

發展典範科技大學計畫-智慧電動車技術

電動車鋰電池平衡系統技術發展

主講人：楊銘基 助理教授

國立台北科技大學 車輛工程系
智慧型電動車實驗室

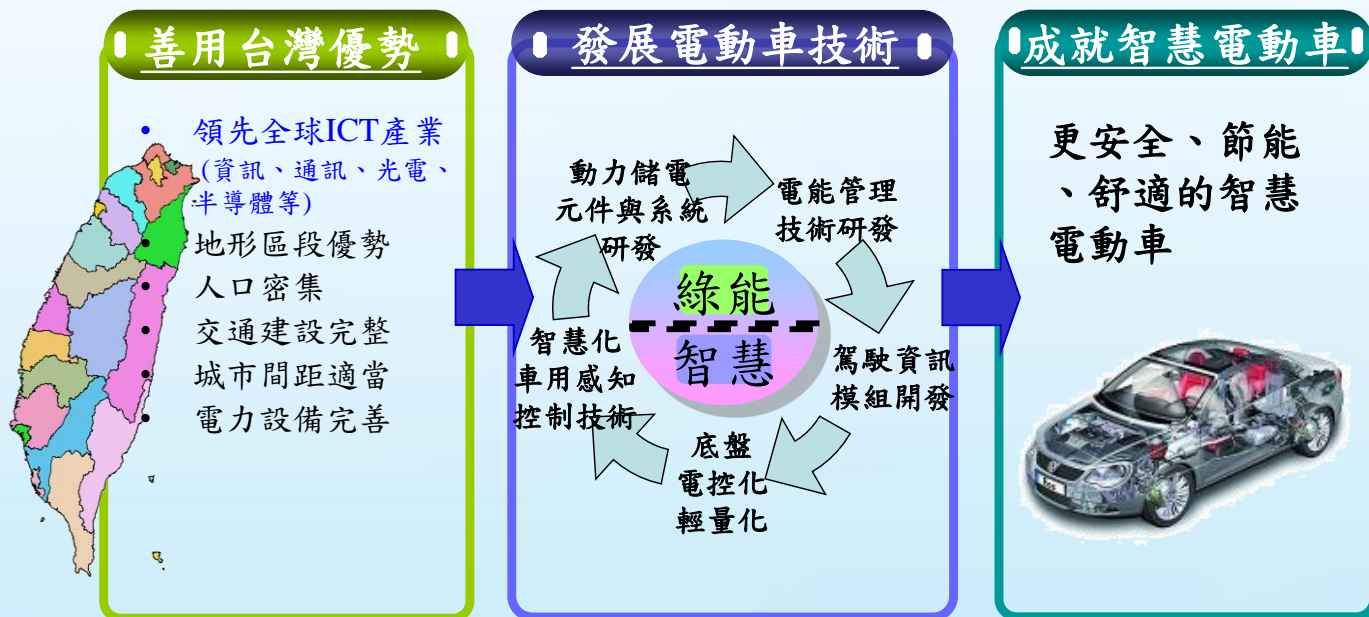
2014 / 07 / 31

簡 報 大 綱

- 前言
- 鋰電池特性與電池管理系統
- 應用SEPIC轉換器於主動式電芯平衡系統之研製
- 具成本效益之單級SEPIC主動式電芯平衡系統之研製
- 結論

前言

- 各國都積極地開發電動車並以電力做為動力來源的方向發展。
- 在電動車輛之電池還需要考量的因素，如安全性、能量提供、環境溫度、充電時間、使用壽命與相對體積小而容量大等。
- 為了設計出符合電動車輛所搭配之大容量鋰離子電芯的電池管理系統，並且考量到電動車輛於行駛過程及行駛環境影響因素等問題。



資料來源：經濟部「智慧電動車發展策略與行動方案」

國立台北科技大學 智慧型電動車實驗室

● 鋰電池特性與電池管理系統

● 鋰離子電池與鉛酸電池之比較

電池種類	鉛酸 (Pb-PbO_2)	鋰鈷 (C-LiCoO_2)	鋰錳 (C-MnO_2)	磷酸鋰鐵 (LiFePO_4)
工作電壓(V)	2.1	4.1	3.5	3.3
安全性	優	差	尚可	優
記憶效應	有	無	無	無
體積能量密度 (Wh/kg)	35-120	120-144	145-190	90-110
循環壽命(Cyclelife) *SOC100%放至 SOC80%	50~500	>2000	>2000	>2000

● 電池管理系統

- 鋰金屬本身即為高活性的金屬，當鋰電池處於高溫環境時，容易造成自燃。
- 鋰電池不正常溫升的原因有：**過充電(Over-charge)**、**短路**、**撞擊**、**擠壓**等原因。
- 過放電(Over-discharge)會造成電池容量衰減。
- 電池過充電與過放電的問題，可透過電池平衡裝置獲得改善。

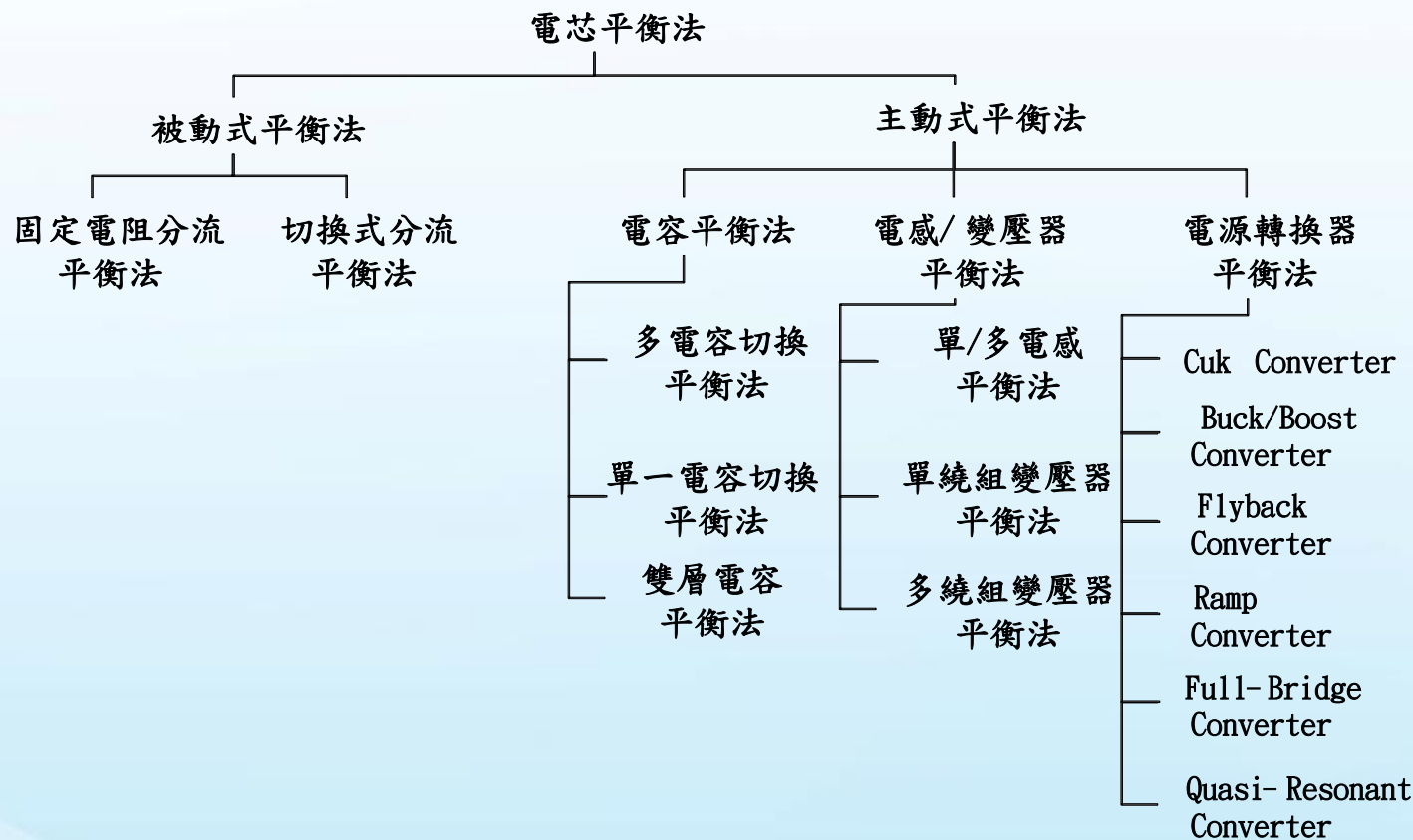


● 電池管理系統 (CONT.)

- 完整電池管理系統應具備以下功能，以保護電池與使用者的安全：
 - ▶ 量測電池之電壓值、電流值和溫度
 - ▶ 估測電池殘電量和壽命程度
 - ▶ 電池過充電、過放電、過溫保護
 - ▶ 提供電池組資訊給電動車輛、使用者，或是其他外部裝置
 - ▶ 各電芯間之電能平衡管理
- 由於各電池的充、放電不均一性，故若沒有平衡系統的電池組會嚴重影響電池的壽命，以及電池的使用性能。

● 電芯平衡系統發展方向

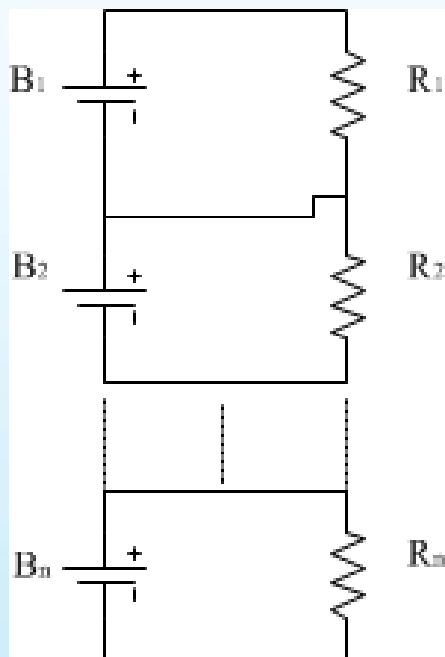
- 主要可以分成被動式電池平衡以及主動式電芯平衡兩種。
- 被動式平衡：將電池中多餘的電能透過被動元件消耗。
- 主動式平衡：如同截長補短的概念，將較高電能的電芯能量轉移至其他電能較低的電芯中。



