

提高汽车电子产品可靠性的电源电路设计考虑

将来在汽车中，电子产品的应用将变得普遍得多。不过，如果不采取不同的方法来解决与日益增多的电子产品有关的问题，那么今天看到的可靠性问题注定会变得更严重。以梅塞德斯奔驰为例，在2005年第一季度，由于与其E-Class和S-Class型号有关的质量问题，他们不得不注销6亿美元收益。而且问题不仅关系到客户满意度，它也正在变成对行车安全的担忧。收音机不能正常工作不是什么大事，但是如果电动转向系统失灵，汽车需要驶到路边以重启系统，那问题就大得多了！

那么可以做些什么来解决这些令人担忧的问题，又不会倒退回化油器时代呢？也许可以从日本厂商那里得到启示。毕竟，雷克萨斯(Lexus)1995年在可靠性上排名第一，2005年仍然位居第一。日本人也成功地实现了一致的高质量标准，不管他们的车是在哪里生产的。在日本名古屋或美国俄亥俄州生产的汽车质量一样高。日本人是通过与供应商紧密合作并在设计阶段关注每一个细节做到这一点的。

客户发现的绝大多数问题都源自设计阶段而不是生产阶段。缺点一旦设计进去了，任何工人都不可能在生产中将其剔除出去。另外，没有可靠的器件，也不可能造出可靠的汽车。很明显，只采用系统级的方法不能解决所有问题，系统级和器件级需要齐头并进。

因此我们需要用两步走的方式完成汽车电子产品设计。要提高未来汽车的质量，同时需要卓越的系统级设计和出色的器件级可靠性。怎样才能做到这一点？首先，必须确定所有系统级问题并仔细规划，因为系统架构问题在后来的设计阶段是很难解决的。

由于汽车的网络化程度越来越高，因此在开发初期就确定系统间传递信息的类型和系统通信控制方式是至关重要的。功率、热量和空间限制也必须在系统级规划阶段解决。尽管单个子系统在备用状态可能只消耗两三毫瓦功率，但是在未来的汽车中，可能有100个这样的子系统，这会迅速耗尽汽车电池的电量。诸如此类的限制因素可能对电源系统类型的选择产生重大影响。而且，正如前面提到的那样，必须在系统级规划时考虑防止子系统间可能产生干扰的措施。

经过多年的模拟集成电路开发，凌力尔特公司深知最成功的产品一定是与客户紧密合作的产品，我们根据客户需求，确定最佳集成电路。我们并不是一上来就问客户需要什么类型的集成电路或希望实现什么样的性能规格，而是问：“这个项目的目标是什么？你们试图解决什么问题？”集成电路设计师与系统设计师的着眼点不同，常常提出客户并不知道也无从要求的创新性解决方案。系统设计师与集成电路设计师思路开阔地合作，总是会产生性能最佳、成本最低和最可靠的解决方案。

正如前面已经提到的那样，只采用系统级方法明显是不够的。器件级可靠性也是至关重要的。从历史上看，汽车设备制造商一直把重点放在单个器件的质量

上，以此确保集成电路的质量。这个过程确实很重要，但是只有这种过程还不能确保系统的可靠性。例如，一个 DC/DC 控制器集成电路可能出色地通过了器件级合格性测试，但是如果工作模式没有确定好，同时接通了顶部和底部的栅极驱动器，那么即使该集成电路本身不会有任何问题，也可能损坏外部 MOSFET。而这类问题不容易由器件级合格性测试检测出来。

由于器件级合格性测试检测不到这类问题，因此汽车设备制造商必须非常仔细地选择集成电路供应商。汽车制造商应该检查目标供应商过往的现场故障率，也应该花力气了解该供应商的“质量文化”。电路设计师、测试工程师和芯片工厂操作员做了哪些工作来确保其集成电路具有一致的质量和可靠性？

汽车制造商要考虑“总体拥有成本”，而不是在满足最低要求的情况下简单地选择最便宜的集成电路，这一点也很重要。在选择集成电路厂商时，不够充分的应用支持、交货不够准时以及附加的外部器件所带来的成本都要予以考虑。最后，只要有可能，就应该选择专门为苛刻的汽车环境而设计的集成电路。

集成电路应该规定工作在宽温度范围，就电源管理集成电路而言，在有些情况下，要能够承受高达150℃的结温。对于电源器件来说，仅规定器件的额定工作温度为125℃还不够，因为结温会高于环境温度。始终保持接通的子系统应该采用具有非常低的备用模式电流的集成电路，以最大限度地减少电池泄漏。能够承受冷车发动和负载突降情况也是至关重要的。

