

應用 BCM™ 母線轉換器組成大功率陣列

Paul Yeaman - V.I 晶片應用工程部經理

引言

本應用筆記會介紹並聯多個BCM組成大功率陣列的設計方法及指引。

內容	頁
引言	1
理論	1
設計	1
輸入/輸出 阻抗對稱	2
輸出電阻需匹配	2
散熱需平均	2
由多個輸入源 供電的陣列	3
設計例子	3
一般需知及指引	6
總結	6

理論

分別並聯多個 BCM(母線轉換模組)的各輸入及輸出端，它們便會均流。均流的精確度卻受以下各項的影響：1) 輸入及輸出連接的阻抗匹配；2) 各 BCM 各自的輸出阻抗(R_{OUT})；3) 散熱均衡性。

理論上，是可以並聯非常多個 BCM 的。但實際上當並聯超過 10 個 BCM 時會因上述 1)及 3)項影響而變得困難。如設計並聯超過 10 個 BCM 的陣列，務請與我司應用工程部聯絡協助。

BCM 是隔離的轉換器，因此 BCM 陣列的輸出可以並聯，而輸入則可從不同的輸入源供電。在這種情況，各輸入電壓便必須相等才可達至均流。另外，BCM 輸出阻抗越少，便更需要各輸入電壓相等，才可避免不平均地分配電流。

設計

請參考圖 1 作為 2 個 BCM 並聯陣列的設計例子。

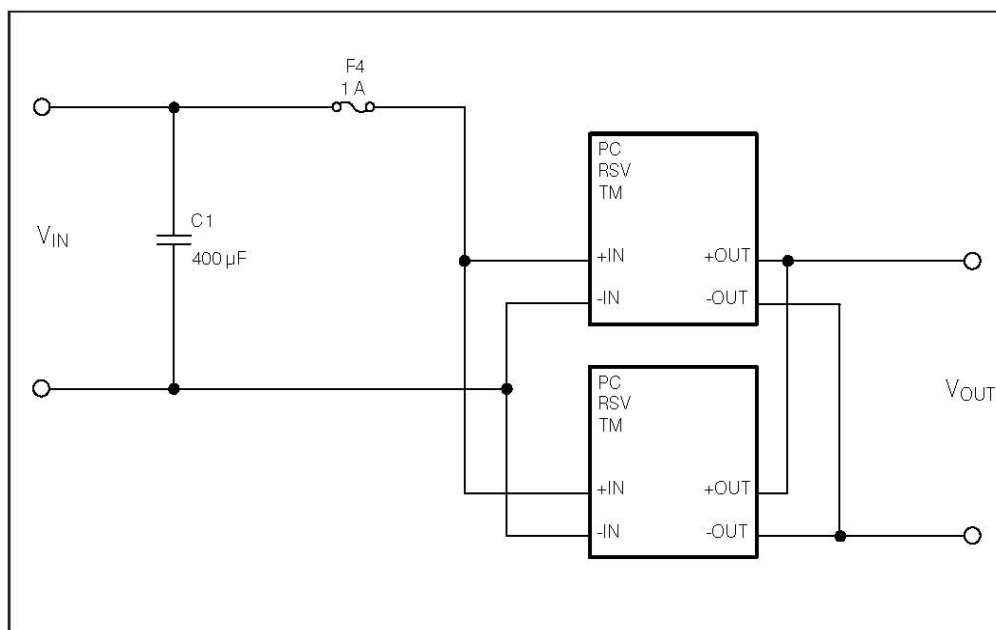
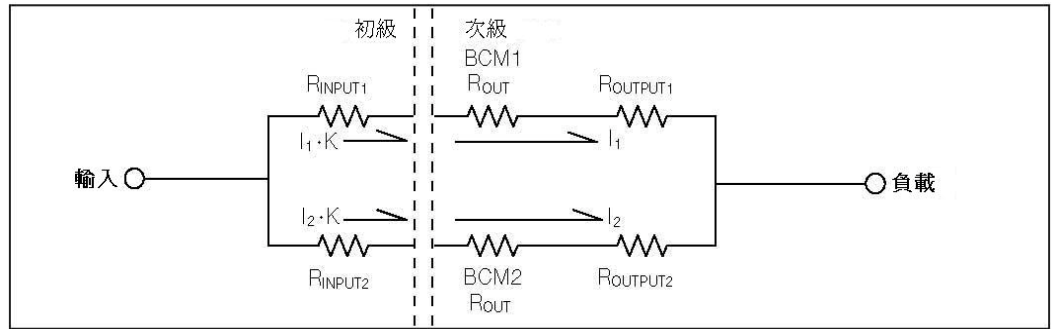


