# راهنمای استفاده از نرم افزار FilterCAD
# بر اساس نسخه سوم

FEP.ir

راهنمای پیش‌رو برای آموزش کار با نرم‌افزار FilterCAD متعلق به شرکت Linear Technology تهیه شده است. کلیه حقوق این اثر متعلق به گروه ICEEP دانشگاه تهران است. هر گونه تکثیر از این اثر منوط به اجازه‌ی کتبی پدیدآورندگان این راهنما در گروه ICEEP می‌باشد.

www.ICEEP.ir

# فهرست

فصل ۱: پیشگفتار ..... ۵
فصل ۲: مرور کلی نرم‌افزار ..... ۷
۲-۱- متد های طراحی ..... ۸
فصل ۳: چگونگی کار با نرم‌افزار ..... ۱۰
۳-۱- Quick Design/Implement ..... ۱۱
۳-۲- شماتیک ..... ۲۰
۳-۳- پاسخ فرکانس ..... ۲۱
۳-٤- پاسخ زمان ..... ۲۷
۳-۵- Enhanced Design/Implement ..... ۳۰
۳-٦- Custom Design ..... ۳۳
۳-۷- Enhanced Implement ..... ۳٤
فصل ۵: واژه‌نامه ..... ٤۱

www.ICEP.ir

# فهرست شکل‌ها

شکل (۳-۱) پنجره‌ی انتخاب روش طراحی ..... ۱۱
شکل (۳-۲) پنجره‌ی انتخاب نوع فیلتر ..... **Error! Bookmark not defined.**
شکل (۳-۳) پنجره‌ی تعیین مشخصات برای فیلتر پایین یا بالاگذر ..... ۱۲
شکل (۳-٤) پنجره‌ی تعیین مشخصات برای فیلتر میان‌گذر یا بالاگذر ..... ۱۳
شکل (۳-۵) پنجره‌ی تعیین فاز خطی و دقت DC ..... ۱٤
شکل (۳-٦) پنجره‌ی تعیین ولتاژ منبع تغذیه‌ی مدار فیلتری ..... ۱۵
شکل (۳-۷) پنجره‌ی طراحی‌های پیشنهادی برنامه‌ی FilterCAD ..... ۱٦
شکل (۳-۸) پنجره‌ی انتخاب بسته‌بندی فیلتر ..... ۱۹
شکل (۳-۹) پنجره‌ی انتخاب عنوان طراحی ..... ۱۹
شکل (۳-۱۰) پنجره‌ی شماتیک ..... ۲۱
شکل (۳-۱۱) پنجره‌ی پاسخ فرکانس ..... ۲۳
شکل (۳-۱۲) پنجره‌ی تنظیم محورهای پاسخ فرکانس ..... ۲٤
شکل (۳-۱۳) پاسخ فرکانس ..... ۲۷
شکل (۳-۱٤) پاسخ زمان ..... ۲۸
شکل (۳-۱۵) تنظیم محورهای پنجره‌ی پاسخ زمان ..... ۲۹
شکل (۳-۱٦) پنجره‌ی Enhanced Design ..... ۳۰
شکل (۳-۱۷) باکس ضرایب در طراحی دلخواه ..... ۳۳
شکل (۳-۱۸) لیست انواع بخش‌های مرتبه یک و دو ممکن در Custom Design ..... ۳٤
شکل (۳-۱۹) پنجره‌ی Enhanced Implement ..... ۳۵
شکل (۳-۲۰) پنجره‌ی Probe ..... ۳۹

www.ICEE.ir

# فصل اول

# پیشگفتار

در این راهنما به بررسی نحوه‌ی استفاده از نرم‌افزار FilterCAD- Version 3.00 خواهیم پرداخت.

بدیهی است گفتار پیش رو برای آن دسته از افرادی که با این نرم‌افزار آشنا نبوده و یا افرادی که خواهان بازیابی اطلاعاتشان در مورد این نرم‌افزار هستند مفید خواهد بود.

www.ICEEP.ir

فصل دوم

# مرور کلی

# نرم افزار

با استفاده از نرم‌افزار FilterCAD که متعلق به شرکت Linear Technology بوده می‌توان چهار نوع عمده‌ی فیلترها (پایین‌گذر[۱]، بالاگذر[۲]، میان‌گذر[۳]، میان‌نگذر[۴]) را طراحی کرده و نمودار دامنه[۵] و فاز[۶] آن‌ها را مشاهده کرد.

## ۲-۱- متد های طراحی[۷]

FilterCAD دو روش برای طراحی فیلتر در اختیار کاربر قرار داده است:

۱. Quick Design/Implement
۲. Advanced Design/Implement

Quick Design روش طراحی قدم‌به‌قدم است که در آن اطلاعات لازم برای طراحی بااستفاده از مجموعه‌ای از پنجره‌ها از کاربر دریافت شده و در بخش Quick Implement مشخصاتی مانند خطی بودن فاز[۸] و/یا دقت DC[۹]، ولتاژ منبع تغذیه[۱۰]، نوع آی سی مورد استفاده، فرکانس کلاک[۱۱] و نوع بسته‌بندی[۱۲] تعیین می‌شوند. بعد از کامل شدن مراحل Quick Implement، پاسخ

---

۱ Lowpass
۲ Highpass
۳ Bandpass
۴ Notch
۵ Amplitude
۶ Phase
۷ Design
۸ Linear Phase
۹ DC Accuracy
۱۰ Power Supply
۱۱ Clock Frequency
۱۲ Package



www.ICEP.ir

فرکانس[۱]، پاسخ زمان[۲] و شماتیک[۳] فیلتر تولید می شوند. طراحی با این روش بسیار ساده و آسان است اما تمام گزینه هایی را که Enhanced Design و Enhanced Implement ارائه می دهد در بر نمی گیرد.

در روش Enhanced Design مشخصات دقیق برای طراحی فیلتر یکجا از کاربر گرفته می‌شود. این روش علاوه بر گزینه هایی که Quick Design ارائه می دهد، شامل گزینه هایی مانند انتخاب نوع پاسخ فیلتر[٤] و Custom Design می باشد و اطلاعات بیشتری در مورد فیلتر از قبیل فرکانس قطع[٥]، ضریب کیفیت[٦] و نوع بخش‌های مرتبه اول[٧] و مرتبه دو[٨] را در اختیار کاربر قرار می‌دهد.

www.ICEEP.ir

---

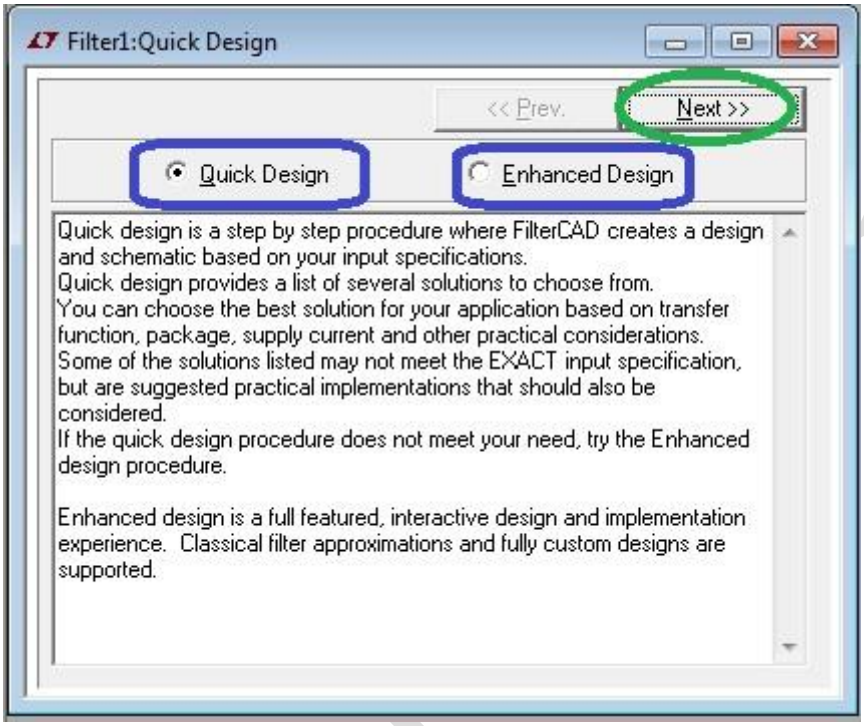
۱ Frequency Response
۲ Time Response
۳ Schematic
٤ Response Type
٥ Cut-off Frequency ($F_c$)
٦ Quality Factor (Q)
۷ First Order Sections
۸ Second Order Sections

فصل سوم

# چگونگی کار با

# نرم‌افزار

در ابتدای کار با FilterCAD برای طراحی یک فیلتر جدید از منوی File گزینه "جدید[۱]" را انتخاب کنید. در پنجره‌ی باز شده روش طراحی مورد نظر را انتخاب کنید. در هر مرحله برای رفتن به مرحله‌ی بعد گزینه‌ی "بعدی[۲]" و برای بازگشت به پنجره‌ی قبل گزینه‌ی "قبلی[۳]" را انتخاب کنید.




شکل (۳-۱) پنجره‌ی انتخاب روش طراحی

## ۳-۱- Quick Design/Implement

با انتخاب Quick Design، پنجره‌ی زیر باز خواهد شد که در آن نوع فیلتر[۴] مورد نظر کاربر انتخاب می‌شود. در هر مرحله از طراحی برای تعویض روش طراحی به متد Enhanced، از منوی Enhanced یکی از گزینه های Design یا Implement را انتخاب کنید.

