ANALOG DEVICES

应用笔记158
2015年9月

One Technology Way • P.O. Box 9106 • Norwood, MA 02062-9106, U.S.A. • Tel: 781.329.4700 • Fax: 781.461.3113 • www.analog.com/cn

使用LTpowerCAD设计工具通过简单五步设计电源参数

作者：Henry Zhang

简介

如今，系统板拥有的供电轨和电源的数量越来越多。解决方案的尺寸、效率、热性能和瞬态性能对于高级电源解决方案都非常重要，因此为特定应用设计定制板载电源解决方案比使用现成的商用电源更为有效和经济。对于系统工程师而言，设计和优化开关模式电源正变得越来越普遍和必要。遗憾的是，此任务常常很耗时，并且在技术上有挑战性。

为了简化设计任务并提高设计质量和生产率，ADI的电源应用专家开发了电源设计和优化工具——LTpowerCAD™程序。这个基于PC的程序可从www.analog.com/cn/LTpowercad免费下载。本文介绍如何通过简单几步完成开关电源关键参数的“纸上设计”并获得良好的结果。

“纸上设计”可能很困难且耗时

为了设计和优化板载电源，常规的“纸上设计”方法可能既困难又耗时。定义电源规格后，工程师首先需要选择转换器拓扑，例如用于降压应用的降压转换器或用于升压应用的升压转换器。其次，工程师需要根据过去的经验或使用网络搜索工具选择电源管理IC。再次，工程师需要根据自己的知识或供应商的数据手册公式来计算功率元件值。然后，工程师从成千上万的零件中选择功率元件，例如电感、电容和MOSFET。下一步是估计电源效率和功率损耗，同时确保元件的热应力可以接受。这还不算完——环路补偿设计是另一项艰巨的任务，因为它需要复杂的电路建模和超出IC数据手册范围的参数值。最后是绘制原理图，并将原型PCB板发出以供制造。现在，工程师该给电路板加电，确保没有振荡输出或过热。对于没有经验的电源设计人员来说，这种设计过程颇具挑战性。即使对于有经验的电源设计人员，常规的“纸上设计”方法和反复试错法也既费时又困难，而且不准确，缺少最优结果。可能需要数小时、数天甚至更长时间。

LTpowerCAD设计工具简化任务

为了节省用户的时间和精力并实现高质量的设计解决方案，ADI的电源应用专家开发了LTpowerCAD设计工具。该设计工具提供一种系统化且简便的方法，用户按照简单五步就能完成电源关键参数的设计：(1) 输入电源规格并选择解决方案；(2) 借助自动警告优化功率级元件；(3) 优化电源效率和功率损耗；(4) 设计环路补偿并优化负载瞬变；(5) 生成带有BOM和PCB尺寸估算的总结报告。图1显示了使用LTpowerCAD设计工具的设计流程。

现有许多设计示例，包括ADI演示板和LTpowerCAD解决方案库中的数据手册电路。用户也可以使用此工具保存其设计，构建自己的解决方案库。工程师可以利用此类解决方案，将其作为未来电源设计的起点快速开始设计。此外，LTpowerCAD设计可以导出对应LTspice®仿真电路，以便检查时域电源波形和瞬态性能。

、LT、LTC、LTM、Linear Technology、LTspice和Linear徽标是ADI公司的注册商标，LTpowerCAD是其商标。所有其他商标均属各自所有人所有。

