« فصل اول »

دستگاه طیف‌نما (Sepectrum 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 مولتی‌سیم اجرا می‌شود از فراگیرنده انتظار می‌رود :

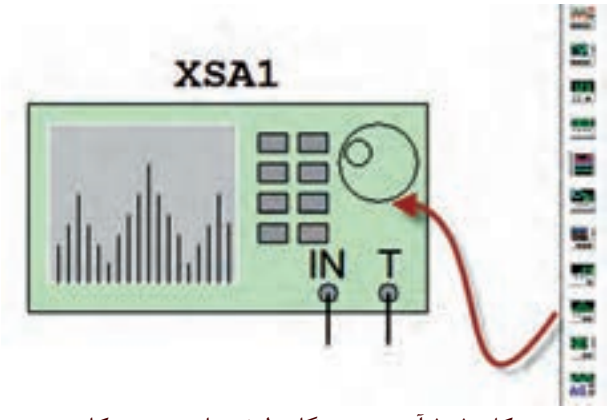
۱- دستگاه طیف‌نما را از منوی Instrument بر روی میز کار بیآورد.
۲- دکمه‌ها و کلیدهای دستگاه طیف‌نما را شناسایی کند.
۳- یک موج سینوسی را در دستگاه طیف‌نما مشاهده کند.
۴- یک موج مربعی را در دستگاه طیف‌نما مشاهده کند.
۵- یک موج مثلثی را در دستگاه طیف‌نما مشاهده کند.
۶- یک موج دندانه‌ارهای را در دستگاه طیف‌نما مشاهده کند.
۷- موج یک‌سوشده‌ی تمام موج و نیم موج را در دستگاه طیف‌نما مشاهده کند.
۸- کاربرد دستگاه طیف‌نما را شرح دهد.

۱-۱ 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 دندانه‌ارهای را تجربه کنید و هارمونیک‌های آن را مشاهده نمائید. 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.

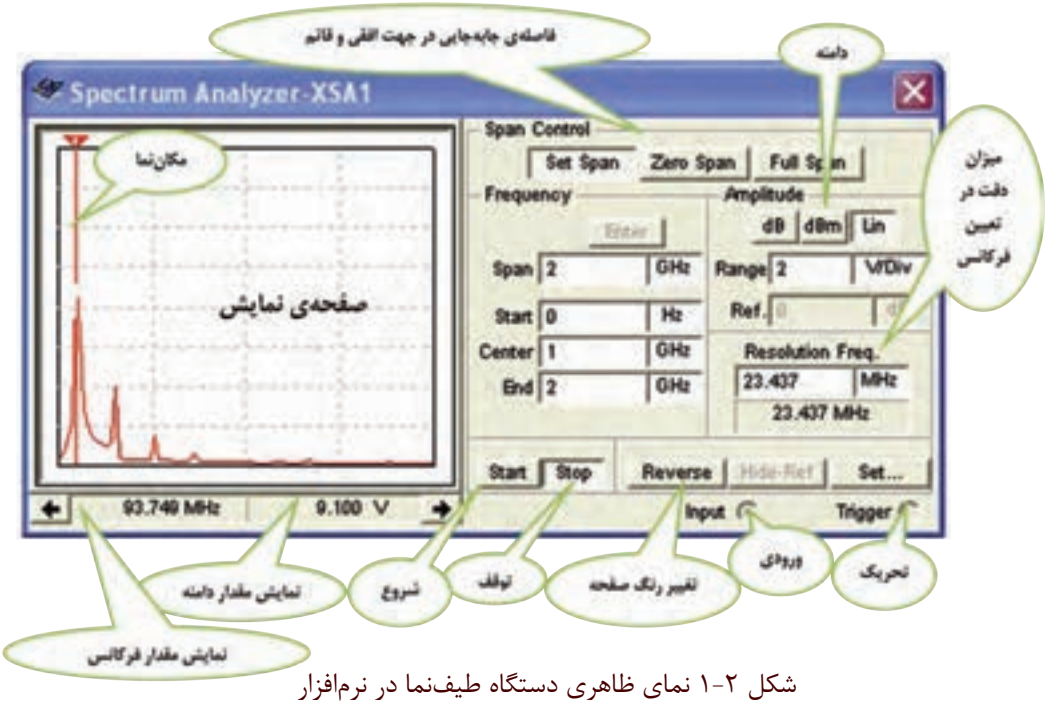
۱-۲ شناسایی دکمه‌ها و چگونگی کار با دستگاه طیف‌نما.

