

« فصل اول »

دستگاه طیف‌نما (Spectrum Analyzer)

(مطابق فصل اول کتاب مبانی مخابرات و رادیو)

هدف کلی :

استفاده از دستگاه طیف‌نما در فضای نرم‌افزار مولتی سیم

هدف های رفتاری:

در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم‌افزار مولتی سیم اجرا می‌شود از فراگیرنده انتظار می‌رود :

۵- یک موج مثلثی را در دستگاه طیف‌نما مشاهده کند.

۶- یک موج دندان‌اره‌ای را در دستگاه طیف‌نما مشاهده کند.

۷- موج یک‌سوشده‌ی تمام موج و نیم موج را در دستگاه طیف‌نما مشاهده کند.

۸- کاربرد دستگاه طیف‌نما را شرح دهد.

۱- دستگاه طیف‌نما را از منوی Instrument بر روی میز کار بیاورد.

۲- دکمه‌ها و کلیدهای دستگاه طیف‌نما را شناسایی کند.

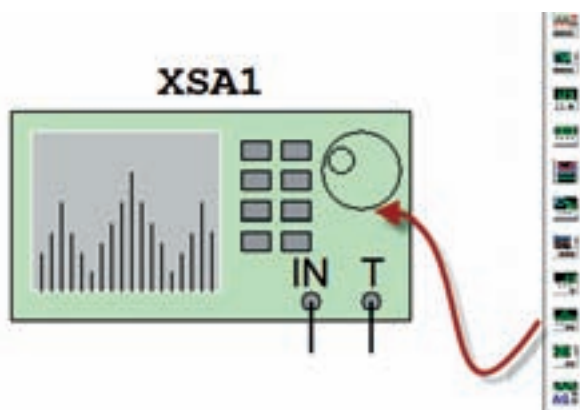
۳- یک موج سینوسی را در دستگاه طیف‌نما مشاهده کند.

۴- یک موج مربعی را در دستگاه طیف‌نما مشاهده کند.

۲۲۴

۲-۱ شناسایی دکمه‌ها و چگونگی کار با دستگاه طیف‌نما.

۱-۲-۱ با استفاده از منوی Instrument طبق شکل ۱-۱ دستگاه طیف‌نما را روی میز کار بیاورید.



شکل ۱-۱ آوردن دستگاه طیف‌نما روی میز کار

۱-۱ آزمایش ۱: آشنایی با دستگاه طیف‌نما

۱-۱-۱ دستگاه طیف‌نما دستگاهی است که توسط آن می‌توانید طیف فرکانسی را مشاهده کنید. همان‌طور که در بحث هارمونیک‌ها گفته شد، هر موج غیر سینوسی از تعدادی موج سینوسی خالص تشکیل می‌شود. با استفاده از دستگاه طیف‌نما می‌توانید یک سیگنال غیر سینوسی مانند مربعی، مثلثی و دندان‌اره‌ای را تجربه کنید و هارمونیک‌های آن را مشاهده نمایید. دستگاه طیف‌نما امواج را در حوزه‌ی زمان نشان نمی‌دهد، بلکه آن‌ها را در حوزه‌ی فرکانس نمایش می‌دهد. به عبارت دیگر محور افقی، با فرکانس و محور عمودی با دامنه درجه بندی می‌شود.

که در این دستگاه محور افقی بر حسب فرکانس درجه بندی می شود. در شکل ۱-۲ کلیدها و دکمه های دستگاه طیف نما را که به صورت زبانه هستند نشان داده ایم.

۱-۲-۲ روی دستگاه دو بار کلیک کنید. دستگاه طیف نما مطابق شکل ۱-۲ باز می شود. دکمه ها و زبانه های دستگاه طیف نما تا حدودی مشابه اسیلوسکوپ است، با این تفاوت

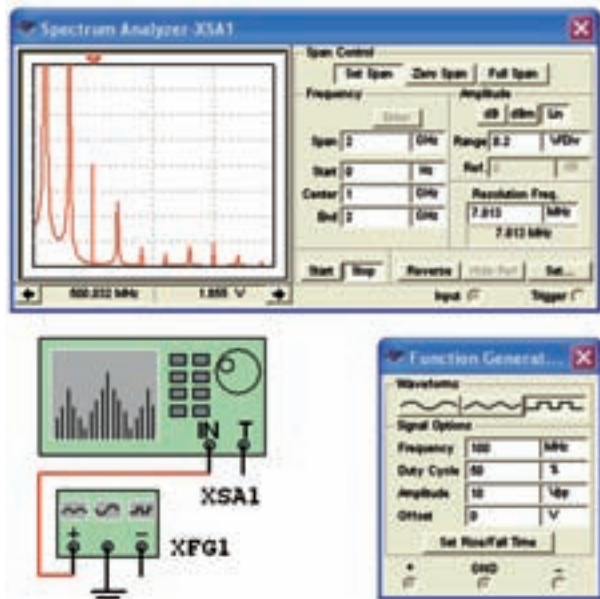


شکل ۱-۲ نمای ظاهری دستگاه طیف نما در نرم افزار

نمایش هارمونیک های آن را ملاحظه می کنید. از آن جا که هارمونیک های این موج مربعی فرد است، هارمونیک فرد سوم که فرکانس آن ۵۰۰ مگاهرتز است را مشخص کرده ایم.