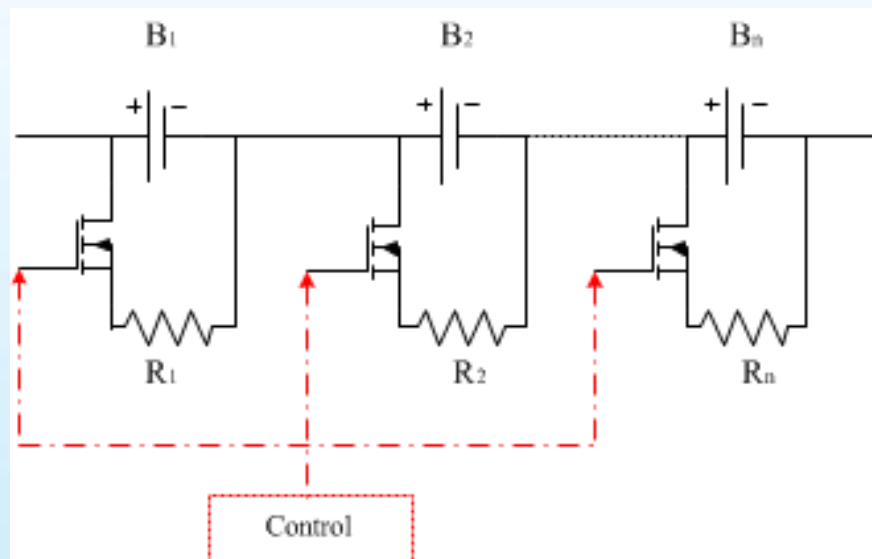
● 被動式平衡法之架構

- 分流電阻平衡(Shunting Resistor Balancing)架構是最為簡單的電芯均衡概念，以判別電芯之電壓值為基礎，將較高電壓的電芯透過電阻消耗其能量，直到該電芯之電壓值與較低電壓的電芯相同為止。
- 適合用於低成本、不須快速平衡、不需考慮熱消耗的小型裝置。

固定電阻分流



切換式電阻分流



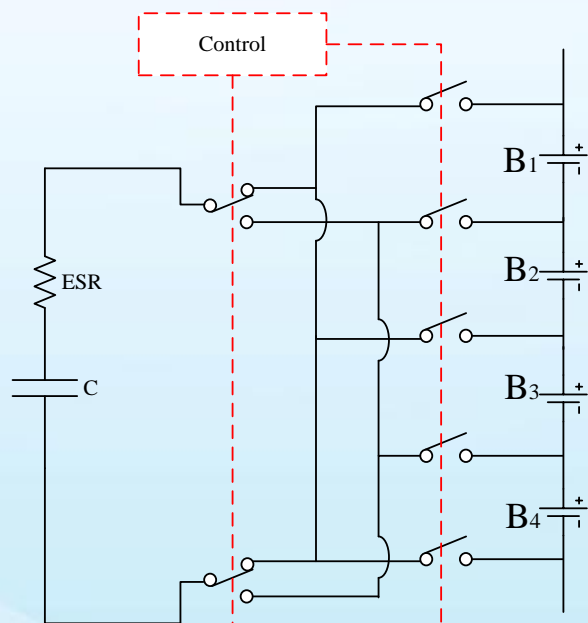
● 主動式平衡法之架構

- 主動式電芯平衡法是指透過電路設計達到電芯之間的能量傳輸，以便於平衡各電芯。
- 主動式平衡的優點是**能量效率高**、能**延長電池使用時間**，較不易產生熱；缺點是**構造複雜**、**需要儲能元件或是能量轉換元件**、**成本較高**，較適合用於需要快速平衡、能量效率高的中、大型裝置。
- 主動式平衡透過電能傳遞的方向又可分為下列幾種：
 - ▶ 電芯對電芯(Cell to Cell)：能量透過電芯傳遞至相鄰電芯，適用於小容量之電芯。
 - ▶ 電芯對電池組(Cell to Pack)：將蘊含能量最高電芯之能量轉移至整個電池組重新分配，具有構造簡單且高效率的特點。
 - ▶ 電池組對電芯(Pack to Cell)：將電池組的能量轉移至較低能量之電芯，適合用於具有平衡功能之電池充電器。

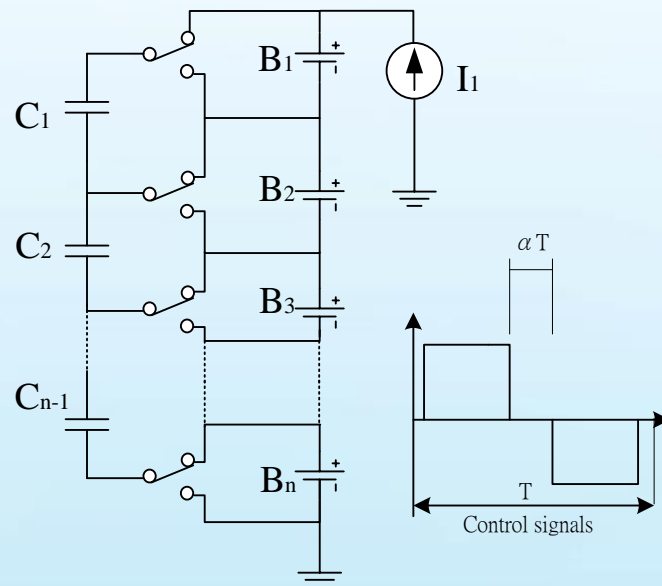
● 電容式平衡法之架構

- 電容分流平衡(Capacitive Shunting Balancing)之架構，利用**電容**做為一儲能元件並成為各電芯之間的**外部儲能裝置**，係透過**開關控制**來構成平衡迴路以達到能量傳遞。由於儲能元件是電容式架構，**平衡速度較慢**，但優點是電容的**體積較磁性元件小**，電壓應力小。

單電容切換式



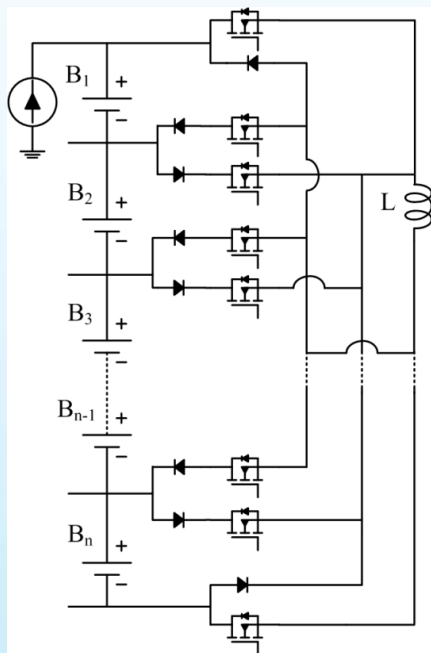
多電容切換式



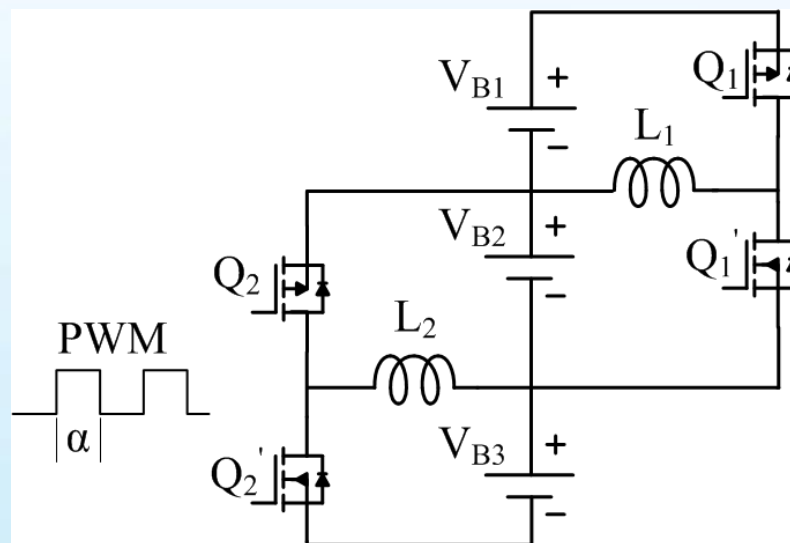
電感式平衡法之架構

- 電感平衡法的概念是來至於**能量轉換**為基礎，係透過電感從**單電芯或電池組**轉移能量至**單電芯或電池組**。
- 此類型之特點在於其能提供**較大的平衡電流**並大幅的**縮短平衡時間**。