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



شکل ۱-۱ آوردن دستگاه طیف‌نما روی میز کار

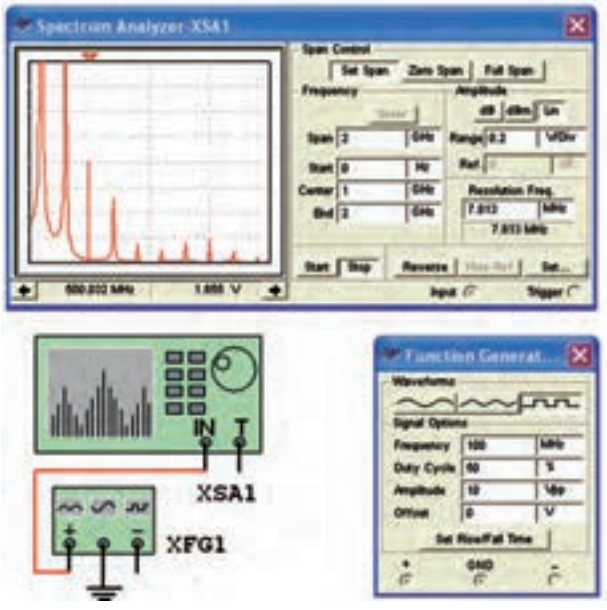
۲-۲-۱ روی دستگاه دو بار کلیک کنید. دستگاه طیف‌نما مطابق شکل ۲-۱ باز می‌شود. دکمه‌ها و زبانه‌های دستگاه طیف‌نما تا حدودی مشابه اسیلوسکوپ است، با این تفاوت که در این دستگاه محور افقی بر حسب فرکانس درجه‌بندی می‌شود. در شکل ۲-۱ کلیدها و دکمه‌های دستگاه طیف‌نما را که به صورت زبانه هستند نشان داده‌ایم.



شکل ۲-۱ نمای ظاهری دستگاه طیف‌نما در نرم‌افزار

با توجه به شرایط کار و مراحل استفاده از دستگاه طیف‌نما، هر یک از دکمه‌ها و کلیدها را توضیح خواهیم داد. در این قسمت به معرفی کلیدهای اصلی پرداخته‌ایم.

۲-۲-۲ همان‌طور که قبلاً اشاره شد، دستگاه طیف‌نما می‌تواند طیف‌فرکانسی را در حوزه‌ی فرکانس نشان دهد. عملکرد دستگاه مشابه اسیلوسکوپ است و محدوده‌ی فرکانسی کار مشخصی دارد. در دستگاه طیف‌نما، سیگنال ورودی تجزیه می‌شود و با استفاده از یک سیستم مرورگر یا جاروب (Scan-Sweep) فرکانس محور افقی را جاروب می‌کند و فرکانس‌های طیف فرکانسی مورد نظر را نمایش می‌دهد. هر یک از مؤلفه‌های نمایش داده شده دارای فرکانس و دامنه‌ی مشخصی هستند. دستگاه طیف‌نما علاوه بر اندازه‌گیری دامنه و فرکانس می‌تواند قدرت سیگنال‌های دریافتی را نیز اندازه بگیرد. در شکل ۳-۱ یک موج مربعی با فرکانس ۱۰۰ مگاهرتز را به دستگاه داده‌ایم. روی صفحه‌ی نمایش هارمونیک‌های آن را ملاحظه می‌کنید. از آن‌جا که هارمونیک‌های این موج مربعی فرد است، هارمونیک فرد سوم که فرکانس آن ۵۰۰ مگاهرتز است را مشخص کرده‌ایم.



شکل ۳-۱ نمایش هارمونیک‌های موج مربعی روی دستگاه طیف‌نما

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

شکل ۴-۱ 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 گیگا هرتز است که برای فرکانس انتهایی می‌توانید انتخاب نمائید.

نکته مهم :

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

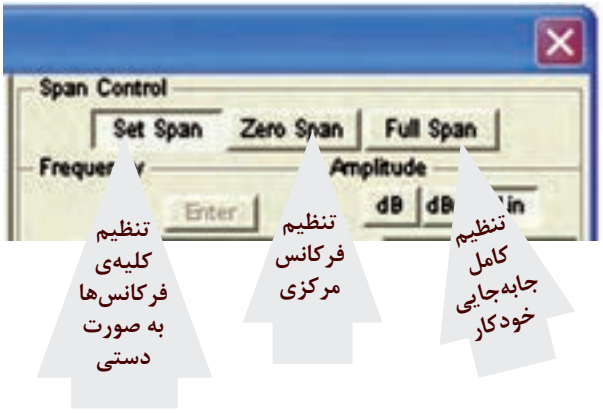
۱-۲-۷ حوزه‌ی جابه‌جایی فرکانس در جهت افقی (Frequency Span) در این پارامتر تقسیمات فرکانس روی محور افقی را تعیین می‌کنند و مطابق شکل ۵-۱ دارای

سه محدوده‌ی تنظیم به شرح زیر است:

● جابه‌جایی کامل(Full Span) در حالتی به کار می‌رود که بخواهیم همه‌ی محدوده‌ی ۱KHz تا۴GHz 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.

