

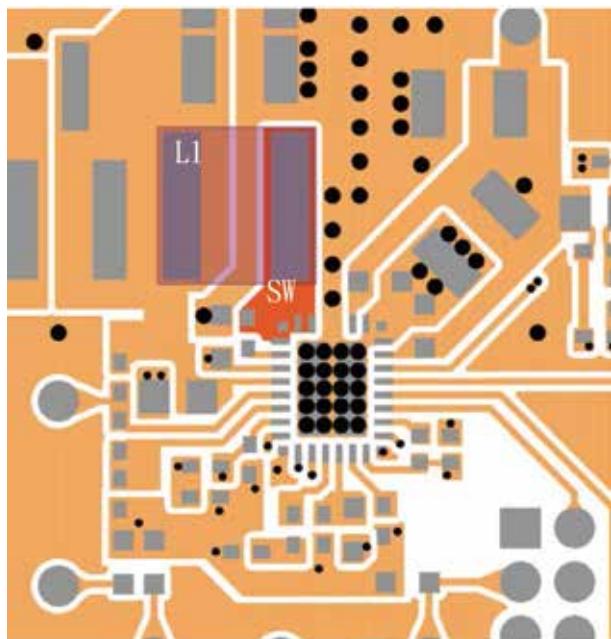
# SMPS 電感的安裝方向會影響輻射嗎？

■作者：Keith Szolusha / ADI 應用總監  
Gengyao Li / ADI 應用工程師  
Frank Wang / ADI EMI 工程師

切換模式電源 (SMPS) 產生的 EMI 輻射頻譜是由許多參數組成的函數，包括熱回路大小、切換速度 (迴轉率) 和頻率、輸入和輸出濾波、遮罩、佈局和接地。一個潛在的輻射源是切換節點，在很多原理圖上稱為 SW。SW 節點銅可用於天線，發射快速高效的高功率切換事件產生的雜訊。這是大多數切換穩壓器的主要輻射源。

頂層 SW 節點的銅量當然應該最小化，以限制天線尺寸。透過單晶片切換穩壓器 (IC 內的電源開關)，SW 節點從 IC 一直到電感，並在頂層留下一個短佈線。透過使用一個控制器 (切換控制器 IC 外部

圖 1:DC3008A LT8386 低 EMI LED 驅動器上第 1 層的 XY 平面中突出顯示的 SW 節點



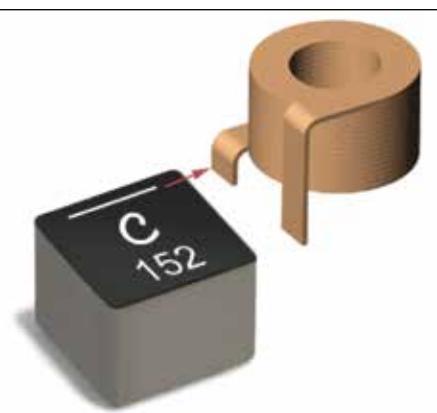
的功率開關)，SW 節點可以獨立於開關，遠離 IC。SW 節點銅在降壓和升壓開關拓撲中連接到電感的一側。由於涉及衆多性能參數，PCB 的 XY 平面中或內層上的第 1 層 SW 節點的佈局很棘手 (見圖 1)。

## 電感幾何形狀

當然，當考慮電感端子時，SW 節點還會垂直延伸 (在 Z 平面上)。電感端子的垂直方向可能會增大 SW 節點的天線效應和輻射。

此外，內部電感繞組可能不是對稱的。即使電感的對稱端子表示封裝中隱藏的是對稱結構，但元件頂部的極性指示卻有另外的說法。圖 2 顯示了 Coilcraft XAL 電感系列的內部繞組結構。扁平線繞組從元件底部開始，結束於頂部，因此在 Z 平面上，一個端子最終要比另一個端子短得多。

