راهنمای استفاده از نرم افزار LTpowerCAD

بر اساس نسخه‌ی دوم

(LTpowerCAD II v2.0)

ICEP.ir

راهنمای پیش‌رو برای آموزش کار با نرم‌افزار LTpowerCAD متعلق به شرکت Linear Technology Corporation 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 ۷

فصل ۲: نحوه‌ی کار با نرم‌افزار ۱۰

۲-۱- صفحه‌ی آغازین برنامه ۱۱
۲-۲- شروع یک طراحی جدید ۱۵
۲-۳- کار در پنجره ی طراحی ۲۱
۲-۳-۱- شاخه‌ی Power Stage Design ۲۲
۲-۳-۲- شاخه ی Loss Estimate & Break Down ۳۷

واژه‌نامه ٤٧

www.ICEEP.ir

فهرست شکل‌ها

شکل (۲-۱) نمایش صفحه‌ی آغازین برنامه ۱۱

شکل (۲-۲) نمای صفحه‌ی شروع یک طراحی جدید ۱۲

شکل (۲-۳) نمای پنجره‌ی Help ۱۳

شکل (۲-٤) نمای پنجره‌ی جعبه ابزار ۱٤

شکل (۲-۵) نمای پنجره‌ی به روزرسانی برنامه ۱٤

شکل (۲-٦) نمای پنجره‌ی شروع یک طراحی جدید به همراه جستجوی موارد مربوطه ۱۵

شکل (۲-۷) نمای بخش ویژگی‌های مبدل ۱۷

شکل (۲-۸) نمای بخش ویژگی‌های اختیاری ۱۷

شکل (۲-۹) نمای پنجره‌ی عدم یافتن موارد مربوط به ویژگی های وارد شده ۱۹

شکل (۲-۱۰) نمای بخش نوع فایل جستجو شده برای طراحی ۲۰

شکل (۲-۱۱) نمای بخش دسترسی به برگه‌ی اطلاعات بر روی وبسایت برنامه ۲۱

شکل (۲-۱۲) نمای پنجره‌ی باز شده برای طراحی انتخاب شده ۲۲

شکل (۲-۱۳) نمای پنجره‌ی شاخه‌ی Power Stage Design ۲٤

شکل (۲-۱٤) نمای انواع سلول‌های موجود ۲۵

شکل (۲-۱۵) نمای توضیح اخطار مربوطه در یک سلول قرمز ۲٦

شکل (۲-۱٦) نمای مربوط به کارکرد یک سلول سفید ۲۷

شکل (۲-۱۷) نمای شماتیک مدار در حالت دکمه‌ی انتخاب DCR Sensing ۲۸

شکل (۲-۱۸) نمای شماتیک مدار در حالت دکمه‌ی انتخاب Rsense Sensing ۲۸

www.ICEEP.ir

شکل (۲-۱۹) دکمه‌ی بزرگنمایی ۲۹
شکل (۲-۲۰) دکمه‌ی کوچکنمایی ۲۹
شکل (۲-۲۱) دکمه‌ی متناسب کردن اندازه با سایز صفحه ۲۹
شکل (۲-۲۲) دکمه‌ی چاپ ۳۰
شکل (۲-۲۳) دکمه‌ی ذخیره‌ی عکس مدار طراحی شده ۳۰
شکل (۲-۲٤) نمای پنجره‌ی محل ذخیره‌ی عکس شماتیک ۳۰
شکل (۲-۲۵) نمای پنجره‌ی ذخیره‌ی فایل مربوط به برنامه‌ی LTspice ۳۲
شکل (۲-۲٦) نمای برنامه‌ی LTspice و مدار بارگیری شده در آن ۳۳
شکل (۲-۲۷) دکمه‌ی انتقال به برنامه‌ی LTspice ۳۳
شکل (۲-۲۸) دکمه‌ی مشاهده‌ی جانمایی مدار ۳٤
شکل (۲-۲۹) نمای پنجره‌ی باز شده مربوط به جانمایی مدار ۳٤
شکل (۲-۳۰) دکمه‌ی مشاهده‌ی مراحل تکمیلی پیشنهادی برای انجام طراحی ۳٤
شکل (۲-۳۱) نمای پنجره‌ی مراحل پیشنهادی برنامه برای تکمیل طراحی ۳۵
شکل (۲-۳۲) نمای دکمه‌ی Reserved ۳۵
شکل (۲-۳۳) دکمه‌ی جعبه ابزار ۳٦
شکل (۲-۳٤) نمای پنجره‌ی جعبه ابزارها ۳٦
شکل (۲-۳۵) نمای ابزار تقسیم مقاومتی بارگیری شده در MS Excel ۳۷
شکل (۲-۳٦) نمای شاخه‌ی Loss Estimate & Break Down ۳۸
شکل (۲-۳۷) نمای بخش ویژگی‌های طراحی ۳۹
شکل (۲-۳۸) نمای بخش مربوط به ویژگی‌های سلف ۳۹

www.ICEEP.ir

شکل (۲-۳۹) نمای بخش مربوط به اتلاف سلف ۳۹

شکل (۲-٤۰) نمای مدار مبدل انتخابی ٤۰

شکل (۲-٤۱) نمای بخش مربوط به ترانزیستور بالایی در مدار مبدل ٤۰

شکل (۲-٤۲) نمای بخش مربوط به ترانزیستور پایینی در مدار مبدل ٤۱

شکل (۲-٤۳) نمای بخش مربوط به Estimate ٤۱

شکل (۲-٤٤) نمای بخش ولتاژ بایاس خارجی ٤۲

شکل (۲-٤٥) نمای مربوط به بخش اتلاف کل ریل خروجی ٤۲

شکل (۲-٤٦) نمای مربوط به نقاط نشان دهنده توسط مکان نما ٤۲

شکل (۲-٤۷) نمودار دایره‌ای مربوط به لتلاف توان کل ریل خروجی ٤٤

شکل (۲-٤۸) نمای نمودارهای بازده و اتلاف توان بر حسب جریان بار ٤٥

شکل (۲-٤۹) نمای پنجره‌ی مشخصات و مختصات نقطه‌ی نشان دهنده شده توسط مکان ن ٤٦

www.ICEEP.ir

فصل اول

پیشگفتار

در این نوشتار به آشنایی با نحوه استفاده از نرم‌افزار LTspice IV خواهیم پرداخت. برای این کار از توضیح نصب برنامه شروع کرده و قدم به قدم با نحوه‌ی کار با بخش‌های مختلف آشنا می‌شویم.

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. در ادامه به معرفی اولیه‌ی نرم افزار می پردازیم.

برنامه ی LTPowerCAD II یک ابزار قدرتمند برای طراحی منبع تغذیه[۱] می‌باشد که کارهای مربوط به انتخاب اجزای مداری[۲]، تخمین میزان توان هدررفته[۳] و ومیزان کارایی[۴] و بازده[۵] و همچنین بهینه‌سازی[۶] حلقه‌های اتلاف را در طراحی منبع تغذیه بسیار آسان می‌کند. این نرم‌افزار توسط شرکت Linear Technology Corporation ارائه شده است. در واقع اگر بخواهیم این برنامه را با دیگر محصول همین شرکت یعنی LTspice IV مقایسه کنیم می‌توان گفت که LTpowerCAD II یک ابزار برای **طراحی**[۷] و LTSPICE IV یک ابزار برای **شبیه‌سازی**[۸] است. روند کاری این برنامه بدین شکل است که ابتدا ویژگی ها و مشخصات اجزای مدار را به برنامه می‌دهیم، سپس شماتیک[۹] آن کشیده می شود، پس از آن کارایی و بهینه بودن و میزان اتلاف توان مدار بررسی می‌شود و در

---

۱ Power Supply
۲ Components
۳ Power Loss
۴ Efficiency
۵ Yeild
۶ Optimization
۷ Design
۸ Simulation
۹ Schematic

www.ICEEP.ir

آخرین سطح بر روی آن تحلیل گذرا[۱] انجام می گیرد و حلقه پایداری[۲] آن را بررسی می‌شود.

www.ICEEP.ir

[۱] Transient Analysis

[۲] Steady Loop

Copyright © 2013 ICEEP, University of Tehran

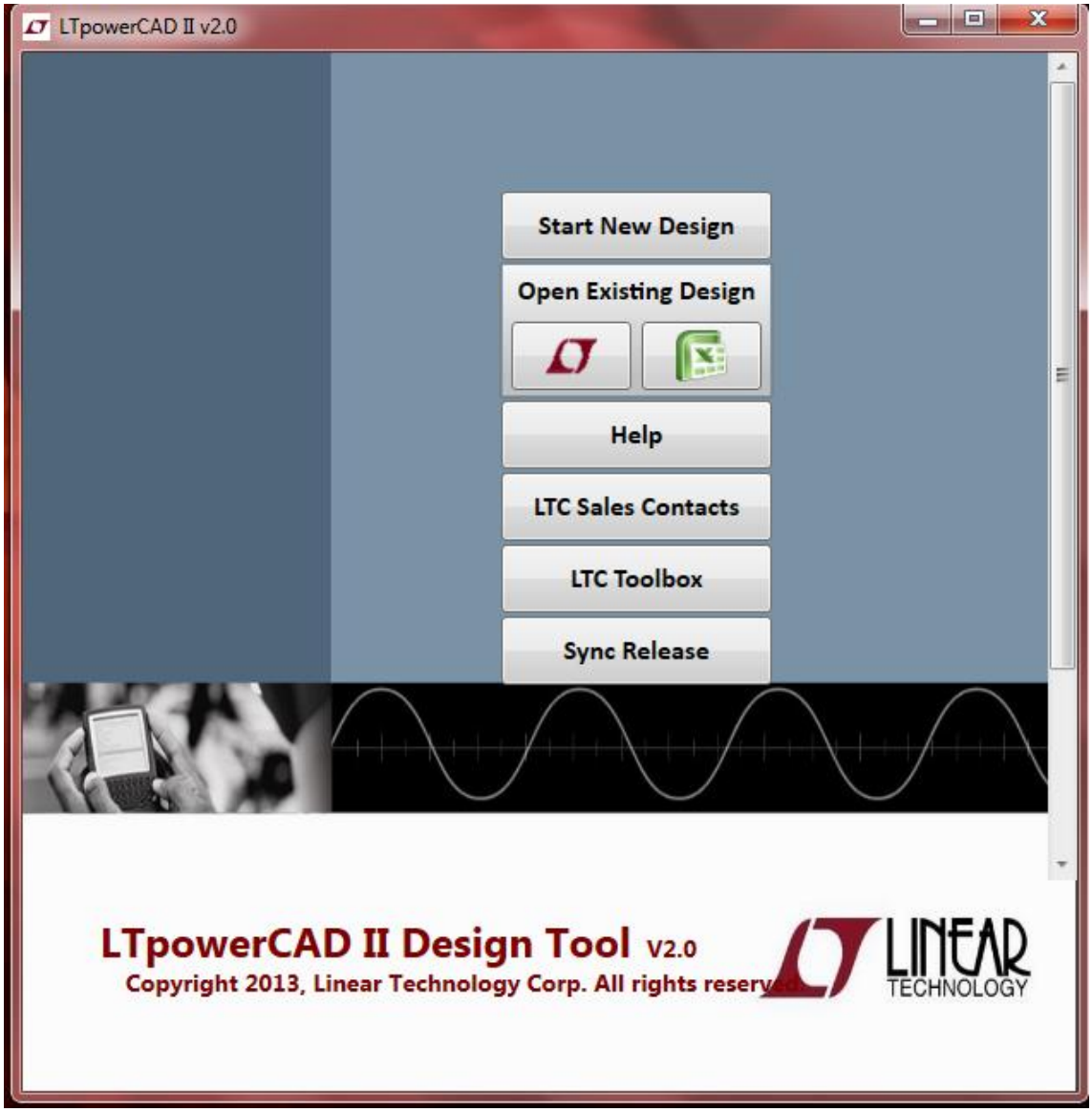
فصل دوم

نحوه‌ی کار با نرم‌افزار

۲-۱- صفحه‌ی آغازین برنامه

با باز کردن برنامه اولین صفحه‌ای که مشاهده می‌شود در تصویر زیر نشان داده شده است.

این صفحه دارای گزینه‌های مختلفی است که توضیح هرکدام در زیر داده شده است.

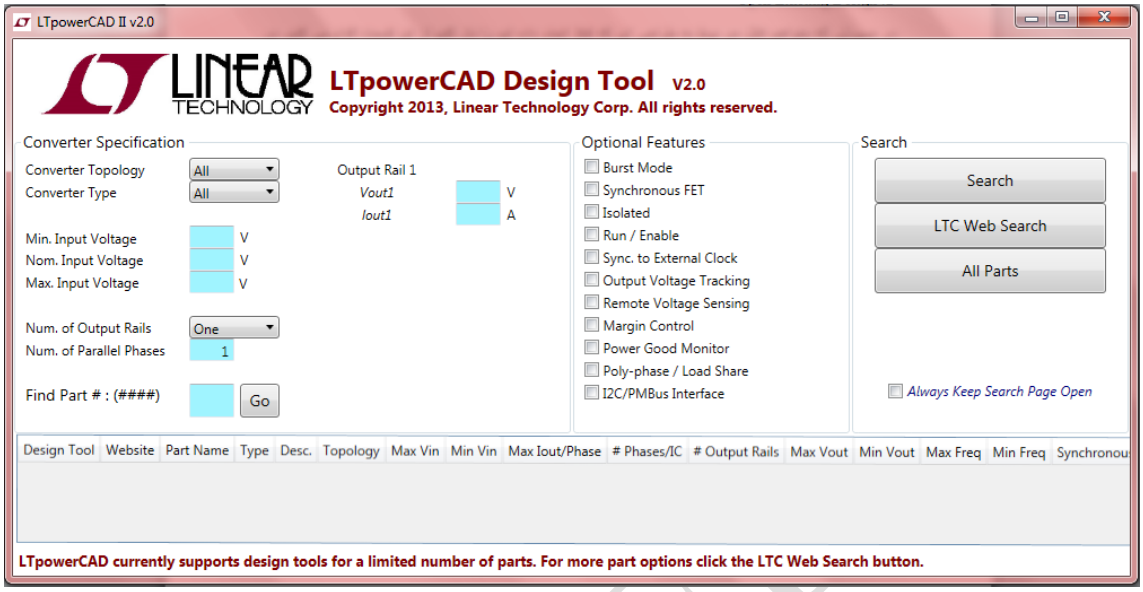


شکل (۲-۱) نمایش صفحه‌ی آغازین برنامه

۱- Start New Design

این قسمت برای طراحی یک منبع تغذیه‌ی جدید به کار می‌رود. با زدن این گزینه یک پنجره

باز می‌شود که در آنجا ویژگی‌های مربوط به منبع تغذیه‌ی مورد نظر می‌بایست وارد شود و متناسب با آن ویژگی‌ها و نیازمندی‌ها بخش مناسب آن جستجو و در صورت وجود نمایش داده می‌شود.



