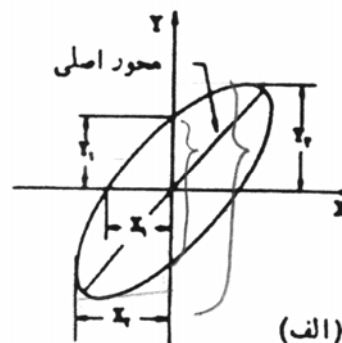
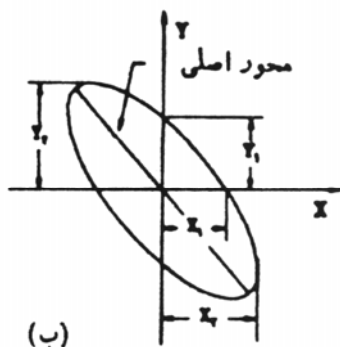
که نشان دهنده یک بیضی است که اقطار آن در امتداد محورهای X و Y می باشد. در همین حالت اگر دامنه دو موج با هم برابر باشند ($x_0 = y_0 =$

a) در این صورت تصویر حاصله یک دایره به شعاع a خواهد بود.

ج- دو موج دارای اختلاف فاز π باشند ($\varphi = \pi$):

$$\begin{cases} x = x_0 \sin \omega t \\ y = y_0 \sin(\omega t + \pi) = -y_0 \sin \omega t \end{cases} \Rightarrow y = -\frac{y_0}{x_0} x$$

که مبین یک پاره خط در ربع دوم و چهارم است. در شکل 4 حالت کلی تصاویر به نمایش گذاشته شده است.



شکل 4

اندازه گیری اختلاف فاز :

اکنون فرض کنید که دو موج دارای فرکانس برابر و اختلاف فاز آنها بین صفر تا $\frac{\pi}{2}$ باشد، همانطور که گفته شد تصویر حاصل از ترکیب دو موج یک بیضی خواهد بود. این بیضی هنگامی محور را قطع می کند که :

$$x = x_0 \sin \omega t = 0 \Rightarrow \omega t = k\pi$$

$$y = y_0 \sin(\omega t + \varphi) \Rightarrow y = y_0 \sin(k\pi + \varphi) = \pm y_0 \sin \varphi$$

به این ترتیب:

$$y_{x=0} = y_0 \sin \varphi \Rightarrow \varphi = \text{Arc sin}\left(\frac{y_{x=0}}{y_0}\right)$$

اگر $2y_{x=0} = a$ و $2y_0 = b$ باشد، اختلاف فاز برابر است با :

$$\varphi = \text{Arc sin}\left(\frac{a}{b}\right)$$

در حالت لیسائو ، نقطه نورانی بایستی در مبدا و وسط صفحه تنظیم شود.

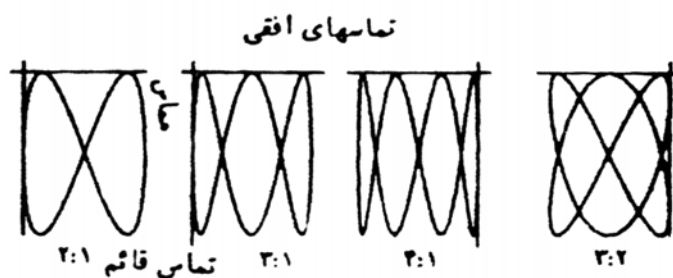
اندازه گیری فرکانس موج مجهول :

اگر $x = x_0 \sin 2\pi f_x t$ و $y = y_0 \sin 2\pi f_y t$ باشد، چنانچه موج X را به ورودی X و موج Y را به ورودی Y اسیلوسکوپ بدهیم ، تصاویری حاصل می شود که در جهت محورهای مختصات دارای ماکزیمم ها خواهد بود.

