

Innovative approach for EV high-voltage-to-SELV conversion

電動汽車高壓到SELV轉換的創新方法

Jeff Chang 張仁程

Vicor Taiwan FAE

電動汽車高壓到 SELV 轉換的創新方法

- 電動汽車電源高壓趨勢和挑戰
- Vicor 電動汽車解決方案先進的拓撲和封裝
- 電動汽車高壓到 SELV 轉換的創新解決方案
 - 母線轉換器模組(BCM)
- Vicor 800V 至 48V BCM6135 性能
- 使用 Vicor 電源模組的電動汽車系統

48V 系統：在車輛應用降低重量且節約成本



可擴展到整個
OEM 車輛平台

當前發生的兩個趨勢

800V 車輛的設計和架構很複雜

由高壓電池、電機、逆變器、感測器、控制裝置、接線和輔助系統等組件組成

48V 系統和組件的部署增加

將高壓降為安全(SELV)水準的挑戰:

- 效率
- 安全
- 爬電距離和電氣間隙
- 高電壓的材料成本更高
- 成本

將高壓轉換為 SELV 的挑戰

效率

安全

爬電距離和
電氣間隙

峰值功率需求

封裝尺寸很大

熱挑戰

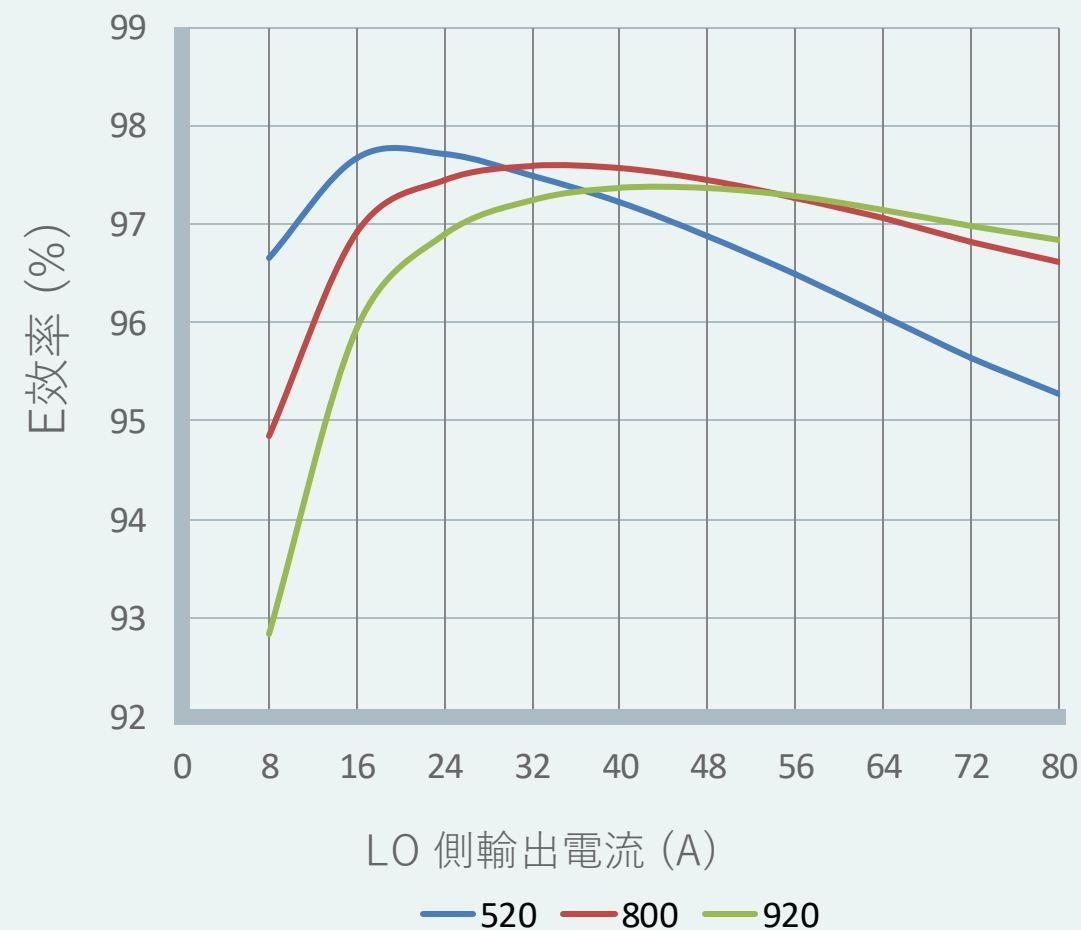
需要低壓電池或超級電容

瞬態響應

效率

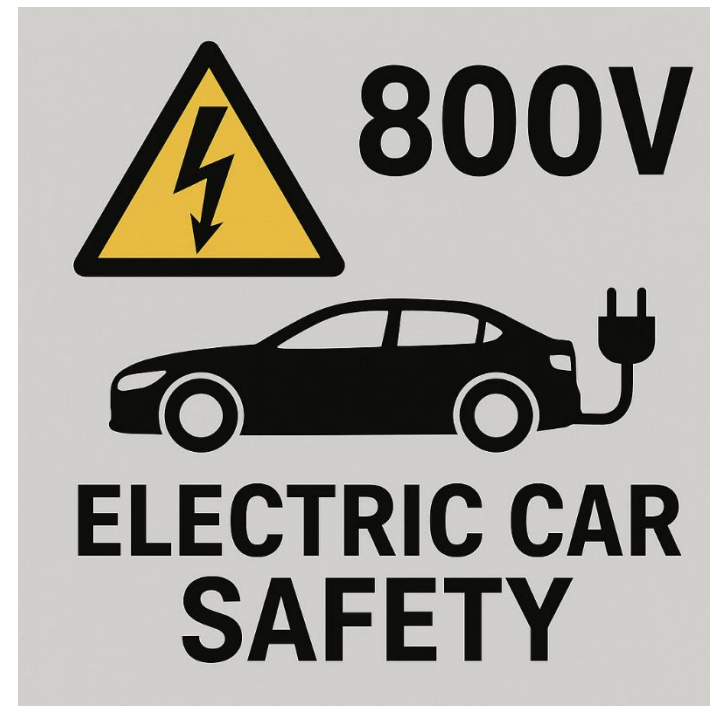
- 系統目標在 95-97%之間
- 更高的效率通常意味著更大的系統
- Vicor 利用“系統方法”實現最佳封裝、控制系統和動力總成，達到 98-99% 的峰值

25° C 環境下效率的量測數據



安全

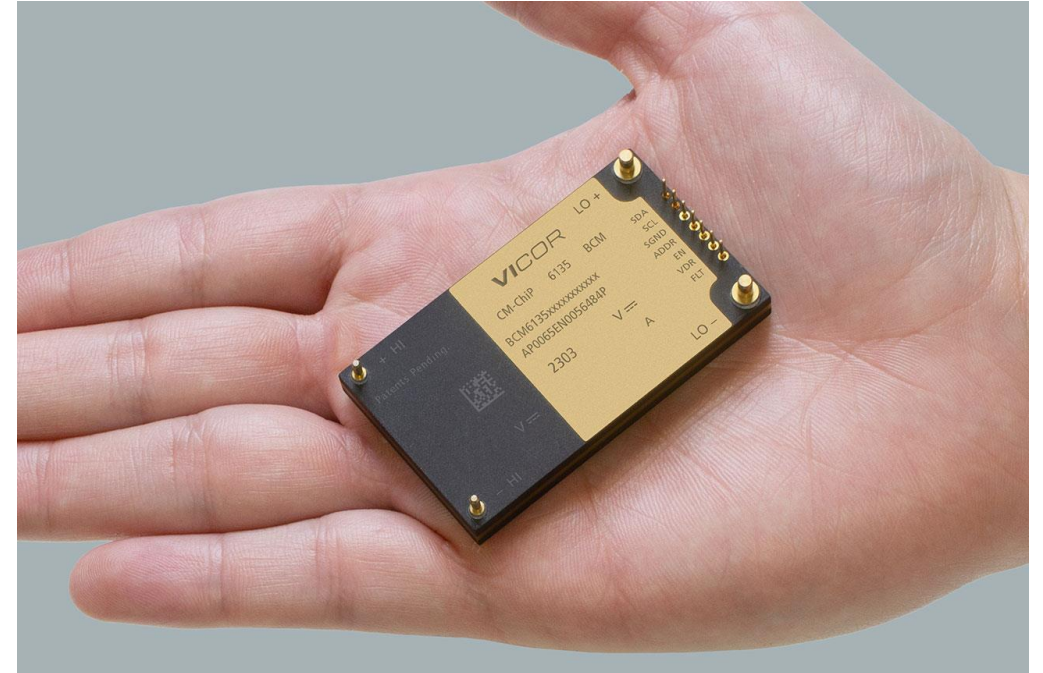
- 電動和混合動力汽車（EHVs）比內燃機（ICE）汽車使用更高的電壓（高達800V DC）
 - 接觸60V DC以上的電壓會使人心臟停止跳動！
- 更高的電壓系統需要更多的安全距離來防止過電壓和電弧
- 800V 電源設計比 400V 需要更多的絕緣
- 800V 系統需要先進的電池管理才能安全、高效地運行



