

## گزارش کار مربوط به جلسه‌ی نهم آزمایشگاه مدارهای الکتریکی

تهیه و تنظیم:

مبین خیری [994421017]

عطا میرزالی [984421037]

مهدی بیک باباپور [984421007]

استاد راهنما: جناب آقای ابوبکر محمدیان

### فانکشن ژنراتور چیست؟

«فانکشن ژنراتور» (Function Generator) یکی از مهمترین و پرکاربردترین تجهیزات آزمایشگاه‌های الکترونیک است. در طراحی و عیب‌یابی الکترونیک، برای شبیه‌سازی عملکرد طبیعی مدار مورد بررسی، اغلب به یک سیگنال قابل کنترل نیاز داریم. علاوه بر این، برای آزمایش سیستم‌های فیزیکی و ترنسدیوسرها سیگنال‌های پایدار و قابل اطمینانی لازم است. سطح سیگنال مورد نیاز از میکروولت تا ده‌ها ولت یا بیشتر متغیر است. همه این سیگنال‌ها توسط فانکشن ژنراتور تولید می‌شوند. در بخش نخست این گزارش کار، با فانکشن ژنراتور آشنا می‌شویم.

### فانکشن ژنراتور و کاربردهای آن

فانکشن ژنراتورهای مدرن «سنتر دیجیتالی مستقیم» (Direct Digital Synthesis) یا DDS قادر به ارائه طیف گسترده‌ای از سیگنال‌ها هستند. این فانکشن ژنراتورها می‌توانند خروجی سینوسی، مربعی و مثلثی با فرکانس کمتر از 1 هرتز تا حداقل 1 مگاهرتز با دامنه متغیر و آفست DC قابل تنظیم را تولید کنند. بسیاری از فانکشن ژنراتورها دارای قابلیت‌های اضافه‌ای مانند قابلیت ارائه فرکانس بالاتر، تقارن متغیر، «جاروب فرکانس» (Frequency Sweep)، مدولاسیون AM و FM و... هستند. مدل‌های پیشرفته‌تر، انواع شکل موج‌های اضافی را ارائه می‌دهند و فانکشن ژنراتورهای شکل موج دلخواه می‌توانند شکل موج‌های دوره‌ای (متناوب) تعریف شده کاربر را مهیا کنند.

در مواردی که به سیگنال‌های محرک پایدار و تکرارپذیر نیاز است، از فانکشن ژنراتورها استفاده می‌شود. در اینجا برخی از موارد استفاده عمومی و کاربران فانکشن ژنراتور ذکر شده است:

- تحقیق و توسعه

- مؤسسات آموزشی

- مشاغل تعمیر تجهیزات الکترونیکی و الکتریکی
- آزمایش تحریک/پاسخ، توصیف پاسخ فرکانسی و تزریق سیگنال در مدار
- علاقه‌مندان به الکترونیک

برای استفاده از یک فانکشن ژنراتور به بهترین وجه و داشتن بالاترین بازدهی، کاربر باید از دکمه‌ها، ویژگی‌ها و مدها یا حالت‌های عملکرد آن درک اساسی داشته باشد. این آموزش برای کسانی که دانش کمی در مورد فانکشن ژنراتورها دارند و همچنین تکنسین‌ها یا مهندسان باتجربه‌ای که می‌خواهند دانسته‌های خود را مرور کنند، مفید است.

## انواع فانکشن ژنراتور

فانکشن ژنراتورهای مختلفی در بازار وجود دارند که دامنه هزینه آن از چند ده دلار تا ده هزار دلار است. برخی از آن‌ها ابزارهای اختصاصی هستند، برخی از آن‌ها جعبه‌های سیاه با رابط‌های USB و ترمینال خروجی‌اند، برخی دیگر به کامپیوتر یا باس‌های ابزار دقیق متصل می‌شوند و برخی دیگر برنامه‌های نرم‌افزاری هستند که برای تولید شکل موج بر روی رایانه روی پورت موازی یا از طریق کارت صدا اجرا می‌شوند. همچنین کیت‌های ارزان نیز جهت بهره‌گیری از قابلیت‌های فانکشن ژنراتور برای علاقه‌مندان وجود دارد.

فانکشن ژنراتورهای فقط نرم‌افزاری کمترین هزینه را دارند و می‌توانند برای دانشجویان و علاقه‌مندان با بودجه کمتر جذاب باشند. آن‌ها همچنین از نظر فرکانس محدودترین انواع فانکشن ژنراتورها هستند و اغلب فقط در محدوده صوتی قرار می‌گیرند.

فانکشن ژنراتورهایی که به صورت جعبه سیاه هستند، از نظر هزینه در رده‌های بعدی قرار دارند و از مزیت قابلیت حمل و مصرف توان پایین برخوردار هستند. هدف آن‌ها اغلب کار با رایانه‌های قابل حمل یا همان لپ‌تاپ‌ها است.

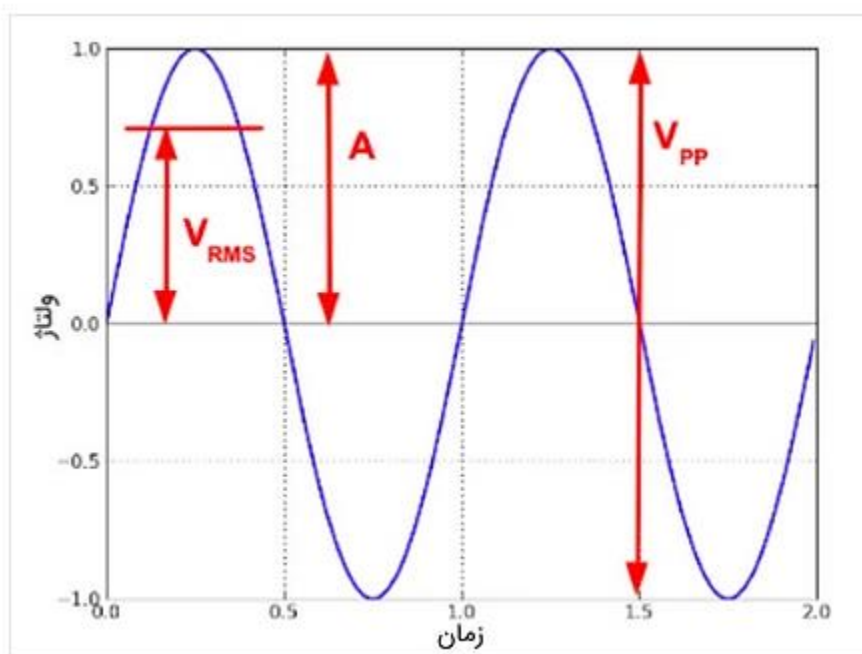
ژنراتورهایی که به باس‌های مختلف متصل می‌شوند (به عنوان مثال VXI، PC و...) در مواردی که فضای بالایی وجود داشته باشد مناسب هستند و معمولاً برای یک سیستم اندازه‌گیری سفارشی به کار می‌روند.

