

新型汽车设计需要具超低 I_Q 的高压同步降压型转换器

New Automotive Designs Demand High Voltage Synchronous Buck Converters with Ultralow I_Q

Jeff Gruetter 凌力尔特公司 高级产品市场工程师

摘要：汽车中非常复杂的电子系统之快速增加使得对电源管理 IC 的性能要求更高了。视电源在汽车电源总线上工作部位的不同，电源可能遇到停/启、冷车发动和负载突降情况，而且必须在这类情况发生时，能够自始至终准确地调节输出电压。此外，有些这类系统会以始终保持接通的备用模式工作，需要最小的电源电流。因此，最大限度地减小解决方案占板面积同时最大限度地提高效率也变得至关重要了。

关键词： I_Q ；高压同步降压型转换器；电池总线

DOI: 10.3969/j.issn.1005-5517.2012.10.012

引言

每年，汽车都纳入越来越复杂和越来越多的电子系统，以最大限度地提高舒适度、安全性和性能，同时尽量降低有害气体排放。根据市场调查公司Databeans的研究，从2012年到2014年，汽车半导体市场预计将以9%的年复合增长率增长。进一步促进汽车中电子系统日益增多的因素是：新的安全系统、信息娱乐系统(车载多媒体系统)、引擎、动力传

动系统和底盘管理、卫星无线电和电视、LED照明、蓝牙和其他无线系统以及后视摄像头。几年前，这些系统仅能在“高端”豪华型汽车中见到，但是现在，这些系统在每一个汽车制造商的中档汽车中都能见到，从而促使了汽车IC市场以更快的速度增长。

汽车中电子系统增加的另一个关键驱动因素是采用了新型发送机和动力传动系统设计。这些新型设计

包括：直接燃料喷射、引擎停-启控制、以及各种不同的混合型/电动型汽车配置。这些系统的目标是最大限度地降低有害气体排放，同时提高燃料燃烧效率和汽车的总体性能。

这些要求一度是相互排斥的，现在采用“智能”引

擎控制系统、大量传感器和几个DSP后，汽车制造商能凭借“更干净”地运行的引擎来实现更高的引擎效率。电子控制单元(ECU)正在快速增多，以优化很多方面的汽车设计，其中包括引擎和动力传动系统管理以至动态底盘控制。总之，这些新型系统提高了安全性、性能和驾驶员的舒适度，并有助于为我们所有人提供一个更加干净的环境。

随着汽车系统中电子组件数量的增多，可用空间在持续缩小，从而极大地提高了每个系统的密度。所有这些系统都需要电源转换IC，而且通常有多个电压轨以适用于每一个子系统。传统上，线性稳压器可以满足大部分这类电源转换需求，因为效率和小尺寸不是很重要。但是随着电源密度提高了数个数量级，而且很多应用都需要在相对较高的环境温度下工作，任何适用的散热器都太大了，无法包括在内。因此，要最大限度地减少以热量形式损失的功率，电源转换效率就变得至关重要了，这促使降压型开关稳压器取代了线性稳压器。然而，新出现的汽车设计要求，甚至在电源电压变化范围非常宽、静态电流非常低和开关频率非常高的情况下，开关稳压器也要提供非常高的效率，

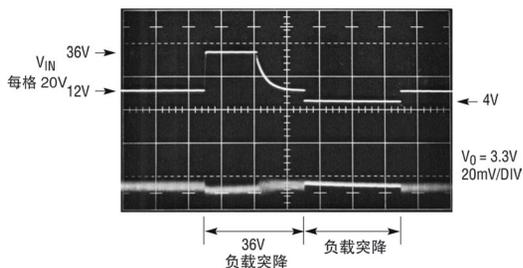


图1 在36V负载突降瞬态和4V冷车发动情况下LT8610的电压曲线

责任编辑：万翀

而在实现所有这一切的同时，还要提供占板面积非常紧凑和高成本效益的解决方案。

电子瞬态挑战：停/启、冷车发动和负载突降情况

停-启系统

为了最大限度地提高燃油里程，同时又可尽量降低二氧化碳排放量，其他可替代的动力传动技术一直在发展。无论这些新技术采用了混合动力、清洁柴油还是更传统的内燃设计，它们都有可能还采用了停/启电动机设计。停/启电动机设计几乎已经普遍出现于世界各地所有混合型设计中，很多欧洲和亚洲的汽车制造商也已经开始在传统的汽油和柴油汽车中采用停/启系统。在美国，福特汽车公司最近宣布，将在很多 2012 家用车型中采用这类系统。

不过，停/启系统给电源管理系统带来了另一个挑战。首先，在引擎/交流发电机关闭时，电池必须能给汽车的各种灯、环境控制以及其他电子系统供电。此外，当引擎再次重启时，电池必须能给启动器供电。再启动时，这种极端的电池加载情况又引入了另一个设计挑战，这一次是电气方面的挑战，因为重启引擎需要吸取大量电流，这有可能暂时将电池电压拉低至 4V，这个变化过程与图 1 所示的冷车发动电压曲线相当类似。当充电器返回稳定状态、电池总线电压短暂低于标称的 13.8V 时，要提供一个良好稳定和仅比输入低几百毫伏的输出，以保持关键系统不间断运行，这时对电子系统的挑战就出现了。

冷车发动

当汽车引擎经受寒冷或冰冻温度一段时间以后，“冷车发动”的情况就会发生。引擎油变得极度粘稠，需要启动器发动机提供更大的扭矩，这反过来又从电池吸取了更大的电流。这种大电流负载可能在一点火时，将电池/主总线电压拉至低于 4.0V，点火完成之后，电压一般返回标称的 13.8V。这种情况给汽车电源总线带来的电气结果可在图 1 中看到，但是这种结果可能由不同的原因造成。就引擎控制、安全和导航系统等一些应用而言，当务之急是需要良好稳定的输出电压（至少 3V），以顺利通过冷车发动情况，在汽车启动时实现连续运行。