單電感切換式



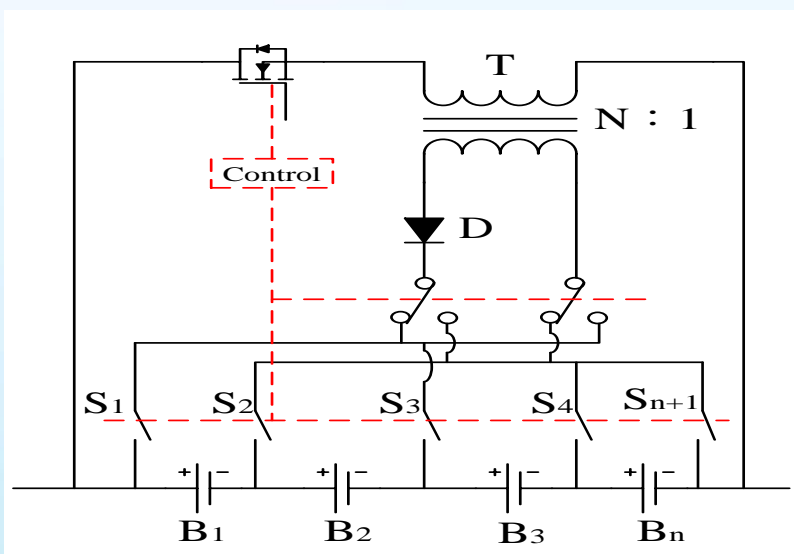
多電感切換式



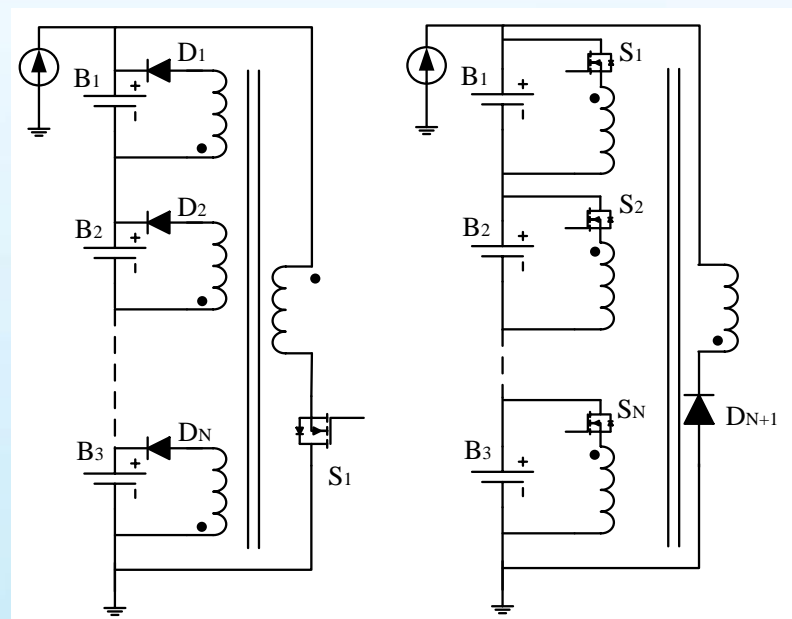
變壓器式平衡法之架構

- 變壓器平衡法雖大幅的縮短平衡時間，但相對地衍生變壓器在設計的成本上較為昂貴且磁滯損失等問題。
- 此架構須有較高的切換頻率，故於各電芯需設計一濾波電容以濾除高頻訊號；多繞組變壓器在設計上不易且電芯串接數過多，則不易實現。

單組變壓器



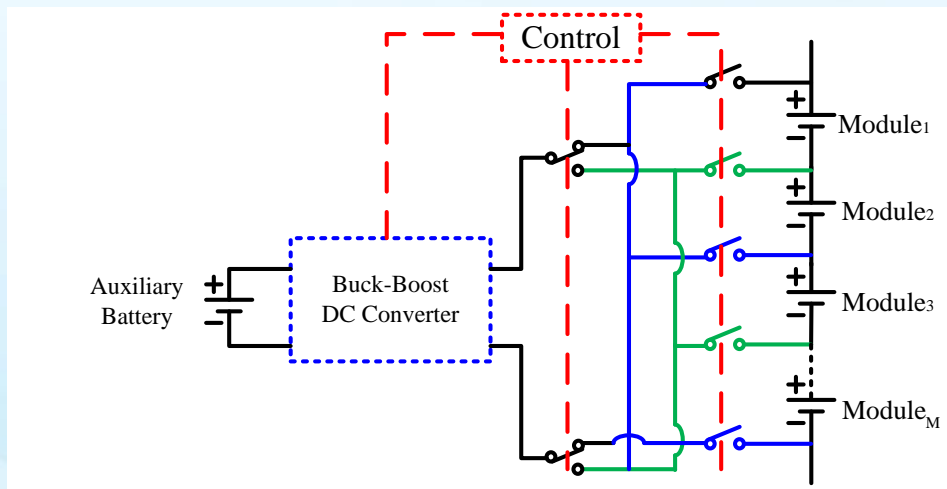
多繞組變壓器



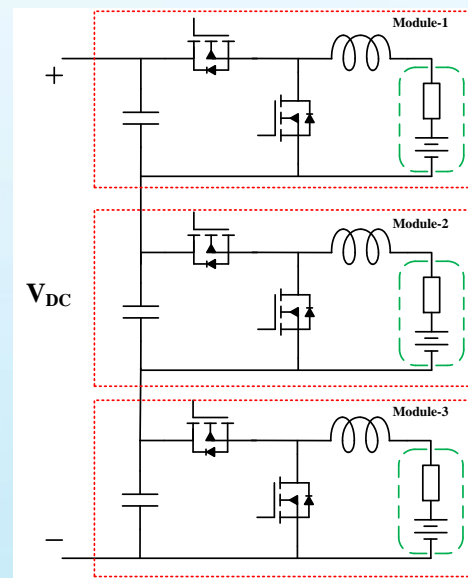
● 電能轉換器平衡法

- 電能轉換器(Converter)可視為直流變壓器，原本即是應用於電能轉換與傳輸之領域，因此幾乎所有電能轉換器皆能適用於主動式平衡法中。
- 電能轉換器平衡法最主要需克服為電芯串接的過程中建立平衡迴路，由於傳統的Buck、Boost及Buck-Boost Converter皆為共地迴路，故在電芯平衡迴路上較難區隔。

