
立錡 VCORE 解決方案簡介

摘要

VCORE 轉換器是為臺式電腦、筆記型電腦、伺服器、工業電腦等計算類產品中的 CPU 內核或 GPU 內核供電的轉換器，這種轉換器所面對的需求與標準的負載點轉換器有很大的不同：CPU 和 GPU 電源要面對超快的負載變化，需要以極高的精度實現動態電壓定位，需要負載線，能在幾種不同的節能狀態之間轉換，可實現多種參數的測量和監控。這些系統在 CPU 和轉換器之間有串列通訊匯流排，CPU 可根據需要指定不同的運行參數和運行模式。本文對 VCORE 轉換器的應用、特定的運行參數等進行了介紹，指出了立錡 VCORE 轉換器在設計上的優勢所在，給出了快速找到與特定 CPU 平臺相配立錡 VCORE 產品的方法。

目錄

1. 概述.....	2
2. VCORE 轉換器基礎.....	2
3. VCORE 轉換器在設計上的獨特性.....	4
4. CPU 電源也可以 PMIC 化.....	9
5. VCORE 轉換器驅動器的內置與外置.....	11
6. 立錡的 VCORE 轉換器設計工具和評估裝置.....	12
7. 立錡 VCORE 轉換器解決方案的選擇方法.....	13

1. 概述

VCORE 轉換器（調節器）是在臺式個人電腦、筆記本式個人電腦、伺服器、工業電腦等計算類設備中為 CPU（中央處理器）內核或 GPU（圖形處理器）內核供電的器件，與普通的 POL（負載點）調節器相比，它們要滿足完全不同的需要：CPU/GPU 都表現為變化超快的負載，需要以極高的精度實現動態電壓定位 (Dynamic Voltage Positioning)，需要滿足一定的負載線要求，需要在不同的節能狀態之間轉換，需要提供不同的參數測量和監控。在 VCORE 轉換器與 CPU 之間通常以串列匯流排界面進行通訊，CPU 會根據其負荷和運行模式提出不同的供電要求。本文對 VCORE 轉換器及其與 CPU/GPU 命令有關的特殊運行方式進行介紹。在立錡的 VCORE 類產品中，針對 Intel 和 AMD CPU/GPU 的產品均很豐富，為了使讀者更容易選擇符合自己需要的產品，特給出立錡產品與 Intel/AMD 不同計算平臺之間的對應關係（見第 7 章）。

2. VCORE 轉換器基礎

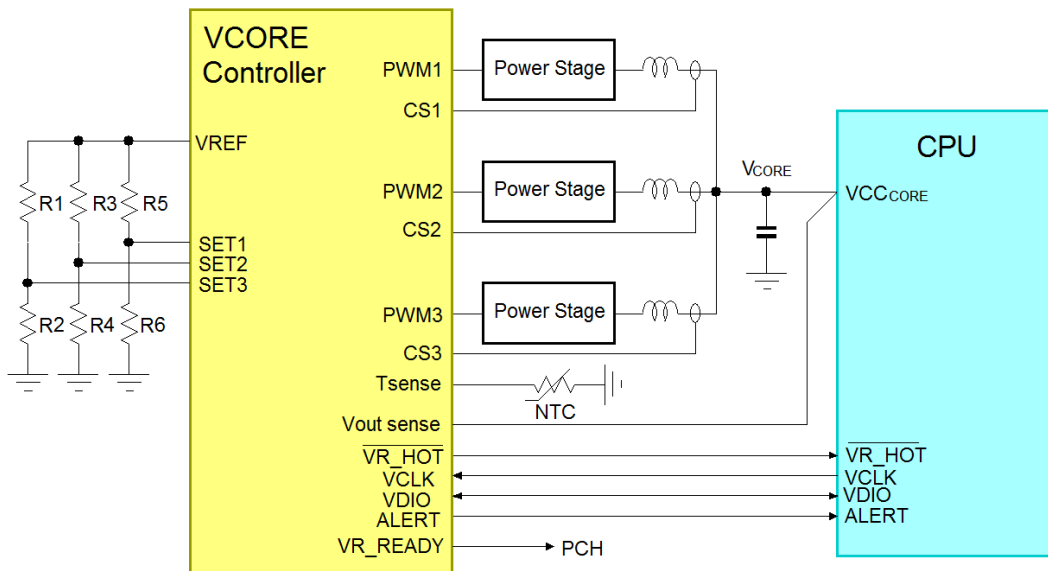


圖 1：VCORE 轉換器電路架構圖

圖 1 示範了最基本的與 CPU 連接在一起的 VCORE 轉換器（常常簡稱為 VCORE）的電路架構，它們通常由一個控制器和外置的功率級構成。CPU 所消耗的電流實在太大，這樣的搭配通常是最合理的。有的低功耗 CPU 只需使用單相的 Buck 轉換器即可，但功耗大的就必須使用多相式 Buck 轉換器了。在上圖所示的電路中，功率級被分為 3 相，通常被用於臺式個人電腦中，其正常運行溫度下的負載電流大約為 70A（Thermal Design Current，熱設計電流，簡稱 TDC，在此電流下運行時，所有部位、部件的運行溫度都是可接受的——譯注）。VCORE 輸出電壓的檢測位置是在 CPU 底座下，它也被用作轉換器的回饋信號。

在 CPU 和 VCORE 轉換器之間有幾條通訊線，其中包含有時鐘信號和資料信號構成的串列通訊匯流排，還有 1 或 2 條警告信號線，其作用是將調節器一側所發生的一些特定狀況通知 CPU。CPU 可以通過串列通訊匯流排向轉換器發送特殊的命令，像電壓的改變和設定特定的運行狀態都要這樣進行。CPU 也可以要轉換器報告一些資訊，如電流消耗狀況、功率級的運行溫度等。不同的 CPU 平臺有不同的通訊協定，對於 Intel 的 CPU 來說，VR12.1、VR12.5、IMVP8 或 IMVP9 等是可選的；對 AMD 的 CPU 來說則有 SVI 和 SVI2 可選，這樣的資訊在為自己的 CPU 選擇相應的電壓轉換器時是必須要注意的。

VCORE 轉換器有很多用戶可設置的參數，它們可以根據 CPU 的工作電壓和性能需求進行選擇，保護閾值以及轉換器的回應特性也是可以進行精心調配的。由於要設置的參數很多，它們的值又都可根據需要進行設置，設計上就採用很多電阻分壓器來完成對這些參數的設置。

對於 VCORE 轉換器來說，精確測量每個相的電流是很重要的：向 CPU 報告電流消耗總量的時候需要它，使各相之間的電流維持平均分配需要它，為實現良好的回路特性控制、設定負載線 (Load Line) 和過流保護也需要它。

溫度狀態的監測是通過靠近功率級元件放置的 NTC 熱敏電阻實現的，溫度資料可讓 CPU 隨時讀取，調節器本身也可在超過一定的溫度閾值時發出報警資訊。

有的計算平臺會將 CPU 內核和 GPU 內核集成在單一的晶片中而形成所謂的加速處理單元 (Accelerated Processing Unit, APU)，針對 APU 的 VCORE 轉換器就會含有兩組 Buck 轉換器，其中一組為 CPU 內核供電，另一組為 GPU 內核供電，GPU 內核的電流消耗通常小於 CPU 內核，因而其使用的相數通常也要少些，圖 2 顯示的就是一個為 APU 供電的電源解決方案的例子。APU 與電壓調節器之間的通訊也使用串列匯流排，這時候的命令中就會包含位址資訊以區分 CPU 內核和 GPU 內核，除此以外的很多功能都與普通的 CPU/GPU 系統類似。