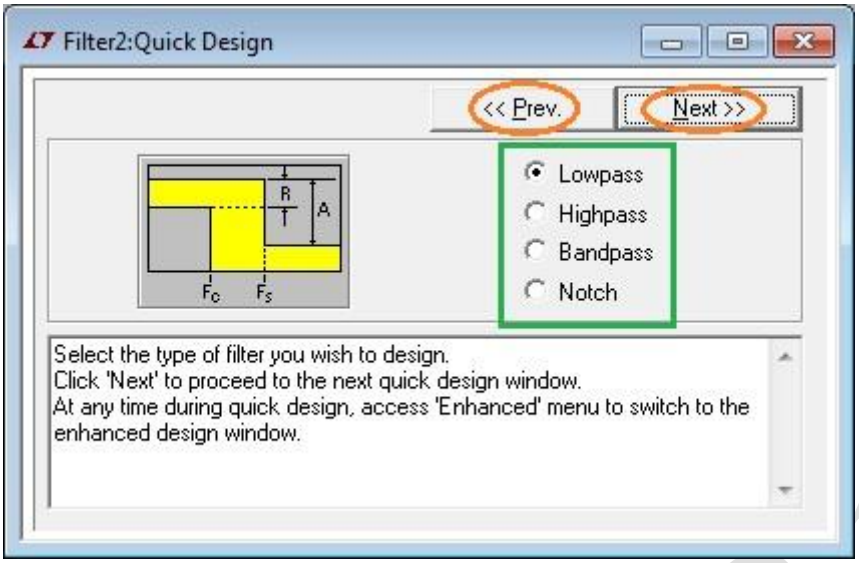
---

۱ New

۲ Next

۳ Previous

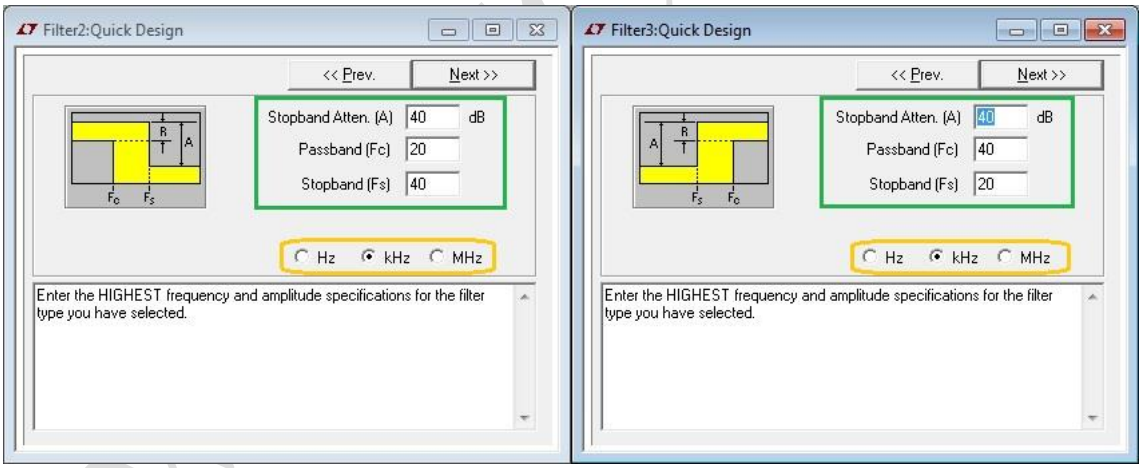
۴ Filter Type




شکل (۳-۲) پنجره‌ی انتخاب نوع فیلتر

### ۳-۱-۱ پایین گذر[۱] یا بالا گذر[۲]

در این حالت باید در پنجره‌ی زیر سه پارامتر طراحی را تعیین کنید:




شکل (۳-۳) پنجره‌ی تعیین مشخصات برای فیلتر پایین یا بالاگذر

(به ترتیب از خط اول):

---

[۱] Lowpass

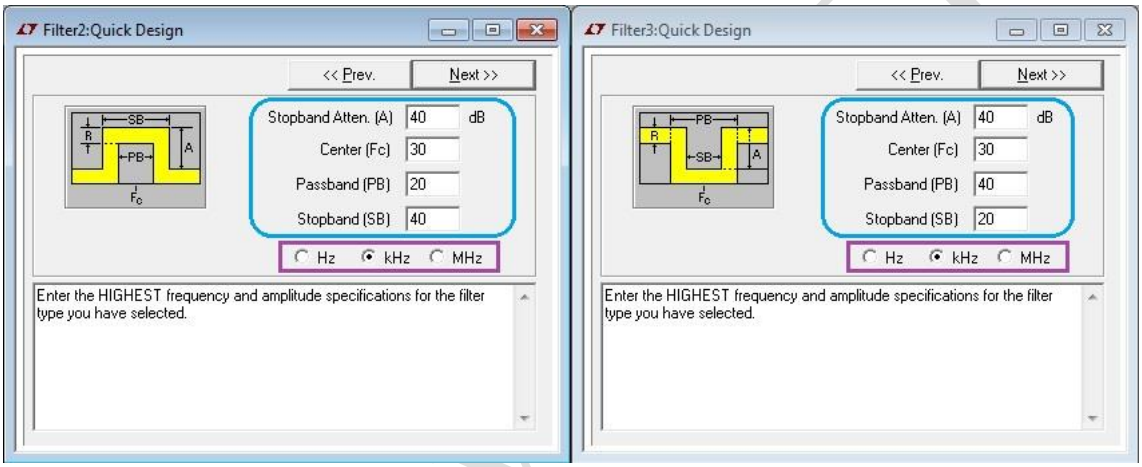
[۲] Highpass

- میرایی[۱] برحسب دسی‌بل[۲]
- فرکانس قطع باند عبور[۳]
- فرکانس نمونه‌برداری[٤] باند قطع[٥]

در هنگام مشخص کردن مقادیر فرکانس‌ها به واحدها توجه کنید. می‌توانید یکی از واحدهای هرتز[٦]، کیلوهرتز[۷] یا مگاهرتز[۸] را انتخاب کنید.

### ۳-۱-۲ میان گذر[۹] یا میان نگذر[۱۰]

در این حالت باید در پنجره‌ی زیر چهار پارامتر طراحی را تعیین کنید:




شکل (۳-٤) پنجره‌ی تعیین مشخصات برای فیلتر میان‌گذر یا بالاگذر

---

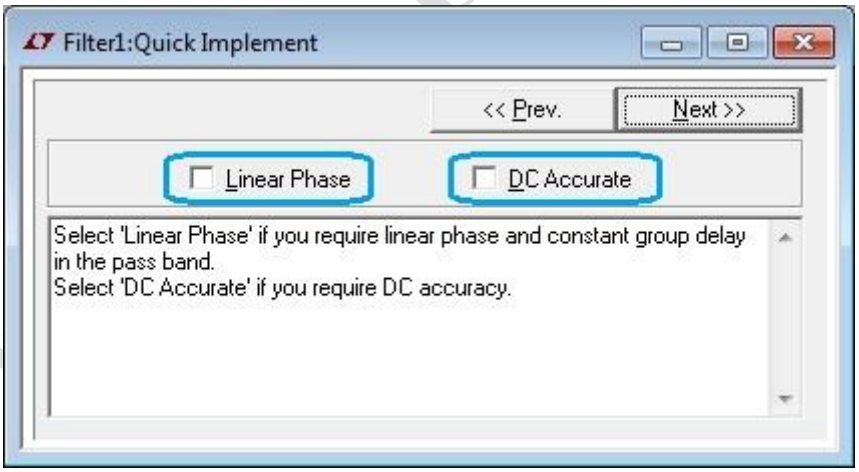
۱ Attenuation
۲ dB
۳ Passband
٤ Sampling Frequency
٥ Stopband Frequency
٦ Hz
۷ kHz
۸ MHz
۹ Bandpass
۱۰ Notch

(به ترتیب از خط اول):

- میرایی برحسب دسی‌بل
- فرکانس مرکزی[۱]
- عرض[۲] باند عبور
- عرض باند قطع

در هنگام مشخص کردن مقادیر فرکانس ها به واحدها توجه کنید. می‌توانید یکی از واحدهای هرتز، کیلوهرتز و یا مگاهرتز را انتخاب کنید.

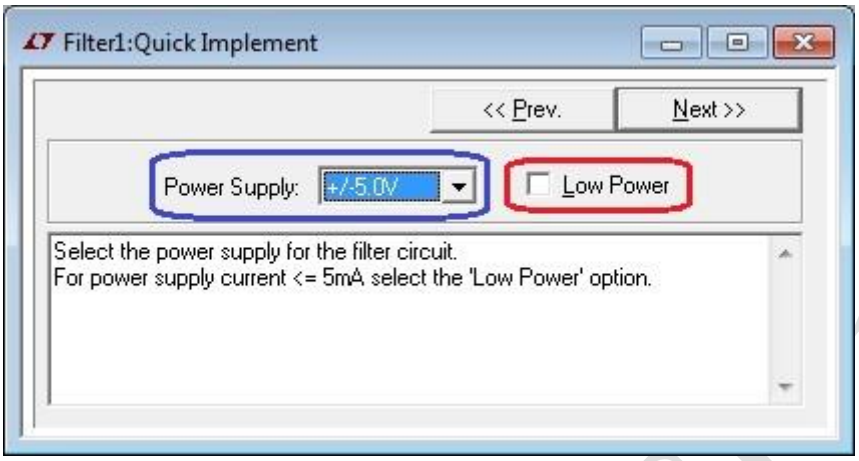
بعد از انتخاب نوع فیلتر و تعیین مشخصات مربوطه، گزینه‌ی "بعدی" را انتخاب کنید تا برنامه مستقیما وارد پنجره‌ی Quick Implement شود. در این مرحله "خطی بودن فاز" و "دقت DC" تعیین می‌شود. اگر به خطی بودن فاز و ثابت بودن group delay احتیاج دارید، گزینه‌ی "فاز خطی" را انتخاب کنید.




