



全新小家电市场中的功率器件选择

时尚小家电风靡社交网络，我们自省己身，力图打造支持高效时尚小家电产品的功率器件。

白皮书
2019-05



简介

在当今社交媒体时代，不仅要实力过硬，还要颜值在线。需要在摄像头前展示的产品亦是如此。无论是发型设计视频中的吹风机，还是 Instagram 帖子中的电饭煲，展示的小家电(SHA) 都必须独具风格。当然，款式需要以性能为后盾，为了满足这种需求，电控系统需要足够精巧，才能装入纤薄外壳中。除此之外，还必须满足效率要求，符合安全法规。

小家电的两个关键领域分别是使用感应加热的电器和需要电机控制的电器。本文我们探讨不断变化的小家电架构环境，审视部分能够支持新一代时尚迷人电器的电子器件解决方案。

感应加热小家电市场

民以食为天，在这一点上，没有社会地位和文化的差别。人们的居住空间越来越小，还有可能经常搬家，为了适应这样的生活方式，人们需要便携紧凑的小家电产品。感应加热电器包括电磁炉、电热盘、电饭煲和慢炖煲，甚至还包括让您早上畅享意式咖啡的奶泡机。就连微波炉也可以归类为此类电器产品，尽管微波炉的加热方式明显不同，却采用了类似的功率器件。

人们要求电器拥有时尚的外观，这对设计工程师提出了挑战。整洁密封表面以及能效问题需要优先考虑。由于许多电器产品带有明确的能效标识，很多具有生态保护意识的消费者会仅基于这项标准来选择产品。

感应加热电器比其替代品更具优势。感应加热电器的效率比燃气炉高 40%，煮沸一夸脱 (940 ml) 水只需 5 分 50 秒，比燃气炉大约快 2 分 40 秒。许多消费者喜欢燃气炉提供的连续可变加热控制，但电磁炉也可提供微调控制，其用户体验与燃气炉相似。电磁炉通常采用玻璃陶瓷面板，表面光滑易清洁，与燃气炉相比更具优势。

但感应加热电器最奇特之处在于：只有将适用的烹饪器具放置到位，才会产生热量。产品宣传册为了展示这一特性，经常会配上这样一副图：一个煎锅一半放在电磁炉上，一只鸡蛋一半打在煎锅中，一半打在电磁炉上，只有打在电磁炉上的半个鸡蛋煮熟了。这意味着与陶瓷炉相比，玻璃表面在使用时温度相当低，使用后散发的热量必然较少。当烹饪器具移开时，电磁炉能够检测到，并自动为感应加热线圈断电。

感应加热更为柔和，对于其他小家电产品而言，也颇有裨益。由于热量并非仅从锅下方的电阻丝辐射出来，加热更加均匀的电饭煲、慢炖煲和奶泡机因此受益。这还可有效避免食物煮糊，让清洁锅或奶泡机变得更加容易。也可以更加精确地感测锅的温度。

电磁炉依靠感应能量传递原理（图 1）来工作，工作原理与变压器相同。但与变压器的不同之处在于，电磁炉的次级线圈由煎锅等烹饪器具的铁磁材料替代。陶瓷面板下方的线圈由频率介于 20 kHz 至 75 kHz 之间的交流电供电。线圈通常由许多铜线编织而成，称为利兹线，可以降低交流电阻，提高整体效率。线圈产生的磁能量在烹饪器具中生成感应电流，通过焦耳加热过程产生热量。此时线圈与容器间距以及线圈的尺寸是决定磁耦合的关键。

