



綠色車用冷氣

國立成功大學電機系

摘要

本組研究團隊不久前發現一種不需要壓縮機、不需要冷煤的降溫技術，此種技術被稱作「熱電致冷技術」。此技術以利用珀爾帖效應(Peltier effect)所製造出來的熱電致冷晶片做為核心元件，該晶片亦為本組研究題目的核心。

根據以往的經驗，一般汽車停放在陽光照射的地方，當汽車熄火、關掉冷氣以後，車內的溫度會慢慢地升高。即使在陰天車內的溫度受紫外線照射影響，車內因密封或無空氣循環，其溫度亦會逐漸升高。當要進到車內準備開車離開時，車內溫度大約會高達 55°C。這樣的高溫，確實令人難以忍受。

本組想藉由熱電致冷晶片的可控制性，來製作一個輔助的車用溫度調節器，自動調節車內的溫度，使得人一進到車內即可享有舒適的環境及適合的溫度。本組作品搭配太陽能電池做為發電的電源，提供能量給蓄電池充電以及提供電能給熱電致冷晶片使用，俾達到一個兼具綠色及環保的車用冷氣。

關鍵字：熱電(thermoelectric)、致冷、脈波寬度調變(PWM)、降壓式直流-直流轉換器、脈波寬度調變之可變電阻、LM35 溫度感測器、水冷。

1. 前言

1.1 創作背景及構思

一般汽車停在大太陽底下、關掉汽車引擎的情況下，若窗戶全部關閉時，車內如同一個密封的烤箱，其溫度會上升到大約 55°C。這樣的溫度使得坐在車內的人非常的難受，若使用冷氣瞬間強迫降溫，引擎必定消耗大量汽油並造成周圍的空氣污染。因此本組希望做一個輔助的車內溫度調節器，以自動調節車內的溫度到達合適的範圍。在溫度高的情況下，使熱電(thermoelectric)致冷晶片(以下簡稱 TEC)通入正值電流；溫度低的時候，使 TEC 通入負值電流。如此一來，不論汽車外面的溫度如何變化，都可能使人一進到車內，立即擁有一個舒適的溫度。

本組的溫度調節器是利用 TEC 做為冷卻或控溫的核心元件。在 1834 年，法國製錶匠珀爾帖(Peltier)研究發現，若在兩種不同金屬接合的線路上通以電流，則其中一個接點會放熱，而另一個接點則會吸熱，此現象通稱為珀爾帖效應(Peltier effect)。典型的熱電致冷元件照片如圖 1 所示。

熱電致冷元件的用途，可依隨著它的變化特性，應用於日常生活的各種角落。在日常生活用品、航太工業、醫學生物化驗、軍事民生工業等均處處可見熱電致冷元件之使用。熱電致冷元件最常見的日常用途，如：個人電腦的中央處理器(CPU)之冷卻、除濕箱、雷射發光頭的冷卻、車用行動冷藏箱、冰水機、冷熱敷療器、小型冰箱等。



再者，本組亦利用太陽光照射在太陽能電池上，利用所產生的電能對汽車內部的蓄電池進行充電，此電能亦同時提供電力給 TEC 使用，並未使用汽車引擎帶動發電機所產生的電能，故本組的研究成果已同時達到使用綠色能源以及兼顧環保的雙重功效。