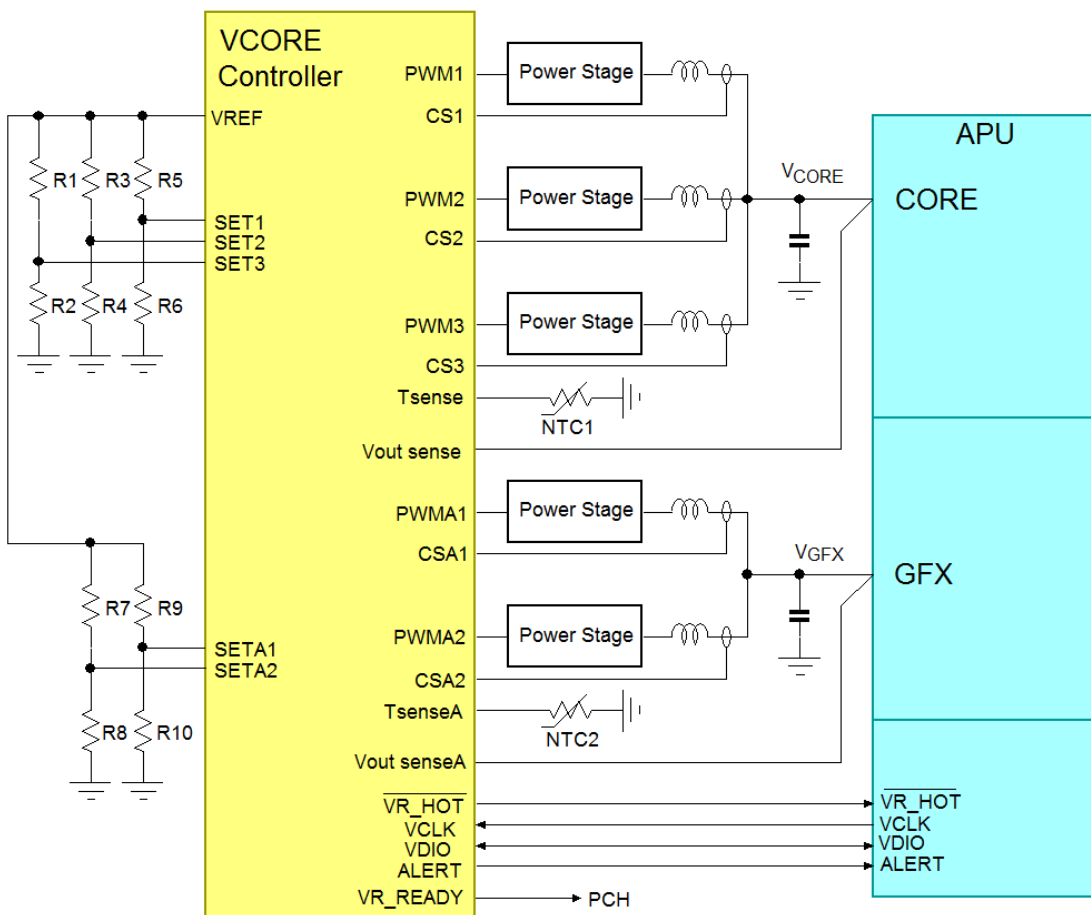


圖 2：APU 供電系統架構圖

3. VCORE 轉換器在設計上的獨特性

雖然同為 Buck 轉換器，VCORE 轉換器的設計與普通的 Buck 轉換器有很大的不同，這是因為 VCORE 電源需要滿足很多特別的需求。

運行中改變電壓——動態電壓定位 (Dynamic Voltage Identification, DVID)：

VCORE 電源設計中很重要的考慮因素是平均功率消耗和熱管理問題：CPU 在較高的電源電壓下工作得更好，但這也相應地提高了它的功耗和發熱量。當一款 CPU 工作在某個的特定速度下時，代表相應的內核工作電壓的 VID 代碼也會被給出來。為了讓 CPU 在不超出其功率耗散能力的情況下表現出最好的性能，供給 CPU 內核的電壓就要相應地做出改變。在空閒模式下的 CPU 運行速度很慢，這時候可以將其工作電壓降下來以降低其消耗；當 CPU 的任務突然增加時，給它供應的電力也必須突然增加以確保其可以表現出超強的性能，這在一些敏感應用中是尤其重要的。由於 VID 的改變是動態的，轉換器輸出電壓也必須以相應的速率動態變化而且精準地定位 VID 所對應的電壓上，這樣才能確保 CPU 的平穩運行。圖 3 示範了 DVID 的表現，左圖顯示的是 CPU 發出了以較低的速率從 1.8V 改變到 1.2V 的 DVID 指令，轉換器便根據該指令將電壓緩慢降低到 1.2V。當目標電壓已經達成時，轉換器通過將 ALERT 信號拉低以通知 CPU，CPU 便發出指令以清除該信號。Intel 的 CPU 可以要求慢和快兩種 VID 變化速度，圖中右側的圖形即是快速變化的 DVID 命令示例，其電壓變化速度為 52mV/ μ s，符合 Intel 的規範。

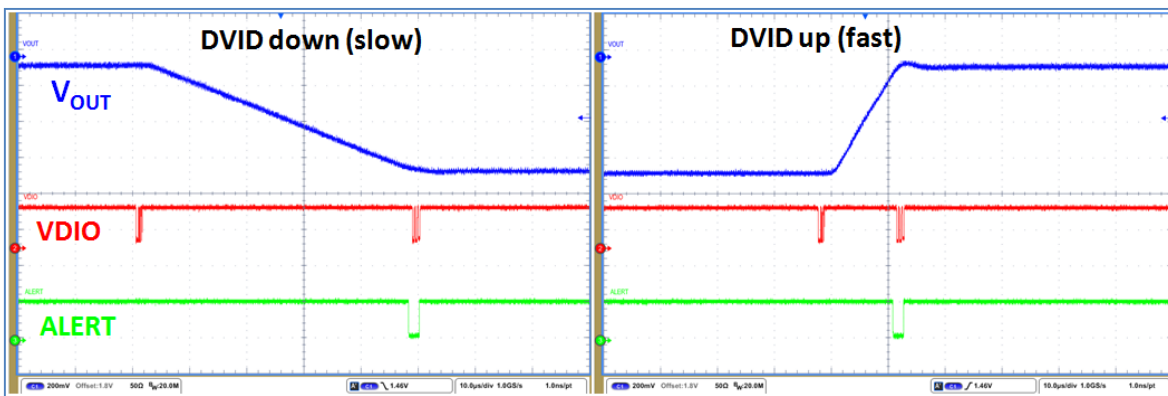


圖 3：DVID 的表現

用 Richtek G-NAVP™ 技術實現的可程式設計負載線（電壓隨載下降）

擁有高回路增益的理想轉換器的輸出電壓在任何負載條件下保持平均輸出電壓的恒定（如圖 3 左側圖所示），但在負載突然增加的時候，其輸出電壓會出現暫時的下墜，而在負載突然消失的時候，其輸出電壓又會出現短時的上跳尖峰。對於 CPU 內核電源來說，包含輸出電壓誤差、紋波和負載突變所造成的尖峰在內的電源電壓都必須高於 CPU 的最低工作電壓以確保 CPU 不會掛掉，也不能高於其容許的最高工作電壓以避免使 CPU 受損。為了符合這些要求，就需要使用大量的輸出電容去吸納這些波動。因此，我們就需要引入負載線技術使輸出電壓在負載電流增大時將輸出電壓降低，而在負載電流降低時將輸出電壓提高，以此避免對大量輸出電容的使用，圖 4 中間的圖形對此進行了表達。圖 4 右側圖是再加入 VID 偏移量以後的結果。

