

# 用於高壓、高容量電池系統的低成本 isoSPI 耦合電路

作者：Jon Munson/ 凌力爾特應用工程師

內建到 LTC6804 電池組監視器中的 isoSPI 功能與 LTC6820 isoSPI 通訊介面相結合，可以跨高壓勢壘提供安全可靠的資訊傳輸。在透過儲存單元串聯連接產生數百伏電壓的能量存儲系統中，isoSPI 尤其實用，這類系統需要徹底的電介質隔離，以將對人員的危害降至最低。

在典型 isoSPI 應用(圖 1)中，脈衝變壓器提供電介質隔離，抑制可能對配線系統產生重大影響的共模干擾。用很容易就可買到、價格不高的乙太網路 LAN 磁性元件就可以實現 iso SPI 功能，實現該功能的電路一般包括一個改善共模線路雜訊性能的共模扼流圈部分(如圖 1 所示)以及很實用的 100 線路終端電阻和共模去耦電容器。

普通訊號變壓器(包括乙太網和柵極驅動器型)是用漆包絕緣線纏繞的，這可能有針孔大小的絕緣缺陷，使銅線暴露於空氣之中，這固有地限制了繞組之間的偏置，而繞組間偏置正是對此類變壓器進行認證的依據。在生產時，用高壓(稱為 hi-pot 篩選)測試這類變壓器，以確定總絕緣問題，一般為

1.5kV。該絕緣電壓是針對 60V 長期偏置設定的安全設計裕度，因為在微小腐蝕的環境中，往往需要超過 60V 的電壓才能在繞組之間構成傳導通路。

## 問題：高壓 = 高成本

就 400V 範圍的電池組電壓而言，良好的設計實踐，是採用加強(雙重)絕緣，用高達 3750V 或更高的電壓進行 hi-pot 測試，以此確定變壓器的性能規格。由於所需爬電距離(表面距離)和空隙(空氣間隔)尺寸較大，所以這類變壓器很難找到小型產品，而且相對比較昂貴。isoSPI 用於高達 1kV 的電池系統，這就要求變壓器經過 5kV 的 hi-pot 測試，以預留保守的設計裕度。在這種情況下，隔離元件可能很大、很昂貴，而且會影響脈衝保真度。

## 解決方案：分而治之

一種不採用加強絕緣變壓器的解決方案，是透過將額外的絕緣要求轉移到耦合電容上，將偏置要求從磁性元件上分離出來。僅靠電容器就能提供

圖 1：isoSPI 點對點鏈路概略圖

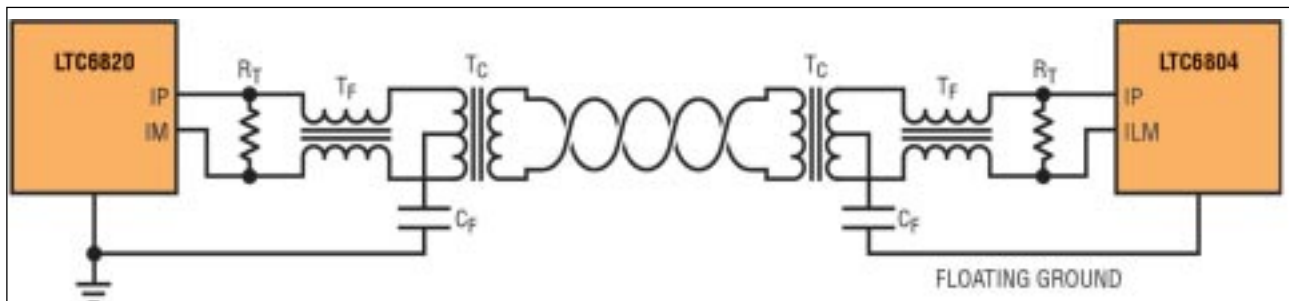
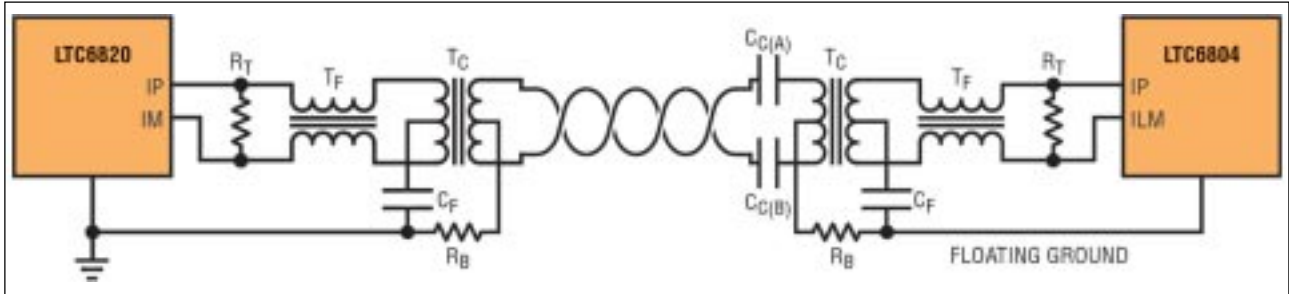