ژنراتورهای اختصاصی رومیزی benchtop در کنار دکمه‌ها و نمایشگرهای خود ارائه می‌شوند. این ابزارهای گران اختصاصی قابلیت‌هایی را به فانکشن ژنراتور اضافه می‌کنند و معمولاً شامل یک یا چند نوع اتصال رابط هستند که امکان کنترل توسط رایانه را دارند.

در ادامه، دکمه‌ها و به عبارتی کنترل‌های یک فانکشن ژنراتور معمولی را توضیح خواهیم داد. در مرحله بعدی، نحوه عملکرد یک فانکشن ژنراتور DDS را بررسی می‌کنیم.

## انواع شکل موج در فانکشن ژنراتور

دو شکل موج متداول که توسط ژنراتور فانکشن تولید می‌شوند، امواج سینوسی و مربعی هستند. نمودار موج سینوسی در شکل زیر نشان داده شده است.



رابطه ریاضی این شکل موج به صورت زیر است:

$$V(t) = A \sin(2\pi ft + \phi)$$

که در آن،  $A$  دامه برحسب ولت،  $t$  زمان برحسب ثانیه (محور افقی)،  $V$  محور عمودی برحسب ولت، و  $f$  فرکانس موج سینوسی برحسب هرتز (Hz) است.  $\phi$  نیز فاز شکل موج سینوسی است که در شکل بالا برابر با صفر است.

دو معیار دیگر دامنه موج سینوسی اغلب استفاده می‌شود: ولتاژ RMS و ولتاژ پیک به پیک. از مقدار RMS (جذر متوسط مربع) برای اندازه‌گیری توانایی گرمایش یک شکل موج استفاده می‌شود. مقدار ولتاژ RMS یک شکل موج متناوب، مقدار یک ولتاژ DC است که همان توان مؤثر (یا توانایی گرمایش) را همانند شکل موج متناوب، به یک بار تحویل می‌دهد. برای یک موج سینوسی، اندازه RMS به صورت VRMS در شکل نشان داده شده است. رابطه اندازه ولتاژ RMS با دامنه موج سینوسی به صورت زیر است:

$$V_{RMS} = \frac{A}{\sqrt{2}}$$

توجه به این نکته مهم است که فرمول مقدار RMS برای انواع دیگر شکل موج یکسان نیست. این رابطه فقط برای شکل موج‌های سینوسی است.

اندازه‌گیری دیگری که برای دامنه استفاده می‌شود ولتاژ پیک به پیک است:

$$V_{pp} = 2A$$

فانکشن ژنراتورهای DDS این قابلیت را دارند که کاربر بتواند دامنه را با استفاده از ولتاژ پیک به پیک یا ولتاژ RMS تنظیم کند. برخی از فانکشن ژنراتورها به کاربر اجازه می‌دهند دامنه را بر حسب dBm تنظیم کنند، که نشان دهنده توان 1 میلی‌وات است. ولتاژی که این واحد نشان می‌دهد به مقاومت بار بستگی دارد. می‌توانید ولتاژ مؤثر VRMS را برای یک مقدار dBm داده شده و مقاومت R از معادله زیر محاسبه کنید:

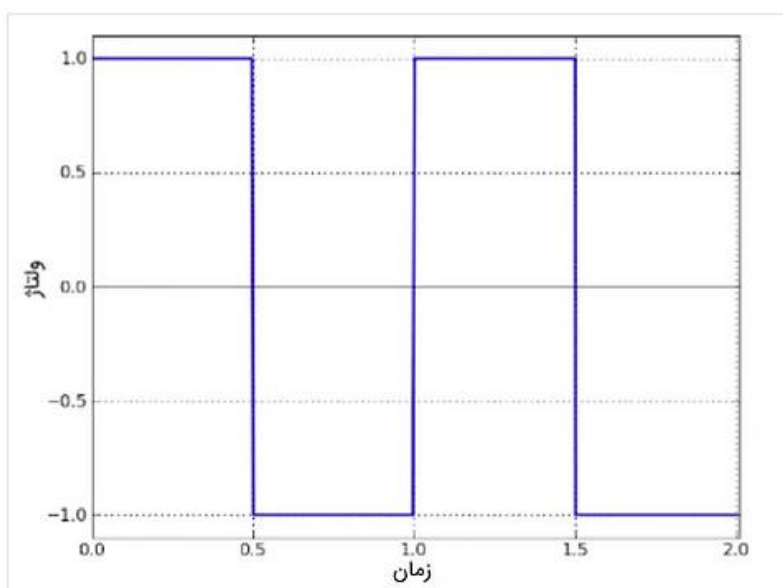
$$V_{rms} = 10^{\frac{dBm}{20}} \sqrt{\frac{R}{1000}}$$

یک شکل موج سینوسی ممکن است ولتاژ آفست DC نیز داشته باشد:

$$V(t) = A \sin(2\pi ft + \phi) + V_{dc}$$

ولتاژ آفست DC برابر با Vdc است و کل شکل موج سینوسی را نسبت به محور افقی به بالا یا پایین جابه‌جا می‌کند.

یک موج مربعی در شکل زیر نشان داده شده است.



معادله این موج به صورت زیر است:

$$\begin{cases} 1, & 0 + n \leq t \leq 0.5 + n, \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \\ -1, & 0.5 + n < t < 1 + n, \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \end{cases}$$

فرکانس نشان داده شده 1 هرتز با دامنه 1 ولت است.