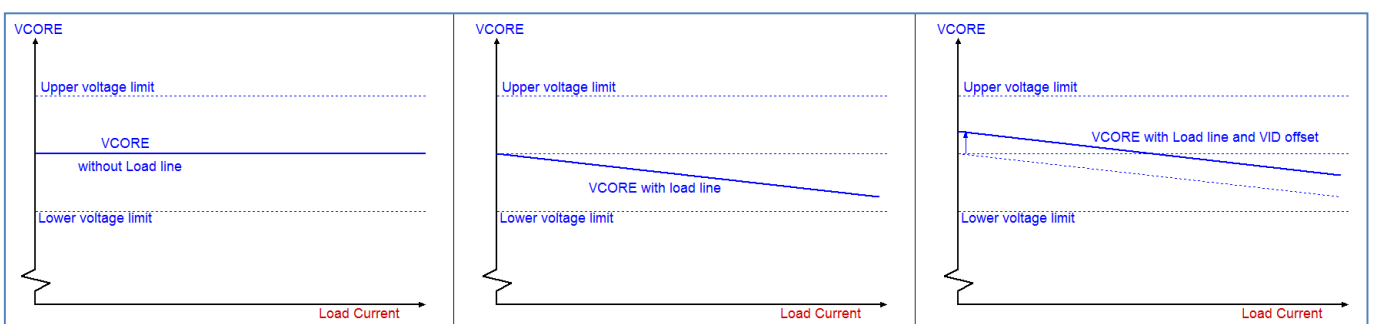


圖 4：負載線的特性

從表面上看，這種特性與取得好的電壓調節特性的目的是背道而馳的，但它實實在在提高了這些轉換器在面臨負載瞬變時的輸出電壓活動空間：輕載時的輸出電壓較正常值高，因負載突然增加所導致的電壓下沉就不太容易造成輸出電壓低於 CPU 的最低工作電壓下限的結果；重載時的輸出電壓較正常值低，因負載突然降低而造成的輸出電壓隆起就不太容易造成輸出電壓超出 CPU 的最高工作電壓上限的結果。加入電壓隨載下降特性的結果是降低了對負載瞬變響應能力的要求，擴大了 CPU 的活動空間，降低了輸出電容的使用量。

圖 5 以實例示範了 VCORE 電壓在 70A 電流快速跳變之下的變化情況，左邊的圖形是在沒有使用電壓隨載下降（零負載線）特性的情況下得到的，由電壓的下墜和隆起構成的變化範圍很大；右側的圖形是在使用了 2mΩ 負載線和 80mV VID 偏移量的情況下得到的，由 70A 電流變化帶來的電壓靜態變化幅度是 $70A \cdot 2m\Omega = 140mV$ ，由負載瞬間變化導致的電壓變化範圍明顯降低了，降低了 CPU 出錯或損壞的風險，CPU 重載期間的低內核電壓也降低了 CPU 的溫度。

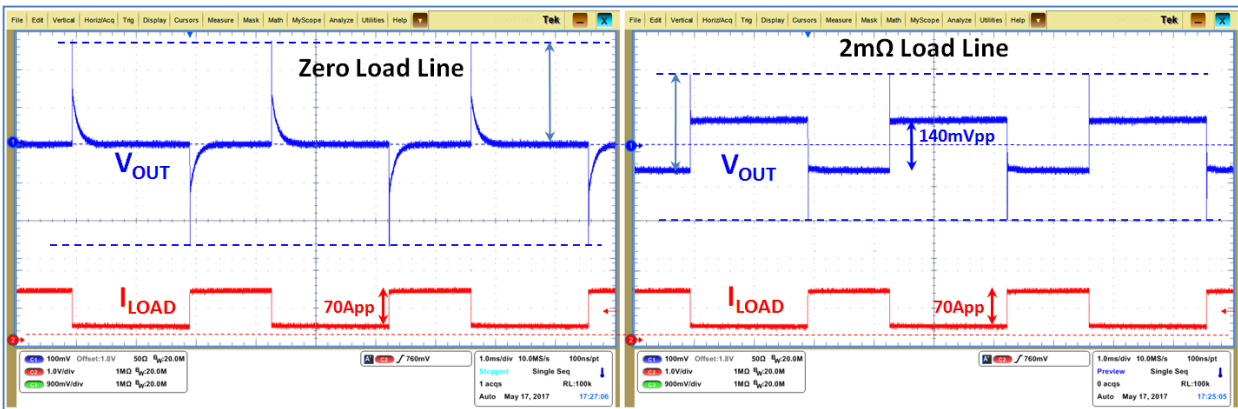


圖 5：負載線對負載瞬變特性的影響

電壓隨載下降特性有另外一個稱呼：自我調整電壓定位 (Adaptive Voltage Positioning, AVP)。對於不同的 CPU 平臺，不同的負載線最大值是需要特別定義的。

立錡科技的 VCORE 轉換器都使用電流模式-固定導通時間 (current mode (CM) - Constant On Time (COT)) 控制技術完成基本的電壓調節功能，其簡化的系統框圖顯示在圖 6 中。

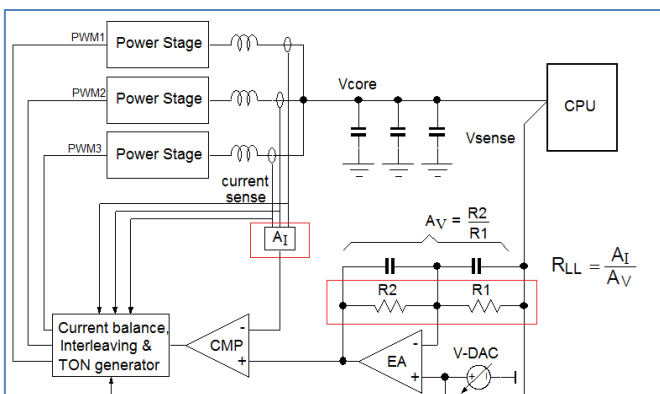


圖 6：G-NAVP 技術的控制回路

為了很容易地在轉換器中加入負載線功能，立錡科技在 VCORE 轉換器的控制回路中使用了被稱為 Green-Native AVP (G-NAVP™) 的專有技術，它在電流模式控制回路中使用直流增益較低且可調的誤差放大器以獲得負載電流增大時輸出電壓自然降低的結果，與傳統上使用高增益誤差放大器於控制回路中的做法明顯不同。