همواره نسبت f_x به f_y برابر با نسبت تعداد نقاط ماکزیمم در امتداد محور افقی (N_H) به تعداد نقاط ماکزیمم در جهت محور قائم (N_V) می باشد.

$$\frac{f_y}{f_x} = \frac{N_H}{N_V}$$

مثال : فرض که تصویر لیسائو در شکلهای زیر از دو موج ولتاژ X, Y با فرکانسهای برابر f_x و f_y ، در اسیلوسکوپ حاصل گردیده است. با توجه به فرمول فوق فرکانس f_y بر حسب f_x در زیر شکلها نوشته شده است.



شکل 5

تولید کننده موج یا سیگنال ژنراتور:

این دستگاه موج با شکل‌های سینوسی، مربعی و... تولید می‌کند. شکل 6 پانل جلوی دستگاه را نشان می‌دهد. قسمتهایی از این پانل که بیشتر کاربرد دارد در زیر توضیح داده شده است.

1-POWER: برای روشن و خاموش کردن دستگاه

2- نمایشگر فرکانس سیگنال تولید شده

3-فرکانس سیگنال خروجی را تنظیم می‌کند

4-محدوده تغییرات فرکانس خروجی را مشخص می‌کند. در واقع فرکانس حاصلضرب عدد روی ورنیه 3 در عدد تنظیم شده در سلکتور 4 است.

5-نوع سیگنال خروجی را تعیین می‌کند.

6-دامنه سیگنال خروجی را تغییر می‌دهد.