此外，側面有裸露 SW 節點的電感可能比具有遮罩垂直金屬的電感更差，如圖 3 所示。電路板



設計人員可以選擇垂直裸露端子最少的電感來減少 EMI，但兩個電感端子的方向和對輻射的相對影響如何？

## 輻射反映真相

被測電路板的低輻射性能是 IC 輻射性能和佈局考慮相互結合的結果。即使採用低輻射單片 IC，也必須慎重處理佈局，同時還要考慮到關鍵輻射元件的安裝。為了證明這一點，我們檢視了 LT8386 展示電路的主電感 L1 的方向對電路板的影響（見圖 4）。在這種情況下，電感製造商 Coilcraft 規定元件上方標記有白線的為 XAL6060 系列電感的短端子。

圖 3：不僅要注意方向，還應注意 EMI 敏感設計上的電感端子類型

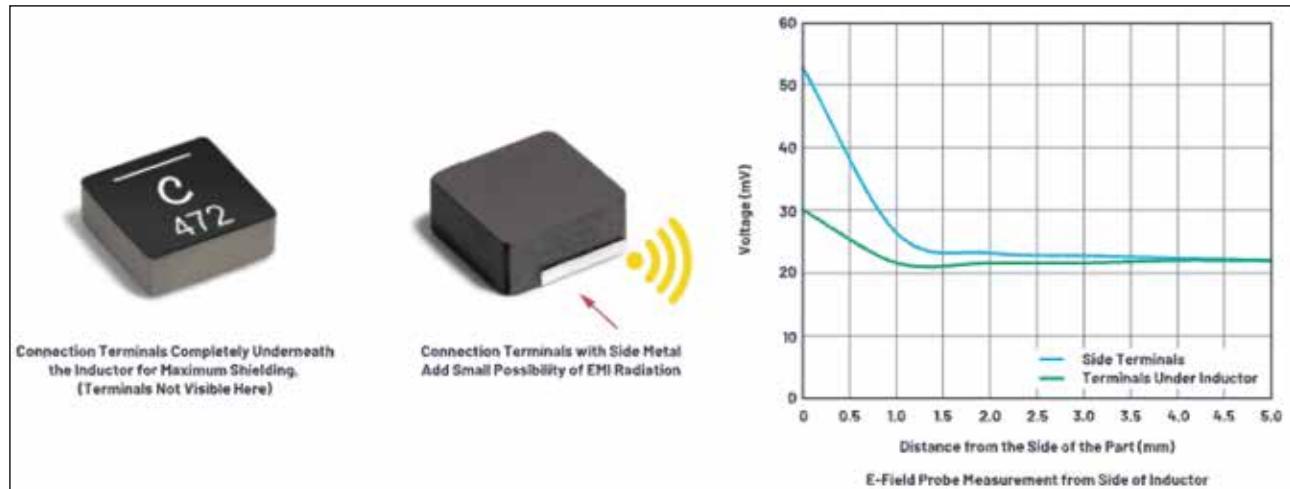
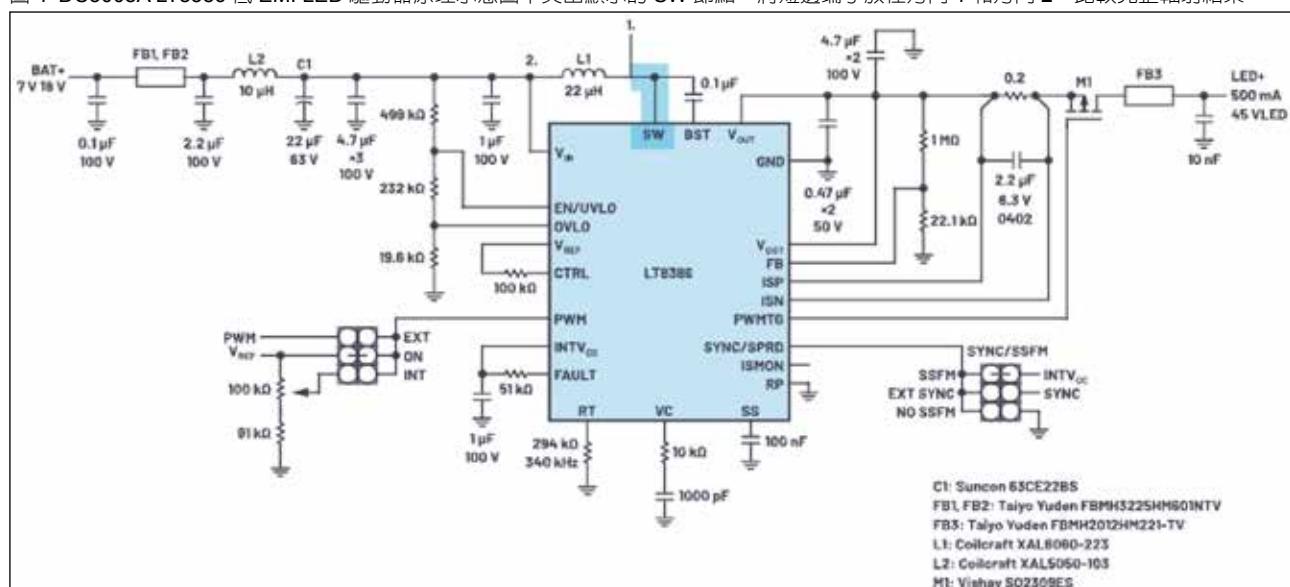