這種方法的使用簡化了負載線功能的實施，用電流檢測器的增益 A_i 和誤差放大器的增益 A_v 即可定義出具體的負載線的值。降低誤差放大器的增益也簡化了誤差放大器的補償方法，其設計只涉及一個零點和一個極點。

用立錡快速回應 (QR) 技術提升動態負載調整能力：

CPU 和 GPU 的運行具有極大的動態範圍，它們在我們流覽一個互聯網頁面時通常只需做很少一點事情，但要打開一個大型的 Excel 檔或是播放高清視頻就會突然給它帶來巨大的負擔，它們的功耗也因此而表現出巨大的差異，其電流消耗在 100ns 內發生其最大電流消耗量的 80% 的變化是很平常的事，因而也給 VCore 轉換器帶來巨大的負載電流變化率，其在設計上就必須能夠承擔這樣的動態變化範圍，以便在極端的條件下也能確保 CPU/GPU 的運行不至於出現崩潰的現象。因此，在 VCore 轉換器的設計中，負載瞬變響應特性是眾多關鍵指標中的一個重要項目。

為了改進 VCore 轉換器的負載瞬變承擔能力，立錡在這些器件的 CM-COT 控制回路中增加了特別的快速回應 (Quick Response, QR) 網路，參見圖 7。

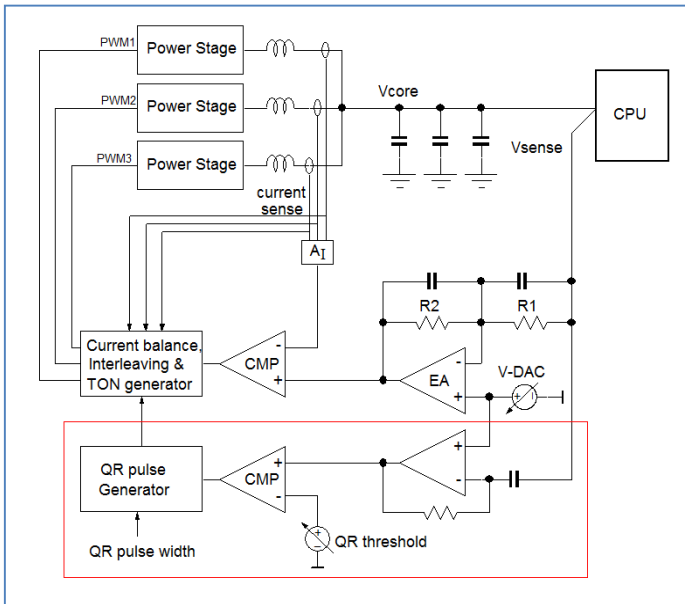


圖 7：增加了 QR 網路的控制回路

VCore 轉換器的設計中，輸出電壓的取樣信號總是被誤差放大器用來和決定目標輸出電壓的 DAC 輸出電壓進行比較，誤差放大器輸出的 COMP 信號再和各相電流檢測電路的輸出總和進行比較。在穩定狀態下，當 COMP 信號的幅度觸及電流檢測信號的谷底時，一次新的導通時段 T_{ON} 就會被觸發。PWM 信號占空比的改變是通過截止時間的改變來實現的，當輸出電壓因突然增加的負載電流而下降時，誤差放大器輸出的 COMP 電壓就會提高，相應的 T_{ON} 脈衝就會增加。

這樣的控制方法在突然增加的負載面前很難有所作為：

1. 誤差放大器的頻寬受限，對負載瞬變的響應速度受到限制；
2. 固定的導通時間只能傳遞有限的電流，不能滿足過重負載的需求；
3. 相間輪流導通的機制延緩了動態回應的時間，空閒相只能眼看著負載增加而不能為之出力。

為了增加負載瞬變期間的回應速度和能量傳輸的能力，立錡科技在 VCore 轉換器中加入了另外的快速回應 (Quick Response, QR) 回路（上圖中紅色線框內的部分），可在輸出電壓發生突降時快速檢測到這一事件，並在所有相中同時生成導通脈衝。快速回應回路的檢測門限和回應的導通脈衝時長都是可以在 IC 端子上進行設定的，這就使得負載階躍出現時功率級表現是可以進行精確調節的，能將輸出電壓下沉幅度最小化。在圖 8 顯示的 3 相轉換器的階躍回應過程中，沒有 QR 作用（僅僅依靠誤差放大器回路，左圖）和有 QR 作用（QR 網路暫時將誤差放大器的作用遮罩而直接起作用，右圖）的差異是明顯的。在 QR 被使能的情況下，所有相都同時進入導通狀態，增加了的導通脈衝使短期內傳遞的能量明顯增加，使轉換器的回應明顯變快了，因而可以帶來降低輸出電壓下沉幅度的效果。

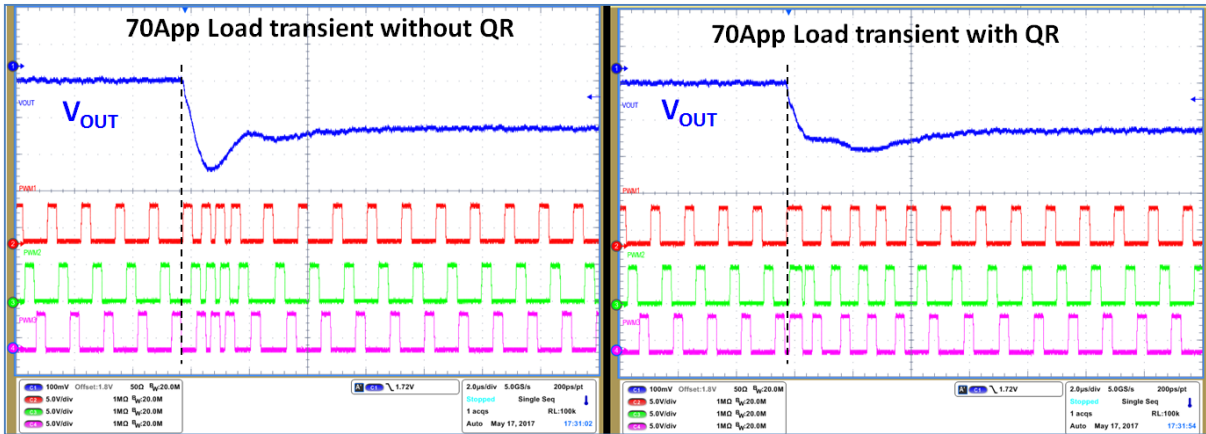


圖 8：快速回應 (QR) 設計對負載瞬變響應特性的影響

由立錡 CCRCOT™ 架構帶來的高輸出電壓精度和高系統效率：

CPU 的工作電壓需要在很寬的範圍內可調，而且需要很準確，這就要求 DAC 轉換器的精度要低達 0.5% 以下。在輸出電壓很低、誤差範圍又要求很低的情況下，轉換器的輸出電壓紋波就要被很好地控制住，而這是由電感電流的波動幅度和輸出電容的 ESR 共同決定的。

在固定工作頻率的 Buck 轉換器中，電感電流紋波峰-峰值在輸入電壓提高（如筆記型電腦的電源適配器插入供電）時或輸出電壓提高時（VID 改變即可導致）便會加大，該資料有下述公式可以計算：