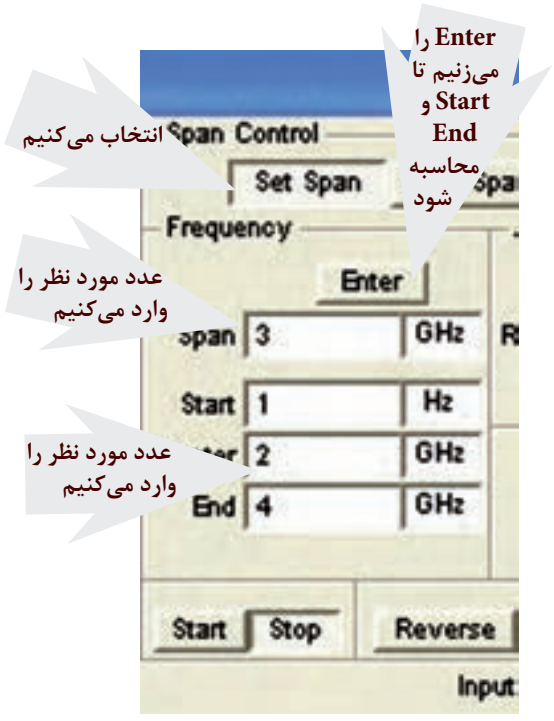
● تنظیم جابه‌جایی به صورت دستی Set Span در شرایطی به کار می‌رود که بخواهیم کلیه‌ی فرکانس‌های مربوط به Span Control و Frequency Control را به طور دستی تنظیم کنیم. در قسمت تحلیل فرکانس Freqency Analysis در این باره توضیح خواهیم داد.



شکل ۵-۱ حوزه‌ی کنترل جابه‌جایی در جهت افقی

۱-۲-۸ 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 Spanو 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 Set Span باشد. مقدار فرکانس ابتدا و انتها از روش زیر محاسبه می‌شود:



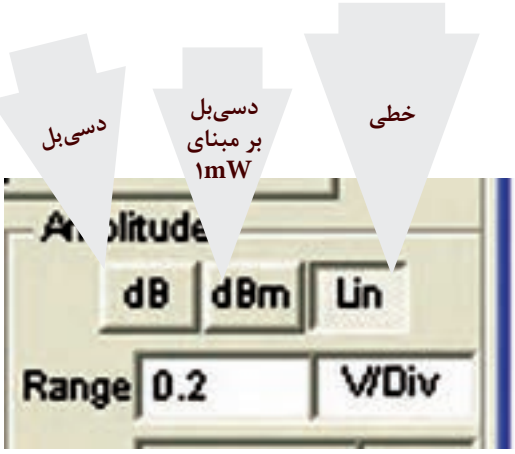
شکل ۶-۱ تنظیم جابه‌جایی در جهت افقی با استفاده از Span Control

● 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.

نکته 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.

۱-۲-۹ تنظیم دامنه Amplitude Range، در این دستگاه با سه روش دسی‌بل (dB)، دسی‌بل بر مبنای یک میلی وات (dBm) و خطی (Lin) صورت می‌گیرد. در شکل ۱-۷ زبانه‌های مربوط به تنظیم دامنه را مشاهده می‌کنید.



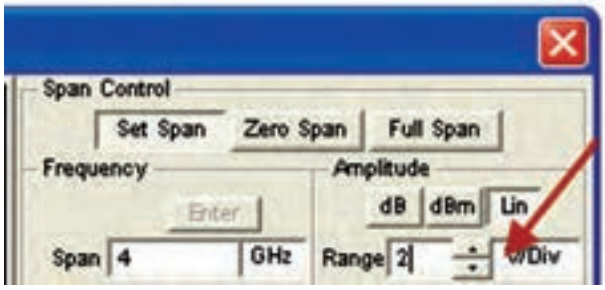
شکل ۱-۷ زبانه‌های مربوط به تنظیم دامنه

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

● چنان‌چه دستگاه روی dBm قرار گیرد مقدار کمیت بر اساس رابطه‌ی: $10\log_{10}\frac{V}{0/775}$ اندازه‌گیری می‌شود. 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 میلی‌وات خواهد بود. در صورتی که سطح ولتاژ را ۱۰ دسی‌بل در نظر بگیریم، توان تلف شده در مقاومت ۶۰۰ اهمی برابر با ۱۰ میلی‌وات است.