圖 4: DC3008A LT8386 低 EMI LED 驅動器原理示意圖中突出顯示的 SW 節點。將短邊端子放在方向 1 和方向 2，比較完整輻射結果。



EMI 室中的標準 CISPR 25 傳導發射 (CE) 和輻射發射 (RE) 測試表示，該電感的放置方向（見圖 5）會嚴重影響性能。

圖 6、圖 7 和圖 8 顯示，DC3008A 的輻射性能直接受到展示電路上 L1 方向的影響，其他元件沒有變化。具體而言，對於方向 1——即短邊端子放在 SW 節點上，低頻 RE(150 kHz 至 150 MHz) 和 FM 頻段 CE(70 MHz 至 108 MHz) 具有較低 EMI。AM 頻段中的 17 dB $\mu$ V/m 至 20 dB $\mu$ V/m 差異無法被忽略。

並非所有電感「生而平等」。繞組方向、端子形狀、端子連接的形狀甚至核心材料可能不同。核

圖 5: 採用 DC3008A LT8386 LED 驅動器的 Coilcraft XAL6060-223MEB 電感方向輻射測試。L1 方向 1 (左), 短端子在 SW 節點上; L1 方向 2 (右), 長端子在 SW 節點上。輻射結果如圖 6 至圖 8 所示。

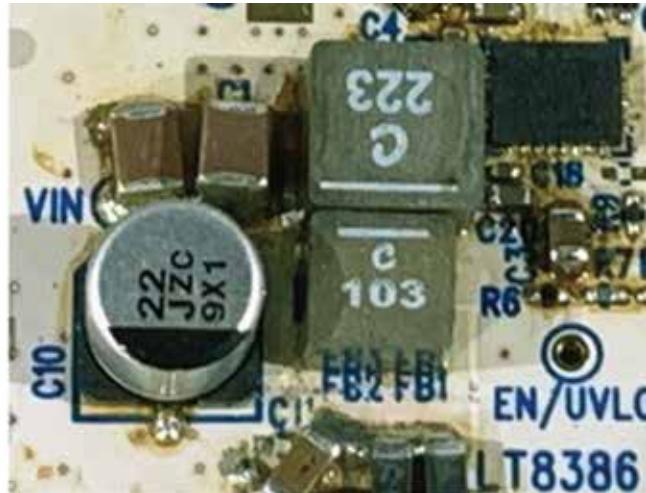
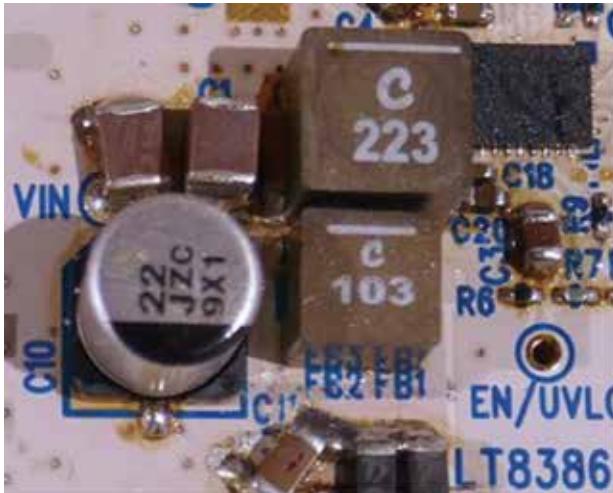