要提高可靠性，汽车系统设计师与集成电路设计师的互动必不可少。系统架构合理、仔细选择集成电路供应商以及专门为汽车应用而设计的集成电路是未来保证汽车可靠性的关键因素。器件级可靠性仍然是不可或缺的，但是只有器件级可靠性是不够的。

汽车环境对任何类型的电子产品来说都是非常严酷的。宽工作电压要求加上高瞬态电压和宽温度偏移，使电子系统工作异常艰难。同时，随着器件数量增加，可用空间越来越小。因此由于空间限制和温度要求，效率变得更加关键了。在低输出电压和甚至中等电流水平以及功率高于几百毫瓦时，简单使用线性稳压器来产生这些系统电压都不再实际了。因此，在过去几年中，主要因为热限制的原因，开关稳压器正在取代线性稳压器。开关稳压器效率的提高和占板面积的减小的好处超过了附带产生的复杂性和 EMI 问题。

考虑到这些限制因素，开关稳压器需要具有以下特点和特性：宽输入电压工作范围；在宽负载范围内具有高效率；在正常工作、备用和停机模式时具有低静态电流；低热阻；最低的噪声和 EMI 辐射。

因此，一个好的汽车开关稳压器需要规定在3V 至60V 的宽输入电压范围内工作。60V 额定值为14V 系统提供了良好的裕度，14V 系统通常箝位在36V 至40V 范围内。另外，宽负载范围的高效率电源转换在大多数汽车系统中也是必不可少的。例如，在负载范围为10mA 至1.2A 时，就一个5V 输出而言，预计需要约85%的电源转换效率。在大电流时，内部开关需要有良好的饱和度，一般在1A 时为0.2Ω。为了提高轻负载时的效率，需降低驱动电流或让驱动电流与负载电流成正比。另

外，内部控制电路的电源必须通过“BIAS”引脚提供，而“BIAS”引脚可以由输出提供供电，这利用了降压型转换器的电源转换效率。由于偏置电流是从输出而不是输入获得的，因此按照输出与输入电压比降低了控制电路所需的输入电源电流。

汽车系统中的很多应用需要连续供电，甚至在汽车停放后也是这样，例如遥控车门开启系统、安全与 GPS 系统。这些应用的关键要求是低静态电流，以延长电池寿命。在这类情况下，稳压器会以正常的连续开关模式运行，直到输出电流降至低于约100mA 为止。低于这个电流值以后，开关稳压器必须脉冲跳跃以保持稳压。在脉冲之间稳压器可以进入休眠模式，这时只给部分内部电路供电。不过，在轻负载电流时，开关稳压器需要自动切换至突发模式工作。

尽管开关稳压器比线性稳压器产生更多噪声，但是开关稳压器的效率高得多。在很多敏感应用中已经证明，只要开关稳压器的工作是可预测的，那么噪声和 EMI 值就可以控制。如果开关稳压器在通常工作模式时以恒定频率切换，那么切换边缘是干净和可预测的，没有过冲或高频振铃，这时 EMI 最低。小的封装尺寸和高工作频率有助于形成紧凑的小型布局，这最大限度地降低了 EMI 辐射。另外，如果稳压器可以与低 ESR 陶瓷电容器一起使用，那么输入和输出电压纹波都可以最大限度地减小，这些纹波是系统附带的噪声源。

汽车电子产品必须能够承受极宽的温度范围。在北方，温度可能降至-40℃，而在引擎仓内温度可能高达+125℃。这样的要求与对军用级器件的要求相同，但是汽车电子产品市场对成本是非常敏感的。

汽车中的12V 电池电源一直被称为“来自地狱的电源”，这么说是有充分理由的。在非常寒冷的天气中发动引擎，常常称为“冷车发动”，可能导致电池电压降至4V。在某些汽车公司，这种电压要求甚至更低。电池连接不牢固或重负载断开常常能导致“负载突降”情况。在这种情况下，12V 电池电压也许瞬间超过100V，对于一个所谓的12V 系统，这也许出乎意料。而且让难度更加增大的是，即使电池安反了，电子产品也绝对不能有任何损坏。

因此很明显，从环境温度和工作电压角度来看，汽车电子产品所处环境非常严酷。不仅如此，在其他几方面，这种环境也具有同样的挑战性。随着越来越多的电子产品进入汽车，汽车系统空间正在变得非常受限。例如，复杂的电子系统现在必须塞进引擎仓、仪表板、座椅头靠等狭小空间中，

总之，严酷的环境加上汽车电子系统中存在的各种瞬态情况仍然是没有竖立牢固市场地位的集成电路供应商进入这一市场的重大障碍，不管这些系统是在引擎罩内还是仪表板下。