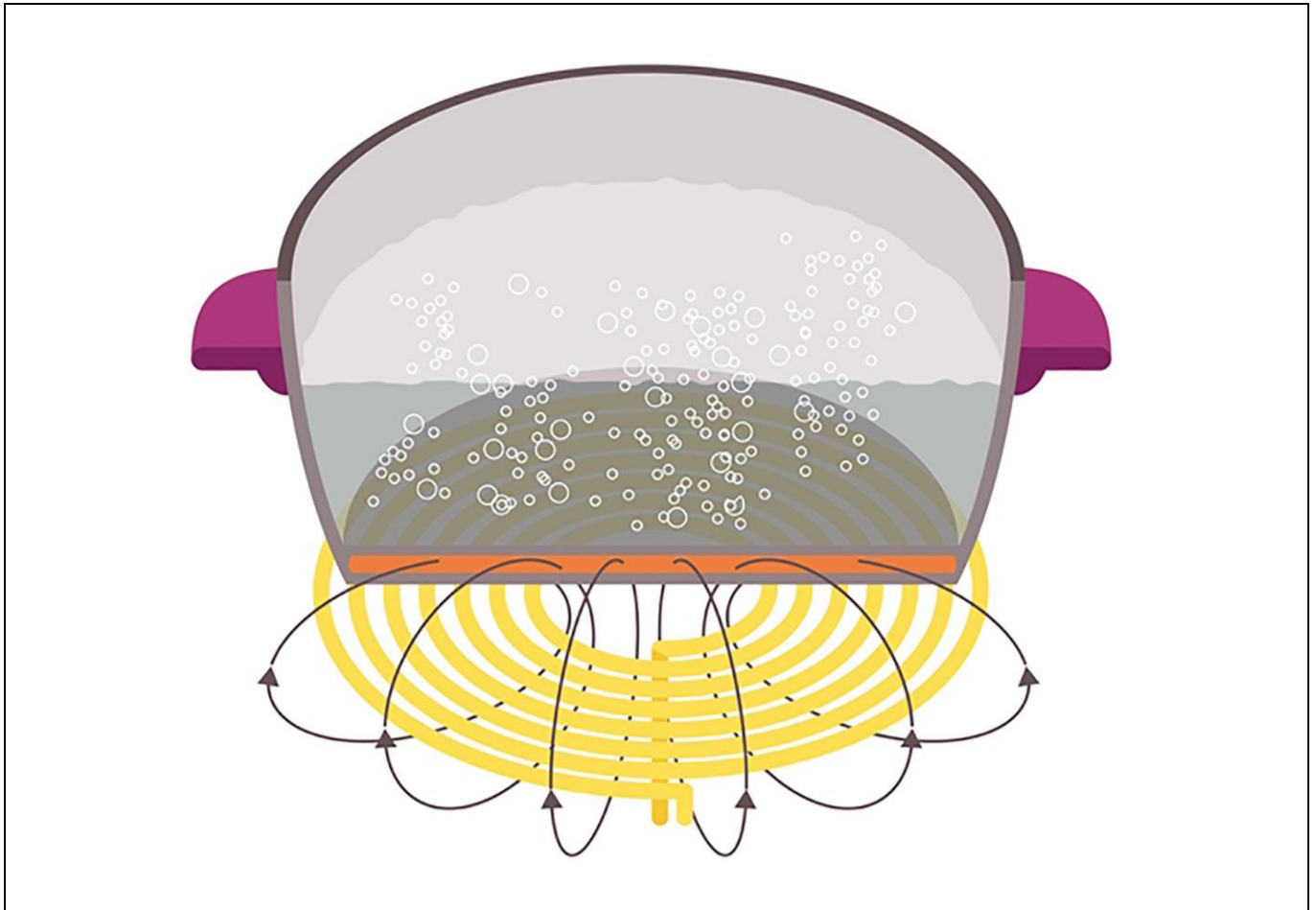


图 1 通过焦耳加热过程，电磁炉在烹饪器具中产生热量。

感应加热设计方法

所有感应加热小家电产品的基本设计方法如下方图 2 所示。单相电源输入在整流之前通过 EMC 滤波器。此模块的输出供给逆变器，逆变器为感应加热线圈供电。逆变器模块采用谐振设计，根据目标输出功率大小改变。桌面电器功率限制在 2.1 kW 左右，采用单端并联谐振 (SEPR) 逆变器，此类逆变器是单线圈感应加热应用的理想选择。

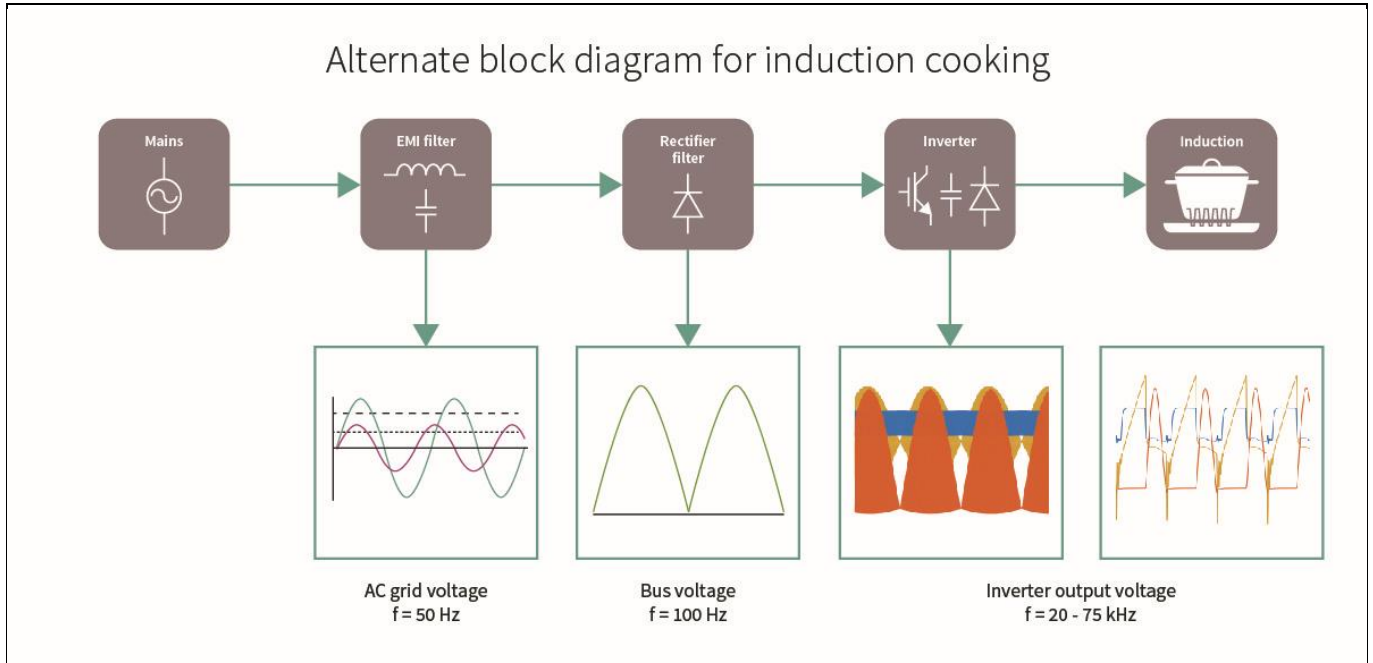


图2 SEPR 电磁炉设计方框图

在 SEPR 解决方案中，使用整流桥整流，为输入滤波电感器提供经过整流的 50 Hz 电压（图 3）。该元件搭配电容器 C_f 形成典型值为 300 Hz 的截止频率，阻断高频成分回流输入电源。