شکل (۲-۲) نمای صفحه‌ی شروع یک طراحی جدید

۲- Open Existing Design

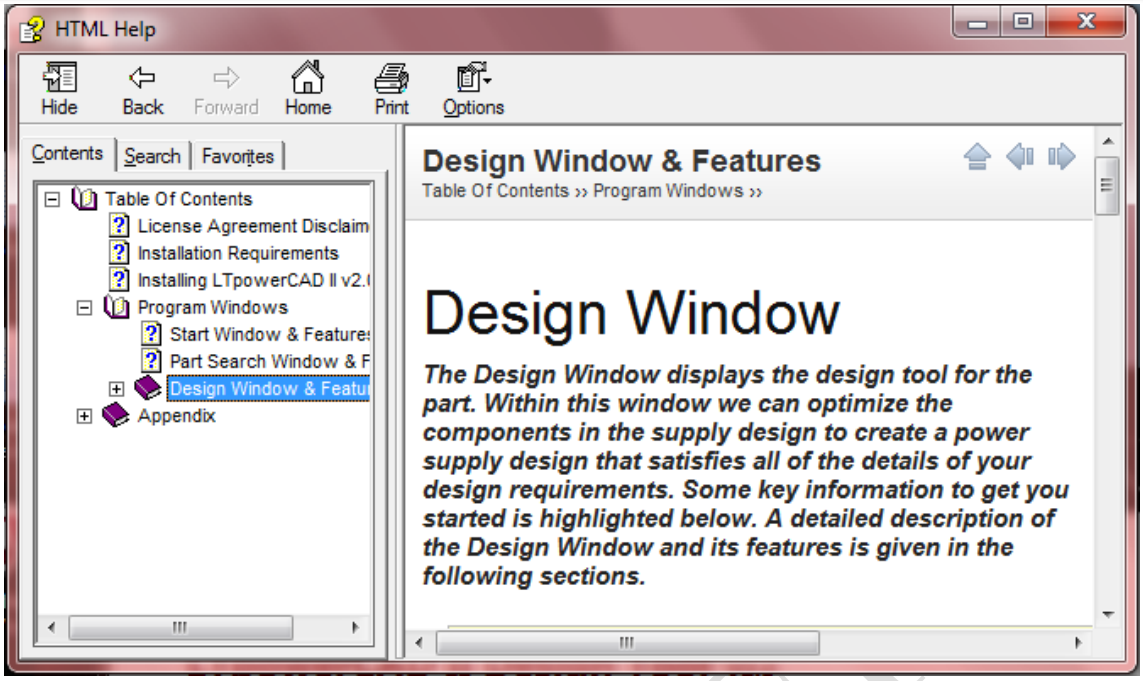
در صورتی که بخواهیم فایل مربوط به طراحی‌ای که قبلا انجام داده‌ایم را باز کنیم از این قسمت اقدام می‌کنیم. در صورتی که فایل مربوطه بر مبنای MS Excel باشد بر روی لوگوی سبز رنگ MS Excel و در غیر این صورت بر روی لوگوی قرمز LTC کلیک می‌کنیم. در این صورت پنجره‌ی Open Files باز می‌شود که با رفتن به مسیر فایل مورد نظر می توان آن را در برنامه بارگذاری[۱] کرد.

۳- Help

در صورتی که نیاز به اطلاعاتی در خصوص نرم‌افزار داشته باشیم می‌توان از Help آن کمک گرفت.

[۱] Load

www.ICEEP.ir



شکل (۲-۳) نمای پنجره‌ی Help

٤- LTC Sales Contact

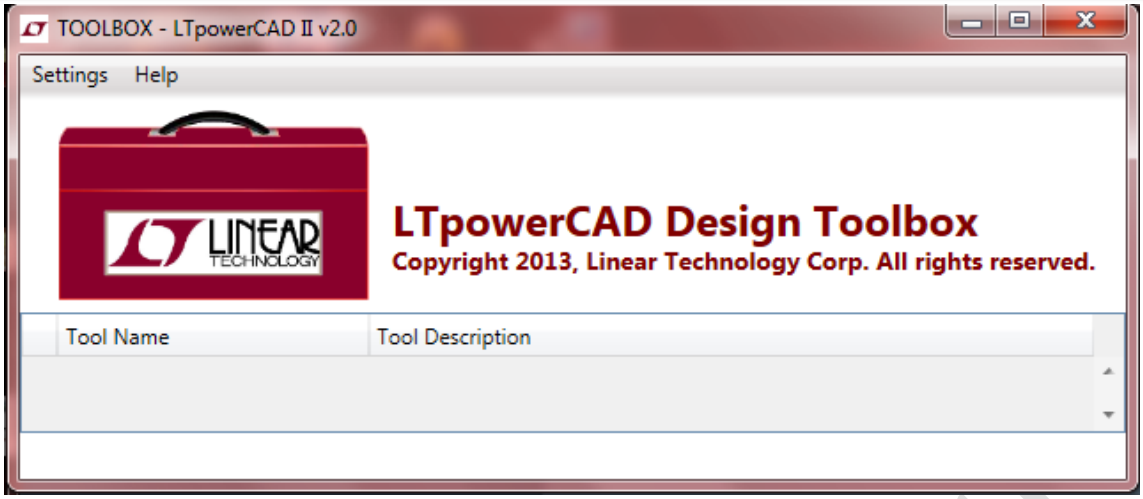
در این بخش آدرس نمایندگی‌های شرکت LTC بر اساس قاره‌ها در بخش‌های مختلف قرار گرفته‌اند. در صورت لزوم برای برقراری ارتباط با آنها می‌توان شماره تلفن و شماره‌ی فکس و آدرس آنها را در این قسمت یافت. این شرکت در ایران نمایندگی ندارد.

٥- LTC Toolbox

با کلیک کردن بر روی گزینه‌ی این قسمت جعبه ابزار[1] مربوط به برنامه باز می‌شود که شامل ابزارات لازم برای انجام محاسبات در طراحی‌ها می‌باشد.

[1] Tool Box

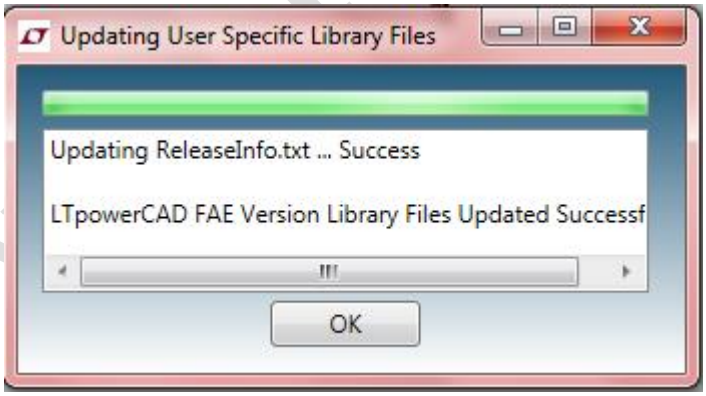
www.ICEEP.ir



شکل (۲-٤) نمای پنجره‌ی جعبه ابزار

۶- Synch Release

با زدن این گزینه در صورتی که اتصال به اینترنت وجود داشته باشد برنامه به‌روزرسانی[۱] می شود. به روزرسانی برنامه از این طریق بسیار مهم و راحت است چراکه باعث می شود به نسخه[۲] جدید ابزارهایی که در بخش قبل بیان شد دسترسی داشت.



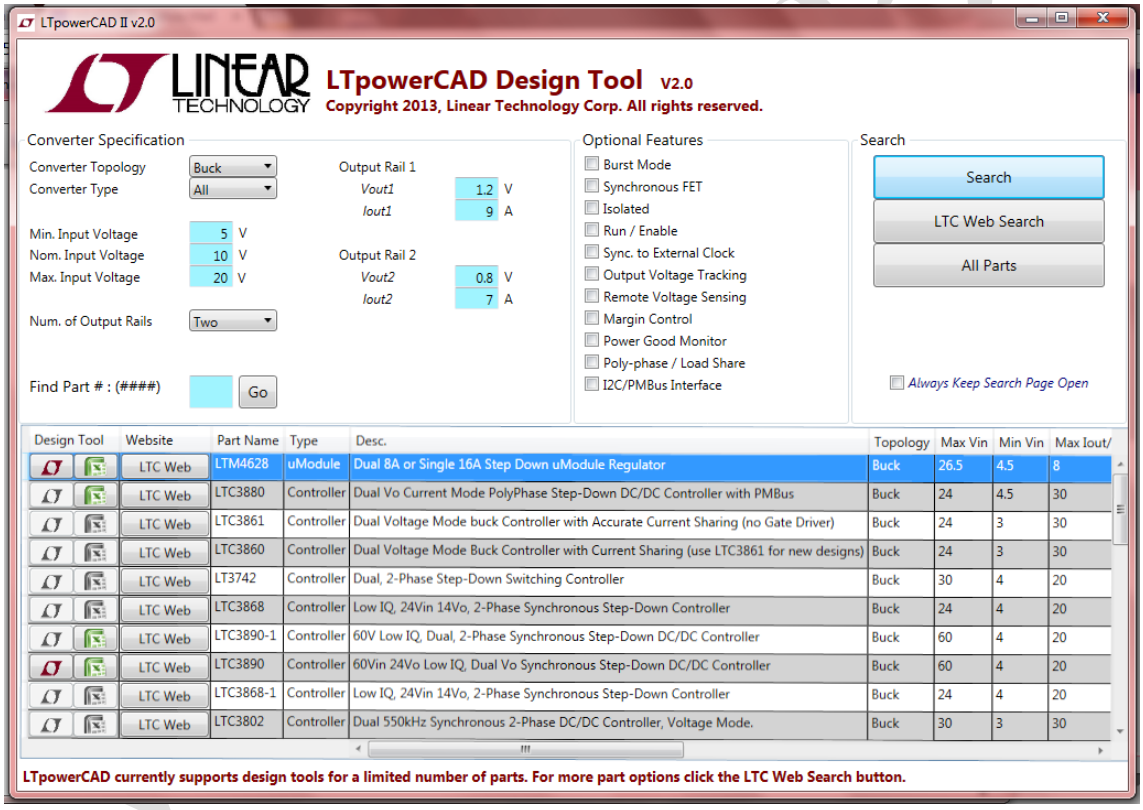
شکل (۲-۵) نمای پنجره‌ی به روزرسانی برنامه

[۱] Update

[۲] Version

۲-۲- شروع یک طراحی جدید

همان‌طور که در قسمت قبل گفته شد، با زدن این گزینه یک پنجره‌ی جست‌وجو باز می‌گردد. تصویر این پنجره در زیر نشان داده شده است. در واقع این پنجره با توجه به نیازمندی‌هایی که کاربر برای منبع تغذیه مورد نظرش معین می‌کند در پایگاه داده‌ی[۱] نرم‌افزار که شامل مجموعه‌ای بزرگ از منبع تغذیه‌های از پیش تهیه شده هستند جست‌وجو می‌کند و در صورت پیدا شدن موارد مرتبط لیست آنها را به صورت نشان داده شده در پایین نمایش می‌دهد.



شکل (۲-۶) نمای پنجره‌ی شروع یک طراحی جدید به همراه جستجوی موارد مربوطه

- Find Part # (####)

این بخش در صورتی استفاده می‌شود که شماره‌ی بخش مورد نظر خود را دقیقا بدانیم. در

[۱] Data Base

این صورت پس از وارد کردن ویژگی‌ها و مشخصات منبع تغذیه‌ی مورد نظر همانند قبل، شماره‌ی آن را وارد می کنیم و با زدن Go بخش مطلوب جستجو و نمایش داده می‌شود. در این صورت موارد مرتبط بسیار محدودتر و مرتبط‌تر می‌شوند.

بخش‌هایی که در در این پنجره مشاهده می‌شوند به شرح زیر می‌باشد :

Converter Specification : در این بخش تنظیمات و مشخصات مربوط به مبدل[1] منبع تغذیه را وارد می‌کنیم.

۱. **Converter Topology** : در اینجا با تعیین نوع ساختار[2] تبدیل کننده‌ی مورد نظر (Buck, Boost, BuckBoost, All) موردهای جستجو را محدودتر می‌کنیم تا سریع‌تر به موارد مورد نیاز دسترسی پیدا کنیم.

