
立锴 VCORE 解决方案简介

摘要

VCORE 转换器是为台式电脑、笔记本电脑、服务器、工业电脑等计算类产品中的 CPU 内核或 GPU 内核供电的转换器，这种转换器所面对的需求与标准的负载点转换器有很大的不同：CPU 和 GPU 电源要面对超快的负载变化，需要以极高的精度实现动态电压定位，需要负载线，能在几种不同的节能状态之间转换，可实现多种参数的测量和监控。这些系统在 CPU 和转换器之间有串行通讯总线，CPU 可根据需要指定不同的运行参数和运行模式。本文对 VCORE 转换器的应用、特定的运行参数等进行了介绍，指出了立锴 VCORE 转换器在设计上的优势所在，给出了快速找到与特定 CPU 平台相配而立锴 VCORE 产品的方法。

目录

1. 概述.....	2
2. VCORE 转换器基础.....	2
3. VCORE 转换器在设计上的独特性.....	4
4. CPU 电源也可以 PMIC 化.....	9
5. VCORE 转换器驱动器的内置与外置.....	11
6. 立锴的 VCORE 转换器设计工具和评估装置.....	12
7. 立锴 VCORE 转换器解决方案的选择方法.....	13

1. 概述

VCORE 转换器（调节器）是在台式个人电脑、笔记本式个人电脑、服务器、工业计算机等计算类设备中为 CPU（中央处理器）内核或 GPU（图形处理器）内核供电的器件，与普通的 POL（负载点）调节器相比，它们要满足完全不同的需要：CPU/GPU 都表现为变化超快的负载，需要以极高的精度实现动态电压定位 (Dynamic Voltage Positioning)，需要满足一定的负载线要求，需要在不同的节能状态之间转换，需要提供不同的参数测量和监控。在 VCORE 转换器与 CPU 之间通常以串行总线接口进行通讯，CPU 会根据其负荷和运行模式提出不同的供电要求。本文对 VCORE 转换器及其与 CPU/GPU 命令有关的特殊运行方式进行介绍。在立锜的 VCORE 类产品中，针对 Intel 和 AMD CPU/GPU 的产品均很丰富，为了使读者更容易选择符合自己需要的产品，特给出立锜产品与 Intel/AMD 不同计算平台之间的对应关系（见第 7 章）。

2. VCORE 转换器基础

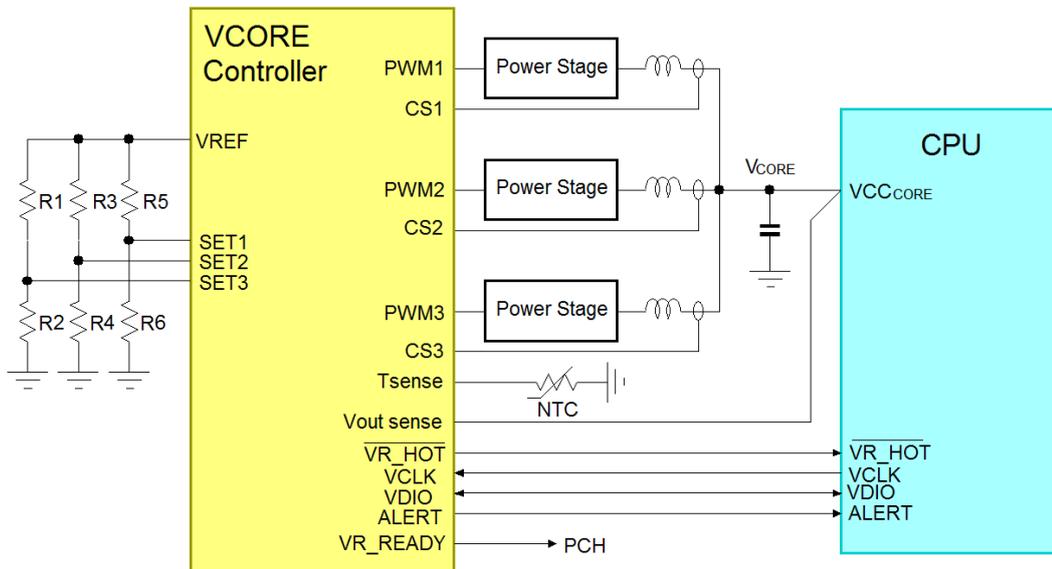


图 1: VCORE 转换器电路架构图

图 1 示范了最基本的与 CPU 连接在一起的 VCORE 转换器（常常简称为 VCORE）的电路架构，它们通常由一个控制器和外置的功率级构成。CPU 所消耗的电流实在太大，这样的搭配通常是最合理的。有的低功耗 CPU 只需使用单相的 Buck 转换器即可，但功耗大的就必须使用多相式 Buck 转换器了。在上图所示的电路中，功率级被分为 3 相，通常被用于台式个人电脑中，其正常运行温度下的负载电流大约为 70A（Thermal Design Current，热设计电流，简称 TDC，在此电流下运行时，所有部位、部件的运行温度都是可接受的——译注）。VCORE 输出电压的检测位置是在 CPU 底座下，它也被用作转换器的反馈信号。

在 CPU 和 VCORE 转换器之间有几条通讯线，其中包含有时钟信号和数据信号构成的串行通讯总线，还有 1 或 2 条警告信号线，其作用是将调节器一侧所发生的一些特定状况通知 CPU。CPU 可以通过串行通讯总线向转换器发送特殊的命令，像电压的改变和设定特定的运行状态都要这样进行。CPU 也可以要转换器报告一些信息，如电流消耗状况、功率级的运行温度等。不同的 CPU 平台有不同的通讯协议，对于 Intel 的 CPU 来说，VR12.1、VR12.5、IMVP8 或 IMVP9 等是可选的；对 AMD 的 CPU 来说则有 SVI 和 SVI2 可选，这样的信息在为自己的 CPU 选择相应的电压转换器时是必须要注意的。

VCORE 转换器有很多用户可设置的参数，它们可以根据 CPU 的工作电压和性能需求进行选择，保护阈值以及转换器的响应特性也是可以精心调配的。由于要设置的参数很多，它们的值又都可根据需要进行设置，设计上就采用很多电阻分压器来完成对这些参数的设置。

对于 VCORE 转换器来说，精确测量每个相的电流是很重要的：向 CPU 报告电流消耗总量的时候需要它，使各相之间的电流维持平均分配需要它，为实现良好的回路特性控制、设定负载线 (Load Line) 和过流保护也需要它。

温度状态的监测是通过靠近功率级元件放置的 NTC 热敏电阻实现的，温度数据可让 CPU 随时读取，调节器本身也可在超过一定的温度阈值时发出报警信息。

有的计算平台会将 CPU 内核和 GPU 内核集成在单一的芯片中而形成所谓的加速处理单元 (Accelerated Processing Unit, APU)，针对 APU 的 VCORE 转换器就会含有两组 Buck 转换器，其中一组为 CPU 内核供电，另一组为 GPU 内核供电，GPU 内核的电流消耗通常小于 CPU 内核，因而其使用的相数通常也要少些，图 2 显示的就是一个为 APU 供电的电源解决方案的例子。APU 与电压调节器之间的通讯也使用串行总线，这时候的命令中就会包含地址信息以区分 CPU 内核和 GPU 内核，除此以外的很多功能都与普通的 CPU/GPU 系统类似。