ولتاژ RMS برای موج مربعی یکسان است (یک روش آسان برای محاسبه آن این است که قسمت منفی را نسبت به محور افقی قرینه کنید). ولتاژ پیک به پیک، باز هم دو برابر ولتاژ دامنه و در این حالت معادل دو برابر ولتاژ RMS است.

اگر یک موج مربعی یک جابه‌جایی DC برابر با دامنه خود داشته باشد، تبدیل به یک شکل موج پالسی می‌شود (و می‌تواند مثبت یا منفی باشد).

اکثر فانکشن ژنراتورهای مدرن از سنتز دیجیتال مستقیم (DDS) برای ایجاد شکل موج‌های خروجی استفاده می‌کنند. ژنراتورهای قدیمی از روش‌های آنالوگ استفاده می‌کردند، که به طور قابل توجهی تعداد قطعات بیشتری داشتند و به همین دلیل در طول عمر قطعات و گرمایش آن‌ها با چالش روبه‌رو می‌شدند. در این بخش، به طور خلاصه نحوه کارکرد فناوری DDS را شرح می‌دهیم.

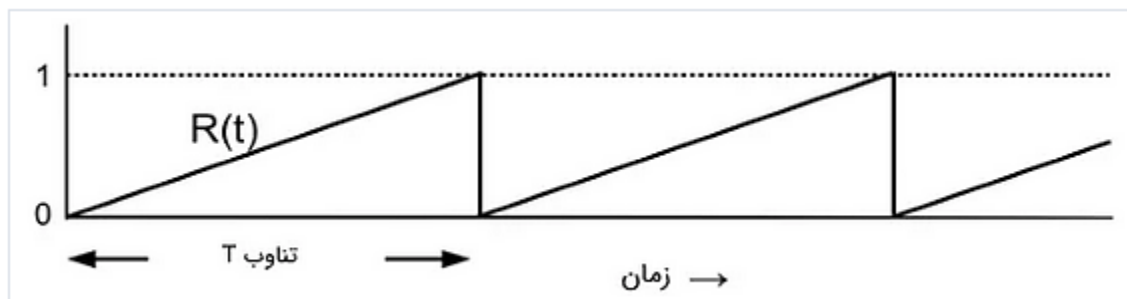
دو ایده اساسی فناوری DDS به شرح زیر است:

1. تولید یک شکل موج متناوب دلخواه از یک سیگنال شیب (Ramp) تناوبی

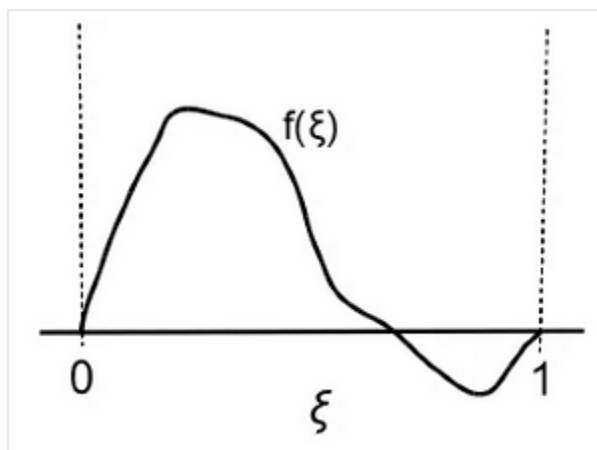
2. تولید یک شیب دیجیتال

ابتدا به تولید یک شکل موج تناوبی دلخواه از یک سیگنال شیب تناوبی می‌پردازیم. در ادامه، برای ساده نگه داشتن بررسی خود، فقط زمان‌های  $t \geq 0$  را بررسی خواهیم کرد.

تکرار تابع شیب  $R(t)$  در شکل زیر نشان داده شده است.



این شیب  $R(t)$  به طور خطی بین 0 و 1 رشد کرده و با دوره تناوب  $T$  تکرار می‌شود. حال، فرض کنید هر تابع دلخواه  $f(\zeta)$  را داشته باشیم که روی بازه  $0 \leq \zeta < 1$  تعریف شده است. برای مثال، فرض کنید  $f(\zeta)$  به صورت زیر باشد.

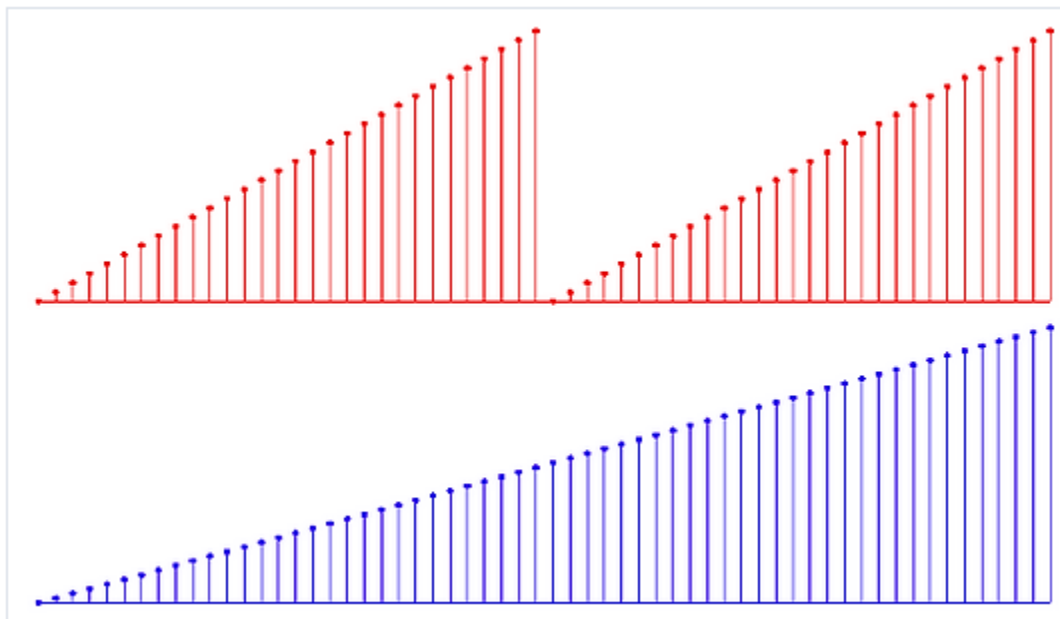


فرض کنید می‌خواهیم یک شکل موج متناوب را با دوره تناوب  $T$  به صورت شکل تابع  $f(\zeta)$  ایجاد کنیم. ایده اصلی این است: برای ساختن شکل موج متناوب با دوره تناوب  $T$  برای شکل  $f(\zeta)$ ، مقدار پله  $R(t)$  در زمان  $t$  را در  $f(t/T - \text{int}(t/T))$  قرار دهید، که  $\text{int}$  به معنای گرفتن مقدار صحیح است.