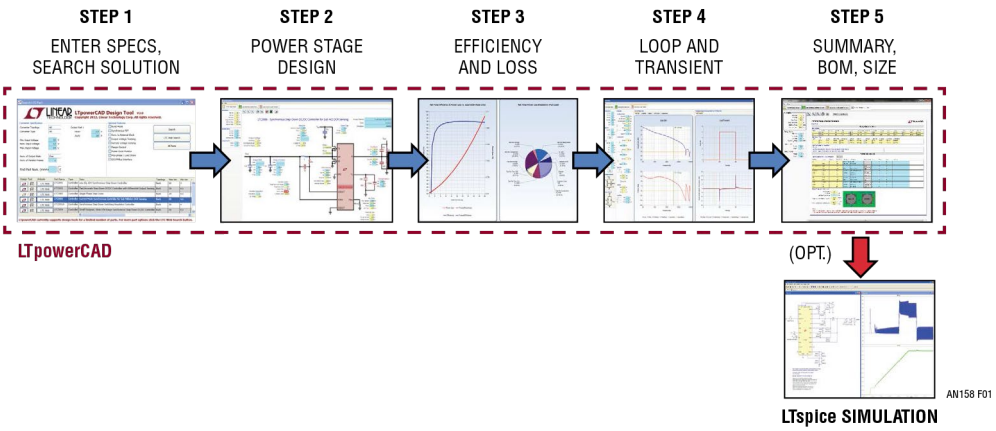

图1. 使用LTpowerCAD设计工具通过简单五步设计电源

使用这些功能强大的工具，系统工程师可以在数分钟内而不是数小时内完成高质量的电源电路设计，并获得良好的结果。设计出首个电源模块原型的时间大大缩短。

LTPOWERCAD设计步骤和示例

我们使用一个LTpowerCAD设计示例来了解详细设计步骤。例如，工程师需要设计一个板载电源，输入为10.8V至13.2V（12V±10%），输出为1.0V，电流高达20A。这是典型的同步降压转换器。

步骤#1 – 搜索电源产品解决方案

第一步是搜索关键电源IC或微型模块，解决方案围绕它而构建。IC或微型模块的选择可以来自过往的经验，或来自LTpowerCAD解决方案搜索页面。如图2所示，在LTpowerCAD搜索页面上，用户可以输入电源规格并选择可选特性，然后点击“搜索”软键。接下来，从程序提供的列表中选择所需的产品。

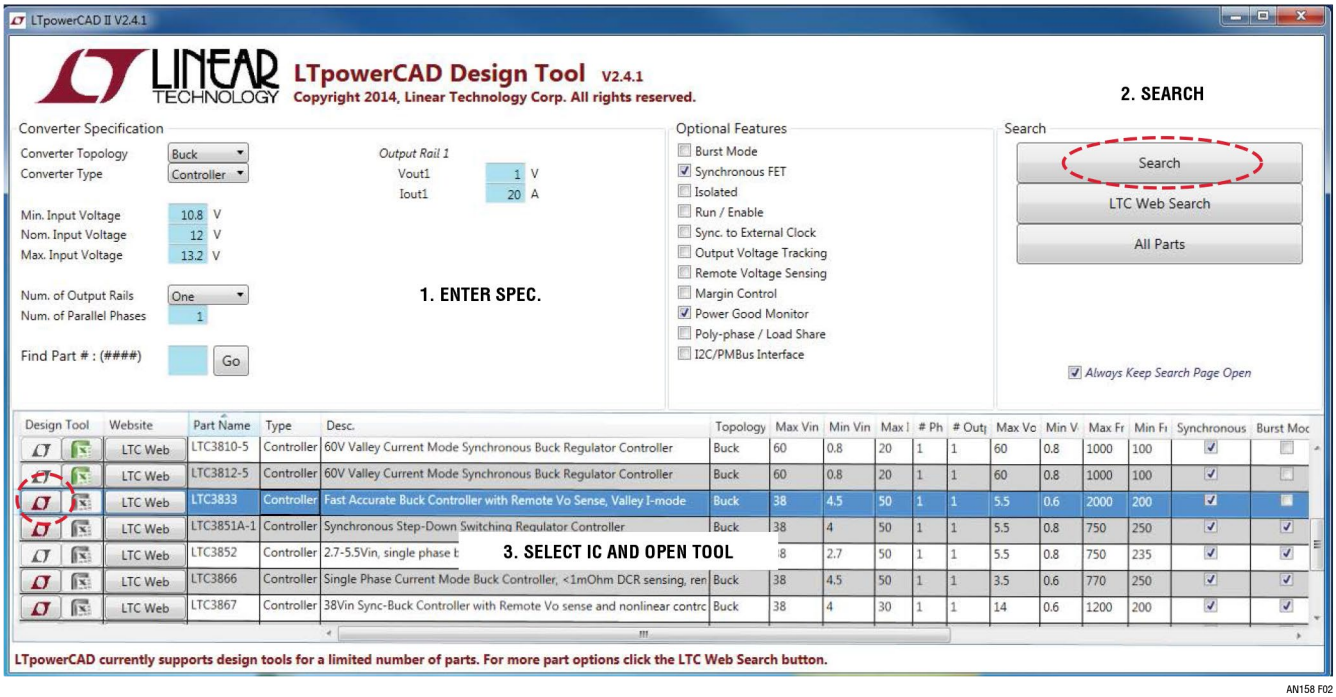

图2. 设计步骤1：搜索电源解决方案

在图2中，程序提供的IC解决方案列表的最左侧有红色的“LT”符号或绿色的“Excel”符号。红色LT符号表示该产品可以使用LTpowerCAD设计工具。绿色“Excel”符号表示可以使用基于Microsoft Excel电子表格的设计工具。如果两个符号均为灰色，则表示该产品尚无设计工具可用。