圖 6: 輻射發射顯示, DC3008A 上的電感方向對結果有重大影響。短邊端子附著於 SW 節點以使 SW 天線最小 (紅色), 輻射發射 (RE) 得到明顯改善。

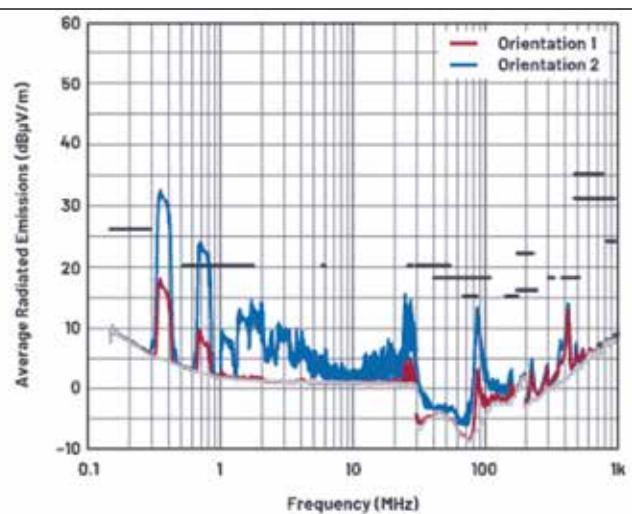
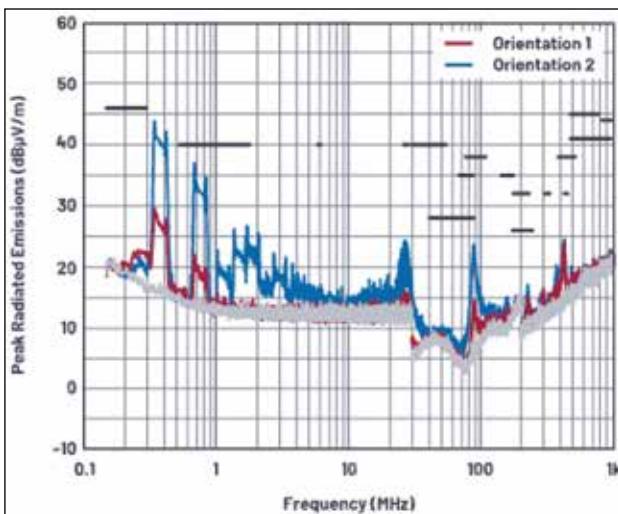


圖 7: 電感的短邊端子附著於切換節點與另一種極性相比, 電流探針方法傳導發射 (CE) 有所改善 (>3 MHz)

