

新型汽车设计需要 降压-升压型转换器

每年，汽车都采用更多的复杂电子系统，以最大限度地提高舒适度、安全性和性能，同时最大限度地降低有害气体排放。根据市场调查公司 Databeans 的数据，从 2011 年到 2014 年，汽车半导体市场的年复合增长率将达到 9%。

汽车中电子系统的日益增多受到了以下因素的驱动：新型安全系统、信息娱乐系统（车载多媒体系统）、发动机和动力传动

系统管理、卫星无线电和电视、LED 照明、蓝牙以及其他无线系统和后视摄像头。5 年前，这些系统仅在欧洲的高端豪华汽车中才能见到，但是现在，这些系统正集成到每一个制造商的中档汽车中，从而使汽车 IC 市场能以更快的速度增长。

汽车采用电子系统的一个主要驱动力是新型发动机和动力传动系统设计的采用，其中包括直接燃料喷射、停-启控制和各种不同的混合型 / 电动型汽车配置的采用。同时，世界各地的尾气排放标准变得越来越严格，而提高燃油里程的压力持续增加。然而，客户要求更高的性能。这些要求一度是相互排斥的，不过采用“智能”发动机控制系统、大量传感器和几个 DSP，使汽车制造商能实现更高的发动机效率，同时使发动机能以更清洁的方式运行。电子控制单元 (ECU) 正在快速普及，以优化汽车的多方面设计，例如发动机和动力传动系统管

■ Jeff Gruetter

理、动态底盘控制等。总之，这些新系统改善了安全性、性能和驾驶员舒适度，有助于为我们所有人提供一个更清洁的环境。

随着汽车系统中电子组件数量的增多，可用空间持续压缩，这极大地增大了每个系统的密度。所有这些系统都需要电源转换 IC，通常这些 IC 有多种电压轨，以给每个子系统供电。传统上，线性稳压器满足了大部分这类电源转换需求，因为效率和小尺寸不是最重要的。但是随着功率密度提高了数个量级，加之很多应用需要在相对高的环境温度中运行，任何切实可行的散热系统都太大，没有足够的空间容纳。因此，电源转换效率变得至关重要了，这导致降压型开关稳压器取代了线性稳压器。不过，新出现的汽车设计需要开关稳压器提供恒定输出电压，而不管输入是否高于、低于或等于输出。新的电源 IC 无论输入电压摆幅多大，都能连续提供良好稳定的输出，这给电源管理 IC 造成了新的挑战。电源管理 IC 不仅必须提供坚固的设计，而且必须提供最高效率、最低静态电流和占板面积紧凑的解决方案。