شکل (۳-۵) پنجره‌ی تعیین فاز خطی و دقت DC

[۱] Center Frequency
[۲] Width

در مرحله‌ی بعد ولتاژ منبع تغذیه‌ی مدار فیلتر تعیین می شود. اگر می‌خواهید جریان منبع تغذیه‌ی مدار کمتر یا مساوی ۵ میلی آمپر باشد، گزینه‌ی "کم قدرت[۱]" را انتخاب کنید.



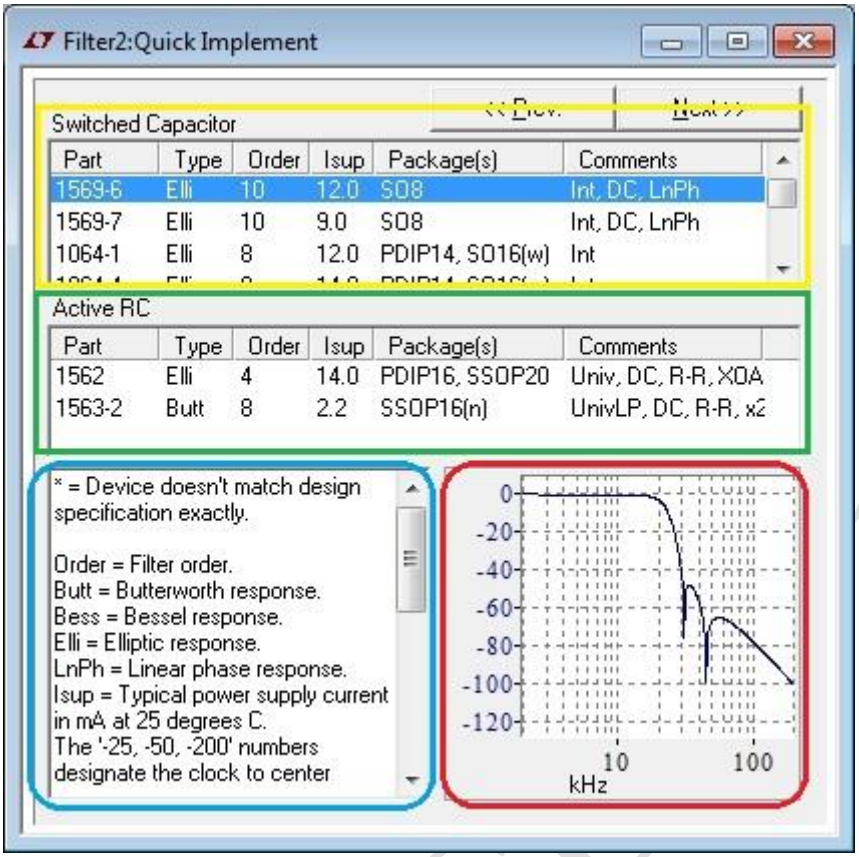

شکل (۳-٦) پنجره‌ی تعیین ولتاژ منبع تغذیه‌ی مدار فیلتری

در این مرحله FilterCAD بر مبنای اطلاعاتی که تا این مرحله از کاربر دریافت کرده، یک لیست از قطعه[۲]های پیشنهادی در قالب پنجره‌ی زیر ارائه می دهد. با انتخاب قطعه‌ی مورد نظر، می‌توان به مرحله‌ی بعد رفت. همان طور که دیده می شود این پنجره شامل ٤ بخش می باشد:

www.ICEE.ir

[۱] Low Power

[۲] Device




شکل (۳-۷) پنجره‌ی طراحی‌های پیشنهادی برنامه‌ی FilterCAD

- خازن متغیر:

این بخش شامل چند ردیف بوده که هر ردیف توضیح یک آی‌سی فیلترکننده‌ی خازن متغیر[۱] شرکت LTC است. این توضیح شامل شماره[۲]، نوع پاسخ فیلتر، مرتبه[۳]ی آن، جریان معمول منبع تغذیه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد برحسب میلی‌آمپر، نوع بسته‌بندی و توضیحات اضافه[۴] می باشد.

- RC فعال[۵]:

---

۱ Switched Capacitor Filter IC

۲ Part Number

۳ Order

۴ Comment

۵ Active RC

این بخش نیز مانند بخش خازن متغیر است با این تفاوت که در هریک از ردیف‌ها به جای یک آی‌سی فیلترکننده‌ی خازن متغیر، یک آی‌سی فیلترکننده‌ی RC فعال[۱] توضیح داده شده، آی‌سی‌های RCفعال کلاک[۲] ندارند.

- فهرست راهنما:

در این بخش معنای علامت‌های به‌کاررفته در این پنجره دیده می‌شود:

- علامت ❋ = قطعه کاملا با مشخصات طراحی منطبق نیست.
- Order = مرتبه‌ی فیلتر
- Butterworth = Butt
- Bess = بسل[۳]
- Elli = الیپتیک[۴]
- LnPh = پاسخ فاز خطی[۵]
- Isup = جریان منبع تغذیه برحسب میلی‌آمپر در دمای ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد
- اعداد 200- ، 50- ، 25- نشان‌دهنده‌ی نسبت فرکانس کلاک به فرکانس مرکزی هستند.
- Int = قطعه، مجتمع[۶] است، پاسخ فرکانس ثابت بوده و هیچ مولفه[۷]ی خارجی[۱]ای

---

[۱] Active RC Filter IC
[۲] Clock
[۳] Bessel
[۴] Elliptic
[۵] Linear Phase Response
[۶] Integrated
[۷] Component



www.ICEEP.ir

نیاز نیست

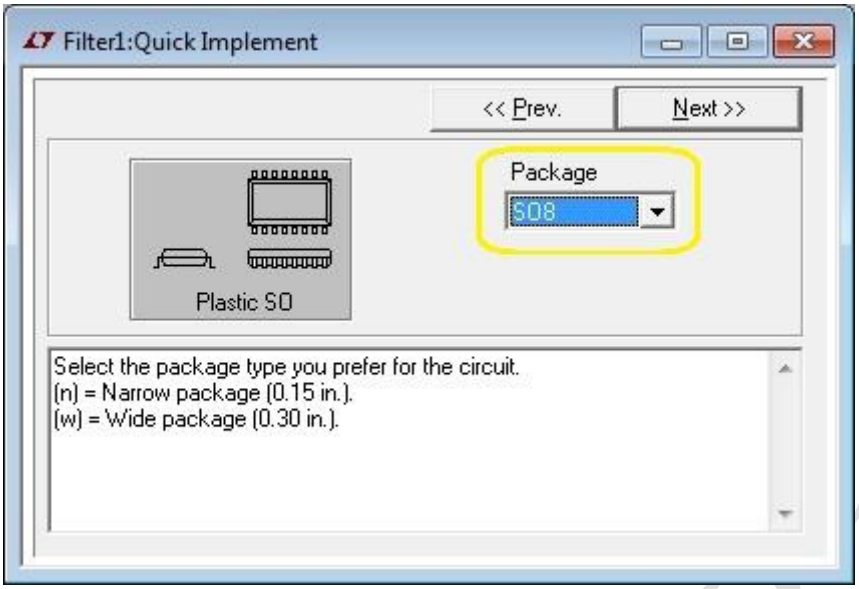
- Univ = قطعه، جهانی[۲] است، برای تعیین پاسخ فرکانس به مقاومت‌های خارجی احتیاج داریم
- X2 = دو قطعه احتیاج داریم
- DC = بخش دقت DC
- R-R = بخش Rail-to-Rail
- XOA = طراحی به آپ‌امپ‌های خارجی اضافه احتیاج دارد
- Cont = قطعه، Continuous time است
- (n) = بسته‌بندی باریک[۳] (۰,۱۵ اینچ)
- (w) = بسته‌بندی عریض[۴] (۰,۳۰ اینچ)
- شکل پاسخ بهره[۵] : در این بخش می توان کلیت پاسخ بهره‌ی فیلتر را دید.

بعد از این مرحله و انتخاب قطعه‌ی مورد نظر کاربر، بسته‌بندی انتخاب می شود:

- (n) = پکیج باریک (۰,۱۵ اینچ)
- (w) = پکیج عریض (۰,۳۰ اینچ)

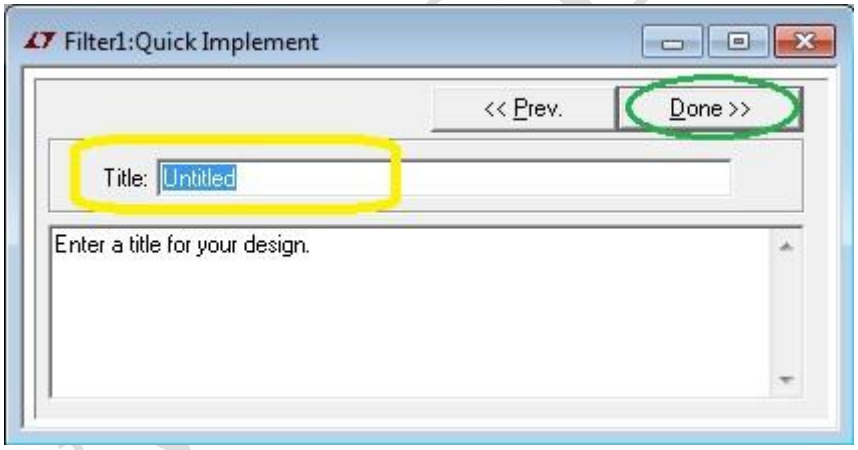
www.ICEP.ir

۱ External
۲ Universal
۳ Narrow
۴ Wide
۵ Gain Response




شکل (۳-۸) پنجره‌ی انتخاب بسته‌بندی فیلتر

و در انتها با انتخاب یک عنوان[۱]، طراحی تمام می شود.