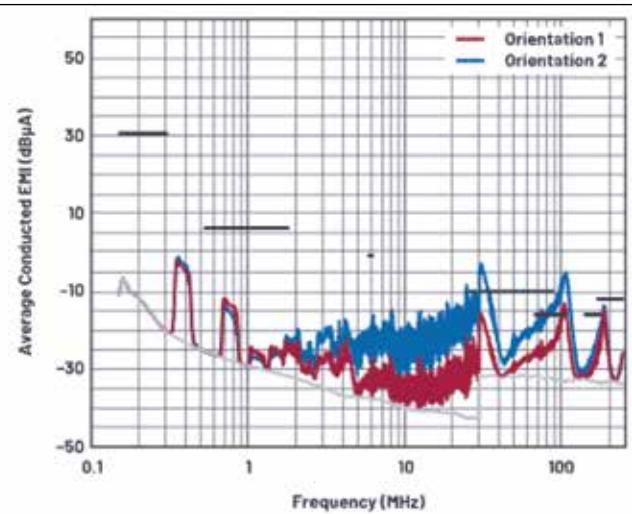
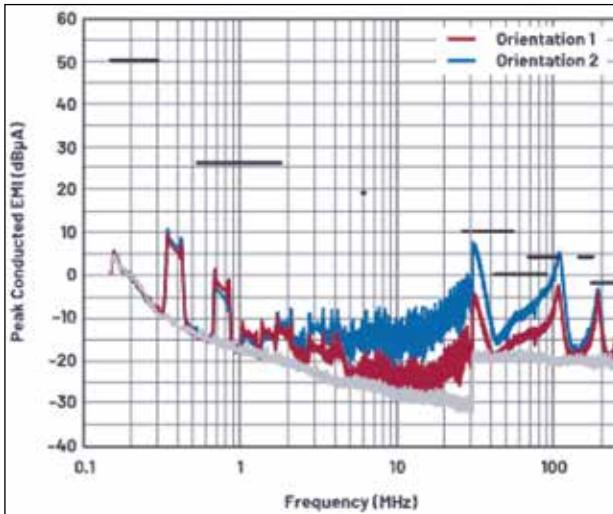
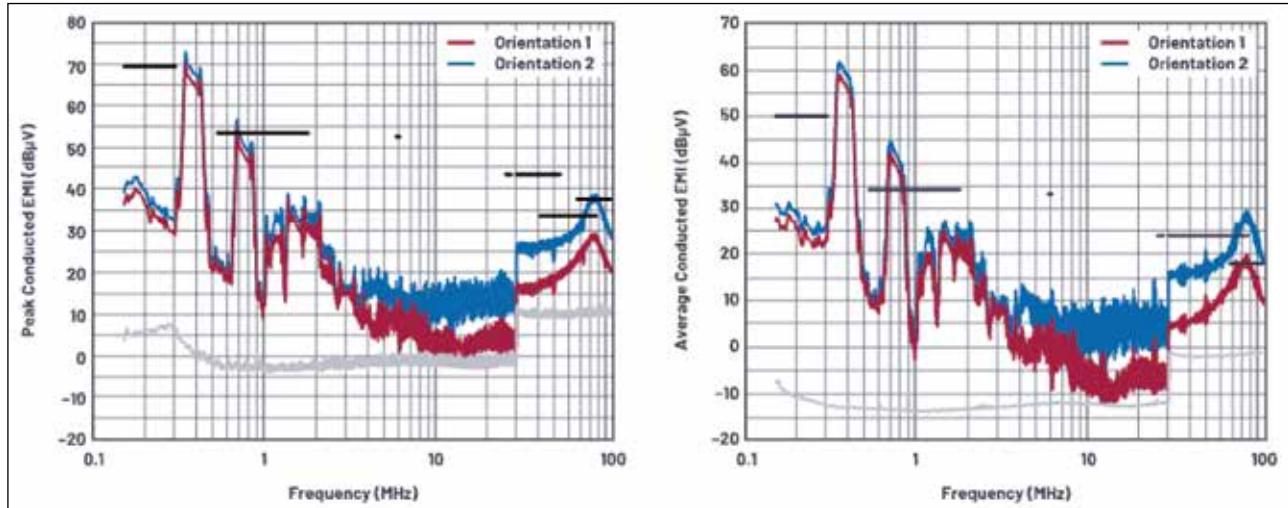