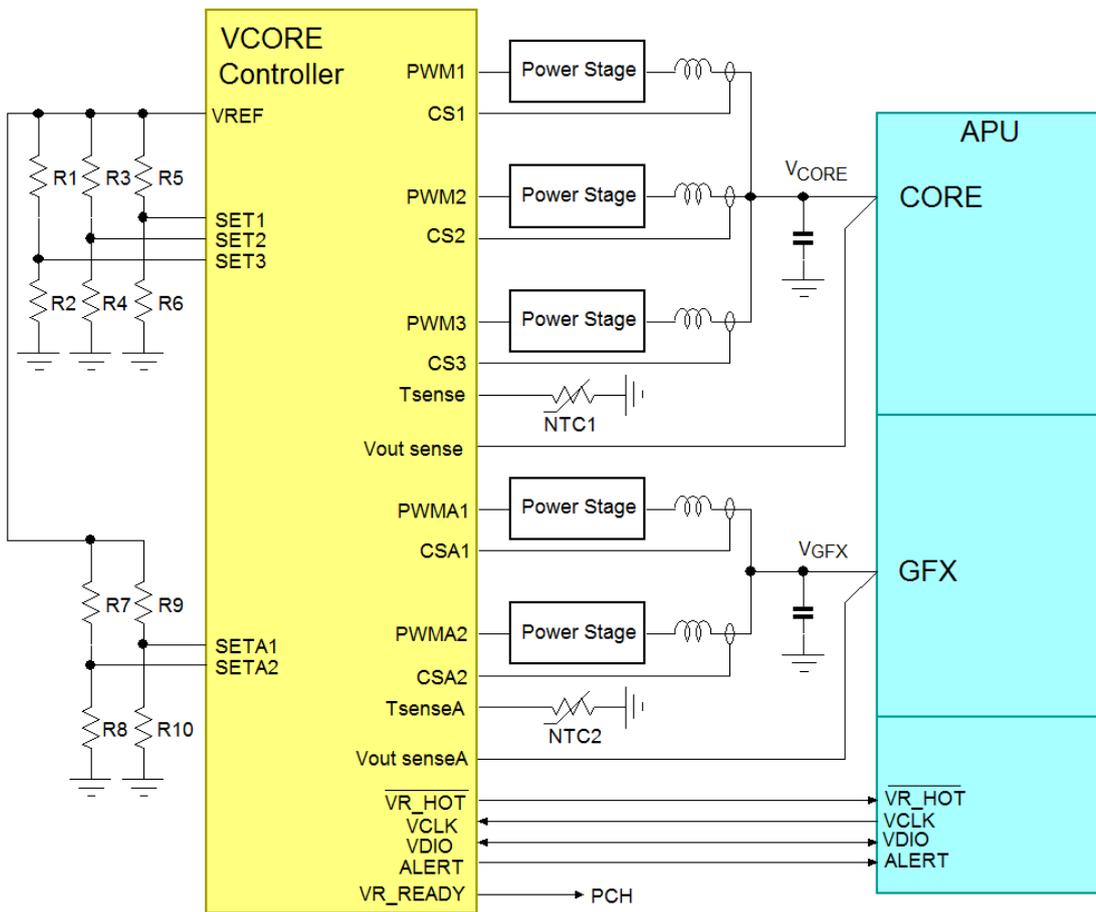


图 2: APU 供电系统架构图

3. VCORE 转换器在设计上的独特性

虽然同为 Buck 转换器，VCORE 转换器的设计与普通的 Buck 转换器有很大的不同，这是因为 VCORE 电源需要满足很多特别的需求。

运行中改变电压——动态电压定位 (Dynamic Voltage Identification, DVID):

VCORE 电源设计中很重要的考虑因素是平均功率消耗和热管理问题：CPU 在较高的电源电压下工作得更好，但这也相应地提高了它的功耗和发热量。当一款 CPU 工作在某个的特定速度下时，代表相应的内核工作电压的 VID 代码也会被给出来。为了让 CPU 在不超出其功率耗散能力的情况下表现出最好的性能，供给 CPU 内核的电压就要相应地做出改变。在空闲模式下的 CPU 运行速度很慢，这时候可以将其工作电压降下来以降低其消耗；当 CPU 的任务突然增加时，给它供应的电力也必须突然增加以确保其可以表现出超强的性能，这在一些敏感应用中是尤其重要的。由于 VID 的改变是动态的，转换器输出电压也必须以相应的速率动态变化而且精准地定位 VID 所对应的电压上，这样才能确保 CPU 的平稳运行。图 3 示范了 DVID 的表现，左图显示的是 CPU 发出了以较低的速率从 1.8V 改变到 1.2V 的 DVID 指令，转换器便根据该指令将电压缓慢降低到 1.2V。当目标电压已经达成时，转换器通过将 ALERT 信号拉低以通知 CPU，CPU 便发出指令以清除该信号。Intel 的 CPU 可以要求慢和快两种 VID 变化速度，图中右侧的图形即是快速变化的 DVID 命令示例，其电压变化速度为 52mV/μs，符合 Intel 的规范。

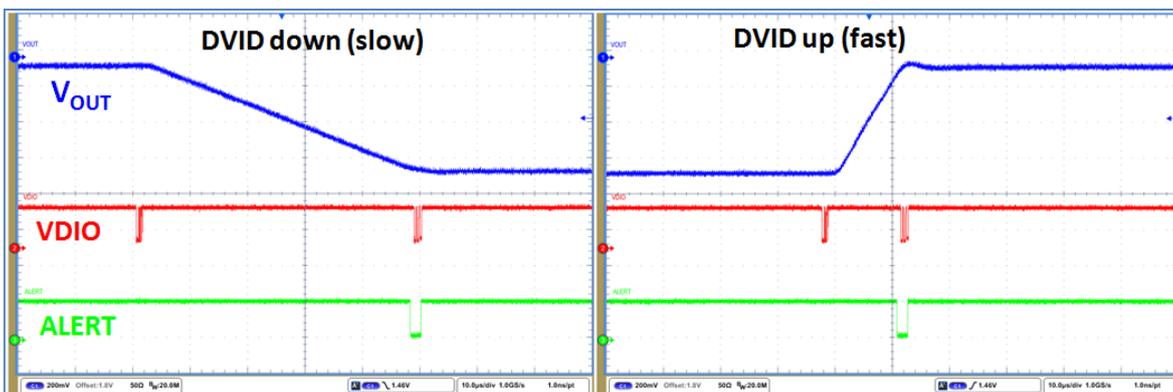


图 3: DVID 的表现

用 Richtek G-NAVP™ 技术实现的可编程负载线（电压随载下降）

拥有高回路增益的理想转换器的输出电压在任何负载条件下保持平均输出电压的恒定（如图 3 左侧图所示），但在负载突然增加的时候，其输出电压会出现暂时的下坠，而在负载突然消失的时候，其输出电压又会出现短时的上跳尖峰。对于 CPU 内核电源来说，包含输出电压误差、纹波和负载突变所造成的尖峰在内的电源电压都必须高于 CPU 的最低工作电压以确保 CPU 不会挂掉，也不能高于其容许的最高工作电压以避免使 CPU 受损。为了符合这些要求，就需要使用大量的输出电容去吸纳这些波动。因此，我们就需要引入负载线技术使输出电压在负载电流增大时将输出电压降低，而在负载电流降低时将输出电压提高，以此避免对大量输出电容的使用，图 4 中间的图形对此进行了表达。图 4 右侧图是再加入 VID 偏移量以后的结果。