圖 1
2 個 BCM 並聯
的陣列

輸入 / 輸出阻抗對稱

在設計大功率陣列的首要關注事項是電路板佈線能否做到輸入分佈及輸出分佈對稱。圖2所示是2個BCM並聯均流的簡化模型。這個簡化電路只顯示主要元素，而每個BCM則以電阻值 R_{OUT} 的電阻表示。而這個模型是可以很容易地擴展至更大的陣列。

圖 2
BCM分配的簡化模型



如果 $R_{INPUT1} = R_{INPUT2}$ 及 $R_{OUTPUT1} = R_{OUTPUT2}$ ，在兩路通過的電流便會相等。當 $R_{OUTPUT1}$ 增加時，相對通過的電流便會正比減少。另一點十分重要的事，當 R_{INPUT1} 增加時， I_1 卻以 K 因素的平方而減少。而BCM的 K 因素越細($\ll 1$)，輸入阻抗匹配的重要性就越輕。舉個例子，假設下列的資料：

$$K = 1/32$$

$$R_{OUT} = 10 \text{ m}\Omega$$

$$R_{OUTPUT1} = R_{OUTPUT2} = R_{INPUT1} = 0$$

$$R_{INPUT2} = 1 \Omega$$

$\frac{I_1}{I_2}$ 算式便是：

$$I_1 \cdot R_{OUT} + (I_1 \cdot K \cdot R_{INPUT1}) \cdot K = I_2 \cdot R_{OUT} + (I_2 \cdot K \cdot R_{INPUT2}) \cdot K$$

因 $R_{INPUT1} = 0$ ，所以：

$$I_1 \cdot R_{OUT} = I_2 \cdot R_{OUT} + I_2 \cdot K^2 \cdot R_{INPUT2}$$

把相關數值代入可得出：

$$I_1 \cdot \frac{1}{100} = I_2 \cdot \left(\frac{1}{100} + \frac{1}{1024} \right)$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{11}{10}$$

這顯示 $K=1/32$ 的 BCM1 所帶的電流比輸入串聯了 1Ω 阻抗的 BCM2 約多 10%。但是，如果 $K=1$ 時，BCM1 便會帶上全部 100%的電流。

輸出電阻需匹配

BCM 的輸出電阻值(R_{OUT})範圍已在參數表中列明，而且帶有正溫度係數特性，這會更有利均流。隨著 BCM 溫度由於功耗增加而升高，其 R_{OUT} 增加，陣列上通過該 BCM 的電流減少，其功耗也就減輕。有助改善陣列的均流。

散熱必需平均

由於 R_{OUT} 是帶正溫度係數特性，假設多個BCM的位置都是十分接近和具有相等的散熱，陣列的功耗便平分在每個BCM模組上。

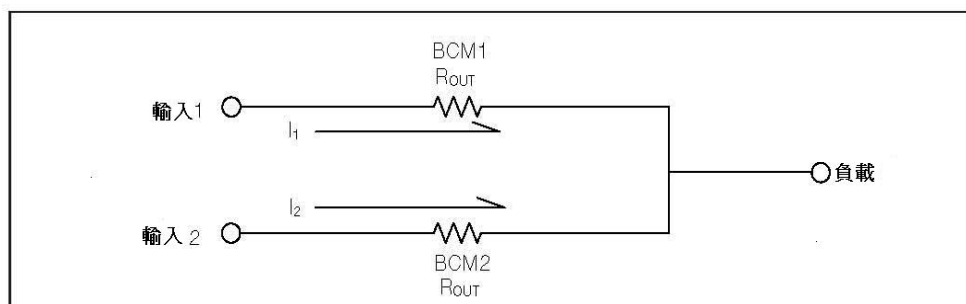
一個BCM的真正功率限制是基於功耗，所以，在陣列上那個具較低 R_{OUT} 的BCM會有較高的電流(因而更高功率)；但其實它的功耗與陣列上鄰近的BCM是一樣的；會有相同的MTBF特徵。