升-降壓轉換器



降壓轉換器

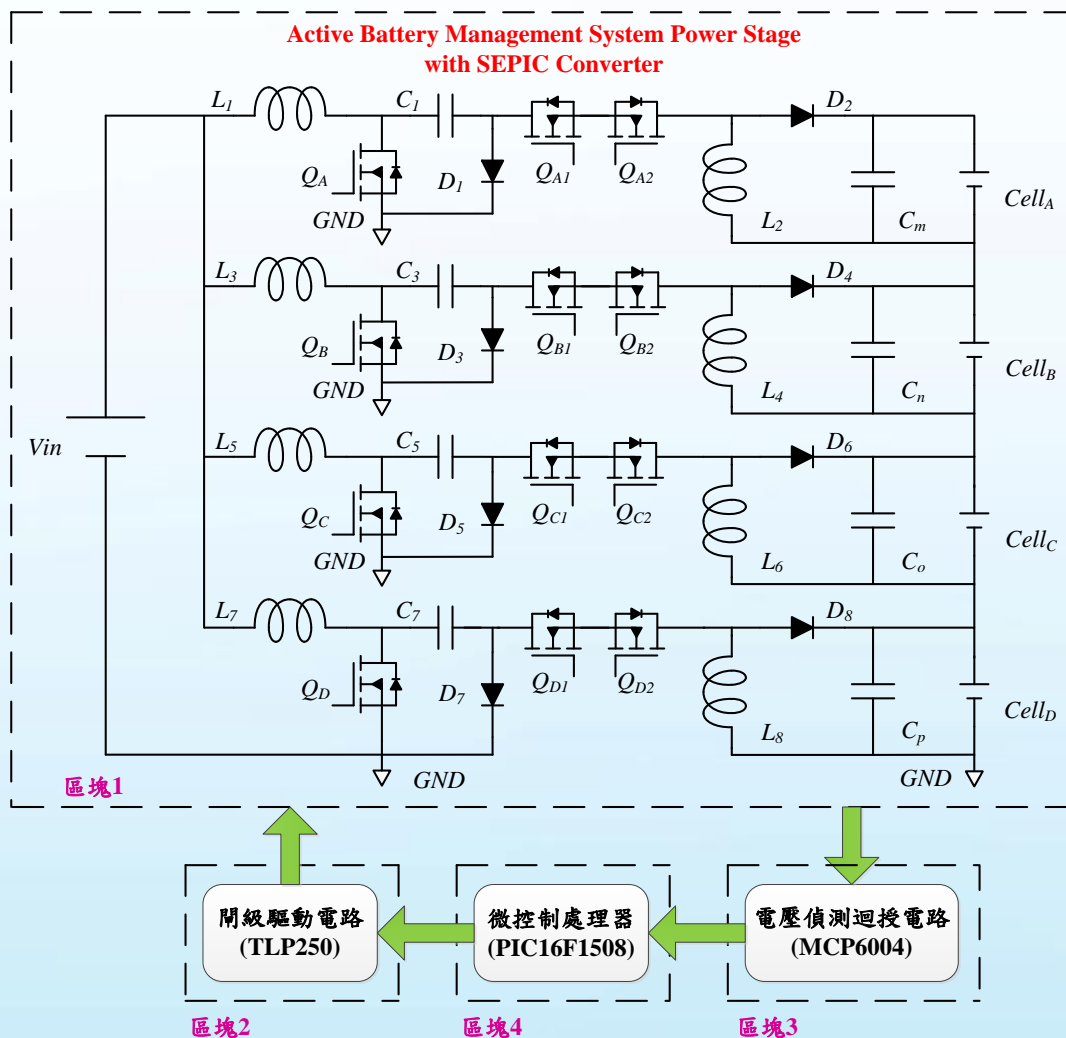


● 電芯平衡法之架構比較

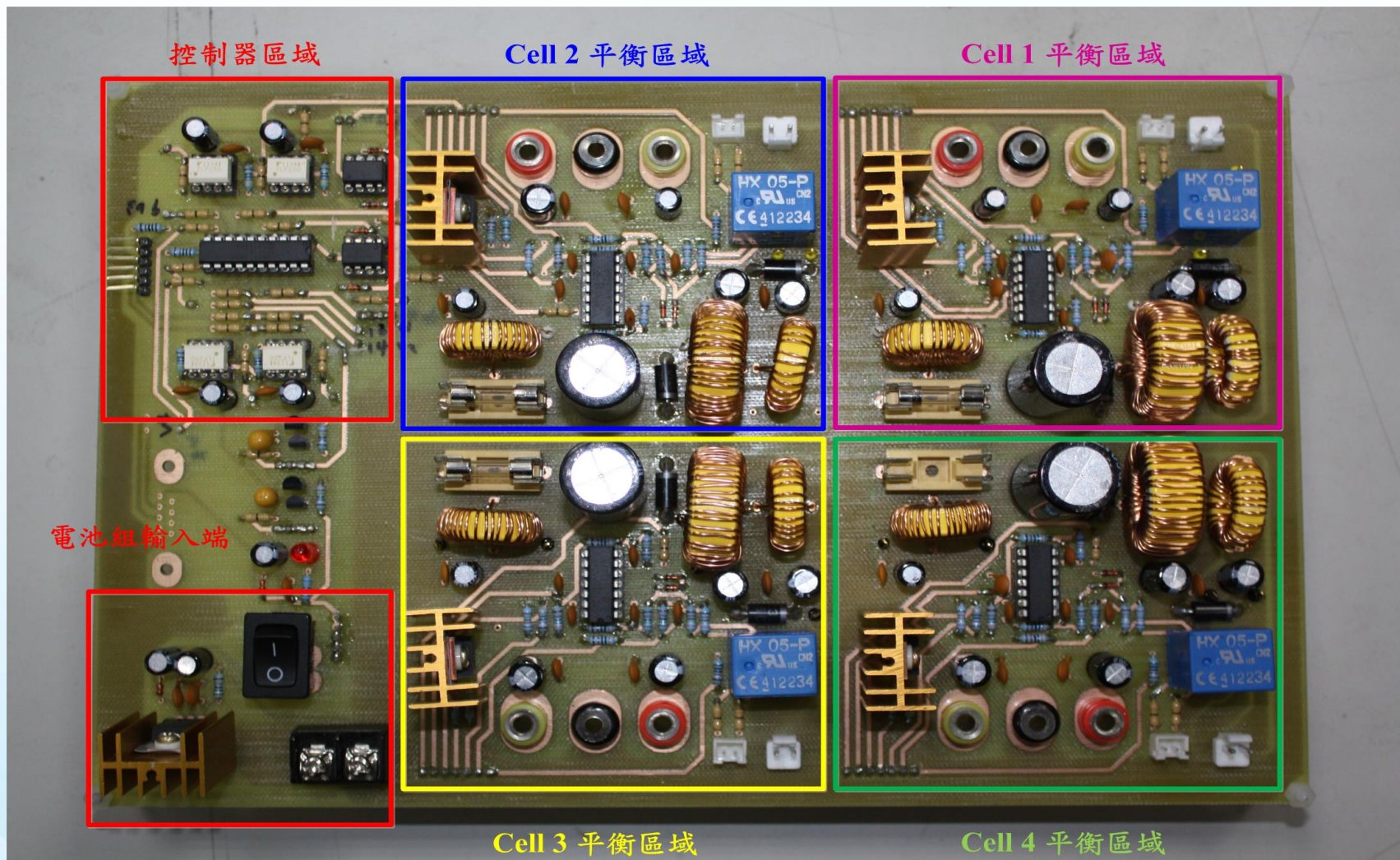
架構	優點	缺點
固定電阻分流	便宜、實現簡單、體積小	效率差、產生熱
切換式電阻分流	便宜、實現簡單、平衡速度快	效率差、產生熱
切換式電容	簡易控制、低電壓應力、 不須閉迴路控制	平衡速度慢、開關數多
單切換電容	簡易控制、使用零件少	平衡速度普通
單電感	平衡速度快	控制複雜、開關電流應力大
多電感	平衡速度快、高效率	需精準電壓偵測、只能充電
單組變壓器	平衡速度快、低磁損	控制相當複雜、實現成本高、變壓器設計不易
多繞組變壓器	平衡速度快、不須閉迴路控制	成本高、控制複雜、變壓器設計不易
Cûk Converter	適合EV與HEV、效率高	控制複雜、需精準電壓偵測、平衡速度普通
Buck-Boost Converter	平衡速度快、設計容易	成本高、需要智慧型控制
Quasi-Resonant Converter	低切換損、高效率、簡易實現	成本高、實現複雜