高频逆变器由 IGBT 控制。由于需要双向电流，单颗集成反并联二极管的 IGBT 有助于简化设计。谐振电容 (C_{res}) 与线圈 ($L_{eq} + R_{eq}$) 及平底锅组成谐振电路，IGBT 对流经谐振电路的电流进行控制。

英飞凌 TRENCHSTOP™ RC-H 系列是逆导型单芯片 IGBT，专门针对 SEPR 解决方案进行优化。RC-H5 系列提供了 1200V/1350V 20 A 到 50 A。由于具备软开关能力，设计师可以更容易地用更少的滤波来满足 EMI 要求。与上一代器件相比，新一代器件的开关损耗最多可降低 20%，能够在更高的开关频率下工作。对于成本要求较高的小家电来说，可以使用 1200V 15/25A 的 RC-E 系列 IGBT。两款器件均采用标准 TO-247 封装，轻松升级现有设计。

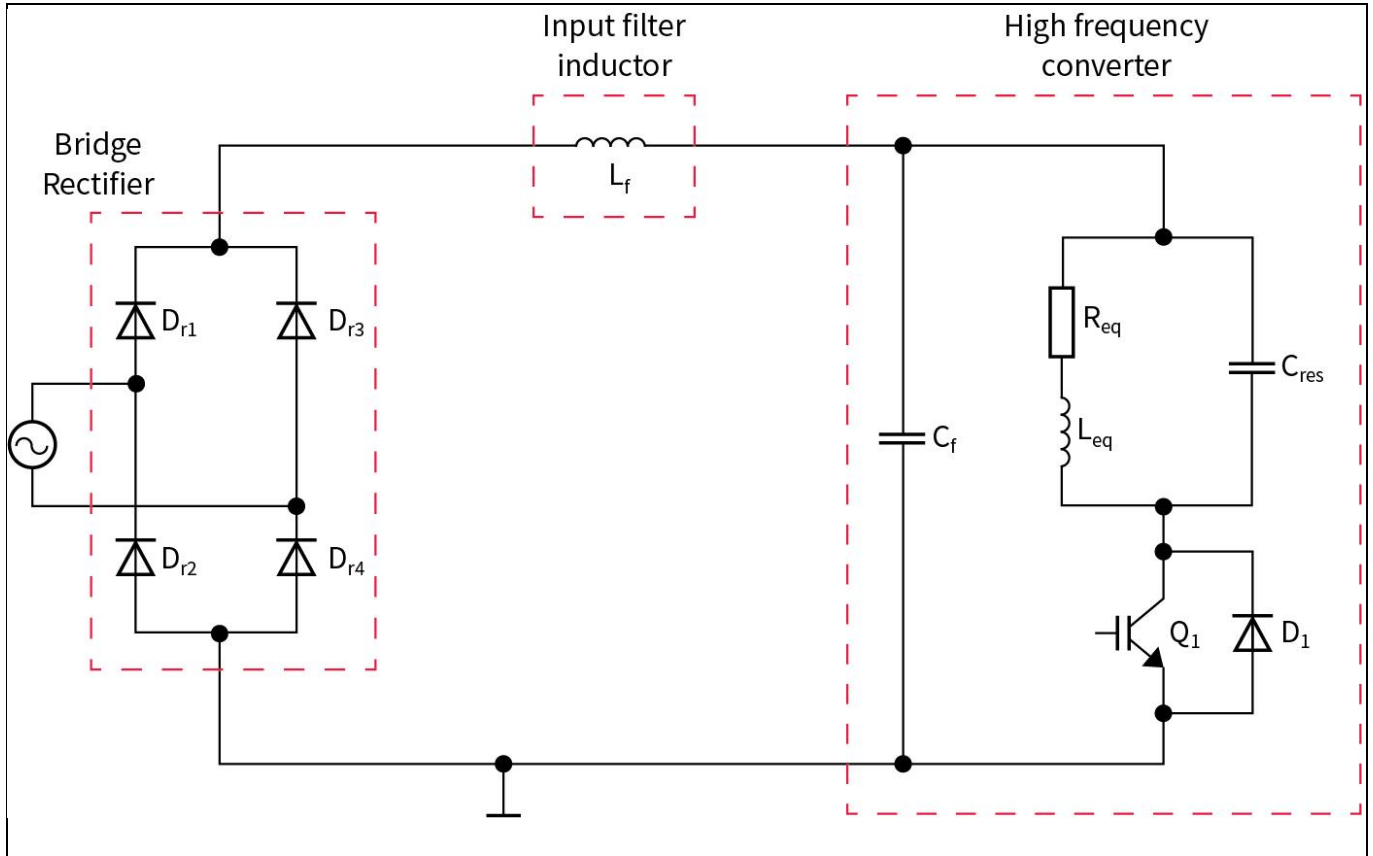


图 3 SEPR 设计通常用于高达 2.1 kW 的感应加热应用。

就感应加热应用而言，与 SEPR 设计有关的几个难题可能会导致 IGBT 工作范围超出安全工作区。第一个难题与谐振电容充电时产生大电流有关。此现象不仅在器件初始上电时发生，在检锅阶段也会发生，在此阶段电路通过脉冲触发检测电磁炉表面是否放置烹饪器具。第二个难题与低功率下使用有关，在关闭阶段时电感器中存储的能量极低。在两种情况下，零压开关均无法实现。

