

汽车设计需要具超低 I_Q 的 65V 同步降压型转换器

作者：Jeff Gruetter，产品市场工程师，凌力尔特公司

“在全球各种立法持续不断地推动着下一代汽车技术的发展，将进一步强化车辆的排放控制 and 安全性。业界的竞争和消费者的预期正在导致汽车连接能力的提升，可连接至云和个人便携式设备。因此，对于促成型半导体器件的需求预计在未来 7 年中将达到 5% 的年平均复合增长率 (CAAGR)，到 2021 年，总的市场规模将超过 410 亿美元，而 2013 年时则为 275 亿美元。美国市场研究公司 Strategy Analytics 的分析也与此一致，认为市场对于微控制器和功率半导体元件的需求将占到销售收入的 40% 以上。” [资料来源：Strategy Analytics 公司 2014 年 5 月发布。

Strategy Analytics 对于汽车和商用车辆中电子产品所占比重的增长预测给出了非常定量的描述，但更重要的是其阐述了电源 IC 在此增长过程中所起的关键性作用。这些新型电源 IC 设计必须提供：

1) 尽可能高的效率以最大限度地缓解热问题并优化电池运行时间

采用多种电池输入电压工作的能力；单节 (汽车) 和双节 (商用车辆) 铅酸电池应用能够适应很宽的瞬态电压摆幅

超低的静态电流，以使安全、环境控制和信息娱乐系统等“始终保持接通”系统能够在汽车引擎 (交流发电机) 不运转的情况下保持工作状态而不消耗车载电池的电能

2MHz 或更高的开关频率，以避免开关噪声进入 AM 无线电频段并保持非常小的解决方案占板面积

2) 尽可能低的 EMI/EMC 辐射，以减轻电子系统内部的噪声干扰问题

提高电源 IC 性能水平的目标是设计日益复杂且数量庞大的车用电子系统，以最大限度地提高舒适性、安全性和性能，同时最大限度地减少有害排放。推动车载电子产品成长的具体应用见诸于车辆的各个方面。例如：包括车道监视、自适应安全控制和自动转向、调光车前灯和信息娱乐系统 (远程信息处理) 在内的新型安全系统持续发展并在相同的空间里“塞”进了更多的功能，而且还必须支持数量不断增加的云应用。高级引擎管理系统实现了停止-启动系统以及电子负载变速器和引擎控制。传动

系统和底盘管理旨在同时改善性能、安全性和舒适度。几年前这些系统还仅见于“高档”豪华型车辆，但是如今每家制造商的汽车通常都配备了此类系统，因而促使汽车电源 IC 以更高的速率增长。

车载电子系统成长的主要推动力之一是许多可改善车辆性能、舒适性和安全性的复杂电子系统的普及。不过，很多此类系统也是专为在众多商用车辆 (包括货车、公共汽车、铲车等等) 中使用而设计的。这些应用一般采用双电池。但是许多汽车系统设计人员都希望能够利用相同的设计来应对采用单节电池的汽车和采用双节电池的商用车辆，因而需要一款可适应这两种配置的电源 IC。