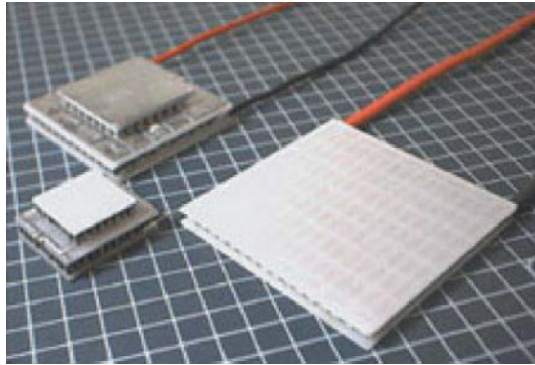


圖 1：典型熱電致冷元件(單層與雙層)之照片

1.2 作品功能及創新

- (1) TEC 與傳統冷凍壓縮機相互比較下，TEC 之優點有體積小、無噪音、不使用冷煤等，因此無環保公害、壽命長，可倒立或側立使用，無方向的限制。
- (2) 利用環保的太陽能電池做發電，可對汽車蓄電池進行充電，並提供電力給 TEC。
- (3) 不會發生汽車引擎無法起動的問題。
- (4) 偵測車外氣溫，自動切換降溫或升溫模式，可隨時提供一個舒適的溫度給駕駛人及乘客。
- (5) 偵測溫度調節器進風口的溫度，可自動切換 TEC 的電壓、水冷幫浦及出風口風扇之轉速。
- (6) 具有蓄電池過度放電之保護及警示。
- (7) 可降低汽油燃料的使用，利用大自然的陽光照射太陽能電池，以產生電能對汽車蓄電池進行充電，也同時提供電力給 TEC，達到使用綠色能源及環保的雙重效果。

2. 工作原理

2.1 工作原理及功能

- (1) TEC 是利用珀爾帖效應，使得 TEC 通入電流以後，一面會放熱，而另一面則會吸熱，利用其中一面作為溫度調節器的核心，並在此面加上金屬鰭片，以增加導熱面積。
- (2) 當 TEC 通入正電流時，裝上金屬鰭片的一面會吸收汽車內空氣的熱量。當 TEC 通入負電流時，原本吸收熱量的那一面會轉變為放出熱量。因此，TEC 的同一面，只要更改通入的電流方向，即可決定是要提高或降低車內的溫度，文中此後稱提高車內溫度為升溫模式(heat ing mode)、降低車內溫度為降溫模式(cooling mode)。
- (3) 在降溫模式下，從汽車內吸收的熱量可藉由一般電腦用的水冷系統加以散熱。
- (4) 利用一片 17 V、75 W 的太陽能發電板來進行發電，太陽能板電流經過高效率的開關式切換電源充電器(由 LM2576 組成)對蓄電池進行充電。
- (5) 利用 LM35 溫度感測元件量測汽車外面的溫度、出風口及進風口的溫度，以自動調節脈波寬度調變方式控制水冷幫浦及出風口風扇轉速，以降低系統能源的損耗。



2.2 HOLTEK MCU 之核心功能

- (1) 利用 MCU 內部之類比對數位轉換功能(AD)以及 LM35 溫度感測元件來量測溫度。
- (2) 依據 AD 轉換的結果，利用 MCU 做為一個命令決策中心，控制系統在升溫/降溫/關閉等不同模式。
- (3) 採用 MCU 之 AD 來量測蓄電池之電壓，以判斷蓄電池是否過度放電，並利用 LED 之顯示以提示車主並停止供電給 TEC。
- (4) AD 量測太陽能板之輸出電流以及充電器輸出電流，以判斷是否發生過電流。
- (5) 利用 MCU 內建的脈波寬度調變(PWM)功能，以控制幫浦及風扇的轉速。
- (6) 利用計時器 Timer0 的準確計時來設計水冷系統的關閉延遲時間(off time delay)。

本作品未來有申請專利的可能。

3. 作品結構

如圖 2 所示為本組之系統方塊圖，該系統主要由三大部份所組成：太陽能電池、主電路 1、主電路 2，其他主要的元件有 12 V 汽車蓄電池、電路板電源及 TEC。

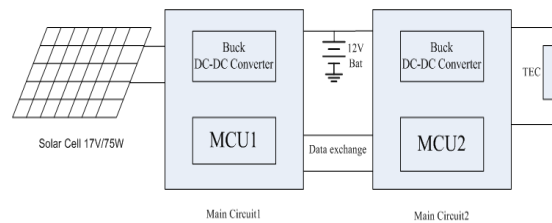


圖 2：系統方塊圖

本作品分成兩大主電路來完成。主電路 1 負責將太陽能電池的電壓經過高效率的降壓型直流-直流轉換器降壓，並對汽車蓄電池進行充電。主電路 2 則負責控制 TEC 的電壓，以及負責控制降低 TEC 熱面溫度之水冷系統。