还存在其他使 IGBT 超出安全工作区的情况。如果在未关闭电磁炉的情况下将烹饪器具从电磁炉表面移开，此时可能超过 IGBT 的峰值关断电流 (I_c)。由于电感器中存储能量过多，后续关闭阶段可能会出现过电压状况。这些状况也可能因浪涌或电网电压不稳定而产生。

为了解决这些难题，需要使用微控制器 (MCU) 来实施多种控制技术。但考虑到紧凑且高度集成的设计需求，专为感应加热应用开发了基于 TRENCHSTOP™ RC-H5 技术的 F 系列全保护 Protected IGBT (图 4)。

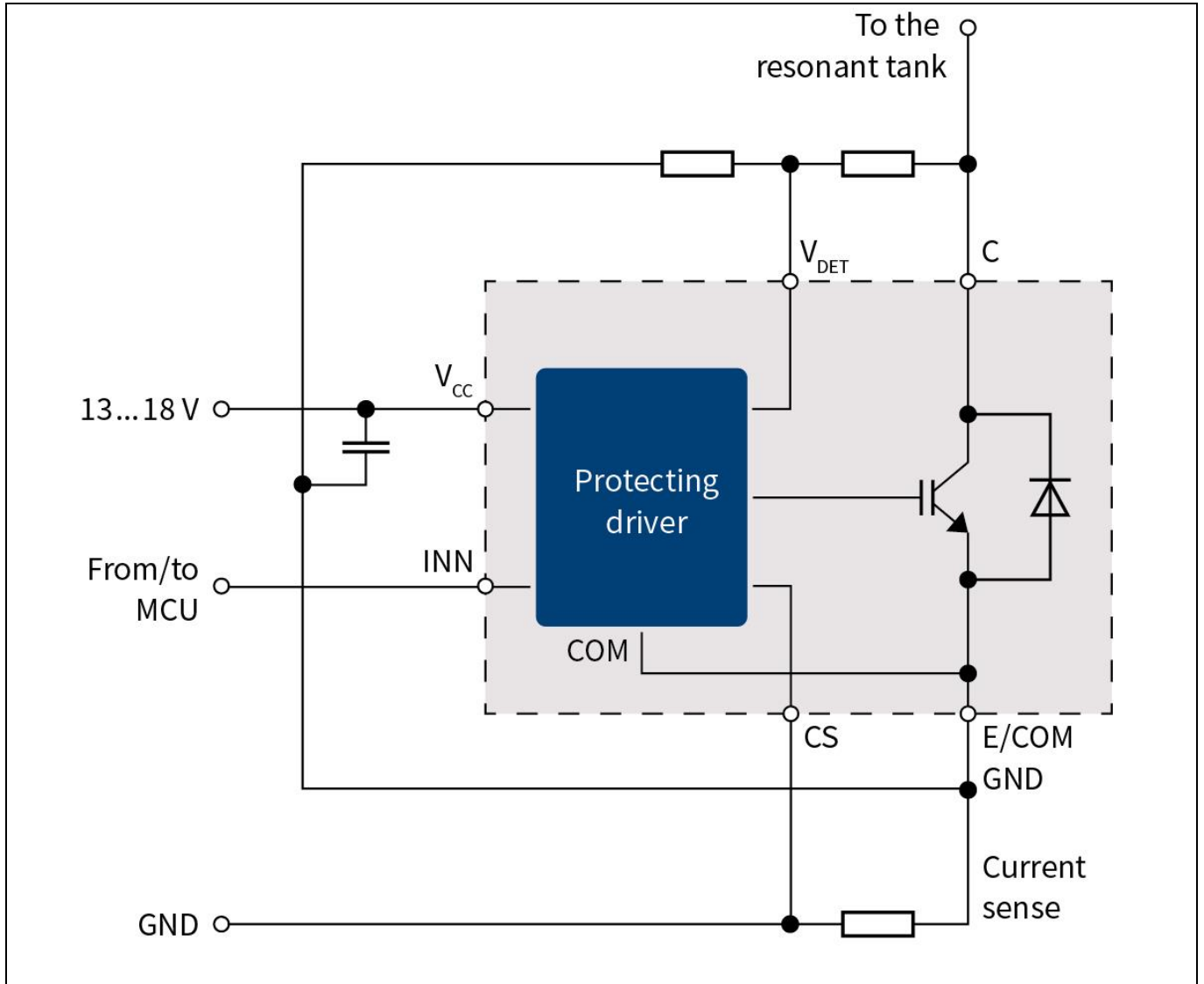


图 4 TRENCHSTOP™ F 系列全保护 Protected IGBT 专门针对感应加热应用优化

全保护 Protected IGBT 将电流监测电路与现有设计需要的电流采样电阻相结合。这样即可逐周期限制 LC 谐振器中的谐振能量、峰值导通电流以及 IGBT 最大电压。额外的有源电压箝位，通过监测电压，确保 IGBT 电压不超过额定电压。这种控制机制是对基于二极管有源箝位的改进，主动导通 IGBT 耗散浪涌能量，同时保持恒定 V_{CE} 。

为了避免零压开通无法实现时产生大电流，全保护 Protected IGBT 采用两级电流开通。较低的驱动电流限制初始浪涌电流，保护 IGBT 和谐振电容，而较高的驱动电流确保栅极电压达到所需稳定状态，使 IGBT 导通损耗降至最低。最后，也采取了两级过温保护。温度 75°C 时为系统提供警告信号，温度 150°C 时关断 IGBT 直到温度再次降低至 75°C 以下。