圖 2：AC 耦合的 isoSPI 點對點鏈路適合更高電壓



看似完整的隔離選擇，電容既不提供共模抑制，也不提供變壓器所具備的抗衝擊隔離特性，因此 L-C 方法實際上是最佳的。採用這種方法時，電容充電至標稱 DC 偏置值，讓變壓器處理暫態問題，而對於暫態問題的處理，即使普通變壓器也很適合。

耦合電容以電阻值很大的電阻器偏置，一般連接到變壓器的中央抽頭連接點，如圖 2 所示。這樣做還有一個好處，如果偏置電阻的 DC 電流受到監視，那麼任何電介質擊穿都成了可檢測故障。所選擇的電阻值很大，例如 10M $\Omega$ ，以使故障電流低於變壓器細線額定值，同時對人員的衝擊損害最小。

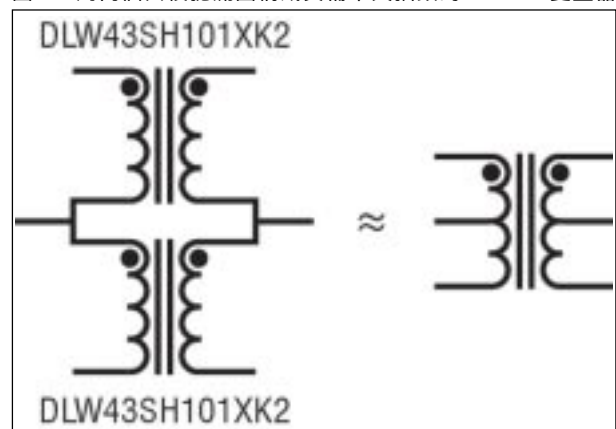
將高壓要求從變壓器磁性元件設計中剝離出來以後，就出現了幾種成本相對較低的選擇。一種是僅使用得到核准的乙太網路變壓器。另一種是使用現成的扁平磁性元件，以降低元件高度和元件重量(減輕焊料疲勞問題)。這類變壓器像其他任何元件一樣，可以採用自動化表面貼裝組裝方法安裝，以降低生產成本。具備上述特點的一個良好元件選擇，是分立式共模扼流圈(CMC)，CMC 具備變壓器結構，通常用作濾波元件。這類元件的電感可高達 100  $\mu$  H，已得到批准以用於汽車系統，因此也成為 isoSPI 配置希望使用的元件。

適用的 CMC 價格不貴。CMC 是用機器在晶片大小的鐵氧體上纏繞線對而成，可簡便快速地生產。儘管為了使持續時間較長的脈衝波形有效通過，isoSPI 設計需要略高一點的電感，但是可以透過使用兩個扼流圈來得到充足的電感，讓兩個扼流圈的繞組串聯，就可產生 200  $\mu$  H 電感。這還具備

一額外的好處，即基本上構成了中央抽頭連接，這對共模偏置和去耦功能很有用。

圖 3 顯示了用兩個 CMC 實現的等效變壓器模型。圖中所示扼流圈的占板面積為 1812 SMT，採用雙線繞組(纏繞時使用成對導線)，因此主邊和副邊是嚴密匹配的，因此可將漏電感降至最小，以保持良好的高頻性能。變壓器如果採用物理上分開的繞組，脈衝保真度較差，因為漏電感太大。圖中所示變壓器具備 50V DC 額定值。

