

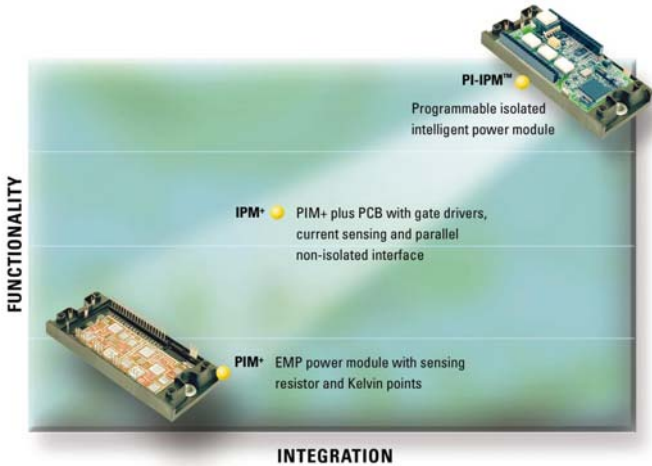
技术文章

可编程隔离式智能功率模块 节省电机驱动设计时间及降低风险

作者： Francesco Vallone 博士

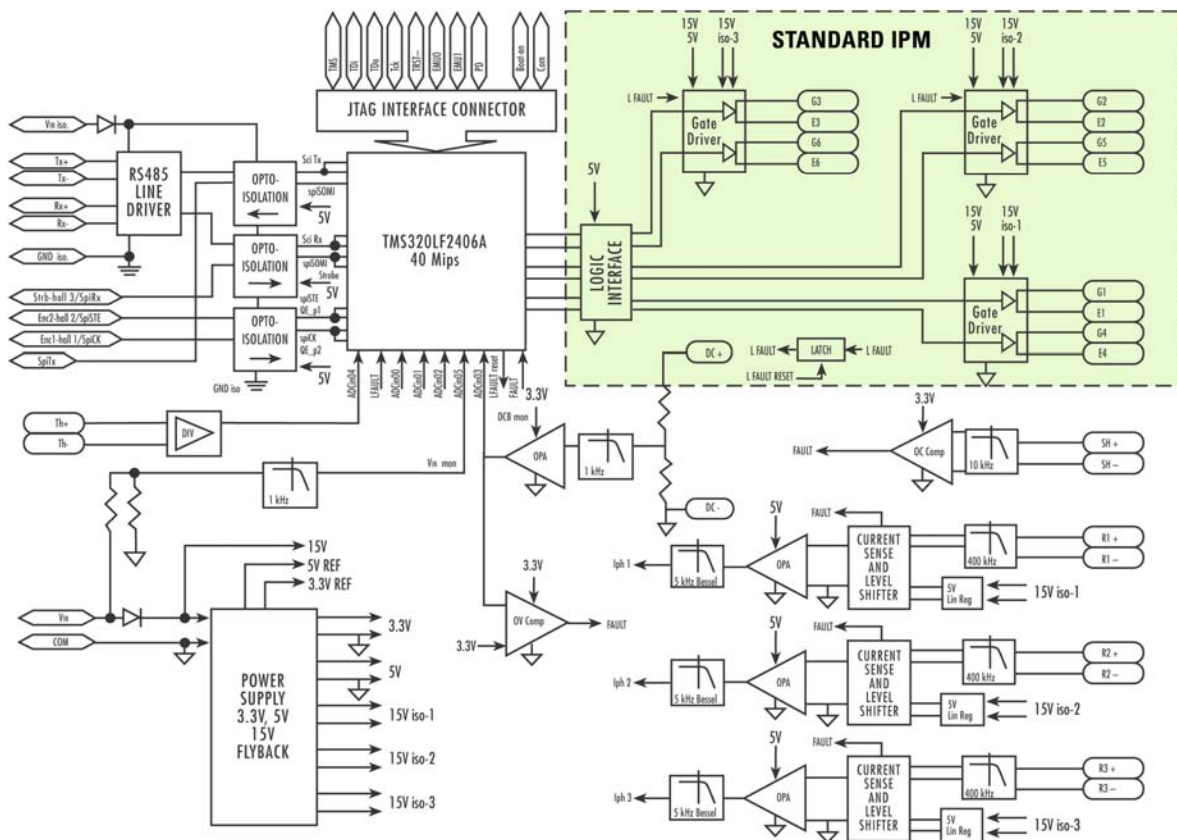
用以驱动开关磁阻（Switched Reluctance）、无刷式直流和交流电感电机的功率模块设计并不简单，特别是在千瓦（kW）级的功率水平。此类模块必须具备一定的智能和灵活性，才能加以配置以驱动这些流行的电机类型。通过利用此类硬件模块，系统设计人员可以集中精力开发用于管理电机特性的控制方法和软件，从而可加快产品的上市时间。国际整流器公司(IR)的 iNTERO PI-IPM（可编程隔离式智能功率模块）系列提供了这样的能力，可以简单直接地驱动高达 15 kW 的电机。该系列模块产品利用很少的硬件设计投资，推动了业界驱动变速电机这一新趋势，同时也使得现有驱动电路的性能升级更为容易。