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

因此，固定頻率的轉換器設計會在不同的工作條件下表現出不同幅度的輸出電壓紋波。

在固定導通時間 (COT) 的 Buck 轉換器中，電感電流紋波是這樣的：

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

這說明標準的固定導通時間轉換器在不同的工作條件下也會表現出不同幅度的輸出電壓紋波，同樣會降低輸出電壓的精度。

立錡的 VCORE 轉換器採用特殊的恒定電流紋波固定導通時間 (Constant Current Ripple Constant On Time, CCRCOT) 控制技術，它能在整個輸入電壓範圍和輸出電壓範圍內根據輸入電壓和輸出電壓的情況對 T_{ON} 進行調節以保持電感電流紋波（因而也就保持輸出電壓紋波）的恒定不變，因而能夠獲得很好的輸出電壓精度，其效果和作用如圖 9 所示。

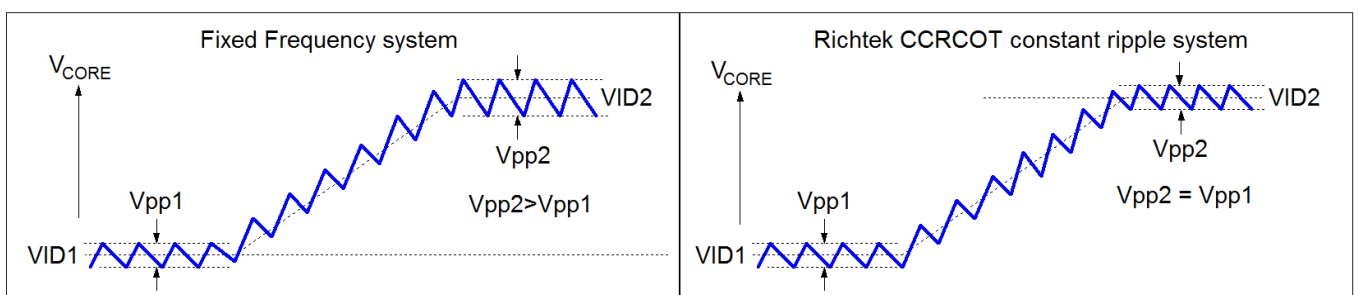


圖 9：VID 改變時固定頻率系統和 CCRCOT 系統對紋波的影響對比

CCRCOT 系統所帶來的另外一個好處是開關切換工作頻率在較低的輸入、輸出電壓下會自動降低，這又相應提高了系統的轉換效率。由於 VCORE 電壓低的時候正是系統以低功率工作的時候，因而 CCRCOT 系統能夠說明改善系統的輕載效率。

可攜式系統一般都可以以適配器或電池作為電源來工作，而電池電壓通常總是低於適配器電壓的，CCRCOT 系統在低輸入電壓下效率更高的特性也使得電池供電時的效率更高，因而可以延長電池使用時間。對於 CCRCOT 系統來說，它的最高工作頻率總是出現在系統的高性能模式下，那時候的 VCORE 電壓最高、輸入電壓最高，CPU 所承擔的任務也最有挑戰性。

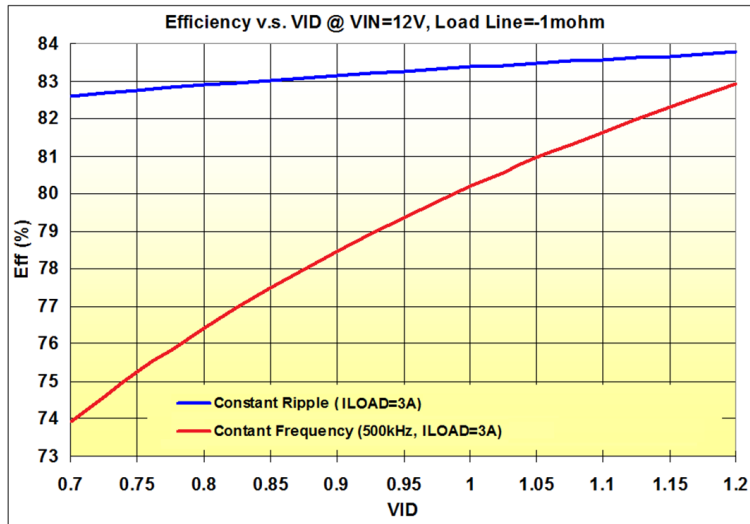


圖 10 是 500kHz 固定頻率系統和固定紋波系統之間的效率對照圖，該固定紋波系統是按照與固定頻率系統有相同的 25A 最大負載電流、最高輸出電壓進行設計的，從中可以看出 CCRCOT 系統在負載較低、輸出電壓較低時的效率（藍色線）要高許多。

圖 10：固定頻率系統與 CCRCOT 系統的效率比較

節能模式：

根據不同的運行狀態，CPU 可將 VCORE 轉換器設定在不同的節能運行模式下，這些模式分別被定義為 PS0、PS1、PS2 和 PS3。在 PS0 模式下，轉換器的所有相都處於運行狀態，這樣就可以提供最大的輸出能力。CPU 給出的 PS1 命令則使轉換器進入只有 1 相在運行的狀態，其他相均被禁止以降低開關損耗。在 PS2 模式下，唯一在運行的相也從強制 PWM 模式切入二極體模擬 (Diode Emulation Mode, DEM) 模式以降低開關切換損耗，目的是在輕載模式下將功耗進一步降低。當進入 PS3 模式的時候，由 VID 所決定的內核電壓被降到更低，轉換器進入低靜態電流模式，使得功率損耗最小化。圖 11 顯示的是從 PS0 切入 PS1 和從 PS0 切入 PS2 時各相工作狀態的轉變過程，由於 COT 轉換器調節的參數是截止時間，在檢測到電感電流觸及零點時將下橋 MOSFET 開關功能禁止即可得到 DEM 模式。