为了更简易地将器件集成到现有感应加热的设计中，全保护 **Protected IGBT** 采用 **TO-247** 六脚封装。两根较长的引脚分别是集电极和发射极，其余四根引脚用于控制电路电源和监测。尽管引脚数更多，但其高功率引脚之间的爬电距离高于 **TO-247** 三脚封装，同时电源引脚与封装背面金属基板之间的爬电距离也更长。

小型家用电器中电机控制的需求不断变化

使用电机的小型家用电器具有诸多要求。其中一些要求与款式相关，比如吹风机设计需要更小巧、更轻量、更时尚。真空吸尘器等其他电器所面临的压力在于以更低的功耗实现相同的清洁效果。比如欧洲要求将此类电器能耗限制到 **900 W**，目标是在 **2020** 年整个欧盟每年节省 **19 太瓦**¹。

这要求制造商重新审视所使用的电机，转向功率密度高于有刷电机的永磁 (**PM**) 电机。从而以同等体积实现更高功率，或以更小体积实现同等功率。电器设计师进而可以选择优化电器外形或提升电器性能。

2017 年电机市场规模超过 **4 亿** 台，预计到 **2021** 年将增长到超过 **5.5 亿** 台，预计大部分增长来自于真空吸尘器、机器人真空吸尘器、吹风机、榨汁机和搅拌机²（图 5）。对于真空吸尘器等电器，电机数量增长更是迅猛，这是因为每件电器中集成有多个电机，比如在清洁头中使用电动刷。