每個主電路皆由一顆 HT46R24 擔任量測、決策及控制，並藉著輸入輸出介面(I/O)作資料的交換。

3.1 系統方塊圖

如圖 3 所示為主電路 1，它是由 MCU1 (HT46R24)、降壓式直流-直流轉換器(BUCK)、電流電壓量測電路、低電壓偵測電路、PWM 可變電阻電路組成。MCU1 偵測太陽能電池的電壓(V_{pv})、電流(I_{pv})，BUCK 輸出電流(I_{out})，蓄電池兩端電壓(V_{bat})，並通過邏輯的判斷，決定 PWM 輸出的責任週期(duty)以決定 BUCK 之輸出電壓。

如圖 4 所示為主電路 2，它是由 MCU2 (HT46R24)、降壓式直流-直流轉換器(BUCK)、繼電器、溫度量測電路、PWM 驅動器組成。溫度量測電路是由溫度感測器 LM35 及運算放大器(OP)所組成。LM35 為一個具有量測寬廣溫度範圍(-55°C ~ 150°C)的感測器，其輸出電壓為+10 mV/°C。

MCU2 依據量測到的車外氣溫(T_a)及汽車內的空氣溫度(T_{air_in})，決定提供給 TEC 的電壓大小與正負極性，水冷幫浦及出風口風扇的責任週期(duty)，以及降溫模式指示燈(led_cool)、升溫模式指示燈(led_heat)、TEC 模組風扇(tec_fan)、水冷系統散熱排風扇(watercool_fan)的啟動及關閉。