این ایده بسیار ساده و مفید است. یک مثال را بررسی می‌کنیم. فرض کنید می‌خواهیم یک موج سینوسی 1 کیلوهرتز تولید کنیم.  $f(\zeta)$  را به عنوان شکل موج  $\sin(2\zeta)$  در نظر بگیرید که در آن،  $0 \leq \zeta < 1$ . یک شیب 1 کیلوهرتز تولید می‌کنیم. مدت آن 1 میلی‌ثانیه است. نحوه تولید موج سینوسی به صورت زیر است:

1. زمان دلخواه  $t_0 \geq 0$  را انتخاب کنید.
2. مقدار  $\zeta_0 = t_0/T$  را محاسبه کنید که نتیجه آن یک عدد حقیقی خواهد بود. مقدار صحیح آن را جدا کنید. در نتیجه، عددی بین 0 و 1 باقی خواهد ماند.
3. مقدار شیب  $R(t_0)$  را با  $\sin(2\zeta_0)$  جایگزین کنید.
4. موارد بالا را برای زمان‌های دیگر انجام دهید.

برای ادامه بررسی روش DDS، اکنون تنها کاری که باید انجام دهیم این است که  $R(t)$  را با یک شیب دیجیتال جایگزین کنیم. در تصویر زیر، دو شیب دیجیتال نشان داده شده است. دوره تناوب شکل بالا نصف دوره تناوب شکل پایین است. هر دو شیب با همان نرخ نمونه برداری دیجیتال یکسان ساخته شده اند.



مزیت DDS از این واقعیت ناشی می شود که تولید شیب های دیجیتال در دامنه های مختلف با استفاده از تکنیک های ساده شمارش دیجیتال انجام می شود.

ایده دوم فانکشن ژنراتور DSS تولید یک شیب دیجیتال با افزایش شمارنده دیجیتال به ازای هر سیگنال ساعت است که در اینجا وارد جزئیات آن نمی شویم.

## آشنایی با دکمه های فانکشن ژنراتور مدل 4040DDS

فانکشن ژنراتور شرکت B&K Precision مدل DDS4040 که در تصویر زیر نشان داده شده، یک فانکشن ژنراتور مدرن DDS است.

در این تصویر، دکمه ها شماره گذاری شده و با کار آن ها را آشنا خواهیم شد. صفحه یا پنل جلویی این دستگاه 225 میلی متر عرض و 100 میلی متر ارتفاع دارد. عمق این دستگاه تقریباً 245 میلی متر و وزن آن حدوداً 2,5 کیلوگرم است.



عملکرد دکمه ها به شرح زیر است:

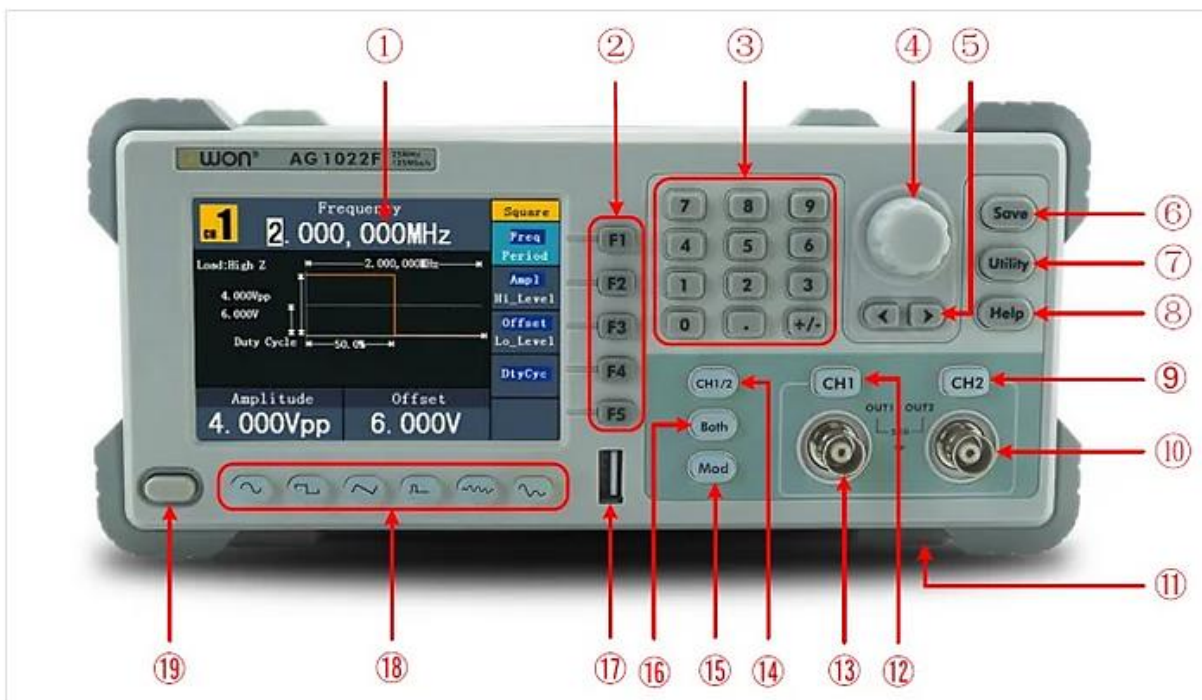
1. دکمه پاور: دستگاه را روشن و خاموش می کند.
2. پیچ تنظیم: پارامترهایی را که سایر دکمه ها انتخاب می کنند، تنظیم می کند.
3. دکمه انتخاب موج سینوسی: خروجی موج سینوسی را انتخاب می کند.
4. ورودی کانتر/تریگر: ترمینال ورودی برای شمارش (سنجش) فرکانس یا سیگنال تریگر خارجی. توجه داشته باشید که مقدار ورودی سیگنال حداکثر دارد.
5. دکمه انتخاب موج دنداناره ای: خروجی موجی دنداناره ای (مثلثی) را انتخاب می کند.
6. ورودی سیگنال مدولاسیون: ترمینال ورودی برای سیگنال مدولاسیون خارجی. توجه داشته باشید که حداکثر مقدار ورودی سیگنال وجود دارد.
7. دکمه انتخاب شکل موج مربعی: خروجی شکل موج مربعی را انتخاب می کند.