۲. **Converter Type** : در این قسمت نیز نوع تبدیل‌کننده (Monolithic, uModule, Controller, All) را محدود می‌کنیم تا جستجو بهتر صورت بگیرد.

۳. **Min. Input Voltage** : کمترین ولتاژ ورودی منبع

٤. **Max. Input Voltage** : بیشترین ولتاژ ورودی منبع

۵. **Nominal Input Voltage** : ولتاژ نامی ورودی منبع

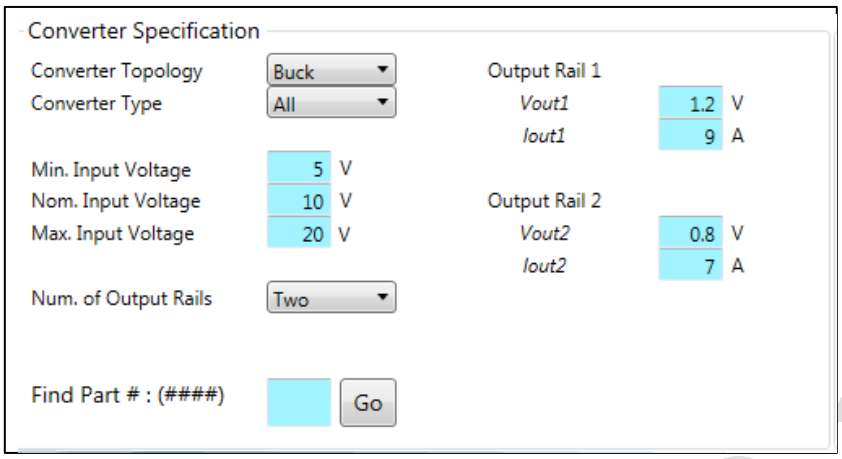
٦. **Num. of Output Rails** : تعداد ریل‌های خروجی منبع تغذیه (۱ یا ۲ یا ۳)

۷. **Output Rail#1,2,3** : در این قسمت ولتاژ و جریان مطلوب هر خروجی را معین می‌کنیم.

[1] Converter

[2] Topology

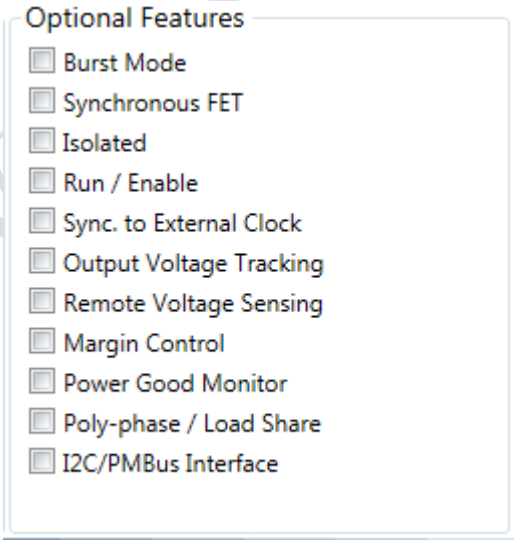
www.ICEEP.ir



شکل (۲–۷) نمای بخش ویژگی‌های مبدل

- Optional Features

در این قسمت می‌توان از میان مجموعه‌ای از امکانات رایج اختیاری LTC در دسترس در صورت لزوم انتخاب و استفاده کرد.



شکل (۲–۸) نمای بخش ویژگی‌های اختیاری

۱. **Burst Mode** : این گزینه برای ایجاد عملکرد بهتر و بازدهی بالای جریان با بار کم

www.ICEEP.ir

استفاده می‌شود.

۲. **Synchronous FET** : این بخش برای Synchronuos power stage mosfet کاربرد دارد.

۳. **Isolated** : این گزینه یک ساختار علاوه بر موارد قرار داده شده در برنامه را فراهم می کند که توپولوژی ایزوله گفته می‌شود.

٤. **Run/Enable** : با علامت زدن این گزینه یک درگاه[۱] اجرا/فعال کردن در مدار منبع تغذیع ایجاد می گردد.

۵. **Sync. to External Clock** : این گزینه امکان هماهنگ کردن مدار را با یک کلاک خارجی[۲] فراهم می‌کند.

٦. **Output Voltage Tracking** : این گزینه این امکان را به ولتاژ خروجی می‌دهد که از یک سیگنال مرجع خارجی پیروی کند.

۷. **Remote Voltage Sensing** : علامت زدن این مورد باعث می‌شود که ولتاژ خروجی به صورت از راه دور[۳] برای تنظیم ولتاژ خروجی در نقطه ی بار سنجیده[٤] شود.

۸. **Margin Control** : این مورد باعث می‌شود که بر اساس تنظیمات ولتاژ پایه[۵]، یک مرز برای ولتاژ خروجی در نظر گرفته شود.

۹. **Power Good Monitor** : در این بخش یک پایه برای سیگنال دادن در صورتی که ولتاژ

---

۱ Port

۲ External Clock

۳ Remote

٤ Sense

۵ Pin

Copyright © 2013 ICEEP, University of Tehran

خروجی خارج پنجره‌ی پیکربندی قرار گرفت ایجاد می‌شود.

۱۰. **Poly-phase / Load Share** : این مورد توانایی موازی سازی خروجی ها را برای تقسیم بندی بار جریان میان فاز های موازی شده برای بالا بردن توانایی جریان را فراهم می کند.

۱۱. **I2C / PMBus Interface** : برای ایجاد سازگاری با پیکربندی و ارتباط با سیستم منبع تغذیه به کار برده می‌شود.

- Search

پس از وارد کردن مشخصات و تنظیمات لازم برای منبع تغذیه ی مورد نظر کافی است یکی از گزینه‌های این بخش را زد تا جستجو برای موارد مرتبط با آن انجام شود.

در صورتی که گزینه ی Search زده شود در کتابخانه‌ی خود نرم‌افزار جستجو می‌شود. در صورتی که موارد مرتبط در این جستجو موجود باشند لیست آنها در پایین پنجره نشان داده می‌شود و در صورتی که موجود نباشد پنجره‌ی زیر نمایش داده می‌شود.

شکل (۲-۹) نمای پنجره‌ی عدم یافتن موارد مربوط به ویژگی های وارد شده

در صورتی که گزینه‌ی LTC Web Search زده شود در کتابخانه‌ها و پایگاه داده وبسایت

www.ICEEP.ir

برنامه جستجو می‌شود که به مراتب نسبت به کتابخانه‌ی خود نرم‌افزار جامع‌تر و به روزتر[1] می‌باشد. در صورتی که گزینه‌ی All زده شود در تمام بخش‌های کتابخانه‌ی نرم‌افزار و وبسایتش این جستجو را انجام می‌دهد.

در لیستی که به عنوان نتایج نشان داده می‌شود هر ردیف یک مورد از طراحی های مرتبط با جستجو می‌باشد. این لیست دارای بخش‌های مختلفی است که کارایی مهمترین آنها به شرح زیر می‌باشد.

۱. Design Tool

همان طور که گفته شد طراحی‌ها هم بر مبنای ابزارهای LTC و هم بر مبنای MS Excel پیاده‌سازی می‌شوند. در صورتی که در این بخش علامت[2] LTC(قرمز) فعال باشد یعنی فایل طراحی بر مبنای LTC موجود است و در صورتی که علامت MS Excel (سبز) فعال باشد یعنی فایل طراحی Excel در دسترس است. با کلیک کردن بر روی هر کدام یک از این دو علامت در صورت فعال بودن، فایل مربوطه باز شده و می‌توان بر روی آن کار کرد. در صورتی که رنگ زمینه‌ی ردیفی خاکستری باشد یعنی هیچ کدام از این دو مورد موجود نیست.

شکل (۲-۱۰) نمای بخش نوع فایل جستجو شده برای طراحی

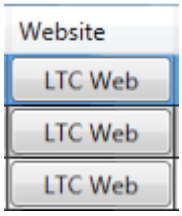
۲. Website

[1] Up to Date

[2] Logo

www.ICEEP.ir

فعال بودن این گزینه در هر ردیف بدین معناست که با کلیک کردن بر روی آن می‌توان در صورت اتصال به اینترنت برگه‌ی اطلاعات[1] منبع تغذیه ی مربوطه را از سایت شرکت LTC مشاهده و در صورت لزوم از آن استفاده کرد.



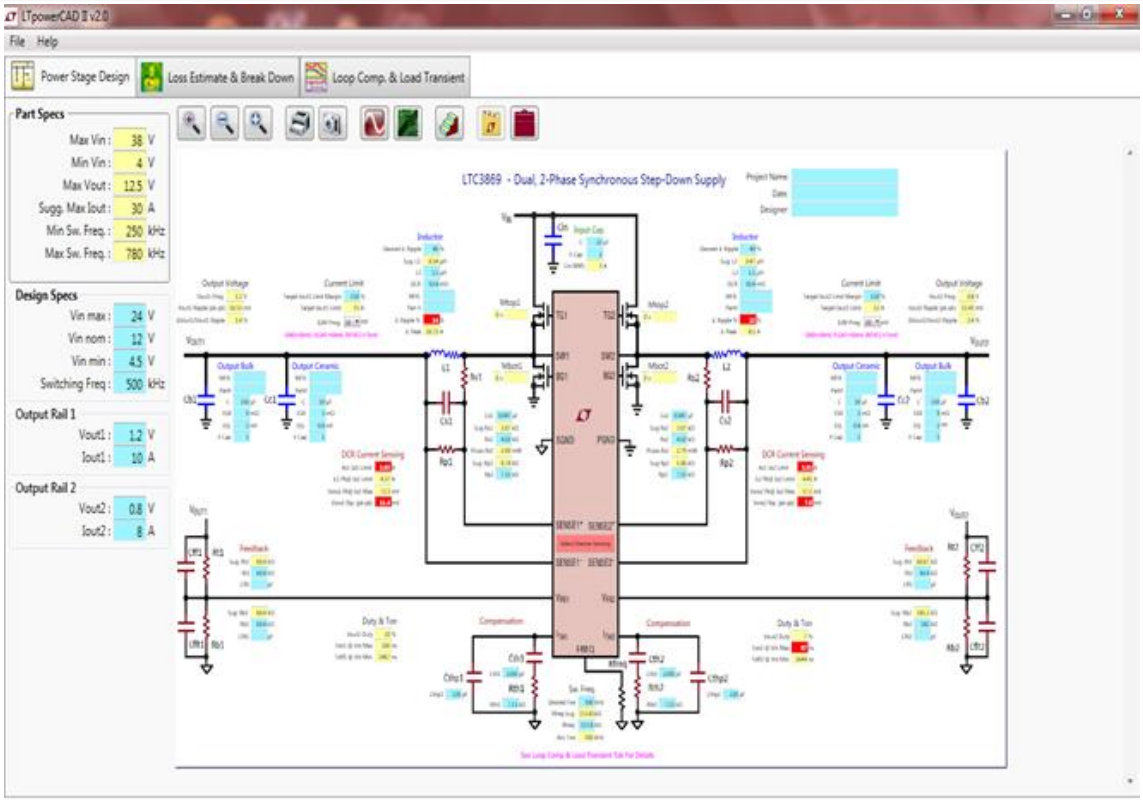
شکل (۲-۱۱) نمای بخش دسترسی به برگه‌ی اطلاعات بر روی وبسایت برنامه

۲-۳- کار در پنجره ی طراحی

در این بخش به نحوه‌ی کار کردن در پنجره‌ی طراحی و گزینه‌های موجود در آن پرداخته می‌شود. پس از جستجو کردن موارد مرتبط، در صورتی که فایل طراحی LTC باز شود پنجره‌ای که باز می شود Design Window نامیده می شود. یک نمونه از این پنجره در تصویر زیر نشان داده شده است. این تصویر مربوط به نمونه‌ی شماره ۳۸۶۹ می‌باشد که پیاده‌سازی Dual, 2-Phase synchrnous Step-Down Supply را نشان می‌دهد.

[1] Data Sheet

www.ICEEP.ir



شکل (۲-۱۲) نمای پنجره‌ی باز شده برای طراحی انتخاب شده

در واقع پنجره‌ی طراحی ابزارهای لازم برای اصلاح نمونه‌ی مربوطه را فراهم می‌کند. با استفاده از ابزارهای این پنجره می‌توان اجزای مربوط به مدار را به گونه‌ای تغییر داد که عملکرد آن تا حد امکان به منبع تغذیه با ویژگی‌های مورد نظر ما نزدیک‌تر گردد. این پنجره دارای ۳ شاخه‌ی[۱] مختلف است که هر یک در زیر شرح داده می شود.