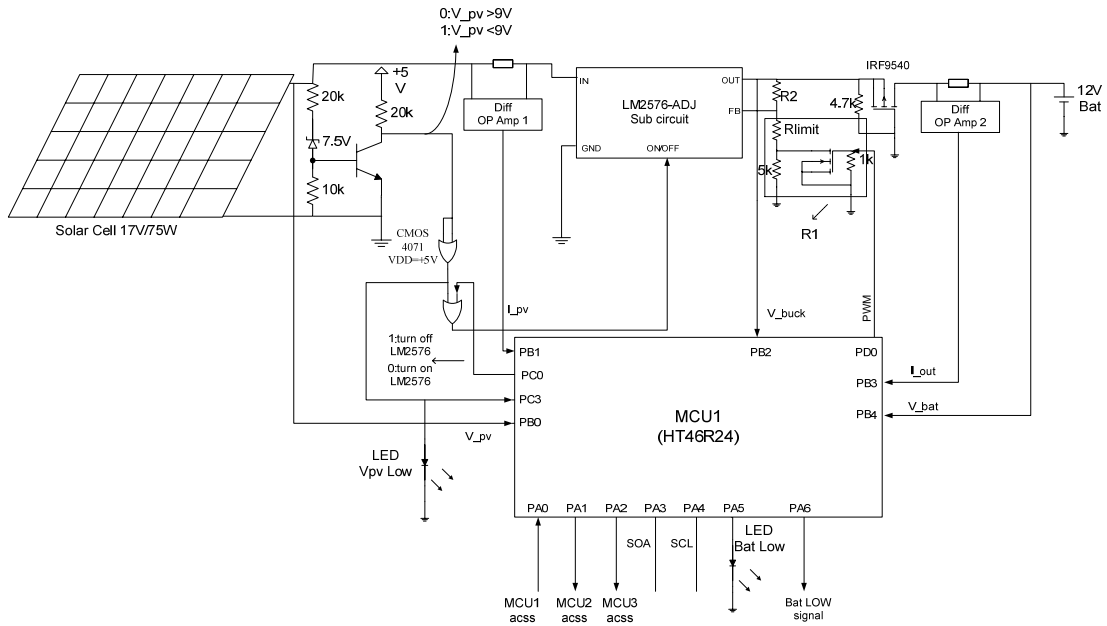


圖 3：主電路 1

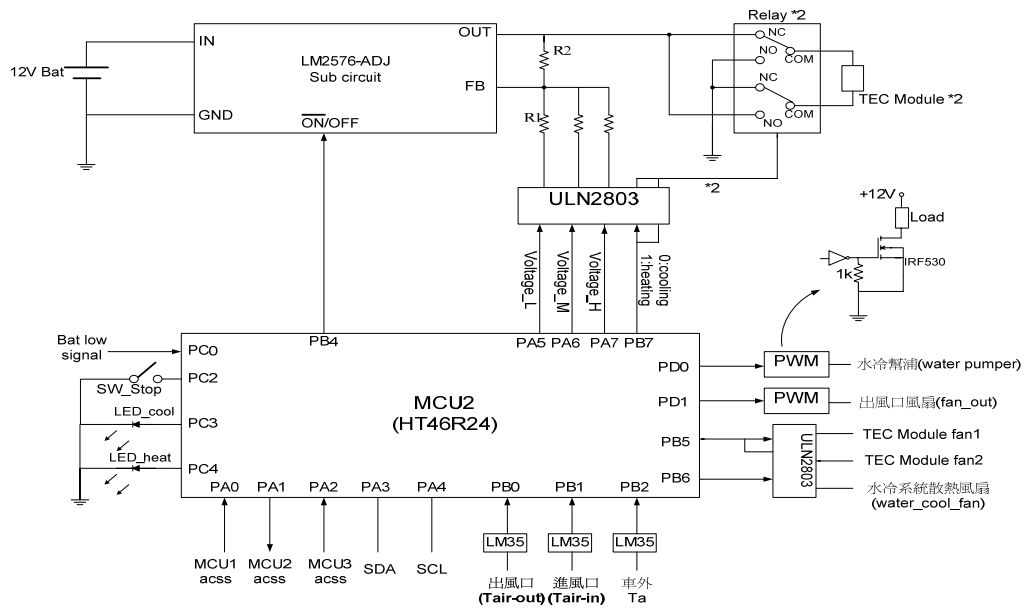


圖 4：主電路 2

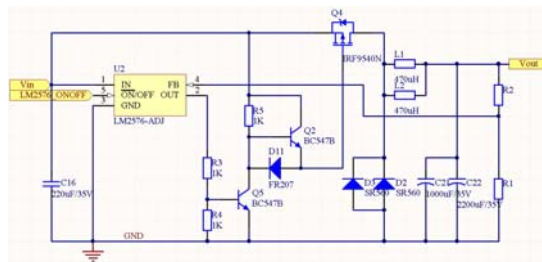


圖 5：降壓式直流-直流轉換器之電路



如圖 5 所示為主電路 1 及主電路 2 內部之降壓式直流-直流轉換器的電路，該電路使用國際半導體公司(National Semiconductor)的 LM2576-ADJ 做為 MOSFET 開關的切換控制器。此轉換器的輸出電壓為

$$V_o = 1.23(1 + \frac{R_2}{R_1}) \quad (1)$$

3.2 硬體電路及照片

如圖 6 和圖 7 所示分別為 TEC 模組 1 及模組 2 的照片，每個模組的銅水冷頭與散熱片之間夾著兩片 TEC。如圖 8 所示為水冷系統與 TEC 模組連接的照片。