本例中为此12V_{IN}至1V/20A输出电源选择的是LTC3833电流模式降压控制器。点击红色“LT”符号可以打开其设计工具。

步骤#2 – 功率级设计

第二步是设计和选择功率级元件，例如功率电感、输入和输出电容、电流检测元件以及功率MOSFET。为了设计电源，用户通常需要从一个开关频率f_{SW}开始，然后选择功率电感，再选择输入和输出电容。功率MOSFET可以在步骤3中选择/优化。

打开设计工具后，如图3所示，会显示主原理图页面，关键元件旁边会有设计参数值。在此页面上，设计值位于单元格（文本框）中，单元格有两种不同背景颜色。黄色表示单元格中的值来自设计规范，或者由LTpowerCAD工具计算/推荐，用户无法直接编辑这些值。蓝色表示该单元格中的值是用户的设计选择，用户可以直接访问和编辑这些参数。

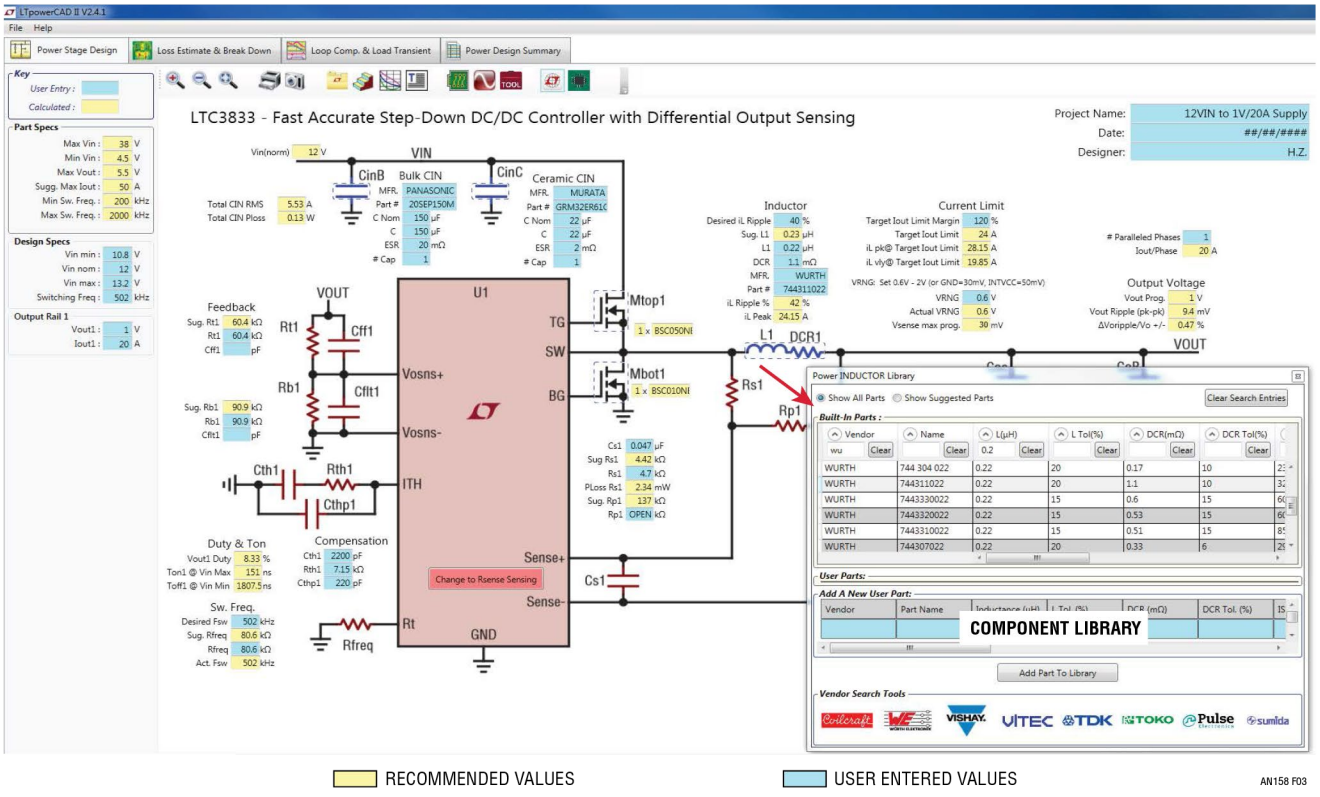

图3. 设计步骤2 – 包含原理图和关键参数值的功率级设计页面

对于关键电路参数（例如电感纹波电流），程序针对每个元件会有内置限值。如图4所示，如果用户的设计值超出限值，程序会提供自动警告，显示不同颜色的单元格，橙色表示较轻微的“软”警告，红色表示较严重的“硬”警告，以此提醒并指导用户检查数值和调整设计。内置限值/警告的值是由应用专家为相关产品设置的建议值。需要注意的是，由于这是一个模拟解决方案，因此有时可以接受带有警告的设计，只要用户理解其含义并对所选的设计值有信心。