圖 3：用兩個共模扼流圈構成具備中央抽頭的 isoSPI 變壓器



### 完整電路

圖 4 顯示了採用 L-C 解決方案和以 CMC 為變壓器的完整電路。既然通常的 isoSPI 應用包括非常有益的 CMC 濾波部分(採用標準 LAN 元件時，這部分是整合在內的)，所以圖 4 電路包括一個建議採用的分立式元件，以保留濾波功能。耦合電容是 10nF 至 33nF 的高品質組件，占板面積為 1812 SMT (額定值為 630V 或 1kV)。這裡我們假定，LTC6820 以機架地電位工作，以使雙絞線的偏置處於安全水

圖 4：完整的高壓 isoSPI 點對點鏈路

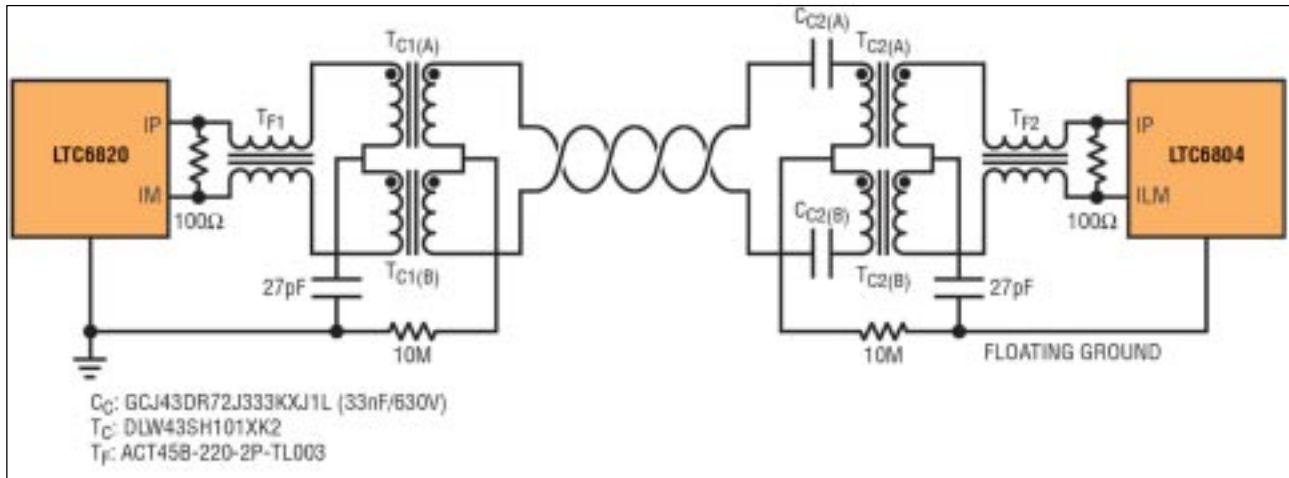


圖 5：採用隔離配線的高壓菊輪鍊式 isoSPI 鏈路

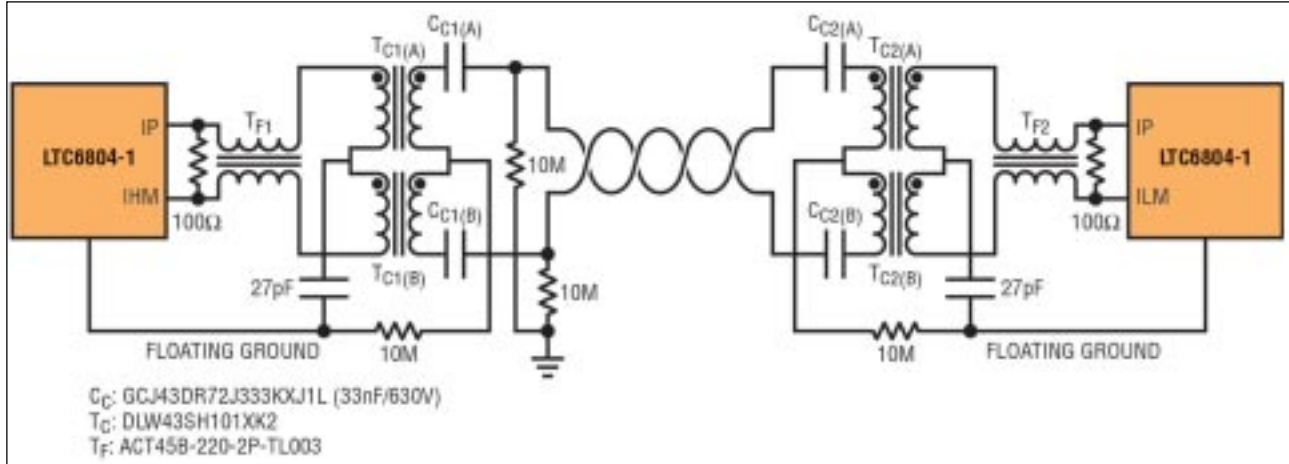
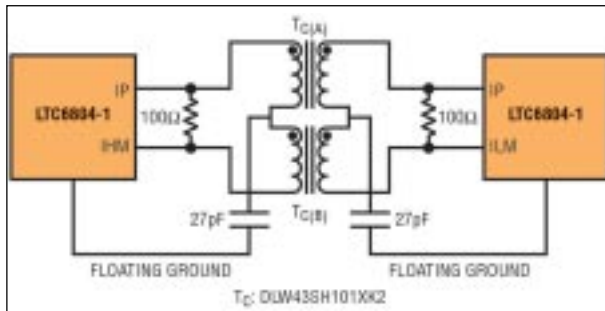