شکل (۳-۹) پنجره‌ی انتخاب عنوان طراحی

با انتخاب "پایان[۲]"، سه پنجره‌ی پاسخ زمان، پاسخ فرکانس و شماتیک فیلتر باز خواهند شد که در ادامه به توضیح هریک می پردازیم. علاوه‌بر این سه پنجره، پنجره‌ی لیست قطعه‌های پیشنهادی

[۱] Title
[۲] Done

نیز دوباره باز می شود که می توان با تکرار مراحل گفته شده همه‌ی قطعه‌ها را بررسی کرد.

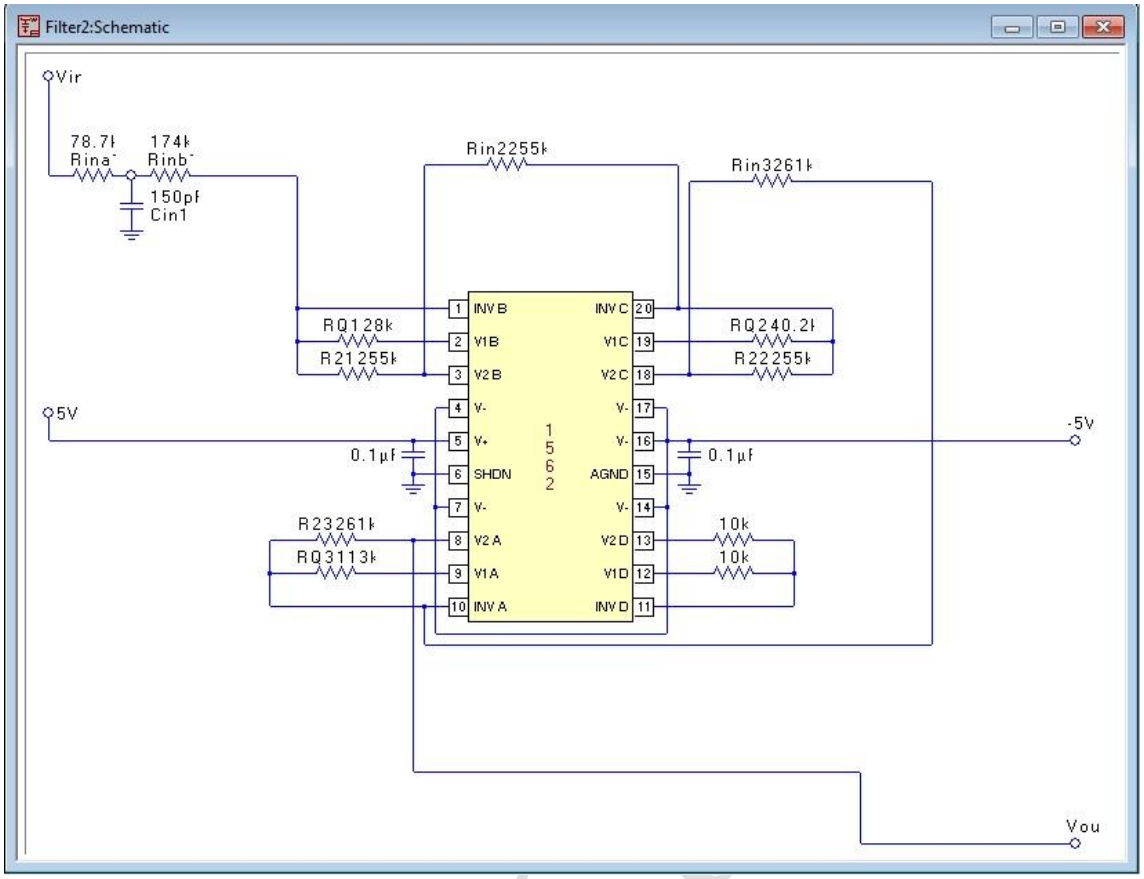
## ۳-۲- شماتیک

این پنجره یک شماتیک از مدار فیلتر ارائه می‌دهد که می‌توان آن را چاپ کرد. همچنین می‌توان مقدار مقاومت‌های مدار را تغییر داد. برای این کار، اشاره‌گر ماوس[۱] را روی مقاومت مورد نظر برده، صبر کنید تا حالت اشاره‌گر عوض شده و کلمه‌ی "Edit" ظاهر شود سپس کلیک کنید.

اگر از متد Enhanced Implement به شماتیک رسیده باشید می‌توانید خروجی‌های بخش‌های مختلف فیلتر و همچنین خروجی نهایی فیلتر را probe کنید. (در ادامه به توضیح probe خواهیم‌پرداخت) برای این کار، اشاره‌گر ماوس را روی پین خروجی آی‌سی مورد نظر برده، صبر کنید تا حالت اشاره‌گر عوض شده و کلمه‌ی "Edit" ظاهر شود.

www.ICEEP.ir

[۱] Mouse Pointer




شکل (۳-۱۰) پنجره‌ی شماتیک

## ۳-۳- پاسخ فرکانس

این پنجره نمودار پاسخ دامنه و فاز یا group delay را روی یک محدوده‌ی فرکانس نشان می‌دهد.

محور عمودی دامنه‌ی سیگنال را برحسب دسی‌بل و محور افقی فرکانس را برحسب کیلوهرتز نشان می‌دهد.

سه گزینه در گوشه‌ی پایین سمت راست پنجره وجود دارد که تعیین کننده‌ی داده‌ای هستند که در محور عمودی سمت راست قرار می گیرد (فاز، group delay یا هیچکدام) که در شکل ۳-۱۱ ، group delay انتخاب شده است.

دو گزینه‌ی log و linear در گوشه‌ی سمت چپ پایین پنجره وجود دارد که برای انتخاب حالت لگاریتمی[۱] و خطی[۲] به کار می‌روند.

در سمت چپ پنجره، "نوار ابزار[۳]" برای دسترسی سریع به گزینه‌های زیر قرار دارد. تمام گزینه های این منو از منوی chart نیز قابل دسترسی هستند. این گزینه ها عبارتند از:

### ۳-۳-۱- رنگ نمودار[۴]

این گزینه رنگ خطوط نمودار فعال را عوض می کند.( نمودار فعال نموداری است که دور محور عمودی آن یک مستطیل نقطه چین باشد، با کلیک بر روی یک محور آن محور فعال می شود. در شکل ۳-۱۱ نمودار عمودی سمت راست فعال است)

### ۳-۳-۲- مکان‌نما[۵]

این گزینه تعیین می‌کند اطلاعات در قسمت بالایی نمودار چگونه نمایش داده می‌شود. در صورت فعال بودن مکان‌نما در قسمت بالای نمودار، اطلاعات مقادیر نمودار قرار دارد که در ردیف اول آن اطلاعات مربوط به فرکانس، در ردیف دوم بهره و در صورت فعال بودن فاز یا group delay ، در ردیف سوم اطلاعات مربوط به آن‌ها قرار خواهد داشت. با جابه‌جا کردن مثلث مشکی بالای این مکان‌نما می‌توان مقدار فرکانس و بهره (و درصورت فعال بودن، فاز یا group delay ) را در نقطه‌ی موردنظر خواند و یا با نوشتن مقدار عددی مورد نظر اطلاعات آن نقطه را دید. اگر هردو مکان‌نما فعال باشند این گزینه هر دو را غیرفعال می کند، اگر هردو غیرفعال باشند یکی را فعال می‌کند، اگر

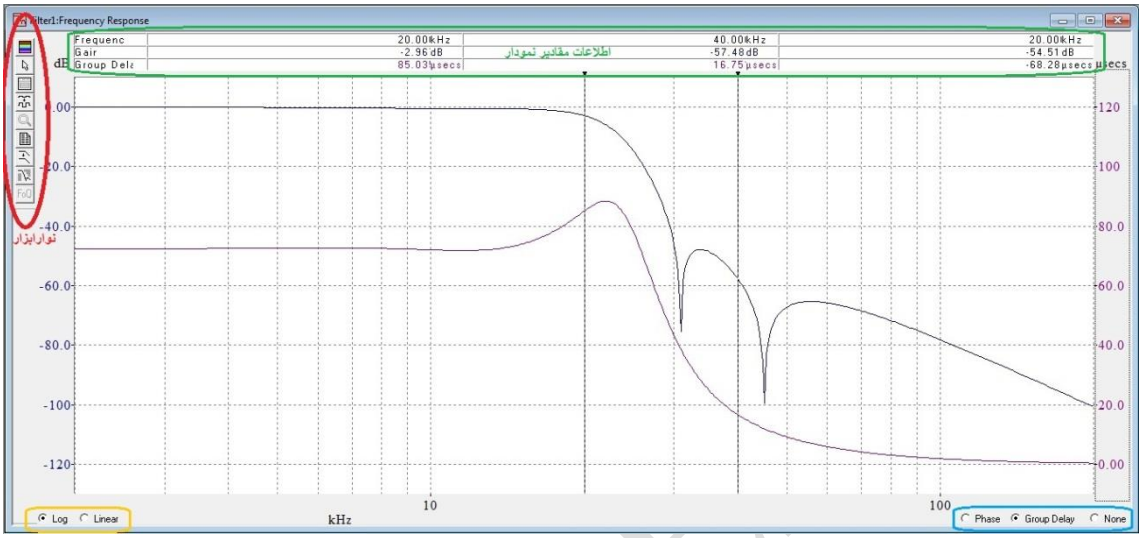
---

۱ Logarithmic
۲ Linear
۳ Toolbar
۴ Trace Color
۵ Cursor



www.ICEP.ir

یکی فعال باشد هردو را فعال می کند. اگر هردو مکان‌نما فعال باشند در ستون سوم اختلاف دو مقدار نوشته می‌شود. برای مشاهده‌ی اطلاعات مربوط به فرکانسی دلخواه، عدد مورد نظر را در سطر مربوطه بنویسید یا مکان‌نما را جابه‌جا کنید تا به نقطه‌ی مورد نظر برسید.