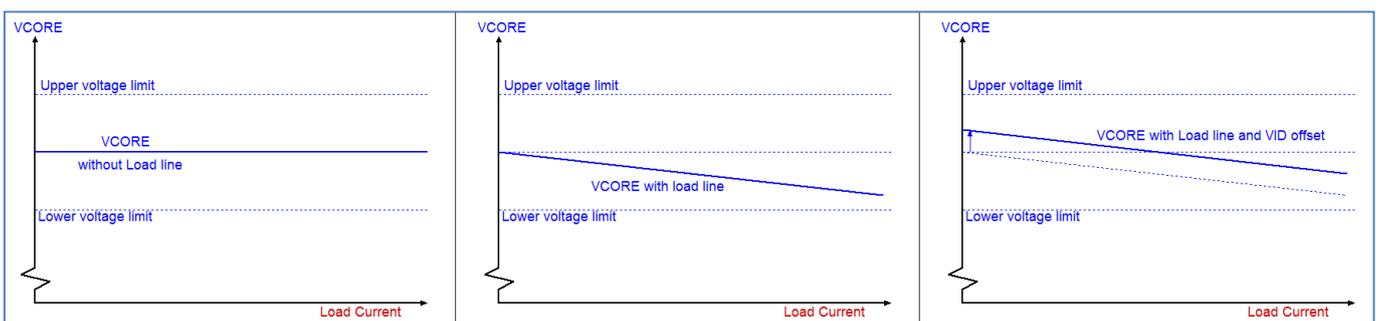


图 4: 负载线的特性

从表面上看，这种特性与取得好的电压调节特性的目的是背道而驰的，但它实实在在地提高了这些转换器在面临负载瞬变时的输出电压活动空间：轻载时的输出电压较正常值高，因负载突然增加所导致的电压下沉就不太容易造成输出电压低于 CPU 的最低工作电压下限的结果；重载时的输出电压较正常值低，因负载突然降低而造成的输出电压隆起就不太容易造成输出电压超出 CPU 的最高工作电压上限的结果。加入电压随载下降特性的结果是降低了对负载瞬变响应能力的要求，扩大了 CPU 的活动空间，降低了输出电容的使用量。

图 5 以实例示范了 VCORE 电压在 70A 电流快速跳变之下的变化情况，左边的图形是在没有使用电压随载下降（零负载线）特性的情况下得到的，由电压的下坠和隆起构成的变化范围很大；右侧的图形是在使用了 2mΩ 负载线和 80mV VID 偏移量的情况下得到的，由 70A 电流变化带来的电压静态变化幅度是 $70A \times 2m\Omega = 140mV$ ，由负载瞬间变化导致的电压变化范围明显降低了，降低了 CPU 出错或损坏的风险，CPU 重载期间的低内核电压也降低了 CPU 的温度。

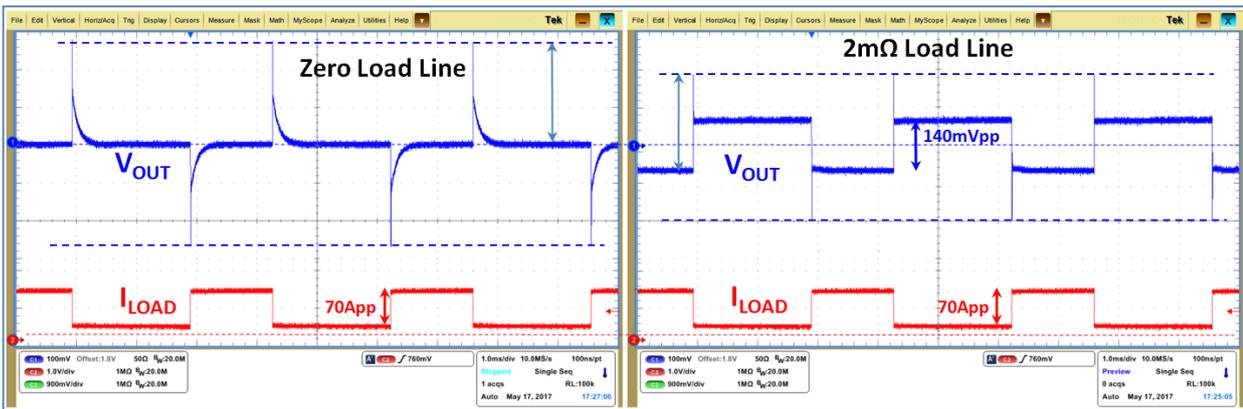


图 5：负载线对负载瞬变特性的影响

电压随载下降特性有另外一个称呼：自适应电压定位 (Adaptive Voltage Positioning, AVP)。对于不同的 CPU 平台，不同的负载线最大值是需要特别定义的。

立锜科技的 VCORE 转换器都使用电流模式-固定导通时间 (current mode (CM) - Constant On Time (COT)) 控制技术完成基本的电压调节功能，其简化的系统框图显示在图 6 中。

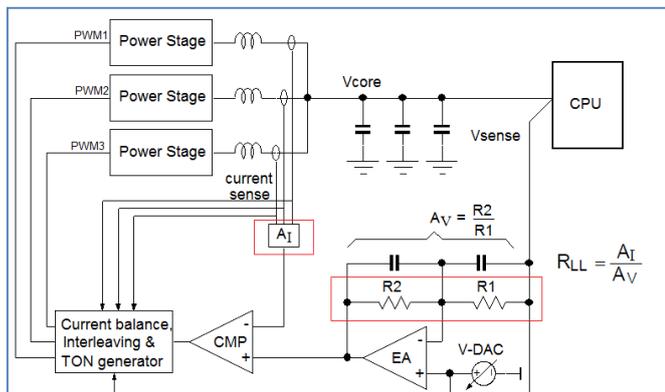


图 6：G-NAVP 技术的控制回路

为了很容易地在转换器中加入负载线功能，立锜科技在 VCORE 转换器的控制回路中使用了被称为 Green-Native AVP (G-NAVP™) 的专有技术，它在电流模式控制回路中使用直流增益较低且可调的误差放大器以获得负载电流增大时输出电压自然降低的结果，与传统上使用高增益误差放大器于控制回路中的做法明显不同。

这种方法的使用简化了负载线功能的实施，用电流检测器的增益 A_I 和误差放大器的增益 A_V 即可定义出具体的负载线的值。降低误差放大器的增益也简化了误差放大器的补偿方法，其设计只涉及一个零点和一个极点。

用立锜快速响应 (QR) 技术提升动态负载调整能力：

CPU 和 GPU 的运行具有极大的动态范围，它们在我们浏览一个互联网页面时通常只需做很少一点事情，但要打开一个大型的 Excel 文件或是播放高清视频就会突然给它带来巨大的负担，它们的功耗也因此而表现出巨大的差异，其电流消耗在 100ns 内发生其最大电流消耗量的 80% 的变化是很平常的事，因而也给 VCORE 转换器带来巨大的负载电流变化率，其在设计上就必须能够承担这样的动态变化范围，以便在极端的条件下也能确保 CPU/GPU 的运行不至于出现崩溃的现象。因此，在 VCORE 转换器的设计中，负载瞬变响应特性是众多关键指标中的一个重要项目。

为了改进 VCORE 转换器的负载瞬变承担能力，立锜在这些器件的 CM-COT 控制回路中增加了特别的快速响应 (Quick Response, QR) 网络，参见图 7。