电子系统的瞬态挑战：停/启、冷车发动和负载突降情况

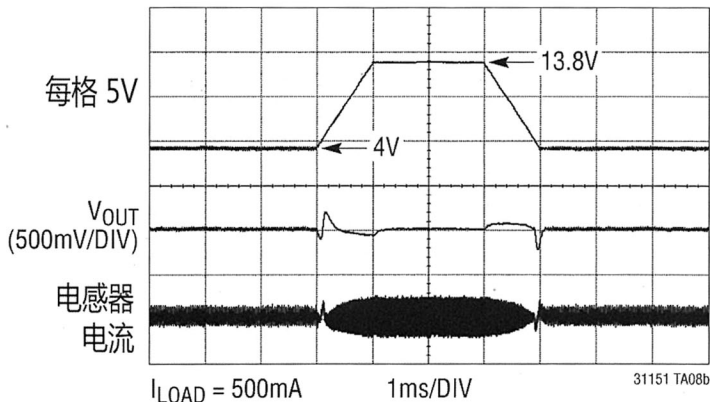


图1：停-启和冷车发动时的瞬态电压

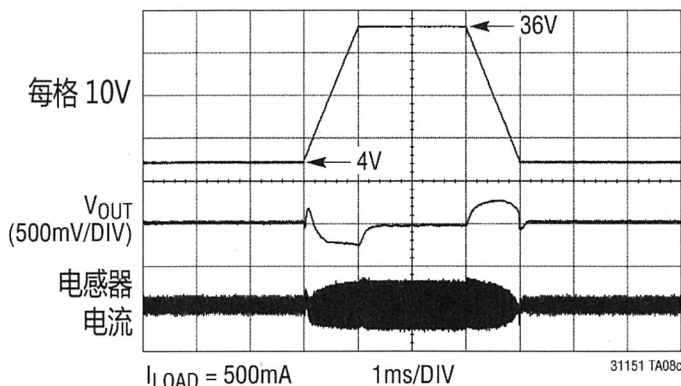
为了最大限度地提高燃油里程，同时尽量降低碳排放，一些非传统型动力传动技术在不断发展。这些新技术无论是采用混合动力、清洁柴油发动机还是采用更传统内燃机设计，都有可能采用停-启电动机设计。在全世界所有混合动力设计中，几乎普遍采用了停-启电动机设计，很多欧洲和亚洲汽车制造商也将这类设计纳入了传统的汽油和柴油动力汽车中。美国福特公司不久前宣布，将在很多2012家用车型中采用停-启系统。

停-启发动机的概念很简单，当车辆停驶时，关闭发动机，然后在车辆加速之前的瞬间，立即重新启动发动机。当汽车在车流中或因红灯停驶时，这可以减少燃油消耗和尾气排放。这种停-启设计可将油耗及尾气排放量降低5%至10%。不过，这类设计面临的最大挑战是要让驾驶员察觉不到整个停-启过程。要想让驾驶员察觉不到停-启过程，需要消除两大设计障碍。第一个是，利用增强的启动器设计，实现快速重启，有些汽车制造商已经将重启时间降至不到0.5秒，从而使停-启过程真正察觉不到。第二个设计挑战是，当发动机关闭时，保持所有电子系统（包括直接由电池供电的空调）正常运行，同时保持足够的电力储备，以在加速时快速重启发动机。

为了纳入停-启功能，动力传统系统的设计必须修改。也就是说，交流发电机也许还要兼作增强的电动机启动器，以确保快速重启。此外，必须增加停-启电子控制单元（ECU），以控制发动机何时以及怎样启动和停止。当发动机/交流发电机关闭时，电池必须能给车辆的各种灯、环境控制以及其他电子系统供电。此外，当再次需要发动机工作时，电池必须能给启动器供电。

这种极端的电池加载操作引入了另一个设计挑

■ 图2：36V 负载突降情况下的电压瞬态



战，这一次是电气方面的挑战，重启发动机需要吸取很大的电流，这又可能将电池电压暂时拉低至 4V，与图 1 所示的电压曲线十分类似。这对电子系统的挑战在于，当电池总线电压短暂地低于所需输出电压，然后当充电器返回稳定状态，电池总线电压又返回标称的 13.8V 电压时，要提供良好稳定的 5V(或更高的)电压。

“冷车发动”是汽车发动机处于寒冷或冰冻温度一段时间而起动的情况。这时机油变得十分粘稠，要求电动机起动器提供更大的扭矩，这回从电池吸取更大的电流。这种大电流负载在点火时，可能将电池 / 主总线电压拉低至 4.0V，之后，电池总线电压一般返回标称的 13.8V。汽车电源总线的电气表现看起来与图 1 所示停-启系统的情况非常类似，但是它们的原因却很不相同。至关重要的是，在发生冷车发动情况时，发动机控制、行车安全、导航系统等应用需要良好稳定的输出电压(通常为 5V)，以在车辆启动时连续运行。