通过采用两个串联的铅酸电池，标称电池电压增加至 24V，这就要求在抛负载期间提供至 60V 的瞬态保

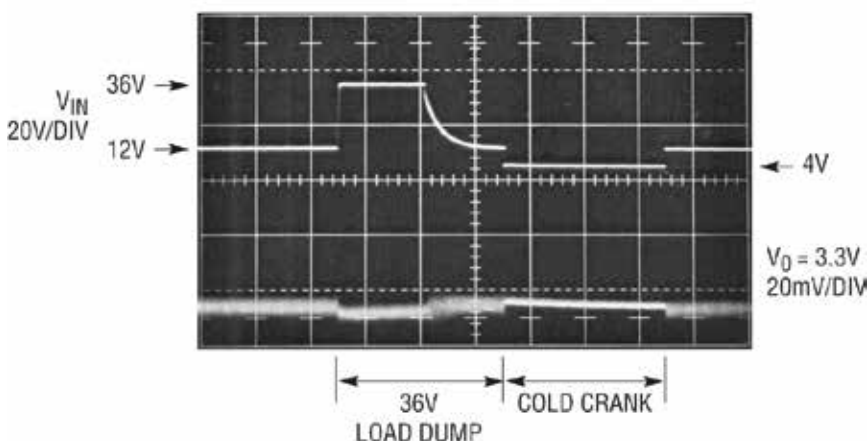


图 1: 36V 抛负载瞬变和 4V 冷车发动场合中的 LT8620

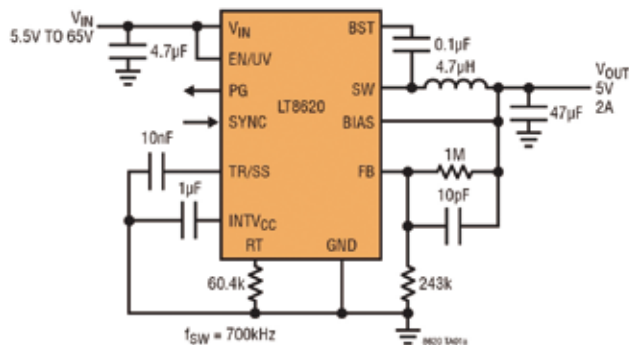


图 2: LT8620 典型汽车/商用车原理图 (对于一个 5V、2A 输出)

护, 相比之下, 采用 12V 标称电池电压的汽车其抛负载要求则为 36V。与此相反, 采用单节电池的汽车应用要求电源 IC 能在输入低至 3.5V 的情况下运作, 以适应冷车发动和车辆停-启时的低起启动电压。在双节电池应用中, 这种低输入要求极大地放宽了, 只需要满足 7V (电池电压) 的最小值。在图 1 中, 可以看到当采用单节铅酸电池时冷车发动/车辆停-启和抛负载期间的宽暂态电压摆幅。双节电池应用虽然看起来与之相似, 但抛负载期间的最大电压通常为 60V, 而冷车发动/车辆停-启过程中的最小电压为 7V。

高效运作

在汽车应用中, 电源管理 IC 的高效运作是最重要的, 原因有二。首先, 电源转换的效率越高, 以热量的形式浪费掉的电能就越少。由于热量是所有电子系统实现长期可靠性的大敌, 因此必须对其实施有效的管控, 这一般需要采用散热器来提供冷却作用, 从而增加了解决方案的复杂性、尺寸和成本。其次, 混合动力汽车或电动汽车 (EV) 中的任何电能损耗都将直接导致车辆可行驶里程的

缩短。直到最近, 高电压单片式电源管理 IC 与高效率同

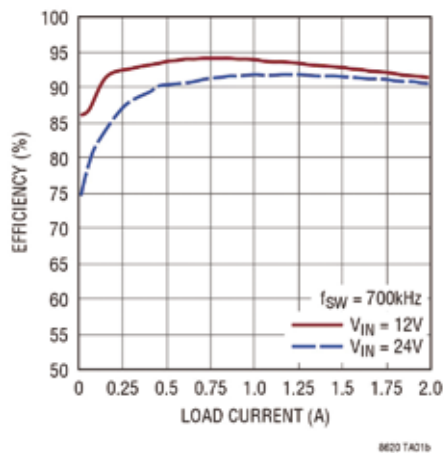


图 3: LT8620 的效率曲线图 (针对典型汽车/商用车原理图)

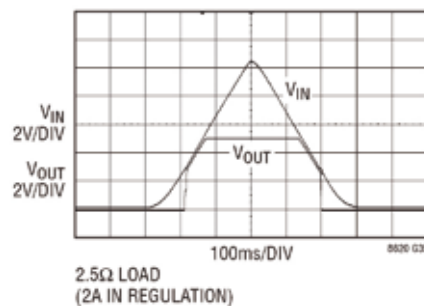


图 4: LT8620 压差性能

步整流设计之间一直是互相排斥的, 因为所需的 IC 工艺不能同时支持这两个目标。传统上, 极高效率的解决方案是高电压控制器, 其采用外部 MOSFET 以进行同步整流。然而, 与单片式可替代方案相比, 此类配置对于 15W 以下的应用显得相对复杂和庞大笨重。幸运的是, 目前市场上已经有了能够提供高电压 (至 65V) 和高效率以及内部同步整流功能的新型电源管理 IC。