在此LTpowerCAD原理图页面上，只需点击鼠标即可从内置库中选择所有功率元件，例如电感、电容和FET。在撰写本文时，已有来自许多受欢迎供应商的五千多个元件，并且经常添加更多元件。用户还可以输入新元件的关键参数，以在本地PC上构建自己的元件库。

在12V_{IN}至1V/20A降压电源的例子中，开关频率设置为500kHz。因此，为在DC $I_{O(max)}$上获得40%的峰峰值电感电流纹波，计算得出的电感值为0.23µH。从电感库中选择一个0.22µH/1.1mΩ的电感。在此示例中，电感绕组的直流电阻(DCR)用于电流检测。应检查电流检测网络值能否提供正确的电流检测信号和限流设置。如果交流电流检测信号太弱（这可能会引起潜在的信噪比问题），或者限流水平低于目标值，则程序会显示警告。选择的输入电容应以最小的传导损耗来满足RMS电流额定值。选择的输出电容应使输出电压纹波和瞬态过冲/欠冲最小。这些元件将在随后的环路补偿和负载瞬态设计阶段最终确定。下一步将选择功率MOSFET，以便进行效率和损耗估算与优化。

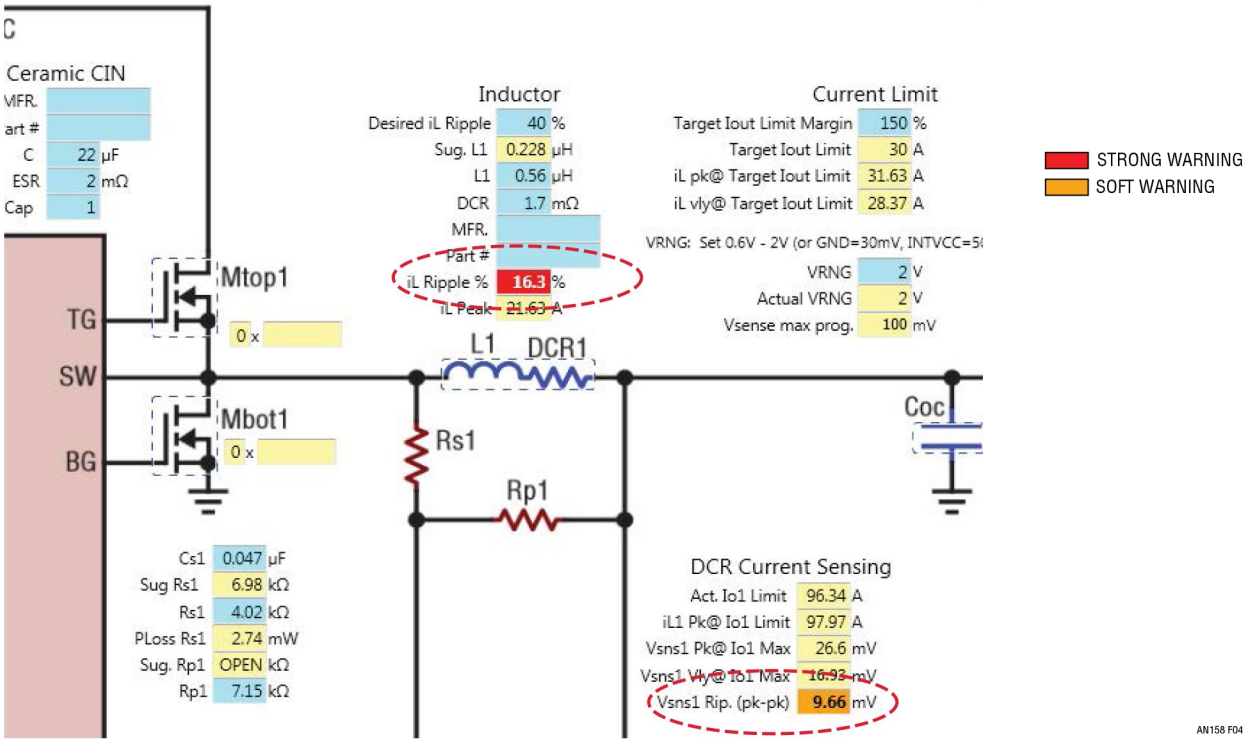

图4. 自动警告指导用户使用正确的设计值

步骤#3 – 电源效率和损耗优化

用户可以转到下一步，点击“Loss Estimation and Breakdown”选项卡以优化电源效率和功率损耗。如图5所示，在用户选择MOSFET并点击“update”软键之后，程序便针对给定输入电压提供电源效率和功率损耗与负载电流的关系曲线，使用V_{IN}滑动条可更改曲线。详细的功率损耗细分饼图进一步让用户能够理解和调整设计参数与元件，以最大程度地减少某些损耗并优化整体效率。

LTpowerCAD损耗估算基于许多元件模型和公式。它包括功率MOSFET、电感、电容和IC栅极驱动器的损耗。然而，为了获得实时结果，器件损耗模型是简化的行为模型，而不是复杂的物理模型。请注意，LTpowerCAD尚未对电感交流损耗进行建模，但用户可以选择输入其值。因此，估算的效率可能比实际的硬件效率高几个百分点。即便如此，该工具仍能提供快速的实时估算，帮助用户选择和比较各种设计方案，特别是电感和功率MOSFET。