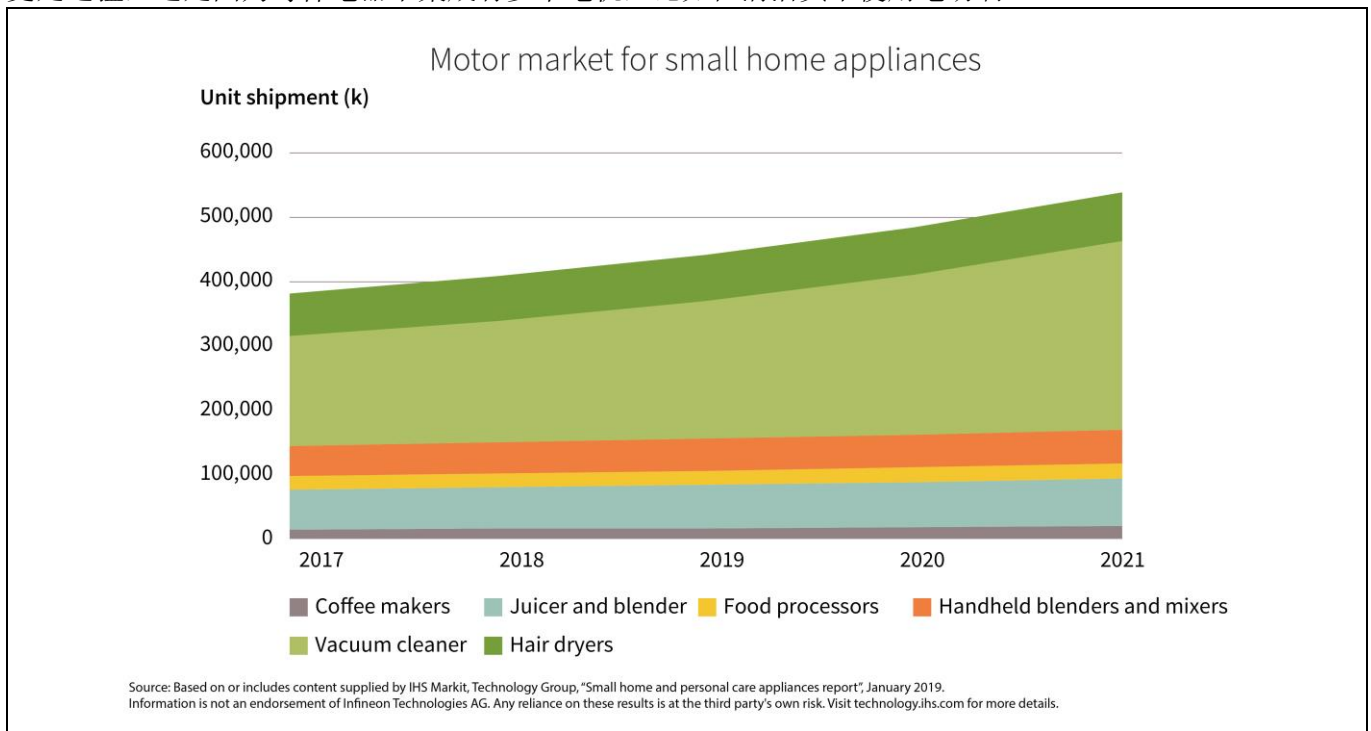


图 5 标准和机器人真空吸尘器以及吹风机预计在未来几年迎来最大幅度的增长

在亚太地区，有更多应用反映出当地市场对更高效率驱动系统的需求。其中包括吊扇、净水器、空气净化器风扇和除湿器（图 6）。

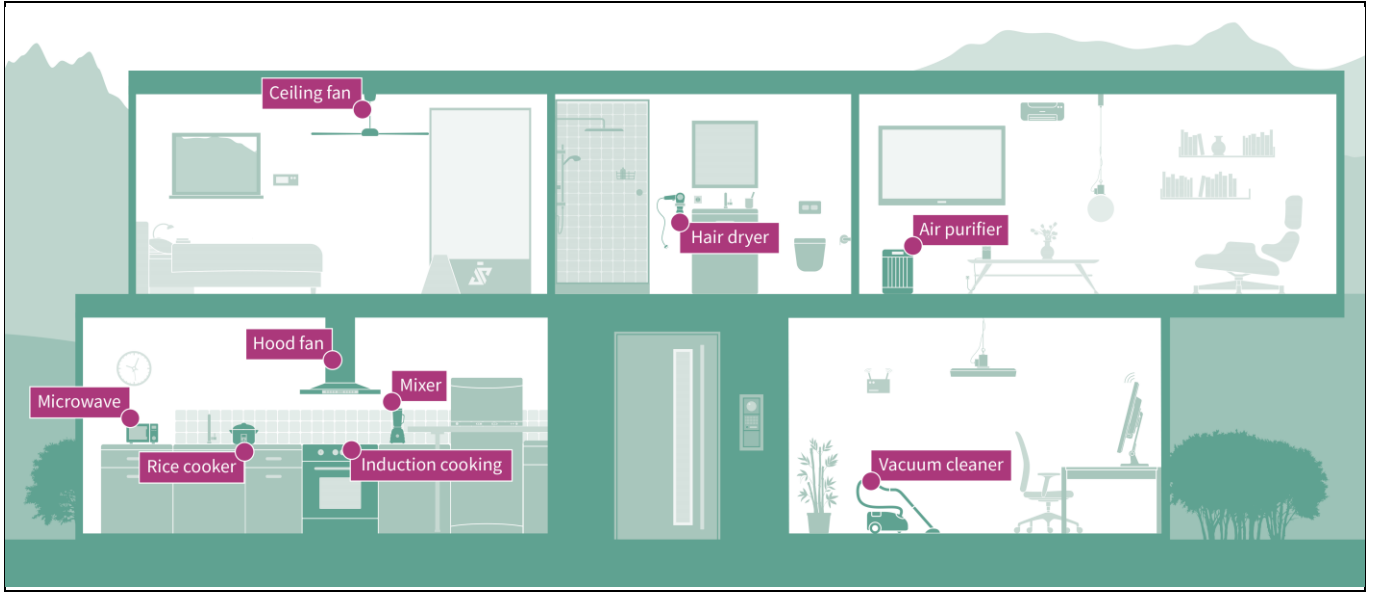


图 6 需要使用电机的小型家用电器应用遍布于每户家庭的各个角落

低功率电机控制解决方案

吹风机和风扇等小型家用电器应用的用电需求通常高达 450 W。随着未来主义设计趋势的兴起，用于容纳控制电子器件的空间要求电子器件解决方案高度集成并采用创新封装，考虑到散热问题，情况就更是如此。

吹风机设计目前分为单相或三相电机设计（图 7）。电源供电进入整流器和可选功率因数校正模块，然后进入电压转换模块。输出电压供给控制器（通常是 MCU）、逆变器和栅极驱动器。当然每个区段都可以通过分立器件实施，但这样会在紧凑设计中占用大量宝贵空间。