爬電距離和電氣間隙

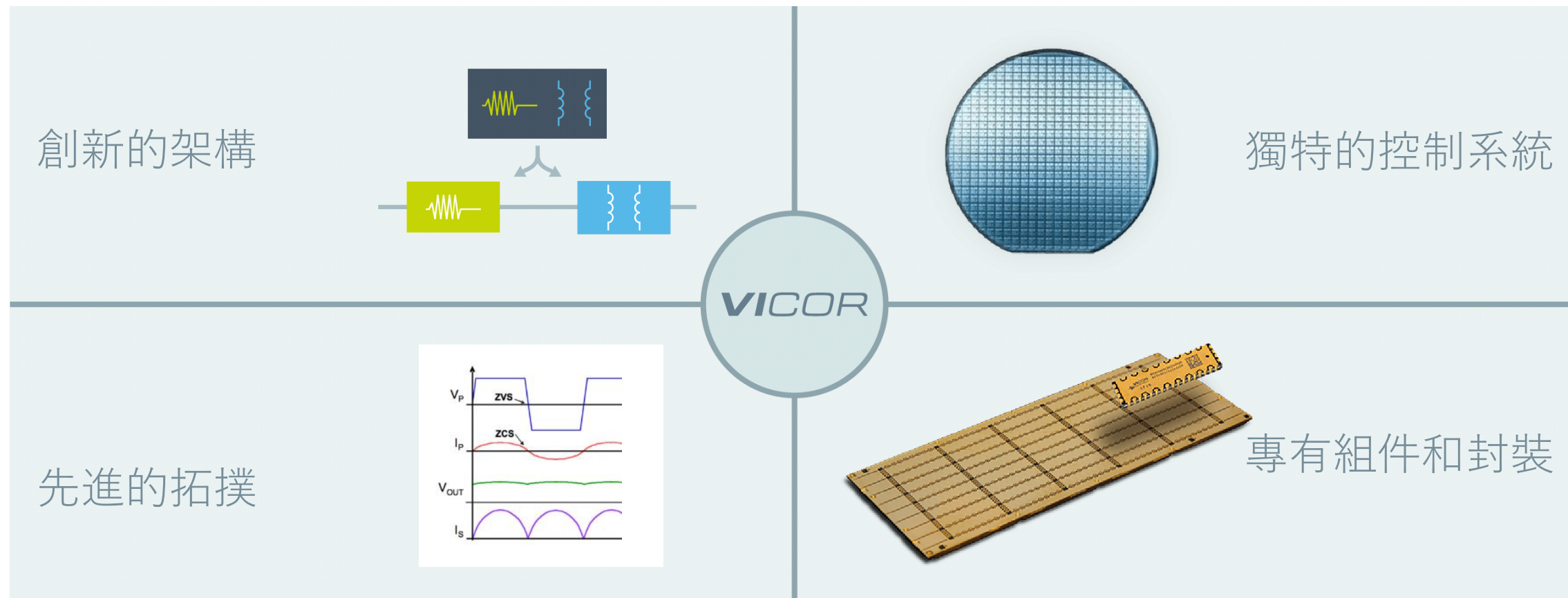
OEM 正在推動對更高電壓爬電和間隙的嚴格要求，這會影響系統尺寸：

- **安全標準**：這些距離對於滿足安全標準和法規至關重要
- **可靠性**：適當的間距有助於確保組件和系統的長期可靠性
- **防止電力故障**：爬電和間隙不足會導致電弧或電力故障，從而造成故障、火災，甚至傷害



Vicor 電動汽車解決方案先進的拓撲和封裝

電源系統創新的四大支柱

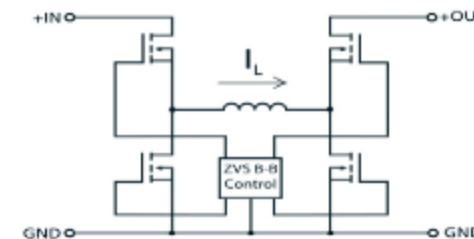


實現高密度、 高效率、 更輕重量以及低雜訊

- 拓撲
- 高頻率開關
- 平面磁性組件
- 半導體集成
- 模組化、3D 封裝
 - 無可匹敵的外形
 - 卓越的散熱和電磁干擾特性
 - 設計靈活性

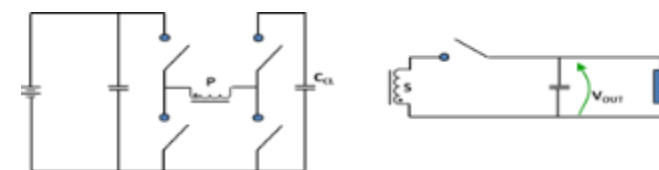
ZVS 穩壓器

非隔離 DC-DC 穩壓器



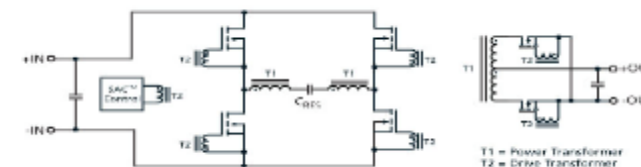
雙箝制 ZVS (DC-ZVS)

隔離、穩壓
DC-DC 或 AC-DC 轉換器



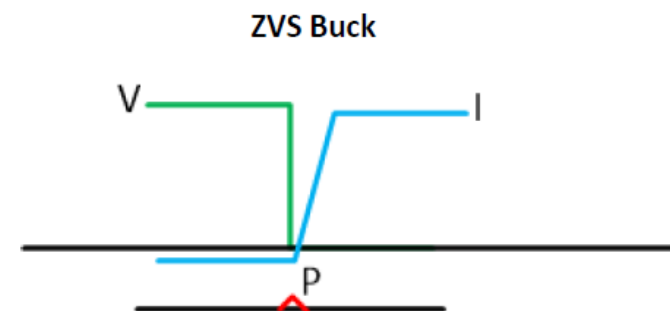
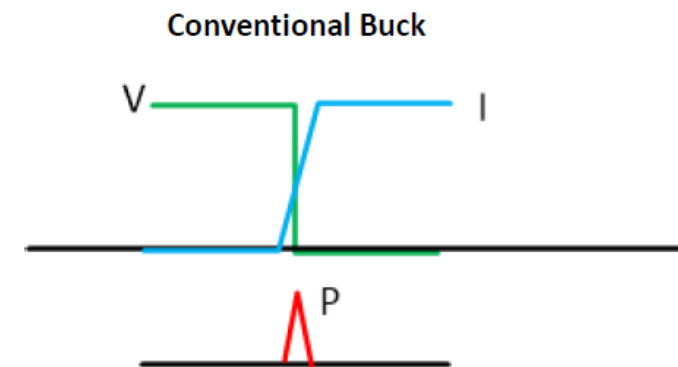
正弦振幅轉換器 (SAC)

隔離、固定比率 DC-DC 變壓器



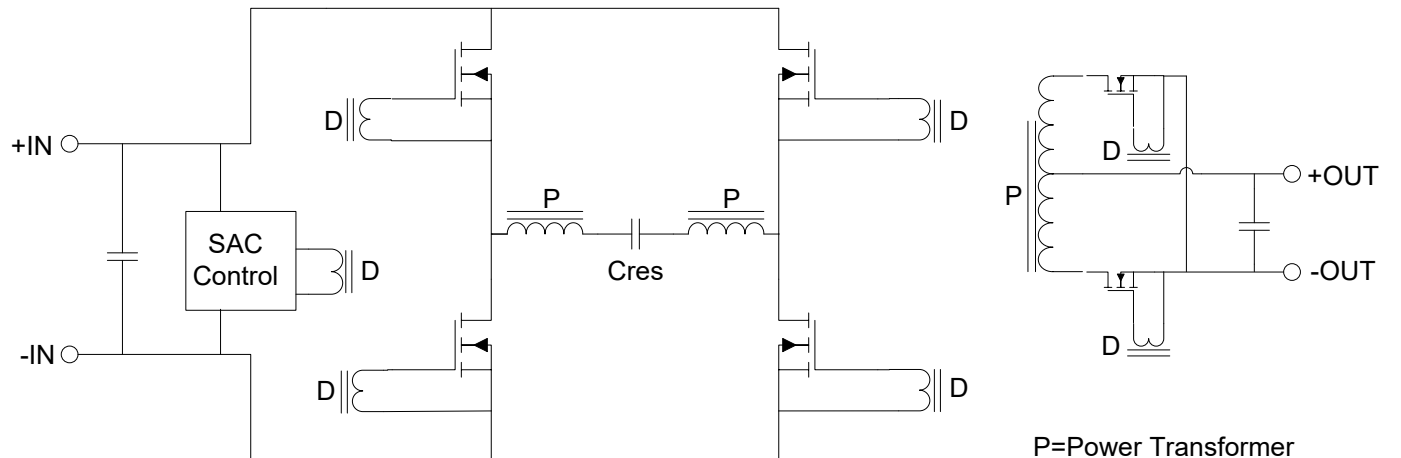
什麼是零電壓開關？

- 零電壓開關是一種將電流導入開關，在開關導通之前實現兩側電壓一致的技術
- 這大大減少或消除了開關損耗
 - 使開關頻率增加 4 倍（或更多），減小磁性元件的尺寸
 - 降低大幅降級的危險
- ZVS 用於所有 Vicor 電源產品