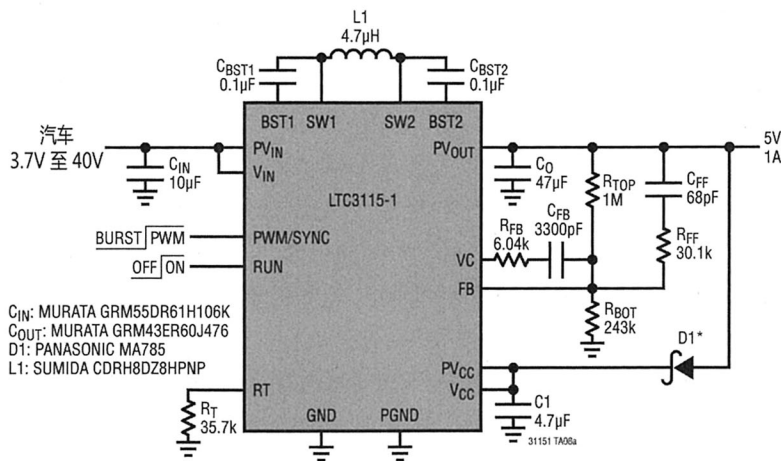
“负载突降”是指当电池电缆断接同时交流发电机仍然给电池充电的情况。当电池电缆连接不牢固同时汽车在运行时，或当电池电缆断裂同时汽车在运行时，可能发生“负载突降”情况。这种电池电缆的突然意外断接可能产生高达 60V 的瞬态电压尖峰，因为交流发电机试图给不存在的电池满充电。交流发电机上

的瞬态电压抑制器通常将总线电压箝位在 30V 到 34V 之间，并吸收大部分浪涌。不过，交流发电机下游的 DC/DC 转换器遭受了高达 36V 的瞬态电压尖峰。人们希望这些转换器不仅能承受这样的电压尖峰而不被损坏，而且在这种瞬态事件发生期间，还必须能连续调节输出电压。

“始终保持接通”系统需要超低电源电流

很多电子子系统都要以备用或“保持有效”模式工作，以在处于这种状态时，在稳定电压情况下吸取最低限度的静态电流。在大多数用于导航、行车安全、车辆安全以及发动机管理的电源系统中，都能见到这类电路。这类子系统中的一个都可能采用几个微处理器和微控制器。大多数豪华车中都有超过 100 个这类 DSP，其中 10% 到 20% 以两种不同模式运行。首先，当汽车正在运行时，给这些 DSP 供电的电源一般会以电池和充电系统馈送的满电流工作。然而，当汽车点火装置关闭时，这些系统中的微处理器必须保持有效，从而要求它们的电源 IC 提供恒定电压，同时从电池吸取最低限度的电流。因为同时运行的这类始终保持接通之处理器可能超过 20 个，所以，即使点火装置关闭，对电池的功率需求也相当大。总之，可能需要数百毫安 (mA) 的电源电流以给这些始终保持接通的处理器供电，这又可能在几天时间内彻底耗尽电池电量。例如，如果一辆汽车的高压降压型转换器每个需要 2mA 至 10mA 的电源电流，那么来自车辆安全系统、GPS 系统和遥控车门开启系统的 20 个转换器，加上 ABS 刹车等其他必须始终保持接通的系统和电动开窗系统的漏电流，就有可能使你

图3: LTC3115-1 典型汽车应用原理图



在一次延长的 3 周商务旅行之后，发现汽车电池的电量已经耗尽，从而导致无法发动引擎。这些电源的静态电流需要极大地降低，以无需增加电子系统的尺寸或复杂性，就能保护电池寿命。直到最近，就 DC/DC 转换器 IC 而言，高输入电压能力和低静态电流一直是两个相互排斥的参数要求。

为了更好地满足这些需求，几家汽车制造商设定了每个始终保持接通的 DC/DC 转换器的 50uA 低静态电流目标。直到最近，系统制造商一直被要求并联连接低静态电流 LDO 和降压型转换器，并在每次汽车熄火时，从转换器切换到电流低得多的 LDO。这导致解决方案昂贵、笨重且相对低效。

可用的解决方案

如前所述，汽车电池总线处于不同情况时，其电压可能变化很大。看来，随着停-启系统和汽车电子控制单元 (ECU) 以及其他电子产品的普遍采用，即使总线电压短暂降至低于所需输出电压，电源系统也必须无缝运行。过去汽车电源仅需要采用降压型稳压器，而现在新型应用要求当总线电压降至低于所需输出时，

