

作者：王茂範/TE 電路保護部(TE Circuit Protection)

典型的BMS系統方塊圖如圖1所示，主要是由主控單元、從控單元、資訊採集單元、資訊傳輸及顯示單元等組成。在硬體設計過程中，為達到產品的高可靠性和安全性，在各功能區需要選用PPTC、FUSE等被動保護器件以保護電子電路在複雜電磁環境中的功能和安全性。

在電動汽車的使用過程中，其電子設備常常會遭受到瞬態脈衝騷擾源的干擾，其形態為各種瞬變電壓或者電路開斷瞬間的電弧等，這些干擾將會影響電子設備的正常工作或造成設備的損壞。

ISO 7637 中規定的 5 種脈衝，可用來模擬現實使用環境中可能出現的瞬態電壓變化。脈衝 1、脈衝 2b 及脈衝 5 屬於高能量脈衝，測試時較難通過，在設計上可以藉由選用 PPTC 和 TVS 實現電壓鉗位和限流的作用，以保護下游電子電路的安全。PPTC 由於其獨特的電阻溫度特性，可以在 TVS 導通後抑制電流，減少 TVS 的瀉流時間，發揮保護 TVS 及後級電路的作用。由表 1 可以看出，PPTC 與 TVS 的組合方案可以更有效地協助電子系統抵禦拋載(load dump)脈衝的影響。

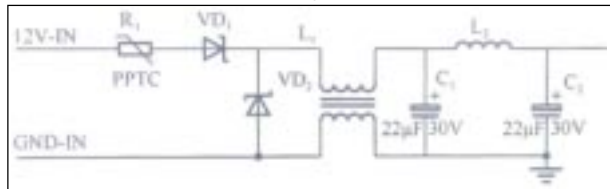
PPTC 在汽車電子電路中的典型應用電路如圖 2 所示。選用 PPTC 不僅可以協助系統通過拋載等脈衝干擾測試，還可以抑制系統過流和針對短路進行保護。在實際的設計選型過程中，需要考慮電路的最高工作電壓、最大工作電流、最高使用溫度及封裝尺寸。對於一些過流故障情況下的動作要求及高溫下的保持電流折減，也要有充分的考慮。最後是在實際測試中最佳化選型參數，以達到最佳的保護效果。TE Connectivity 的 Auto 系列 PPTC 適用於汽車相關產品的應用。

The diagram illustrates the functional architecture of a battery management system. It is divided into three main functional blocks: the BMS Controller, the CSC (Cell Supervising Circuit), and the Link Precharge section. The BMS Controller manages charge/discharge, battery state estimation, thermal and safety, and pack supervision. The CSC handles cell monitoring and balancing. The Link Precharge section manages the main and charger switches. These components are interconnected with power inputs, a battery stack, sensing units, and a cladding system, all communicating via CAN and galvanic isolation.

表 1：PPTC 對拋載測試的影響

Solution		No PPTC protection		With PPTC protection			
Load dump level		26.5V	46.5V	26.5V	46.5V	66.5V	86.5V
TVS	P4KE20A	F	F	P	P	P	F
	P6KE16A	F	F	P	P	P	F
	P6KE20A	P	F	P	P	P	P
	1.5KE16A	P	F	P	P	P	F
	1.5KE20A	P	F	P	P	P	P

圖 2：PPTC 在電子系統電源中的典型應用



使用者可以查詢官網或與我們直接聯繫來獲得選型上的幫助。

均衡線束和採樣線束保護

動力電池需要經由單體電芯串並聯組成，在理想的情況下，電池組內使用的單體電芯應該在同一時間採用相同的製程生產，所有電芯應具有高度的一致性；然而，鑒於實際生產過程中的波動，即使對同一電池組中的電芯進行一致性分組，但在客觀上，各個單體電芯之間仍然存在差異。另一方面，由於動力電池組體積較大，不同位置電芯的使用環境也有差異；在單體電芯串併成組後，這些差異還會由於各個電芯間不同的衰減程度而進一步擴大，使得電池組的壽命、可靠性及安全等諸多要求難以獲得保證。

