

车身电子系统的控制电源设计

随着对更多功能及更高可靠性的需求持续增长，汽车电子的种类和复杂性也在迅速增加。汽车内有许多种电子子系统，比如底盘电子、驾驶员信息电子和车身电子。车身电子子系统提供座椅调节、车内照明和雨刷等功能。智能化设计使得车身控制模块（BCM）能更有效、可靠地驱动负载。

BCM 是汽车内最重要的模块之一。BCM 被用来控制不需专用控制器的常用“车身”功能，包括车窗、车镜、车门锁和车灯控制，以及接收发自车钥匙和胎压监测器信息的 RF 接收器等功能。此外，BCM 还具有通过网络总线在不同模块间传输数据的网关作用。因为 BCM 连接多个汽车总线，所以它是为汽车增加新功能的理想平台。当汽车电子设计工程师想为汽车添加新的功能，但又没有太多时间、空间或预算来增加新模块时，他们常可通过为 BCM 编写新软件并借助其连网能力来实现这些功能。

显然，对 BCM 的需求因车而异，但一个应用趋势是开发一种可覆盖多种车型的单一模块，以便汽车制造厂降低开发和维护成本。对每种车型只需进行一些配置工作，就可在多个汽车平台上更迅速地部署该模块，从而缩短产品整体上市时间。

BCM 的工作可大致分为两部分：控制部分，包括 MCU、传感器输入和车内网络；电源部分，包括可提供大功率信号以驱动各种负载的功率器件。设计电源部分时需了解用于车身电子的各种负载特性。例如，LED 因其低功耗、优异的鲁棒性和可靠性，所以正迅速取代白炽灯。电子马达也用于实现升降车窗、改变座椅位置及调整车镜等机械功能。阻性元件则被用在座椅加热及后车窗除霜应用中。

将控制和电源电路整合到一个模块需要解决一些挑战。当 BCM 设计人员开始新设计时，他们必须考虑控制和电源部分的全部可能的器件选择，然后，在考虑了所有设计因素的情况下，决定如何将两者结合起来以最好地满足需求。设计人员在选择合适的器件组合时，必须考虑的设计因素主要有：功耗预算、散热、鲁棒性以及成本。例如，电源部分传统上一般只采用功率继电器，但最近的设计已显现出向固态方案转变的迹象。固态电子可提供更鲁棒的方案，以降低总体成本。此外，通过这些固态器件与智能数字控制器结合起来，设计人员可实现以前不可能完成的诊断和故障防范保护功能。最终，设计人员的目标是生成一种具有成本效益、能完全满足应用需要并具有高可靠性以符合严苛汽车标准的 BCM。

图 1 是基于 NEC 电子的 32 位 MCU V850ES/Fx3 的 BCM 原理框图，它给出了模块与传感器输、电源部分的连接。采用 MCU 的好处是能将控制问题分给硬件外设和软件算法来解决。与用硬件实现控制的方法相比，这种模块设计方法具有更多的灵活性。此外，采用 MCU 还能在系统内进行诊断（甚至实施自诊断），从而使系统更鲁棒。

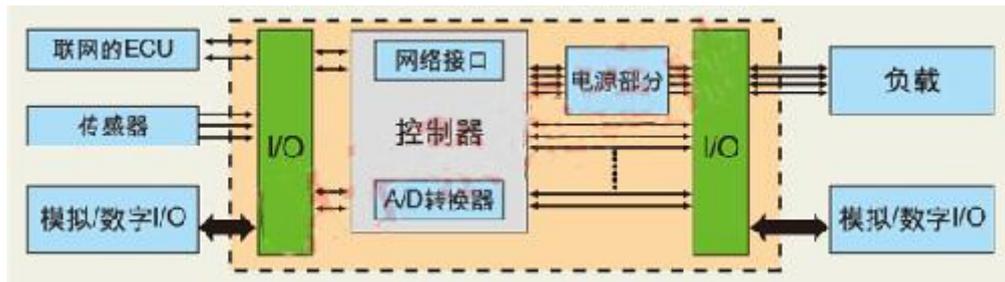
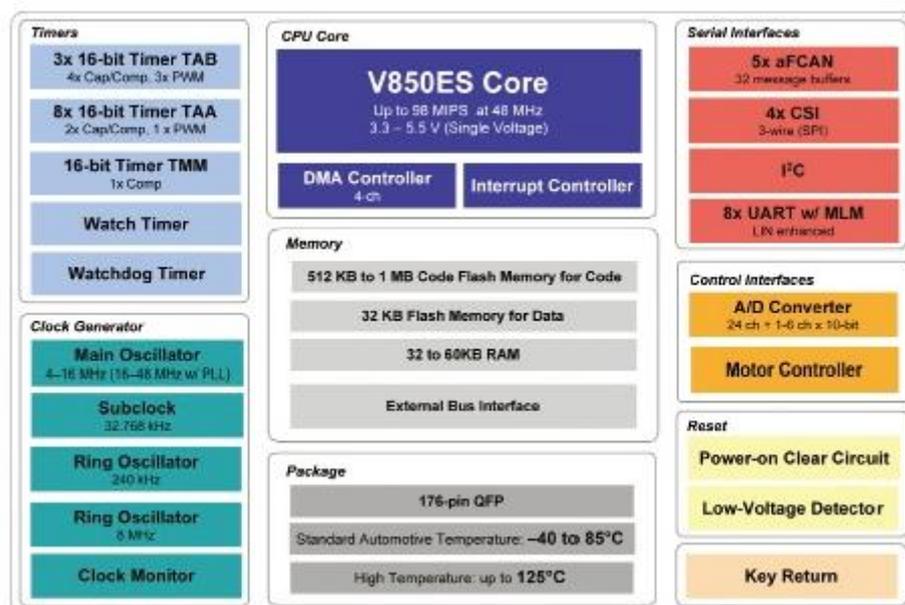