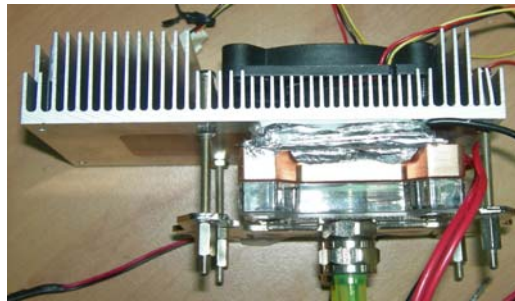


圖 6：TEC 模組 1 照片

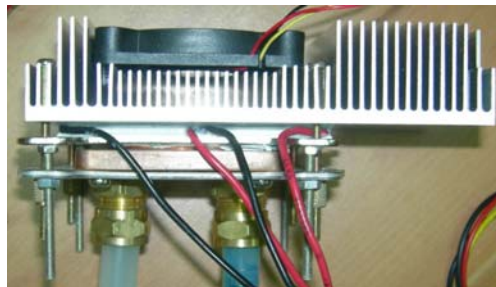


圖 7：TEC 模組 2 照片

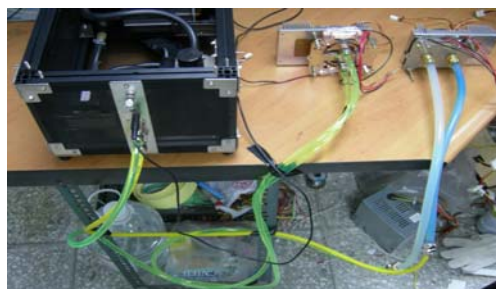


圖 8：水冷系統與 TEC 模組連接照片



3.3 程式流程圖

如圖 9 所示為 MCU1 之主程式流程圖，此程式先判斷 V_{pv} 是否小於 9 V，若發電電壓過低則關閉 LM2576，使得充電器不動作，以保護太陽能板。若發電電壓大於 9 V，則開啟 LM2576。接著判斷 I_{pv} 是否大於 4 A，若是則降低 PWM 的 duty，以降低 LM2576 的輸出電壓；否則則判斷 I_{out} 是否大於 4 A，若是則降低 PWM 的 duty，否則則增加 PWM 的 duty 以提高輸出電壓對電池充電及提供電流給 TEC。此外，程式亦判斷 V_{bat} 是否小於 11 V，若是則電池電壓過低使 LED 點亮，並使 PA6 輸出 1 告知 MCU2 電池電壓過低，應關閉 TEC。

如圖 10 所示為 MCU2 之主程式流程圖，此程式先判斷由 MCU1 送過來的電池電壓過低訊號是否為 1 或開關(SW_Stop)是否按下，若是則進入系統關閉模式(Off Mode)副程式。若兩者皆否，則通過 HT46 之 AD 量測車外氣溫 T_a ，若 $T_a > 24^\circ\text{C}$ 則進入降溫模式；若 $18^\circ\text{C} < T_a \leq 24^\circ\text{C}$ 則進入關閉模式；若 $T_a \leq 18^\circ\text{C}$ 則進入升溫模式。