“始终保持接通”系统需要超低电源电流

许多电子子系统必需在“待机”或“保活”模式中运作, 当处于该状态时其在一个稳定的电压下吸收极小的静态电流。这些电路可见于大多数导航、安全、防护和引擎管理电子电源系统。此类子系统都会采用多个微处理器和微控制器。大多数豪华型轿车均安装了超过 150 个这类 DSP, 而其中的大约 20% 需要执行“始终保持接通”的操作。在这些系统中, 电源转换 IC 必须工作于两种不同的模式。首先, 当汽车在行驶时, 负责为这些 DSP 供电的电源转换电路通常将以满电流 (由电池和充电系统馈送) 运作。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运行, 并要求其电源 IC 在从电池吸收极小电流的同时提供一个恒定的电压。由于可能会有 30 多个“始终保持接通”的此类处理器一起工作, 因此即使当点火装置关闭时电池所承受的电能需求量也是很大。为这些“始终保持接通”的处理器供电所需的总电源电流可达几百毫安 (mA), 这有可能在数日之内彻底耗尽电池的电量。比如: 如果一辆汽车的高电压降压型转换器各需 2mA 的电源电流, 那么把来自安全系统、GPS 系统和遥控门锁系统的 30 个这样的转换器与其他必须始终保持接通的系统 (如 ABS 刹车) 以及源于电动车窗的漏电流加起来, 就有可能在三周的漫长商务旅行之后耗尽电池的电能, 从而使之无法发动引擎。因此, 必需大幅度地减小这些电源的静态电流以延长电池寿命, 并且不增加电子系统的尺寸或复杂性。就 DC/DC 转换器而言, 对于高输入

电压能力和低静态电流的要求直到最近还是互相排斥的参数。为了更好地管理这些要求, 几家汽车制造商在 10 年前为每个“始终保持接通”的 DC/DC 转换器设立了一个 $<100\mu A$ 的低静态电流目标, 但是如今的优选指标则是低于 $10\mu A$ 。很幸运, 新一代的电源 IC 已经推出, 其提供的静态电流低于 $3\mu A$ 。

新的替代方案

单电池汽车和双电池商用车电源总线的电压变化范围可从 3.5V 以下至 60V 以上，因为它们暴露于不同的瞬态状况和配置。由于必需在这种宽输入电压范围内获得良好调节的电压轨，所以需要具有宽输入电压和高性能电源转换 IC。鉴于车载电子产品的增长速度随着用于防护、安全、导航、底盘控制和引擎/变速器管理的电子控制模块 (ECM) 而继续加快，故而对于可提供高效率、低静态电流、高开关频率以及非常坚固的保护功能和可靠性的高电压电源管理 IC 的需求也将加速攀升。幸运的是，IC 设计已经逐渐地满足了这些苛刻的要求。

凌力尔特的 LT8620 是一个高电压同步降压型稳压器系列中的首款产品。其 3.4V 至 65V 的输入电压范围使之非常适合于那些会遭受低电压瞬变 (例如：冷车发动或停-启场合) 和高电压瞬变 (在抛负载期间遇到) 的汽车和商用车 (单和双电池) 应用。其拥有 2.0A 的连续输出电流性能以及在 1V 至略低于 V_{IN} 之电压范围内提供输出的能力，因而使其成为许多直接依靠单节或双节电池总线供电运行之汽车电源轨的理想选择。由下面的图 2 可见，该器件非常紧凑和简单的解决方案占板设计免除了增设任何外部二极管的需要。