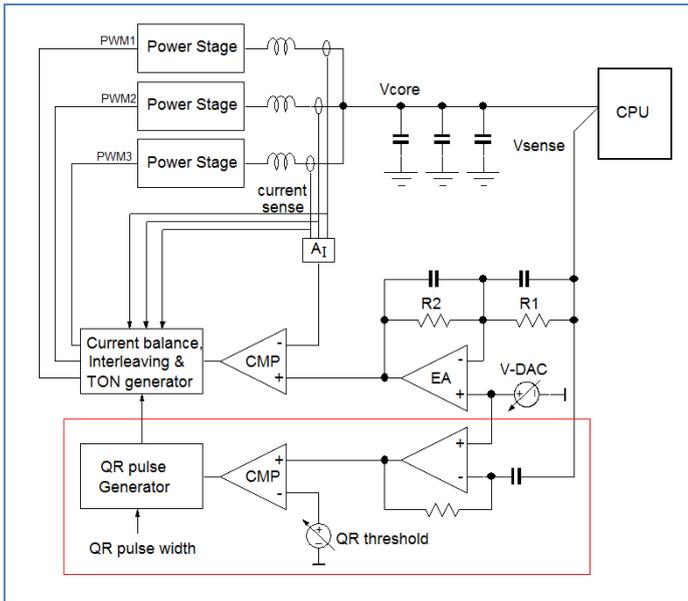


图 7: 增加了 QR 网络的控制回路

VCORE 转换器的设计中，输出电压的取样信号总是被误差放大器用来和决定目标输出电压的 DAC 输出电压进行比较，误差放大器输出的 COMP 信号再和各相电流检测电路的输出总和进行比较。在稳定状态下，当 COMP 信号的幅度触及电流检测信号的谷底时，一次新的导通时段 T_{ON} 就会被触发。PWM 信号占空比的变化是通过截止时间的改变来实现的，当输出电压因突然增加的负载电流而下降时，误差放大器输出的 COMP 电压就会提高，相应的 T_{ON} 脉冲就会增加。

这样的控制方法在突然增加的负载面前很难有所作为：

1. 误差放大器的带宽受限，对负载瞬变的响应速度受到限制；
2. 固定的导通时间只能传递有限的电流，不能满足过重负载的需求；
3. 相间轮流导通的机制延缓了动态响应的速度，空闲相只能眼看着负载增加而不能为之出力。

为了增加负载瞬变期间的响应速度和能量传输的能力，立锜科技在 VCORE 转换器中加入了另外的快速响应 (Quick Response, QR) 回路（上图中红色线框内的部分），可在输出电压发生突降时快速检测到这一事件，并在所有相中同时生成导通脉冲。快速响应回路的检测门限和响应的导通脉冲时长都是可以在 IC 端子上进行设定的，这就使得负载阶跃出现时功率级的表现是可以进行精确调节的，能将输出电压下沉幅度最小化。在图 8 显示的 3 相转换器的阶跃响应过程中，没有 QR 作用（仅仅依靠误差放大器回路，左图）和有 QR 作用（QR 网络暂时将误差放大器的作用屏蔽而直接起作用，右图）的差异是明显的。在 QR 被使能的情况下，所有相都同时进入导通状态，增加了的导通脉冲使短期内传递的能量明显增加，使转换器的响应明显变快了，因而可以带来降低输出电压下沉幅度的效果。

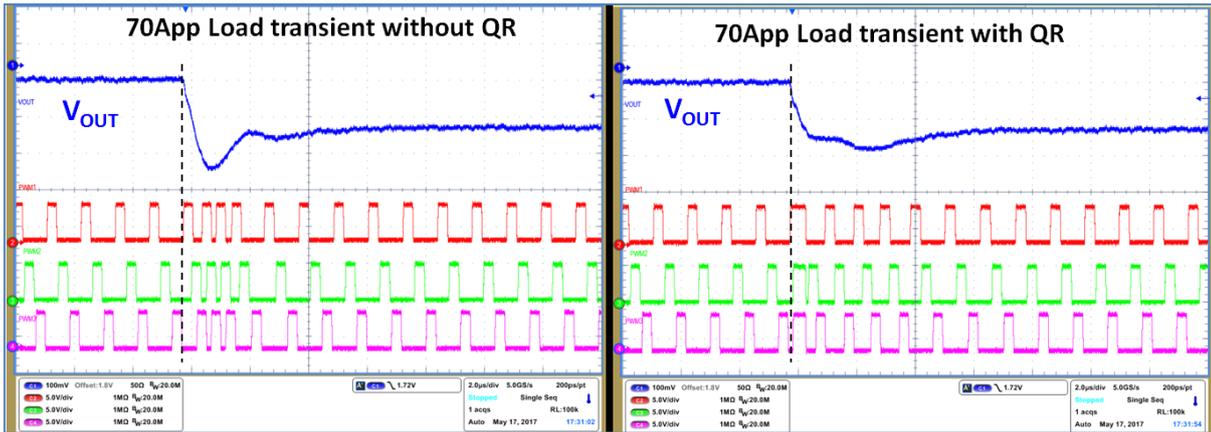


图 8: 快速响应 (QR) 设计对负载瞬变响应特性的影响

由立锜 CCRCOT™ 拓扑带来的高输出电压精度和高系统效率:

CPU 的工作电压需要在很宽的范围内可调, 而且需要很准确, 这就要求 DAC 转换器的精度要低达 0.5% 以下。在输出电压很低、误差范围又要求很低的情况下, 转换器的输出电压纹波就要被很好地控制住, 而这是由电感电流的波动幅度和输出电容的 ESR 共同决定的。

在固定工作频率的 Buck 转换器中, 电感电流纹波峰-峰值在输入电压提高 (如笔记本电脑的电源适配器插入供电) 时或输出电压提高时 (VID 改变即可导致) 便会加大, 该数据有下述公式可以计算:

$$\Delta I_L = \frac{V_{OUT}}{F_{SW} \cdot L} \cdot \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}\right)$$

因此, 固定频率的转换器设计会在不同的工作条件下表现出不同幅度的输出电压纹波。

在固定导通时间 (COT) 的 Buck 转换器中, 电感电流纹波是这样的:

$$\Delta I_L = \frac{V_{IN} - V_{OUT}}{L} \cdot T_{ON}$$

这说明标准的固定导通时间转换器在不同的工作条件下也会表现出不同幅度的输出电压纹波, 同样会降低输出电压的精度。

立锜的 VCORE 转换器采用特殊的恒定电流纹波固定导通时间 (Constant Current Ripple Constant On Time, CCRCOT) 控制技术, 它能在整个输入电压范围和输出电压范围内根据输入电压和输出电压的情况对 T_{ON} 进行调节以保持电感电流纹波 (因而也就保持输出电压纹波) 的恒定不变, 因而能够获得很好的输出电压精度, 其效果和作用如图 9 所示。

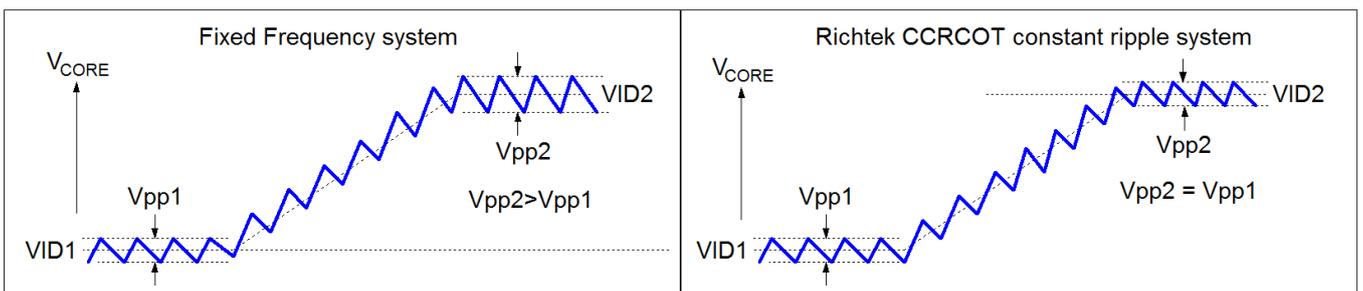


图 9: VID 改变时固定频率系统和 CCRCOT 系统对纹波的影响对比

CCRCOT 系统所带来的另外一个好处是开关切换工作频率在较低的输入、输出电压下会自动降低，这又相应提高了系统的转换效率。由于 VCORE 电压低的时候正是系统以低功率工作的时候，因而 CCRCOT 系统能够帮助改善系统的轻载效率。