iNTERO 模块本身已配备了一个高性能伺服电机驱动的电感回路所需要的所有功能。该模块包括了控制一个基于 IGBT 的逆变器的所有外围电路，包括电压、温度和电流输出检测（图 1 示出了 iNTERO 系列）。

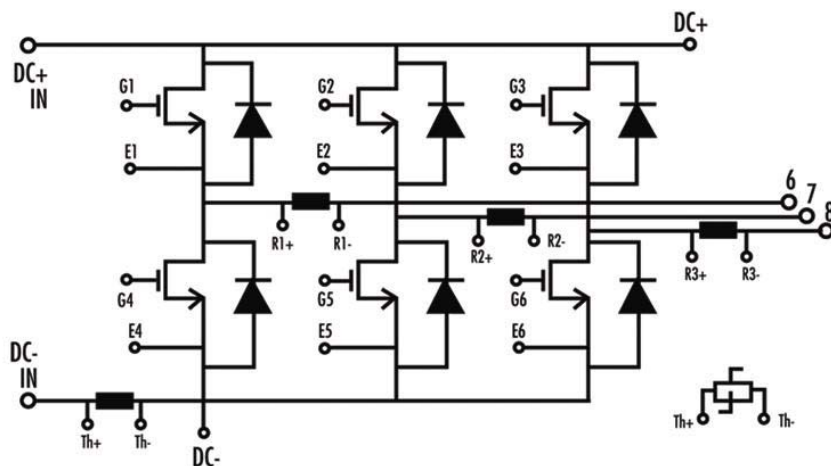


1. iNTERO 系列框图

该模块由两个子系统组成：功率输出模块（EMP）和嵌入式控制/逻辑控制板（EDB）。EMP 和 EDB 之间的连接是通过 EDB 上的一个连接器和 EMP 上配套的连接引脚。这样就可以简单地嵌入一个不同的 EDB 板进行升级。图 2a 示出了 EMP 模块的框图。图 2b 示出了 EDB 控制板的框图。