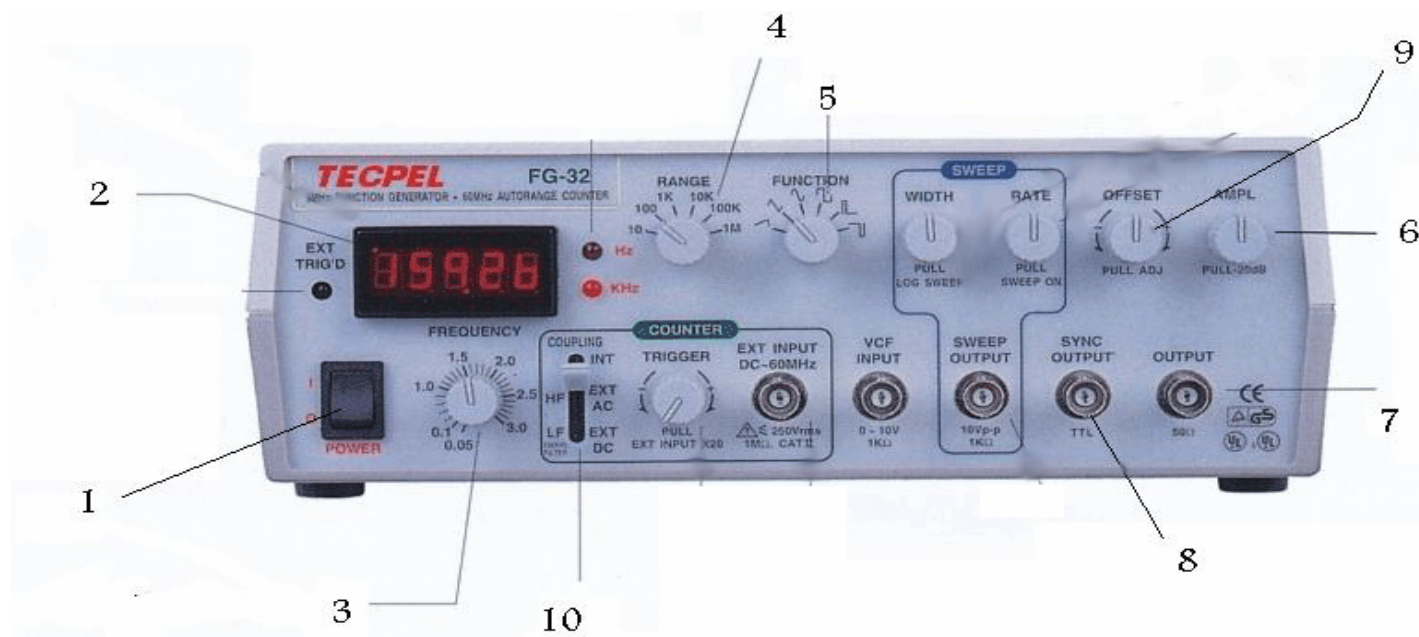
7- محل اتصال سوکت خروجی دستگاه

8-یک سیگنال مربعی با سطح ولتاژ TTL (0-5V) با فرکانس تنظیم شده دستگاه تولید می‌کند.

9-برای اضافه کردن ولتاژ DC در خروجی استفاده می‌شود.

10-منبع ولتاژی که فرکانس آن باید در (2) نمایش داده شود را مشخص می‌کند که وقتی از دستگاه به عنوان مولد سیگنال استفاده می‌شود در

حالت INT خواهد بود.



شکل 6

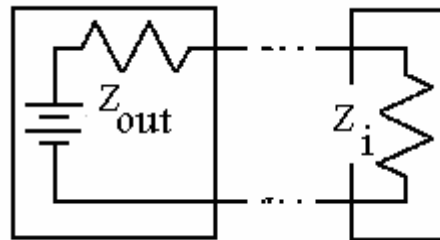
آزمایش 1- اندازه گیری با اسیلوسکوپ

1-1- اندازه گیری دامنه و زمان تناوب یک موج سینوسی :

الف- بوسیله نوسان ساز، یک موج سینوسی با فرکانس 500 Hz و ولتاژ موثر 0.5 V ایجاد کنید (ولتاژ موثر را با ولتمتر اندازه گیری و مطمئن شوید که 0.5 V است). خروجی نوسان ساز را به ورودی کانال 1 اسیلوسکوپ متصل نمایید ، و با تنظیم نوسان نگار، موج سینوسی را در وضعیت ثابت و مناسبی بر روی صفحه تنظیم نمایید. حال از روی این موج، مقدار دامنه ولتاژ (و در نتیجه مقدار موثر)، و زمان تناوب (و در نتیجه فرکانس) این موج را اندازه بگیرید و آن را با مقادیری که ولتمتر و نوسان ساز نشان میدهد مقایسه کنید. آزمایش فوق را برای فرکانسهای داده شده در جدول زیر تکرار نمایید.

f (KHz)	V _{rms} اندازه گیری شده با ولتمتر	V _p اندازه گیری شده با نوسان نگار	V _{rms} محاسبه شده	T اندازه گیری شده با نوسان نگار	F محاسبه شده
1	1				
2	1/5				
3	2/8				
4	3/5				

در مدارهای الکترونیکی غالباً خروجی یک وسیله به ورودی وسیله دیگر اعمال می شود. منبع سیگنال می تواند خروجی یک تقویت کننده (با امپدانس تونن Z_{out}) باشد. بار یا قسمت ورودی بعدی (با امپدانس ورودی Z_{in}) می تواند بر روی قسمت قبل اثر بارگذاری داشته باشد و سیگنال تضعیف شود. برای کاهش اثر بارگذاری بهتر است همیشه: $Z_{out} \ll Z_{in}$ (10 برابر، ضریب خوبی است). شکل 7



