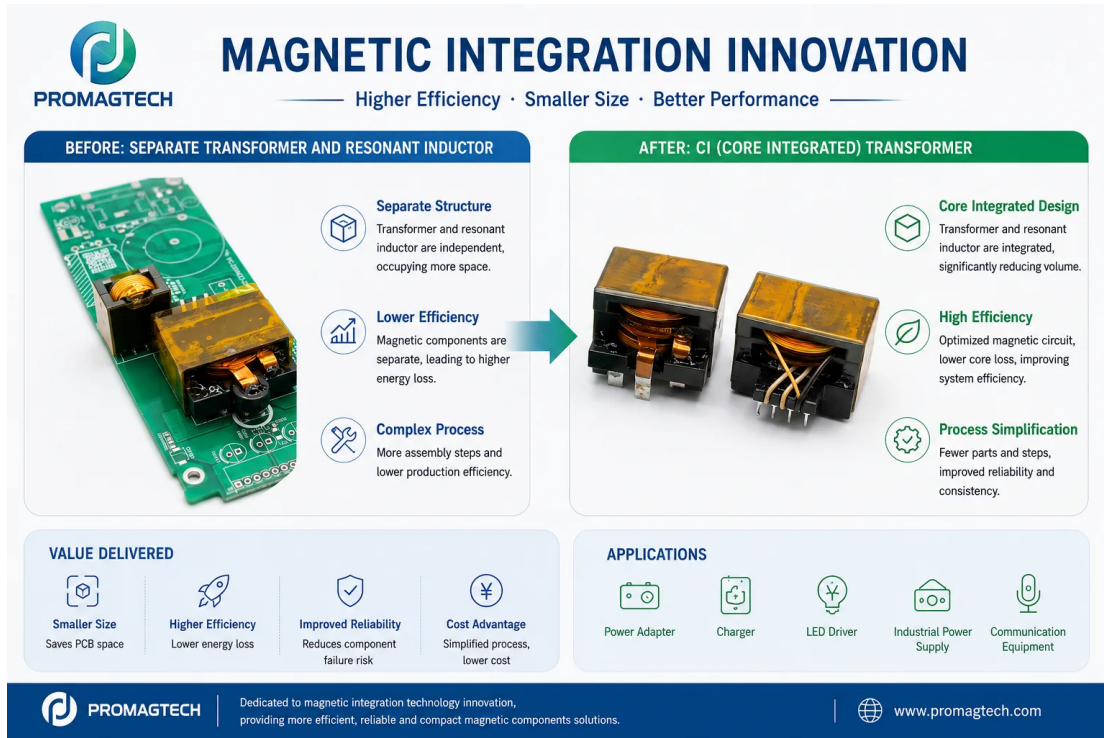


磁集成技术：

变压器与谐振电感一体化设计

Core Integrated Transformer and Resonant Inductor Design Guide

PROMAGTECH标准版技术文章 | 磁性元件设计资料



PROMAGTECH — Higher Efficiency · Smaller Size · Better Performance —

BEFORE: SEPARATE TRANSFORMER AND RESONANT INDUCTOR

- Separate Structure**
Transformer and resonant inductor are independent, occupying more space.
- Lower Efficiency**
Magnetic components are separate, leading to higher energy loss.
- Complex Process**
More assembly steps and lower production efficiency.

AFTER: CI (CORE INTEGRATED) TRANSFORMER

- Core Integrated Design**
Transformer and resonant inductor are integrated, significantly reducing volume.
- High Efficiency**
Optimized magnetic circuit, lower core loss, improving system efficiency.
- Process Simplification**
Fewer parts and steps, improved reliability and consistency.

VALUE DELIVERED

- Smaller Size**
Saves PCB space
- Higher Efficiency**
Lower energy loss
- Improved Reliability**
Reduces component failure risk
- Cost Advantage**
Simplified process, lower cost

APPLICATIONS

- Power Adapter
- Charger
- LED Driver
- Industrial Power Supply
- Communication Equipment

PROMAGTECH | Dedicated to magnetic integration technology innovation, providing more efficient, reliable and compact magnetic components solutions. | www.promagtech.com

官网配图：分立变压器+谐振电感 与 磁集成变压器方案对比

深圳市谱磁科技有限公司

SHENZHEN PROMAGTECH CO., LTD. | PROMAGTECH

www.promagtech.com | zyong@promagtech.cn

目录

章节	页码
一、资料来源与文章定位	3
二、什么是磁集成技术	3
三、分立磁件方案的优势与约束	4
四、磁集成变压器的设计评审重点	5
五、适合磁集成的应用场景	5
六、客户询盘参数清单	6
七、技术问答	7
八、PROMAGTECH支持范围	8
九、技术关键词与资料补充建议	8

技术资料说明： 本文基于PROMAGTECH官网技术资源页扩展整理。所有效率、体积、温升、成本、隔离电压和可靠性相关表述均保持为项目相关设计目标，必须通过图纸、样品测试、热测试、电气测试和整机验证确认。