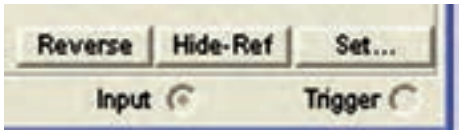
● هنگامی که از این تقسیم‌بندی استفاده می‌کنید سیگنال نمایش داده شده بر مبنای صفر dBm اندازه‌گیری می‌شود. توجه داشته باشید که در این اندازه‌گیری مقاومت بار ۶۰۰ اهم در نظر گرفته شده است.

● اگر زبانه را روی قسمت خطی یا Lin قرار دهید، اندازه‌گیری به صورت خطی انجام می‌شود. برای تغییر مقادیر مربوط به هر یک از اندازه‌گیری‌ها، عدد مورد نظر را در زبانه وارد کنید یا با استفاده از جهت‌نماهای نشان داده شده در سمت راست زبانه مطابق شکل ۱-۸، مقادیر را تغییر دهید.



شکل ۱-۸ تغییر مقدار دامنه‌ی ولتاژ با استفاده از جهت‌نما

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



شکل ۱-۹ زبانه‌ی مرجع Reference

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

شکل ۱-۱۰ زبانه‌ی دقت جابه‌جایی فرکانس

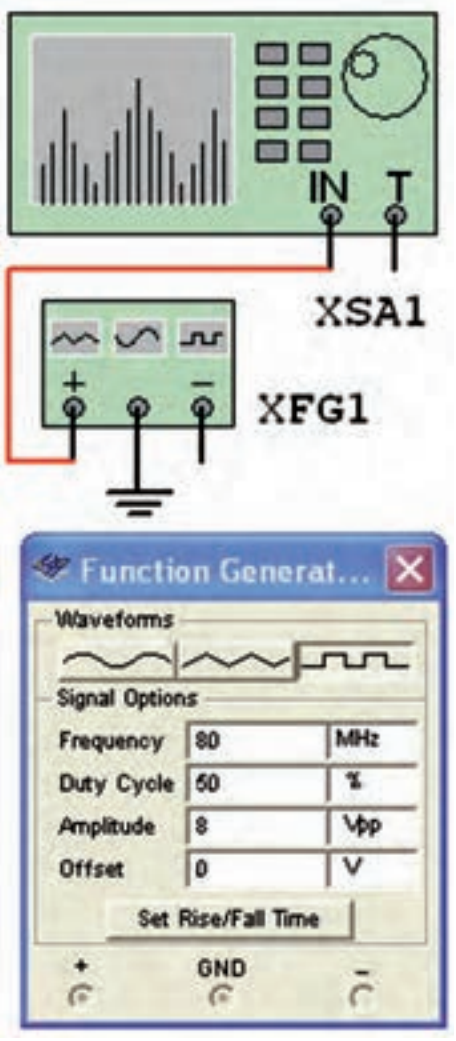
این زبانه به طور خودکار تنظیم می‌شود و مقدار اولیه‌ی

آن برابر با $\Delta F = \frac{F - End}{۱۰۲۴}$ اســت. کاربــر می‌تواند مقدار دقــت جابه‌جایی را افزایــش دهد. این افزایــش باید مضرب صحیحــی از میزان دقــت جابه‌جایی اولیه باشــد و مقدار آن کم‌تر از ΔF محاســبه شده نشــود. برای مثال اگر برابر ۱۰۰ مگاهرتز اســت. میزان Frequency Resolution نباید از $\Delta F = \frac{۱۰۰۰۰۰KHz}{۱۰۲۴} = ۹۷KHz$ کم‌تر باشد.

۳-۱ آزمایش ۲:

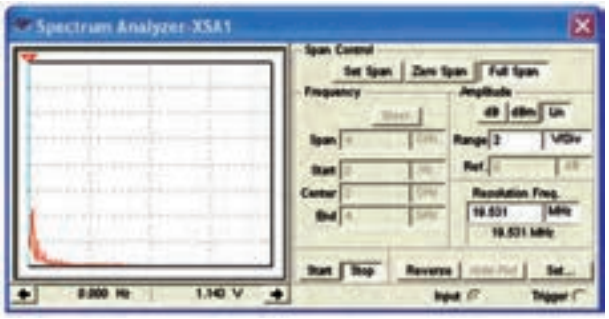
مشاهده‌ی هارمونیک‌های موج مربعی

۱-۳-۱ مــدار شــکل ۱۱-۱ را روی میز آزمایشــگاهی نرم‌افزار ببندید. فانکشــن‌ژنراتور را روی مقادیر داده شــده به طور دقیق تنظیم کنید.