۲-۳-۱- شاخه‌ی Power Stage Design

هنگامی که پنجره‌ی طراحی باز می‌شود اولین شاخه‌ای که مشاهده می‌شود همین شاخه

[۱] Tab

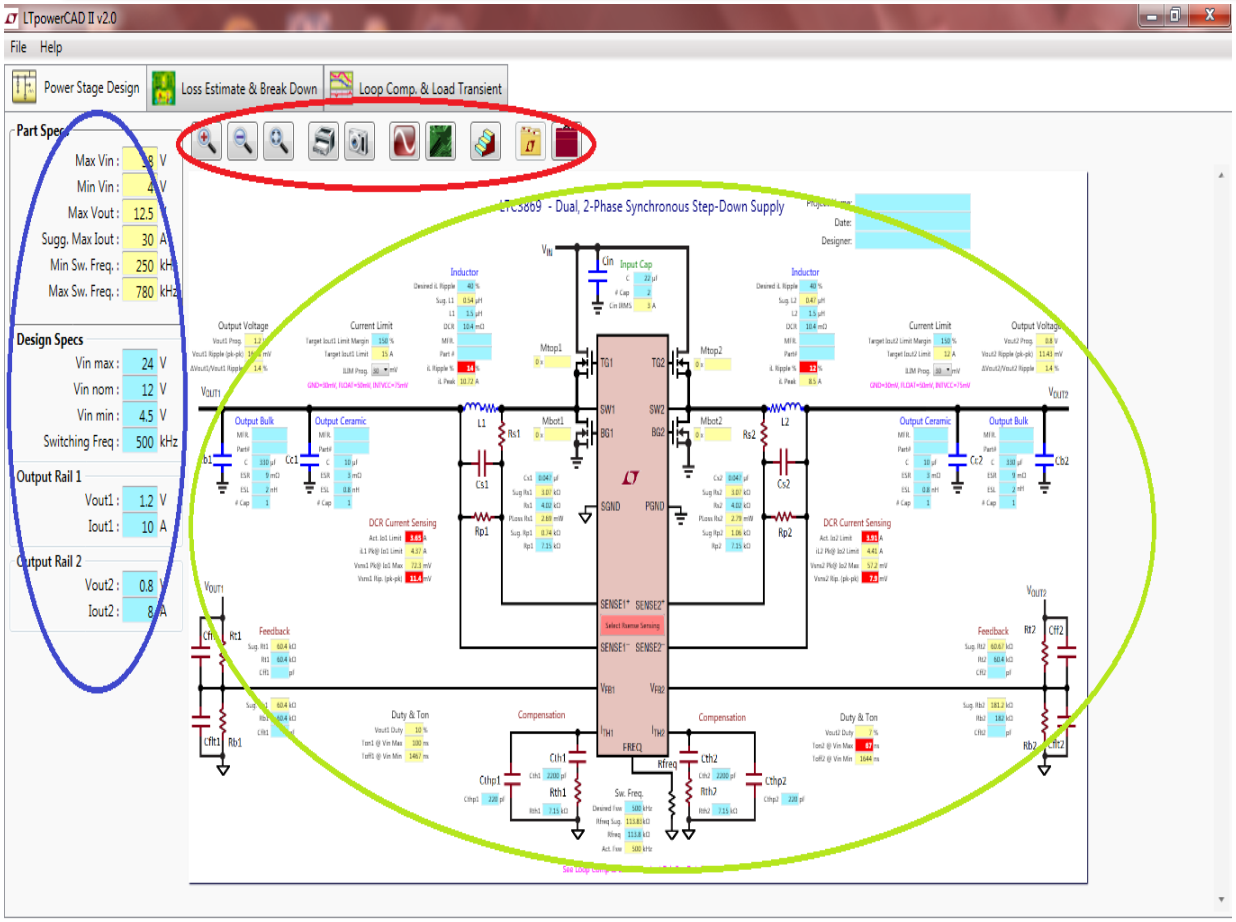
Copyright © 2013 ICEEP, University of Tehran

می‌باشد. این شاخه در واقع یک واسط کابر[۱] برای نمایش دادن شماتیک مدار منبع تغذیه و ابزارهایی برای بررسی آن می‌باشد. در این شاخه بسیاری از پارامترهای حالت پایدار[۲] را می‌توان به دست آورد. بعضی از ویژگی‌های آن را به طور خلاصه می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

- نشان دادن شماتیک مدار منبع تغذیه‌ی مورد نظر (دایره ی سبز)
- نشان دادن خلاصه‌ای از ویژگی‌های ساختاری مدار مربوطه (دایره ی آبی)
- امکان بزرگ‌نمایی[۳] و کپی گرفتن و ذخیره‌ی[۴] شماتیک به صورت یک فایل تصویری (دایره ی قرمز)
- امکان انتقال مدار مربوطه به نرم‌افزار LTspice II برای اجرای شبیه‌سازی‌های مبتنی بر زمان[۵]
- امکان دیدن جانمایی[۶] مربوط به مدار منبع تغذیه

www.ICEEP.ir

۱ User Interface
۲ Steady State
۳ Zoom In
۴ Save
۵ Time-Based
۶ Layout



شکل (۲-۱۳) نمای پنجره‌ی شاخه‌ی Power Stage Design

- خلاصه‌ی شرایط کاری مدار

همان‌طور که در تصویر قبل نیز مشخص شده است (دایره‌ی آبی)، این بخش شامل ۲ قسمت است : یکی Design Specs که دربرگیرنده‌ی مشخصاتی است که در ابتدای کار به برنامه اعلام می‌شود از قبیل ولتاژ نامی و بیشینه، کمینه‌ی ولتاژ ورودی و میزان ولتاژ و جریان هر ریل خروجی و دیگری Part Specs که دربرگیرنده‌ی اطلاعاتی درمورد بخش‌هایی از این طراحی است که در حال حاضر پیش روی کاربر قرار گرفته است که شامل این موارد می‌شوند: بیشینه و کمینه‌ی ولتاژ ورودی و بیشینه‌ی ولتاژ خروجی و بیشینه‌ی جریان خروجی پیشنهادی و بیشینه و کمینه‌ی فرکانس سوییچینگ.

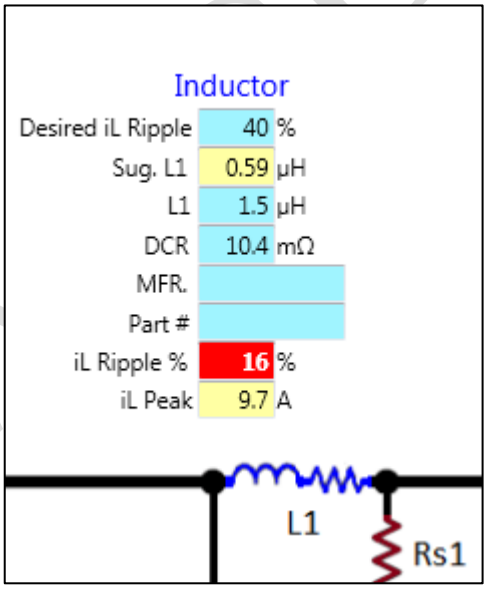
www.ie

- شماتیک مدار منبع تغذیه

شماتیک نشان داده شده از مدار منبع تغذیه شامل مؤلفه‌های مهم طراحی و ابزارهایی برای بهینه‌ساختن مقادیر این مؤلفه‌ها می‌باشد. نشان دادن مقادیر پیشنهاد شده، مقادیر محاسبه شده و بیان اخطارهایی در بعضی موارد این امر را ممکن می‌سازد که در ادامه به آنها می‌پردازیم.

- سلول‌ها

با دیدن هر یک از ۳ شاخه‌ی پنجره‌ی طراحی، اولین چیزی که به چشم می‌آید وجود سلول‌هایی با رنگ‌های آبی و زرد و قرمز در کنار هر یک از اجزای مدار است که هر کدام کارایی منحصر به خود را دارند. در تصویر زیر می‌توان نمونه ای از این سلول ها را برای پارامترهای مربوط به یکی از اجزای مدار که در اینجا سلف است، مشاهده نمود.



شکل (۲-۱٤) نمای انواع سلول‌های موجود

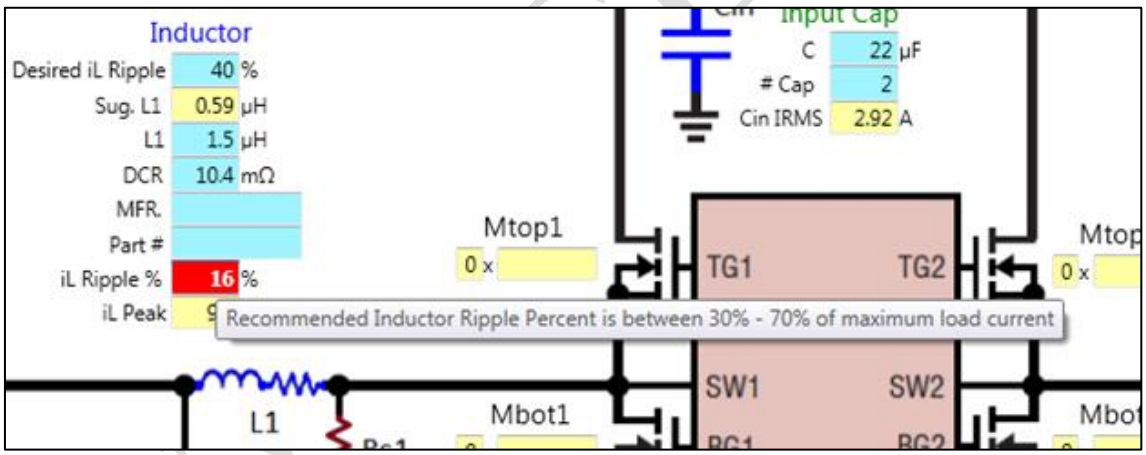
کارکرد این سلول ها به شرح زیر است:

سلول‌های آبی: این سلول‌ها اجازه می‌دهند تا مقادیر مورد نظر کاربر برای آن مؤلفه وارد شود، برای مثال ظرفیت خازن ورودی یا یک سلف در مدار و یا ...

Copyright © 2013 ICEEP, University of Tehran

سلول‌های زرد: این سلول‌ها نشان دهنده‌ی مقادیر پیشنهادی و یا محاسبه شده و اطلاعات کلیدی برای نهایی کردن طراحی مدار می باشند.

سلول‌های قرمز: این سلول ها نشان دهنده‌ی اخطار[1] هستند، به این معنی که مقدار آن مؤلفه‌ی خاص از مقدار محدوده‌ی مشخص شده خارج شده و یا این مقدار نیازمندی‌های لازم را برآورده نمی‌کند. هنگامی که مکان‌نما را روی سلول‌های قرمز نگه داریم، در داخل یک کادر کوچک سفیدرنگ، توضیح مربوط به این که این اخطار در رابطه با چه چیزی می‌باشد ظاهر می‌شود. به عنوان مثال یک نمونه از این مورد برای سلول قرمز موجود در تصویر قبلی نشان داده شده است. در واقع سلول‌های آبی با قابلیت تغییر مقدار توسط کاربر به همین دلیل ایجاد شده‌اند تا کاربر بتواند با انجام اصلاحات لازم اخطارها را تا حد امکان حذف کند.



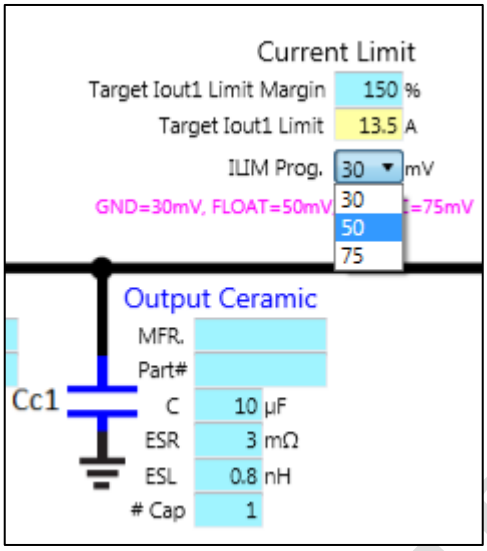
شکل (۲-۱۵) نمای توضیح اخطار مربوطه در یک سلول قرمز

سلول‌های سفید: در کنار سه نوع سلول دیگر بعضی سلول‌ها هستند که به رنگ سفید و با یک فلش مثلثی شکل در کنار آنها مشخص شده اند. اگر مکان‌نما بر روی این سلول‌ها قرار داده شود این سلول‌ها به رنگ آبی درآمده و لیست مقادیر قابل انتخاب برای آن جزء از مدار نشان داده می‌شود

[1] Warning

Copyright © 2013 ICEEP, University of Tehran

که با توجه به نیاز می‌توان آنها را انتخاب کرد. یک نمونه از این سلول‌ها در زیر نشان داده شده است.