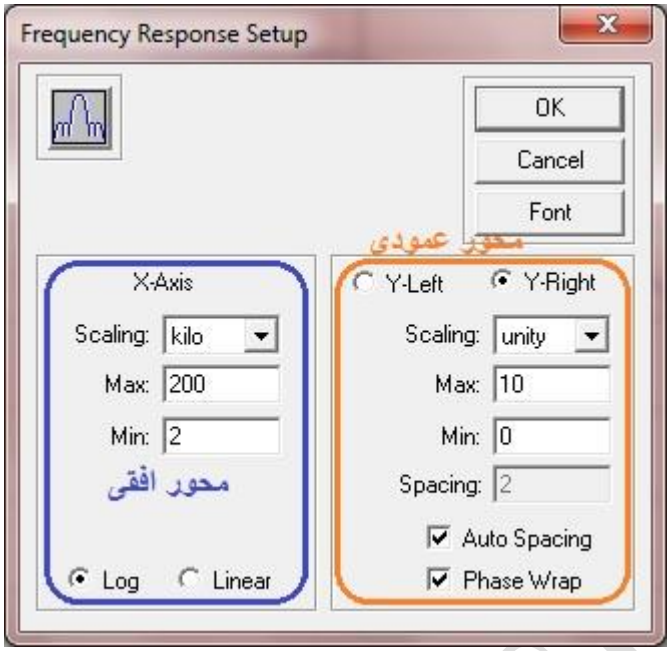



شکل (۳-۱۱) پنجره‌ی پاسخ فرکانس

## ۳-۳-۳- تنظیم محورها[۱]ی پاسخ فرکانس

برای تغییر واحد هر محور، روی محدوده‌ی مربوط به آن محور دابل کلیک کنید تا پنجره‌ی مربوط به آن محور باز شود و یا از گزینه‌ی سوم نوارابزار استفاده کنید.

[۱] Setup Axis




شکل (۳-۱۲) پنجره‌ی تنظیم محورهای پاسخ فرکانس

در سمت چپ این پنجره تنظیمات مربوط به محورافقی و در سمت راست تنظیمات مربوط به محور عمودی که خود دو قسمت می شود: عمودی-راست و عمودی-چپ قرار دارند.

در هر بخش، گزینه‌ی اول مقیاس[۱] را تعیین می کند: میکرو[۲]، میلی[۳]، واحد[٤]، کیلو[٥]، مگا[٦]، گیگا[۷]. با استفاده از دو گزینه‌ی بعدی یعنی ماکسیمم[۸] و مینیمم[۹] محدوده را مشخص کنید. در گزینه‌ی اول بیشترین و در دومی کمترین مقدار را تعیین کنید. در حالت محور افقی، دو گزینه‌ی لگاریتمی و

---

۱ Scaling
۲ Micro
۳ Milli
٤ Unity
٥ Kilo
٦ Mega
۷ Giga
۸ Max
۹ Min



www.ICEE.ir

خطی وجود دارند. در حالت محور عمودی، گزینه‌ی چهارم "فاصله گذاری[۱]" است که اگر فاصله گذاری خودکار[۲] تیک نخورده باشد، می‌توان با استفاده از گزینه‌ی فاصله‌گذاری فاصله‌ی بین نقطه‌چین‌ها را تغییر داد. در حالت محور عمودی راست یک گزینه‌ی دیگر نیز وجود دارد: phase wrap. با فعال کردن این گزینه، محدوده‌ی فاز ۱۸۰- تا ۱۸۰+ محسوب می شود و بقیه فازها با معادلشان در یک دور دایره‌ی یکه نمایش داده می شوند.

### ۳-۳-٤- مقیاس کردن خودکار[۳]

این گزینه در جهت محور عمودی طوری مقیاس می‌کند که پنجره مناسب نمودار فعال باشد.

### ۳-۳-٥- کوچکنمایی[٤]

برای بزرگنمایی[٥]، با ماوس دور محدوده‌ای که می‌خواهید یک مستطیل بکشید. برای کوچکنمایی در محدوده‌ی جدول یک بار کلیک راست کرده یا گزینه‌ی پنجم نوارابزار را انتخاب کنید.

### ۳-۳-٦- جدول[٦]

این گزینه یک جدول از group delay ، فاز، بهره و فرکانس نمایش می دهد. برای تغییر مقدار آغازین و پایانی و یا مقدار وسطی نمایش داده شده در جدول گزینه‌ی مربوطه را انتخاب کنید

---

۱ Spacing
۲ Automatic Spacing
۳ Autoscale
٤ Zoom Out
٥ Zoom In
٦ Table



www.ICEEP.ir

و مقدار مورد نظرتان را در آن بنویسید.

### ۳-۳-۷- ذخیره‌ی نمودارها[۱]

این گزینه نمودارهای فعلی این پنجره را ذخیره می کند و برای مقایسه‌ی نمودارهای مختلف کاربرد دارد.

### ۳-۳-۸- تنظیم الگوی پاسخ[۲]

این گزینه یک الگو از نوع پاسخ انتخابی در اختیار کاربر قرار می‌دهد که محدوده‌ی پاسخ را نشان می‌دهد.

### ۳-۳-۹- نمایش فرکانس مرکزی/ضریب کیفیت

اگر از روش Enhanced Design استفاده کرده باشید و custom design را انتخاب کرده باشید، با استفاده از این گزینه می توانید مقادیر $Q_n$، $F_n$ ضریب کیفیت و فرکانس مرکزی را بدون بازگشت به پنجره‌ی Enhanced Design عوض کنید.در این صورت در پنجره‌ی پاسخ فرکانس یک جدول، در بالای نمودار ( و در صورت فعال بودن مکان‌نما، زیر اطلاعات مقادیر نمودار) اضافه خواهد شد.

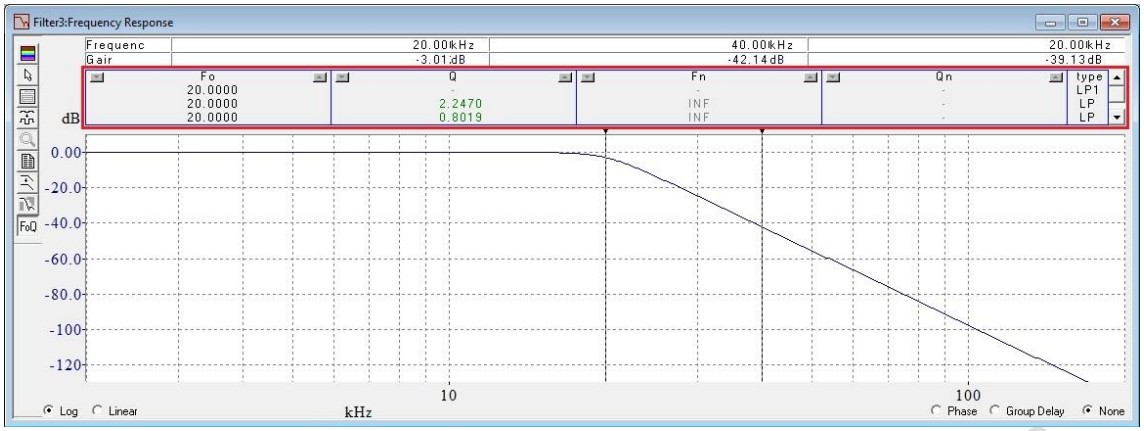
---

[۱] Save Traces

[۲] Setup Templates



www.ICEE.ir




شکل (۳-۱۳) پاسخ فرکانس

## ۳-۴- پاسخ زمان[۱]

این پنجره پاسخ فیلتر را به ورودی پله[۲]، پالس[۳] یا sine-burst نشان می دهد.

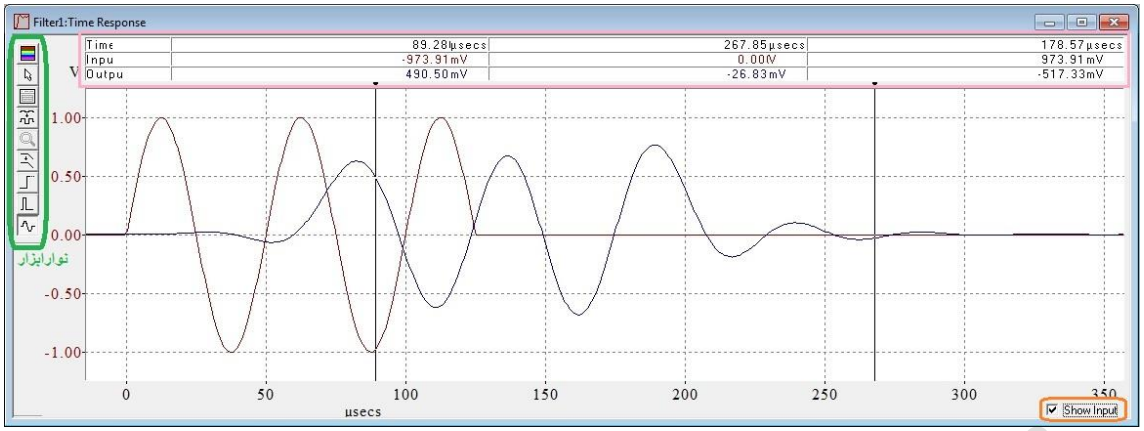
محور عمودی نشان‌دهنده‌ی ولتاژ برحسب ولت و محور افقی نشان‌دهنده‌ی زمان برحسب میلی ثانیه است.