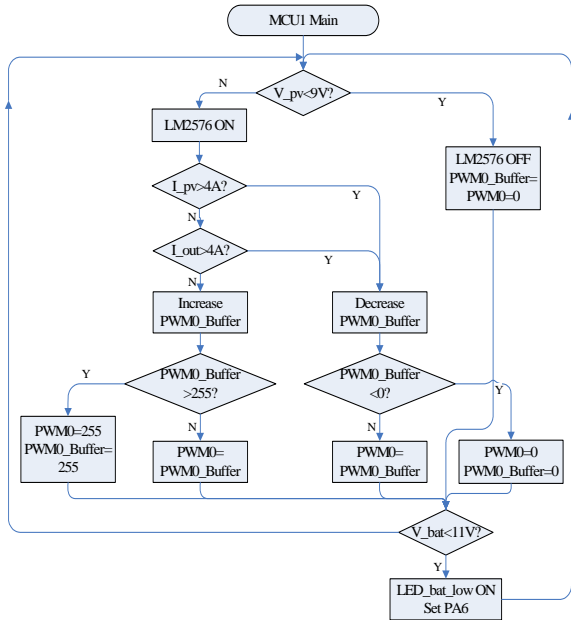


圖 9：MCU1 之主程式流程圖

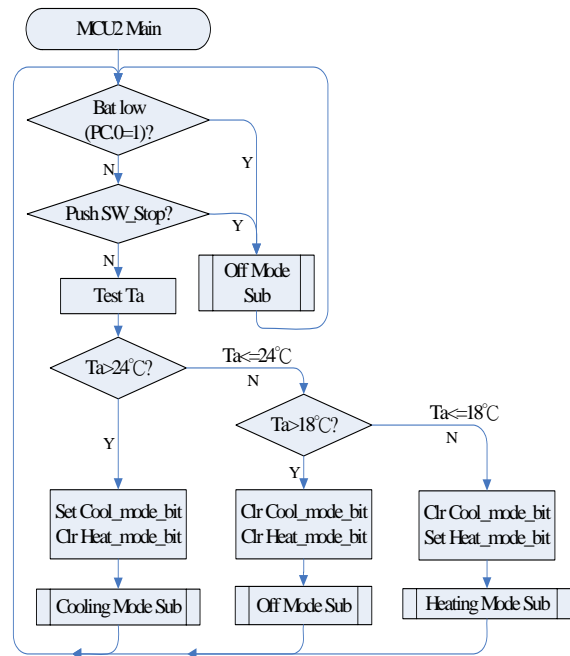


圖 10：MCU2 之主程式流程圖



如圖 11 所示為降溫模式之副程式流程圖，此程式先設定 cool_or_heat (PB7) 為 0，使 LM2576 提供正值電流給 TEC，再以較低 duty 的 PWM 訊號驅動出風口風扇 (Fan_out)，以便量測車內的氣溫 (Tair_in)。當 $T_{air_in} > 30^{\circ}\text{C}$ 、 $26^{\circ}\text{C} < T_a \leq 30^{\circ}\text{C}$ 、 $T_a \leq 26^{\circ}\text{C}$ 的三種溫度範圍內，分別提供高、中、低 duty 的 PWM 給 Fan_out 及 water pumper 驅動器，以分別供應高、中、低的電壓給 TEC，藉著這樣的控制方式來降低系統的能量損耗。

如圖 12 所示為升溫模式副程式之流程圖，此程式先設定 cool_or_heat (PB7) 為 1，激磁繼電器，以使 LM2576 提供負值電流給 TEC。然後以較低 duty 的 PWM 訊號驅動出風口風扇 (Fan_out)，以便量測車內的氣溫 (Tair_in)。當 $T_{air_in} > 20^{\circ}\text{C}$ 、 $10^{\circ}\text{C} < T_a \leq 20^{\circ}\text{C}$ 、 $T_a \leq 10^{\circ}\text{C}$ 三種溫度範圍內，分別提供低、中、高 duty 的 PWM 給 Fan_out 及 water pumper 驅動器，以分別供應低、中、高的電壓給 TEC。