8. خروجی سیگنال همگام‌سازی (سنکرون‌سازی): یک سیگنال (معمولاً موج مربعی یا پالس) را تولید می‌کند که همفاز با سیگنال خروجی است (اغلب در سطوح TTL).
9. پیچ تنظیم دامنه-آفست: پیچ تنظیم دامنه سیگنال یا ولتاژ آفست DC.
10. خروجی سیگنال: ترمینال خروجی برای سیگنال فانکشن ژنراتور. معمولاً امپدانس خروجی آن ۵۰ است.
11. دکمه مد (حالت) کانتر: ورودی کانتر (شمارنده) را فعال می‌کند و فرکانس سیگنال ورودی روی خروجی ۴ را نمایش می‌دهد.
12. دکمه تغییر تنظیمات: سویچ فرکانس شروع، فرکانس پایان و شدت نمایش را مشخص می‌کند.
13. دکمه تنظیم آفست DC: تنظیم ولتاژ DC افزوده شده به خروجی سیگنال (دکمه ۱۰) را تنظیم می‌کند.
14. دکمه انتخاب مدولاسیون: بدون مدولاسیون، مدولاسیون AM خارجی، انحراف مدولاسیون FM و مدولاسیون FM خارجی را انتخاب می‌کند.
15. دکمه چرخه عملکرد: چرخه عملکرد (Duty Cycle) یا تقارن شکل موج را تنظیم می‌کند.
16. دکمه جاروب (Sweep): حالت جاروب فرکانسی را روشن یا خاموش می‌کند و اجازه انتخاب یک جاروب خطی یا جاروب لگاریتمی را می‌دهد.
17. دکمه فرکانس: پس از فشار دادن این دکمه، با پیچ تنظیم (شماره ۲) فرکانس سیگنال خروجی تنظیم می‌شود.
18. دکمه حالت (مُد): نوع عملکرد را مشخص می‌کند: خروجی پیوسته، میزان تکرار تریگر (بازه بین تریگر داخلی را تنظیم می‌کند).
19. دکمه تنظیم رقم: >انتخاب رقم را به چپ حرکت می‌دهد.
20. دکمه تنظیم رقم: <انتخاب رقم را به راست حرکت می‌دهد.
21. نمایشگر: تنظیمات فانکشن ژنراتور را نمایش می‌دهد، مانند فرکانس، دامنه، شکل موج انتخاب شده و...

## آشنایی با دکمه های فانکشن ژنراتور مدل AG1022F

در این بخش، دکمه های فانکشن ژنراتور مدل AG1022F ساخت شرکت OWON را بررسی می کنیم. شکل زیر این فانکشن ژنراتور را نشان می دهد که توضیح هریک از آن ها در ادامه ارائه شده است.



1. **LCD**: واسط کاربری را نشان می دهد.
2. **دکمه های انتخاب منو**: شامل ۵ دکمه اند (F1 تا F5) که منو را فعال می کنند.
3. **دکمه اعداد**: پارامترهای ورودی شامل اعداد، نقطه و علامت جمع/تفریق
4. **پیچ**: عدد موجود را تغییر می دهد، همچنین می توان از آن برای انتخاب محل فایل یا تغییر کاراکتر هنگام وارد کردن نام فایل استفاده کرد.
5. **کلید جهت**: مکان نمای پارامتر را حرکت می دهد یا محل فایل را انتخاب می کند.
6. **دکمه ذخیره**: اده شکل موج دلخواهی را که توسط کاربر تعریف شده ذخیره/فراخوانی می کند.
7. **دکمه Utility**: تابع سیستم کمکی را تنظیم می کند.
8. **دکمه کمک**: اطلاعات کمک را نمایش می دهد.
9. **کنترل خروجی کانال ۲ (CH2)**: خروجی کانال ۲ را روشن/خاموش می کند. وقتی کانال ۲ فعال شود، نور پس زمینه روشن می شود.
10. **خروجی کانال ۲ (CH2)**: سیگنال خروجی کانال ۲
11. **پایه**: برای سهولت کار با دستگاه، می توان آن را خم کرد.
12. **کنترل خروجی کانال ۱ (CH1)**: خروجی کانال ۱ را روشن/خاموش می کند. وقتی کانال ۲ فعال شود، نور پس زمینه روشن می شود.

13. خروجی کانال ۱ (CH1): سیگنال خروجی کانال ۱
14. دکمه CH1/2: کانال روی نمایشگر را بین CH1 و CH2 تعویض می‌کند.
15. مدولاسیون: شکل موج‌های مدوله شده، Sweep و Burst تولید می‌کند. این توابع تنها در کانال ۱ استفاده می‌شوند.
16. دکمه Both: پارامترهای قابل ویرایش هر دو کانال را نمایش می‌دهد. وقتی تابع فعال است، نور پس‌زمینه دکمه روشن می‌شود.
17. پورت USB: به یک دستگاه USB خارجی وصل می‌شود، مانند اتصال یک دستگاه USB به ابزار دقیق.
18. دکمه‌های انتخاب شکل موج: از چپ به راست تصویر، به ترتیب، سینوسی، مربعی، شیب، پالسی، نویز و دلخواه. وقتی یک شکل موج انتخاب شد، پس‌زمینه آن دکمه روشن می‌شود.
19. دکمه پاور: فانکشن ژنراتور را روشن یا خاموش می‌کند.