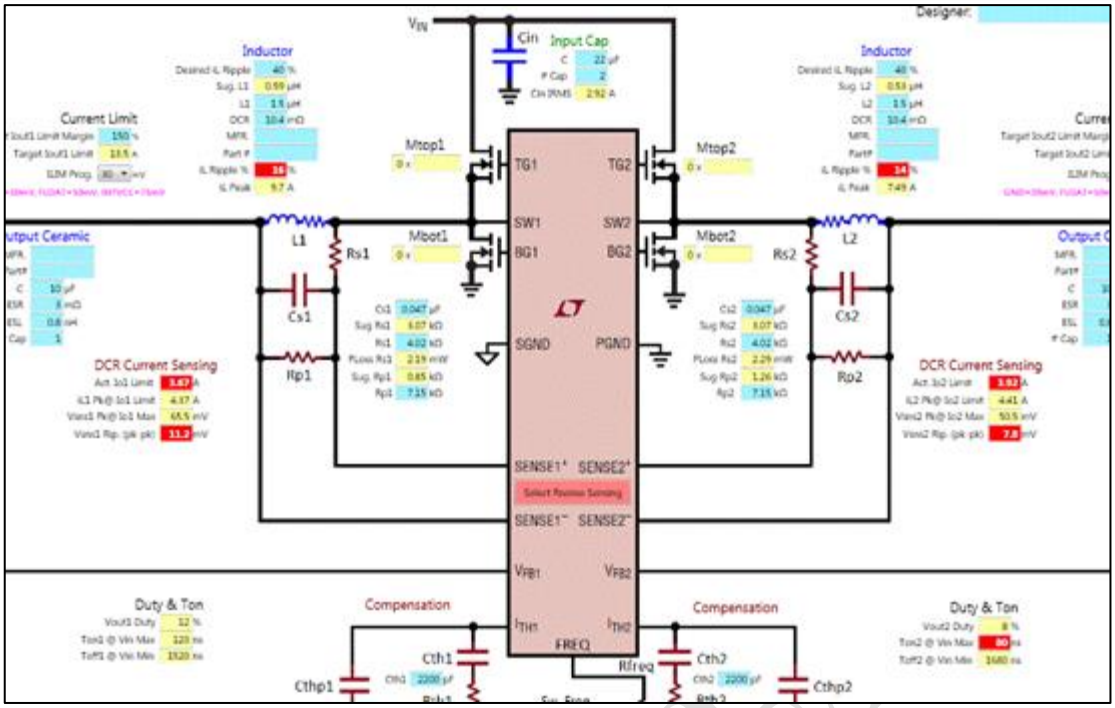
شکل (۲-۱۶) نمای مربوط به کارکرد یک سلول سفید

❖ **کارایی و عملکرد این سلول ها در هر ۳ شاخه یکسان می باشد.**

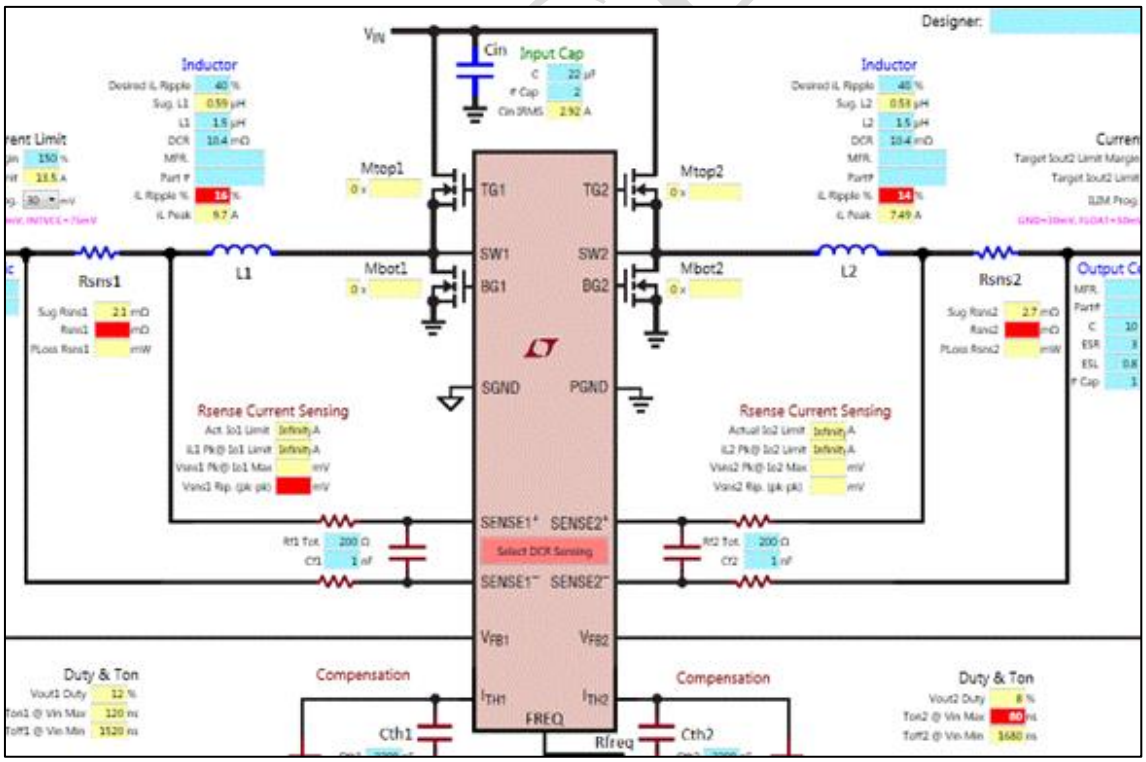
- دکمه‌ی انتخاب

در مواردی که هم گزینه‌ی DCR Current Sensing و هم گزینه‌ی Rsense Current Sensing برای طراحی موجود باشد یک دکمه‌ی انتخاب قرمزرنگ برای این گزینه‌ها بر روی بلوک کنترل کننده (بلوک صورتی رنگ موجود در وسط شماتیک مدار) قرار خواهد داشت که با زدن آن می‌توان بین این گزینه‌ها سوییچ کرد. متناسب با انتخاب هر کدام از این گزینه‌ها شماتیک مدار نیز تغییر خواهد کرد. در دو شکل زیر این موضوع و تفاوت‌های لحاظ شده متناسب با انتخاب هر گزینه را می‌توان دید.

www.ICEEP.ir



شکل (۲–۱۷) نمای شماتیک مدار در حالت دکمه‌ی انتخاب DCR Sensing



شکل (۲–۱۸) نمای شماتیک مدار در حالت دکمه‌ی انتخاب Rsense Sensing

Copyright © 2013 ICEEP, University of Tehran

- دکمه‌های کنترلی

این قسمت مربوط به ابزارهایی است که در شکل ۲-۱۳ دردایره‌ی قرمز مشخص شده است و شامل موارد زیر می‌شود.

۱. Zoom In

با زدن این دکمه می‌توان محتوای صفحه را در نمایی بزرگتر مشاهده نمود.

شکل (۲-۱۹) دکمه‌ی بزرگنمایی

۲. Zoom Out

این دکمه محتوای صفحه را در نمایی کوچکتر نشان خواهد داد.

شکل (۲-۲۰) دکمه‌ی کوچکنمایی

۳. Fit Content

با زدن این دکمه محتوای صفحه در متناسب‌ترین اندازه ای که صفحه را پر کند نشان داده می‌شود.

شکل (۲-۲۱) دکمه‌ی متناسب کردن اندازه با سایز صفحه

٤. Print Schematic

این دکمه جهت چاپ مدار منبع تغذیه با استفاده از چاپگر کاربرد دارد.

www.ICEEP.ir

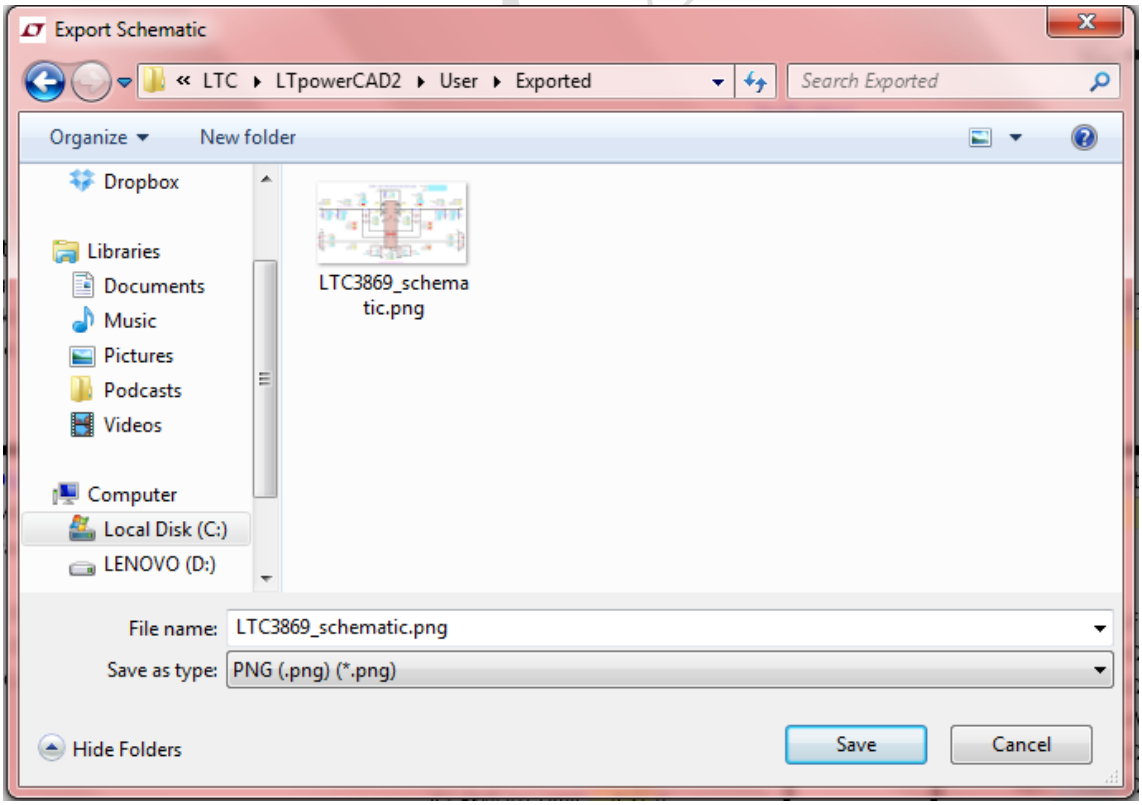
شکل (۲-۲۲) دکمه‌ی چاپ

۵. Save Schematic Image

با کمک این گزینه می‌توان مستقیما شکل شماتیک مدار منبع تغذیه را به صورت یک تصویر با فرمت png. در محل دخواه ذخیره کرد.

شکل (۲-۲۳) دکمه‌ی ذخیره‌ی عکس مدار طراحی شده

با زدن این دکمه یک پنجره جهت معین کردن محل ذخیره‌سازی باز می‌شود که در آن میتوان مسیر و نام مناسب را به تصویر جهت ذخیره شدن داد.



شکل (۲-۲۴) نمای پنجره‌ی محل ذخیره‌ی عکس شماتیک

Copyright © 2013 ICEEP, University of Tehran

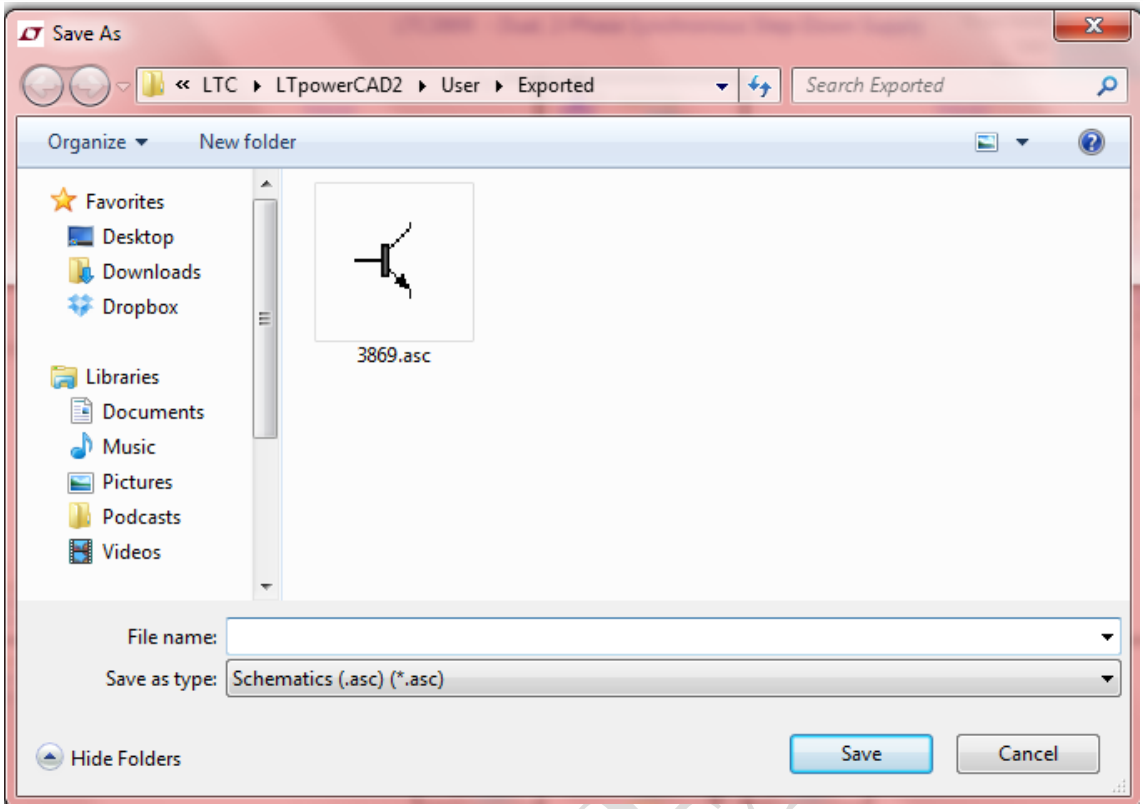
٦. Export to LTspice

این گزینه یکی از ویژگی‌های مهم این برنامه را فراهم می‌کند. همانطور که پیشتر بیان شد برنامه‌ی LTpowerCAD امکانات لازم جهت طراحی یک منبع تغذیه را فراهم می‌کند. در صورتی که لازم باشد پس از طراحی نحوه‌ی عملکرد آن مورد بررسی قرار بگیرد می‌بایست مدار طراحی شده تحت شبیه‌سازی قرار بگیرد. برای این کار می‌توان از برنامه‌ی LTspice که شرکت سازنده‌ی همین نرم‌افزار فراهم کرده است کمک گرفت. این برنامه امکانات لازم جهت شبیه سازی در حوزه‌ی زمان[1] و فرکانس به صورت بی‌درنگ[2] را فراهم می‌کند. به همین دلیل در برنامه‌ی LTpowerCAD با گذاشتن این دکمه امکان انجام این کار را برای کاربر فراهم کرده است. با زدن این دکمه ابتدا یک پنجره جهت تعیین محل و نام مناسب برای ذخیره‌سازی شماتیک به صورت asc. که فرمت شناخته شده برای فایل‌های شماتیک در برنامه‌ی LTspice می‌باشد باز می‌شود.