便携式系统一般都可以以适配器或电池作为电源来工作，而电池电压通常总是低于适配器电压的，CCRCOT 系统在低输入电压下效率更高的特性也使得电池供电时的效率更高，因而可以延长电池使用时间。对于 CCRCOT 系统来说，它的最高工作频率总是出现在系统的高性能模式下，那时候的 VCORE 电压最高、输入电压最高，CPU 所承担的任务也最有挑战性。

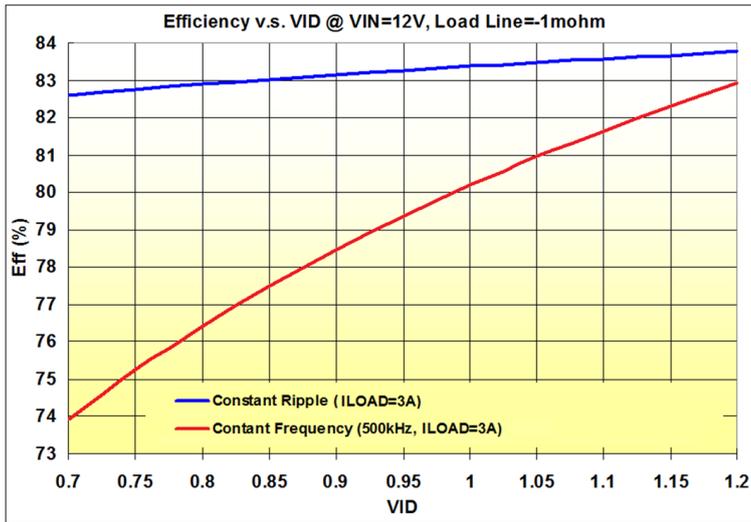


图 10 是 500kHz 固定频率系统和固定纹波系统之间的效率对照图，该固定纹波系统是按照与固定频率系统有相同的 25A 最大负载电流、最高输出电压进行设计的，从中可以看出 CCRCOT 系统在负载较低、输出电压较低时的效率（蓝色线）要高许多。

图 10: 固定频率系统与 CCRCOT 系统的效率比较

节能模式:

根据不同的运行状态，CPU 可将 VCORE 转换器设定在不同的节能运行模式下，这些模式分别被定义为 PS0、PS1、PS2 和 PS3。在 PS0 模式下，转换器的所有相都处于运行状态，这样就可以提供最大的输出能力。CPU 给出的 PS1 命令则使转换器进入只有 1 相在运行的状态，其他相均被禁止以降低开关损耗。在 PS2 模式下，唯一在运行的相也从强制 PWM 模式切入二极管仿真 (Diode Emulation Mode, DEM) 模式以降低开关切换损耗，目的是在轻载模式下将功耗进一步降低。当进入 PS3 模式的时候，由 VID 所决定的内核电压被降到更低，转换器进入低静态电流模式，使得功率损耗最小化。图 11 显示的是从 PS0 切入 PS1 和从 PS0 切入 PS2 时各相工作状态的转变过程，由于 COT 转换器调节的参数是截止时间，在检测到电感电流触及零点时将下桥 MOSFET 开关功能禁止即可得到 DEM 模式。

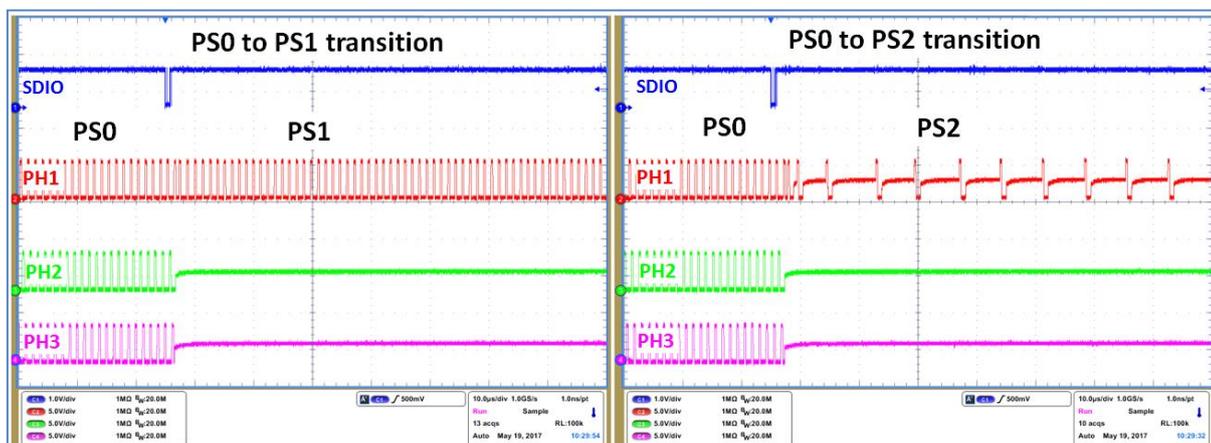


图 11: VCORE 转换器的运行模式转换过程

单相或多相 Buck 转换器:

VCORE 转换器要输出多大的电流是由 CPU/GPU 的类型以及应用所决定的，这又反过来影响了转换器的设计。低功率的 CPU/GPU 应用（如工业自动化应用）可能只需要低于 10W 的功率，这种地方就只需使用单相的 Buck 转换器。在高性能的消费类电脑中，CPU/GPU 的功率有时 would 超过 100W，由于它们的内核电压很低，因而电流消耗是很大的，超过 100A 是很容易的事，这时候就需要多相的 Buck 转换器，具体的相数就看最大电流消耗会有多少。在台式个人电脑中，每个相的热设计电流（TDC）通常被设计为 20A ~ 25A，但到了小型的便携式应用中，每相所容许的电流就要低许多，因为要考虑到功率元件的尺寸和热限制。面对众多的不同要求，立锜科技针对每个应用平台都有很宽泛的产品线可供选择，这里面就包含了单相和多相的产品，有的集成了 MOSFET 驱动器，有的则将其外置。图 12 显示的是一个例子，应用的对象是 Intel 的 Coffee Lake (CFL) S 产品线，它们分为多种不同功率等级的各种 APU。根据不同的效能、热量、空间和布局的考虑，用户可以根据相数、是否集成驱动器等因素从立锜 VCORE 控制器产品中为自己的 CPU 内核和 GPU 内核挑选适配的产品。

CNL/CFL(WW10'2017)			Power Rail	Vcore	VccGT	Richtek VCORE regulator:	Vcore Phase	Int. driver	VccGT Phase	Int. driver
CPU Segment	Package Type	Specification	SVID Address	00H	01H					
			Sku	Phase	Phase					
CFL S-line	LGA	IMVP8	S(95W)-62	4	2	RT3607CE:	4	0	3	0
						RT3607BC:	4	3	2	0
			S(80W)-62	4	2	RT3607CE:	4	0	3	0
			S(65W)-62	4	2	RT3607BC:	4	3	2	0
			S(35W)-62	4 or 3	2 or 1	RT3607BC:	4	3	2	0
						RT3606BE:	3	0	2	0
			S(95W)-42	4 or 3	2	RT3607BC:	4	3	2	0
						RT3606BC:	3	2	2	1
			S(80W)-42	3	2	RT3606BE:	3	0	2	0
						RT3606BC:	3	2	2	1
S(65W)-42	3	2	RT3606BE:	3	0	2	0			
			RT3606BC:	3	2	2	1			
S(35W)-42	3 or 2	2 or 1	RT3606BC:	3	2	2	1			