圖 8: 電感的短邊端子附著於切換節點與另一種極性相比，電壓方法傳導發射 (CE) 有所改善 (>3 MHz)



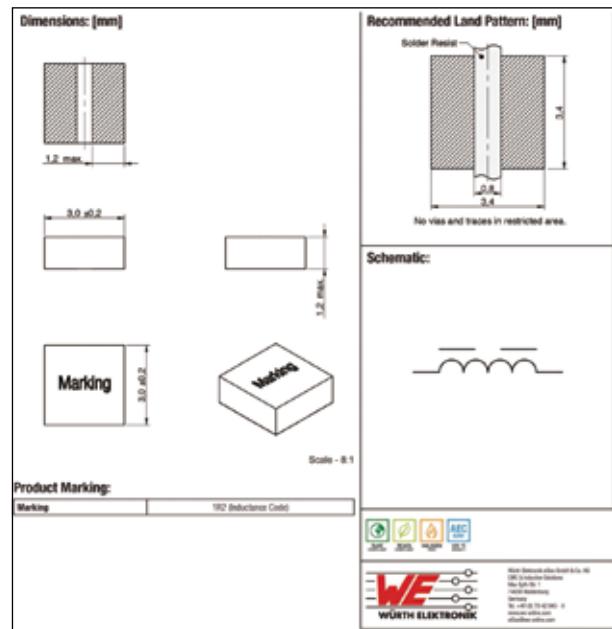
心材料和結構不同的磁場和電場的強度可能會引起改變電感輻射的作用。但是，本案例研究揭示了一個需要關注的方面，我們可以把它變成有利因素。

## 無極化指示的電感

如果電感製造商用絲網正面標記或點指出內部端子尺寸的不同，那麼很容易確定方向。如果選擇此類電感中的一種用於設計，在 PCB 絲網上、安裝圖上甚至原理圖中做上標記是明智的。遺憾的是，有些電感沒有極化或短端子指示。內部繞組結構可能接近對稱，或者可能存在已知的結構差異。這裡沒有任何惡意——製造商可能沒有意識到其產品中固有的這種特定安裝方向的區別。無論如何，我們建議在認證的腔室中評估選定電感在兩個方向上的輻射，以確保高性能測量結果可重複。

有時候沒有外部標記，電感的安裝方向不可避免是任意的，但因為其他參數，仍需要使用電感。例如，Würth Elektronik 的 WE-MAPI 金屬合金電源電感尺寸很小，效率很高。其端子僅位於殼體的底部。每個元件的頂部 WE 徽標附近都有一個點，但產品手冊上並未將該點指定為繞組指示的起點（見圖 9）。儘管最初這會引起一些混淆，但該元件具有相當對稱的內部繞組結構，兩個安裝方向的性能應當相同。因此，IC 頂部的點不必在安裝絲網上指示出