圖 6：菊花鏈式 isoSPI 鏈路用來在同一塊電路板上實現互連



準。

當雙絞線對的兩個端子都處於浮置地電位時，如同菊花鏈式連接的 LTC6804-1 模組之間的鏈路般，便可在鏈路的兩個端子上使用電容，線對本身也可以通過連接到每條線上的高阻值電阻器偏置到“地”電位，如圖 5 所示。因為圖中電容器是串聯

的，那麼建議至少使用 22nF 電容器(圖中所示為 33nF/630V)。

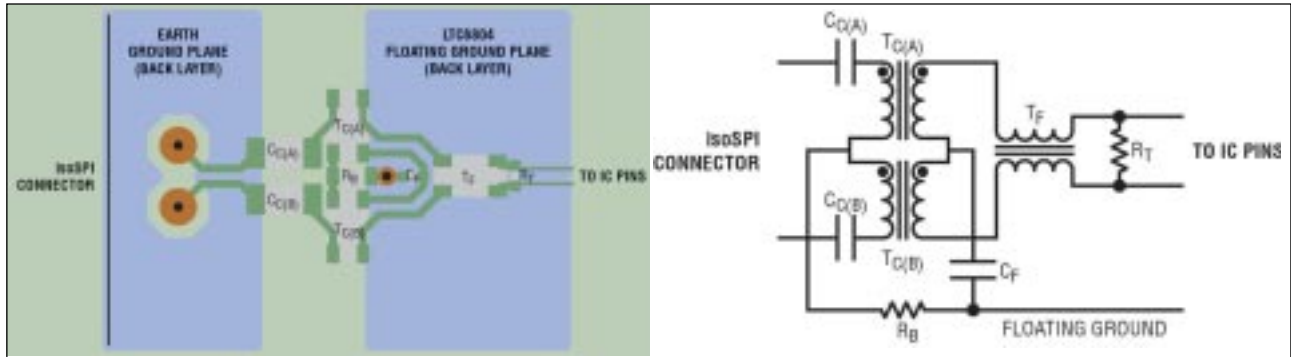
在同一塊電路板上以菊花鏈方式連接的 LTC6804-1 之間的鏈路不需要任何電容器耦合，因為其電位通常 <50V，而且由於沒有電纜，進入的雜訊小得多，所以常常僅需要單個變壓器(圖 6)。

## 高壓佈局

印刷電路板佈局應該跨主要電解質勢壘(即電容)設定寬廣隔離間隔。圖 7 顯示了一種元件佈局實例，圖中電路可提供良好的高壓性能，藍色區域代表機架地(左邊具備雙絞線連接器)和 IC 公共介面(右邊)。