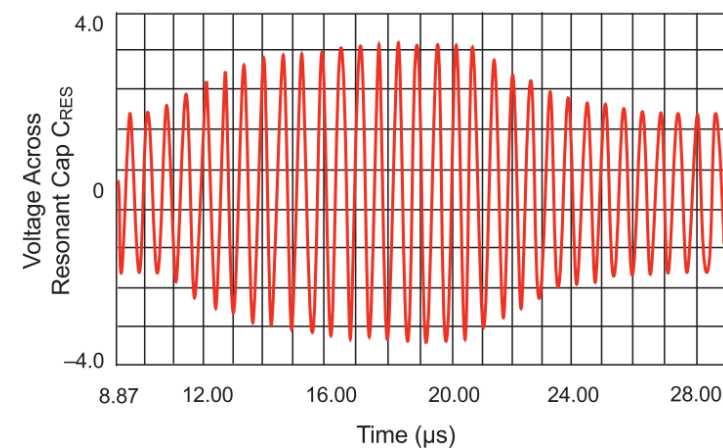


Vicor 拓撲：正弦振幅轉換器 (SAC)

- 基於變壓器的串聯諧振拓撲
- 固定比率DC-DC轉換器
 - 開環控制（無穩壓轉換器）
- 固定開關頻率
 - 與一次側諧振頻率匹配
- 零電壓開關和零電流開關
 - 極低的開關損耗

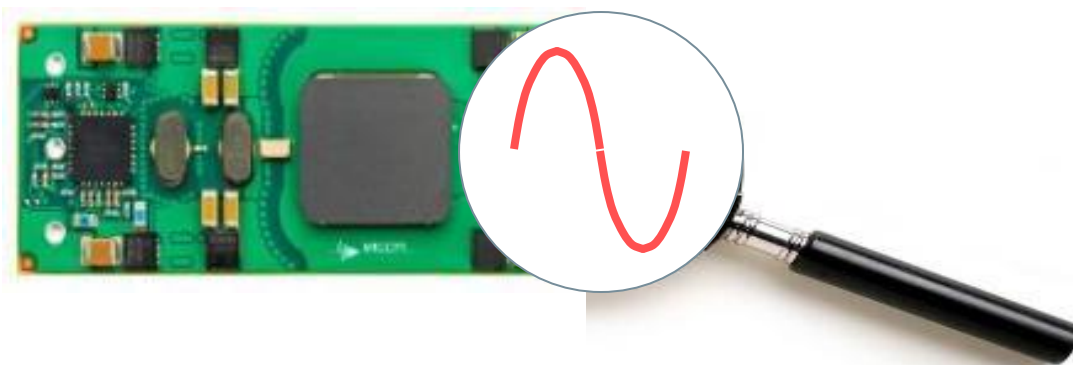


P=Power Transformer
D=Drive Transformer



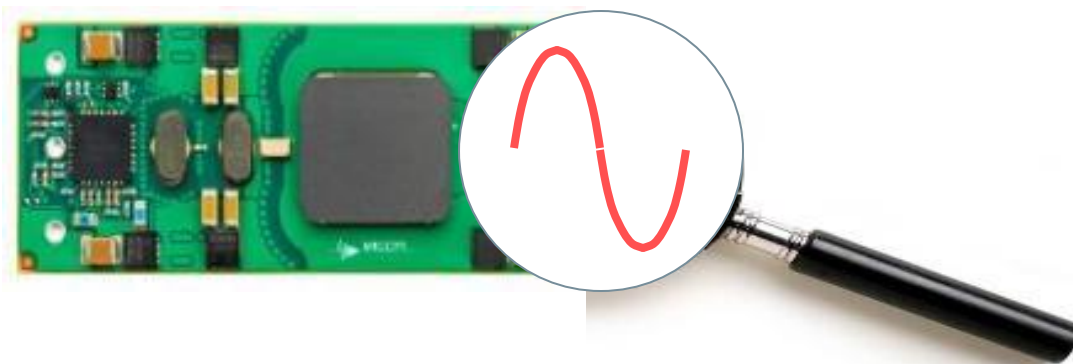
SAC 拓撲的優點——始終為正弦電流

- 快速瞬態響應：
 - 諧振槽自然會讓電流流動，輸出電壓在幾個開關週期內穩定下來
- 減少電磁干擾：
 - 頻譜非常窄
- 雙向：
 - 功率可以在整個轉換器頻寬內從輸入到輸出進行處理，反之亦然
- 最佳濾波：
 - 開關頻率以下無諧波，開關頻率以上少量諧波



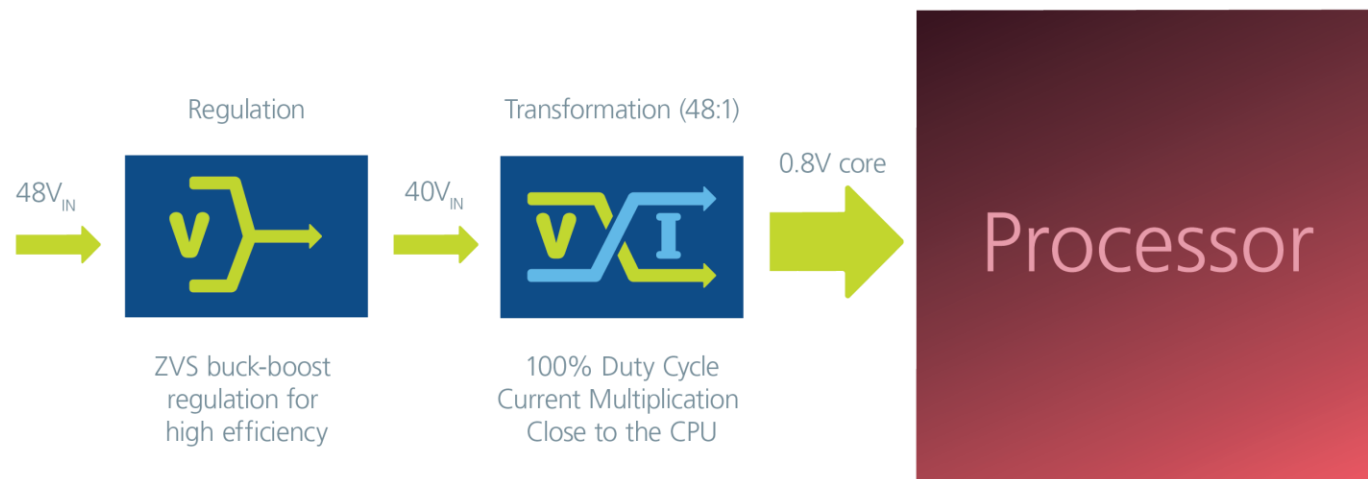
SAC 拓撲的優點——始終為正弦電流

- 零電壓、零電流切換：
 - 所有轉換，每個週期
- 使組件具有更高的品質：
 - 縮小對器件規格降額要求的範圍
- 無開關損耗：
 - 開關頻率不受電源開關損耗的限制
- 低峰值和平均電流和低電壓峰值：
 - 矽開關的最有效使用



Vicor 分比式電源架構

- 前級穩壓：
 - 使穩壓階段的輸入和輸出盡可能接近理想值 (1:1)
- 負載點的轉換（電流倍增）：
 - 最小化電流倍增器的阻抗
- 軟開關拓撲：
 - 最小化雜訊
 - 啟用高開關頻率 (1-3MHz)
 - 實現高功率密度