图 1：基于 32 位 MCU V850ES/Fx3 的车身控制模块原理框图。

在实现车身模块的控制部分时，最关键的决策是选用一款带合适外设、可满足应用对性能和成本预算要求的 MCU，比如 NEC 电子的 V850ES/Fx3 MCU 等方案。V850ES/Fx3 基于 V850 32 位 CPU 内核，并针对汽车车身应用进行了优化。V850 内核是为嵌入式系统设计的，它具有高性能处理能力、快速中断响应速度及高效数据传输能力等实时性能。该内核还包括一款专用的、为每一个中断源配备独立向量的中断控制器，从而可以快速响应各种请求。片上直接存储器访问（DMA）单元可对存储器和系统总线进行访问，可在无需 CPU 干预情况下进行数据传输。

特别是，V850ES/Fx3 MCU 集成了多种车身模块特别需要的先进外设。例如，定时器对车身应用非常重要，它被用于调度任务、捕捉 RF 脉冲等外部信号，更重要的是它能生成控制车内 LED 等所需的脉宽调制（PWM）信号。V850ES/Fx3 MCU 就能提供多个具有可编程能力、可运行多种模式的定时器宏，它还能同步各定时器以增加 PWM 能力。为满足 OEM 对网络不断增加的需要，该 MCU 系列集成了 5 条控制器局域网（CAN）通道，每个通道具有独立的信息缓存器和无需 CPU 干预就可以滤除信息的屏蔽寄存器。针对低速的局域互连网（LIN）应用，V850ES/Fx3 MCU 支持 8 条 LIN 信道，并具有一个用硬件处理 LIN 协议的多 LIN 主控（MLM）单元，从而节省了 CPU 资源。该 MCU 具有多达 40 个模数转换通道来处理模拟信号，这些信道具有管脚诊断、自动放电及灵活的触发资源。



除对智能片上外设的需求外，嵌入式汽车电子中一个压倒性趋势是使用闪存。例如，V850ES/Fx3 MCU 的代码闪存空间从 64 kB 到 1MB，它还有其它的片上存储器可用作数据存储器来存储需耐久（high-endurance）的数据。

车身电子应用对 MCU 最苛刻的要求之一是在车不发动时 MCU 仍要保持工作。在此情况下，MCU 必须支持待机模式，以可接收的功耗水平提供必需的功能。V850ES/Fx3 MCU 拥有 NEC 电子的用于低功耗模式的 MF2 嵌入式闪存工艺技术，它能使 MCU 仅运行诸如内部时钟和系统所需的周期性定时器等必需的外设，此时耗电仅为 10 到 15uA，从而可满足最苛刻的功耗要求。集高密度闪存与低漏电流逻辑双美于一身，在使整个 MCU 拥有出类拔萃性价比的同时还可降低功耗。