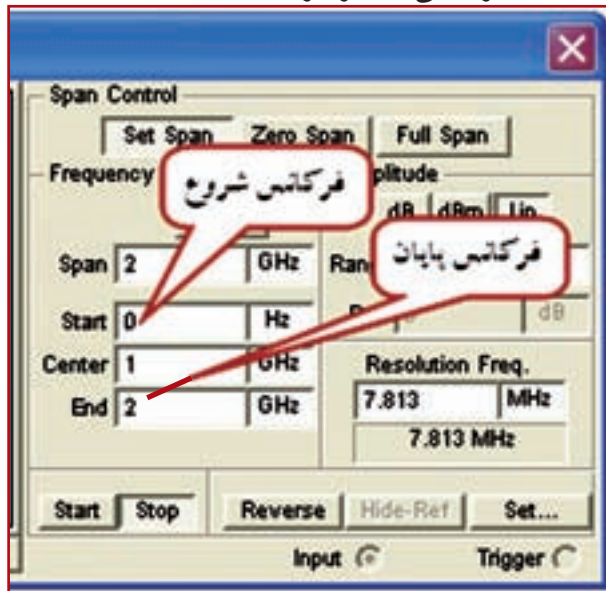
با توجه به شرایط کار و مراحل استفاده از دستگاه طیف نما، هر یک از دکمه ها و کلیدها را توضیح خواهیم داد. در این قسمت به معرفی کلیدهای اصلی پرداخته ایم.

۱-۲-۳ همان طور که قبلاً اشاره شد، دستگاه طیف نما می تواند طیف فرکانسی را در حوزه ی فرکانس نشان دهد. عملکرد دستگاه مشابه اسیلوسکوپ است و محدوده ی فرکانسی کار مشخصی دارد. در دستگاه طیف نما، سیگنال ورودی تجزیه می شود و با استفاده از یک سیستم مرورگر یا جاروب (Scan-Sweep) فرکانس محور افقی را جاروب می کند و فرکانس های طیف فرکانسی مورد نظر را نمایش می دهد. هر یک از مولفه های نمایش داده شده دارای فرکانس و دامنه ی مشخصی هستند. دستگاه طیف نما علاوه بر اندازه گیری دامنه و فرکانس می تواند قدرت سیگنال های دریافتی را نیز اندازه بگیرد. در شکل ۱-۳ یک موج مربعی با فرکانس ۱۰۰ مگاهرتز را به دستگاه داده ایم. روی صفحه ی



شکل ۱-۳ نمایش هارمونیک های موج مربعی روی دستگاه طیف نما

عبارت از فرکانس‌هایی است که دستگاه می‌تواند سیگنال‌ها را تجزیه و تحلیل کند. برای این منظور در شکل ۱-۴ دو محدوده‌ی فرکانسی در نظر گرفته شده است.



شکل ۱-۴ فرکانس شروع و پایان

فرکانس شروع (F-start) حداقل فرکانس قابل انتخاب، برای این قسمت صفر هرتز است. فرکانس پایان (F-end) حداکثر فرکانس قابل انتخاب روی دستگاه ۲ گیگاهرتز است که برای فرکانس انتهایی می‌توانید انتخاب نمایید.

نکته مهم:

برای این دستگاه نمی‌توانید فرکانس صفر را انتخاب کنید. زیرا دستگاه به فرکانس صفر پاسخ نمی‌دهد.

۱-۲-۷ حوزه‌ی جابه‌جایی فرکانس در جهت افقی (Frequency Span) در این پارامتر تقسیمات فرکانس روی محور افقی را تعیین می‌کنند و مطابق شکل ۱-۵ دارای

یکی از زمینه‌های کاربرد وسیع دستگاه زمینه‌های مخابراتی است. برای مثال در سامانه‌های رادیویی سلولی باید هارمونیک‌های سیگنال‌های حامل را بررسی کنیم تا در آن تداخل و مزاحمتی (interference) وجود نداشته باشد. مشاهده‌ی شکل موج مدوله شده در طیف آن نیز از موارد دیگری است که مورد توجه قرار می‌گیرد.

توجه داشته باشید، هنگامی که نیاز به مشاهده‌ی شکل موج باشد از اسیلوسکوپ استفاده می‌کنیم. دستگاه طیف‌نما نمی‌تواند مواردی مانند زمان صعود، زمان نزول، سرعت تکرار و زمان دوام پالس را اندازه بگیرد. در این حالت از اسیلوسکوپ استفاده می‌کنیم.

۱-۲-۴ در دستگاه‌های طیف‌نمای واقعی به خاطر حرکت الکترون‌ها در عناصر موجود در مدار، مقداری نویز تولید می‌شود. این نویز پس از تقویت از طریق لامپ اشعه‌ی کاتدیک روی صفحه‌ی نمایش طیف‌نما به نمایش در می‌آید. در طیف‌نمای موجود در نرم‌افزار مولتی‌سیم این حالت رخ نمی‌دهد. هم‌چنین به دلیل مجازی بودن طیف‌نما در نرم‌افزار مولتی‌سیم، این دستگاه هیچ‌گونه نویزی را به مدار تحمیل نمی‌کند.

۱-۲-۵ هنگام کار با دستگاه طیف‌نما باید به موارد زیر که از پارامترهای اصلی دستگاه هستند توجه کنید. ● محدوده‌ی فرکانسی که دستگاه با آن کار می‌کند.