多個BCM組成的陣列總功率，可以說是等於每個BCM的功率和並聯的BCM數量相乘。但即使是最理想的情況，流過每個BCM的電流都不會相等，因而在陣列滿載時，通過BCM的電流也不會完全平均地分到各BCM的。但如果假設陣列中各BCM是均等地散熱，輸入及輸出阻抗都是匹配好的，只要每個BCM的功耗也相同時，陣列中不完全均流的精確度是可以接受的。這當然在任何情況下，都不能超出BCM的最高額定DC電流。

由多個輸入源供電的陣列

圖 3 所示是各 BCM 由不同輸入源供電的佈局。

圖 3
並聯陣列由
不同輸入源供電



在這個例子中，先假設沒有輸入和輸出阻抗。如果在 $V_{IN1} = V_{IN2}$ 時，通過兩個部份的電流便會相等。但舉例假設以下資料：

$$\begin{aligned} V_{IN1} &= 48V \\ V_{IN2} &= 49V \\ R_{OUT} &= 1\text{ m}\Omega \\ K &= 1/32 \\ I_{LOAD} &= 100\text{ A} \end{aligned}$$

兩個BCM便需要滿足以下的算式：

$$(V_{IN1} \cdot K) - (I_{OUT1} \cdot R_{OUT}) = (V_{IN2} \cdot K) - (I_{OUT2} \cdot R_{OUT})$$

$$\text{而且, } I_{OUT1} + I_{OUT2} = 100\text{ A}$$

這便可以從以上算式分別找出 I_{OUT1} 和 I_{OUT2} 將會是：

$$I_{OUT1} = 35\text{ A 及,}$$

$$I_{OUT2} = 65\text{ A}$$

相同的技巧可以應用在更大的BCM陣列。

如果 $(V_{IN1} - V_{IN2}) > (I_{OUT1} \cdot R_{OUT})$ 的時候，BCM1便會試圖把電流灌回BCM2來把 V_{IN2} 增加。為避免發生反向電流，可在各BCM的+IN串上二極體便可。

設計例子

圖 4 所示是一個總輸出功率達 2.1kW 的電源陣列，由 7 個 300W 的高壓 BCM 並聯組成。表 1 的資料是依照圖 5 所示的實驗室佈置量度出來的電流分佈情況，它顯示即使在不太理想的裝置環境，(如連線過長，分散的電路板，用金屬柱通過電流等)，陣列的整體均流仍在 5% 內的。

由於 BCM 以 $>1\text{MHz}$ 頻率開關，所帶出的輸出紋波更會是開關頻率的 2 倍。因此，輸出的濾波便只需要併合電路板接線的寄生電感和在負載點加上細小的電容便可。在 BCM 的輸入加上電感器，可以局限 BCM 的高頻紋波電流，這可以減低 EMI 雜訊，同時可減少(或去除)因各 BCM 非同步的開關而產生的拍頻(beat frequency)，從而提升整個系統的穩定性。