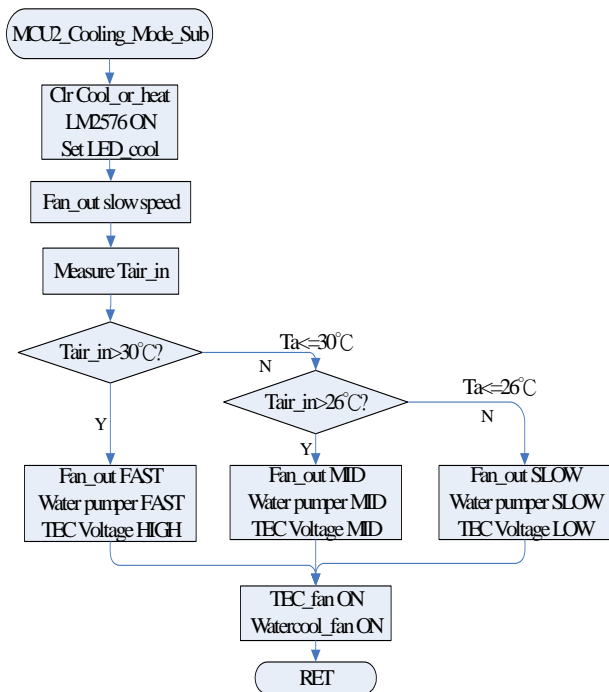


圖 11：降溫模式副程式之流程圖

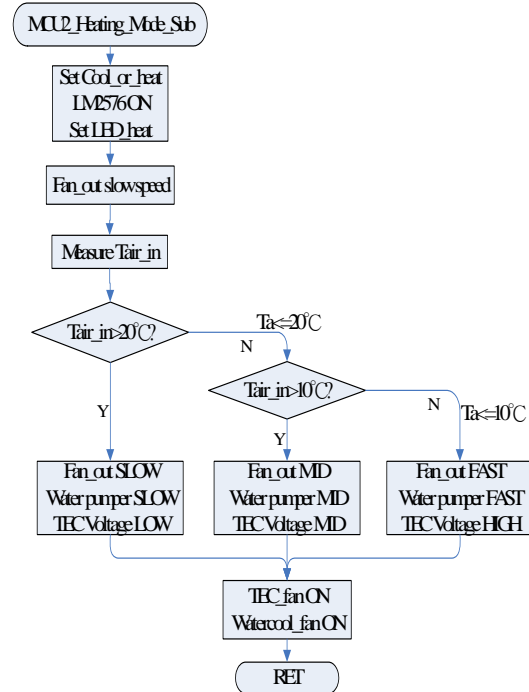


圖 12：升溫模式副程式之流程圖



如圖 13 所示為關閉模式副程式之流程圖，此程式先關閉 LM2576、LED_cool、LED_heat，設定 LM2576 之 feedback 電阻值，使 LM2576 輸出為低壓，以便在下次啟動 LM2576 時，是以低電壓方式啟動，俾降低啟動的電流。等待 5 分鐘的延遲以後，再關閉水冷幫浦、出風口風扇、TEC_fan (TEC 模組上的風扇)、watercool_fan (水冷系統散熱排風扇)。延遲 5 分鐘關閉是為了將 TEC 上的剩餘溫度恢復至室溫值。

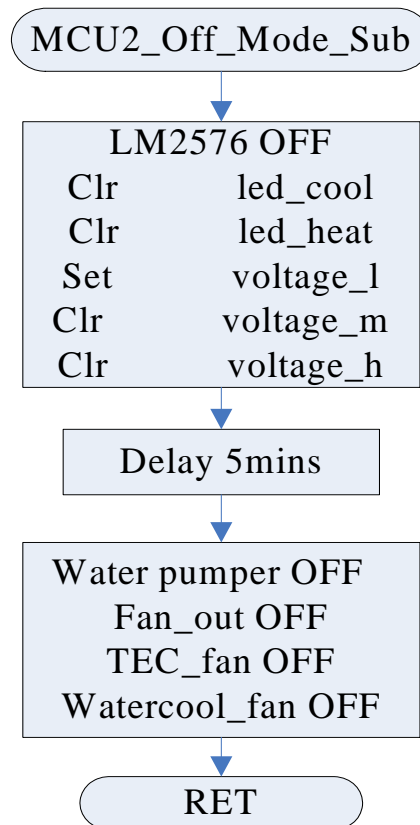


圖 13：關閉模式副程式之流程圖

本組作品利用優塑板製作了一個長 86 cm、寬 47 cm、高 60 cm 的空箱(如圖 14 所示)做為冷氣循環的空箱，以模擬汽車內的空間。在空箱左方八分之一處內裝有 4 片 12 V、6 A 的 TEC (TEC-12706) 以及循環用的風扇(即出風口風扇 fan_out)，其中 TEC 的散熱片模組則通過水管連接到水冷系統。

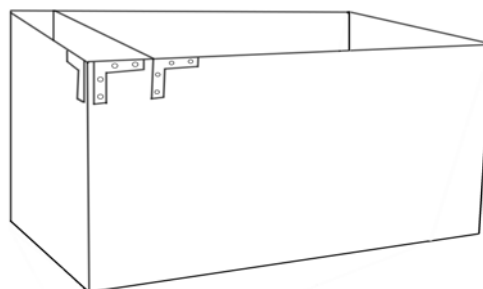


圖 14：空箱之示意圖



4. 參考文獻

4.1 書籍

- [1] 鍾啟仁編著，『HT46xx 微控制器理論與實務寶典』，全華科技圖書，民國 95 年。
- [2] 李齊雄·鄭顏雄·蔡孟昌編著，『微控制器原理與實作 (HOLTEK HT48 系列)』，儒林圖書，民國 92 年。
- [3] 吳一農編著，『Holtek48 單晶片微電腦實務應用』，全華科技圖書，民國 94 年。

4.2 技術報告

- [1] Holtek, 『HT46R24/HT46C24 A/D Type 8-Bit MCU』, March 2006.
- [2] National Semiconductor, 『LM2576/LM2576HV Series SIMPLE SWITCHER® 3A Step-Down Voltage Regulator』, June 1999.
- [3] National Semiconductor, 『LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors』, November 2000.