(Frequency Range)

● محدوده‌ی جابه‌جایی فرکانس در جهت افقی

(Frequency Span)

● سطح مرجع اولیه جهت سنجش (Reference Level)

● محدوده‌ی اندازه‌گیری (Measurement Range)

هر یک از موارد بالا در دستگاه طیف‌نمای نرم‌افزار مولتی‌سیم مشخص شده است و می‌بایستی به صورت دستی تنظیم شود.

۱-۲-۶ محدوده‌ی فرکانس کار (Frequency Range)

Set Span باشد. مقدار فرکانس ابتدا و انتها از روش زیر محاسبه می‌شود:



شکل ۶-۱ تنظیم جابه‌جایی در جهت افقی با استفاده از Span Control

● تحلیل فرکانس با روش کنترل فرکانس Frequency Control، در این روش F-Start و F-End به صورت دستی تعریف می‌شود. توجه داشته باشید که در این حالت باید مقادیر مخالف صفر و در محدوده‌ی فرکانس دستگاه باشد. با دادن مقادیر شروع و پایان با فعال کردن کلید Enter مقادیر Center و Span به طور خودکار محاسبه می‌شود. یادآور می‌شویم که در هیچ یک از روش‌ها، شما نمی‌توانید تمام پارامترها را تغییر دهید. در هر بار فقط دو پارامتر تعریف شده قابل تغییر است.

بسیار مهم:

توصیه می‌شود همیشه از زبانه‌ی Full Span استفاده کنید و در صورت نیاز برخی از مقادیر را تغییر دهید تا نمودار واضح‌تر شود.

سه محدوده‌ی تنظیم به شرح زیر است:

● جابه‌جایی کامل (Full Span) در حالتی به کار می‌رود که بخواهیم همه‌ی محدوده‌ی ۱ KHz تا ۴ GHz را مورد استفاده قرار می‌دهیم. در این شرایط به طور خودکار، محدوده‌ی اشاره شده در اختیار ما قرار می‌گیرد.

● جابه‌جایی صفر Zero Span در حالتی به کار می‌رود که بخواهیم فرکانس خاصی را در مرکز صفحه‌ی نمایش تعریف کنیم. در این حالت فقط یک فرکانس نمایش داده می‌شود.

● تنظیم جابه‌جایی به صورت دستی Set Span در شرایطی به کار می‌رود که بخواهیم کلیه‌ی فرکانس‌های مربوط به Span Control و Frequency Control را به طور دستی تنظیم کنیم. در قسمت تحلیل فرکانس Frequency Analysis در این باره توضیح خواهیم داد.



شکل ۵-۱ حوزه‌ی کنترل جابه‌جایی در جهت افقی

۸-۲-۱ برای تحلیل فرکانس دو روش به شرح زیر وجود دارد:

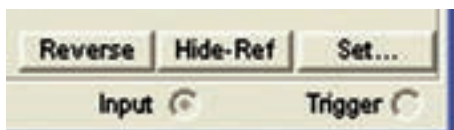
● کنترل جابه‌جایی Span Control، در این روش فرکانس جابه‌جایی و فرکانس مرکزی تعریف می‌شود. برای تنظیم فرکانس مرکزی مطابق شکل ۶-۱ فرکانس Span و فرکانس Center را انتخاب می‌کنیم. سپس با کلیک کردن روی زبانه‌ی Enter مقدار فرکانس ابتدا و انتها محاسبه می‌شود. در این حالت باید دکمه‌ی Span Control روی

● اگر زبانه را روی قسمت خطی یا Lin قرار دهید، اندازه گیری به صورت خطی انجام می شود. برای تغییر مقادیر مربوط به هر یک از اندازه گیری ها، عدد مورد نظر را در زبانه وارد کنید یا با استفاده از جهت نماهای نشان داده شده در سمت راست زبانه مطابق شکل ۸-۱، مقادیر را تغییر دهید.



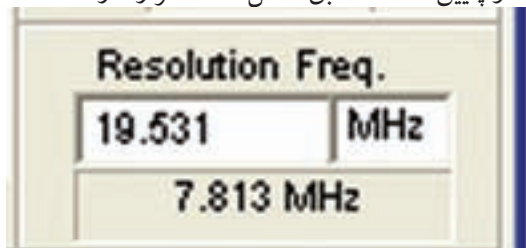
شکل ۸-۱ تغییر مقدار دامنه‌ی ولتاژ با استفاده از جهت نما

۱۰-۲-۱ یکی دیگر از دکمه های دستگاه طیف نما زبانه‌ی Show Ref یا Hide Ref است. Ref مخفف کلمه‌ی Reference به معنی مرجع است. در شکل ۹-۱ این زبانه را مشاهده می کنید. این زبانه زمانی فعال می شود که دستگاه روی dB یا dBm قرار دارد. برای آشنایی با عملکرد این کلید در هنگام آزمایش در باره‌ی آن بحث خواهیم کرد.