● 應用SEPIC轉換器於主動式電芯平衡系統之研製

● 硬體系統架構圖

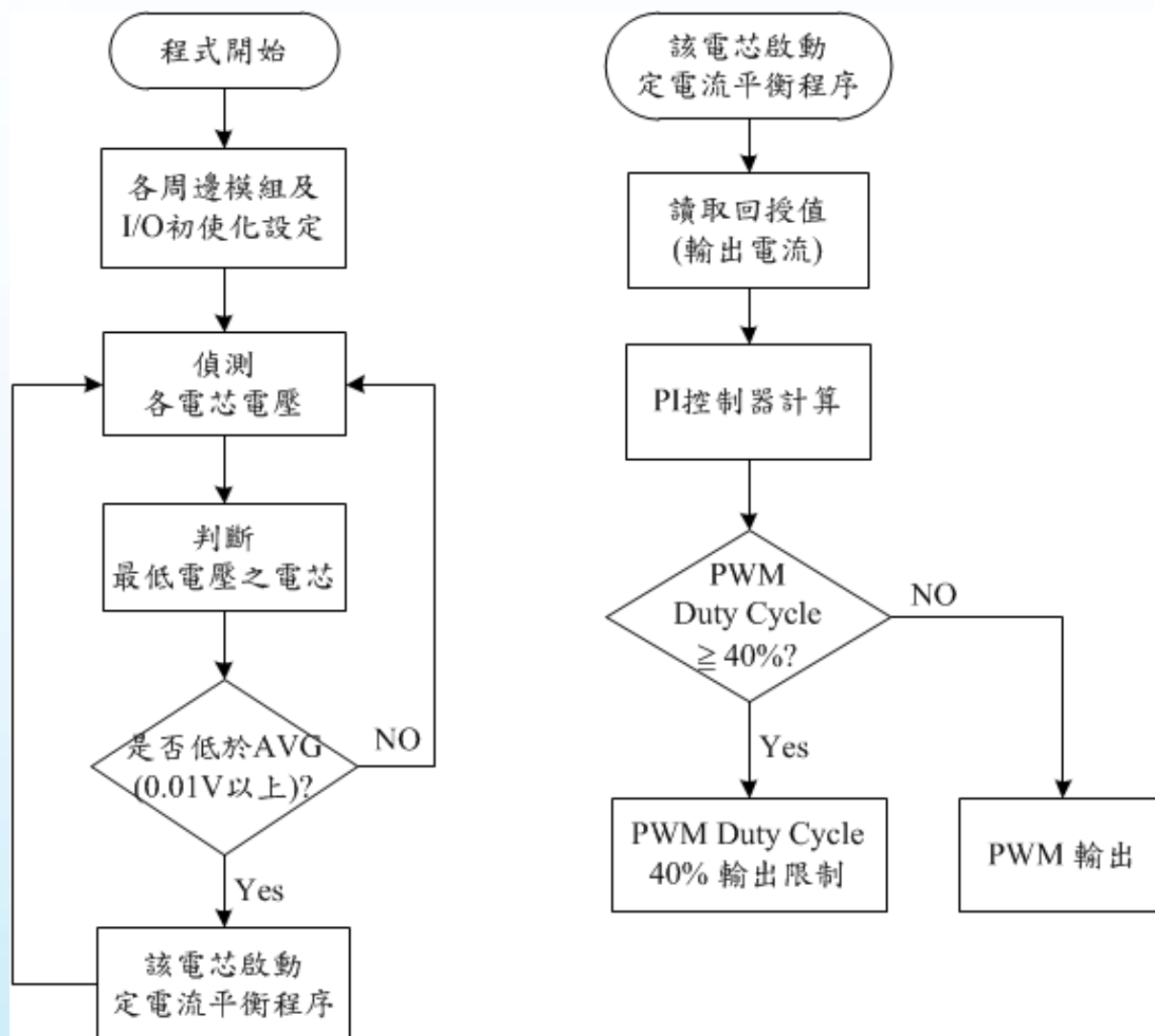


● 4 Cell 平衡電路系統實體



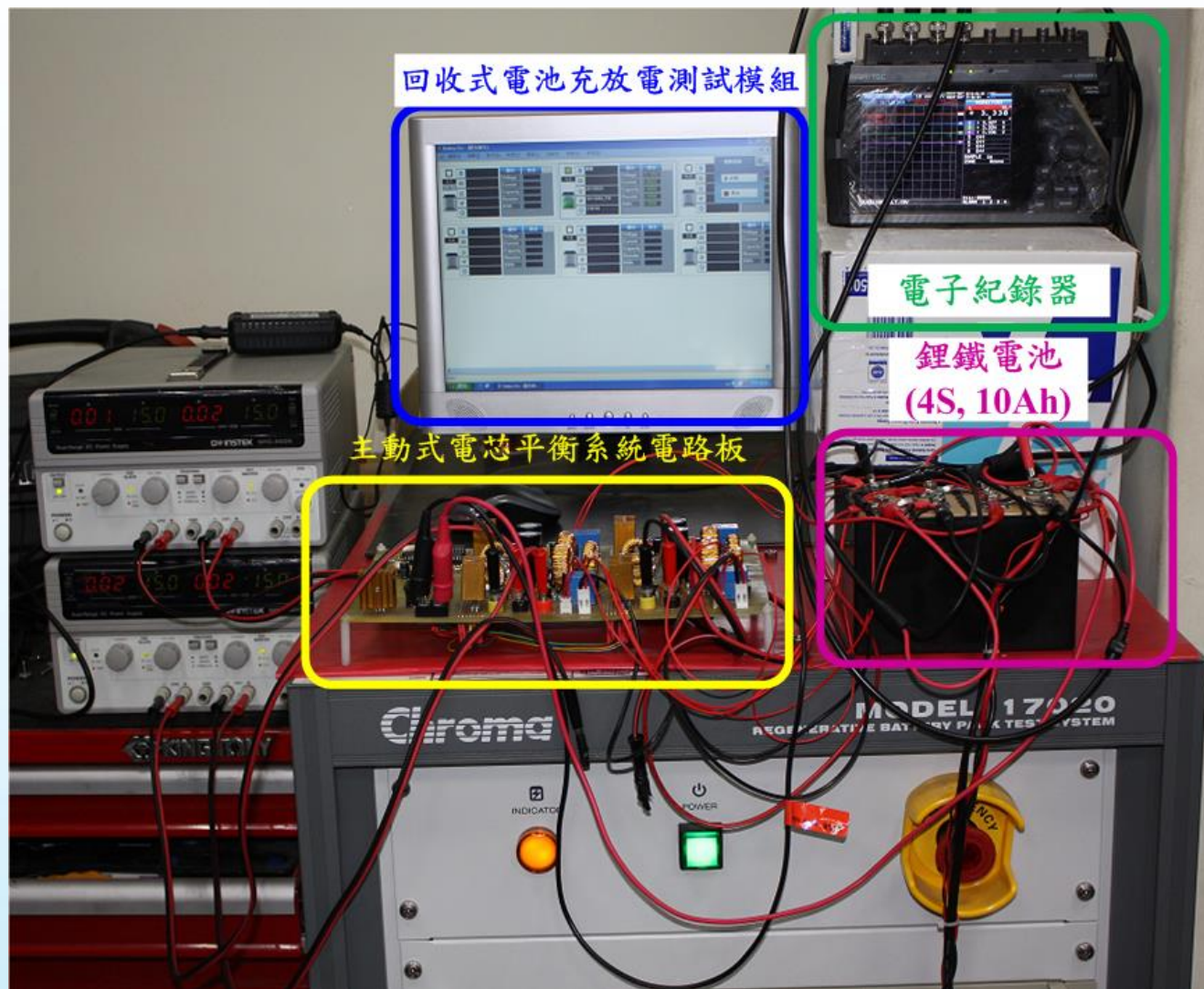


程式流程圖

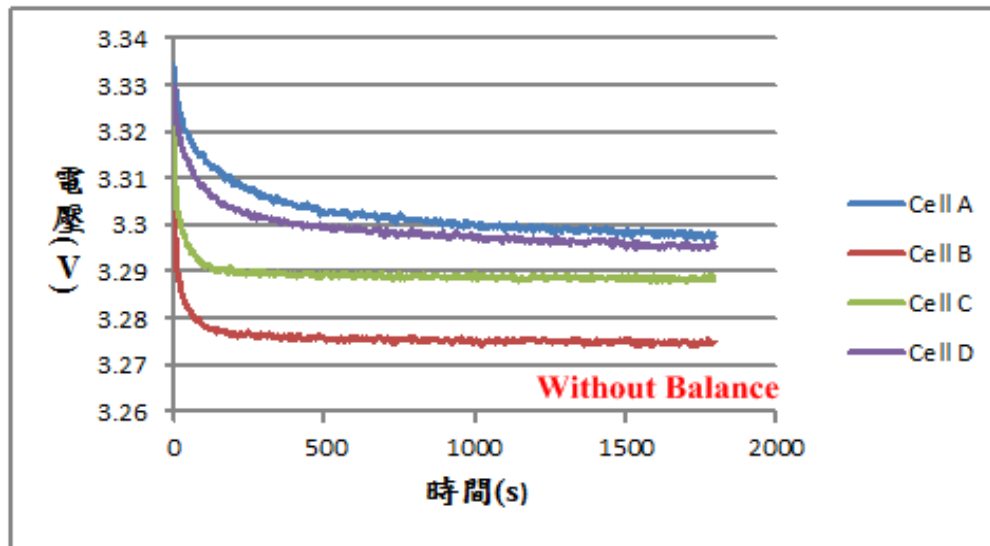




實驗平台



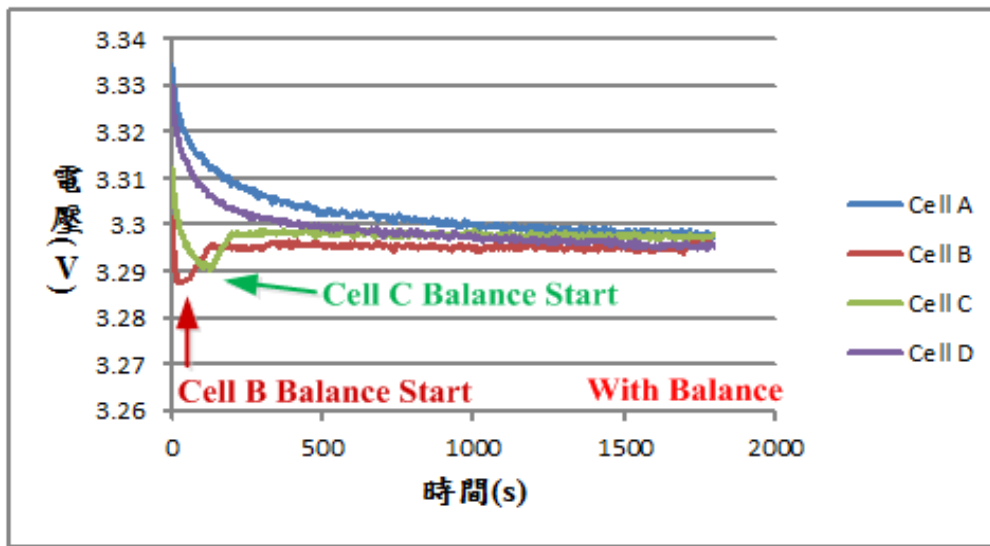
● 以0.1C放電之電壓波形



- 無電芯平衡系統

初始電芯電壓差**0.011V**

終止電芯電壓差**0.023V**

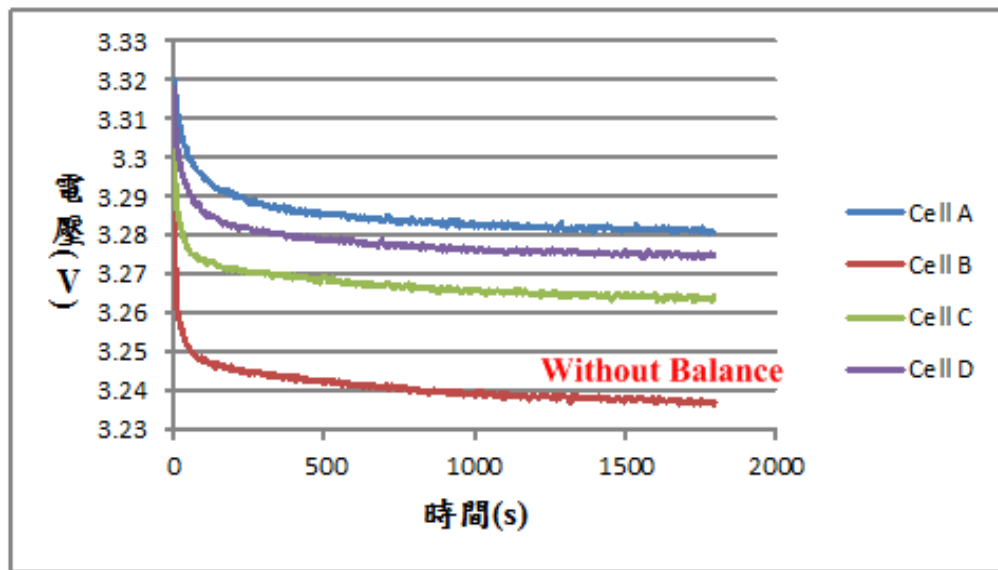


- 本研究之電芯平衡系統

初始電芯電壓差**0.031V**

終止電芯電壓差**0.002V**

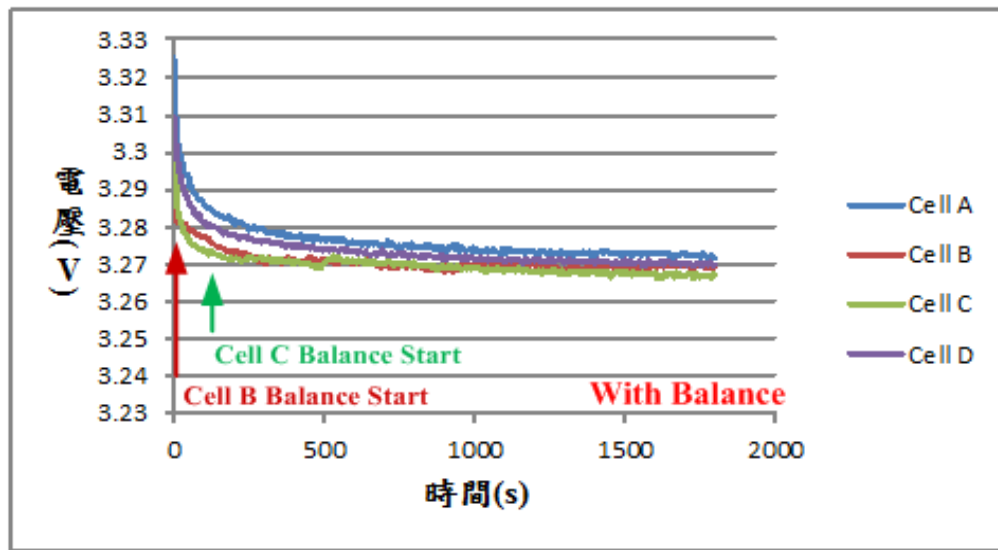
● 以0.2C放電之電壓波形