其同步整流设计包括了内部上管和下管以提供高达 94% 的效率。如图 3 所示，当由 12V 标称输入为一个 5V 负载供电时，即使在采用相对较高的 700kHz 开关频率的情况下它也能够实现超过 94% 的效率。同样，当从一个 24V 标称输入提供 5V 输出时，该器件可产生高达 92% 的效率。这种高效运作最大限度地减少了功率损耗并免除了增设散热器的需要，即使在可用空间极为受限的应用中也不例外。在电动汽车和混合动力汽车中，这可以直接转化为汽车在两次电池充电之间可行驶里程的增加。

此外，LT8620 的突发模式 (Burst Mode[®]) 操作还可将无负载静态电流减小至只有 2.5 μ A，从而使其非常适合于那些必须在尽量延长电池寿命的同时保持恒定电压调节 (即使在无负载时也不例外) 的“始终保持接通”应用。由于包括防护、环境控制、数据记录、安全和定位在内的“始终保持接通”系统日益增多，因此这一点特别重要。另外，一种非常低纹波突发模式操作拓扑还可把输出噪声大幅降低至 10mV_{pk-pk} 以下，从而使其适合于那些对噪声敏感的应用。如果应用要求外部同步，则可利用脉冲跳跃频率方案取代突发模式功能。

LT8620 的非常低压差性能也是非常有利的，特别是在那些必须在停-启或冷车发动情况下调节输出的应用中。如图 4 所示，即使在输入电压降至低于编程输出电压

(这里为 5V) 时，一旦输入超过 2.9V，则输出始终比输入电压低 500mV (在 2A)。这一点很重要，因为许多 ECM 驱动需要一个或多个微处理器/微控制器。虽然这些 ECM 专为采用 5V 标称电压运作而设计，但它们可在电源电压低至 3V 的情况下继续工作。于是，在冷车发动情形下，输入最低可以降至 3.4V，而且微处理器能够继续正常操作，从而可使 ECU 在冷车发动期间实现无缝运作。

除此之外，LT8620 的快速最短接通时间仅为 30ns，能够以 2MHz 恒定工作频率从 24V 输入转换至 1.5V 输出，从而允许设计师优化效率，同时避开关键的噪声敏感频段 (例如：AM 无线电)。即使采用一个高于 16V 的输入电压，LT8620 也将在输出低至 1V 的情况下提供一个经过极佳调节的输出电压。由于以较快的开关频率运作可缩减外部组件的尺寸，因此 LT8620 的 2.2MHz 开关操作能力可实现占板面积非常紧凑的解决方案。另外，该器件还运用了特殊的设计方法以最大限度地抑制潜在的 EMI/EMC 问题。

LT8620 在单个芯片上集成了内部上管和下管高效率电源开关以及必要的升压二极管、振荡器、控制和逻辑电路。特殊的设计技术和新的高速工艺能够在宽输入电压范围内实现高效率，而且 LT8620 的电流模式拓扑实现了快速瞬态响应和卓越的环路稳定性。其他特点包括内部补偿、电源良好标记、稳健的短路保护、输出软启动 / 跟踪和热保护。其 24 引脚 3mm x 5mm QFN 封装或 16 引脚耐热性能增强型 MSOP 封装与高开关频率相组合，允许使用很小的外部电感器和电容器，从而可构成一个占板面积紧凑和热效率高的解决方案。

结论

汽车和商用车中非常复杂的电子系统的快速增长对电源管理 IC 产生了更高的需求。其中最突出的需求之一就是拥有必须同时适应单节和双节铅酸电池配置的单个电源 IC，而且单个电源 IC 所需应对的瞬态行为包括停-启、冷车发动和抛负载情况。而且，它还必须能够在这些情况下准确地调节一个输出电压。此外，部分此类系统将在“始终保持接通”的待机模式中运作，因而需要极小的电源电流。由于在日渐狭小的空间里添加的电子系统越来越多，因此在尽量缩减解决方案占板面积的同时实现效率的最大化也是至关重要的。幸运的是，可满足上述需求的新一代电源 IC 已经面市，从而为提高未来车辆中的电子产品使用率铺平了道路。

www.linear.com.cn