انتخاب گزینه‌ی نمایش ورودی[۴] در گوشه‌ی سمت راست پایین پنجره، نمودار ورودی را نشان می‌دهد.

در سمت چپ پنجره نوار ابزار برای دسترسی سریع قرار دارد، تمام این گزینه ها از منوی chart نیز قابل دسترسی هستند.

www.ICEEP.ir

[۱] Time Response
[۲] Step
[۳] Pulse
[۴] Show Input




شکل (۳-۱٤) پاسخ زمان

گزینه‌های رنگ نمودار، مکان‌نما، مقیاس‌کردن خودکار، کوچکنمایی و ذخیره‌ی نمودار بین پنجره‌ی پاسخ زمان و پاسخ فرکانس مشترک هستند بنابراین از توضیح مجدد آنها خودداری می شود.

## ۳-٤-۱- تنظیم محورهای پاسخ زمان

برای تغییر واحد هر محور، روی محدوده‌ی مربوط به آن محور دابل کلیک کنید تا پنجره‌ی مربوط به آن محور باز شود و یا از گزینه‌ی سوم نوارابزار استفاده کنید.

ابتدا نوع ورودی موردنظرتان را انتخاب کنید.

در قسمت فرکانس ورودی[۱]، مقدار فرکانس ورودی را برحسب هرتز بنویسید. اگر نوع ورودی انتخابی پالس باشد می‌توانید در قسمت چرخه‌ی کار[۲] یک عدد بر حسب درصد برای چرخه‌ی کار پالس وارد کنید یا با جابه‌جا کردن مثلث سیاه در شکل این کار را انجام دهید. با فعال کردن گزینه‌ی وضوح بالا[۳] کیفیت نمودار بیشتر می شود اما این تفاوت چندان محسوس نیست و در حالت بسیار زوم شده مشخص است.

---

[۱] Input Frequency

[۲] Duty Cycle

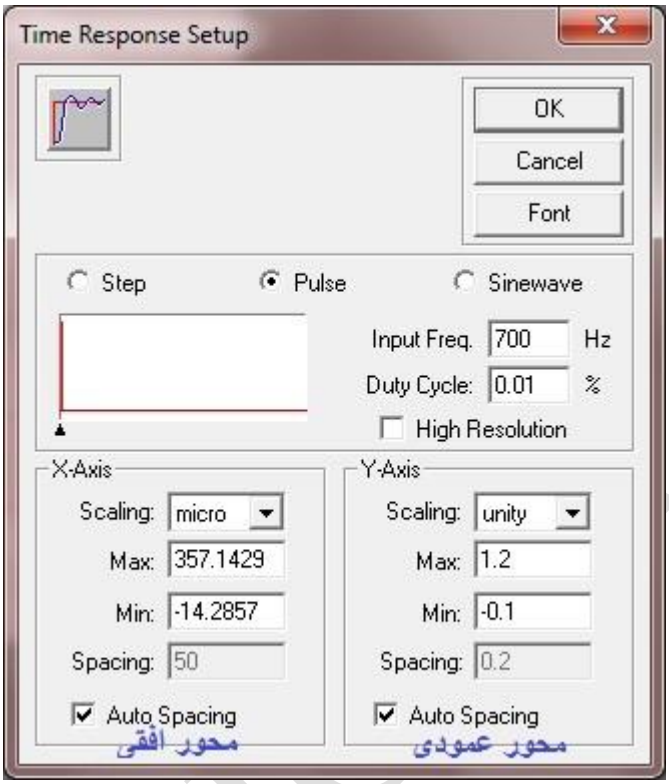
[۳] High Resolution



www.ICEEP.ir

بخش پایینی که مربوط به محور عمودی و محور افقی است در بخش توضیح داه شده

بنابراین از توضیح مجدد آن خودداری می شود.




شکل (۳-۱۵) تنظیم محورهای پنجره‌ی پاسخ زمان

### ۳-٤-۲- پله

این گزینه پاسخ به ورودی پله را نمایش می دهد.

### ۳-٤-۳- پالس

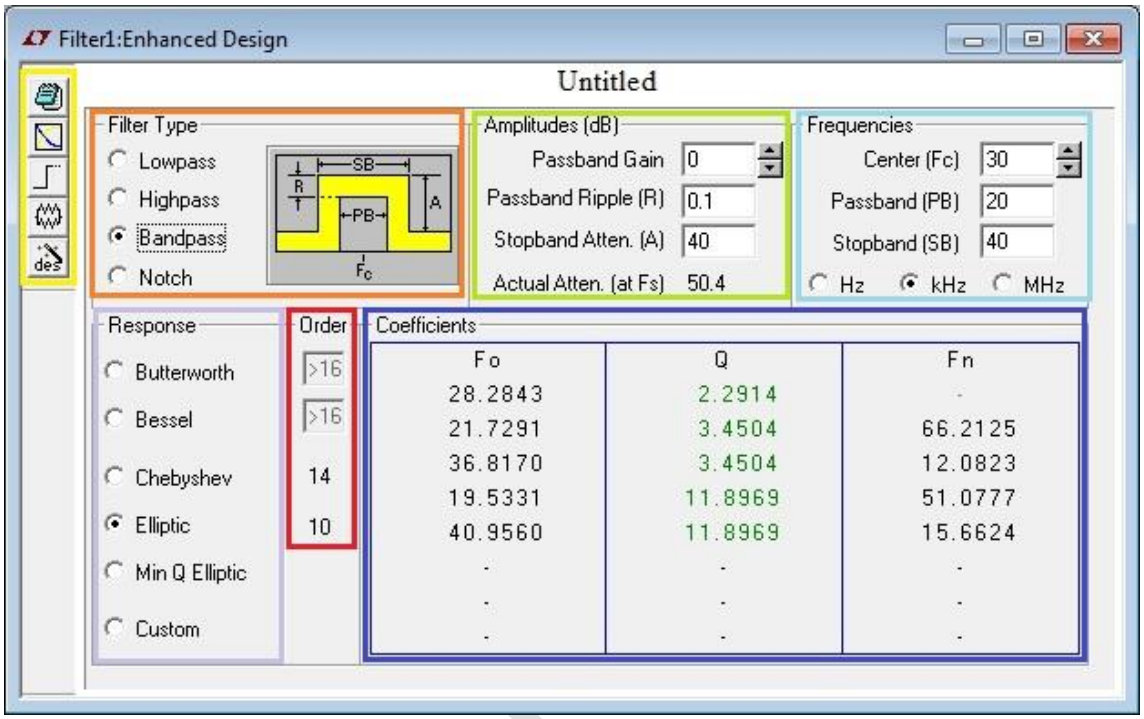
این گزینه پاسخ به ورودی پالس را نمایش می دهد.

### ۳-٤-٤- Sinewave Burst

این گزینه پاسخ به ورودی Sine-Burst را نمایش می دهد.

# Enhanced Design/Implement -۵-۳

با انتخاب Enhanced Design پنجره‌ی زیر باز خواهد شد. برای رفتن به Quick Design، روی آخرین گزینه‌ی نوارابزار کلیک کنید.




شکل (۳-۱۶) پنجره‌ی Enhanced Design

این پنجره شامل چند باکس اطلاعات طراحی می باشد:

### ۳-۵-۱- باکس اول - نوع فیلتر

از این بخش نوع فیلتر مورد نظر خود را انتخاب کنید. (پایین‌گذر، بالاگذر، میان‌گذر، میان‌نگذر)

### ۳-۵-۲- باکس دوم – دامنه

در این بخش اطلاعات مربوط به دامنه تعیین می‌شود. همه‌ی واحدها بر حسب دسی‌بل

است:

- گزینه‌ی بهره‌ی باندعبور : بهره یا میرایی در فرکانس قطع را تعیین می کند.
- گزینه‌ی Ripple باندعبور (R) : که میزان تغییرات مجاز دامنه در ناحیه‌ی باندعبور را مشخص می‌کند. این گزینه فقط وقتی فعال است که نوع پاسخ انتخاب‌شده الیپتیک، الیپتیک با ضریب کیفیت مینیمم و یا Chebyshev باشد.
- گزینه‌ی میرایی باندقطع : مقدار میرایی برای فیلتر پایین‌گذر یا بالاگذر در فرکانس نمونه‌برداری و برای فیلتر میان‌گذر یا میان‌نگذر در مرزهای باندقطع تعیین می کند.
- در آخرین خط این بخش FilterCAD مقدار میرایی را در فرکانس نمونه‌برداری حساب کرده و تحت عنوان میرایی واقعی نمایش می دهد.

**۳-۵-۳- باکس سوم – فرکانس‌ها**

در این بخش مقدار فرکانس‌های خواسته شده تعیین می شود.

برای فیلتر پایین‌گذر یا بالاگذر، خط اول فرکانس قطع باند عبور بوده و خط دوم فرکانس باندقطع می‌باشد.

برای حالت میان‌گذر یا میان‌نگذر خط اول فرکانس مرکزی می باشد و خط دوم عرض باندعبور و خط سوم عرض باندقطع می باشد.

در هنگام نوشتن مقدار فرکانس موردنظر برای تغییر واحد می‌توانید یکی از واحدهای هرتز، کیلوهرتز یا مگاهرتز را انتخاب کنید.