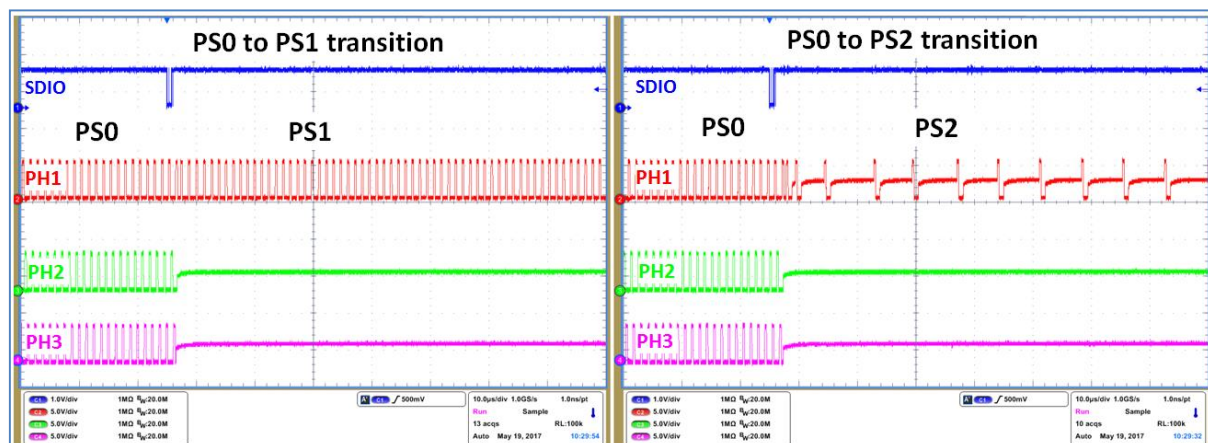


圖 11：VCORE 轉換器的運行模式轉換過程

單相或多相 Buck 轉換器：

VCORE 轉換器要輸出多大的電流是由 CPU/GPU 的類型以及應用所決定的，這又反過來影響了轉換器的設計。低功率的 CPU/GPU 應用（如工業自動化應用）可能只需要低於 10W 的功率，這種地方就只需使用單相的 Buck 轉換器。在高性能的消費類電腦中，CPU/GPU 的功率有時會超過 100W，由於它們的內核電壓很低，因而電流消耗是很大的，超過 100A 是很容易的事，這時候就需要多相的 Buck 轉換器，具體的相數就看最大電流消耗會有多少。在臺式個人電腦中，每個相的熱設計電流（TDC）通常被設計為 20A ~ 25A，但到了小型的可攜式應用中，每相所容許的電流就要低許多，因為要考慮到功率元件的尺寸和熱限制。面對眾多的不同要求，立錡科技針對每個應用平臺都有很寬泛的產品線可供選擇，這裡面就包含了單相和多相的產品，有的集成了 MOSFET 驅動器，有的則將其外置。圖 12 顯示的是一個例子，應用的物件是 Intel 的 Coffee Lake (CFL) S 產品線，它們分為多種不同功率等級的各種 APU。根據不同的效能、熱量、空間和佈局的考慮，使用者可以根據相數、是否集成驅動器等因素從立錡 VCORE 控制器產品中為自己的 CPU 內核和 GPU 內核挑選適配的產品。

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			

圖 12：立錡針對 INTEL COFFEE LAKE S 產品線不同產品的 VCORE 轉換器方案

4. CPU 電源也可以 PMIC 化

VCORE 轉換器通常只為 CPU/GPU 的內核提供電源，但某些小型的 APU 會把 I/O 埠和外設控制介面也集成到單一的晶片中使得它們成為所謂的片上系統（SoC）並常常被使用在小尺寸的設備如網路電腦、平板電腦和工業電腦中，因而對高度集成化的 PMIC 有了需求。以 Intel 提供的基於 Atom™ 的 Braswell 計算平臺為例，立錡科技為這樣的應用所提供的電源配置中就有下面幾種，PMIC 也包含在其中。

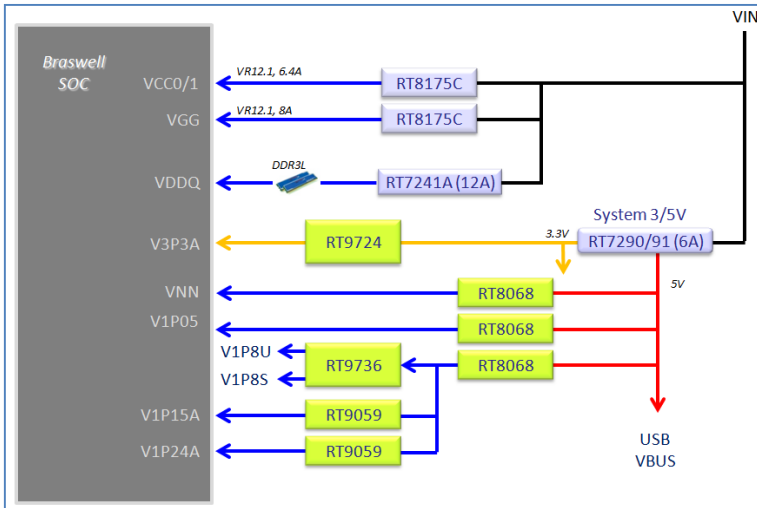


圖 13：分立式 BRASWELL 電源配置

圖 13 所示的是分立式電源配置，其 CPU 內核和 GPU 內核均使用獨立的 Buck 轉換器，為 DDR 記憶體供電的是 12A 的 DDR 電源解決方案，其他低電流的電壓軌則使用獨立的 Buck 轉換器或線性穩壓器。在這樣的設計中，时序問題是很難解決的，那通常需要特別設計控制器來完成。它的另外一個問題是器件數量太多，而且各自獨立運作，即使在待機狀態下也在消耗電能，因而會表現出比較高的靜態功耗。

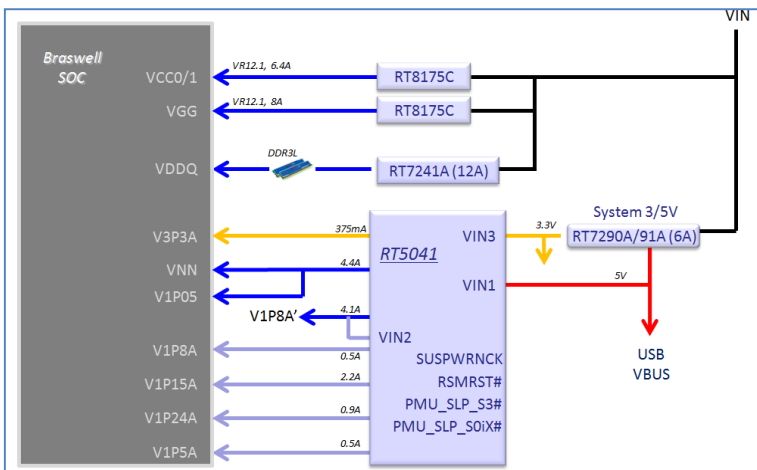


圖 14：使用多輸出 IC 的 BRASWELL 電源配置

在圖 14 所示的方案中，所有的低功率電壓軌都被集成到了單一晶片中，时序管理問題得到優化，待機功耗得到降低，大大延長了電池使用時間。RT5041 的引腳設計根據 Braswell SoC 的設計進行了優化，非常方便 PCB 佈局設計。由於使用 CMCOT 控制架構，瞬態回應特性得到了改善。