而陣列中的每個 PC 腳都連接一起。可同時控制整個陣列起動或停用。這點是重要的，設想一下如不這樣做，陣列起動時，電流會超過單個 BCM 的負荷。

圖 4
7 個 BCM 並聯的陣列

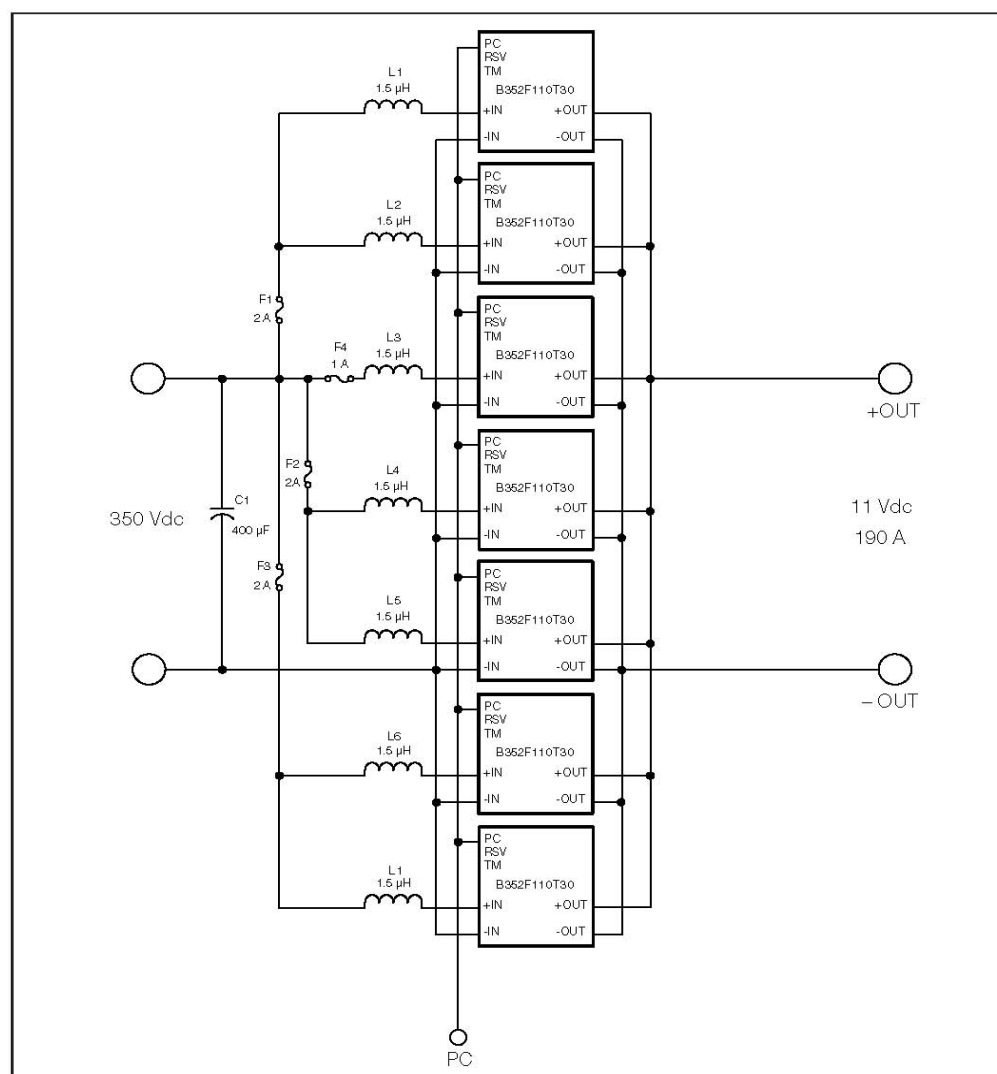
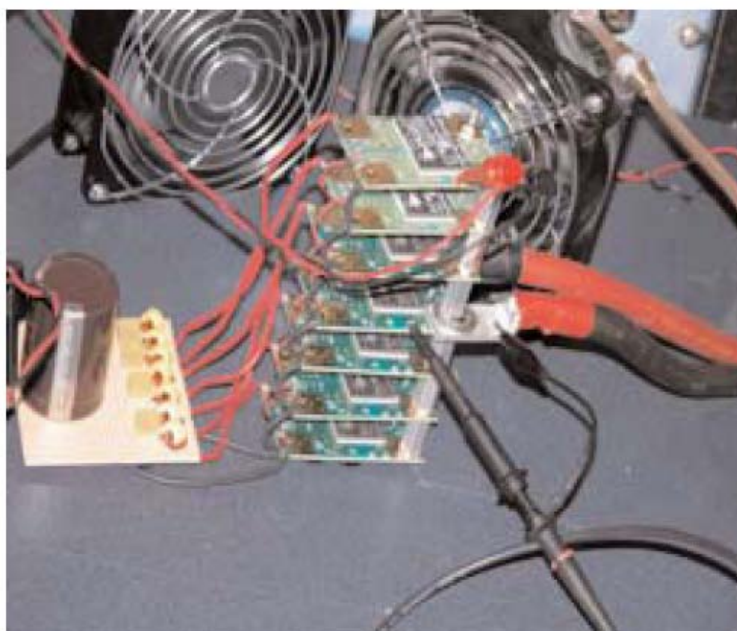