[1] Time Domain

[2] Real Time

www.ICEEP.ir

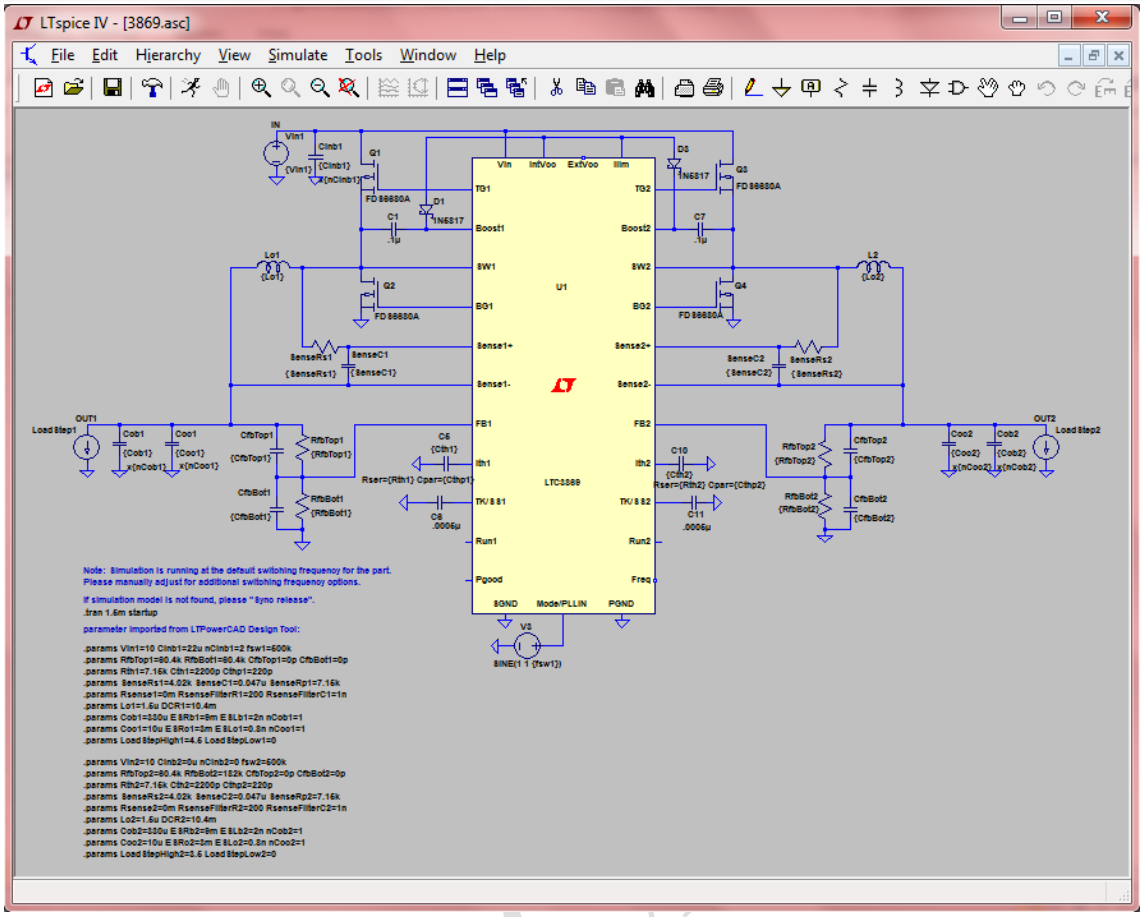


شکل (۲-۲۵) نمای پنجره‌ی ذخیره‌ی فایل مربوط به برنامه‌ی LTspice

سپس با ذخیره‌سازی مناسب شماتیک به صورت خودکار خود شماتیک در برنامه‌ی LTspice باز می‌شود و کاربر می‌تواند بلافاصله کار بر روی آن را از آنجا ادامه دهد.

www.ICEEP.ir

Copyright © 2013 ICEEP, University of Tehran



شکل (۲-۲۶) نمای برنامه‌ی LTspice و مدار بارگیری شده در آن

بدیهی است که برای بهره بردن از این امکان می‌بایست از پیش برنامه ی LTspice بر روی سیستم نصب شده باشد.

شکل (۲-۲۷) دکمه‌ی انتقال به برنامه‌ی LTspice

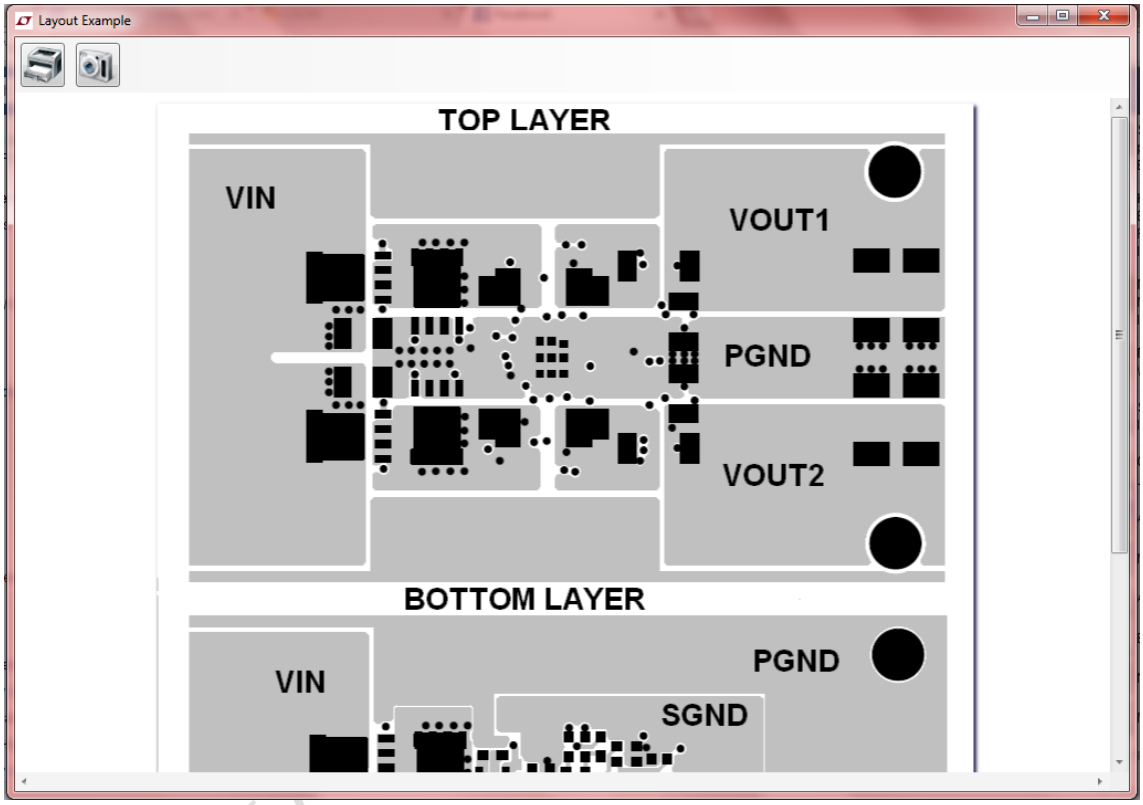
۷. View Layout Example

این گزینه امکان دیدن جانمایی (شکل مدار در سطوح بسیار پایین‌تر و با جزئیات ساختاری مربوط به آن) مدار منبع تغذیه‌ی کشیده شده را فراهم می‌کند.

www.ICEEP.ir

شکل (۲–۲۸) دکمه‌ی مشاهده‌ی جانمایی مدار

با زدن آن پنجره‌ای باز می شود که جانمایی مربوطه در آن نشان داده می‌شود. به علاوه در قسمت سمت چپ بالای آن ۲ گزینه جهت چاپ و یا ذخیره سازی آن به صورت عکس نیز فراهم شده است.



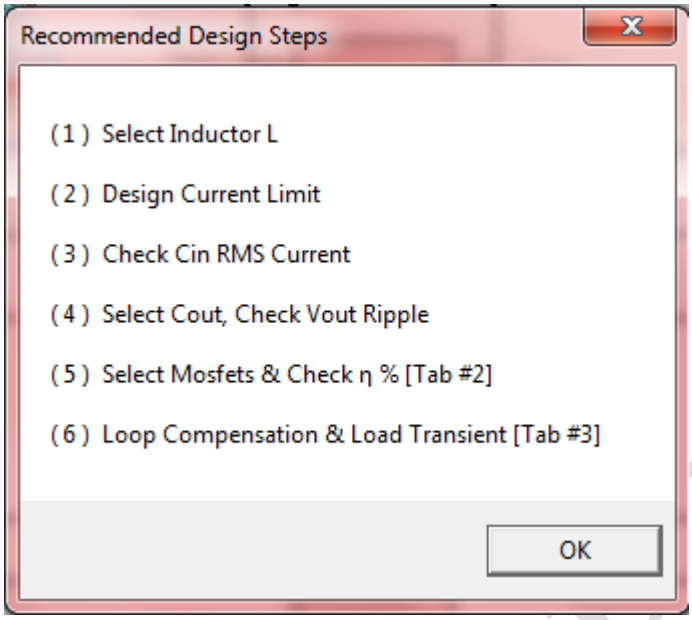
شکل (۲–۲۹) نمای پنجره‌ی باز شده مربوط به جانمایی مدار

۸. View Design Steps

با زدن این دکمه یک پنجره‌ی کوچک باز می‌شود که در آن مراحل پیشنهادی جهت تکمیل فرآیند طراحی منبع تغذیه از سوی برنامه نشان داده می‌شود.

شکل (۲–۳۰) دکمه‌ی مشاهده‌ی مراحل تکمیلی پیشنهادی برای انجام طراحی

Copyright © 2013 ICEEP, University of Tehran



شکل (۲-۳۱) نمای پنجره‌ی مراحل پیشنهادی برنامه برای تکمیل طراحی

۹. Reserved

در قسمت دکمه های کنترلی، برای دکمه‌ای که تصویر آن در زیر نشان داده شده است عملکرد خاصی در نظر گرفته نشده است.

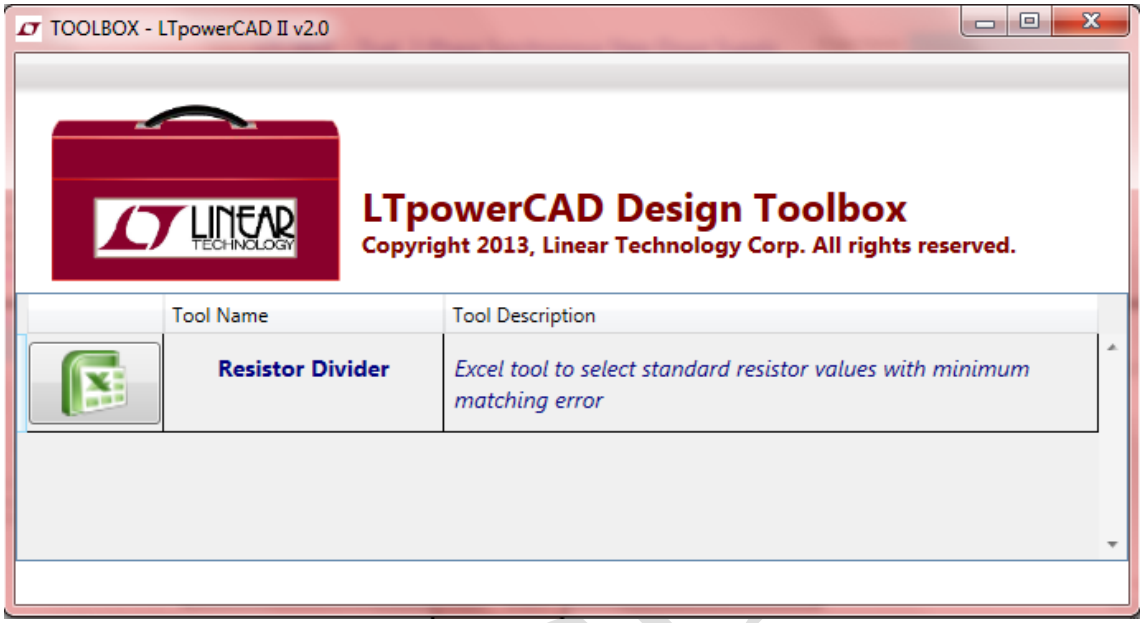
شکل (۲-۳۲) نمای دکمه‌ی Reserved

۱۰. Open LTC Toolbox

با زدن این دکمه جعبه ابزاری که در برنامه به صورت عمومی ازجمله جعبه تقسیم مقاومتی و .. در نظر گرفته شده است برای کاربر باز می‌شود. معمولا ابزارهای موجود در این قسمت همانند قسمت‌های پیشین که طراحی‌های از پیش انجام شده را کاربر می‌توانست تحت LTpowerCAD ویا MS Excel بازکند، تحت برنامه‌ی دوم یعنی MS Excel باز می‌شوند. تصویر این دکمه و پنجره‌های مربوطه در زیر نشان داده شده است.