**۳-۵-٤- باکس چهارم – پاسخ فرکانس**

در این بخش نوع پاسخ فیلتر تعیین می‌شود.(Butterworth، بسل، Chebyshev، الیپتیک،



www.ICEP.ir

الیپتیک با ضریب کیفیت مینیمم و یا دلخواه[۱])

### ۳-۵-۵- باکس پنجم - مرتبه

مرتبه‌ی یک فیلتر، تعداد بخش‌های مرتبه یک و مرتبه دو لازم برای پیاده‌سازی[۲] آن فیلتر می‌باشد. FilterCAD تنها فیلترهایی را که مرتبه‌ی آن‌ها ۱۶ یا کمتر باشد سنتز[۳] می‌کند. در حالت بسل یا Butterworth می‌توانید مرتبه‌ی فیلتر را تعیین کنید، این عدد باید بین ۱ تا ۱۶ باشد، در این صورت همین عدد میزان میرایی باندقطع را تعیین می‌کند. برای بقیه‌ی پاسخ‌ها FilterCAD، با توجه به میزان میرایی باندقطع و فرکانس باندعبور یا قطع، مرتبه را حساب می کند.

### ۳-۵-۶- باکس ششم - ضرایب[۴]

در این بخش مشخصات بخش‌های مرتبه یک و مرتبه دو ای که در طراحی شما به‌کاررفته‌اند نشان داده می شوند. اگر طراحی دلخواه[۵] را انتخاب کرده باشید می توانید این مقادیر را تغییر دهید. از منوی File، سپس چاپ[۶] یا مشاهده‌ی چاپ[۷]، می‌توانید این مشخصات را چاپ کنید.FilterCAD طراحی با ضریب کیفیت ۵۰ یا بیشتر را پیاده‌سازی نمی‌کند، اگر مقدار ضریب کیفیت ۵۰ یا بیشتر باشد، مقدار آن را با قرمز نشان خواهد داد.

### ۳-۵-۷- نوارابزار

در سمت چپ پنجره نوارابزار برای دسترسی سریع قرار دارد، تمام گزینه های این منو از منوی chart نیز قابل دسترسی هستند. این گزینه ها عبارتند از:

---

۱ Custom
۲ Implement
۳ Synthesize
۴ Coefficients
۵ Custom Design
۶ Print
۷ Print Preview



www.ICEEP.ir

- توضیحات : با استفاده از این گزینه می‌توانید توضیحاتی درباره‌ی طراحی خود نوشته و یا توضیحات قبلی را ویرایش کنید.
- پاسخ فرکانس : این گزینه نمودار پاسخ فرکانس یا فاز/Group Delay را نمایش می‌دهد.
- پاسخ زمان : این گزینه پاسخ زمان فیلتر به ورودی پله، پالس یا Sine-burst را نمایش می دهد.
- پیاده‌سازی : این گزینه پنجره‌ی Enhanced Implement را باز می کند.
- Quick Design: این گزینه به پنجره‌ی Quick Design بازمی‌گردد.

## ۳-۶- Custom Design

Coefficients

| Fo | Q | Fn | Qn | type |
|---|---|---|---|---|
| 28.2843 | 2.2914 | - | - | BP |
| 21.7291 | 3.4504 | 66.2125 | - | LPN |
| 36.8170 | 3.4504 | 12.0823 | - | HPN |
| 19.5331 | 11.8969 | 51.0777 | - | LPN |
| 40.9560 | 11.8969 | 15.6624 | - | HPN |
| - | - | - | - | - |
| - | - | - | - | - |
| - | - | - | - | - |

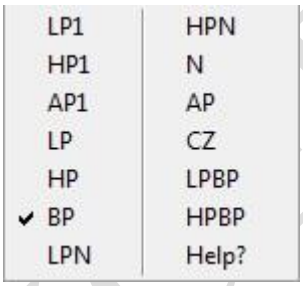
شکل (۳-۱۷) باکس ضرایب در طراحی دلخواه

با استفاده ازروش طراحی دلخواه می توانید مقادیر ضریب کیفیت، قطب‌ها[۱] و صفرها[۲] و نیز

[۱] Pole
[۲] Zero

نوع بخش‌های مرتبه یک و مرتبه دو طراحی‌تان را تغییر دهید. برای این کار روی مقداری که می‌خواهید تغییر دهید کلیک کنید و عدد مورد نظرتان را تایپ کنید یا برای تغییرات جزئی در عدد مورد نظر، کل سطر را هایلایت کنید و از مربع های بالای هر ستون (که در شکل ۳-۱۷ با مستطیل قرمز نشان داده شده اند) استفاده کنید. در حالت دوم هر بار کلیک برای تغییرات کوچک روی صفرها و قطب‌ها موجب ۰٫۱٪ تغییر و برای تغییر ضریب کیفیت موجب ۱٪ کاهش/افزایش می‌شود.

برای تغییر نوع هر بخش روی آن کلیک کنید تا منوی زیر باز شود. از لیست ارائه شده گزینه‌ی مورد نظر خود را انتخاب کنید.




شکل (۳-۱۸) لیست انواع بخش‌های مرتبه یک و دو ممکن در Custom Design

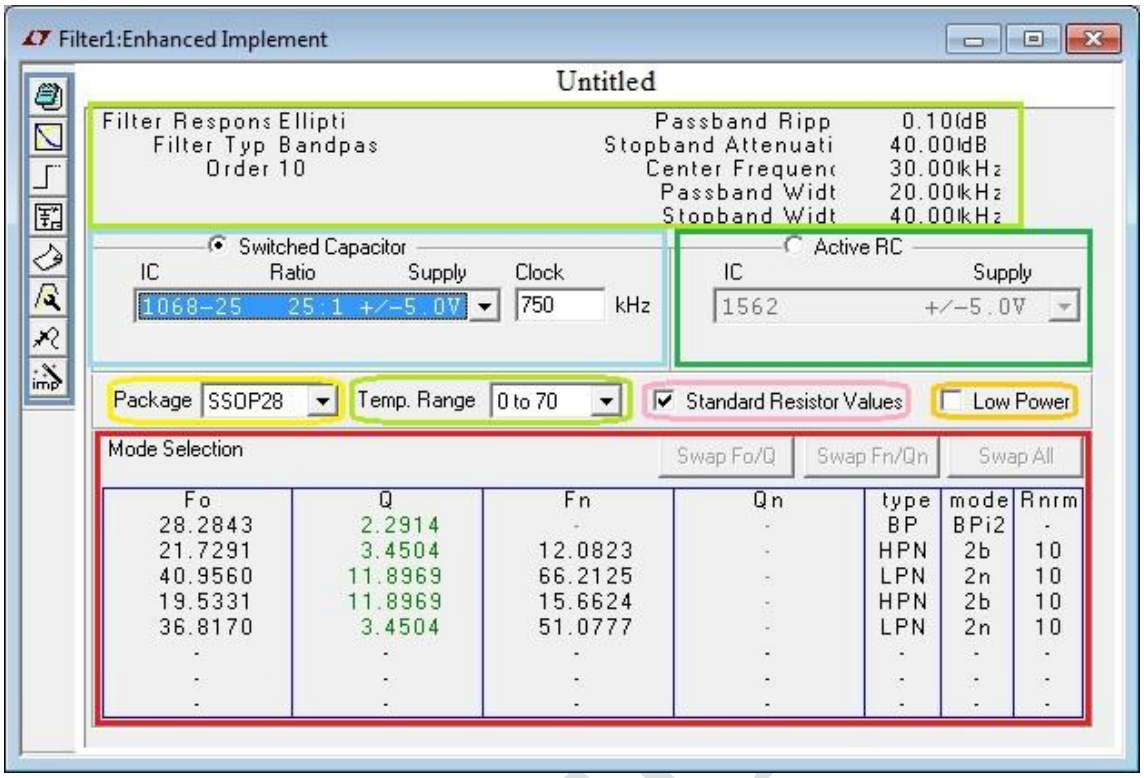
برای اضافه کردن یک بخش جدید یک سطر را هایلایت کرده و با Ctrl+C و Ctrl+V سطر جدید بسازید.یک طراحی می تواند حداکثر هشت بخش داشته باشد.

## Enhanced Implement -۷-۳

با استفاده از Enhanced Implement قطعه ای برای طراحی خود انتخاب و شرایط آن را تعیین کنید.



www.JCEP.ir




شکل (۳-۱۹) پنجره‌ی Enhanced Implement

در بالای این پنجره پارامترهای طراحی همراه با مقدارشان نمایش داده می‌شوند.

از دو نوع آی‌سی می‌توان در طراحی استفاده کرد: خازن متغیر و RC فعال.

- **خازن متغیر**: با انتخاب این نوع آی‌سی باید (به ترتیب از چپ به راست) ترکیبی از شماره‌ی آی‌سی، نسبت فرکانس کلاک به فرکانس مرکزی، و ولتاژ منبع تغذیه تعیین شود. FilterCAD، به صورت پیش‌فرض فرکانس بهینه[۱]ی کلاک را انتخاب می‌کند که در این صورت حاصل تقسیم فرکانس کلاک بر نسبت تعیین شده، برابر فرکانس قطع خواهد بود. می توانید فرکانس کلاک را تغییر دهید که در این صورت FilterCAD مقاومت‌ها را دوباره انتخاب خواهد کرد اما تغییر این مقدار ممکن

[۱] Optimum

است موجب ظاهر شدن مقاومت های خیلی بزرگ و/یا غیرعادی شود. با تغییر دادن مقدار عادی مقاومت های Rnrm یک یا چند بخش ممکن است بتوان مانع این اتفاق شد اما این مقدار را نمی توان از ۵ کیلواهم کمتر کرد.