شکل ۹-۱ زبانه‌ی مرجع Reference

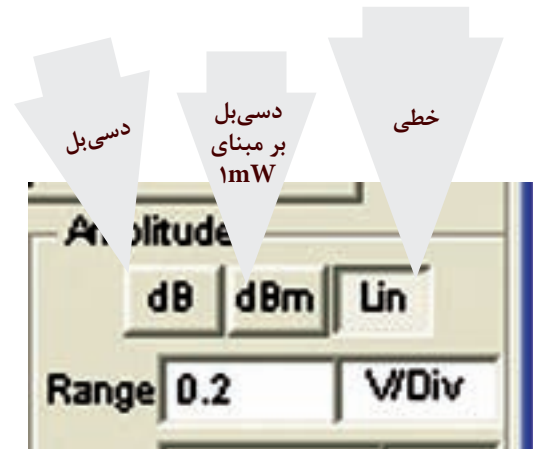
۱۱-۲-۱ زبانه‌ی میزان دقت جابه جایی فرکانس در جهت محور افقی با نام Frequency Resolution در سمت راست و پایین دستگاه طبق شکل ۱۰-۱ قرار دارد.



شکل ۱۰-۱ زبانه‌ی دقت جابه جایی فرکانس

این زبانه به طور خود کار تنظیم می شود و مقدار اولیه‌ی

۹-۲-۱ تنظیم دامنه Amplitude Range، در این دستگاه با سه روش دسی بل (dB)، دسی بل بر مبنای یک میلی وات (dBm) و خطی (Lin) صورت می گیرد. در شکل ۷-۱ زبانه های مربوط به تنظیم دامنه را مشاهده می کنید.



شکل ۷-۱ زبانه های مربوط به تنظیم دامنه

● در صورتی که زبانه‌ی dB فعال شود مقادیر کمیت ها به صورت $20 \log_{10} V$ (۲۰ لگاریتم ولتاژ ورودی در مبنای ده) اندازه گیری می شود که همان دسی بل ولتاژ (dB) است. از دسی بل برای اندازه گیری توان نیز استفاده می شود. در این شرایط لازم است مقاومت دستگاه مورد آزمایش را داشته باشیم.

● چنانچه دستگاه روی dBm قرار گیرد مقدار کمیت بر اساس رابطه‌ی: $10 \log_{10} \frac{V}{0.775}$ اندازه گیری می شود. بر اساس این عبارت قدرت تلف شده در یک مقاومت ۶۰۰ اهمی در حالتی که ولتاژ دو سر آن ۰/۷۷۵ ولت باشد برابر با یک میلی وات خواهد بود. در صورتی که سطح ولتاژ را ۱۰ دسی بل در نظر بگیریم، توان تلف شده در مقاومت ۶۰۰ اهمی برابر با ۱۰ میلی وات است.

● هنگامی که از این تقسیم بندی استفاده می کنید سیگنال نمایش داده شده بر مبنای صفر dBm اندازه گیری می شود. توجه داشته باشید که در این اندازه گیری مقاومت بار ۶۰۰ اهم در نظر گرفته شده است.

۲-۳-۱ روی دستگاه طیف‌نما دو بار کلیک کنید تا شکل ۱-۱۲ روی صفحه ظاهر شود. همان طور که ملاحظه می‌شود طیف فرکانسی در سمت چپ صفحه‌ی نمایشگر دستگاه ظاهر شده است: این طیف خیلی روشن و واضح نیست.

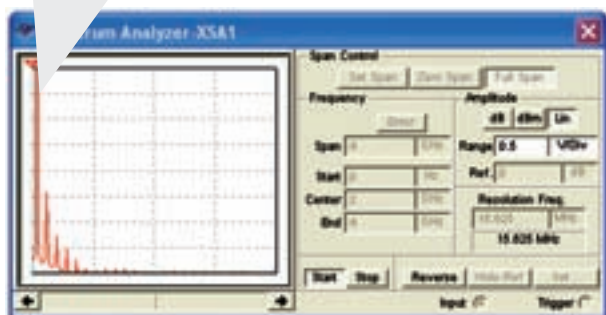


شکل ۱-۱۲ طیف فرکانسی موج مربعی ۸۰ مگاهرتز در حالتی که دستگاه طیف‌نما روی Full Span قرار دارد.

در این شرایط، دستگاه به طور خودکار مقادیر را انتخاب کرده است. با کمی تغییر در مقادیر می‌توانیم وضعیت طیف فرکانسی ظاهر شده را بهبود بخشیم.

۳-۳-۱ در حالی که نرم‌افزار روشن است رنج (Range) مربوط به دامنه (Amplitude)، مقدار V/Div را به ۰/۵ ولت کاهش دهید، شکل ۱-۱۳ ظاهر می‌شود که شکل موج طیف فرکانسی تا حدودی بهتر شده است.

مکان‌نما



شکل ۱-۱۳ بهبود طیف فرکانسی مکان‌نما که در سمت چپ صفحه‌ی نمایشگر وجود دارد

آن برابر با $\Delta F = \frac{F - \text{End}}{10.24}$ است. کاربر می‌تواند مقدار دقت جابه‌جایی را افزایش دهد. این افزایش باید مضرب صحیحی از میزان دقت جابه‌جایی اولیه باشد و مقدار آن کم‌تر از ΔF محاسبه شده نشود. برای مثال اگر برابر ۱۰۰ مگاهرتز است. میزان Frequency Resolution نباید از