图 12: 立锜针对 INTEL COFFEE LAKE S 产品线不同产品的 VCORE 转换器方案

4. CPU 电源也可以 PMIC 化

VCORE 转换器通常只为 CPU/GPU 的内核提供电源，但某些小型的 APU 会把 I/O 端口和外设控制接口也集成到单一的芯片中使得它们成为所谓的片上系统（SoC）并常常被使用在小尺寸的设备如网络计算机、平板电脑和工业计算机中，因而对高度集成化的 PMIC 有了需求。以 Intel 提供的基于 Atom™ 的 Braswell 计算平台为例，立锜科技为这样的应用所提供的电源方案中就有下面几种，PMIC 也包含在其中。

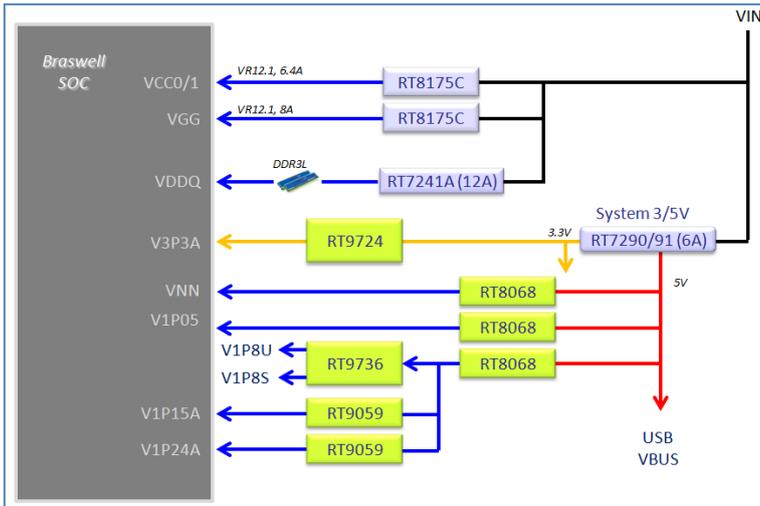


图 13: 分立式 BRASWELL 电源方案

图 13 所示的是分立式电源方案，其 CPU 内核和 GPU 内核均使用独立的 Buck 转换器，为 DDR 存储器供电的是 12A 的 DDR 电源解决方案，其他低电流的电压轨则使用独立的 Buck 转换器或线性稳压器。在这样的设计中，时序问题是很难解决的，那通常需要特别设计控制器来完成。它的另外一个问题是器件数量太多，而且各自独立运作，即使在待机状态下也在消耗电能，因而会表现出比较高的静态功耗。

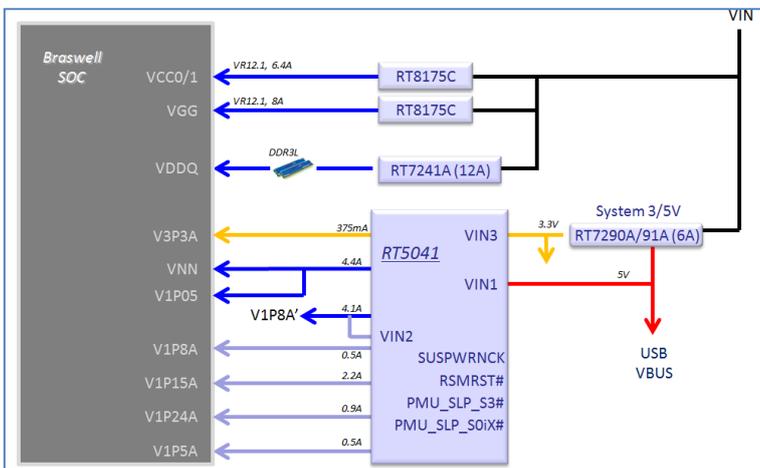


图 14: 使用多输出 IC 的 BRASWELL 电源方案

在图 14 所示的方案中，所有的低功率电压轨都被集成到了单一芯片中，时序管理问题得到优化，待机功耗得到降低，大大延长了电池使用时间。RT5041 的引脚设计根据 Braswell SoC 的设计进行了优化，非常方便 PCB 布局设计。由于使用 CMCOT 控制架构，瞬态响应特性得到了改善。

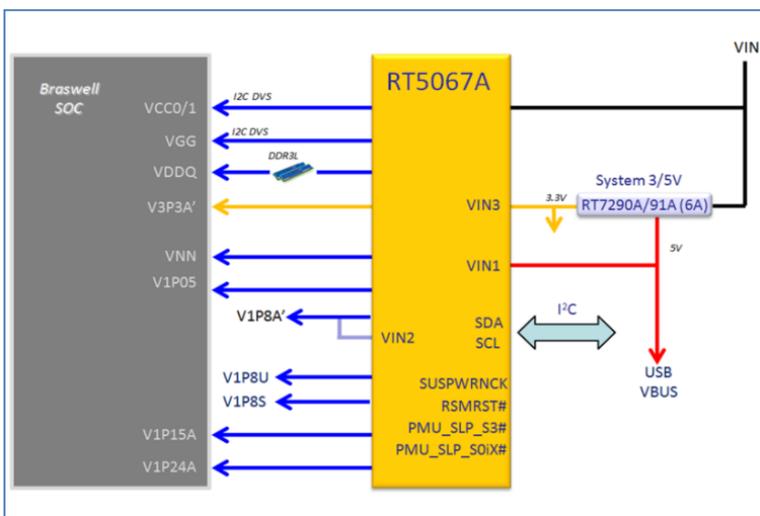


图 15: 使用 PMIC 的 BRASWELL 电源方案

图 15 显示的是集成度最高的 Braswell 电源方案，它的所有电源需求都由 RT5067A 提供。在此实现中，电流较低的通道均使用被完全集成化的 ACOT Buck 功率级，具有极高的响应速度；为 VCC、VGG 和 VDDQ 提供大电流的通道则使用外置的 MOSFET 及其驱动器，从而实现了大电流功率级的最优化设计。该设计采用 I²C 接口与 SoC 进行通讯，替代了原有的 VR12.1 标准接口，在 BIOS 的即可完成设置。由于器件数量得到了最大程度的降低，板面空间占用实现了最小化，还能让静态电流消耗最小化，因而可以大大延长电池使用时间和其寿命。

5. VCORE 转换器驱动器的内置与外置

立锜有许多 VCORE Buck 控制器使用了内置的 MOSFET 驱动器，将它们集成化可以降低器件数量，缩小板面空间的占用，但有时候保持驱动器的外置也有好处，可在 Buck 控制器和功率级之间的距离比较远时表现出优势，避免使用较长的 MOSFET 驱动信号路径，使得信号的完整性不至于恶化。