- **RC فعال**: با انتخاب این نوع آی‌سی باید (به ترتیب از چپ به راست) ترکیبی از شماره‌ی آی‌سی و ولتاژ منبع تغذیه انتخاب شود. آی‌سی‌های RC فعال، کلاک ندارند.

در قسمت Package نوع بسته‌بندی و در قسمت Temp. Range محدوده‌ی دمایی مورد نظر برای آی‌سی انتخابی‌تان را تعیین کنید. دقت کنید که همه‌ی آی‌سی‌ها در هر نوع بسته‌بندی یا هر محدوده‌ی دمایی موجود نیستند.

اگر می‌خواهید فقط از مقاومت‌های استاندارد استفاده کنید گزینه‌ی مقادیر استاندارد مقاومت‌ها[۱] را تیک بزنید.

برای استفاده از آی‌سی quiescent با جریان کمتر از ۵ میلی‌آمپر گزینه‌ی کم قدرت را تیک بزنید.

در قسمت پایینی پنجره، انتخاب حالت[۲] قرار دارد. منظور از حالت نحوه‌ی اتصال به شبکه‌ی عناصر تشکیل‌دهنده‌ی یک بخش مرتبه اول یا دوم مانند جمع‌کننده[۳]، انتگرال‌گیر[۴]، تقویت‌کننده[۵]، مقاومت‌ها و خازن‌ها ست که با یک آی‌سی خازن متغیر پیاده‌سازی شده‌اند. شبکه‌هایی که با آی‌سی

---

۱ Standard Resistor Values

۲ Mode Selection

۳ Summer

۴ Integrators

۵ Amplifier



www.ICEEP.ir

RCفعال پیاده‌سازی شده‌اند OFT[1] نام دارند. در قسمت انتخاب حالت قطب‌ها، صفرها، ضرایب کیفیت و حالت‌ها یا OFT های بخش های مرتبه یک و مرتبه دو لازم برای پیاده سازی فیلتر شما را نشان می‌دهد. در حالت Custom Design می توانید OFT را تغییر دهید. با کلیک روی مقدار مربوط به حالت، FilterCAD یک لیست از گزینه های مناسب باز کرده و می توانید گزینه مورد نظر را انتخاب کنید.

با انتخاب دو بخش و استفاده از گزینه های swap Fo/Q ، swap Fn/Qn و جابه‌جایی همه[2] می‌توانید مقدارهای دو section را با هم عوض کنید.

مقدار ضریب کیفیت در ۳ رنگ سبز، زرد و قرمز نوشته می‌شود:

**سبز**: مقدار ضریب کیفیت نشان داده شده از بیشترین مقدار مجاز ضریب کیفیت کمتر بوده و می‌تواند یک طراحی عملی پایدار و کم حساسیت فراهم کند.

**زرد**: مقدار ضریب کیفیت نشان داده شده از بیشترین مقدار مجاز ضریب کیفیت کمتر از ۲۵٪ بیشتر بوده و نمی‌توان گفت که حتما یک طراحی عملی پایدار فراهم می کند یا نه. انتخاب منبع با ولتاژ بالاتر یا تغییر دادن حالت ممکن است مفید باشد.

**قرمز**: مقدار ضریب کیفیت نشان داده شده از بیشترین مقدار مجاز ضریب کیفیت بیشتر از ۲۵٪ بیشتر بوده و نمی‌تواند یک طراحی عملی ارائه دهد.

نوارابزار پنجره‌ی Enhanced Implement : در سمت چپ پنجره نوارابزار برای دسترسی سریع قرار دارد، تمام گزینه‌های این منو از منوی Implement نیز قابل دسترسی هستند. ۳ گزینه‌ی

[1] Operational Filter Topologies

[2] SwapAll



www.ICEP.ir

اول بین Enhanced Implement و Enhanced Design مشترک هستند بنابراین از توضیح مجدد آن‌ها خودداری می شود.

گزینه‌ی چهارم شماتیک طراحی‌تان را نشان می دهد.

گزینه‌ی پنجم، گزارش[1] است که مشخصات کامل طراحی شما را نشان می دهد.

گزینه‌ی بعدی طراحی است که با انتخاب این گزینه برنامه به پنجره‌ی Enhanced Design باز می‌گردد.

گزینه‌ی Probe از منوی toolbar ، پنجره‌ی Probe را باز می کند.

و گزینه‌ی آخر Quick Implement است که با انتخاب این گزینه برنامه به پنجره‌ی پیاده‌سازی سریع باز می‌گردد.

**Probe**

این پنجره برای هر بخش مرتبه یک یا دو فیلتر نمودار دامنه‌ی سیگنال برحسب فرکانس خروجی آن را نمایش می دهد.

در بالای پنجره، اطلاعات مقادیر نمودار قرار دارد. از گزینه‌ی فاز در گوشه‌ی سمت راست پایین صفحه برای نمایش فاز استفاده کنید. با انتخاب این گزینه یک محور عمودی مربوط به فاز در سمت راست پنجره برحسب درجه ظاهر خواهد شد. برای انتخاب حالت لگاریتمی گزینه‌ی Log در گوشه‌ی سمت چپ پایین پنجره و برای حالت خطی گزینه‌ی Linear را انتخاب کنید.

[1] Report



www.ICEP.ir

شکل (۳-۲۰) پنجره‌ی Probe

## نوارابزار پنجره‌ی Probe

۵ گزینه‌ی اول بین این پنجره و پنجره‌ی پاسخ فرکانس مشترک بوده بنابراین از توضیح مجدد آن‌ها خودداری می شود.

از گزینه‌های ششم تا آخر برای انتخاب بخشی که می‌خواهید probe شود استفاده کنید. تعداد این گزینه‌ها به تعداد بخش‌های طراحی شما بستگی دارد.

به عنوان مثال برای ساختن یک فیلتر ۱۰ کیلوهرتز پایین‌گذر با فاز خطی و یک منبع تغذیه‌ی ۳ ولت کم‌قدرت :



www.ICEEP.ir

بعد از باز کردن FilterCAD در اولین پنجره Quick Design را انتخاب کرده و بعدی را انتخاب کنید. در این مرحله پایین‌گذر را انتخاب و در مرحله‌ی بعد در قسمت مربوط به میرایی که بر حسب دسی‌بل می‌باشد عدد ۲۰ و در قسمت فرکانس قطع باند عبور عدد ۱۰ بر حسب کیلوهرتز و در فرکانس نمونه‌برداری دو برابر آن یعنی ۲۰ کیلوهرتز را بنویسید، سپس در مرحله‌ی بعد گزینه‌ی فاز خطی را انتخاب کنید و برای منبع ولتاژ ۳ ولت را در قسمت Power Supply بنویسید و گزینه‌ی کم‌قدرت را تیک بزنید. در این مرحله می‌توانید از بین سه فیلتر پایین‌گذر با فاز خطی و کم‌قدرتی که هر سه می توانند با منبع ۳ ولت کار کنند و در پنجره‌یQuick Implement نشان داده شده اند، فیلتر مورد نظرتان را انتخاب کنید: در بخش آی‌سی خازن متغیر دو فیلتر LTC1569-6 و LTC1569-7 و در بخش RC فعال فیلتر LTC1563-3 قابل رویت می باشند. از میان این سه فیلتر LTC1563-3 برای فرکانس های قطع کمتر از ۲۵,٦ کیلوهرتز کمترین جریان منبع تغذیه را دارد (۱ میلی‌آمپر) و ممکن است با فرکانس های قطع کوچک تا ۲۵٦ هرتز نیز کار کند. LTC1569-6 برای فرکانس‌های قطع کمتر از ۲۰ کیلوهرتز، دارای جریان منبع تغذیه‌ی کمتری نسبت به LTC1569-7 می باشد.

بعد از انتخاب فیلتر مورد نظر و بسته بندی و عنوان طراحی و کلیک بر روی پایان می‌توانید شماتیک، پاسخ فرکانس و پاسخ زمان را ببینید.

www.ICEP.ir

# واژه‌نامه

| | |
|---|---|
| **A** | |
| Add | اضافه کردن |
| **B** | |
| **C** | |
| Code | توصیف |
| Compile | کامپایل |
| Configuration | مشخصات |
| Create Project | ساخت پروژه |
| **D** | |
| Description Language | زبان توصیف |
| Design | طراحی |
| Directory | مسیر |
| Download | بارگیری |
| **E** | |
| Editor | ویرایشگر |
| Existing File | فایل از پیش تعریف شده |
| **F** | |
| **G** | |

www.ICTEP.ir

| | |
|---|---|
| **H** | |
| Hardware Modeling | مدل های سخت افزاری |
| **I** | |
| I Agree | اعلام موافقت |
| Individual files | فایل‌های تکی |
| Install | نصب |
| Installation Directory | مسیر نصب |
| **J** | |
| Jumpstart | پرش به شروع |
| **K** | |
| **L** | |
| License | مجوز |
| Link | پیوند |
| **M** | |
| Method | متد |
| **N** | |
| New Project | پروژه جدید |
| Next | بعدی |

| | |
|---|---|
| **O** | |
| Open | باز کردن |
| **P** | |
| Pause | توقف |
| **Q** | |
| **R** | |
| Resume | شروع دوباره |
| Run | اجرا |
| **S** | |
| Save | ذخیره |
| Simulation | شبیه‌سازی |
| Summary | خلاصه |
| **T** | |
| Transcript | رونوشت |
| **U** | |
| **V** | |
| Version | نسخه |

www.IEEE

| | |
|---|---|
| **W** | |
| روند | Wizard |
| **X** | |
| **Y** | |
| **Z** | |

www.ICEEP...