圖 9: WE-MAPI 電感產品手冊未給出繞組起始點，不過元件頂部標識上有一個繞組起始點。這些電感可能沒有方向相關的輻射效應，但應透過測試確認。

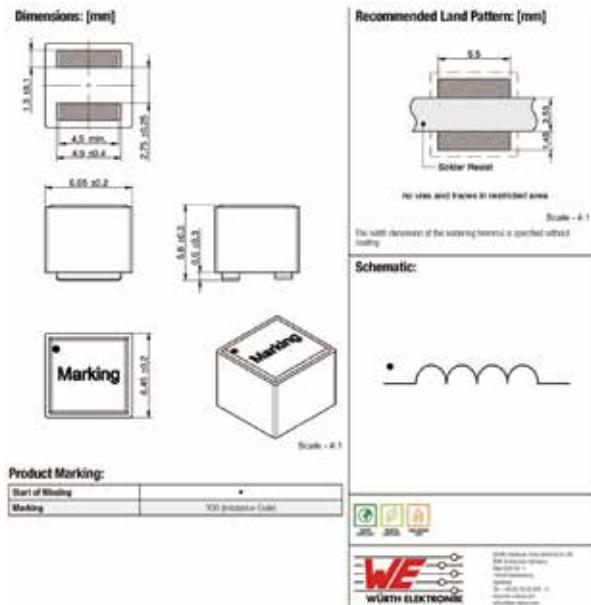


來。不過，如果用在 EMI 非常重要的電路中，在兩個方向上進行測試以確認性能是明智的。

## 另一示例：Würth WE-XHMI

我們用高性能 Würth 電感測試了 DC3008A，封裝頂部上的點和產品手冊中指出了其繞組的起點（見圖 10）。對於 LT8386 的外形尺寸和電流要求，

圖 10: WE-XHMI 系列電感的頂部標識指明了繞組起始點。



74439346150 15 $\mu$ H 電感非常適合。同樣，為了與 Coilcraft 進行比較，我們在兩個方向上安裝該電感以進行輻射測試（見圖 11）。

結果（見圖 12）類似於 Coilcraft 電感。輻射結果顯示，電感的安裝方向對輻射有著明顯影響。在這種情況下，圖 11 中的方向 1 顯然是最佳方向，輻射最低。方向 1 的較低頻率 AM 頻段（RE）和 FM 頻段（CE）輻射顯然更好。

## 雙切換節點降壓-升壓 IC (結果待續)

顯而易見，電感方向對單切換節點升壓 LED 驅動器中的輻射有影響。我們可以假設升壓調節器的 SW 節點具有相同的特徵輻射，因為電壓調節器和 LED 驅動電路中的功率轉換和開關元件相同。

我們還可以假設，為使電感端子的天線效應較小化，降壓調節器具有類似的 SW 節點設計優先順序。不過，由於降壓調節器的 SW 節點更靠近轉換器的輸入側，因此後續跟進工作可能有助於確定電感方向在 RE 和 CE 區域的影響是否與升壓調節器相同。

對於雙切換節點降壓-升壓轉換器，則有一點進退兩難。常用的降壓-升壓轉換器（如 LT8390 60 V 同步 4 開關降壓-升壓控制器系列中的轉換器）具有重要的低 EMI 特性（如 SSFM）和小型熱迴路架構。單電感設計不能清楚地揭示電感方向對輻射的影響。若將短端子放在一個 SW 節點上，則長端子在另一個 SW 節點上會產生天線的作用。在這些設計中，哪個方向最好？當所有四個開關在 4 開關工作區 ( $V_{IN}$  接近  $V_{OUT}$ ) 中切換時，會發生什麼？

我們將在未來的文章中探討這個問題——在不同電感方向測試帶兩個 SW 節點的 4 開關降壓-升壓型控制器的 EMI。留給大家思考：對於此拓撲結構，也許有兩種以上的選擇，180° 分開？

圖 11: 採用 DC3008A LT8386 LED 驅動器的 Würth 74439346150("WE 150") 電感方向輻射測試。L1 方向 1 (左)，繞組的短端子起始點在 SW 節點上；L1 方向 2 (右)，長端子在 SW 節點上。輻射結果如圖 12 所示，顯示繞組起始點應連接到 SW 節點以獲得優質效果。