汽车电源 IC 还能提供升压功能。例如，如果一个 ECU 需要 5V 轨而且必须在冷车发动、停-启和负载突降情况下正常运行，这会发生什么情况？当输入电压在冷车发动或启-停情况下低于 5V 时，电源 IC 必须充当升压型转换器，提供固定 5V 电压，然而当交流发电机发挥作用，输入升高到 13.8V 时，电源 IC 必须充当降压型稳压器。类似地，在负载突降情况下，即使输入上升到 36V，电源 IC 也必须连续提供 5V 电压。此外，从升压到通过再到降压型转换器的转换必须是完全无缝的，因为 ECU 需要不间断和良好稳定的 5V 电压。

凌力尔特的 LTC3115-1 同步降压-升压型转换器可使用多种电源，例如单节锂离子电池、24V / 28V 工业电源轨、40V 汽车总线输入等，能提供高达 2A 的连续输出电流。其 2.7V 至 40V 的输入和输出范围使该器件非常适用于汽车系统。如图 3 所示，该器件仅需要单个电感器和极少的外部组件。它在输入高于、低于或

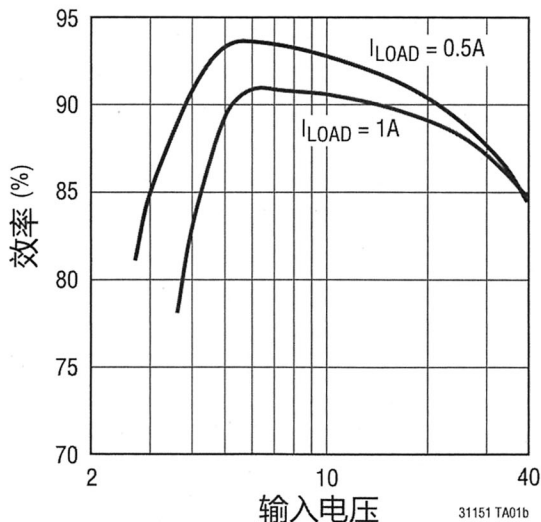


图4: LTC3115-1 典型汽车应用原理图的效率曲线

等于稳定输出时，能提供良好稳定的输出，从而非常适用于汽车应用，因为在汽车应用中，不管输入电压变化范围多宽，都需要良好的稳压输出。于 LTC3115-1 中采用的低噪声降压-升压型拓扑在降压和升压模式之间提供连续和无抖动的转换，从而为噪声敏感型应用进行了优化。LTC3115-1 的开关频率是用户可编程的，范围为 100kHz 至 2MHz，并可同步至一个外部时钟。专有第三代降压-升压型 PWM 电路确保低噪声和高效率，同时最大限度地减小了外部组件的尺寸。纤巧的外部组件与 4mm x 5mm DFN 或 TSSOP-20E 封装相结合，可构成占板面积紧凑的解决方案。

LTC3115-1 采用了 4 个内部低 $R_{DS(ON)}$ N 沟道 MOSFET，以在典型的汽车应用中提供高达 94% 的效率（参见图 4）。用户可选的突发模式（Burst Mode®）工作将静态电流降至仅为 50uA，从而提高了轻负载效率，并延长了始终保持接通系统的电池运行时间。就噪声敏感型

应用而言，突发模式工作可以禁止。其他功能包括内部软启动、可编程欠压保护、短路保护和输出断接。

结论

汽车中非常专业化的电子子系统迅速增加，给汽车应用中的电源 IC 提出了严格的性能要求。视电源在汽车电源总线上所处位置的不同，电源可能受到停-启、冷车发动和负载突降情况的影响，而且无论输入低于、高于或等于所需输出，都必须能准确地调节输出电压。此外，这类系统中有些将以需要最小电源电流的“始终保持接通”备用模式运行。随着汽车中增加越来越多电子系统，最大限度地减小解决方案占板面积同时尽量提高效率也变得至关重要了。幸运的是，有些电源 IC 设计师已经开发出可满足这些需求的解决方案，从而为将来在汽车中增加更多电子产品铺平了道路。