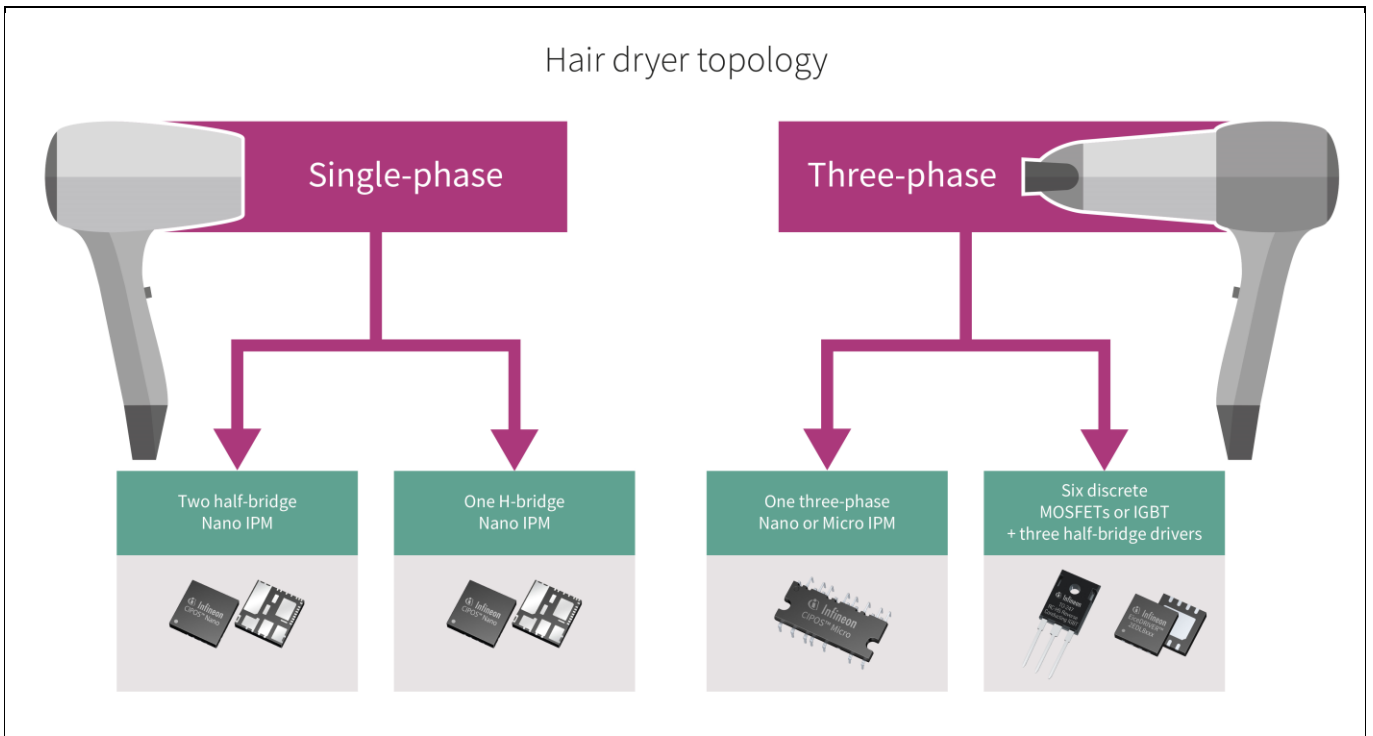


图 7 采用单相或三相电机方案的吹风机电器

为了解决这一问题，有多种集成度方案可供电机控制解决方案设计师选择。首先是将栅极驱动器和功率级 IGBT 或 MOSFET 集成为单个器件。此方案由 CIPOS™ IPM（智能功率模块）系列高效集成功率器件提供支持（图 8）。此系列产品的尺寸涵盖 Mini Fullpack 和 Mini DCB 封装，从 DIP23 和 SOP23 解决方案以及表面贴装 PQFN 器件。CIPOS™ Nano 系列产品尺寸最小，可以轻松实施三相或半桥电机控制，同时利用 PCB 铜线从模块散热。这样可以节省成本，在某些情况下无需使用散热片。

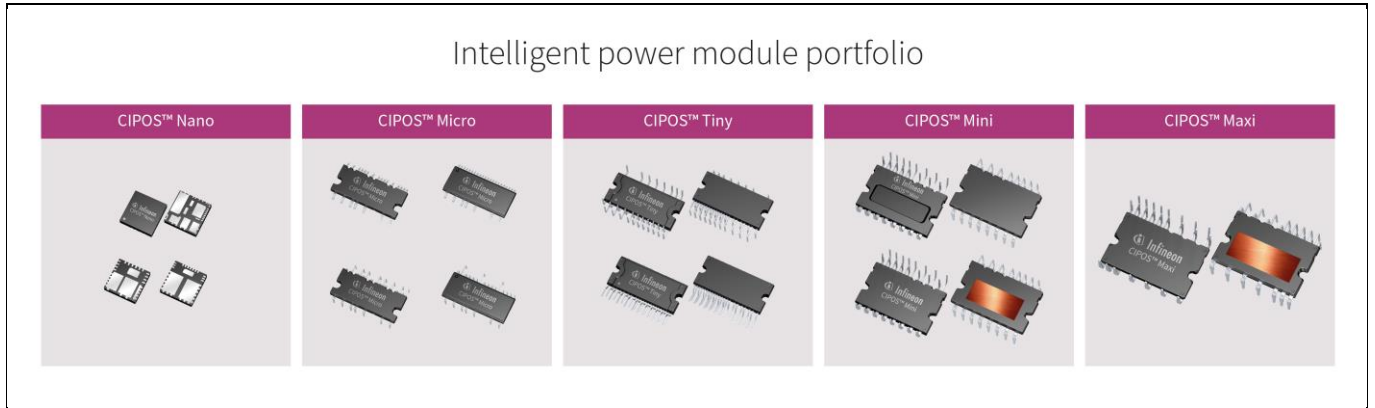


图 8 CIPOS™ Micro 和 Nano 智能功率模块只是整个电源模块产品组合中的一小部分。

第二个集成领域是永磁电机调速驱动控制解决方案和软件融合。iMOTION™ IMC100 等器件为设计师提供电机控制解决方案，对选定电机实现参数化控制，无需进行复杂的软件开发。解决方案利用英飞凌运动控制引擎 (MCE)，只需使用单电阻或桥臂电阻采样，搭配空间向量脉宽调制 (PWM) 控制，即可实现无传感器正弦磁场定向控制 (FOC)。这为设计师的目标应用提供极高的电机控制效率。此外，还实施一系列保护机制，包括过电流、欠电压、过电压以及转子锁定检测。

在空间极其宝贵的应用中，设计师还可以采用全集成 iMOTION™ IMM100 系列产品（图 9）。从电机控制到栅极驱动器和功率级的所有器件均集成到小巧的 12 x 12 mm PowerQFN 封装中。设计师可以选择英飞凌下一代 iMOTION™ MCE2.0 控制算法或自行编程强大的 32 位 ARM® Cortex®-M0 处理器。电机控制模块自然可供程序员使用，实施极其灵活简便。