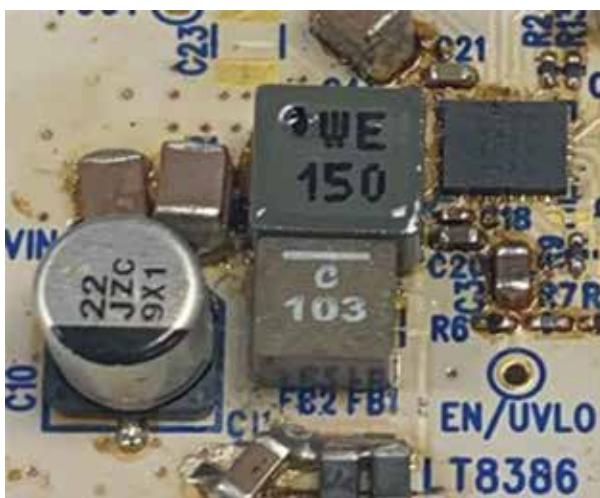
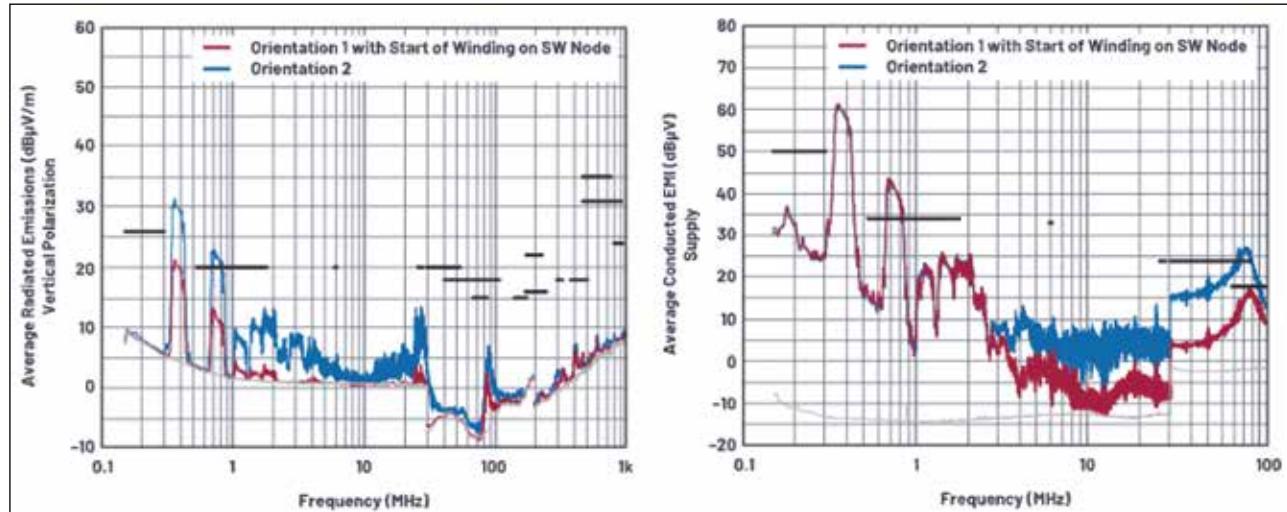


圖 12: 輻射和傳導發射顯示，Würth 74439346150 高性能電感的安裝方向對輻射結果有重大影響。



## 結論

開關穩壓器中電感的安裝方向很重要。測量輻射時，應注意電感方向及其可重複性——知道所選電感在這些方面有何區別，在兩個方向上進行測試，

並且如果無法確定方向，應將可能有的安裝陷阱清楚地告知電路板生產部門。可能只需要將電感旋轉 180° 就能改善輻射。[CTA](#)

財團法人  
羅慧夫顱顏基金會

用愛彌補  
無盡傳愛

在台灣，一年有300多個  
先天顱顏缺陷新生兒。

顱顏孩子出生後，我們看見了生命的堅韌。  
他們，比一般孩子更常進出醫院接受治療。  
他們，比一般孩子更需努力練習矯正發音。  
他們，比一般孩子更要培養自信面對社會。

每月捐款一千元  
用愛彌補 無盡傳愛

立即了解更多 他們的故事

愛心大使  
蘇慧倫

善款字號：南華數字筆 1101362209號

公益合作

由 thepool 寶島中興國 遠傳健康 先創 II BEAUTY who 健活健康網 行利文藝 emailcash 聲寶 唐軒 YAMAHA