

应用指南

DC/DC 转换器中功率电感选型实用指南



功率电感器 8 个设计技巧

市场上典型的转换器 IC 的开关频率范围为 100 kHz 至 2 MHz。第一代稳压器的的工作频率范围为 30 kHz 至 55kHz。就此给出以下建议：

设计技巧 1:

适用的芯材

开关频率 < 100 kHz: 铁粉, 铁氧体, Superflux, WE-PERM

开关频率 100-1000 kHz: 铁氧体, Superflux, WE-PERM

开关频率 > 1000 kHz: 铁氧体, WE-PERM

电感值

如果没有可用的应用指南或软件, 则可以使用以下经验法则公式来计算电感:

$$\text{Step-down regulator: } L = \frac{(U_{in\ max} - U_{out}) \cdot (U_{out} + U_D)}{(U_{in\ max} + U_D) \cdot 0.3 \cdot I_{out} \cdot f}$$

$$\text{Step-up regulator: } L = \frac{(U_{out} + U_D - U_{in\ min}) \cdot U_{in}^2}{2 \cdot 0.2 \cdot I_{out} \cdot (U_{out} + U_D)^2 \cdot f}$$

纹波电流因数为 0.2 至 0.4 (在此示例中选择为 0.2 和 0.3)。I_{out} 是电路的工作电流, U_{out} 是输出电压, U_{in} 是输入电压, f 是稳压器 IC 的开关频率。可以根据计算值选择电感 L 的标准值。例如, 如果计算值是 37.36 μH, 则可以选择标准值 33 μH、39 μH、或者 47 μH 进行测试。

设计技巧 2:

电感值

→ 高电感-小纹波电流

→ 低电感-大纹波电流

纹波电流对于确定铁芯损耗至关重要。因此, 除了开关频率之外, 它还是使功率电感器的功率损耗最小化的重要参数。

电感电流额定值

使用制造商的仿真软件, 可以根据加载的直流电流和纹波电流 (铁芯损耗) 非常精确地计算出功率电感器的电流。可以选择以下方法进行粗略计算:

降压稳压器:

电感额定电流: I_N=I_{out}

最大电感电流: I_{max}=1.5 × I_N

升压稳压器:

电感额定电流: I_N= (U_{out}/U_{in}) I_{out}

最大电感电流: I_{max}=2 × I_N

设计技巧 3:

请注意规格书中的定义。功率电感器的额定电流通常与直流电流特定的自发热联系在一起, 在此情况下, 额定电流下 +40° C 的自发热是常见的。根据半导体制造商的建议, 达到饱和电流时, 电感值下降 10%。然而, 这不是功率电感器规格书规定的标准值, 并且经常引起用户的误解。

直流电阻

一旦计算出所需的电感 L 和电感电流的值, 就可以选择具有最小直流电阻的功率电感。这里的要求通常是相反的:

体积小, 储能密度高, 直流电阻低。

使用合适的绕组方法和新系列, 例如伍尔特电子 WE-HCI 和 WE-PDF 扁平线电感器, 可以实现这种理想状态。在此还必须注意规格书的规定:

直流电阻是否指定为标准值或在最坏情况下计算电路所需的最大值?

设计技巧 4:

相同尺寸的直流电阻

→ 高电感-高直流电阻

→ 低电感-低直流电阻

→ 隔离电感器的电感相同-低直流电阻

直流电阻对于确定导线的热损耗至关重要。这是最小化功率电感器功率损耗的另一个重要参数。

应用指南

DC/DC 转换器中功率电感选型实用指南



型号和电磁兼容性 (EMC)

建议将电磁屏蔽功率电感器（例如 WE-PD, WE-TPC, WE-DD 或 WE-HCI）用于对电磁兼容性要求高的应用。屏蔽层可防止绕组与相邻的导体走线或元器件发生不受控制的磁耦合。

设计技巧 5:

尽可能使用带磁屏蔽的功率电感器。请勿在元器件下方布线，也不要再在元器件上方直接放置任何电路板，因为这可能会因残留气隙导致耦合。

WE-PD2 等非屏蔽功率电感器可用于低要求应用或低功率电路。许多封装系列甚至可以从屏蔽版本更改为非屏蔽版本，同时保持焊盘的兼容性。

设计技巧 6:

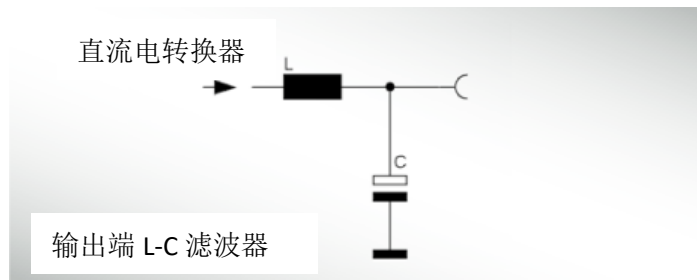
相同类型的磁屏蔽电感器的优点:

→ 较高的 A_L 值，因此对于相同的电感，直流电阻较低 = 线损较低。

相同类型的磁屏蔽电感器的缺点: → 由于更大的铁芯体积，铁芯损耗略有增加。尺寸合适，铁芯损耗降低。

输出端 L-C 滤波器

如果需要低噪声输出电压，建议在直流电转换器输出端使用 L-C 滤波器。可以选择以下元器件[1]:



设计技巧 7:

→ 选择截止频率为开关稳压器频率的 1/10

→ 选择输出电容器（例如 22 μF ）

→ 计算电感

$$L = \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot f)^2 \cdot C}$$



应用指南

DC/DC 转换器中功率电感选型实用指南

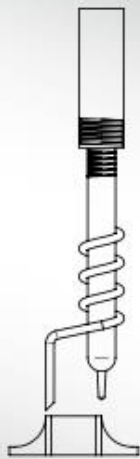


设计技巧 8:

纹波测量

为了正确地测量开关稳压器的输入或输出上的纹波，在 Tip 测量中需要适当的环。标准示波器探头带有接地夹，或者带有鳄鱼夹的长线。然而，对于高频测量，该接地夹会吸收高频噪声并将其错误地注入到测量的输出纹波中。

标准评估板通过为输入和输出电源以及它们各自的接地提供探测点来容纳自制版本。这就需要从标准示波器探头上卸下示波器探头护套和接地夹，并在示波器探头周围包裹一根非屏蔽总线。如果没有即刻可用的非屏蔽总线，则轴向电阻器的引线将起作用。通过在示波器探头上保持尽可能短的接地长度，可以获得真正的纹波测量结果。



探头连接



总结

功率电感器选择步骤依据本文给出的设计技巧，并与规格书相联系。半导体制造商的相关设计软件可以减少开发时间。借助软件元器件选择器 (Component Selector)，您将获得一个工具，该工具可快速识别降压或升压转换器的正确电感。当然，伍尔特电子的功率电感器也列在主要半导体制造商的软件解决方案中，因此可以将其包含在仿真中。相关的组装设计套件有助于优化原型。电磁屏蔽功率电感器应在对电磁兼容性要求高的情景中应用。

参考资料:

[1] Schramm, C.; DC-Wandler: Ausgangsspannung „säubern“

(《直流电转换器：“清理”输出电压》); 《电子》(ELEKTRONIK), 第 23/2001 期。第 88ff 页

[2] Gerfer, A.; B. Rall; Zenkner, H.: 《电磁学三部曲》，第 4 扩展版

2009 年，斯威里多夫出版社 (Swiridoff Verlag), ISBN 978-3-89929-157-5

[3] 伍尔特电子，元器件选择器，下载地址：

www.we-online.com/component-selector

[4] 凌特技术 Switcher CADIII/ LTspiceIV，下载地址：

www.linear.com/ltspice

[5] 德州仪器 (TI)，转换器专家，下载地址：

www.ti.com/switcherpro

[6] 艾科嘉 (Exar)，电力实验室 (Power Lab)，下载地址：

www.exar.com/powerlab

[7] 美国国家半导体，WEBENCH，下载网址：

www.national.com/webench

应用指南

DC/DC 转换器中功率电感选型实用指南



开关稳压器由于其高效率而变得越来越重要。输出电压低于 1 V，负载电流高达 60A 和开关频率高达 8MHz 的稳压器逐渐成为主流。同时，用户要求尺寸最小。

开关调节器设计由专业软件提供支持，例如伍尔特电子（元器件选择器）、德州仪器（转换器专家的 TPS60xxx、TPS40xxx 和 TPS54xxx）、艾科嘉（电力实验室）、美国国家半导体（WEBENCH）或凌力尔特技术（Switcher CAD / LTspice IM）。

相关的伍尔特电子 SMD 功率电感器设计套件可快速访问用于内部原型构建或优化的各种元器件。但是，使用功率电感器时必须考虑什么？

应用指南

DC/DC 转换器中功率电感选型实用指南



	<p>EMC 元器件</p>
	<p>功率磁性元器 件</p>
	<p>功率模块</p>
	<p>信号与通讯</p>
	<p>发光二极管</p>
	<p>连接器</p>
	<p>开关</p>
	<p>组装技术</p>
	<p>功率元器件</p>

www.we-online.com