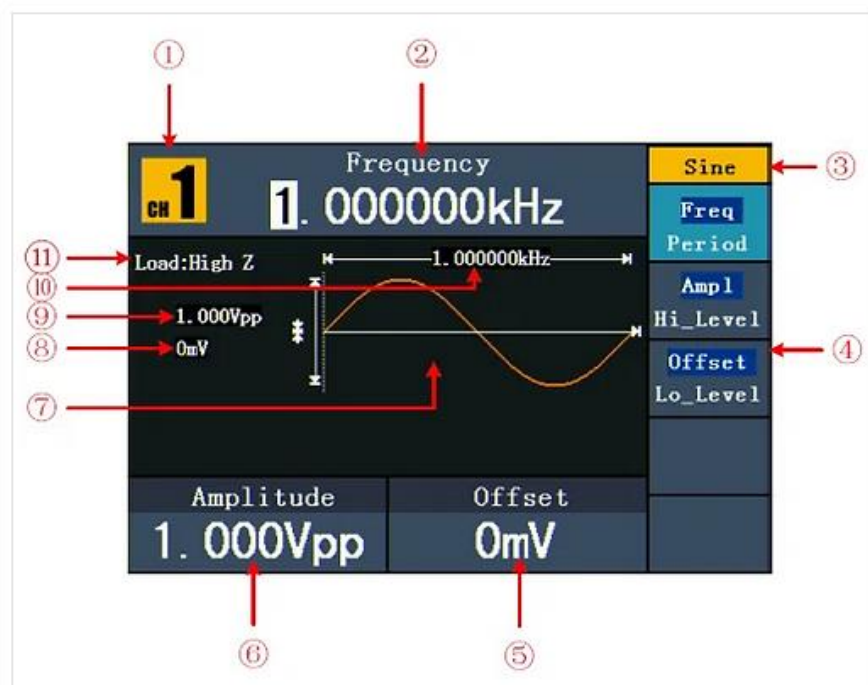
نمای پشت این فانکشن ژنراتور به شکل زیر است.



توضیح اعداد شکل بالا به صورت زیر است:

1. سوکت پاور: اتصال ورودی AC.
2. فیوز: فیوزی با مقادیر نامی 250 ولت و F2AL.

3. سوئیچ پاور: بین ۱۱۰ ولت و ۲۲۰ ولت سوئیچ می‌کند.
  4. اتصال USB (تایپ B): از این اتصال می‌توان برای اتصال یک کنترلر USB تایپ B استفاده کرد. به دستگاه خارجی، مانند یک PC متصل شده و با یک نرم‌افزار PC کنترل می‌شود.
  5. اتصال ورودی Ext Mod: ورودی مدولاسیون خارجی که از آن به عنوان منبع سیگنال خارجی استفاده می‌شود.
  6. اتصال ورودی Ext Trig/Burst/Fsk: این سیگنال را می‌توان به عنوان منبع سیگنال خارجی در مد Burst، Sweep و FSK به کار برد.
  7. اتصال ورودی Ref Clk/Counter: برای دریافت یک سیگنال ساعت خارجی یا سیگنال ورودی شمارنده استفاده می‌شود.
  8. اتصال خروجی Ref Clk: برای همگام‌سازی فانکشن ژنراتورها به کار می‌رود. یک سیگنال ساعت را با کریستال درون سیگنال ژنراتور به عنوان خروجی تولید می‌کند.
  9. اتصال P-Output: اتصال خروجی سیگنال برای تقویت‌کننده.
  - اتصال P-Input: اتصال ورودی سیگنال برای تقویت‌کننده.
- تصویر زیر واسط کاربری فانکشن ژنراتور را نشان می‌دهد که بخش‌های اصلی آن با اعدادی مشخص شده‌اند که در ادامه آن‌ها را معرفی می‌کنیم.



1. کانال فعلی (در حال کار)
2. پارامتر ۱، پارامتر نمایش داده شده و ویرایش پارامتر
3. نوع یا حالت سیگنال فعلی
4. منوی تنظیمات سیگنال یا حالت کنونی
5. پارامتر ۳، پارامتر نمایش داده شده و ویرایش پارامتر
6. پارامتر ۲، پارامتر نمایش داده شده و ویرایش پارامتر
7. نمایش شکل موج کنونی
8. آفست/سطح پایین، بسته به آیتم منوی برجسته شده در سمت راست
9. دامنه/سطح بالا، بسته به آیتم منوی برجسته شده در سمت راست
10. فرکانس/دوره تناوب، بسته به آیتم منوی برجسته شده در سمت راست
11. بار، High Z مقاومت بالا را نشان می‌دهد.

با توجه به اطلاعات مختصری که درباره فانکشن ژنراتور بیان کردیم، اکنون می‌خواهیم مراحل تولید یک شکل موج ساده را با استفاده از آن بیان کنیم.

### مثال تولید شکل موج سینوسی در فانکشن ژنراتور

در این بخش می‌خواهیم نحوه تولید یک شکل موج سینوسی را در فانکشن ژنراتور مدل AG1022F بررسی کنیم. ابتدا دکمه‌ای را که علامت ~ روی آن است، فشار دهید. تا واسط کاربری سیگنال سینوسی فراخوانی شود. پس از این کار می‌توانیم پارامترهای شکل موج را با استفاده از منوی سمت راست تنظیم کنیم. پارامترهای شکل موج سینوسی این‌ها هستند: فرکانس/دوره تناوب، دامنه، سطح بالا، آفست/سطح پایین. با استفاده از دکمه‌های تنظیم منوی سمت راست می‌توانیم این شکل موج مورد نظر خود را بسازیم.

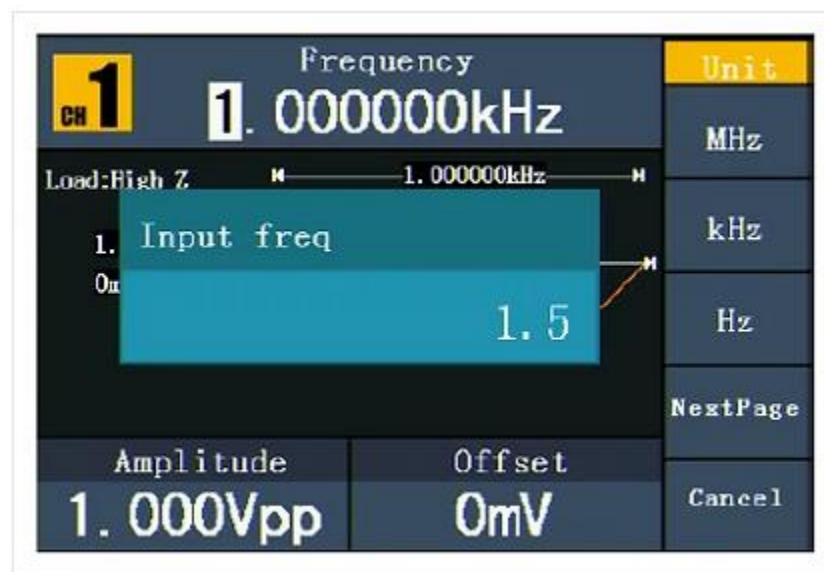


## تنظیم فرکانس/دوره تناوب

برای تنظیم فرکانس/دوره تناوب دکمه F1 را فشار می‌دهیم. سپس آیتم منوی انتخاب شده نسبت به سایر قسمت‌ها برجسته و مشخص می‌شود. ابتدا پارامتر ۱ هایلایت خواهد شد. با فشار دادن دوباره F1 بین فرکانس/دوره تناوب سوئیچ می‌شود.