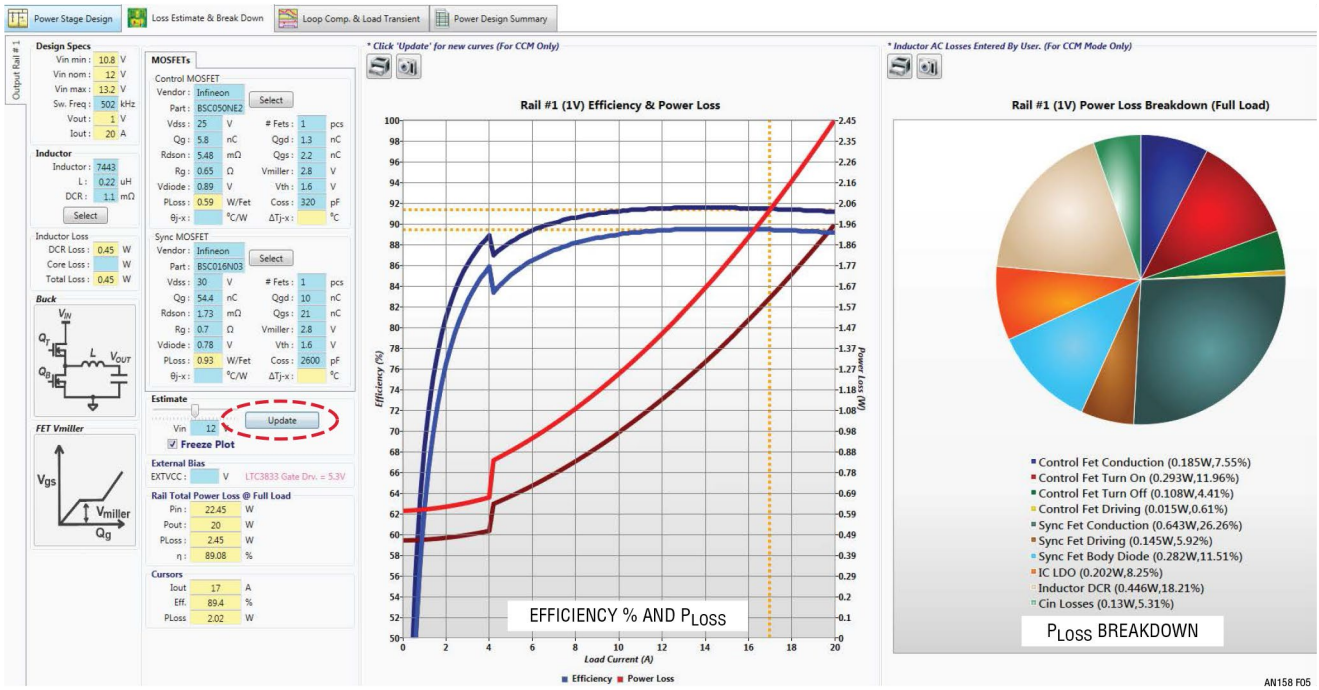

图5. 设计步骤3 – 优化效率和功率损耗

步骤#4 – 反馈环路设计和瞬态优化

下一步是设计电压反馈环路，并以良好的稳定性裕量优化负载瞬态性能。这常常被视为最具挑战性的电源设计任务之一。LTpowerCAD设计工具使其简单易行。

图6显示了环路和瞬态设计页面。环路增益波特图可以通过调整补偿R/C值来实时调整，以实现所需的环路带宽和相位裕量。详细环路设计概念在参考文献[2]中进行了说明。对于开关模式功率转换器，通常建议在交越频率处具有超过45度（或甚至超过60度）的相位裕量，并在电源开关频率f_{SW}的一半处具有至少8dB的增益衰减。程序有多个选项卡，其中一个选项卡用于显示电源输出阻抗图，以向用户提供关于环路设计的更多信息。针对用户定义的负载阶跃大小和电流压摆率，程序提供了负载瞬变图。用户可以“freeze plots”给定设计的曲线，然后更改设计值或元件选择以与替代设计进行比较，进而获得最优结果。

对于给定的负载瞬态条件（负载电流阶跃大小和压摆率）及V_{OUT}过冲/下冲目标限值，用户可以调整环路并检查环路带宽、稳定性和瞬态性能。如果瞬态性能仍未达到目标，用户可以提高输出电容（包括体电容和陶瓷电容），然后重新调整环路，直至达到设计目标。LTpowerCAD负载瞬变图是从小信号模型得出的，所以速度非常快，但仅是一阶近似。因此，保留足够（20%至30%）的瞬态设计裕量是有必要的。

为了保证环路设计的准确性，每个LTpowerCAD设计工具在发布之前都已在ADI标准演示板上进行了验证，并由ADI工程师进行环路测量。但是，用户设计的结果可能会受到元件寄生值变化（例如电容ESR值不精确）的影响。因此，用户有必要通过样板测试来验证其最终设计。