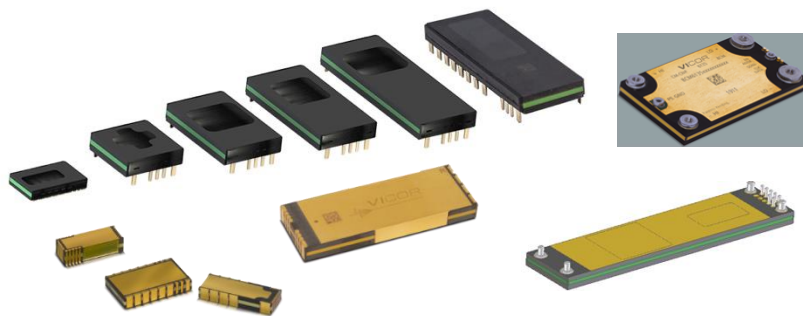


Vicor 電動汽車解決方案先進封裝

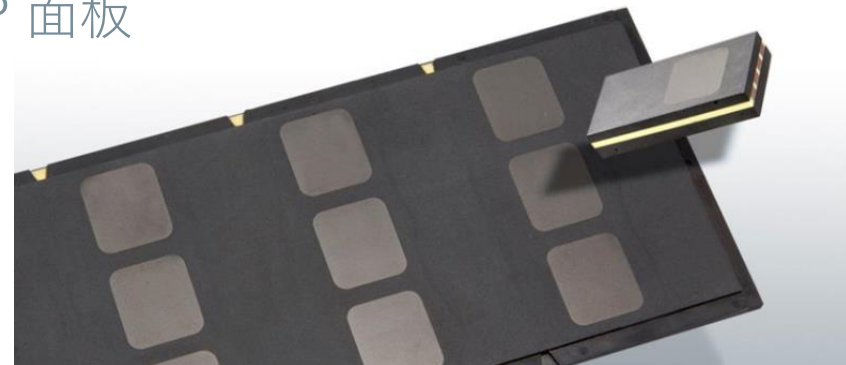
SM-ChiP 面板



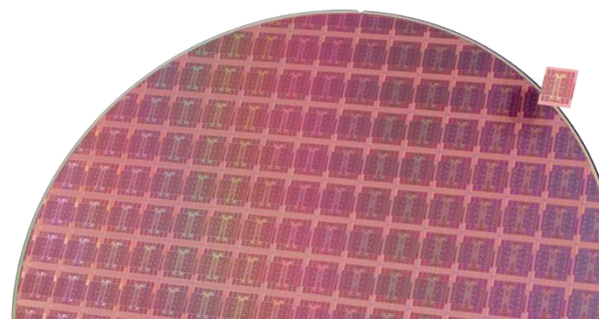
基於 IC 的控制器元件數量少，可靠性高



ChiP 面板



半導體晶圓片

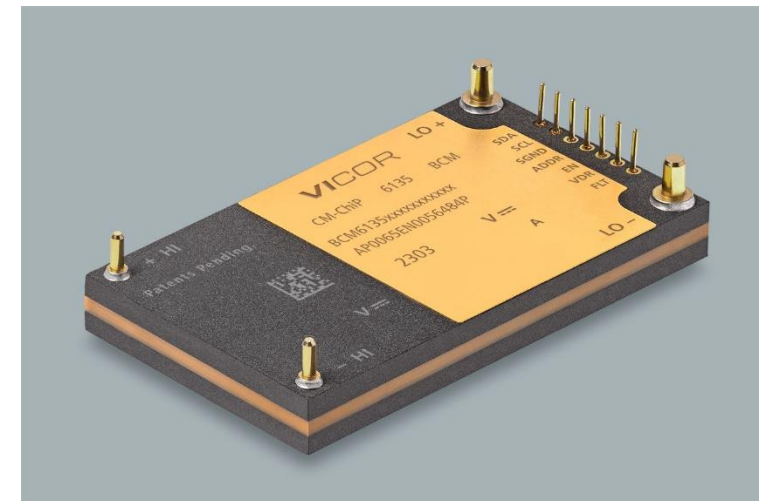


電動汽車高壓到 SELV 轉換的創新解決方案

母線轉換器模組(BCM)

BCM 拓撲 – 正弦振幅轉換 (SAC)

- 諧振拓撲
- 在諧振頻率、固定增益下工作
- 軟開關， 恒定頻率/占空比
 - 低電磁干擾特性
 - 開關損耗最小化
- 實現更高的開關頻率和更低的體積/重量
- 變壓器設計、諧振電路設計、低 Q 值
- Vicor 擁有優化設計的知識產權