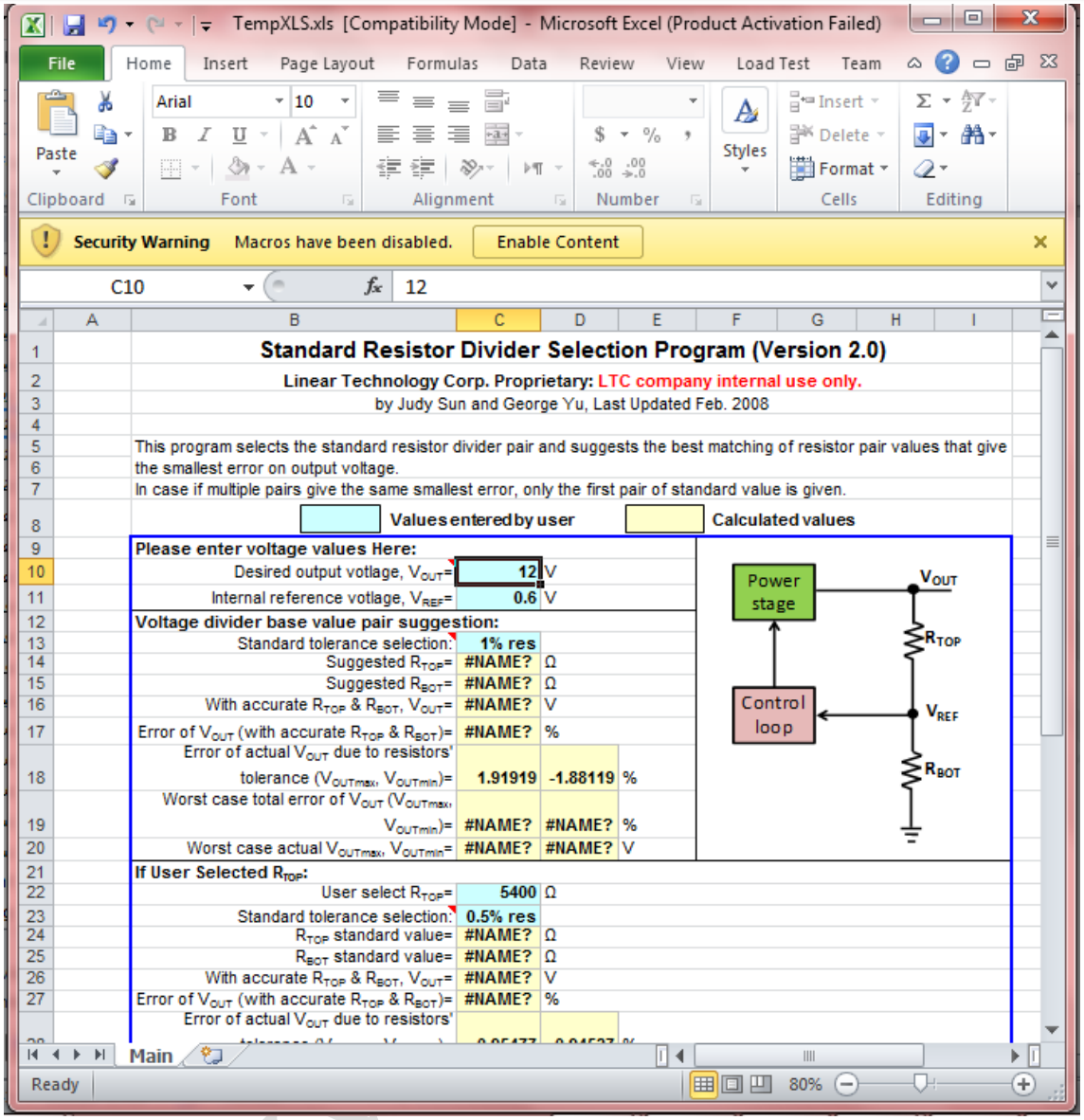
www.ICEEP.ir

شکل (۲-۳۳) دکمه‌ی جعبه ابزار



شکل (۲-۳٤) نمای پنجره‌ی جعبه ابزارها

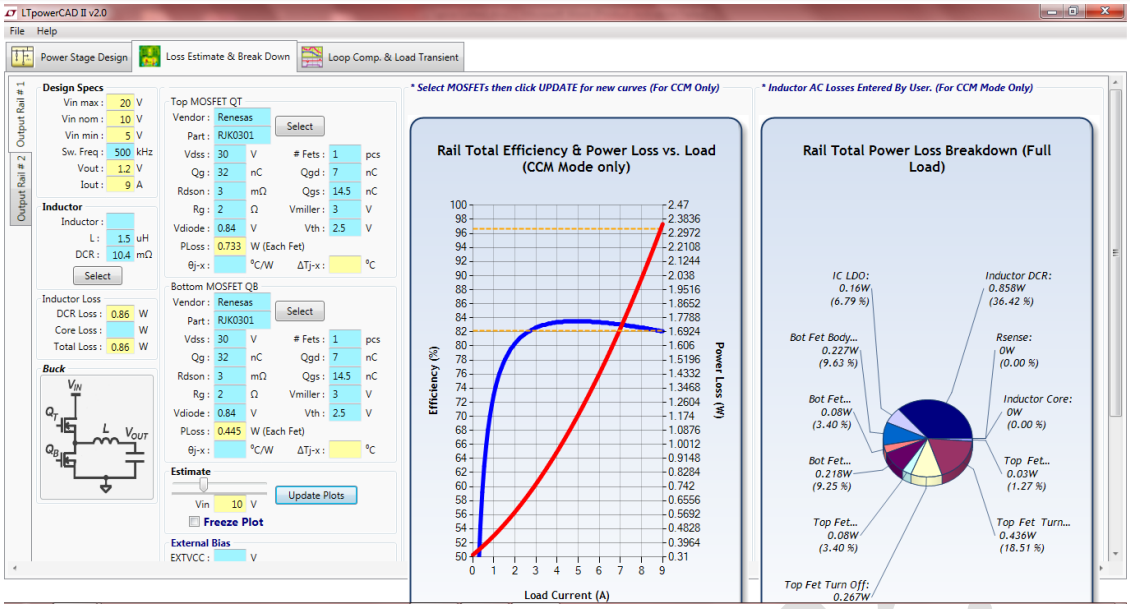
www.ICEEP.ut.ac.ir



شکل (۲-۳۵) نمای ابزار تقسیم مقاومتی بارگیری شده در MS Excel

۲-۳-۲- شاخه ی Loss Estimate & Break Down

این شاخه دومین صفحه از قسمت‌های اصلی برنامه می باشد که تصویر آن در زیر نشان داده شده است.



شکل (۲-۳۶) نمای شاخه‌ی Loss Estimate & Break Down

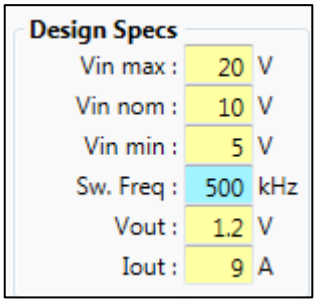
همان‌طور که از گوشه‌ی سمت چپ بالای عکس مشخص است، هر ریل خروجی یک نمایش جداگانه از این صفحه را دارد : ۱) Output Rail#1 و ۲) Output rail#2 که بنابه نیاز هرکدام از آنها را می‌توان انتخاب نمود.

قسمت‌های مختلف این صفحه به شرح زیر می‌باشد.

۱- Design Specs

این قسمت شامل مشخصات ولتاژ و جریان مدار می‌باشد که در قسمت‌های پیشین شرح آنها داده شده است. این موارد از بالا به پایین به ترتیب شامل ولتاژ بیشینه، ولتاژ نامی، ولتاژ کمینه، فرکانس سوییچ، ولتاژ خروجی، جریان خروجی می‌باشد.

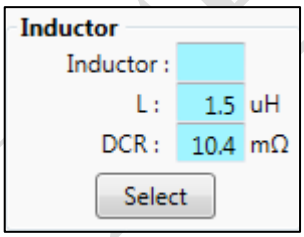
www.ICEEP.ir



شکل (۲-۳۷) نمای بخش ویژگی‌های طراحی

۲- Inductor

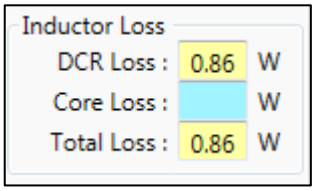
در این قسمت مشخصات مربوط به سلف القاگر[۱] متناسب با نیاز وارد می‌شوند. این موارد به ترتیب از بالا به پایین شامل نام القاگر، ظرفیت آن بر حسب میکروهانری و مقدار مقاومت ذاتی آن بر حسب میلی اهم می‌باشد.



شکل (۲-۳۸) نمای بخش مربوط به ویژگی‌های سلف

۳- Inductor Loss

این بخش شامل مشخصه‌های اتلافی توسط القاگر می‌باشد شامل : اتلاف مقاومت ذاتی آن و اتلاف هسته و اتلاف کل.



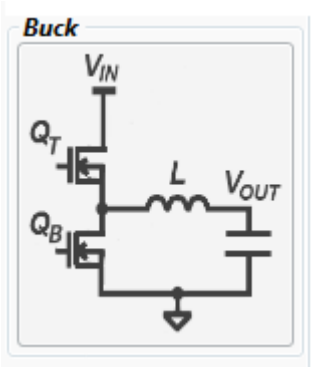
شکل (۲-۳۹) نمای بخش مربوط به اتلاف سلف

[۱] Inductor

www.ICEEP.ir

٤- نوع مبدل

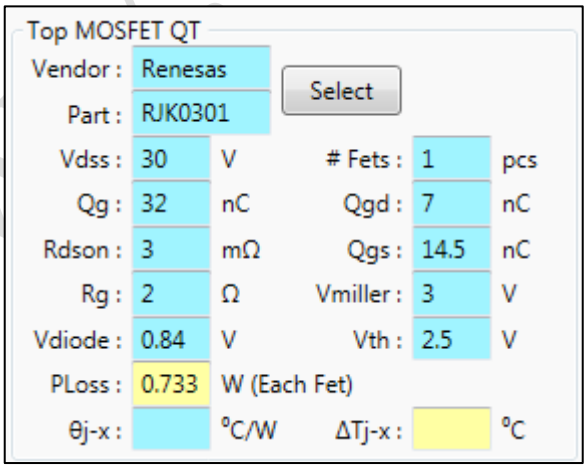
در ابتدای کار به هنگام شروع طراحی در قسمت جستجو در قسمتی تحت عنوان Converter Topology نوع مبدل انتخاب می‌گردد که در اینجا مدار مربوط به آن نشان داده می‌شود.



شکل (۲-٤۰) نمای مدار مبدل انتخابی

٥- Top MOSFET QT

این بخش شامل ویژگی‌های ترانزیستور بالایی در مبدل می‌باشد که تصویر آن در شکل ۲-٤۰ مشخص است.



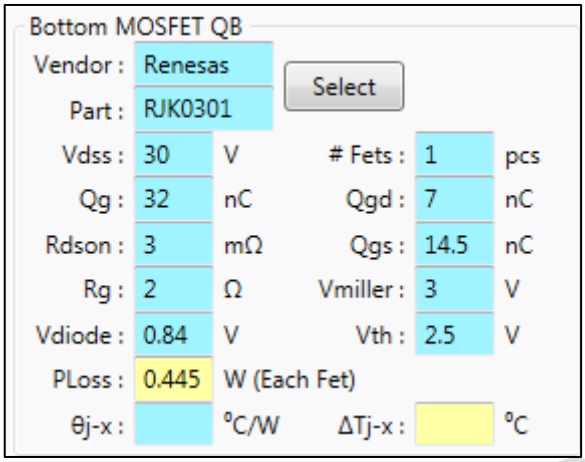
شکل (۲-٤۱) نمای بخش مربوط به ترانزیستور بالایی در مدار مبدل

٦- Bottom MOSFET QB

این بخش شامل ویژگی‌های ترانزیستور پایینی در مبدل می‌باشد که تصویر آن در شکل ۲-

www.ICEEP.ir

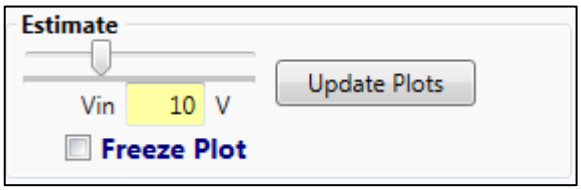
٤٠ مشخص است.



شکل (۲-٤۲) نمای بخش مربوط به ترانزیستور پایینی در مدار مبدل

Estimate -۷

در این قسمت خود برنامه یک تخمین بر اساس اطلاعات داده شده در ابتدای شروع طراحی برای ولتاژ ورودی زده شده که می‌توان مقدار آن را با استفاده از فلش بالای آن تغییر داد. هر تغییری که در هر یک قسمت های مختلف داده شود جهت اعمال آن بر روی نمودارهای مربوطه و یا رسم این نمودارها برای اولین بار، لازم است که گزینه‌ی Update Plots زده شود. همچنین این بخش دارای یک گزینه به نام Freez Plot است. با علامت زدن این قسمت نمودار رسم شده به ازای مقادیر فعلی در قسمت مربوطه ثابت می‌شوند. سپس میتوان مقادیر را تغییر داد و نمودار مربوط به مقادیر جدید را در کنار نمودار قبلی رسم کرد و آن‌ها را با هم مقایسه کرد.



شکل (۲-٤۳) نمای بخش مربوط به Estimate

www.ICEEP.ir

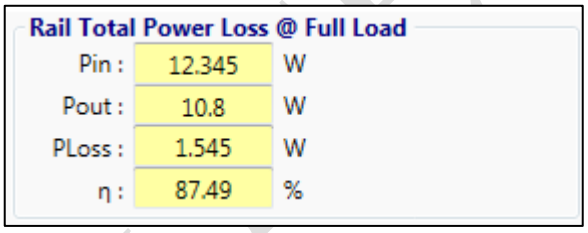
۸- External Bias

در صورتی که لازم است یک ولتاژ بایاس به مدار اعمال شود می‌توان مقدار آن را در این قسمت وارد کرد.