شکل ۱۱-۱ مدار مشاهده‌ی هارمونیک‌های موج مربعی

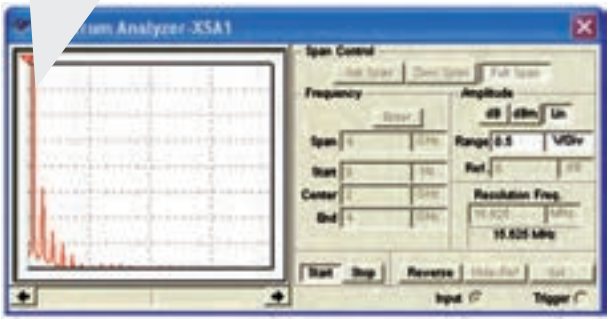
۲-۳-۱ روی دســتگاه طیف‌نمــا دو بــار کلیک کنید تا شکل ۱۲-۱ روی صفحه ظاهر شــود. همان طور که ملاحظه می‌شــود طیف فرکانســی در ســمت چپ صفحه‌ی نمایشگر دســتگاه ظاهر شــده اســت: این طیف خیلی روشن و واضح نیست.



شکل ۱۲-۱ 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 اســت. با کمی تغییر در مقادیر می‌توانیم وضعیت طیف فرکانسی ظاهر شده را بهبود بخشیم.

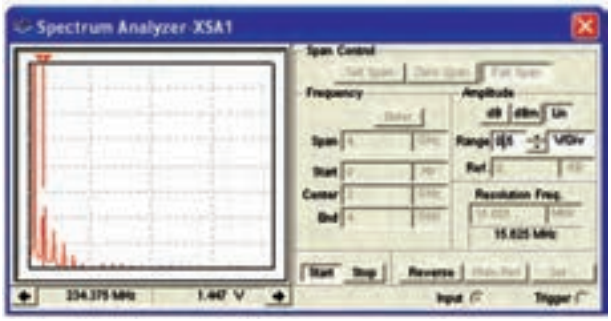
۳-۳-۱ در حالی که نرم‌افزار روشن است رنج (Range) مربوط به دامنــه (Amplitude)، مقدار V/Div را به ۰/۵ ولت کاهش دهید، شــکل ۱۳-۱ ظاهر می‌شود که شکل موج طیف فرکانسی تا حدودی بهتر شده است.



شکل ۱۳-۱ بهبود طیف فرکانسی

مکان‌نما که در سمت چپ صفحه‌ی نمایشگر وجود دارد

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

$F_۲ = ...MHz \qquad V_۲ = ...V_{P-P}$

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

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

$F_۱ = ...MHz \qquad V_۱ = ...V_{P-P}$

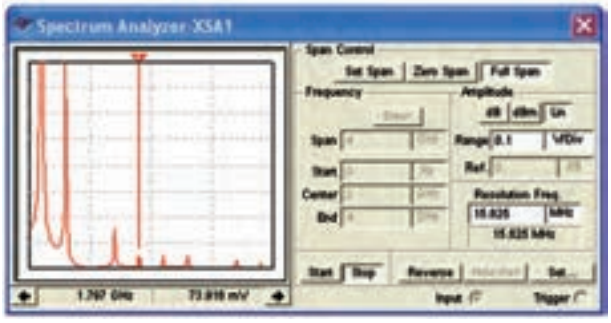
$F_۳ = ...MHz \qquad V_۳ = ...V_{P-P}$

$F_۴ = ...MHz \qquad V_۴ = ...V_{P-P}$

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

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.

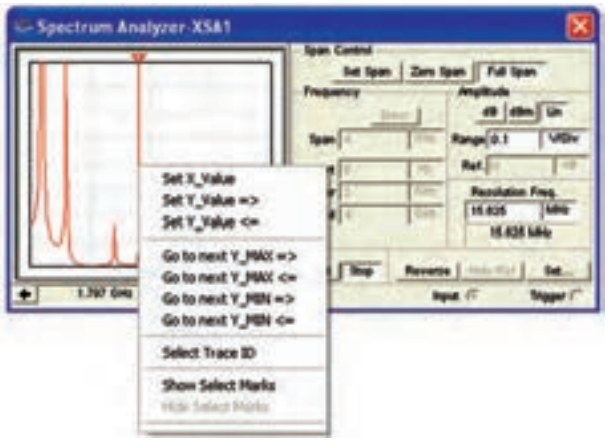
۱-۳-۵ فرکانس فانکشن‌ژنراتور را روی ۲۰۰ مگاهرتز بگذارید و فرکانس هر یک از هارمونیک‌ها را اندازه بگیرید. در شکل ۱۵-۱ اندازه‌گیری فرکانس چهارم نشان داده شده است.