BMS 系統比較重要的功能，包括對單體電芯電壓等狀態變數進行採樣，以便即時監控。同時，在單體電芯間出現不均衡現象時，透過能量的轉移或消耗的方式使各串電池得以均衡。採樣線束和均衡線束由於與電動汽車電池直接相連，硬體上的任何短路都會造成電池的直接短路，而危及使用者的人身安全，按照 ISO26262 的功能安全完整性等級劃分，應屬於高的等級，設計時對功能安全性的要求很高。

成熟的保護方案，通常是採用 PPTC 或 Fuse 來保護採樣及均衡線束的短路情形。圖 3 所示是一

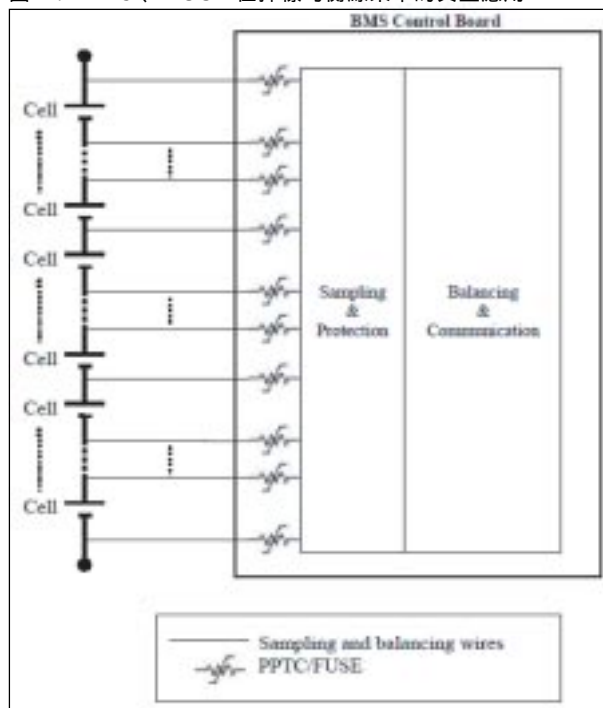
圖 3：Model S 在採樣均衡線束中的保護方案



個知名電動汽車品牌 Model S 車款採用 Fuse 來對線束進行保護的設計。如果採用 PPTC 或 Fuse 的線束保護方案，在選型時，PPTC 額定電壓或 Fuse 分斷電壓的選取應考慮模組最遠端的線束短路情形；而 PPTC 保持電流或 Fuse 的額定工作電流的確定，需要充分考慮最大工作電流及相應的溫度折減，採樣線路的工作電流通常較小；對於均衡線路，考慮功耗的情形，目前主動均衡電流最高一般不會超過 2A，被動均衡電流通常不會超過 1A。另外 PPTC 的電阻壓降對於採樣線的影響也需加以考量。典型的應用示意圖如圖 4 所示。

考慮保護器件組裝的情形，目前多半是採用

圖 4：PPTC、FUSE 在採樣均衡線束中的典型應用



表面黏著器件，放置於 BMS 板線束的入口處。對於均衡線束，更為理想的方式是採用 TE 的 Strap PPTC，如 LR4 系列。Strap PPTC 的引腳為 Ni，比較容易焊接在電芯端子上，同時也易於與線束連接。在線束短路情況下，該保護方案可為電池提供更全面的保護。

溫度監測

動力電池組成後，在實際使用的過程中，熱量分佈是不均勻的。成熟的熱管理方案應該對電池組內部不同位置的溫度有較好的感測能力，特別是在個別電池由於故障而產生過高的溫度時，它能及時通知系統做出相應的動作。如圖 5 所示，PPTC 阻值隨溫度變化的特性，可以協助系統偵測電池組內是否有部分電池出現過熱的情形，以避免熱失控