一、资料来源与文章定位

项目	内容
来源页面	https://www.promagtech.com/technical-resources/magnetic-integration-core-integrated-transformer.html
原始主题	Magnetic Integration Technology: Combining Transformer and Resonant Inductor into One Core Integrated Magnetic Component
目标读者	电源工程师、采购工程师、研发经理、AI服务器电源/OBC/储能/通信电源项目团队
文章目标	帮助工程师判断：PROMAGTECH可围绕磁集成变压器、谐振电感集成、LLC/CLLC磁件提供哪些工程评审与定制开发支持

这份资料不是简单介绍“把两个磁件合在一起”，而是把磁集成作为一种工程设计策略来解释：当电源系统需要更高功率密度、更少磁性器件、更紧凑布局和更可控的热路径时，工程师可以把高频变压器和谐振电感作为一个一体化磁性组件进行评审。

证据边界：磁集成可能带来体积、器件数量、装配复杂度和热路径方面的改善，但这些改善不能直接写成PROMAGTECH通用保证。必须基于具体项目的批准图纸、样品记录、温升测试、电气测试和整机验证。

二、什么是磁集成技术

在LLC、CLLC或相关隔离型DC/DC转换器中，传统方案通常将高频变压器和谐振电感作为两个独立器件。变压器负责能量传输和安全隔离，谐振电感参与谐振腔参数设计。磁集成技术则把这些磁功能放到一个更统一的磁路、绕组和结构中评审。

概念	工程解释	不能忽略的风险
分立磁件	变压器和谐振电感分别设计、分别采购、分别装配	PCB面积、器件数量、装配步骤和热路径会增加
磁集成组件	在一个磁性组件中统筹变压器功能与谐振电感功能	磁路、漏感、分布电容、绝缘和温升耦合更强
核心目标	减少磁件数量、优化空间、简化部分装配并改善系统布局	是否真正受益取决于拓扑、频率、功率和结构边界

一句话定义：磁集成不是机械地把两个器件塞进一个外壳，而是在拓扑、谐振参数、磁路、绕组、绝缘、热路径和量产工艺之间做系统级折中。

三、分立磁件方案的优势与约束

分立变压器加分立谐振电感是成熟、容易理解、便于早期调试的路线。对于参数还在变化的项目，分立方案可以让工程师更快调整谐振电感或变压器参数，降低早期试错成本。

评审维度	分立方案优势	分立方案约束
设计调试	变压器和电感可分别调整	最终整机布局更分散
供应链	器件分开采购，替代料选择较多	物料数量、检验项目和库存复杂度增加
PCB布局	功能边界清楚	占板面积和高频电流环路可能变大
热设计	单个器件热点更容易单独定位	多个热源和散热路径需要分别管理
量产管理	工艺成熟，试产风险较低	装配步骤和一致性控制点更多

四、磁集成变压器的设计评审重点

磁集成方案的关键不是“看起来更小”，而是要确认谐振电感是否适合被纳入变压器结构或耦合磁性组件中。PROMAGTECH的工程评审通常需要同时看磁芯几何、材料、绕组结构、漏感目标、谐振电感目标、绝缘系统、端子布局、热路径和可制造性。

设计项目	必须评审的内容	需要客户提供的信息
功率范围	结合拓扑、冷却方式、频率、绝缘和封装尺寸确认	输入/输出电压、电流、峰值负载、功率等级
开关频率	评估磁芯损耗、交流铜损、趋肤/邻近效应与谐振腔行为	工作频率范围、控制方式、目标效率
谐振电感	确认可否集成进变压器结构，或仍需独立电感	Lr目标、Lm目标、漏感目标、谐振参数窗口
隔离系统	确认爬电距离、电气间隙、绝缘层叠与耐压要求	安规标准、耐压测试、绝缘等级、污染等级
热性能	验证绕组温度、磁芯温度、风道、灌封和PCB导热路径	允许温升、环境温度、风速、灌封或散热器条件
制造可行性	评估绕组工艺、端子、装配、公差和出货检验	样品数量、年用量、可靠性测试和量产节奏

工程判断：如果客户只提供“功率和尺寸”，还不足以判断磁集成是否适合。必须补齐拓扑、频率、谐振参数、绝缘、热路径和结构边界。

五、适合磁集成的应用场景

磁集成更适合空间紧、频率高、磁件数量敏感、系统热设计要求高的项目。它不应该被当作所有电源的默认方案；当项目成本极度敏感、参数频繁变化或频率较低时，分立方案可能更合理。

应用场景	为什么适合评估磁集成	评审重点
AI服务器电源	隔离DC/DC级功率密度高，风道和高度敏感	温升、漏感、批量一致性、端子布局
通信电源/48V系统	机架空间受限，模块化程度高	高频损耗、绝缘、散热、长期供货一致性
电池充电器/适配器	器件数量和装配效率影响量产成本	成本边界、安规、温升和体积
LED驱动	隔离谐振功率级需要紧凑磁件	频率、漏感、EMI和结构高度
光伏/储能辅助电源	磁件体积和热控制影响整机可靠性	绝缘、环境温度、长期运行温升