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.

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

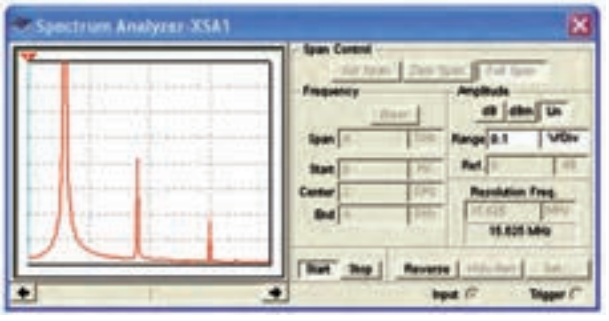


شکل ۱۶-۱ منوی مربوط به مکان‌نما

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 ۱۷-۱ هارمونیک‌های موج مثلثی با فرکانس ۵۰۰ مگاهرتز نشان داده شده است.

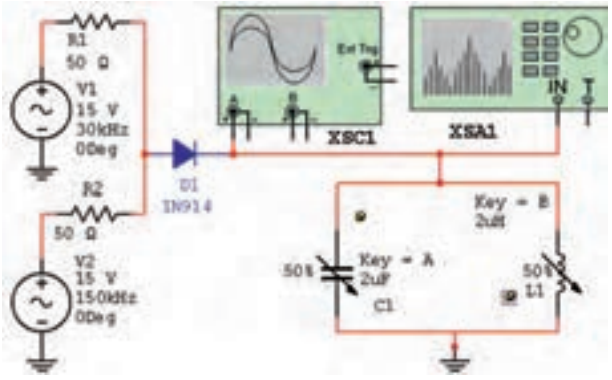


شکل ۱۷-۱ هارمونیک‌های موج مثلثی
با فرکانس ۶۰۰ مگاهرتز

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.

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

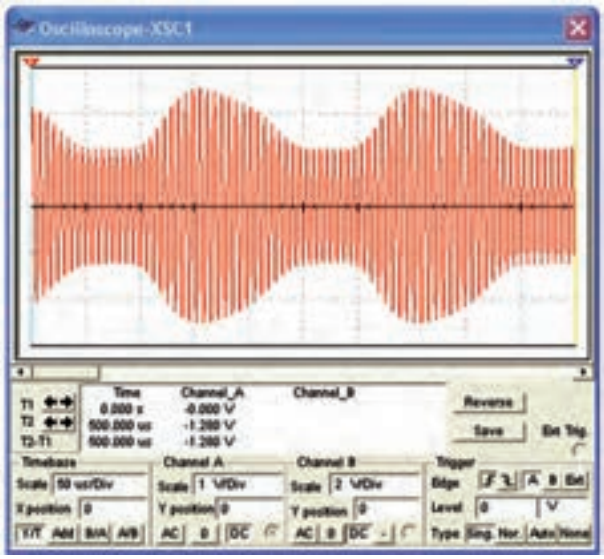
۸-۳-۱ مدار شکل ۱۸-۱ را ببندید. شما می‌توانید این مدار را در قسمت نمونه‌های (Samples) موجود در نرم‌افزار مولتی‌سیم پیدا کنید و آن را مورد استفاده قرار دهید.



شکل ۱۸-۱ مدار مدولاتور AM

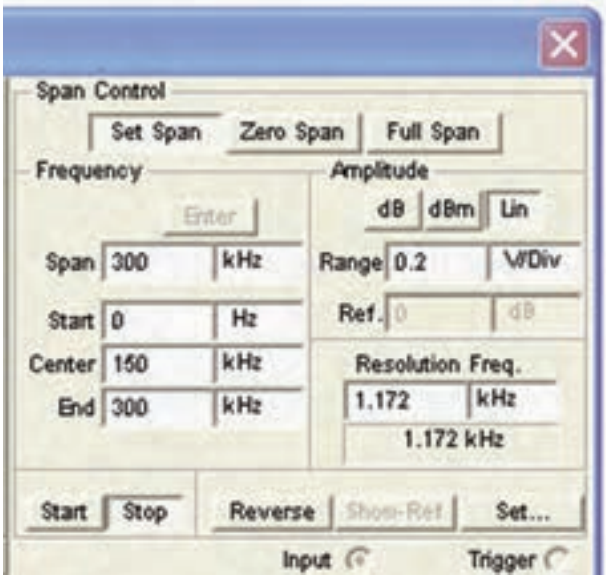
همان‌طور که مشاهده می‌شود، این مدار یک مدولاتور AM است.