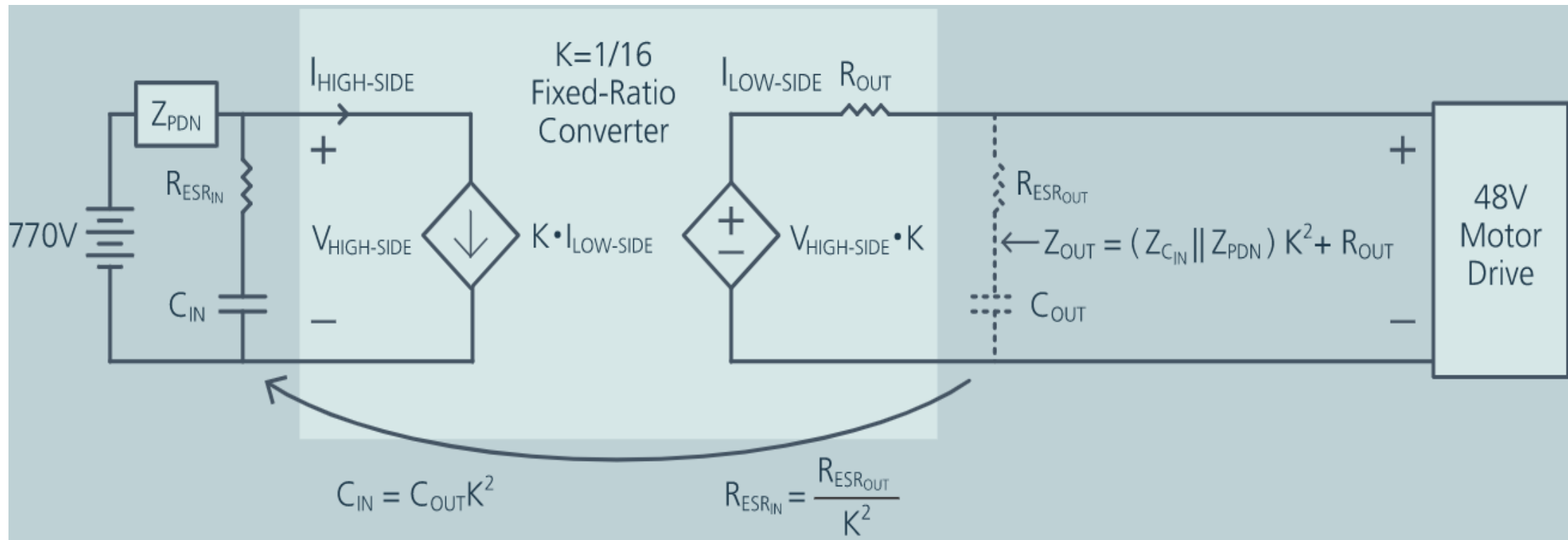
BCM6135

800V $\leftrightarrow$ 48V @80A

61.3 x 35.4 x 7.3mm

58g

阻抗反射降低了有效源阻抗



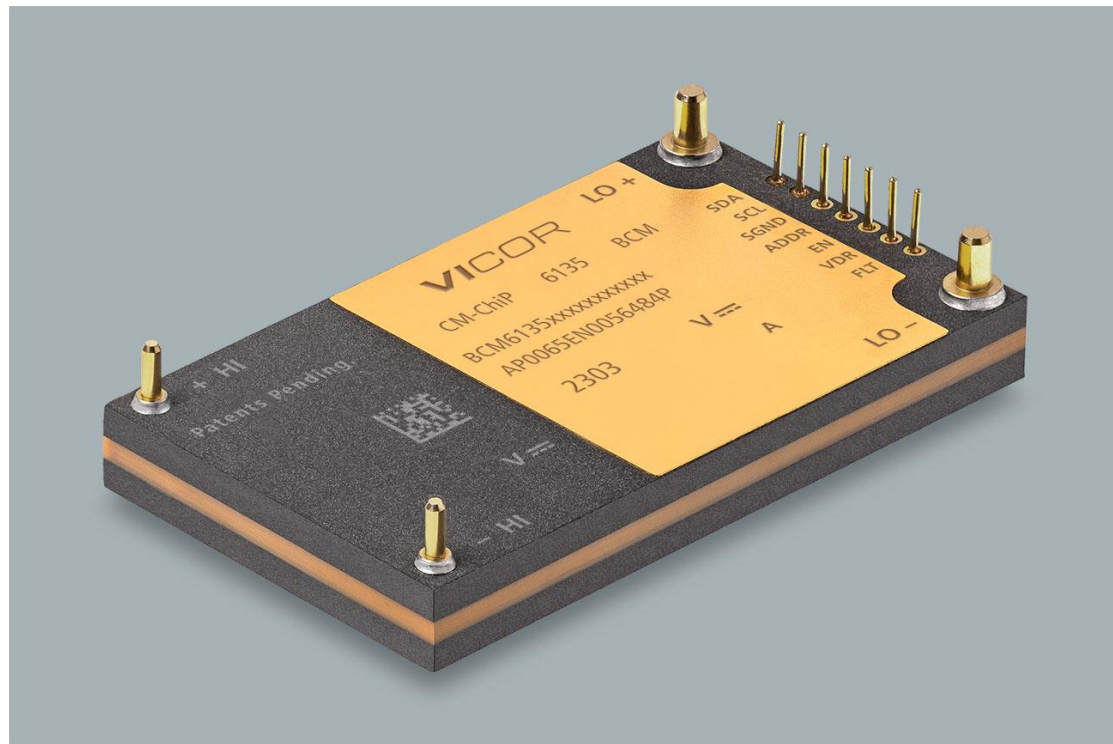
阻抗反射將有效源阻抗降低了 K^2 倍，從而降低了所需的電容。

對於這些高度動態和強大的負載，降低電阻和電感阻抗可以提高動態和靜態效能。



Vicor 800V 至 48V BCM6135 性能

BCM6135 – 2500W, 隔離, 800V <> 48V 固定比率轉換器



輸入：520 – 920V

輸出：32.5 – 57.5V

電流：80A

效率：高達 97.3%

PMBus™ 用於遙測和控制

61.33 x 35.35 x 7.42mm

BCM6135 – 正弦振幅轉換技術/拓撲

■ 正弦振幅轉換器拓撲：

- 零電壓開關
- 零電流開關

■ 固定比率轉換：

- 將電壓/電流相除/相乘

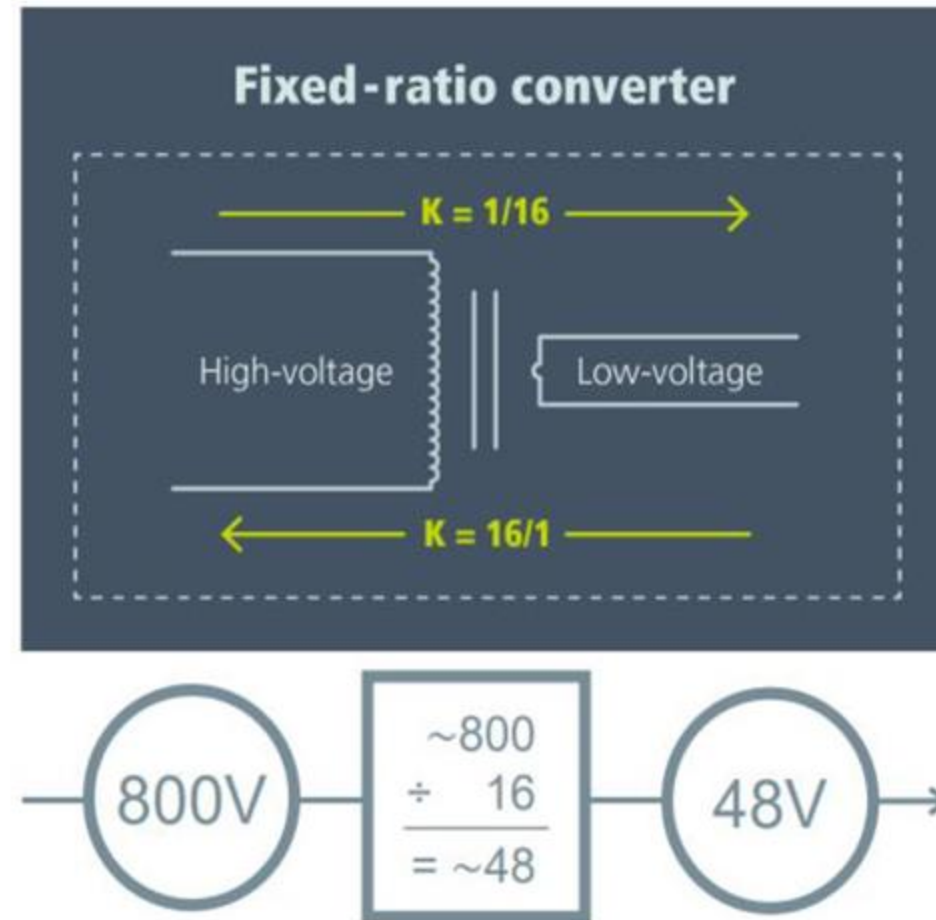
■ 極快的瞬態電流能力

■ 理想變壓器效能

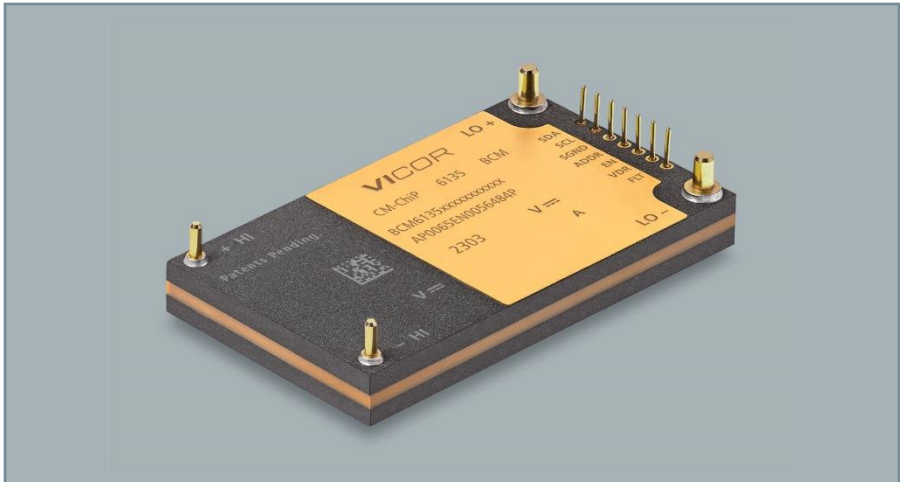
■ 無需使用電感器

■ 不依賴於內部儲能

■ 電容倍增



熱效能相當於 FET



符號	熱阻抗	定義
$\Theta_{\text{NON-PIN_SIDE}}$	1.4	從 BCM 內部最熱的部件到非 PIN_SIDE
$\Theta_{\text{PIN_SIDE}}$	1.4	從 BCM 內部最熱的部件到 PIN_SIDE

VS



600V CoolMOS™ P6 Power Transistor
IPL60R360P6S

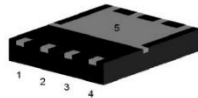
1 Description

CoolMOS™ is a revolutionary technology for high voltage power MOSFETs, designed according to the superjunction (SJ) principle and pioneered by Infineon Technologies. CoolMOS™ P6 series combines the experience of the leading SJ MOSFET supplier with high class innovation. The offered devices provide all benefits of a fast switching SJ MOSFET while not sacrificing ease of use. Extremely low switching and conduction losses make switching applications even more efficient, more compact, lighter and cooler.

Features

- Extremely low losses due to very low FOM $R_{\text{ds(on)}} \cdot Q_g$ and E_{oss}
- Very high commutation speed

ThinPAK 5x6



3 Thermal characteristics

Table 3 Thermal characteristics (non FullPAK)

Parameter	Symbol	Values			Init	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Thermal resistance, junction - case	R_{thJC}	-	-	1.4	°C/W	-
Thermal resistance, junction - ambient	R_{thJA}	-	35	62	°C/W	Device on 40mm*40mm*1.5 epoxy PCB FR4 with 6cm ² (one layer 70µm thick) copper area for drain connection and cooling. PCB is vertical without blown air.
Soldering temperature, wavesoldering only allowed at leads	T_{sold}	-	-	260	°C	reflow MSL1

$I_{\text{D,pulse}}$	30	A
$E_{\text{oss}@400V}$	3	µJ

瞬態響應

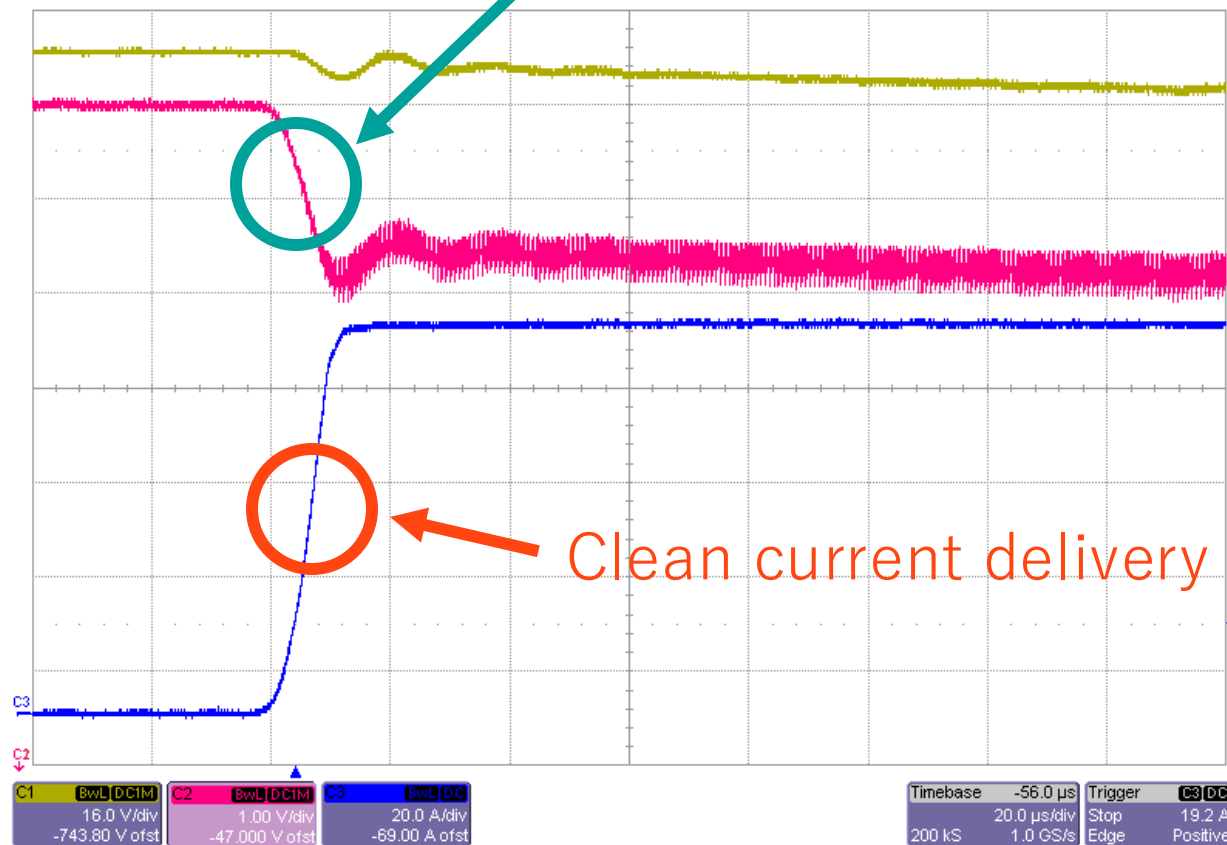
電池提供
250A/秒

BCM6135 提供
8M A/秒

- 最高的電力性能
- 速度提升 32,000 倍

負載低到高的瞬態響應

Vin 和 Vout 以 K=1/16 進行換算



$$V_{HI} = 800V$$

I_{LO} 從 0A – 80A 變動

$$di_{LO}/dt \approx 8.6A/\mu s \text{ (8.6MA/s)}$$

No C_{LO}

CH1 – V_{HI} : 16V/div. (DC)