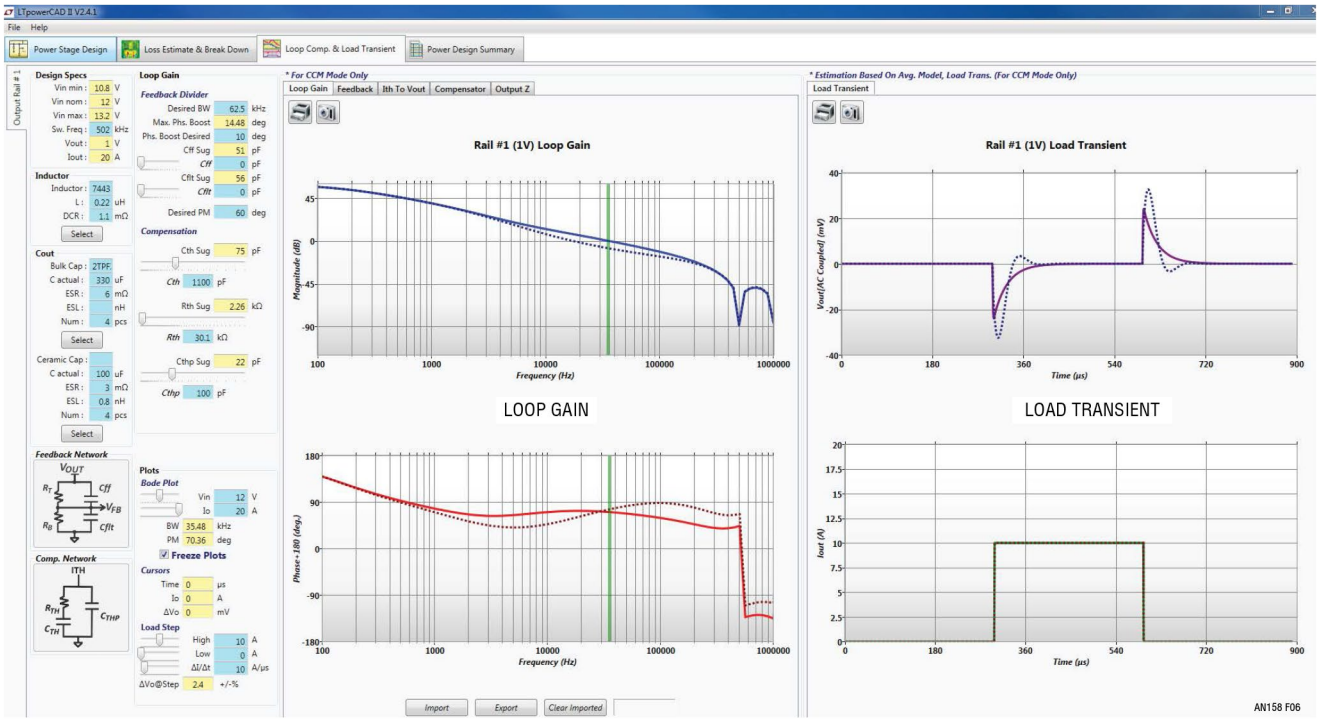

图6. 设计步骤4 – 反馈环路和负载瞬态设计

步骤#5 – 包含BOM和尺寸的摘要

最后一步，用户可以进入总结页面，其中提供了设计性能总结、功率元件的简要物料清单(BOM)列表以及元件总尺寸的粗略估算。用户还可以打印总结报告。

（可选）步骤#6 – 导出到LTspice Simulation

有一个可选步骤是将LTpowerCAD设计导出到LTspice仿真文件，以进行实时仿真，检查详细的电源稳态和瞬态波形及性能。这可以通过点击LTpowerCAD原理图页面上的LTspice软键来完成，以将LTpowerCAD中的关键设计参数导出到LTspice仿真电路。