$$\Delta F = \frac{10000 \text{ KHz}}{10.24} = 97 \text{ KHz}$$

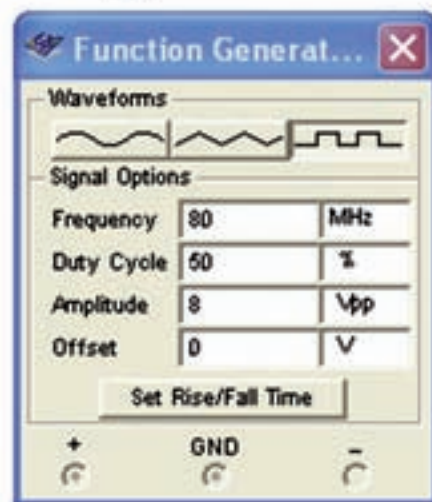
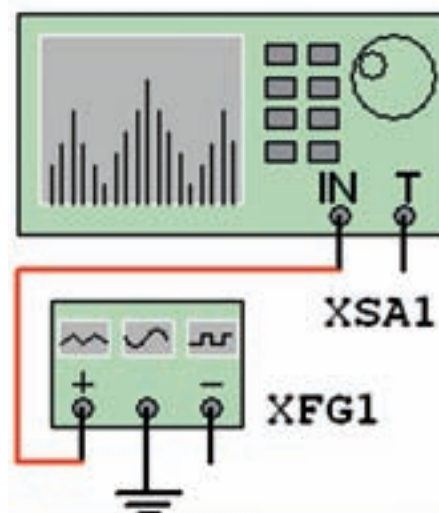
کم‌تر باشد.

۱-۳ آزمایش ۲:

مشاهده‌ی هارمونیک‌های موج مربعی

۱-۳-۱ مدار شکل ۱-۱۱ را روی میز آزمایشگاهی

نرم‌افزار ببندید. فانکشن ژنراتور را روی مقادیر داده شده به طور دقیق تنظیم کنید.



شکل ۱-۱۱ مدار مشاهده‌ی هارمونیک‌های موج مربعی

سؤال ۳: مقادیر Span Control را با استفاده از دو حالت Set Span و Zero Span تغییر دهید و اثر آن را روی شکل موج خروجی مشاهده کنید و در باره‌ی آن توضیح دهید.



را با استفاده از موشواره حرکت دهید و مقدار دامنه و فرکانس دومین هارمونیک را طبق شکل ۱۴-۱ اندازه بگیرید.



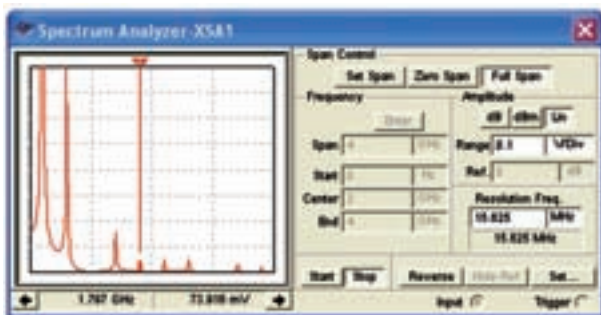
شکل ۱۴-۱ اندازه‌گیری دامنه و فرکانس دومین هارمونیک

$$F_2 = \dots\dots\dots \text{MHz} \quad V_2 = \dots\dots\dots V_{p-p}$$

سؤال ۱: آیا مقدار فرکانس دومین هارمونیک روی دستگاه طیف‌نما تقریباً برابر فرکانس فانکشن ژنراتور است؟ توضیح دهید.



۵-۳-۱ فرکانس فانکشن ژنراتور را روی ۲۰۰ مگاهرتز بگذارید و فرکانس هر یک از هارمونیک‌ها را اندازه بگیرید. در شکل ۱۵-۱ اندازه‌گیری فرکانس چهارم نشان داده شده است.



شکل ۱۵-۱ اندازه‌گیری فرکانس هارمونیک چهارم موج مربعی ۲۰۰ مگاهرتز

سؤال ۴: آیا رابطه‌ی بین فرکانس‌ها و دامنه‌های هارمونیک‌ها در این مرحله نیز مشابه مرحله‌ی قبل است؟ توضیح دهید.



۴-۳-۱ مکان‌نما را روی سایر هارمونیک‌ها با موشواره جابه‌جا کنید و برای هر یک از هارمونیک‌ها مقدار فرکانس و دامنه را به دست آورید.

$$F_1 = \dots\dots\dots \text{MHz} \quad V_1 = \dots\dots\dots V_{p-p}$$

$$F_2 = \dots\dots\dots \text{MHz} \quad V_2 = \dots\dots\dots V_{p-p}$$

$$F_3 = \dots\dots\dots \text{MHz} \quad V_3 = \dots\dots\dots V_{p-p}$$

سؤال ۲: رابطه‌ی بین فرکانس‌ها و ولتاژهای هارمونیک‌های اول، دوم، سوم و چهارم را به دست آورید و در باره‌ی آن توضیح دهید.



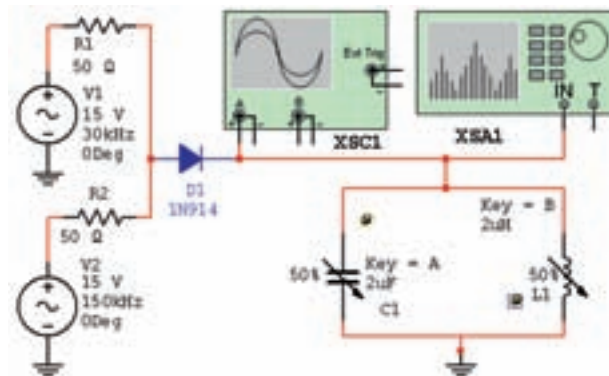
تمرین ۲: با استفاده از مدار مدولاتوری که در فضای نرم‌افزاری بسته‌اید، طیف فرکانسی موج مدوله شده‌ی AM را مشاهده کنید و در باره‌ی نتایج توضیح دهید.