دو روش برای تغییر پارامتر انتخاب شده وجود دارد:

- پیچ تنظیم را بچرخانید تا مقدار موقعیت مکان نما (هایلایت شده) تغییر کند. دکمه‌های جهت < > را برای جابه‌جا شدن مکان نما فشار دهید.
- یکی از دکمه‌های اعداد پنل جلوی دستگاه را فشار دهید. یک مستطیل مطابق شکل زیر نمایش داده می‌شود. در اینجا می‌توانید مقدار را وارد کنید. از دکمه جهت > برای حذف عدد قبلی استفاده کنید. از دکمه‌های F1 تا F3 برای انتخاب واحد استفاده کنید، یا F4 را فشار دهید تا به صفحه بعدی بروید و واحدها را انتخاب کنید. برای لغو ورودی دکمه F5 را فشار دهید.



## تنظیم دامنه

دکمه F2 را فشار دهید. باید آیتم منوی "Ampl" هایلایت شود. اگر چنین چیزی رخ نداد، F2 را فشار دهید تا به "Ampl" سوئیچ کنید. در پارامتر ۲، یک مکان نما ظاهر می‌شود که مقدار دامنه را نشان می‌دهد. از پیچ تنظیم یا دکمه‌های اعداد برای تنظیم مقدار مطلوب استفاده کنید.

## تنظیم آفست

برای تنظیم آفست، دکمه F3 را فشار دهید و اطمینان حاصل کنید که آیتم منوی "Offset" برجسته شود. اگر چنین چیزی را مشاهده نکردید، باز هم دکمه F3 را فشار دهید تا به "Offset" سوئیچ کنید. در پارامتر ۳، یک مکان‌نما در زیر عبارت Offset ظاهر می‌شود. برای وارد کردن مقدار مطلوب، یا پیچ تنظیم را بچرخانید یا از دکمه‌های اعداد استفاده کنید.

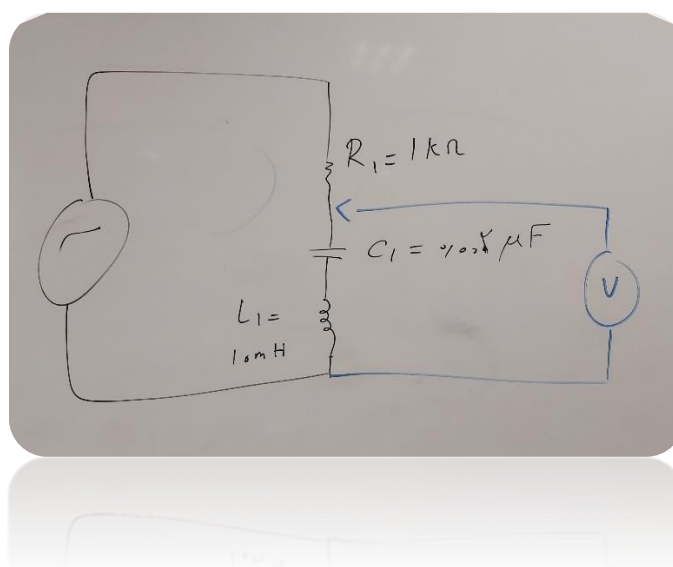
## تنظیم سطح بالا

دکمه F2 را فشار دهید و مطمئن شوید عبارت "Hi\_Level" نمایش داده شده است. در غیر این صورت، باز هم F2 را بفشارید تا عبارت "Hi\_Level" نمایان شود. در پارامتر ۲، یک مکان‌نما ظاهر می‌شود که مقدار آن زیر عبارت Amplitude قرار دارد. برای وارد کردن مقدار مطلوب، یا پیچ تنظیم را بچرخانید یا از دکمه‌های اعداد استفاده کنید.

## تنظیم سطح پایین

دکمه F3 را فشار دهید و مطمئن شوید عبارت "Hi\_Level" نمایش داده شده است. در غیر این صورت، باز هم F3 را بفشارید تا عبارت "Lo\_Level" نمایان شود. در پارامتر ۳، یک مکان‌نما ظاهر می‌شود که مقدار آن زیر عبارت Offset قرار دارد. برای وارد کردن مقدار مطلوب، یا پیچ تنظیم را بچرخانید یا از دکمه‌های اعداد استفاده کنید.

مجموعه تصاویر مرتبط با آزمایش‌ها و مثال‌های بررسی‌شده در این جلسه:





$$P_r = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

توان الکتریکی در حالت تشدید جذب شده و به منبع برگشت داده میشود.

مغایل لازم:

فرکانس تشدید:  $f_r = 100 \text{ kHz}$   
 ولتاژ خروجی:  $70 \text{ mV}$   
 بار:  $1 \text{ k}\Omega$   
 سلف:  $10 \text{ mH}$   
 خازن:  $0.02 \mu\text{F}$   
 مقاومت:  $1 \text{ k}\Omega$   
 سلف:  $10 \text{ mH}$   
 خازن:  $0.02 \mu\text{F}$

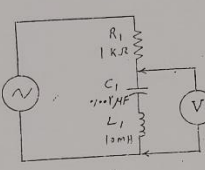
مغایل آزمون:

$$\sqrt{10 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^{-4}}$$

$$\sqrt{2 \times 10^{-4}}$$

1- فرکانس تشدید سری  $C_1 = 0.02 \mu\text{F}$  و  $L_1 = 10 \text{ mH}$  را تعیین کنید.