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



شکل ۱۹-۱ موج مدوله شده‌ی AM

۱۰-۳-۱ مـدار نرم‌افزاری را غیر فعـال کنید (خاموش کنید) دستگاه اسیلوسکوپ را ببندید و دستگاه طیف‌نما را باز کنید و مطابق شکل ۲۰-۱ تنظیم نمائید.



شکل ۲۰-۱ تنظیم زبانه‌های دستگاه طیف‌نما

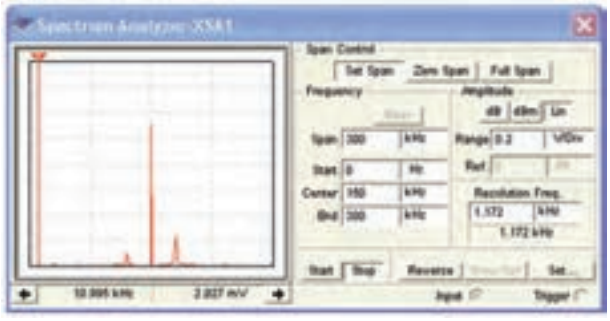
نکته **بسیارمهم :**

برای تنظیم دسـتگاه طیف‌نما فقط فرکانس‌های Span و Center را تنظیـم نمائید. هم‌چنین زبانه‌ی Span Control روی Set Span باشد.

زبانه‌ی Center روی دسـتگاه طیف‌نما را فعال کنید در این حالت تنظیم‌هـای Start و Stop به طور خودکار انجام می‌شود.

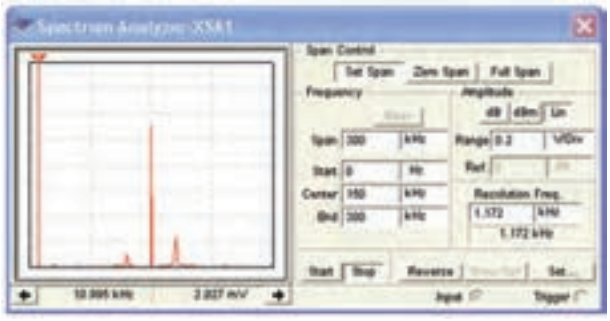
۱۱-۳-۱ پس از تنظیم دسـتگاه طیف‌نما مدار نرم‌افزار را فعال کنید و کمی صبر کنید تا شـکل موج نشـان داده شـده روی آن کاملاً تثبیت شـود. در شـکل ۲۱-۱ طیف فرکانسی موج AM مدار شکل ۱۸-۱ نشان داده شده است.

توجه: برای مشـاهده‌ی طیف فرکانسـی لازم اسـت فرکانـس پیـام را ۳۰KHz انتخاب کنید.



شکل ۲۱-۱ طیف فرکانسی موج AM روی دستگاه طیف‌نما

۱۲-۳-۱ طبق شـکل ۲۲-۱ مقـدار فرکانس و دامنه‌های حامـل فرکانس کناری بـالا(USF) و فرکانس کناری پایین (LSF) را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.



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

F_C = ...MHz E_C = ...V_{P-P}
F_{USF} = ...MHz E_{USF} = ...V_{P-P}
F_{LSF} = ...MHz E_{LSF} = ...V_{P-P}

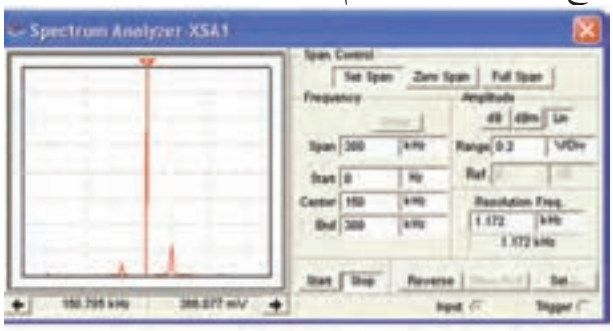
سؤال ۶: آیا با توجه به آن‌چه که در مباحث تئوری خوانده‌اید، این آزمایش با مطالب گفته شده انطباق دارد؟ توضیح دهید.

تحقیق کنید:
به چه دلیل مقدار دامنه‌ی LSF کم‌تر از دامنه‌ی USF است؟

۱-۳-۱۳ 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.