表1
7個BCM陣列的
均流情況

模組編號 #	48 A 負載 (6.86 A / BCM)		95 A 負載 (13.6 A / BCM)		143 A 負載 (20.4 A / BCM)		192 A 負載 (27.5 A / BCM)	
	I _{BCM}	%偏差率	I _{BCM}	%偏差率	I _{BCM}	%偏差率	I _{BCM}	%偏差率
U1	5.9	14.0	12.6	7.4	19.2	5.9	27.6	0.4
U2	7.1	3.4	13.2	2.9	19.9	2.5	27.3	0.7
U3	6.7	2.4	13.6	0.0	20.6	1.0	27.7	0.7
U4	7.4	7.9	14.4	5.9	21.3	4.4	27.4	0.4
U5	7.1	3.4	14.0	2.9	20.8	2.0	27.5	0.0
U6	7.2	5.0	14.0	2.9	20.9	2.5	27.7	0.7
U7	6.8	0.9	13.5	0.7	20.4	0.0	27.2	1.1
比較額定 值的最差 偏差率(%)		14.0		7.4		5.9		1.1

圖 5
在實驗室示範 7個
BCM陣列



一個更精優的BCM陣列例子是B384F120T30-PB示範板(如圖6所示), 384Vdc轉為12Vdc, 1200 W。

圖 6
B383F120T30-PB
示範



一般需知及指引

1. 請確定每個 BCM 都串上符合安全認證要求的保險絲。
2. 陣列中各 BCM 的 PC 腳必須連接一起控制所有 BCM 同時起動或停用。
3. 所有信號和大功率連線必須在印刷板上佈線來減少阻抗和雜訊耦合。如需要 PCB 佈線指引，可參閱應用筆記 AN:005。
4. 在各 BCM 的 +IN 線路中必須串上一個電感器。在初級裏儘量以減少初級端內的高頻電流循環流動，以及減低因非同步開關所產生的拍頻 (beat frequency)。
5. 如陣列是由不同輸入源供電給各 BCM，但輸出並聯時，應把各輸入源做到匹配相同，因輸入電壓的匹配是均流中的一個重要角色。
6. 在較大的陣列中，电路板的複雜佈線可能使輸入或輸出的阻抗難以匹配每個 BCM。這時，便需以改變線寬的技巧來使到遠近位置的 BCM 都能做到阻抗均同。
7. 同樣，在較大的陣列中，要把各 BCM 模組的散熱做到匹配相等也是十分困難的。這時，便需要在散熱器的設計或調校空氣流動的引導，儘量把各 BCM 都是分均地散熱。為了維持模組的可靠性在最高水準，應儘量把整體的溫度降低。

總結

把多個 BCM 模組並聯可以做出大功率陣列的，但需要注意輸入及輸出連接的設計。當輸入及輸出分別並聯後，各 BCM 模組便可固有成均流。而 BCM 的 R_{OUT} 是帶正溫度係數特性，從而提升均流的精確度。假設散熱是做到均等的話，陣列就能在滿功率的準確均流而不需額降。設計陣列時，應根據各項指引，令系統在保護，效率，可靠性及減少雜訊等方面均能達最佳水準。

文中所載的資料都是經 Vicor 審核及認為正確的。但 Vicor 對有關應用不負任何責任。Vicor 產品並非應用在以下範圍：如因儀器失效或錯誤操作危害人生安全之生命支援系統。有關細則需依據 Vicor 的銷售條款。

資料如有更改，不另通知。