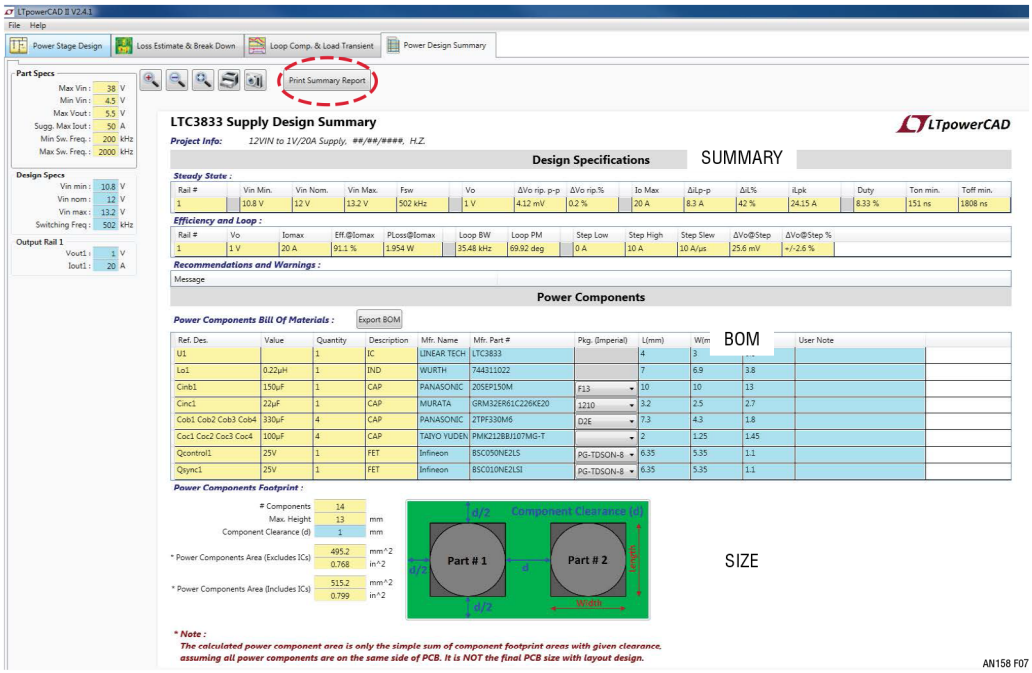

图7. 设计步骤5 – 设计摘要、BOM和尺寸

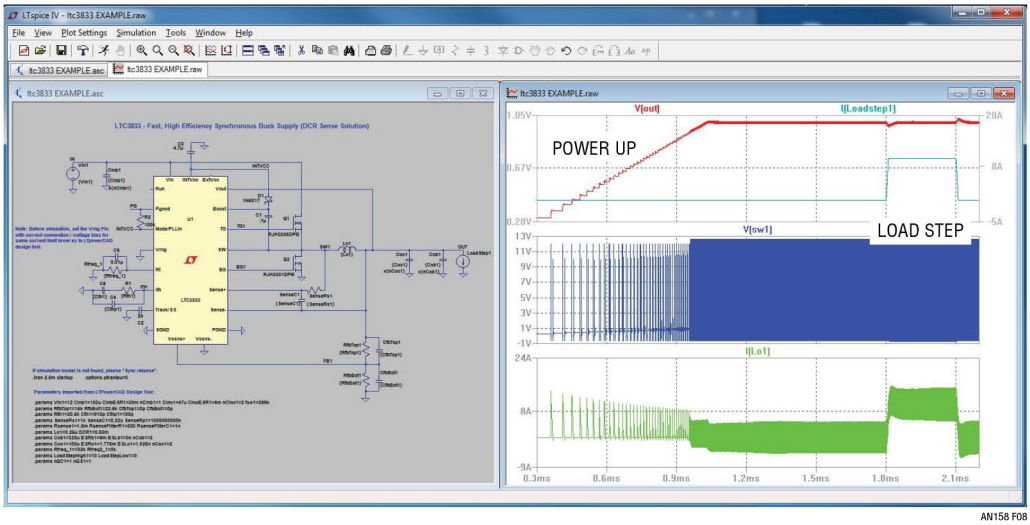

图8. 可选步骤6 – 导出到LTspice Circuit Simulation

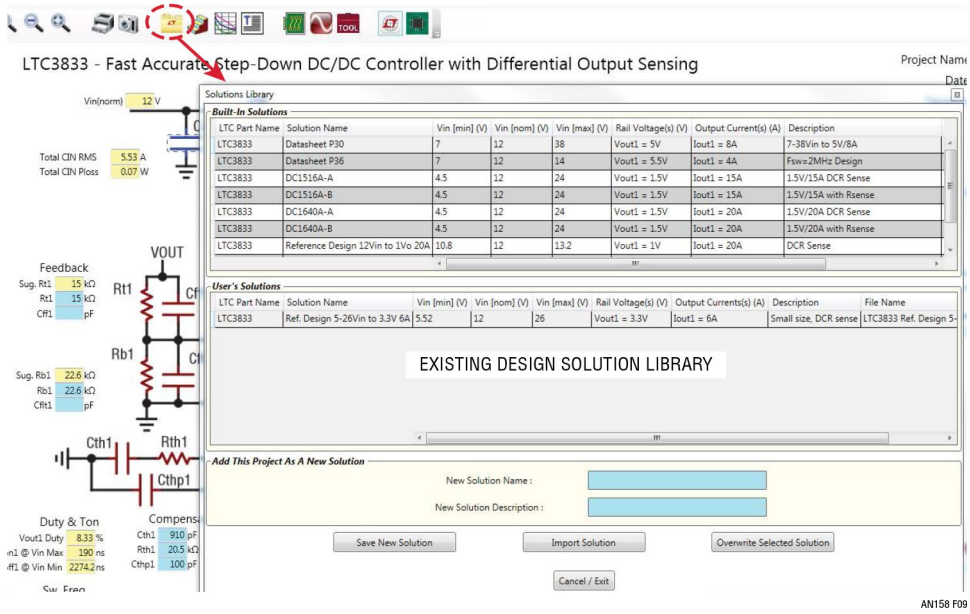

图9. 现有解决方案库为将来的设计提供一个很好的出发点

设计解决方案库

LTpowerCAD设计解决方案库是一项重要功能，可帮助用户快速完成最终设计并获得良好结果。如图9所示，在主原理图页面上点击“Solution Library”软键，用户便可找到给定ADI产品的许多现有设计。这些设计可能是ADI标准演示板、数据手册电路和参考设计。其中许多设计已经在实验室中进行了测试和验证，因而用户可以从一个经过验证的现有实例开始新设计。此外，用户可以保存设计并构建自己的解决方案库以备将来使用。

“SYNC RELEASE”提供了高度安全的更新