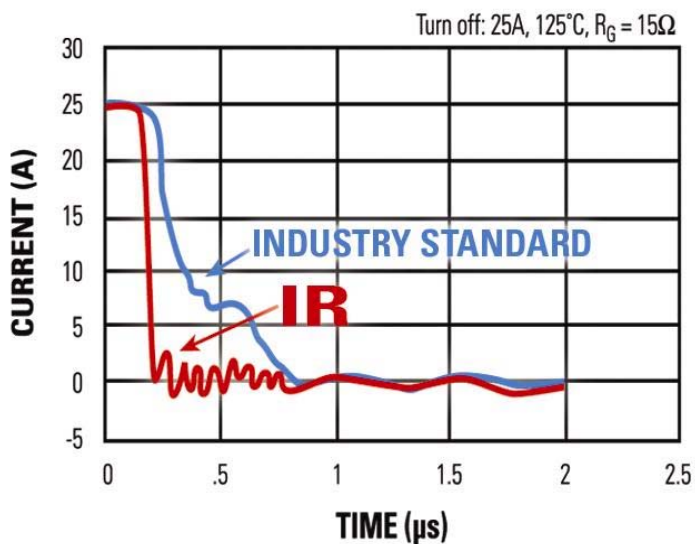
2a. EMP 模块框图



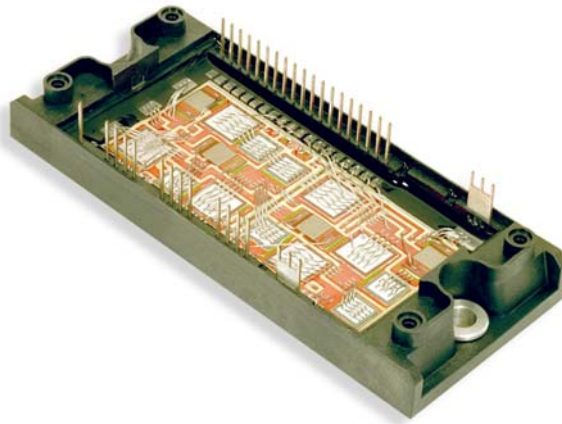
2.b EDB 控制板框图

EMP 模块: EMP50P12B/EMP25P12B

EMP 模块包括以标准逆变器方式配置的六个 IGBT 和 HEXFRED 二极管。其中 IGBT 采用的是 IR 公司的新一代 V 型 NPT（无穿通）1200V-50A 型号（额定电流在 100°C 下测定）。HEXFRED 二极管是针对这些 IGBT 的配对使用而专门设计的。新一代 IGBT 在完全关断时不需要负栅极电压，而拖尾效应也比其它 IGBT 大大减轻。图 3 示出了“拖尾效应”。这简化了栅极驱动的设计。EMP 模块还包括了一个具有负温度系数的温度传感器以提供过热保护。图 4 示出了 EMP 模块。



3. “拖尾效应”图



4. EMP 模块

电流传感接口、过流保护和信号调节对于正常的系统运行都非常关键。电流检测性能直接影响伺服应用中的电机驱动性能。电流检测错误、测量链延迟或者系统总精度太低，如参考基准不准确或者 A/D 转换的倍数不够，都会不可避免地导致电机在低速运行或者在轴制动的情况下出现不正常的抖动和不自然的电机噪声。

iNTERO PI-IPM (PIIPM 50P12B004/PIIPM25P12B008)采用的检测电阻测量技术比其它方法占用的面积少、成本也低一些。同时在功率模块中还嵌入了分流元件，并且提供了所有开尔文（Kelvin）连接点。

EMP 板中的电流检测电阻分布在三个输出相中，可对电机电流进行精确检测并可用于短路保护。每个检测电阻的头直接键合在一个外部引脚上，从而降低寄生效应并获得高精度反馈电压。由于导热系数非常低，因此在整个工作温度范围不需要补偿。同时在负直流总线线路上还有另一个同样阻值的电阻提供设备保护。电流检测信号送到 EDB 板，由 DSP 进行信号调节和处理。

该模块的封装与流行的 EconoPack 外形机械上兼容。而且，放于其上的外部 PC 板的柱形塑料螺母的高度与 EconoPack2 一样。因此，该模块可装配到标准 EconoPack-2 封装同样的机械位置，从而更容易地替换现有模块。

这一新器件的一个重要特点是提供了控制板和模块间所有反馈和命令信号的开尔文（Kelvin）连接，而且所有发射极和电阻检测都独立于主功率通路。另一个优点是所有来往控制板的低功率信号都不受模块功率布局中常见的寄生电感或电阻的影响。