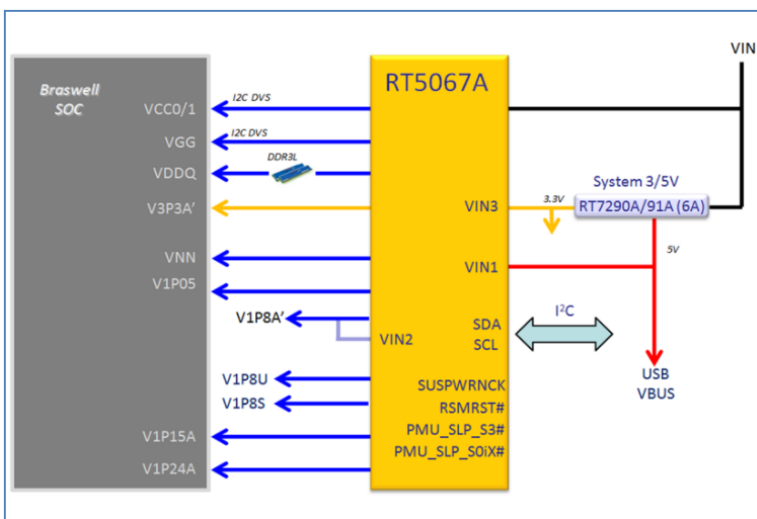


圖 15：使用 PMIC 的 BRASWELL 電源配置

圖 15 顯示的是集成度最高的 Braswell 電源配置，它的所有電源需求都由 RT5067A 提供。在此實現中，電流較低的通道均使用被完全集成化的 ACOT Buck 功率級，具有極高的回應速度；為 VCC、VGG 和 VDDQ 提供大電流的通道則使用外置的 MOSFET 及其驅動器，從而實現了大電流功率級的最優化設計。該設計採用 I²C 介面與 SoC 進行通訊，替代了原有的 VR12.1 標準介面，在 BIOS 的即可完成設置。由於器件數量得到了最大程度的降低，板面空間佔用實現了最小化，還能讓靜態電流消耗最小化，因而可以大大延長電池使用時間和其壽命。

5. VCORE 轉換器驅動器的內置與外置

立錡有許多 VCORE Buck 控制器使用了內置的 MOSFET 驅動器，將它們集成化可以降低器件數量，縮小板面空間的佔用，但有時候保持驅動器的外置也有好處，可在 Buck 控制器和功率級之間的距離比較遠時表現出優勢，避免使用較長的 MOSFET 驅動信號路徑，使得信號的完整性不至於惡化。

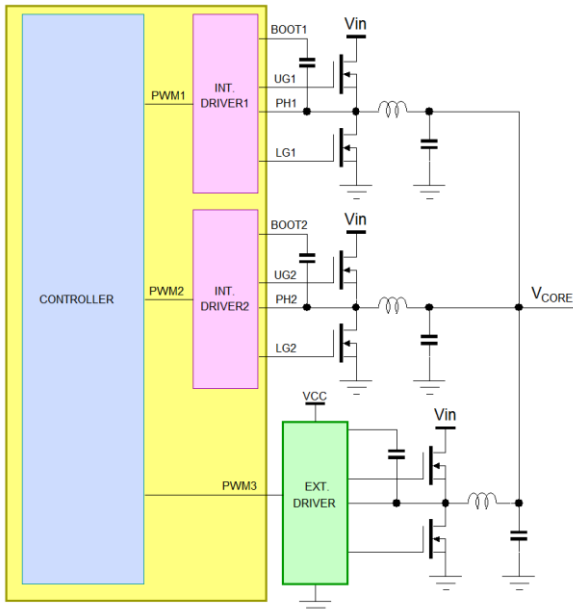


圖 16：MOSFET 驅動器的內置與外置

圖 16 所示的是一個 3 相 Buck 控制器的例子，它含有兩個內置的驅動器，還有一個驅動器外置。這樣的配置帶來很大的靈活性，當無需使用三個相時，第 3 相可以禁止不用，僅使用了驅動器的兩相即可。

遇到需要 3 相的應用時，可將控制器和內置了驅動器的兩相的功率級靠近放置，剩下的第 3 相就可以只要將信號 PWM3 連接到遠處的外置驅動器上即可，而該驅動器可以放在緊靠功率級電路的地方。

圖 17 所示的 PCB 布局圖是一個為 APU 供電的轉換器，它含有兩個輸出。給 CPU 內核供電的是 3 相轉換器，其中 2 相的驅動器是集成化了的；給 GPU 內核供電的是 2 相轉換器，其中 1 相的驅動器是集成化了的。該轉換器的引腳定義針對該 APU 進行了優化，可將集成化了的驅動器和其功率級之間的路徑設計最優化。

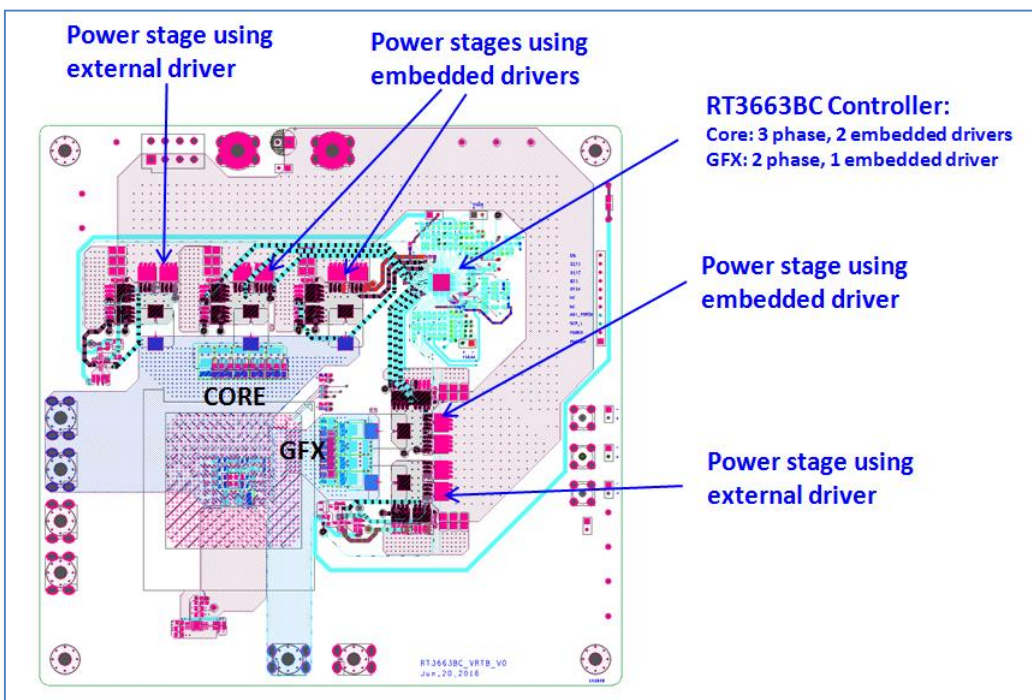


圖 17：VCORE 轉換器內外置驅動器及其設計實例

6. 立錡的 VCore 轉換器設計工具和評估裝置

由於 VCore 轉換器的設計非常複雜，其週邊元件的設計過程非常花費時間。為了幫助設計者縮短其時間耗用，立錡為每顆 VCore 轉換器都提供了 Excel 格式的設計工具。

這些設計工具都含有一個名為 Parameter_Core 的參數輸入頁，用戶可在這裡指定特定的平臺和 CPU 需求。計算所得的週邊元件參數在 Loop_Core 頁面可以看到，這些參數包括諸如 Ton 資料、電流檢測網路參數、負載線參數、誤差放大器補償元件參數、各端子設定元件參數、熱補償和保護參數等。假如設計所用的是 APU 轉換器，針對 CPU 和 GPU 的頁面就是分開的。

圖 18 所示的是一個針對 IMVP8 APU 的設計工具例子，用於 Intel Caffe Lake 平臺。

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	$t_{OVS-MAX}$	90	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)	OCP	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 optimized.