的情況發生。

通訊匯流排保護

BMS 中，各單元模組之間以及單元模組與上級系統之間也都需要傳遞資訊，目前多半採用 CAN 匯流排介面協定。CAN 匯流排在實際應用中常常會出現輸出級對電源、地或負載短路及瞬態電壓干擾等現象，常見的故障包括 CAN-Low 與電池短接、CAN-Low 與地短接以及 CAN-Low 與 CAN-High 短接等情形。在設計過程中，通常會採用 PPTC 和 TVS 來組成保護電路，以保護各種短路和其他過電流的情形，圖 6 所示為某 BMS 生產商所採用的保護方案。PPTC 的選型過程與電源輸入電路 PPTC 選型類似，應該考慮 CAN 匯流排的通用性，其工作電流通常為幾十 mA，通常選用 nanoASMD012F

圖 5：PPTC 可作為溫度的感測器

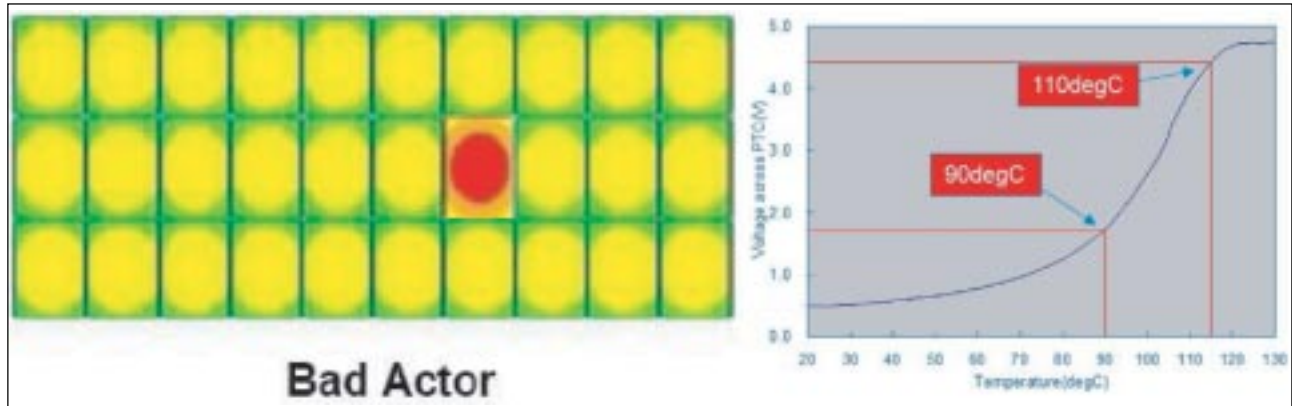
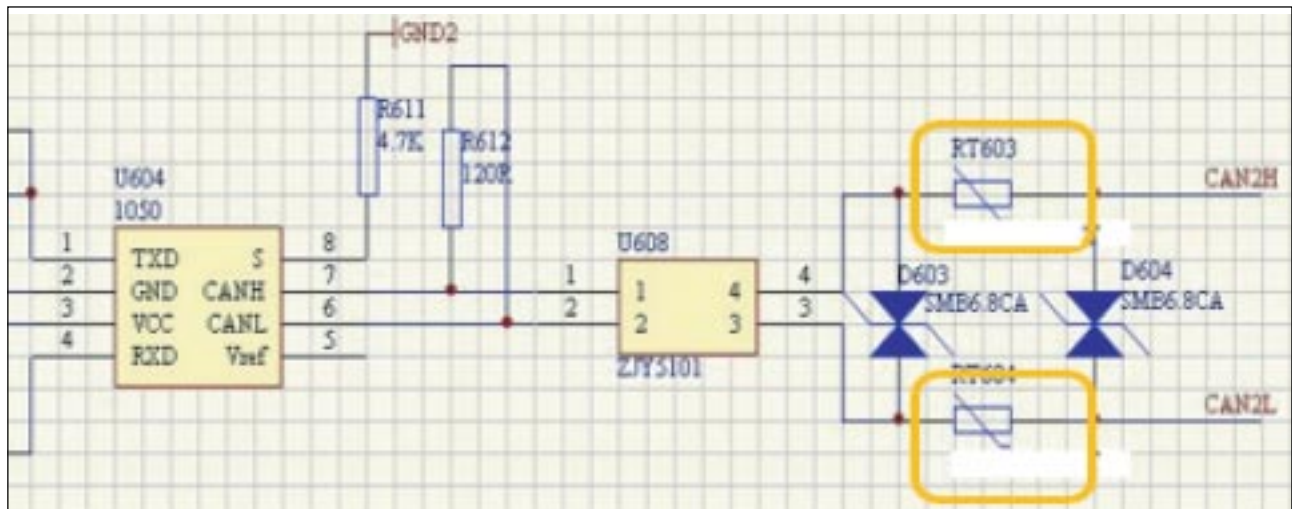