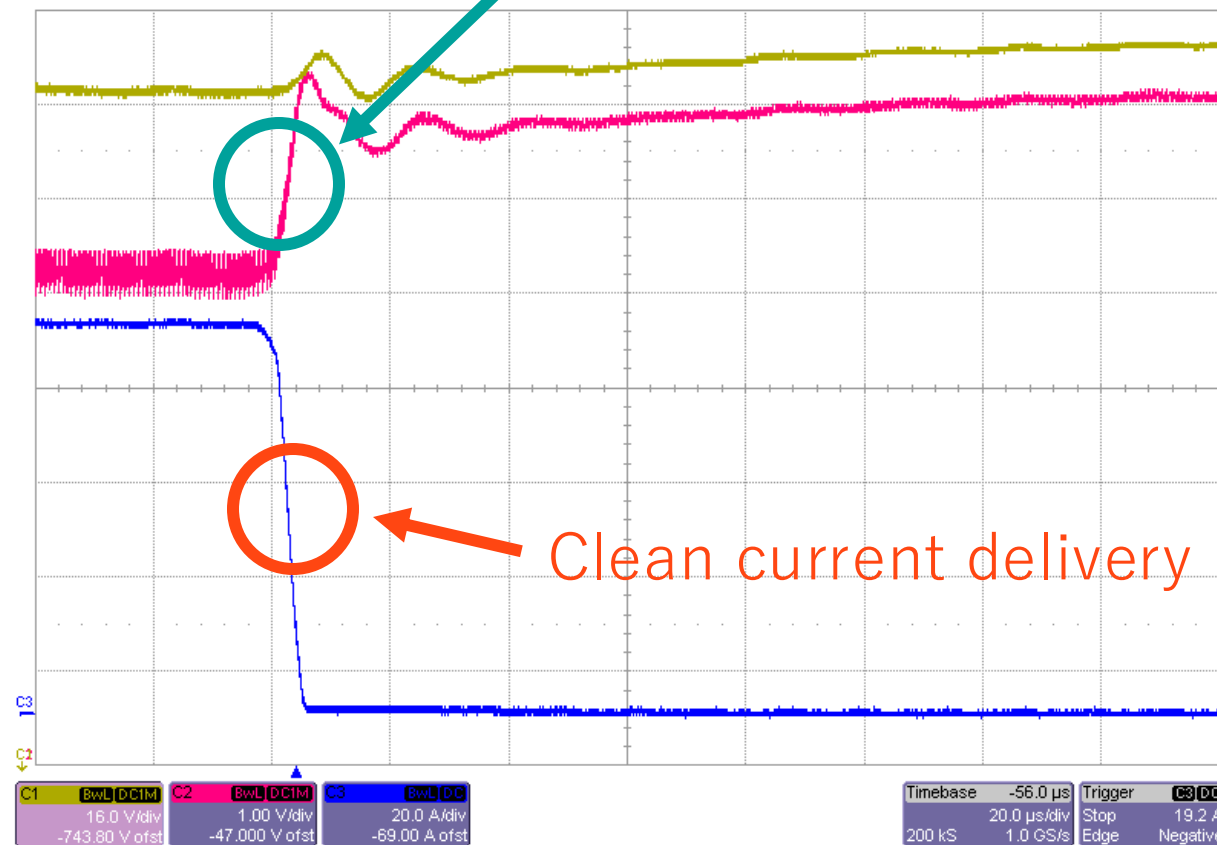
CH2 – V_{LO} : 1V/div. (DC)

CH3 – I_{LO} : 20A/div. (DC)

Timebase – 20µs/div.

負載高到低的瞬態響應

V_{in} 和 V_{out} 以 $K=1/16$ 進行換算



$$V_{HI} = 800V$$

I_{LO} 從 80A – 0A 變動

$$di_{LO}/dt \approx 17.6A/\mu s$$

(17.6MA/s)

No C_{LO}

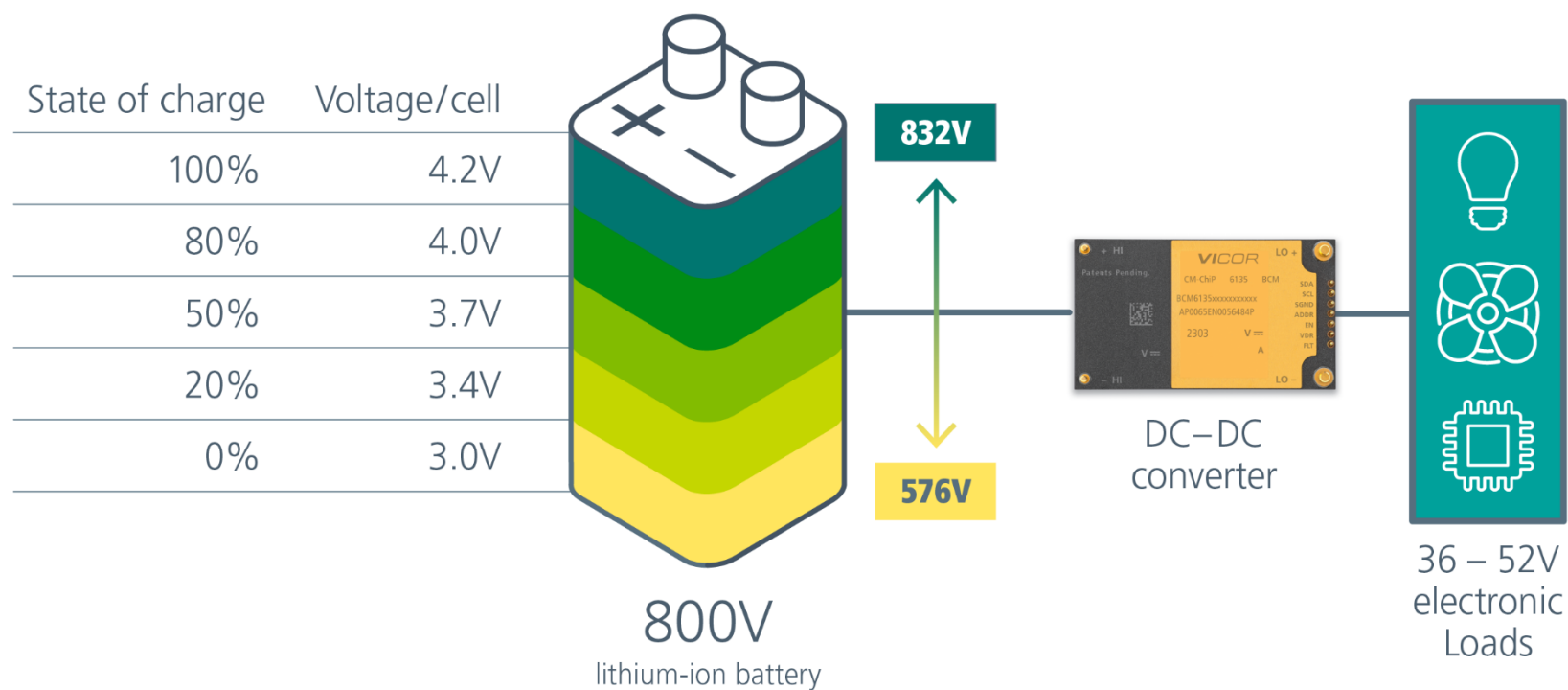
CH1 – V_{HI} : 16V/div. (DC)

CH3 – I_{LO} : 20A/div. (DC)

CH2 – V_{LO} : 1V/div. (DC)