电源控制

设计 BCM 模块的第二个挑战是生成电源部分。该部分设计与模块必须驱动的负载种类息息相关。简单的 LED 灯是类常见负载。控制 LED 最直接的方法是利用 MCU 输出脚控制 LED 工作电流的通断。而利用 PWM 信号点亮 LED 则可带来更愉悦的视觉观感。利用 PWM 信号，允许以对人眼来看，LED 似乎一直点亮的这样一个频率通断 LED。通过加大/减小占空比，设计人员可增加或减小流经 LED 的平均电流以有效调节 LED 亮度，它类似影剧院照明控制。采用红、绿和蓝色 LED，对每色都进行 PWM 控制，设计人员可生成任意色彩的复合光。该功能进一步增加了对 MCU 内 PWM 信道的需求。

BCM 模块的第二类负载是电机，例如用于热通风和空调系统中的风扇电机。电机还用于调节座椅位置以及驱动雨刷系统。与控制 LED 类似，采用 PWM，设计人员可有效控制调节标准直流电机的转速。另外，用模/数转换器采样 PWM 信号使设计人员可检测出可能的故障。在车身电子应用中，会用到各种电机。它们包括有刷直流、无刷直流甚至三相电机。每种电机要求独特的控制特性，在设计电源部分时，必须将此要求考虑在内。

车身电子中的第三类负载是加热元件，例如，用于加热座椅产生热能的发热元件。为有效加热，这些大功率电阻要求车身模块能提供足够电流。传统上，采用简单的 12V 继电器为大功率应用提供所需电流。继电器是又大又重的机电器件，且不如全电子方案可靠，对车用器件来说这是个致命短板。鉴于这些缺陷，已用功率 MOSFET 取代某些传统的继电器应用，MOSFET 是为传递大电流设计的，是种完全的固态方案。MOSFET 解决了继电器存在的体积、重量和可靠性问题。为该固态开关增添智能将进一步强化其功能，此时，它也被称为智能功率器件或 IPD。典型的 IPD 在单一封装内同时整合了功率 MOSFET 和控制电路。与 MOSFET 一样，IPD 是替换典型继电器的更小、更轻、功耗更低的器件。IPD 集 MOSFET 的大电流和高可靠性与热失控和短路保护和诊断等特性于一身，是比 MOSFET 更优异的产品。

图 3 显示的是一款带内置短路和过热保护及负载电流感应的高端 IPD。另外，为减少模块内的 EMI，IPD 具有限制输出电流快速波动的开关控制功能。

此类 IPD 常用于在诸如车内外灯照明和加热等车身应用中替代继电器(图 4)。基于 IPD 裸片的小尺寸,一个四路 IPD 模块可替代 4 个标准继电器。在这种情况下,驱动刹车和转向信号灯的 4 个继电器可被一个 IPD 模块代替。另外,因 IPD 比继电器各个维度都小巧,ECU 工程师可减小 PCB 和整个模块的体积。减少模块体积和器件数加之采用 IPD 带来的增加了的可靠性,可生产出质量更高及更具成本效益的产品。

因 IPD 对许多设计人员来说是种相对新的产品,当决策到底该采用哪类产品时,了解其主要特性是重要的。典型情况,是确定 IPD 在多大电压下,要能提供多大电流。许多供应商将首先根据这些参数排列其器件。一旦做出该决定,则当选择一款具体 IPD 时,还有其它若干因素要考量。如以前提到的,IPD 可为控制单元提供诊断数据。可通过诸如串行外设接口(SPI)等网络协议或独立端口通信来实现诊断数据传输。对具有 SPI 总线的系统来说,SPI 连接很方便。但,对需要以快于 SPI 能提供的速度接收 IPD 反馈信号的系统来说,标准端口信号不失为上佳选择。有支持这两种方式的 IPD,所以,模块设计人员必须考虑总体系统需求来选出最适合的通信方法。