圖 6：PPTC 在 CAN 匯流排中的典型應用



即可滿足其要求。

其他單元的保護

BMS 系統較為複雜，各單元電路中均存在著瞬態脈衝干擾、短路、超載電流等過壓和過流的故障情形，如二極體短路、風扇線圈超載等。在設計時可以參考上述的案例。

對於一些功率器件，由於熱失控可能會造成極為惡劣的事故，TE 的過溫保護器件 RTP 是個不

錯的選擇。RTP 作為溫度保險絲，可以實現回流焊接組裝。在實際應用中，一旦器件感測到功率器件等過熱即會切斷電路，避免災難性後果的發生，如圖 7 所示。

綜合以上所述，TE 多樣化的產品為 BMS 系統提供了必需的被動保護，表 2 列出了可供參考的應用。使用者可以登錄 TE 網站或聯繫我們，以獲得產品及應用上的技術支援。CTA

圖 7：RTP 保護功率器件

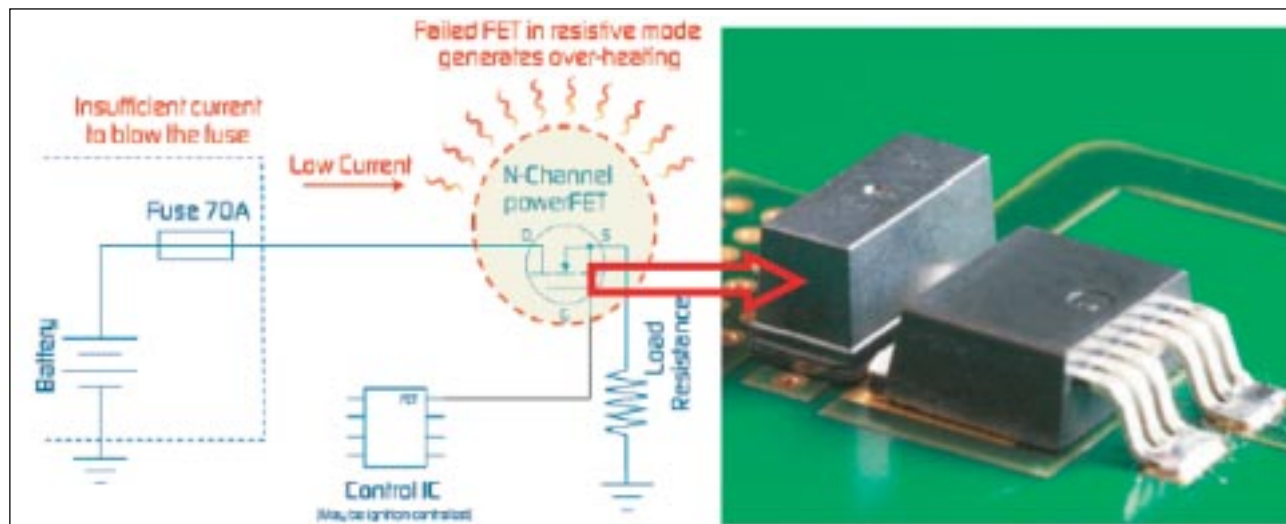


表 2：TE 推薦的參考應用方案

應用場合	PPTC	FUSE	RTP
電源輸入	SMD /R-Line		
CAN 匯流排	SMD		
均衡線束	SMD /Strap	SFS /SFV series	
採樣線束		SFS /SFV series	
溫度感測器	SMD /R-Line		
繼電器控制電路	SMD for Auto	SFS series	
冷卻風扇	R-Line for Auto		RTP
功率器件			RTP