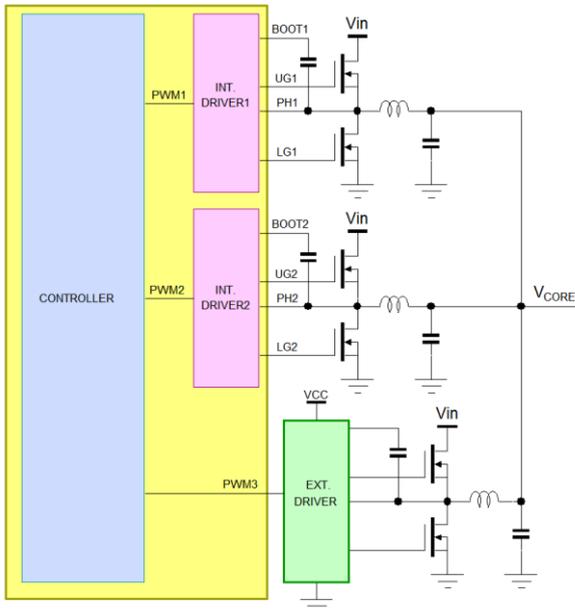


图 16: MOSFET 驱动器的内置与外置

图 16 所示的是一个 3 相 Buck 控制器的例子，它含有两个内置的驱动器，还有一个驱动器外置。这样的配置带来很大的灵活性，当无需使用三个相时，第 3 相可以禁止不用，仅使用内置了驱动器的两相即可。

遇到需要 3 相的应用时，可将控制器和内置了驱动器的两相的功率级靠近放置，剩下的第 3 相就可以只要将信号 PWM3 连接到远处的外置驱动器上即可，而该驱动器可以放在紧靠功率级电路的地方。

图 17 所示的 PCB 布局图是一个为 APU 供电的转换器，它含有两个输出。给 CPU 内核供电的是 3 相转换器，其中 2 相的驱动器是集成化了的；给 GPU 内核供电的是 2 相转换器，其中 1 相的驱动器是集成化了的。该转换器的引脚定义针对该 APU 进行了优化，可将集成化了的驱动器和其功率级之间的路径设计最优化。

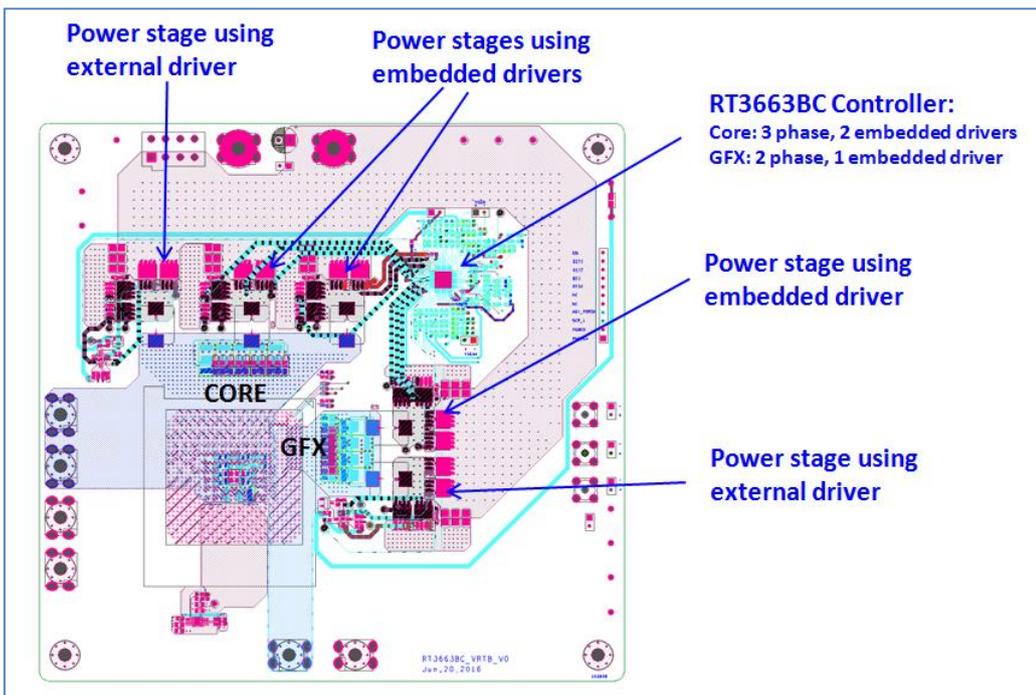


图 17: VCORE 转换器内外置驱动器及其设计实例

6. 立锜的 VCORE 转换器设计工具和评估装置

由于 VCORE 转换器的设计非常复杂，其外围元件的设计过程非常花费时间。为了帮助设计者缩短其时间耗用，立锜为每颗 VCORE 转换器都提供了 Excel 格式的设计工具。

这些设计工具都含有一个名为 Parameter_Core 的参数输入页，用户可在这里指定特定的平台和 CPU 需求。计算所得的外围元件参数在 Loop_Core 页面可以看到，这些参数包括诸如 Ton 数据、电流检测网络参数、负载线参数、误差放大器补偿元件参数、各端子设定元件参数、热补偿和保护参数等。假如设计所用的是 APU 转换器，针对 CPU 和 GPU 的页面就是分开的。

图 18 所示的是一个针对 IMVP8 APU 的设计工具例子，用于 Intel Caffe Lake 平台。

Parameter	Symbol	Value	Unit
Power Stage Components Selection (For Core VR)			
Input Voltage, minimum	$V_{in,min}$	12	V
Input Voltage, maximum	$V_{in,max}$	12	V
Maximum Switching Frequency	$F_{sw,max}$	400	kHz
Power inductor	LX	0.22	μ H
DCR of Power Inductor	DCR	0.49	m Ω
Total Output Bulk Caps.	$C_{out,bulk}$	1880	μ F
Equivalent Total ESR of Output Bulk Caps.	ESR	1.25	m Ω
Total Ceramic Caps.	$C_{out,MLCC}$	418	μ F
Equivalent R_{DS-ON} of High Side MOSFET	HS- R_{DS-ON}	6	m Ω
Equivalent R_{DS-ON} of Low Side MOSFET	LS- R_{DS-ON}	3.7	m Ω
Driver Dead Time	T_D	60	ns
T_{ON} Variation	$T_{ON,VAR}$	-10	ns
Number of Phase	N	3	-
Platform	-	S line	-
IMVP8 Spec.			
Normal Voltage VID	V_{DAC}	0.9	V
VDD Loadline Slope	R_{LL}	2.1	m Ω
Maximum Overshoot Voltage	$\Delta V_{OVS-MAX}$	70	mV
Maximum Overshoot Time Duration	$t_{OVS-MAX}$	10	μ s
Maximum Current in Turbo Mode or HFM	IccMax	90	A
Dynamic Current step size in VID1	cc-Dyn_VID	69	A
Thermal Design Current	IccTDC	68	A
Percentage OCP Trip Threshold (of IccMax)	OCPT	150	%
DVID Slew Rate	DVID_Slewrates	11.25	mV/ μ s
Current Gain AI	AI	1x	-

Note:
The design tool is used to suggest the initial parameter design related with application circuit to shorten the design time. The calculated value by design tool is not a optimized.

1. TON Connecting & Maximum Switching Frequency

Step 1: Select F_{sw} Value

Part	Value	Unit	Note
$T_{on,measured}$	245	ns	Effective on-time T_{on}
$F_{sw,calc}$	482	kHz	Recommended F_{sw} value
$F_{sw,user}$	453	kHz	User-selected F_{sw} value
$T_{on,ccrcot}$	232	ns	CCRCOT on-time $T_{on,ccrcot}$
$F_{sw,measured}$	427	kHz	Maximum Switching Frequency

Step 2: Select $R_{L,lim}$ and $C_{L,lim}$ Value

Part	Value	Unit	Note
$R_{L,lim}$	3.6	Ω	User-selected $R_{L,lim}$ value
$C_{L,lim}$	3.6	μ F	Recommended $C_{L,lim}$ value
$C_{L,lim,actual}$	0.1	μ F	User-selected $C_{L,lim}$ value

2. Jitter Calculator

1. This section provides calculation tool for PVIN stability.
2. Input measured parameters to get calculated result of jitter.