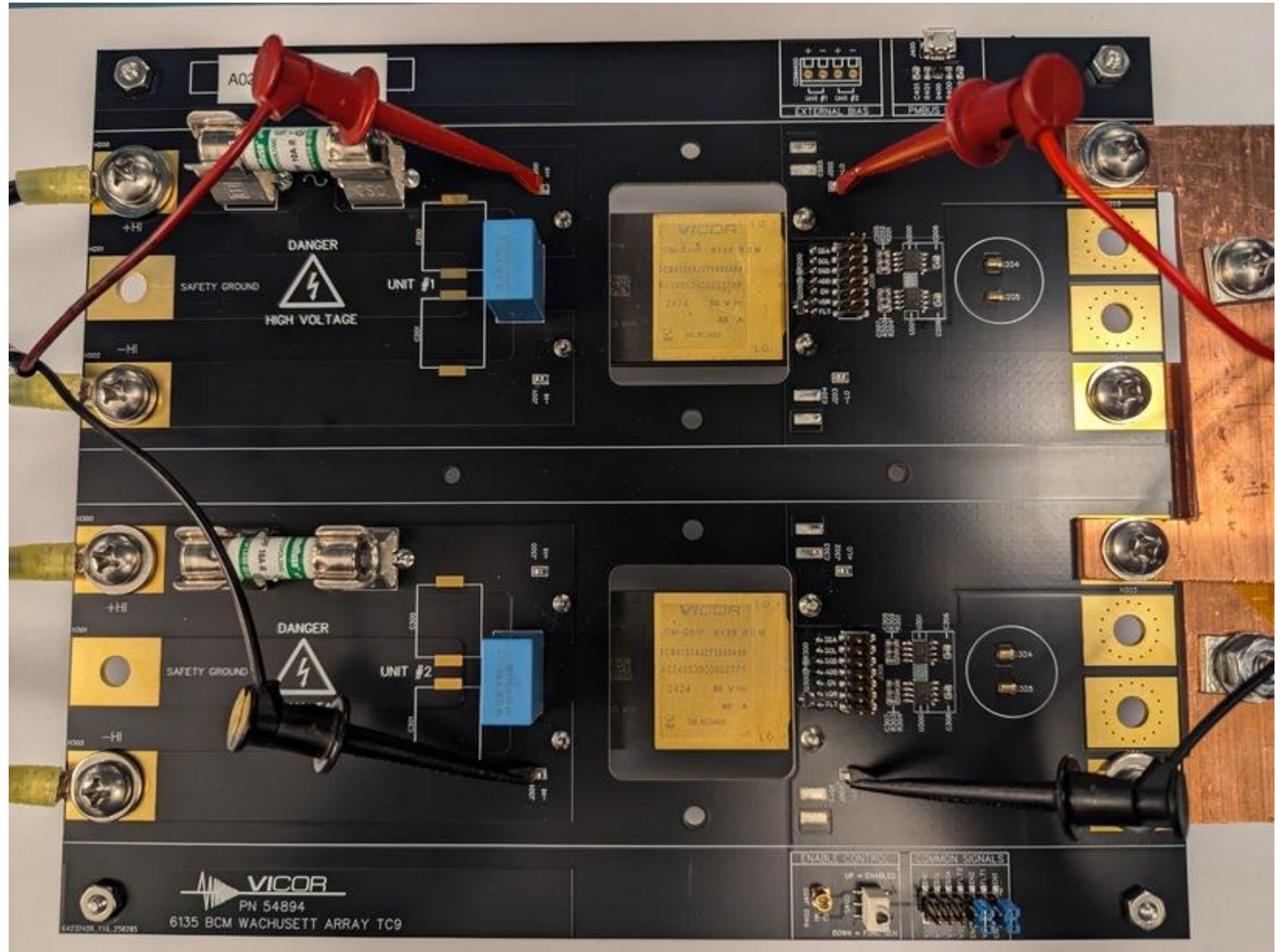
Timebase – 20 μ s/div.

採用正弦振幅轉換器的電源解決方案



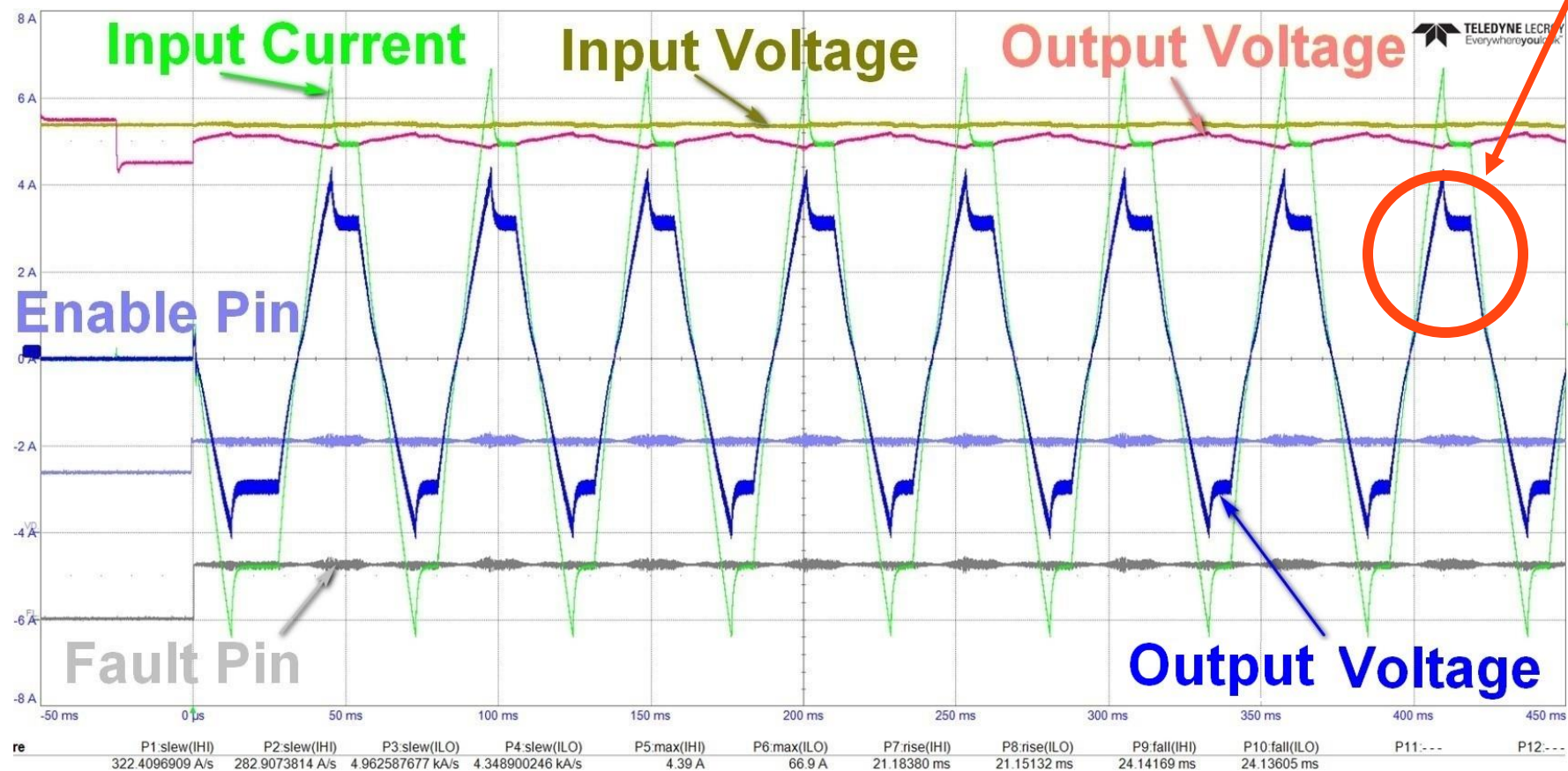
- 更高的電壓 > 更大的功率，更少的電流損失，更多的能量存儲
- 單個鋰離子電池的串聯和並聯組合（示例）
- 高壓範圍約為高壓最大值的30%（+電流引起的電壓降）
- 主要負載：
 - 帶牽引逆變器的電機
 - 暖通空調
 - 輔助電機