- 無電芯平衡系統

初始電芯電壓差**0.006V**

終止電芯電壓差**0.044V**

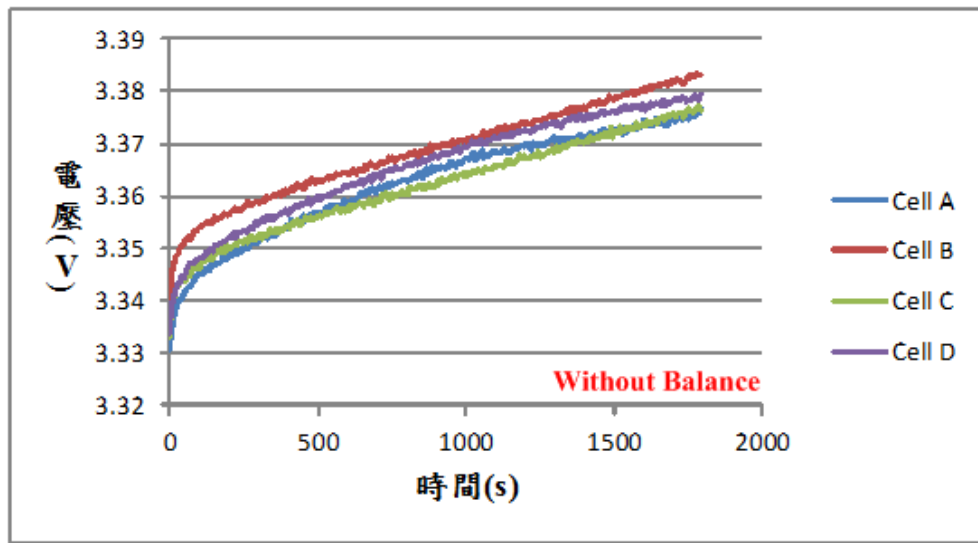


- 本文之主動式電芯平衡系統

初始電芯電壓差**0.039V**

終止電芯電壓差**0.005V**

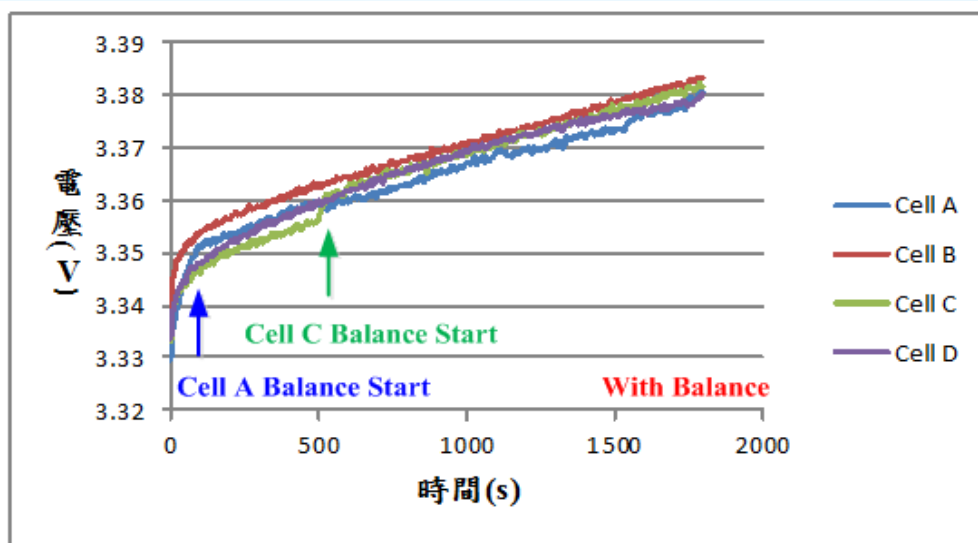
● 以0.1C充電之電壓波形



- 無電芯平衡系統

初始電芯電壓差**0.005V**

終止電芯電壓差**0.007V**

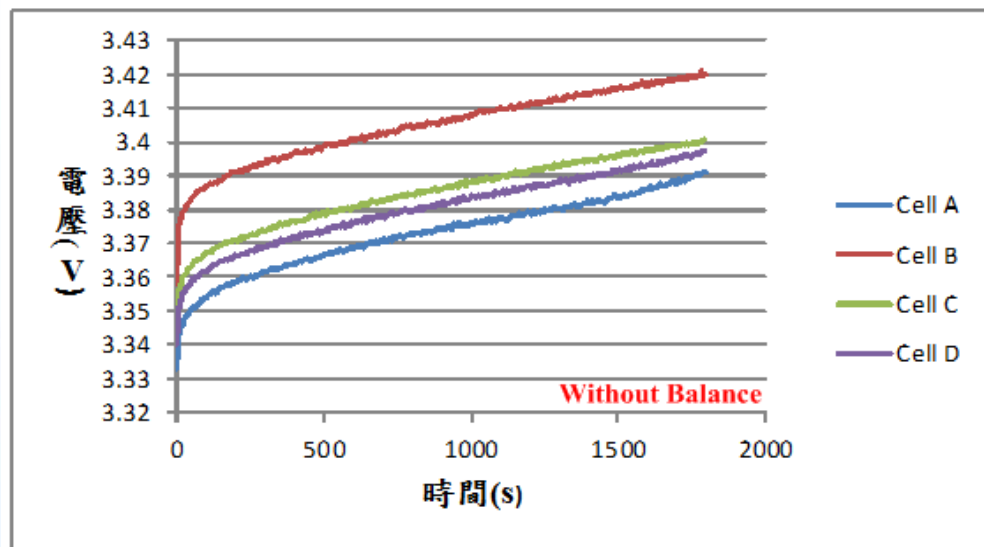


- 本文之主動式電芯平衡系統

初始電芯電壓差**0.009V**

終止電芯電壓差**0.003V**

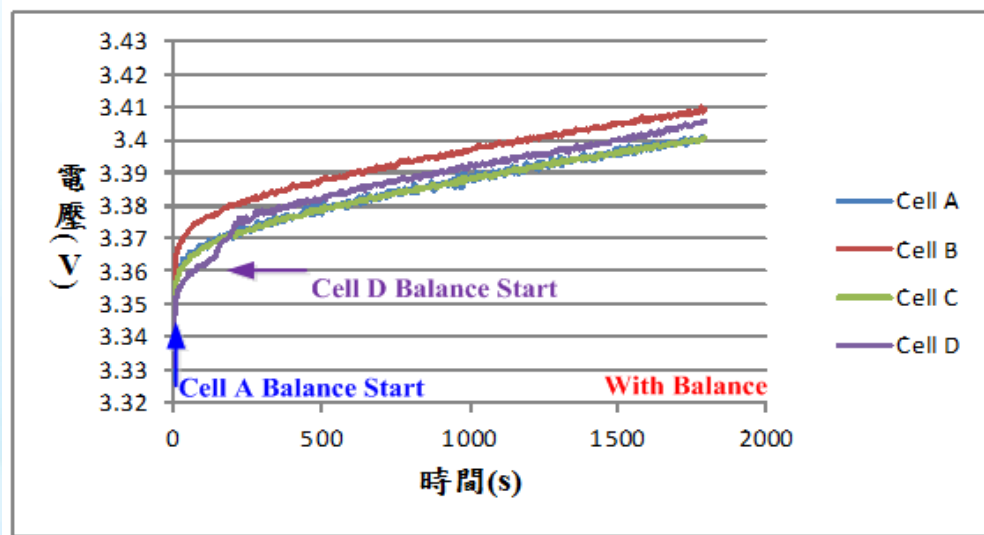
● 以0.2C充電之電壓波形



- 無電芯平衡系統

初始電芯電壓差**0.025V**

終止電芯電壓差**0.029V**