负载突降

电池电缆断裂，而交流发电机仍然在给电池充电，这时发生的情况即是“负载突降”。汽车运行时电池电缆松动，或汽车运行时电池电缆断裂，都可能发生这种情况。这种电池电缆的突然断接可能产生高达 60V 的瞬态电压尖峰，因为交流发电机正在尝试给“不存在”的电池充满电。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 至 34V 之间，并吸收大部分浪涌，不过，交流发电机下游的 DC/DC 转换器承受了高达 36V 的瞬态电压尖峰，如图 1 所示。人们不仅期望这些转换器不被损坏，而且这些转换器还必须在这种瞬态事件发生期间持续调节输出电压。

高效率工作

汽车应用中电源管理 IC 的高效率工作是十分重要的，这出于两个主要原因。首先，电源转换效率越高，以热量形式浪费的能量就越少。就任何电子系统的长期可靠性而言，热量都是大敌，因此必须有效控制热量，控制热量一般需要散热器，这增大了解决方案的复杂性、尺寸和成本。其次，在混合型或电动型汽车中，任何电能的浪费都将直接缩短汽车能行驶的路程。直到不久前，高压单片电源管理 IC 和高效率同步整流设计还是

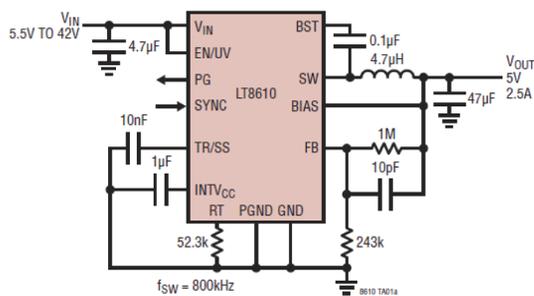


图2 LT8610 用于提供 5V/2.5A 输出的汽车应用典型原理图

相互排斥的，因为所需的 IC 工艺不能同时实现这两个目标。历史上，效率最高的解决方案是高压控制器，这类控制器用外部 MOSFET 实现同步整流。然而就低于 15W 的应用而言，与单片解决方案相比，这样的配置相对复杂和笨重。幸运的是，市场已有能同时提供高压（高达 42V）、高效率和内部同步整流的新型电源管理 IC。

“始终保持接通”系统需要超低电源电流

人们要求很多电子系统以“备用”或“保持有效”模式工作，从而在这类状态下以稳定的电压吸取最小的静态电流。在大多数导航、行车安

全、车辆安全和引擎管理电子电源系统中，都能见到这类电路。每一个这样的子系统都可能使用几个微处理器和微控制器。大多数豪华型汽车都有超过 100 个这类内置的 DSP，其中约 20% 需要始终保持接通工作。在这类系统中，电源转换 IC 必须以两种不同的模式工作。首先，当汽车运行时，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。不过，当汽车点火系统关闭时，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，同时从电池吸取最小的电流。既然可能有超过 20 个这种始终保持接通的处理器同时工作，那么即使点火系统关闭了，对电池也存在极大的功率需求。总体上，可能需要数百 mA 的电源电流给这些始终保持接通的处理器供电，这可能在几天之内就彻底耗尽电池的电量。例如。如果一辆汽车的每个高压降压型转换器都需要 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以及 ABS 刹车等其

他必须始终保持接通的系统之 20 个这类转换器，再加上电动车窗的漏电流，就有可能使车主在完成一次漫长的 3 周商务旅行之后会发现电池电量已经耗尽，从而无法运转引擎。这些电源的静态电流必须极大地降低，以在不增加电子系统尺寸或复杂性的前提下，延长电池寿命。直到不久前，高输入电压和低静态电流这两个 DC/DC 转换器 IC 的参数还是相互排斥的。

为了更好地满足这些需求，几家汽车制造商确立了低静态电流目标，即每个始终保持接通的 DC/DC 转换器的静态电流 $<10\mu\text{A}$ 。直到不久前，还要求系统制造商并联连接低静态电流 LDO 和降压型转换器，并在两者之间切换，以在汽车引擎未运转时，降低从电池吸取的电流。这导致了昂贵、笨重且效率相对低的解决方案。

一种新型解决方案

凌力尔特的 LT8610 是第一个高压同步降压型稳压器系列。其 3.4V 至 42V 的输入电压范围使该器件非常适

用于汽车应用，因为这类应用既会遇到冷车发动或停-启情况下的低压瞬态，又会遇到负载突降情况下的高压瞬态。其 2.5A 的连续输出电流和能够提供 $V_{\text{IN}} - 200\text{mV}$ 至 0.97V 的输出电压，使该器件非常适用于很多直接靠电池总线运行的汽车轨。该器件可构成简单和占板面积非常紧凑的解决方案，无需任何外部二极管，如图 2 所示。

其同步整流设计包括内部顶端和底端 MOSFET，以提供高达 96% 的效率。当用标称 12V 的输出给一个 5V 负载供电时，即使在相对高的 800kHz 开关频率情况下，该器件也可以提供超过 95% 的效率。这种高效率工作最大限度地减少浪费的功率，而且即使在空间最受限的应用中，也无需散热器。在电动型汽车和混合型汽车中，这可以直接转化为一次充电行驶距离的延长。EW

参考文献：

[1] LT8610 - 42V, 2.5A Synchronous Step-Down Regulator with 2.5 μA Quiescent Current. <http://www.linear.com/product/LT8610>