請注意，變壓器必須承受 HV 暫態電位，因此

圖 7：建議採用的印刷電路板佈局，可在 isoSPI 介面端提供良好的高壓性能



圖中也用 1206 大小的偏置電阻器保持空隙。HF 去耦電容器和阻抗終端電阻器可以是小型元件(如圖所示為 0602 大小)。

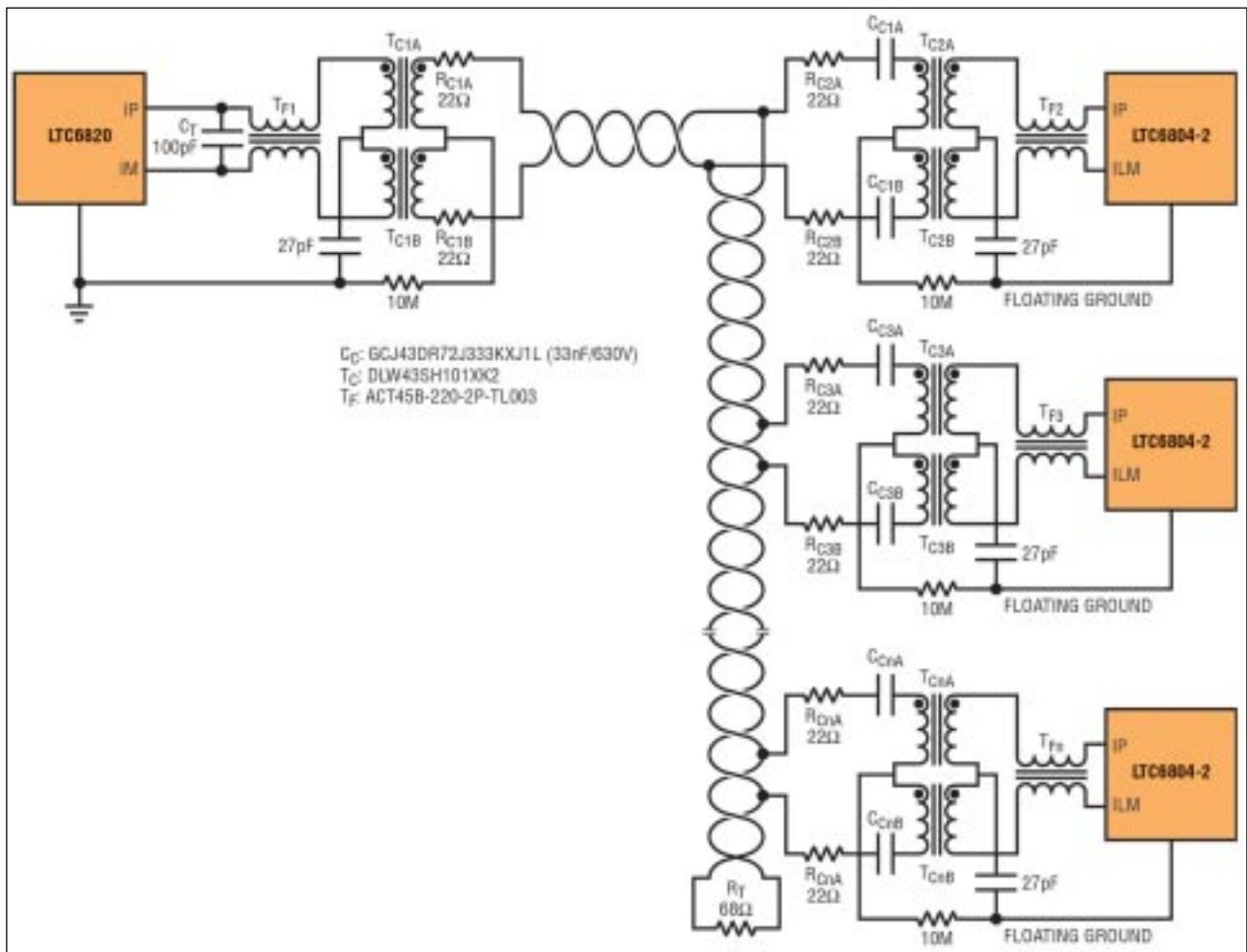
另一種避免跨 HV 勢壘產生漏電流的良好做法是，在 HV 元件(跨地線之間“縫隙”的元件)區域抑

制阻焊層。這為有效沖洗元件下方的剩餘焊劑提供了方便，並避免濕氣滯留在多孔阻焊層中。

### 需要特殊考慮的 isoSPI 匯流排問題

前述電路適用於點對點 isoSPI 鏈路，但是提

圖 8：具備回波控制的完整高壓 isoSPI 匯流排



供高壓解決方案時需要應對的重要問題之一是連接到匯流排的可定址 LTC6804-2，該元件的雙絞線鏈路經過每一個“抽頭”連接點，如圖 8 所示。匯流排應用對所有變壓器都有高壓要求，因為同一個雙絞線電位必須與浮置電池組的任何電壓介面。