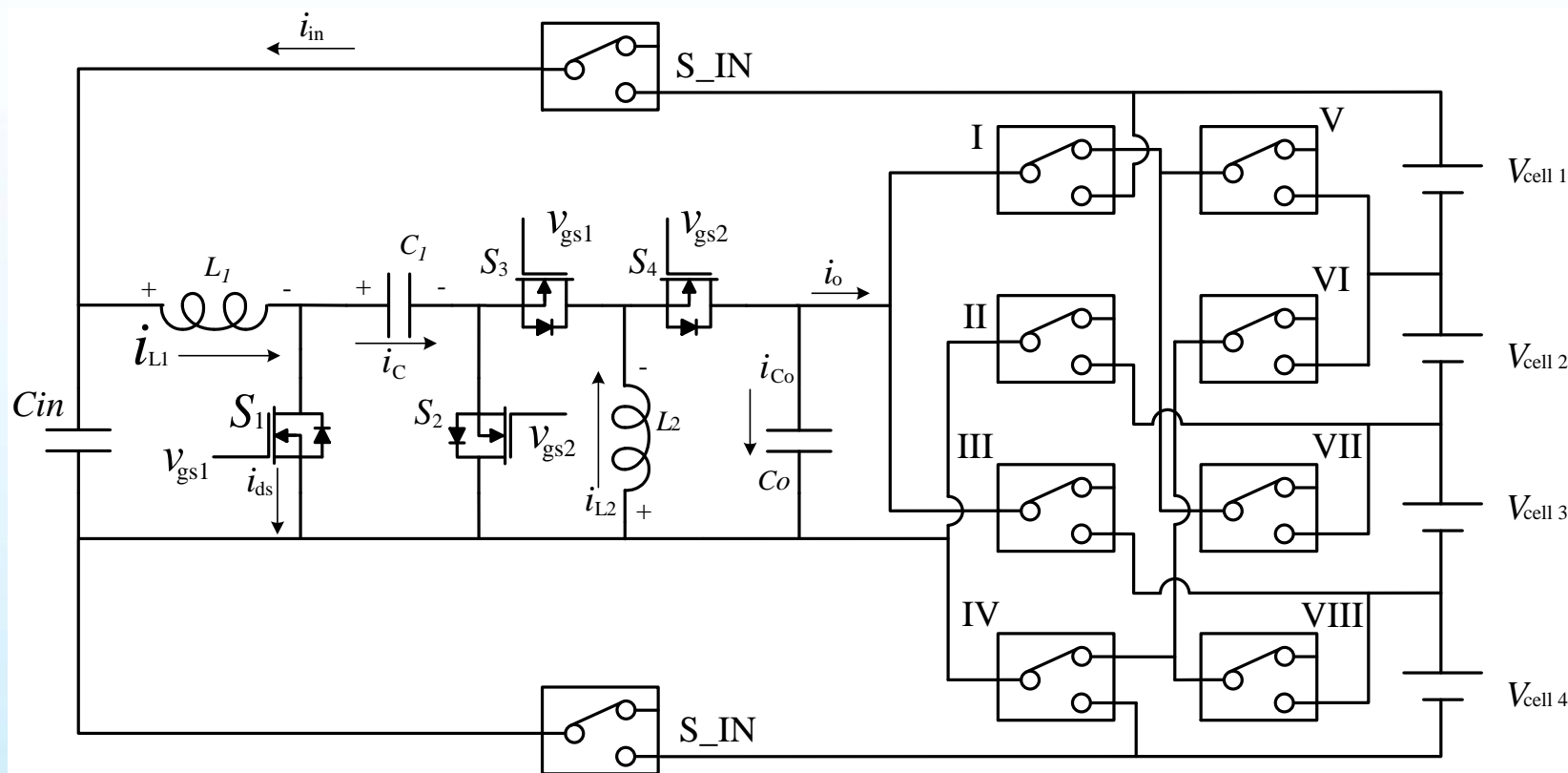
- 本文之主動式電芯平衡系統

初始電芯電壓差**0.019V**

終止電芯電壓差**0.008V**

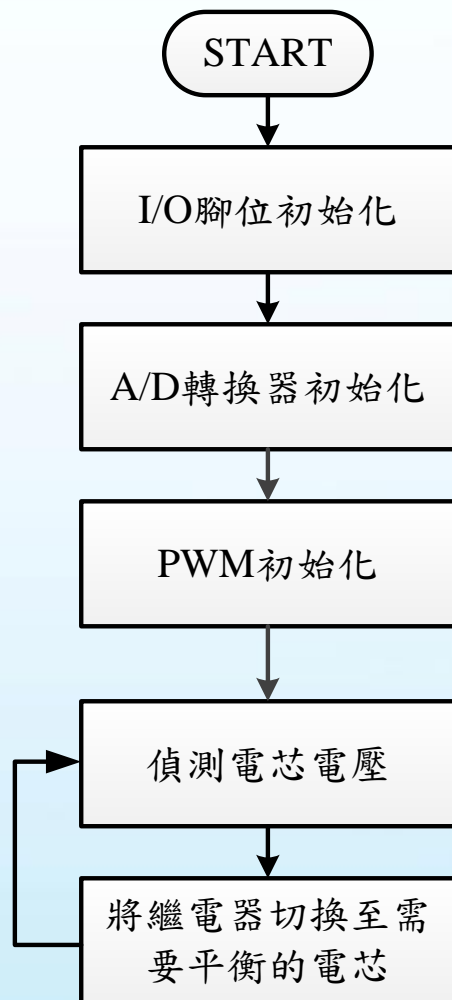
● 具成本效益之單級SEPIC主動式電芯平衡系統之研製

● 電路系統架構

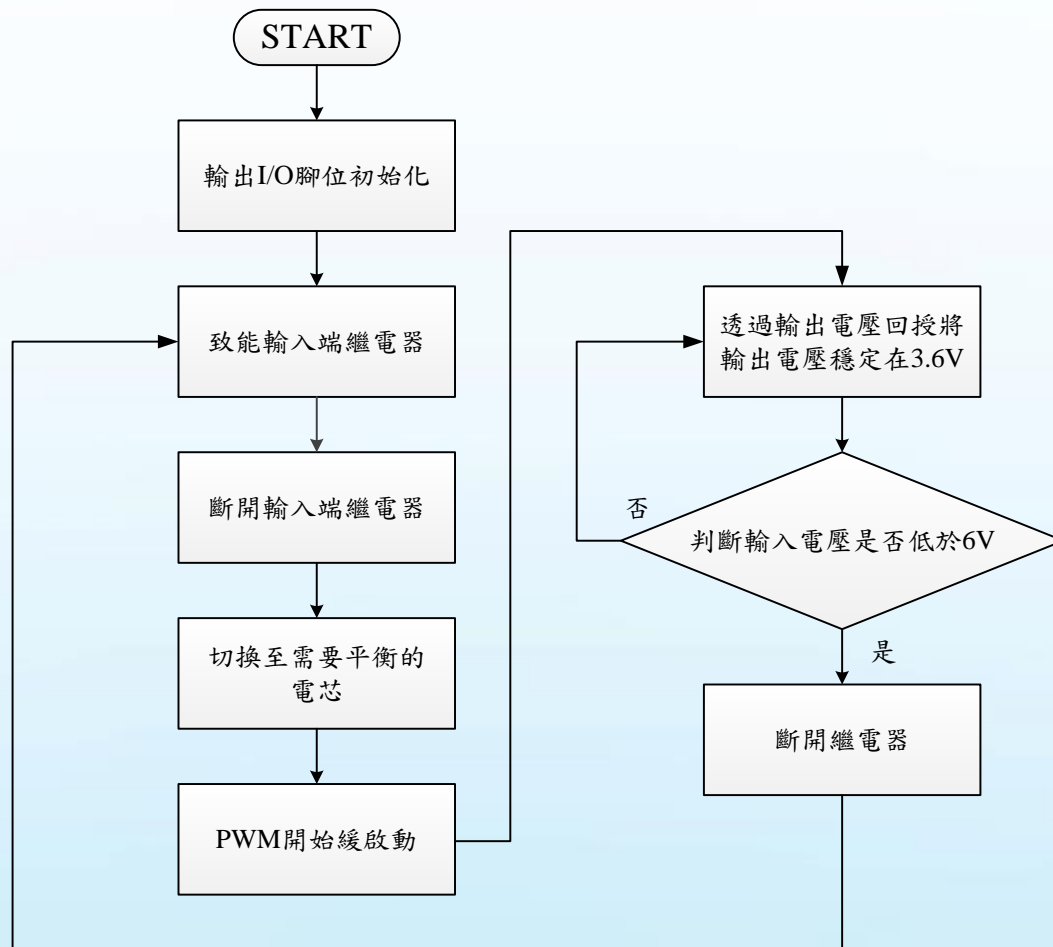


系統流程

主控制器程式流程

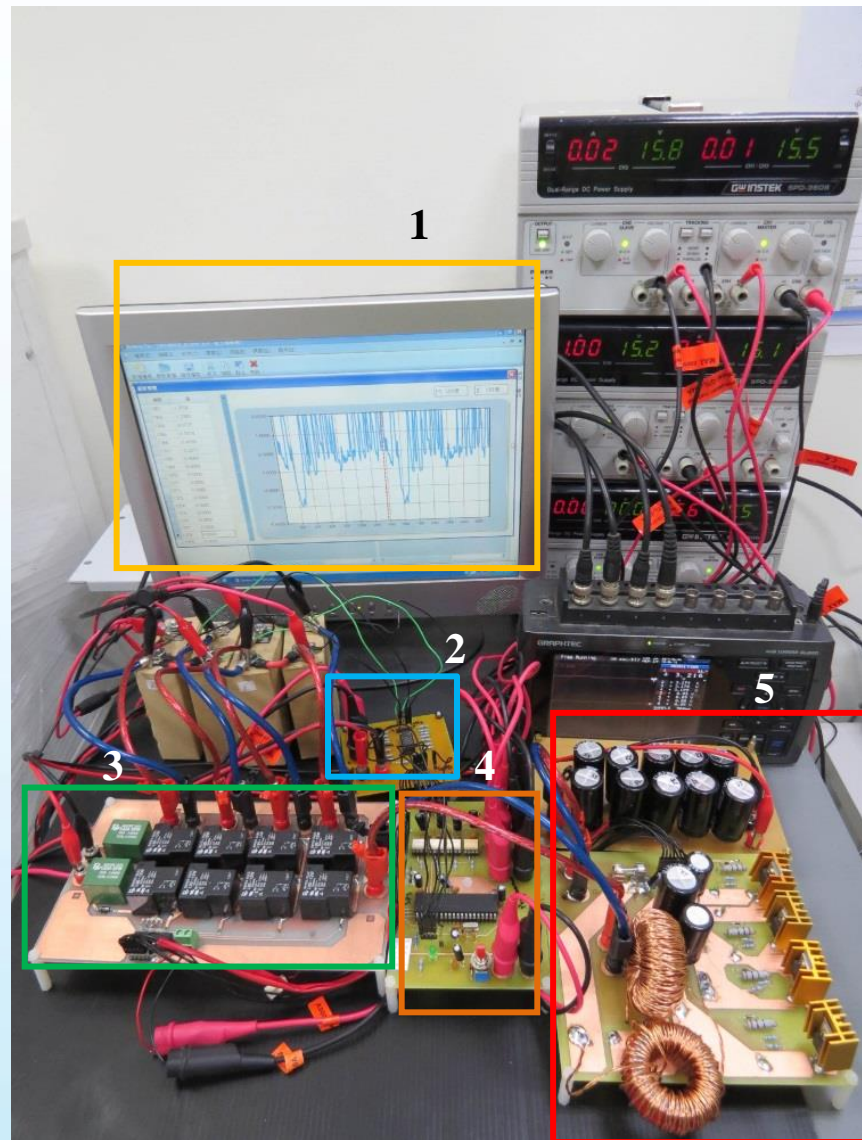


繼電器動作程式流程

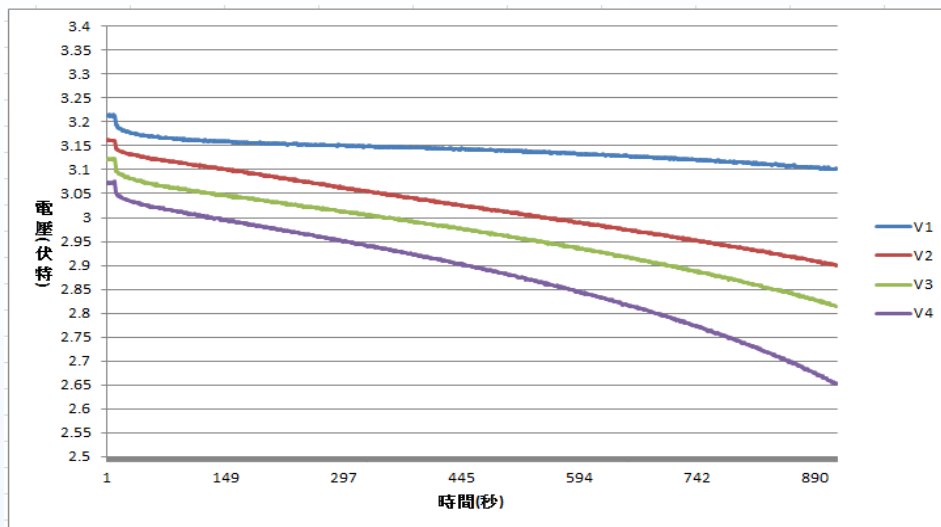


● 電芯平衡系統測試平台

- Block 1 : 可回收式電池測試平台
- Block 2 : 電芯電壓偵測模組
- Block 3 : 輸入與輸出繼電器模組
- Block 4 : 主控制器電路
- Block 5 : 本研究之功率級電路