۱-۳-۷: آن‌چه را که در این آزمایش یاد گرفته‌اید به اختصار توضیح دهید.



۱-۳-۸: مدار شکل ۱-۱۸ را ببینید. شما می‌توانید این مدار را در قسمت نمونه‌های (Samples) موجود در نرم‌افزار مولتی‌سیم پیدا کنید و آن را مورد استفاده قرار دهید.

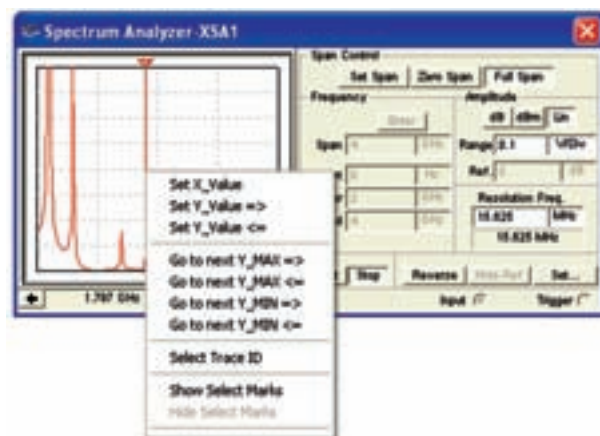


شکل ۱-۱۸ مدار مدولاتور AM

همان‌طور که مشاهده می‌شود، این مدار یک مدولاتور AM است.

۱-۳-۹: مدار را راه‌اندازی کنید. باید روی اسیلوسکوپ سیگنال AM مطابق شکل ۱-۱۹ ظاهر شود.

۱-۳-۶: برای این که راحت‌تر بتوانید مکان‌نما را روی هارمونیک‌ها جا به جا نمائید، روی مکان‌نما راست کلیک کنید، طبق شکل ۱-۱۶ صفحه‌ای باز می‌شود.



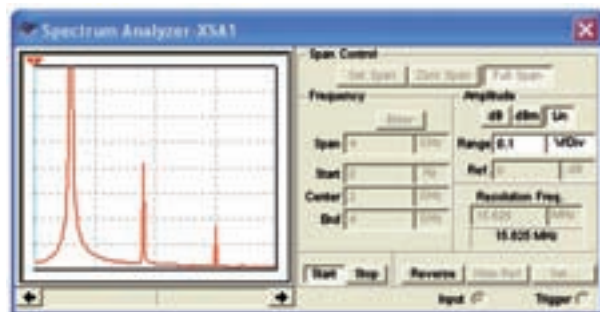
شکل ۱-۱۶ منوی مربوط به مکان‌نما

با استفاده از منوی مکان‌نما می‌توانید مقادیر X و Y را تنظیم کنید و تغییر دهید، یا می‌توانید با استفاده از گزینه‌ی Go To Next Max به دامنه‌ی هارمونیک بعدی بروید و علامت گذاری کنید.

سؤال ۵: با استفاده از منوی مکان‌نما و تغییر مقادیر و مشاهده‌ی آن‌ها، در باره‌ی نتایج به دست آمده توضیح دهید.



تمرین ۱: هارمونیک‌های موج مثلثی با فرکانس ۱۵۰، ۲۵۰ و ۵۰۰ مگاهرتز را به دست آورید. در شکل ۱-۱۷ هارمونیک‌های موج مثلثی با فرکانس ۵۰۰ مگاهرتز نشان داده شده است.

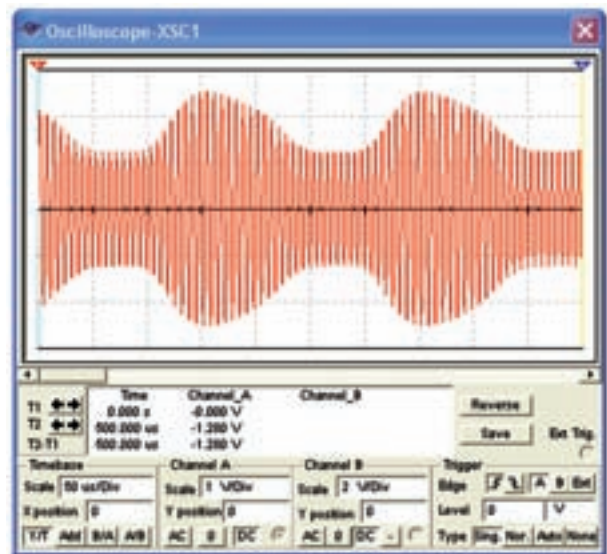


شکل ۱-۱۷ هارمونیک‌های موج مثلثی با فرکانس ۶۰۰ مگاهرتز

زبان‌ی Center روی دستگاه طیف‌نما را فعال کنید در این حالت تنظیم‌های Start و Stop به طور خودکار انجام می‌شود.