شکل (۲-٤٤) نمای بخش ولتاژ بایاس خارجی

۹- Rail Total Power Loss @ Full Load

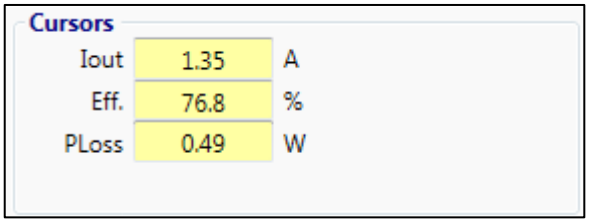
در این قسمت مشخصه‌های توانی ریل مربوطه (۱ یا ۲) یعنی توان ورودی و توان خروجی و توان هدر رفته و بازده (اِتا) نشان داده می‌شود.



شکل (۲-٤٥) نمای مربوط به بخش اتلاف کل ریل خروجی

۱۰- Cursors

در این قسمت اعداد روی محورها مربوط به نقطه ای که نشانگر روی نمودار به آن اشاره می‌کند نشان داده می‌شود.



شکل (۲-٤٦) نمای مربوط به نقاط نشان دهنده توسط مکان نما

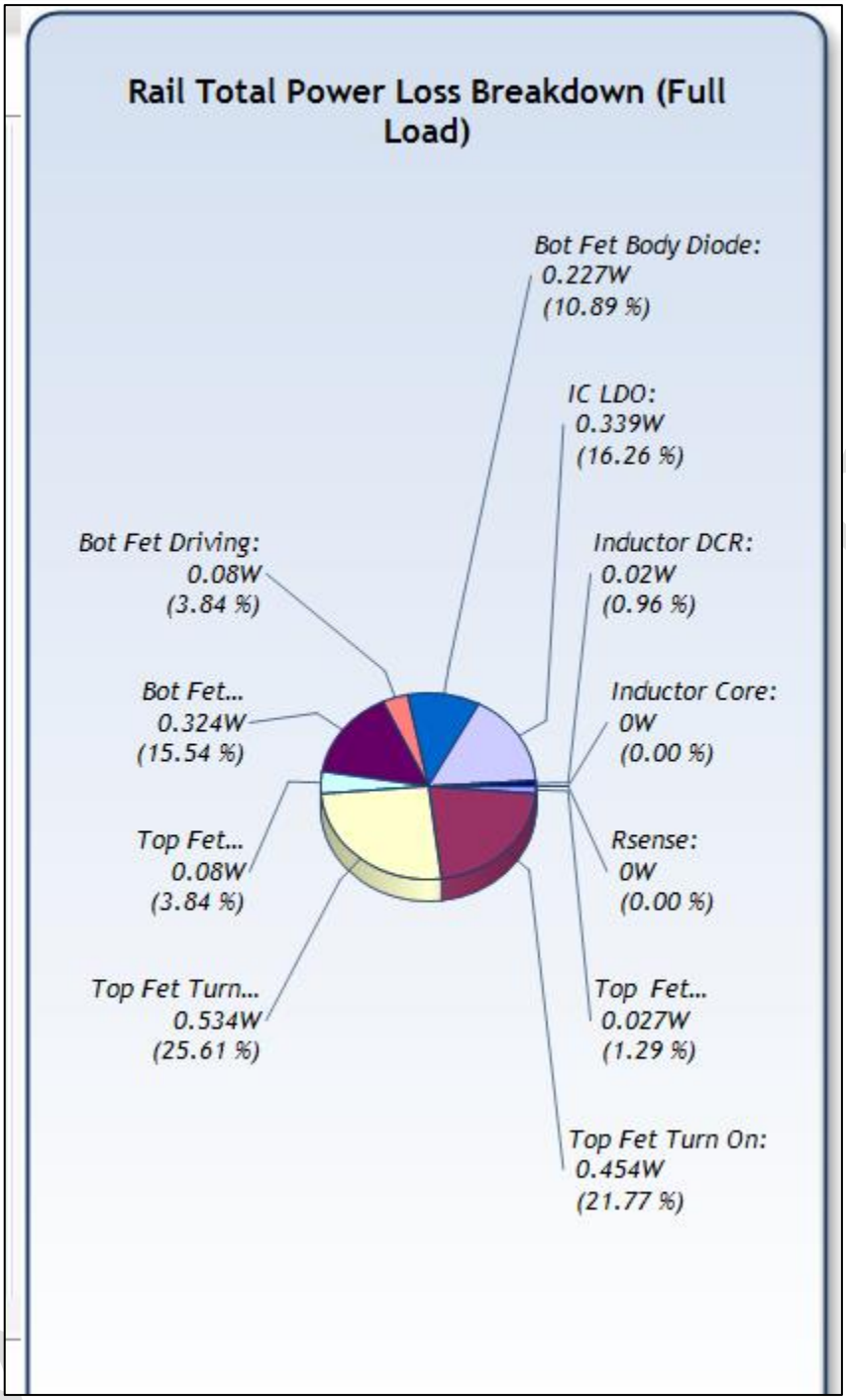
www.ICEEP.ir

۱۱- نمودارها

در این قسمت برای داده‌های موجود دو نمودار کشیده می‌شود. نمودار دایره‌ای که نشان دهنده‌ی شکست توان هدر رفته‌ی کل ریل در حالت بار-کامل[۱] می‌باشد. نمونه‌ی این نمودار در زیر نشان داده شده است.

www.ICEEP.ir

[۱] Full Load

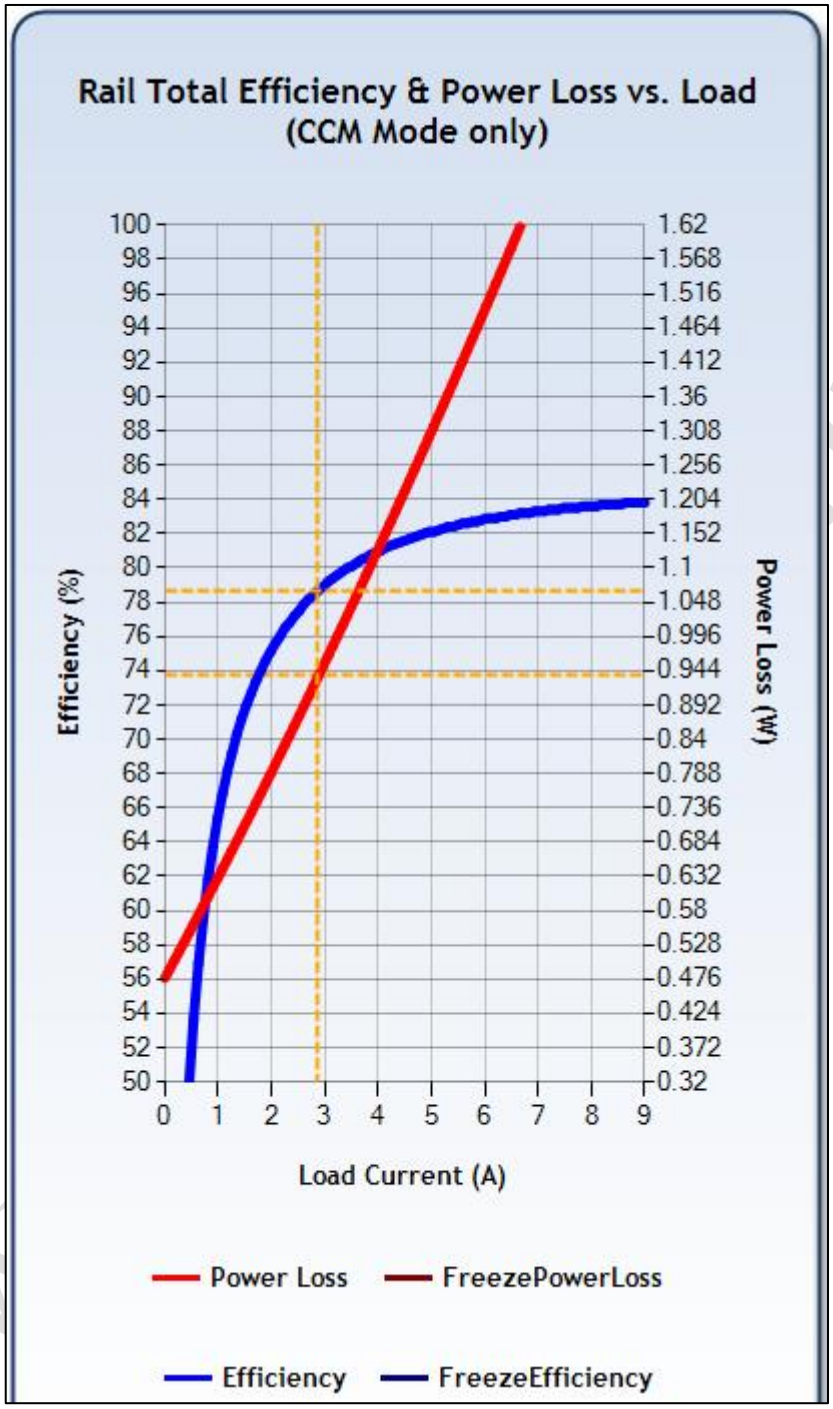


شکل (۲-٤٧) نمودار دایره‌ای مربوط به تلاف توان کل ریل خروجی

نمودار دیگر شامل دو منحنی همزمان است. هر دو منحنی بر حسب جریان بار کشیده می‌شوند. یکی بازده که با رنگ آبی رسم می‌شود و محور عمود آن در سمت چپ قرار می‌گیرد و دیگری توان هدر رفته است که با رنگ قرمز ترسیم شده و محور عمود آن در سمت راست شکل

Copyright © 2013 ICEEP, University of Tehran

قرار گرفته است. تصویر زیر نمونه‌ای از این نمودار را نشان می‌دهد.

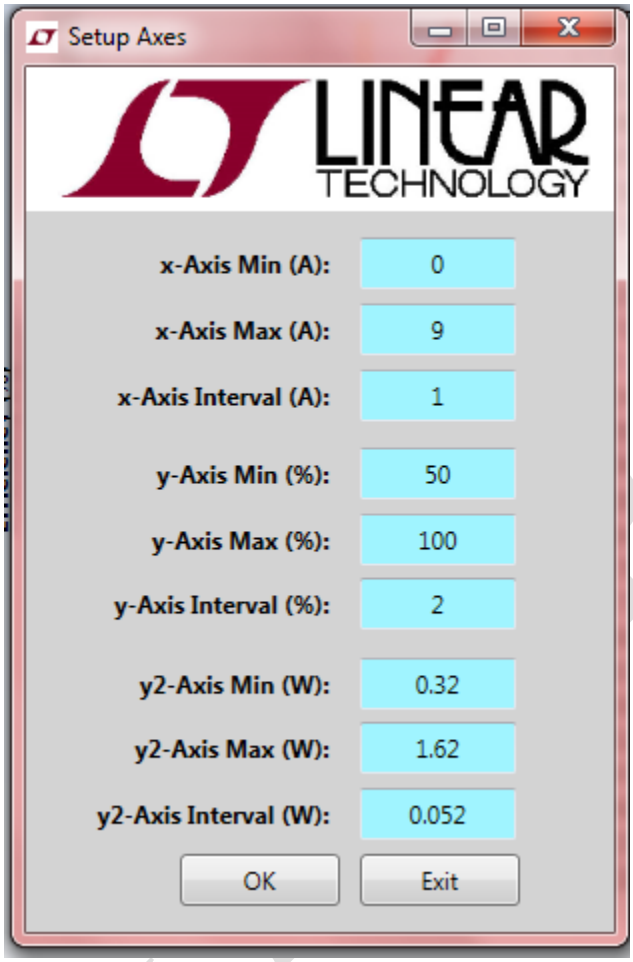


شکل (۲–٤٨) نمای نمودارهای بازده و اتلاف توان بر حسب جریان بار

همچنین در صورتی که نقطه‌ی خاصی را بر روی نمودار در نظر بگیریم و بر روی آن ۲ بار کلیک کنیم پنجره‌ای باز می‌شود که در آن مشخصات و ویژگی‌های مربوط به آن از نمودار نشان داده

Copyright © 2013 ICEEP, University of Tehran

می‌شود. نمونه‌ی آن در زیر آمده است.



شکل (۲-۴۹) نمای پنجره‌ی مشخصات و مختصات نقطه‌ی نشان دهنده شده توسط مکان ن

www.iceep.ut.ac.ir

واژه‌نامه

A	
B	
C	
Components	مؤلفه
Converter	مبدل
D	
Data Base	پایگاه داده
Data Sheet	برگه‌ی اطلاعات
Design	طراحی
E	
Efficiency	بازده ، کارامدی
External Clock	کلاک خارجی
F	
Full Load	بار کامل
G	
H	

www.ICEEP.ir

I	
Inductor	القاگر
J	
K	
L	
Layout	جانمایی
Library	کتابخانه
Load	بارگیری کردن
Logo	علامت ، نشان
M	
N	
Name	نام
Net List	فهرست اتصال اجزای مدار
Node	گره
None	هیچ کدام
O	
Optimization	بهینه‌سازی
P	

www.ICEEP.ir

Pin	پایه
Port	درگاه
Power Loss	توان هدر رفته
Power Supply	منبع تغذیه
Q	
R	
Real Time	بی درنگ
Remote	از دور
S	
Save	ذخیره
Schematics	شماتیک
Sense	حس کردن
Simulation	شبیه‌سازی
Steady Loop	حلقه‌ی پایداری
Steady State	حالت پایداری
T	
Tab	شاخه
Time Domain	حوزه‌ی زمان
Tool Box	جعبه ابزار
Topology	ساختار

www.ICEEP

Transient Analysis	تحلیل گذرا
U	
Update	به روزرسانی
Up-to-date	به روز
User Interface	واسط کاربر
V	
Version	نسخه
W	
Warning	اخطار
X	
Y	
Yeild	بازده
Z	
Zoom In	بزرگنمایی

Copyright © 2013 ICEEP, University of Tehran