SAC 實施範例

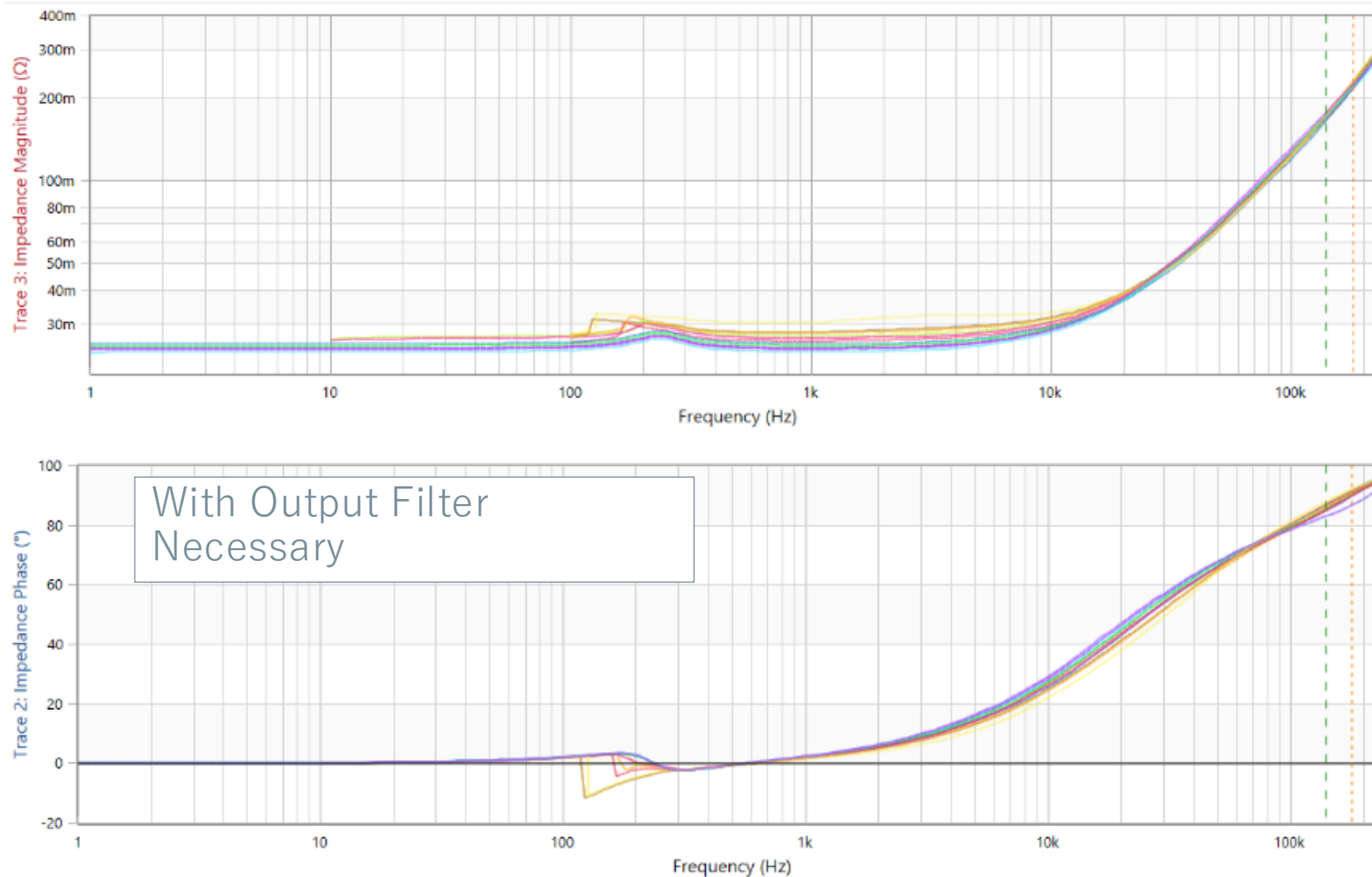


零延遲雙向操作

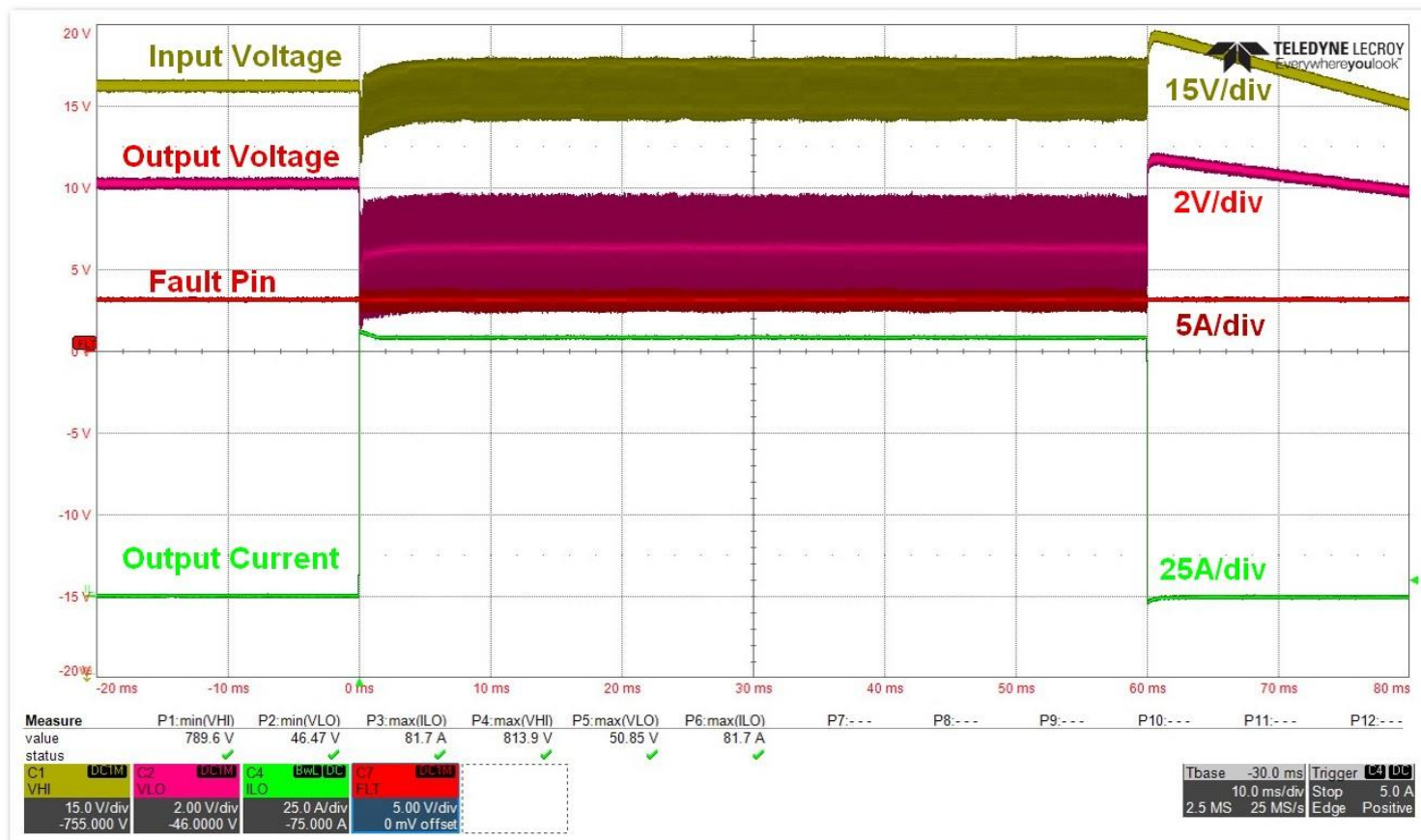
零延遲



無寄生 C和 I，實現快速瞬態響應



峰值電流/功率



Vicor BCM6135 性能總結

無需 48V 電池

無需 48V超
級電容

無需低壓
DC-DC 穩壓
器

瞬態響應最
大化

零延遲對稱
再生

降低成本、
尺寸和重量

擴展到整個
汽車 OEM 平
台

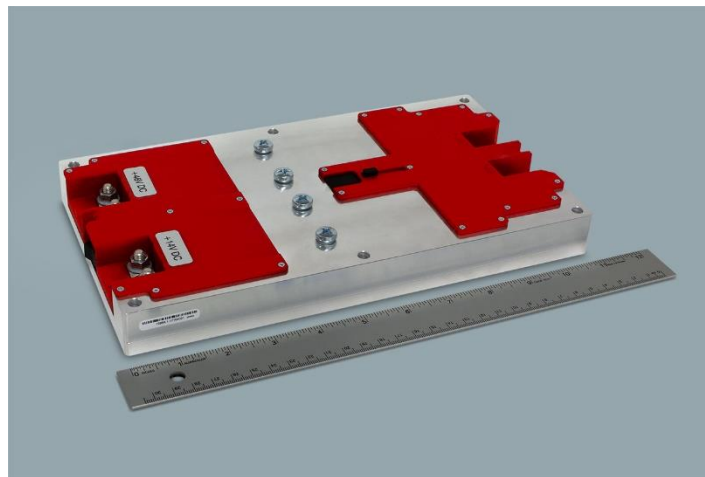
使用 Vicor 電源模組的電動汽車系統

Vicor 電源模組



4kW 800 – 48V 或 12V DC-DC

使用電源模組的系統



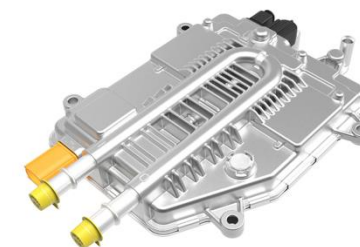
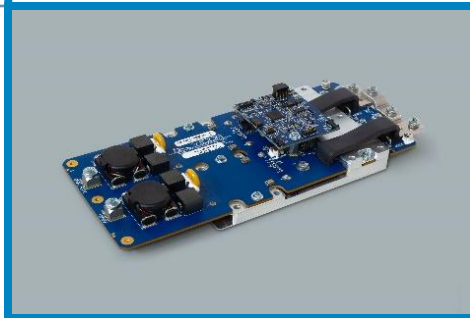
1.1L 4kW 800V-12V DC-DC
功率密度：3.6 Kw/L, 2.4 kW/kg



1.0L 150kW 800V-400V DC-DC
功率密度：150 Kw/L, >80 kW/kg

用 Vicor 電源模組的電動汽車系統 功率密度提高 3 倍

	Vicor 解決方案	Tesla Model X	Vitesco 4 th Generation
Pout W (輸出功率)	4000 @ 13.8V	2300 @ 12 V	3500 @ 14.5V
輸出電流 A	290	193	240
重量 kg	1.4	2.1	2.6
體積 L (w/o 連接器)	1.1L	1.8L	2.5 L
功率密度 kW/liter	3.63	1.3	1.34
重量功率密度 kW/kg	2.85	1.1	1.5





謝謝！