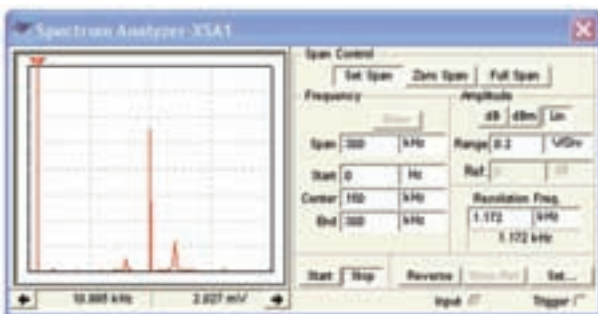
۱۱-۳-۱ پس از تنظیم دستگاه طیف‌نما مدار نرم‌افزار را فعال کنید و کمی صبر کنید تا شکل موج نشان داده شده روی آن کاملاً تثبیت شود. در شکل ۱-۲۱ طیف فرکانسی موج AM مدار شکل ۱-۱۸ نشان داده شده است.

توجه: برای مشاهده‌ی طیف فرکانسی لازم است فرکانس پیام را ۳۰ KHz انتخاب کنید.

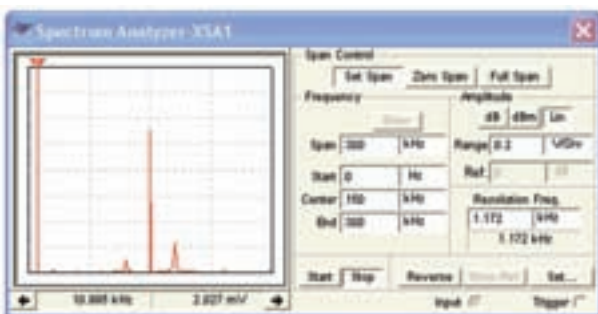


شکل ۱-۱۹ موج مدوله شده‌ی AM

۱۰-۳-۱ مدار نرم‌افزاری را غیر فعال کنید (خاموش کنید) دستگاه اسیلوسکوپ را ببندید و دستگاه طیف‌نما را باز کنید و مطابق شکل ۱-۲۰ تنظیم نمایید.



شکل ۱-۲۱ طیف فرکانسی موج AM روی دستگاه طیف‌نما
۱۲-۳-۱ طبق شکل ۱-۲۲ مقدار فرکانس و دامنه‌های حامل فرکانس کناری بالا (USF) و فرکانس کناری پایین (LSF) را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.



شکل ۱-۲۲ اندازه‌گیری فرکانس و دامنه‌ی طیف فرکانسی موج AM

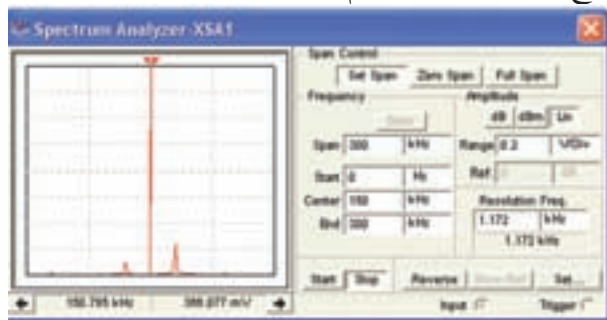


شکل ۱-۲۰ تنظیم زبان‌های دستگاه طیف‌نما

نکته بسیار مهم:

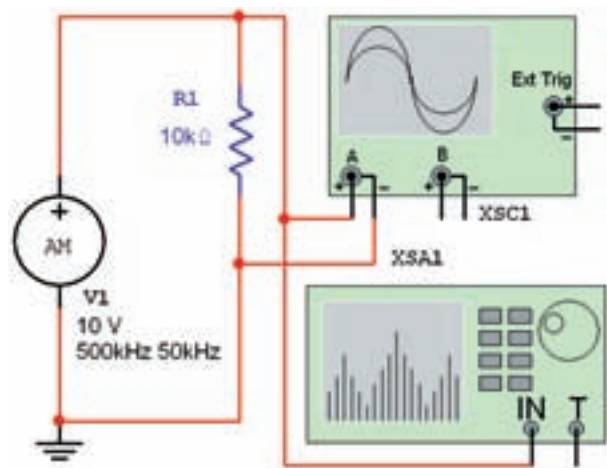
برای تنظیم دستگاه طیف‌نما فقط فرکانس‌های Span و Center را تنظیم نمایید. هم‌چنین زبان‌ی Span Control روی Set Span باشد.

۱۴-۳-۱ مدار شکل ۲۳-۱ را ببندید. در این مدار می‌خواهیم شکل موج AM تولید شده توسط دستگاه مولد موج AM را مشاهده کنیم.



شکل ۲۳-۱ مشاهده‌ی مدار مولد موج AM

۱۵-۳-۱ نرم‌افزار را روشن کنید و اسیلوسکوپ XSC1 را فعال نمایید. تنظیمات اسیلوسکوپ را به گونه‌ای انجام دهید تا شکل موج مدار نشان داده شده در شکل ۲۴-۱ روی صفحه ظاهر شود.