模块封装示于图 5。其中 EDB 控制板已安装在 EMP 模块之上。由于在输入处形成大电流尖峰脉冲，因此直流总线功率引脚是其它功率引脚的两倍大小。



5. EDB 控制板安装在 EMP 模块之上

模块封装采用了著名的标准 DBC（直接铜键合）技术。在厚铜基座上有一个氧化铝（ Al_2O_3 ）衬底，两侧各有 $300\mu\text{m}$ 铜垫片，IGBT 和二极管管芯通过丝网印刷工艺直接焊接在 DBC 上面。然后在这些管芯上键接 15mil 的铝线（ $1\text{mil}=25.4\mu\text{m}$ ）用于功率连接。然后利用硅胶密封所有器件，以提供机械保护和电隔离。

EDB 驱动控制板

EDB 驱动控制板是整个器件智能的核心，它提供了所有控制和驱动功能。同时，EDB 板还很自然地代替了模块的上盖。因此它同时起到机械密封和智能接口两个功能。电源输入（ V_{in} ）是 EDB 板上所有电子器件需要的唯一外部电源连接。

EDB 控制板包含一个德州仪器公司的 40 MIPS DSP - TMS320LF2406A，负责提供接口功能和 A/D 转换功能。与以前的 DSP 相比，TMS320LF2406A 速度更快，I/O 引脚更多，同时还有启动 ROM、CAN 接口和更快速的 A/D 转换器。它可连接所有需要的外围器件，

准确地管理整个模块器件功率部分所需要的所有模拟反馈和控制信号。同时还具有一个隔离的增量编码器或同步串行端口通讯部分，从而使其成为一个完整的用户可编程的解决方案。在 DSP 中已安装了基本的开环软件，同时串行接口允许设计人员方便地开发和下载专用算法。

做为 IR 公司混合信号芯片组方法的一部分，在 EDB 中有三种不同的串行接口：SCI、SPI 和 CAN 总线。串行通讯是通过异步端口实现的，同时霍尔效应（Hall Effect）传感器占用了其它三个光电隔离输入线，其输入直接送到首三个输入捕捉端口。异步串行端口（SCI）的最大位速率为 2.5 Mbps，而 SPI（同步）速率则可达到 10 Mbps。为了容易地实现与标准计算机串行端口的接口，可以选择 SCI，唯一需要的器件是一个线路驱动器，用来将 RS232 电平和本应用中使用的 RS485 3.3V 电平进行转换。

电流检测处理已包含在 EDB 控制板中，由电流检测放大器、电平移动电路和一个滤波器组成，滤波器的输出会送到 DSP 的 A/D 转换器。

EDB 包括一个反馈式电源，提供三个相互之间最小有 1.5kV 隔离的 15V 输出，以及一个 5V 和 3.3V 输出。5V 输出为所有低电压电子元件供电，而 3.3V 线性稳压输出则为 DSP 和连接到 DSP 的一些模拟和逻辑元件供电。反馈式电源具有内置的欠压保护功能，以防止所有电路在电压过低时工作（建议最小电源电压为 12V）。 V_{in} 是 EDB 中所有电子元件需要的唯一外部电源。

在 EDB 中有三个采用小型 16W 封装的 IR2213 栅极驱动器，每个可提供最大 2A 的吸入电流和 2A 的栅极驱动能力。EMP 子系统中使用的 IGBT 在完全关断时不需要负栅极电压。

直流总线和输入电压反馈电路连续检测两个电源线上的电压： V_{in} 和直流总线。低端栅极驱动器直接由 V_{in} 电源线供电，除了其本身的欠压保护（通常设在 8.5V）外，没有其它控制针对这一电压。如果这电压水平不能驱动 IGBT 栅极，可以检测 DSP 输入电压，并迫使系统仅在 V_{in} 介于 10V 和 18V 时才工作，这也提供了过压控制。

为保证系统正常运行，直流总线电压必须不停在控制之下。一个电阻分压器提供了 2.44mV/V 的分压系数，覆盖的最大可测电压范围约为 1100V。为避免分压电压上的尖峰造成错误检测，在分压器和电压跟随器/缓冲器之间有一个 1 kHz 的低通滤波器，其输出连接到 A/D 转换器的其中一个输入。