Part	Value	Unit	Note
T_{on}	1048	ns	
$T_{on,min}$	904	ns	
TIMEASURE	1435	ns	
Jitter	455	ns	
Toff_Mas	1439	ns	
DMAX	0.513832392		
DMIN	0.439254992		
D	0.46194279		
Jitter	28.41729511	%	

3. Current Sense Method

Step 1: Select Current Sense Method

CS Method	Method 2	Unit	User-selected current sense meth
K_{cs}	1	-	For method1 Set scale to divide the current
K_{cs}	0.8	-	For method2 signal

Step 2: Select C_s Value

Value	Unit	Note

图 18: 立锜提供的 VCORE 转换器设计工具样板

立锜 VCORE 转换器评估板的设计都是与具体的 CPU 插座直接对应的，它们都通过了全面的测试以符合 Intel 或 AMD 的测试规范。我们强烈建议按照评估板的设计选用你的输出电容器和电感器，因为它们对于符合 VCORE 电源的需求是非常关键的。

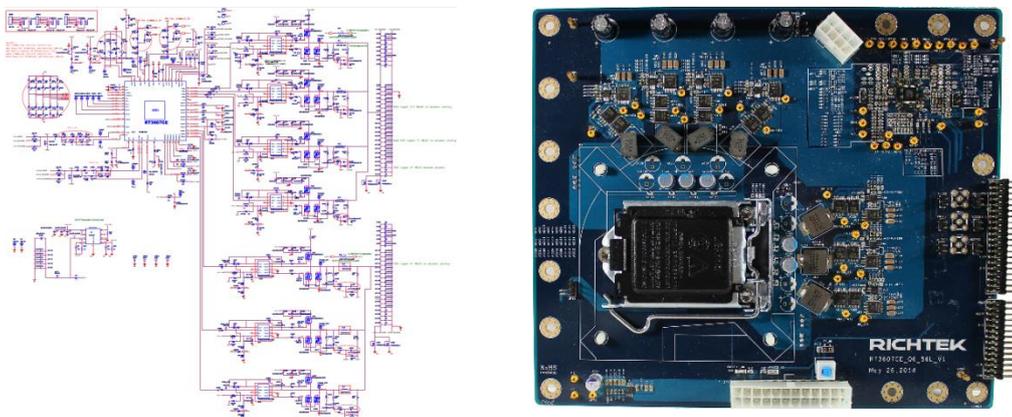


图 19: 立锜设计的 VCORE 转换器评估板样板

7. 立锜 VCORE 转换器解决方案的选择方法

立锜针对 Intel 和 AMD 的平台提供了大量的 VCORE 控制器产品，图 20 算是一个概览。

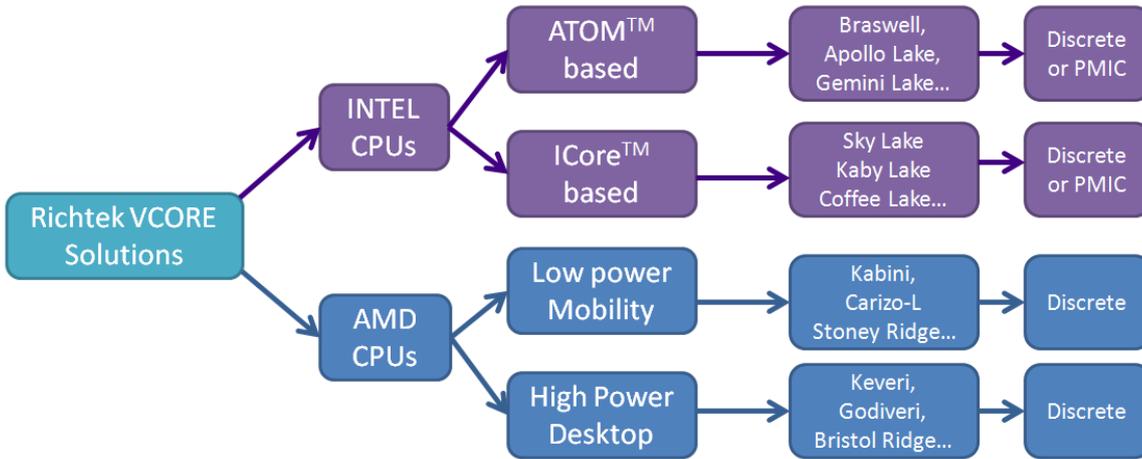


图 20: 立锜 VCORE 产品概览

针对 Intel CPU 的 VCORE 转换器

Intel CPU 可以分为两类：一种以 ATOM™为基础，一种以 iCORE™为基础。

以 ATOM™为基础的 CPU 是针对便携式、小尺寸、低功率应用的网络电脑、平板电脑和工业电脑的，其平台名称有 Braswell、Apollo Lake 和 Gemini Lake 等。

以 iCORE™为基础的 CPU 是针对高性能应用如笔记本电脑、台式电脑的，其平台名称有 Sky Lake、Kaby Lake 和 Coffee Lake 等。

不同代际的 Intel CPU 使用了不同的串行通讯协议，较老的 Braswell CPU 使用 VR12.1 协议，较新的则使用 IMVP8™或 IMVP9™，有的 ATOM™平台则使用 I²C 接口。

在立锜官网的 [VCORE selection page](#)上，只要输入 Intel CPU 的规格、平台名称和插座规格即可找到与之相配立锜 VCORE 转换器产品型号；在 [Intel VCORE Solutions page](#)页面上可以找到针对不同 Intel 平台的电源系统框图；想对立锜的 VCORE 转换器产品和解决方案有个鸟瞰的读者可以下载 [Richtek VCORE product selection list](#)。

针对 AMD CPU 的 VCORE 转换器

AMD 的 CPU 同样可以分为针对便携式应用的低功率产品和高性能产品两类。针对低功率便携式应用的平台包括 Kabini、Carizo-L、Stoney Ridge、Raven 等。针对高性能台式应用的平台包括 Keveri、Godiveri、Bristol Ridge、Summit Ridge 等。

AMD 的 CPU 平台名称也可根据 CPU 插座类型分为 FT3、FP4、FP5、FM2+、AM4 等。

AMD CPU 所使用的串行通讯接口被称为 SVI2。

在立锜官网的 [VCORE selection page](#)页面上输入 AMD CPU 的规格、平台名称和插座规格即可找到对应的 VCORE 产品型号资料，想对立锜的 VCORE 转换器产品和解决方案有个鸟瞰的读者可以下载 [Richtek VCORE product selection list](#)。

为什么找不到某些产品的信息？

当你找不到某个特定的 VCORE 转换器的相关资料时，这是因为它是在和 Intel/AMD 的合作中开发出来的，基于保守秘密的缘故，立錡不能在网络上公开它们。如果你在应用中需要某特定型号产品的信息，或是要为特定的 CPU 平台找到最佳的电源解决方案，请与你附近的[立錡业务窗口](#)联系。

相关资源

立錡科技电子报

[订阅立錡科技电子报](#)

Richtek Technology Corporation

14F, No. 8, Tai Yuen 1st Street, Chupei City

Hsinchu, Taiwan, R.O.C.

Tel: 886-3-5526789

Richtek products are sold by description only. Richtek reserves the right to change the circuitry and/or specifications without notice at any time. Customers should obtain the latest relevant information and data sheets before placing orders and should verify that such information is current and complete. Richtek cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Richtek product. Information furnished by Richtek is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Richtek or its subsidiaries for its use; nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Richtek or its subsidiaries.