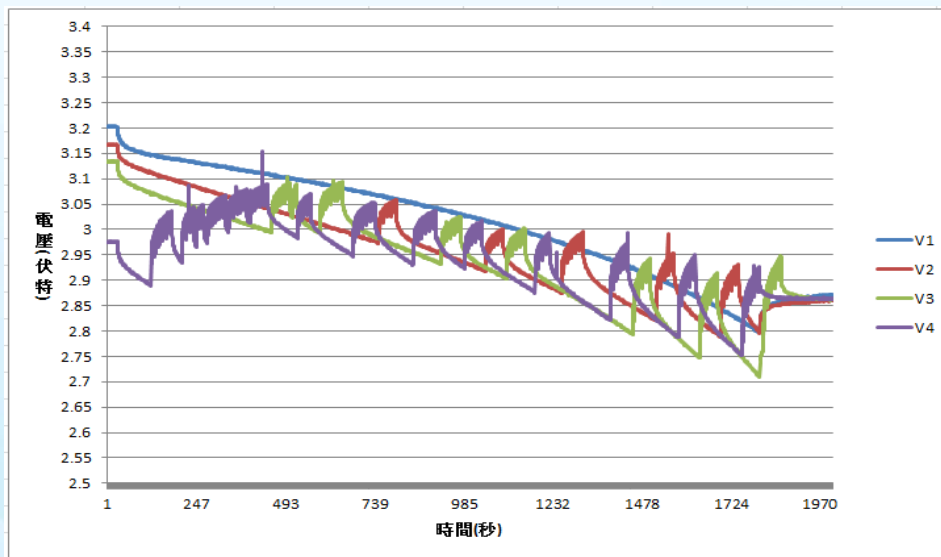


0.2C放電平衡



0.2C放電無平衡

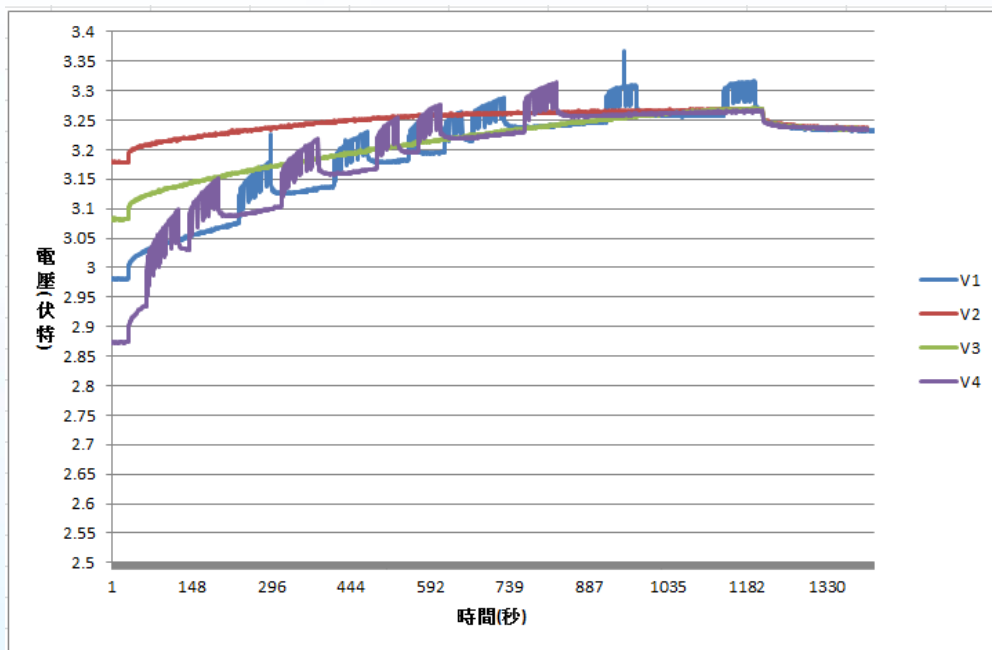
- ▶ 初始最高與最低電芯之電壓差為0.2V。
- ▶ 放電至900秒後Cell 4 電壓過低，無法繼續操作。



0.2C放電有平衡

- ▶ 初始最高與最低電芯之電壓差為0.25V。
- ▶ 放電時間增加兩倍有餘。
- ▶ 最後電芯相差在0.05V以下。

● 0.2C充電平衡

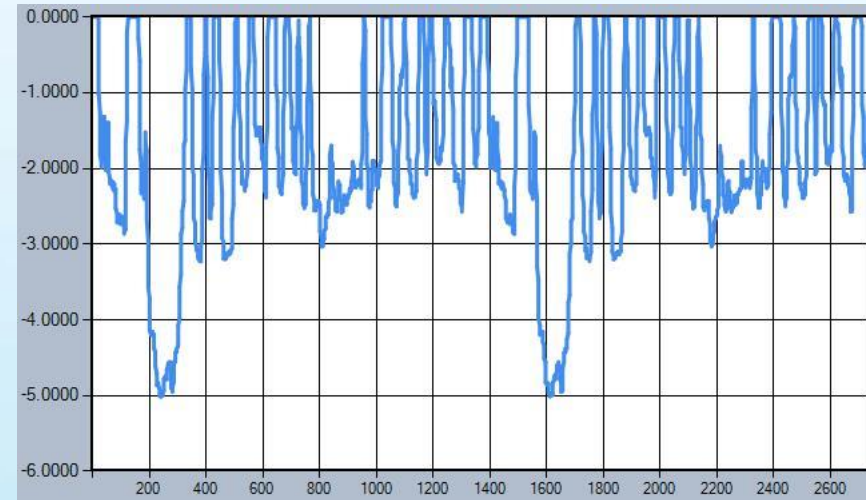
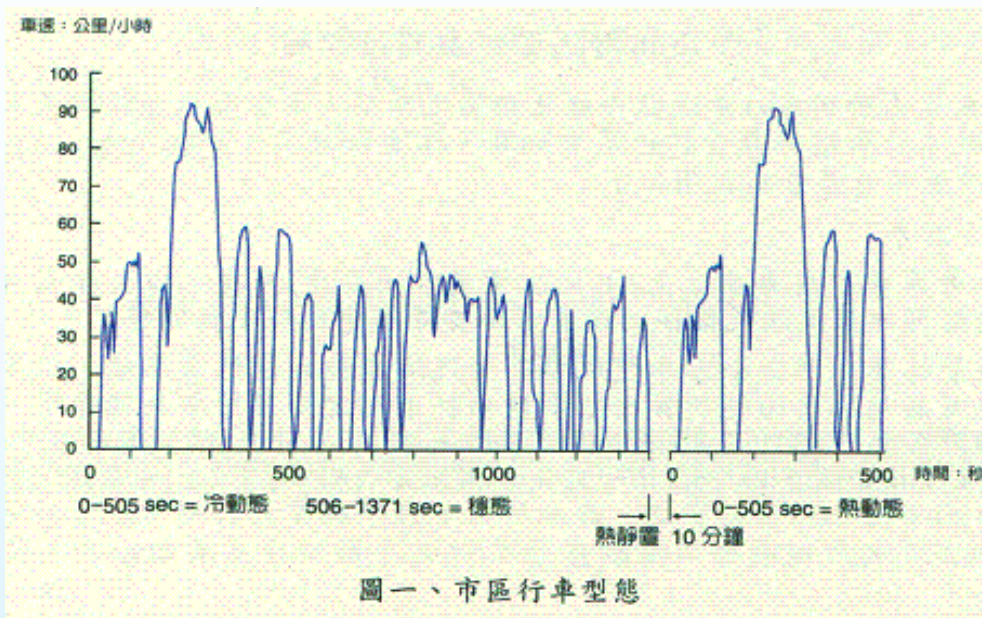


● 2A充電平衡

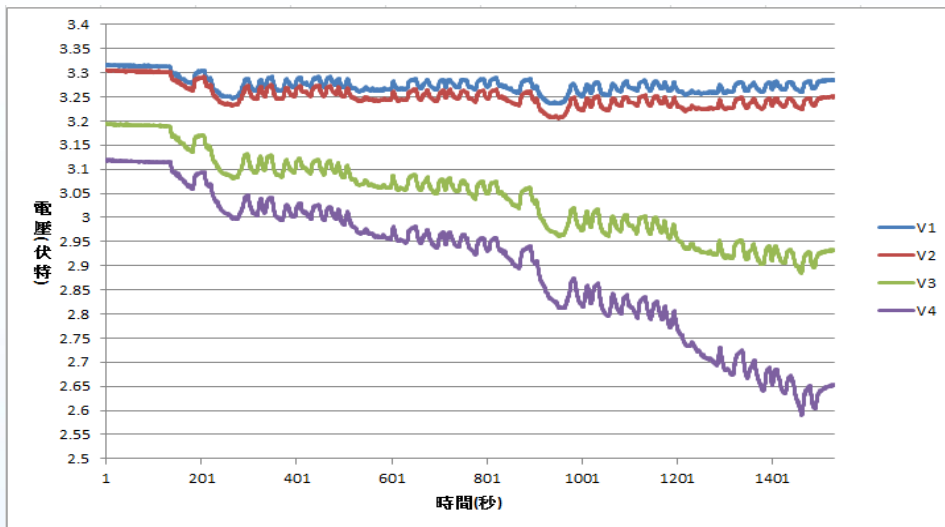
- ▶ 初始最高與最低電芯之電壓差為0.3V。
- ▶ 充電至900秒後達到設定之目標電壓3.25V，並且電壓差距在0.05V以下。

● 美國FTP-75行車曲線

- 依據美國FTP-75市區行車曲線製作出本系統驗證用的電池放電曲線。

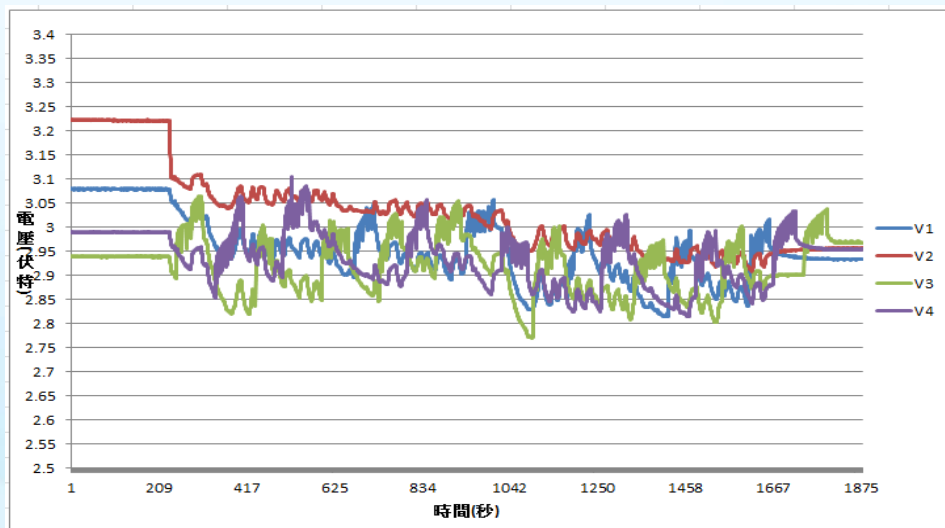


● FTP-75放電曲線平衡



● FTP-75放電曲線無平衡

- ▶ 初始最高與最低電芯之電壓差為0.2V。
- ▶ 放電至1500秒後Cell 4電壓過低。



● FTP-75放電曲線有平衡

- ▶ 初始最高與最低電芯之電壓差為0.25V。

結論

- 為防止電芯有過充或是過放的問題，在電池管理系統中，電芯平衡是一項相當重要的技術。
- 本計畫之研究使用SEPIC轉換器形式進行平衡，相較於電容式平衡法平衡速度較快，適合運用在需要快速達到平衡的應用。
- 本計畫之研究改善以往轉換器平衡方式的每一電芯要搭配一轉換器的做法，提出單一SEPIC轉換器外加開關進行選擇輸出之電芯，如此省下多個轉換器所需的電感與電容以及其他元件，達到降低成本的效果。
- 最後實驗結果以美國FTP-75的市區行車測試曲線來驗證本系統在電池放電過程中，最高電壓電芯與最低電壓電芯壓差均小於期望值的0.1V，達到電芯平衡的目的。

Q&A

Thank you.