1. TON Connecting & Maximum Switching Frequency

Part	Value	Unit	Note
$T_{on,ccrcrot}$	248	ns	Effective on-time T_{on}
$R_{res,select}$	482	k Ω	Recommended R_{res} value
$R_{res,actual}$	453	k Ω	User-selected R_{res} value
$T_{on,ccrcrot}$	232	ns	CCRCROT on-time $T_{on,ccrcrot}$
$F_{sw,max,actual}$	437	kHz	Maximum Switching Frequency

2. Jitter Calculator

Part	Value	Unit	Note
T_{on}	1040	ns	
$T_{on,ms}$	304	ns	
TIMEASURF	1495	ns	
Jitter	455	ns	
Toff_Max	1430	ns	
DMAX	0.513033992		
DMIN	0.419524092		
D	0.48194278		
Jitter	20.41720611	%	

3. Current Sense Method

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

圖 18：立錡提供的 VCore 轉換器設計工具樣板

立錡 VCore 轉換器評估板的設計都是與具體的 CPU 插座直接對應的，它們都通過了全面的測試以符合 Intel 或 AMD 的測試規範。我們強烈建議按照評估板的設計選用你的輸出電容器和電感器，因為它們對於符合 VCore 電源的需求是非常關鍵的。

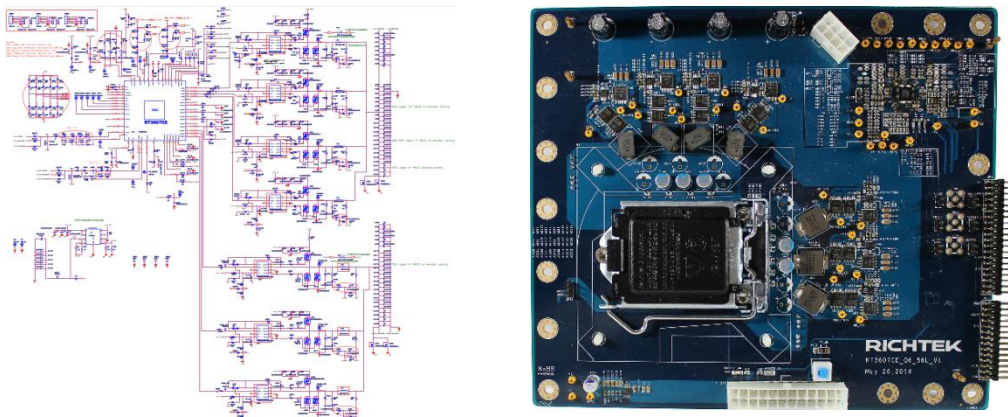


圖 19：立錡設計的 VCore 轉換器評估板樣板

7. 立錡 VCORE 轉換器解決方案的選擇方法

立錡針對 Intel 和 AMD 的平臺提供了大量的 VCORE 控制器產品，圖 20 算是一個概覽。

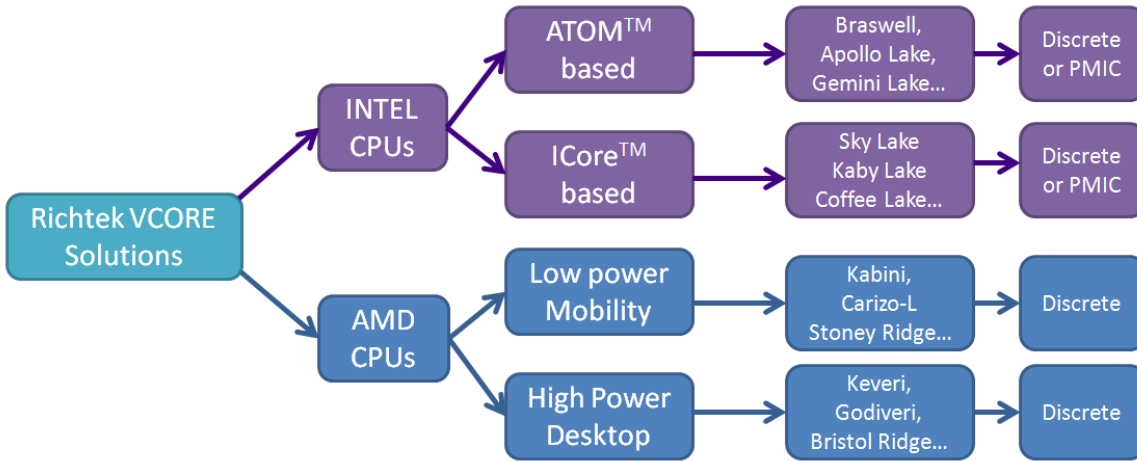


圖 20：立錡 VCORE 產品概覽

針對 Intel CPU 的 VCORE 轉換器

Intel CPU 可以分為兩類：一種以 ATOM™ 為基礎，一種以 iCORE™ 為基礎。

以 ATOM™ 為基礎的 CPU 是針對可攜式、小尺寸、低功率應用的網路電腦、平板電腦和工業電腦的，其平臺名稱有 Braswell、Apollo Lake 和 Gemini Lake 等。

以 iCORE™ 為基礎的 CPU 是針對高性能應用如筆記型電腦、臺式電腦的，其平臺名稱有 Sky Lake、Kaby Lake 和 Coffee Lake 等。

不同代際的 Intel CPU 使用了不同的串列通訊協定，較老的 Braswell CPU 使用 VR12.1 協定，較新的則使用 IMVP8™ 或 IMVP9™，有的 ATOM™ 平臺則使用 I²C 介面。

在立錡官網的 [VCORE selection page](#) 上，只要輸入 Intel CPU 的規格、平臺名稱和插座規格即可找到與之相配立錡 VCORE 轉換器產品型號；在 [Intel VCORE Solutions page](#) 頁面上可以找到針對不同 Intel 平臺的電源系統框圖；想對立錡的 VCORE 轉換器產品和解決方案有個鳥瞰的讀者可以下載 [Richtek VCORE product selection list](#)。

針對 AMD CPU 的 VCORE 轉換器

AMD 的 CPU 同樣可以分為針對可攜式應用的低功率產品和高性能產品兩類。針對低功率可攜式應用的平臺包括 Kabini、Carizo-L、Stoney Ridge、Raven 等。針對高性能臺式應用的平臺包括 Keveri、Godiveri、Bristol Ridge、Summit Ridge 等。

AMD 的 CPU 平臺名稱也可根據 CPU 插座類型分為 FT3、FP4、FP5、FM2+、AM4 等。

AMD CPU 所使用的串列通訊介面被稱為 SVI2。

在立錡官網的 [VCORE selection page](#) 頁面上輸入 AMD CPU 的規格、平臺名稱和插座規格即可找到對應的 VCORE 產品型號資料，想對立錡的 VCORE 轉換器產品和解決方案有個鳥瞰的讀者可以下載 [Richtek VCORE product selection list](#)。

為什麼找不到某些產品的資訊？

當你找不到某個特定的 VCORE 轉換器的相關資料時，這是因為它是在和 Intel/AMD 的合作中開發出來的，基於保守秘密的緣故，立錡不能在網路上公開它們。如果你在應用中需要某特定型號產品的資訊，或是要為特定的 CPU 平臺找到最佳的電源解決方案，請與你附近的[立錡業務窗口](#)聯繫。

相關資源

[立錡科技電子報](#)[訂閱立錡科技電子報](#)

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.