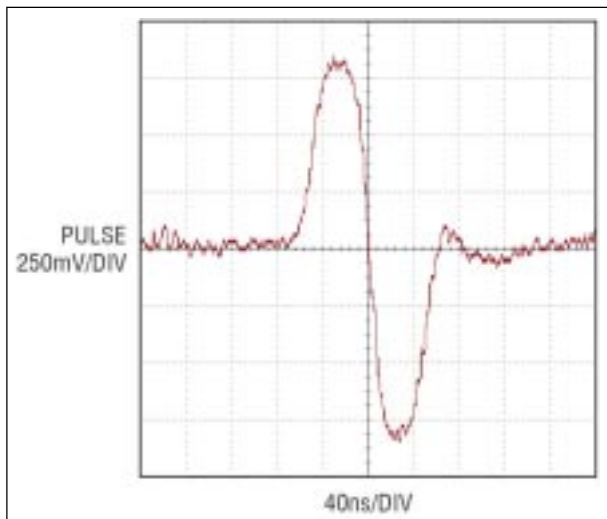
與前述相同，這裡也用 CMC 和 AC 耦合電容器增強絕緣性，但是我們建議採用略有不同的耦合電路，以衰減大量反射訊號，為通訊元件提供一致的波形，而不論這些元件在網路中的物理位置。不同之處有 3 種：

LTC6820 終端變為 100pF 電容(CT)。

遠端終端僅用於運行中的匯流排(RT)，並設定為 68 (任何 LTC6804-2 都沒有終端)。

所有匯流排連接都採用 22 耦合電阻(RC)，以

圖 9：在 isoSPI 匯流排應用中，修改後的脈衝波形以用於回波控制



對雜散容性負載去耦。

這些差別都顯示在圖 8 所示電路中，該電路再次假設 LTC6820 以安全的“大地”電位工作。修改後的波形是帶限的，以控制反射訊號引起的失真，因此 IC 接腳處接收到的脈衝看似更加圓滑，如圖 9 所示，不過 isoSPI 脈衝鑒別器電路可以良好地運用這種修改後的波形，支援總共提供 16 個位址的匯流排。視給定系統中遇到的實際損耗的不同而不同，也許有必要降低脈衝檢測門檻，以實現最佳工作狀態(將門檻設置為差分訊號峰值的 40% 至 50%)。

請注意，就地址數量少於等於 5 個的網路而言，訊號反射一般不是重要的問題，因此可以保留標準電阻性終端(即在圖 8 中的 CTERM 和 RTERM 位置放置 100 電阻器，而 RC 則省略掉)。

## 結論

採用 AC 耦合方法可以減輕高壓 isoSPI 系統的成本問題，而且無需要求磁性元件提供雙重絕緣。用價格不高、纏繞在繞線管上的共模扼流圈(CMC)元件取代專門的螺旋管型變壓器磁性元件，還可進一步降低成本。電容器和 CMC 都是相對扁平的表面黏著晶片零組件，價格富有競爭力，而且其高可靠性經過審查，可用於汽車系統。用於 AC 耦合的偏置電阻器為監視系統的電介質完整性提供了一種非常有用的途徑。 CTA

## 資策會攜手華山打造亞洲第一座品牌研創中心

近期由於台灣文創市場快速發展，華山經營團隊觀察到文創產業儘管帶有驚人商機，每年文創新品牌成長迅速，但卻缺乏一個舞台可以作為品牌測試研究的場域，因此往往需要耗費許多時間與成本經驗，才能逐漸蛻變為廣受大眾喜愛的台灣優質品牌；華山將運用資策會承接技術處科專計畫研發之成果，於研創中心提供各項資源與科技化設備，並與太和光科技股份有限公司、好書服有限公司、靠譜創意有限公司等品牌業者之產品或服務結合，協助廠商快速傳達產品意念或商品資訊，為華山打造一個「創新服務」的新商業模式。

資策會創研所協助政府促成國內創新資訊應用的發展，透過核心技術的研究，有效協助產業運用科技，創新應用模式以提昇服務價值，成就備受各界肯定。於今年輔導台灣文創公司以「文創行銷平台發展計畫」為主題，將協助規劃以品牌研創中心之空間，結合 ICT 應用之服務，帶出多元品牌相關產品與概念體驗的可能性，提供新創品牌業者更完整的舞台。