六、客户询盘参数清单

为了让PROMAGTECH更快判断是否适合做磁集成，客户询盘不要只发“要一个磁集成变压器”。下面这些参数越完整，工程评审越有效。

- 转换器拓扑：LLC、CLLC、Flyback、Forward、Phase-Shifted Full Bridge 或其他拓扑。
- 输入电压范围、输出电压、输出电流、峰值负载和持续功率。
- 开关频率范围、谐振腔目标值、控制方式和目标效率。
- 变压器匝比、励磁电感、漏感、谐振电感和允许公差。
- 隔离要求、爬电距离、电气间隙、绝缘等级和耐压测试要求。
- 结构尺寸、端子布局、PCB安装方式、风道、灌封或散热条件。
- 样品数量、年用量、验证文件、可靠性测试和量产时间计划。

资料完整度	PROMAGTECH可以做什么	风险
只有功率/尺寸	只能初步判断方向	方案偏差大，无法报价或确认结构
有拓扑+频率+电压电流	可做初步磁芯和绕组方向评估	仍需绝缘、温升和结构条件
有完整电气+机械+热条件	可进入样品设计和DFM评审	仍需样品测试和整机验证

七、技术问答

Q1：磁集成变压器是不是一定比两个分立磁件更好？

不是。磁集成只有在拓扑、频率、功率、尺寸、热路径和谐振参数都匹配时才有明显价值。它可能减少器件数量和PCB占用，但也会增加磁路、绕组、绝缘和验证复杂度。早期参数频繁变化、成本极敏感或低频大功率项目，分立方案可能更稳妥。

Q2：LLC电源为什么常讨论变压器和谐振电感集成？

LLC电源中的变压器和谐振电感都参与谐振腔和能量传输行为。若磁路和绕组设计合适，可以把部分谐振电感功能放入变压器结构或耦合磁性组件中，从而减少独立器件。但 L_r 、 L_m 、漏感、分布电容和温升必须一起验证。

Q3：磁集成会不会自动提高效率？

不会自动提高。磁集成可能减少重复磁芯、部分绕组路径和装配界面，但也可能引入新的交流铜损、漏磁、温升或分布电容问题。效率改善必须通过损耗分解、样品温升、波形测量和整机效率测试确认，不能作为未验证的通用承诺。

Q4：磁集成方案对EMI有什么影响？

影响是双向的。更紧凑的磁路和绕组结构可能让高频电流路径更可控，也可能因为分布电容、漏磁路径或端子布局带来新的共模噪声。正确做法是同时评估漏感、寄生电容、屏蔽、接地、PCB布局和滤波方案。

Q5：客户要提供哪些资料才能开始评估？

至少需要拓扑、输入输出范围、功率、开关频率、谐振参数目标、隔离要求、尺寸限制、温升目标、散热条件和样品/量产需求。若有原理图、PCB限制、旧样品测试数据或热像图，评估速度和准确度会明显提升。

Q6：PROMAGTECH能提供哪些磁集成相关支持？

PROMAGTECH可围绕磁集成变压器、谐振电感集成、平面磁件、扁平线变压器、高电流电感、PFC电感和共模电感提供定制开发评审。典型流程包括需求确认、磁芯选择、绕组设计、绝缘层叠、DCR目标、热路径、样品开发和项目级测试。

八、PROMAGTECH支持范围

深圳市谱磁科技有限公司（SHENZHEN PROMAGTECH CO., LTD.）面向工业电源、服务器电源、新能源汽车充电、储能、通信电源和高频电力电子应用，提供功率磁性元件的工程化定制开发支持。

- 磁集成变压器
- 谐振电感集成

- 平面变压器
- 高频变压器
- 扁平线变压器
- 高电流电感
- PFC电感
- 共模电感
- AI Server磁件
- EV Charger磁件
- ODM/OEM定制开发

联系信息：官网：www.promagtech.com 邮箱：zyong@promagtech.cn

九、技术关键词与资料补充建议

技术关键词	说明
磁集成变压器	中文主关键词
谐振电感集成	LLC/CLLC相关检索词
Integrated Magnetic Component	英文实体关键词
Core Integrated Transformer	英文技术关键词
LLC Transformer	应用型关键词
AI Server Power Supply Magnetics	海外客户应用关键词
EV Charger Magnetics	海外客户应用关键词
PROMAGTECH	品牌实体词

后续建议补充的工程资料：建议补充：脱敏样品照片、磁芯/绕组结构示意、测试设备照片、温升测试记录模板、OQC检查项、客户参数输入表。没有这些证据前，不要写固定效率提升、固定体积下降或固定成本下降。