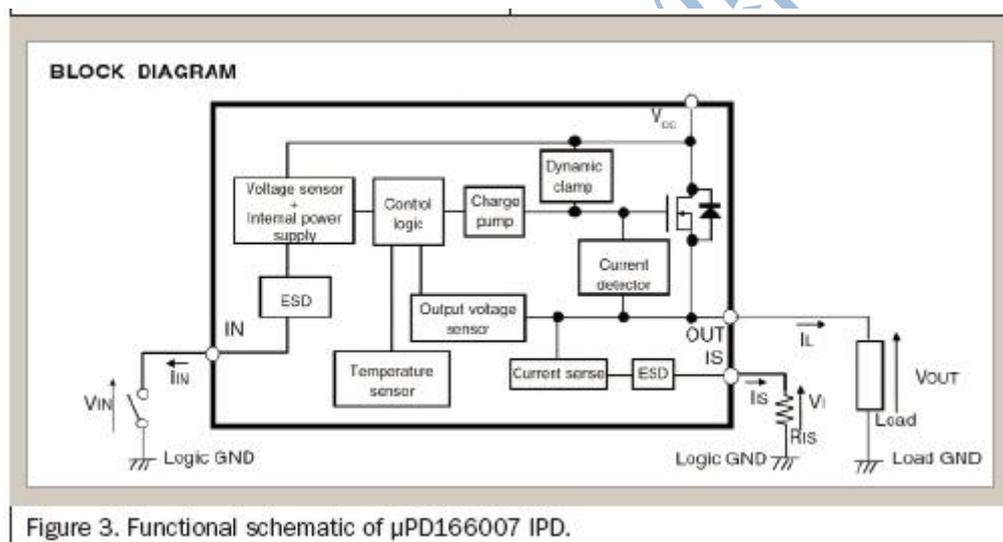


Figure 3. Functional schematic of μ PD166007 IPD.

导通电阻,有时写作 $R(ON)$,是器件工作时,其两端的等效电阻。大的导通电阻会带来许多问题,它会在器件两端造成显著压降、导致更大功耗,并因此加大器件发热。为解决此问题,目前生产的器件的 $R(ON)$ 值可低至 $8m\Omega$ 。当选择 IPD 时,设计人员会一如既往地选择可满足系统要求具有最低 $R(ON)$ 的器件。另一个应考虑的重要因素是控制电路与模拟电源部分的连接。有两种常用 IPD:单基和多基片形态。在单基 IPD 内,其控制和电源部分是做在同一片硅基上的。在多基片 IPD 中,控制和电源分做在不同硅基上。之所以有这两种方式,原因在各自所需的底层技术。高密度逻辑所需的工艺技术无法提供大电流,从而要采用多基片技术来实现大电流器件。当电流要求不很高时,可用相同技术设计电源和逻辑,设计人员可免除两个不同基片带来的复杂性和成本以及随后的绑定和封装问题。虽然单基和多基方案的选择通常是由 IPD 供应商决定的,设计人员应一直意识到所采用的具体工艺技术以确保器件满足需求。

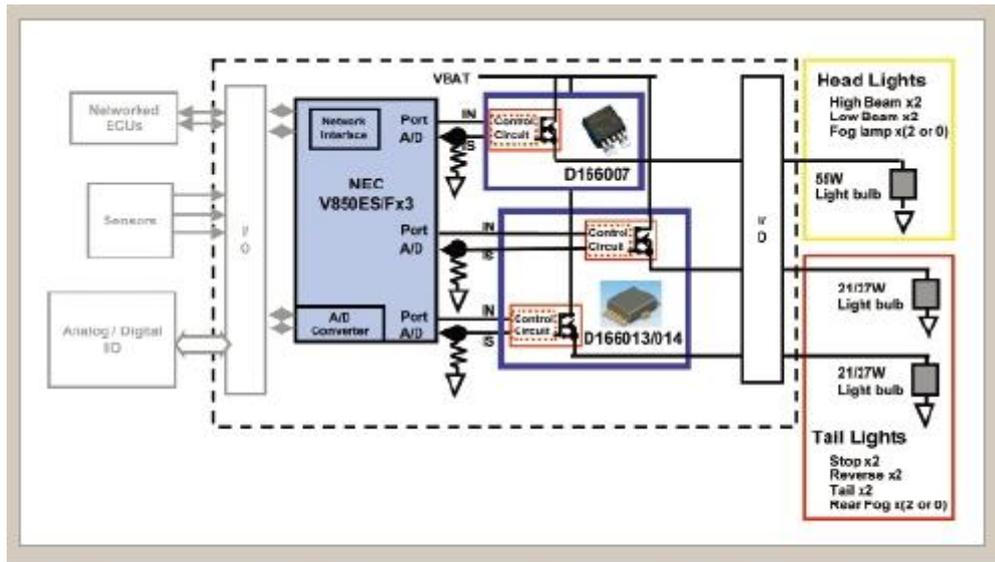


Figure 4. Illustration of a body control module (BCM) with IPDs used to drive headlights and tail lights.

最后，封装也很重要。目前，在用越来越精微的工艺制造 IPD，从而允许更小的封装并支持多通道封装。设计人员几乎总在寻求最小的封装，且不放过任何有可能用多通道封装取代多个 IPD 的机会。

总之，为设计一个可靠、具成本效益的系统，需要把握设计的两个主要部分——控制和电源。为了这两个部分能在整个系统内最好地配合工作，在为它们选择器件时，要应对各自面临的挑战。

作者：Adam Prengler

汽车电子平台解决方案工程师

NEC 电子