2- مدار شکل 1 را بسازید و ولتاژ خروجی سلفال فرکانس را روی مکتبم مقدار آن تنظیم کنید. ولتاژ خروجی را با مکتبم  $70 \text{ mV}$  درجه 1-0 قرار دهید و در حالی که به  $70 \text{ mV}$  نگاه کنید فرکانس سلفال فرکانس را کمی بالاتر یا پایین از فرکانس تشدید قرار دهید. فرکانس تشدید واقعی وقتی که  $70 \text{ mV}$  کمترین مقدار ولتاژ را نشان میدهد بدست میآید. این فرکانس را یادداشت کنید و در تمام مراحل آزمون این از آن استفاده کنید.

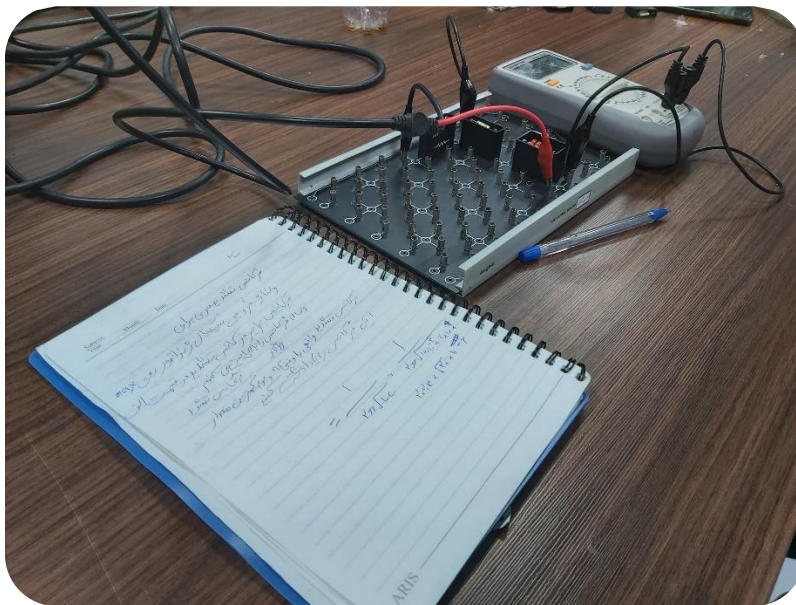


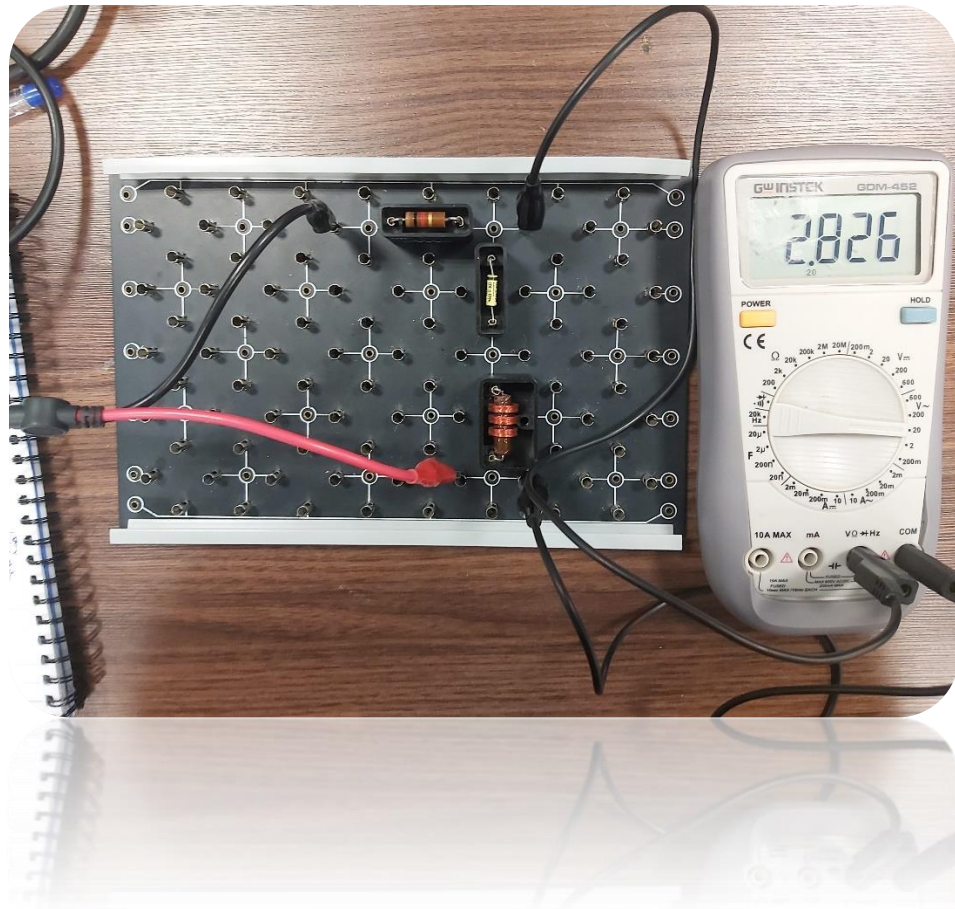
شکل 1

3- چرا فرکانس تشدید واقعی با فرکانس تشدید محاسب شده مقداری اختلاف دارد؟

4- چرا در فرکانس تشدید  $70 \text{ mV}$  ولتاژ کمتر را نشان میدهد؟











Subject: \_\_\_\_\_  
 Year: \_\_\_\_\_ Month: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

فرکانس تشدید سری برای  
 ولتاژ خروجی سیگنال ژنراتور روی MAX  
 فرکانس برابر فرکانس تشدید در قسمت الف  
 و حال فرکانس را با پتانسیومتر تغییر  
 می‌دهیم و فرکانس واقعی را روی کیلومتر کمترین مقدار  
 این فرکانس را یادداشت می‌کنیم

$$= \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{10 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^{-4}}}$$

$$= \frac{1}{2\pi\sqrt{2 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{2\pi \times 1.414 \times 10^{-3}} = \frac{1}{7.08 \times 10^{-3}} = 141.4$$

= 35,518

پایان.