LTpowerCAD II设计工具是基于Microsoft Windows PC的程序。用户可以下载程序并将其安装在本地PC上。与基于Web的设计工具相比，LTpowerCAD可以利用强大本地PC的全部能力和资源，而不受共享互联网和计算机资源或数据安全问题的限制。安装后，用户不需要互联网连接即可运行该程序。但是，用户可以定期点击程序开始页面上的“SYNC RELEASE”键来检查程序更新，例如新工具和特性，而无需重新安装LTpowerCAD。

小结

LTpowerCAD设计工具提供了一种功能强大且易于使用的方法，通过简单五步就能设计新电源的关键参数。其标准和用户解决方案库让设计人员可以利用许多现有设计。设计结果可以轻松导出以进行LTspice仿真，获得详细的性能评估。还有许多具体功能未在本文提及[3]。总而言之，LTpowerCAD设计工具可帮助系统工程师快速设计新的解决方案，以最少的努力和时间获得良好的结果。

参考文献

[1] H. Zhang，“线性稳压器和开关模式电源的基本概念”，ADI应用笔记AN140。

[2] H. Zhang，“开关模式电源的建模和环路补偿设计”，ADI应用笔记AN149。

[3] LTpowerCAD博客：www.analog.com/cn/LTpowerCAD。

©2015 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.