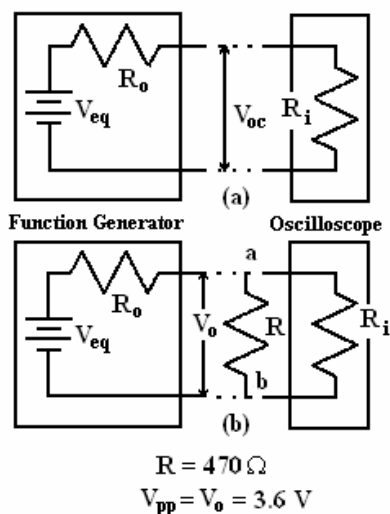
شکل 7

در بعضی موارد ارضای شرط فوق لزومی ندارد، مخصوصاً اگر بار یا Z_{in} مقدار معلوم و ثابتی داشته باشد. ولی همیشه بهتر است که سطح سیگنال با اتصال بار تغییر نکند. اگر Z_{in} با تغییر سطح ولتاژ تغییر کند، برقراری شرط $Z_{out} \ll Z_{in}$ خطی بودن مدار را تضمین می کند. سرانجام این که در دو مورد برقراری شرط $Z_{out} \ll Z_{in}$ کاملاً اشتباه است. در فرکانسهای رادیویی معمولاً امپدانس مدارها را با هم منطبق می کنند. ($Z_{out} = Z_{in}$) مورد دیگر وقتی است که سیگنال منتقل شده بین دو طبقه، سیگنال جریان باشد نه سیگنال ولتاژ. در این مورد وضعیت برعکس است و باید $Z_{in} \gg Z_{out}$ شود (در مورد منبع جریان $Z_{out} = \infty$)

آزمایش 2

2-1- اندازه گیری امپدانس خروجی R_o

یک موج سینوسی با $f = 1\text{KHz}$ و $V_{pp} = 3.6\text{ V}$ بوسیله نوسان ساز (function generator) تولید کنید. امپدانس خروجی R_o به طریق زیر تعیین می شود:



شکل 8

الف- ولتاژ Peak to Peak مدار باز (V_{oc}) نشان داده شده در شکل 8 را بوسیله اسیلوسکوپ اندازه بگیرید. اگر $R_i \gg R_o$ باشد $V_o \approx V_{eq}$.

ب- یک مقاومت ($100 < R < 600 \, \Omega$) در مسیر a-b در شکل 8 اضافه نمایید. R_o , تشکیل یک مقسم ولتاژ را می دهند بنابراین:

$$V_o/V_{eq} = V_o/V_{oc} = R/(R+R_o) \rightarrow R_o = R (V_{oc} - V_o)/V_o$$

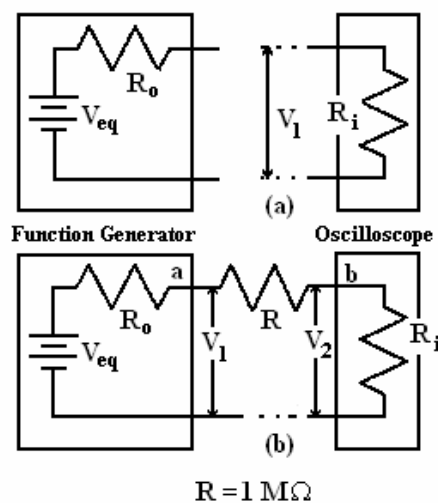
2-2- اندازه گیری امپدانس ورودی R_i

برای اندازه گیری مقاومت داخلی R_i مراحل زیر انجام می شود:

الف- ابتدا ولتاژ V_1 در شکل 9 را بوسیله اسیلوسکوپ اندازه بگیرید.

ب- مقاومت ($R \approx 1 \, M\Omega$) را روی مسیر a-b در شکل 9 اضافه نمایید R_i , تشکیل یک مقسم ولتاژ می دهند:

$$V_2/V_1 = R_i/(R+R_i) \rightarrow R_i = R \cdot V_2 / (V_1 - V_2)$$



شکل 9

سوالات:

1- در ورودی نوسان نگارها، معمولاً اندازه یک مقاومت و یک خازن قید می شود، منظور از این اعداد چیست؟ و چرا اندازه مقاومت معمولاً حدود $M\Omega$ است.

2- در خروجی نوسان سازها، معمولاً اندازه مقاومتی ذکر می شود، منظور از آن چیست؟ کم یا زیاد بودن این مقاومت چه مزیت و یا معایبی می تواند داشته باشد؟