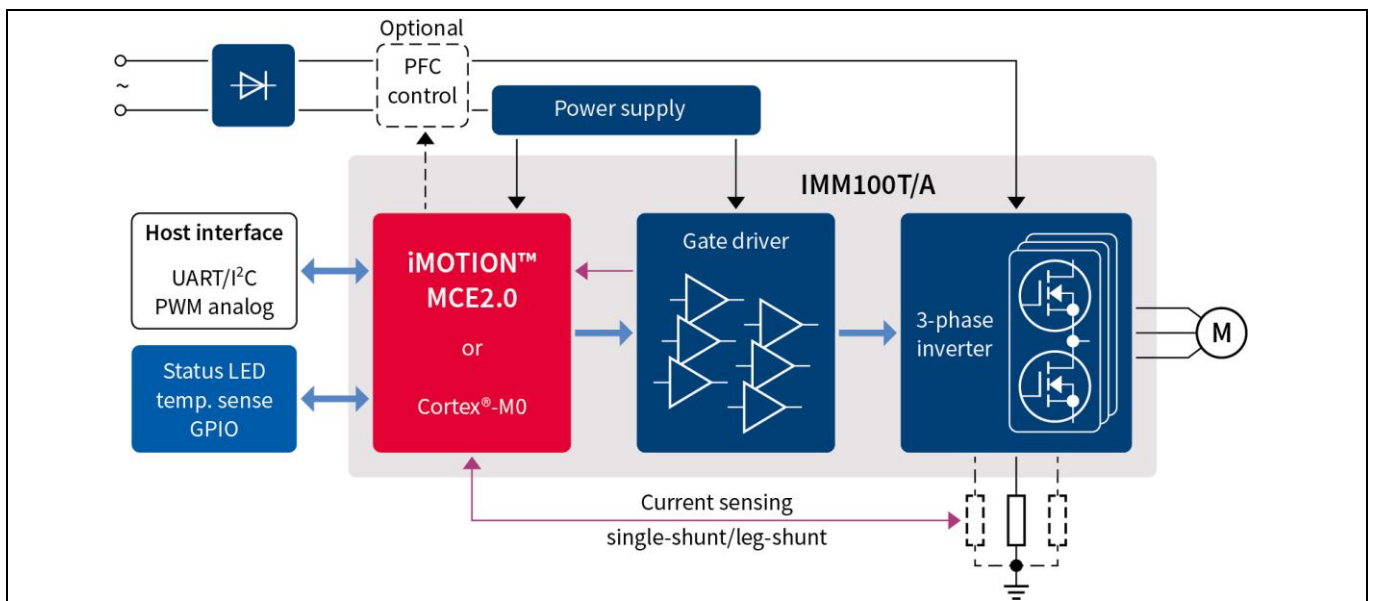


图 9 iMOTION™ IMM100 系列产品是全集成三相电机控制解决方案

规划应用开发和评估设计方案

面对丰富的产品选择和极高的集成度，对于之前采用分立方案满足的需求，确定最合适的解决方案极具挑战性。工程师可以从英飞凌 IPM 电机驱动模拟器³着手。这款在线工具提供模拟功能，适用于三相电机设计以及 CIPOS™ IPM 系列电机驱动器。这款工具可以按应用电压和电流自动限制潜在器件。如有需要，可以并行模拟多个适用器件，以便进行比较。同时还能计算预期功率损耗以及结温，并可以按需要使用散热片。

确定恰当的解决方案后，开发人员可以采购一款评估板开始原型设计。EVAL-M1-IM231 支持工程师对选用 CIPOS™ Micro IPM 的设计开展试验，包括 600 V 400 W 功率级、简单的示波器探头固定点以及用于链接 iMOTION™ 电机控制器件开发板⁴的标准化连接器。

小家电市场未来将充满活力

小家电市场主要受两个方面的影响。生活方式不断变化，小家电要获得社交媒体一代的青睐，不仅要性能优良，还要具有与过去不同的新颖外观。设计、外形和功能是关键，消费者愿意为这些方面的改进支付更高的价格。英飞凌等半导体供应商支持这种创新，通过提高集成度确保电控系统的尺寸不会成为设计师的绊脚石。第二个影响来自于政府，一些小家电制造商把电器能耗增加粉饰为性能提升，而政府则致力于限制这种不必要的功耗增加。半导体技术的进步确保将功率器件的损耗降至最低，同时集成监测和控制，简化其设计导入，使成本保持在可以接受的水平。

注释和参考文献

- [1] <https://blogs.ec.europa.eu/ECintheUK/tidying-up-the-facts-on-eu-vacuum-cleaner-rules/>
- [2] IHS Markit Technology Group, “Small home and personal care appliances report”, January 2019
- [3] <https://plex.infineon.com/plexim/ipmmotor.html>
- [4] <https://www.infineon.com/cms/en/product/evaluation-boards/eval-m1-im231/>

出版方
Infineon Technologies AG
85579 Neubiberg, Germany

版权所有 © 2019 Infineon Technologies AG.
保留所有权利。

请注意!

本文仅供参考，本文给出的信息在任意情况下均不应视为对我们产品的功能、条件和/质量及其对特定用途适用性的担保、保证或说明。与我们产品相关的技术规格，我们恳请您参考我们提供的相关产品数据表。我们的客户及其技术部门需要对我们产品对预期应用的适用性进行评估。

我们保留随时更改本文和/或本文中所给出信息的权利。

额外信息

更多有关技术、我们的产品、产品应用、交货条款和条件和/或价格的信息，请联系最近的英飞凌科技办事处 (www.infineon.com)。

警告

出于技术要求，我们的产品可能包含危险物质。如对危险物质类型存在疑问，请联系最近的英飞凌科技办事处。

除经英飞凌科技授权代表签署书面文件明确批准外，我们的产品不得用于任何危及生命的应用，包括但不限于医疗、核用途、军事、性命攸关或任何其他因产品故障或因产品使用导致人身伤害的应用。