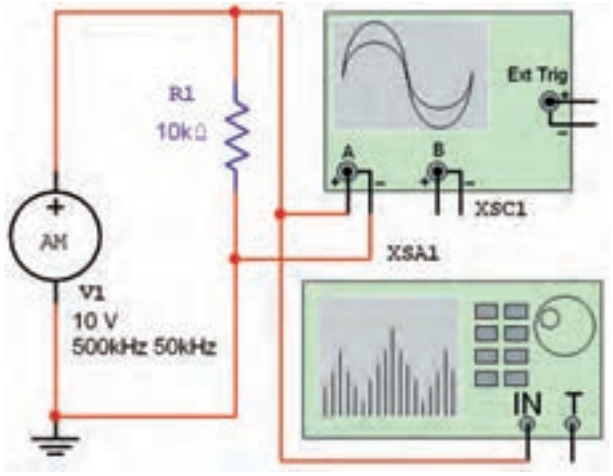
توجه: دستگاه طیف‌نما یک دستگاه گران‌قیمت و کاملاً تخصصی است که در زمینه‌های مخابراتی و صوتی خاص به کار می‌رود. لذا اجرای سخت‌افزاری آن در آزمایشگاه هنرستان ضرورتی ندارد.

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



شکل ۱-۲۳ مشاهده‌ی مدار مولد موج AM

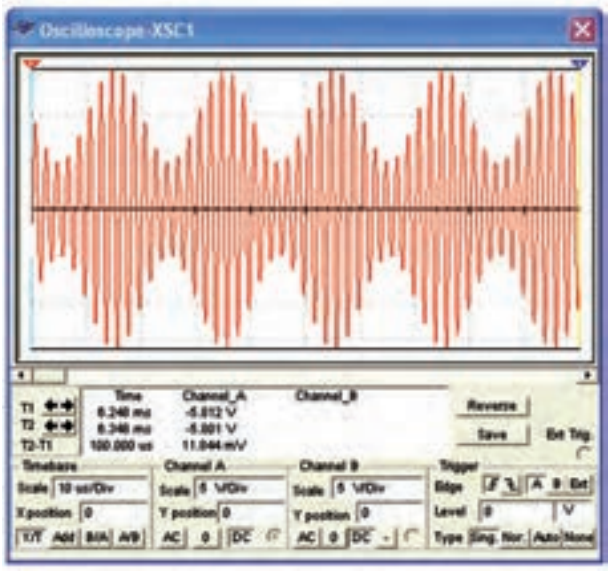
۱-۳-۱۵ نرم‌افزار را روشن کنید و اسیلوسکوپ XSC1 را فعال نمائید. تنظیمات اسیلوسکوپ را به گونه‌ای انجام دهید تا شکل موج مدار نشان داده شده در شکل ۱-۲۴ روی صفحه ظاهر شود.



شکل ۱-۲۴ سیگنال مدوله شده‌ی AM

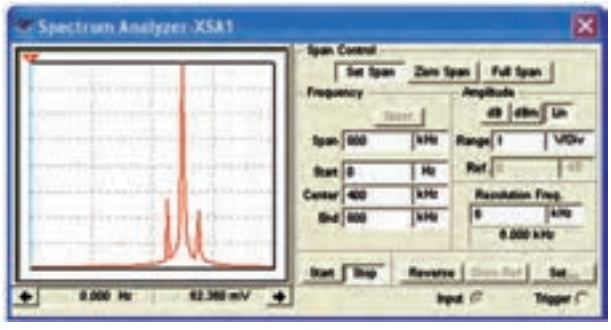
۱-۳-۱۶ دستگاه طیف‌نما را طبق شکل ۱-۲۵ تنظیم کنید. برای دستگاه از زبانه‌ی Start و Stop استفاده نمائید. ابتدا زبانه‌ی Stop را فعال کنید، مقادیر Center و Span را طبق شکل تنظیم نمائید. پس از تنظیم این مقادیر، زبانه‌ی Center را فعال کنید. مقادیر مربوط به Start و End به طور خودکار تنظیم می‌شود. توجه داشته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

امکان‌پذیر باشد. زبانه‌ی Amplitude را روی Lin و رنج آن را روی ۱V/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

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 = ...MHz E_C = ...V_{P-P}
F_{USF} = ...MHz E_{USF} = ...V_{P-P}
F_{LSF} = ...MHz E_{LSF} = ...V_{P-P}

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 ۲۰۰KHz و مقدار فرکانس پیام را به ۲۵KHz تغییر دهید و طیف فرکانسی را به دست آورید.

تمرین ۴ : مقدار فرکانس پیام را در شکل ۱-۲۳ به ۱۰۰KHz 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.