شکل ۲۴-۱ سیگنال مدوله شده‌ی AM

۱۶-۳-۱ دستگاه طیف‌نما را طبق شکل ۲۵-۱ تنظیم کنید. برای دستگاه از زبانه‌ی Start و Stop استفاده نمایید. ابتدا زبانه‌ی Stop را فعال کنید، مقادیر Center و Span را طبق شکل تنظیم نمایید. پس از تنظیم این مقادیر، زبانه‌ی Center را فعال کنید. مقادیر مربوط به Start و End به طور خودکار تنظیم می‌شود. توجه داشته باشید که زبانه‌ی Span Control باید روی Set Span قرار گیرد، تا تنظیم‌های فوق

$$\begin{aligned} F_C &= \dots\dots\dots \text{MHz} & E_C &= \dots\dots\dots V_{P-P} \\ F_{USF} &= \dots\dots\dots \text{MHz} & E_{USF} &= \dots\dots\dots V_{P-P} \\ F_{LSF} &= \dots\dots\dots \text{MHz} & E_{LSF} &= \dots\dots\dots V_{P-P} \end{aligned}$$

سؤال ۶: آیا با توجه به آنچه که در مباحث تئوری خوانده‌اید، این آزمایش با مطالب گفته شده انطباق دارد؟ توضیح دهید.



تحقیق کنید:

به چه دلیل مقدار دامنه‌ی LSF کم‌تر از دامنه‌ی USF است؟

۱۳-۳-۱ مقادیر فرکانس حامل و فرکانس پیام را تغییر دهید و طیف فرکانسی حاصل را مشاهده کنید. نتایج به دست آمده را به طور خلاصه تشریح کنید.



توجه:

دستگاه طیف‌نما یک دستگاه گران‌قیمت و کاملاً تخصصی است که در زمینه‌های مخابراتی و صوتی خاص به کار می‌رود. لذا اجرای سخت‌افزاری آن در آزمایشگاه هنرستان ضرورتی ندارد.

سؤال ۷: آیا با توجه به آنچه که در ارتباط با مدولاسیون AM آموخته‌اید، می‌توانید با استفاده از اطلاعات اندازه‌گیری شده، ضریب مدولاسیون را اندازه بگیرید و شرح دهید.



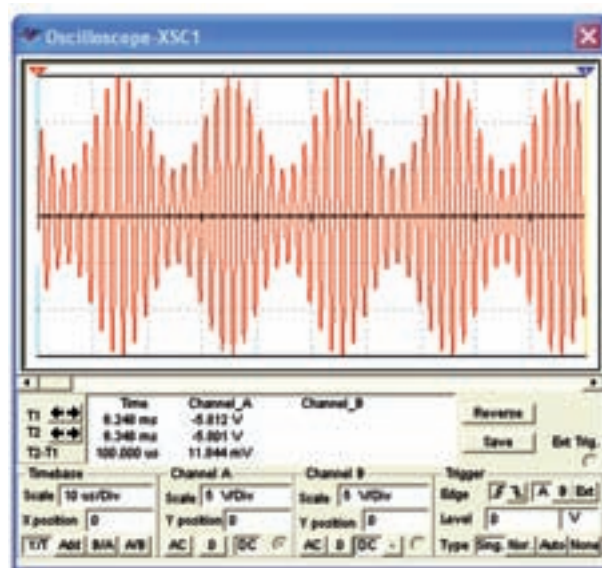
تمرین ۳: در شکل ۱-۲۳ مقدار فرکانس حامل را به ۲۰۰ KHz و مقدار فرکانس پیام را به ۲۵ KHz تغییر دهید و طیف فرکانسی را به دست آورید.

تمرین ۴: مقدار فرکانس پیام را در شکل ۱-۲۳ به ۱۰۰ KHz تغییر دهید و طیف فرکانسی را به دست آورید.

۱-۳-۱۸ آنچه را که در این آزمایش انجام داده‌اید به طور خلاصه شرح دهید.



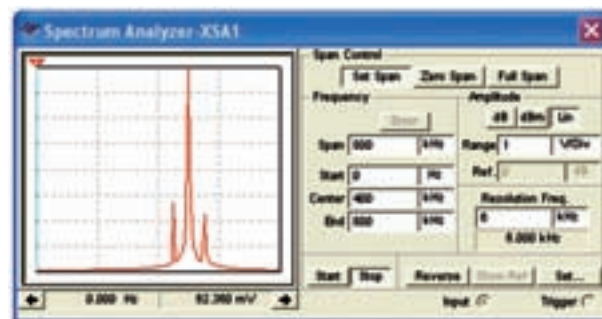
امکان‌پذیر باشد. زبانه‌ی Amplitude را روی Lin و رنج آن را روی ۱ V/Div و زبانه‌ی Resolution Frequency را روی ۶ یا ۷ کیلو هرتز قرار دهید. کلید Start را فعال کنید. کمی صبر کنید تا طیف فرکانسی روی صفحه ظاهر شود.



شکل ۱-۲۵ طیف فرکانسی سیگنال AM

۲۳۴

۱-۳-۱۷ مقدار فرکانس و دامنه‌ی سیگنال‌های حامل و باندهای کناری را اندازه بگیرید. برای جابه‌جایی مکان‌نما می‌توانید از فلش‌های پایین نمایشگر یا موشواره استفاده کنید. در شکل ۱-۲۶ مقدار فرکانس و دامنه‌ی LSF نشان داده شده است.



شکل ۱-۲۶ اندازه‌گیری فرکانس و دامنه‌ی LSF

$$F_C = \dots\dots\dots \text{MHz} \quad E_C = \dots\dots\dots V_{P-P}$$

$$F_{USF} = \dots\dots\dots \text{MHz} \quad E_{USF} = \dots\dots\dots V_{P-P}$$

$$F_{LSF} = \dots\dots\dots \text{MHz} \quad E_{LSF} = \dots\dots\dots V_{P-P}$$