

## 第五章 實驗結果



### 5.1 概要

我們先在 PC 上模擬色調重現演算法，並且建立了完整的彩色影像流程，流程中具備了自動色階、自動白平衡、色彩插補、邊緣偵測、雜訊濾除、色彩校正、色彩空間轉換、邊緣增強、色彩飽和度增強、色調重現、伽瑪校正等彩色影像處理。之後將整個彩色影像處理流程移植到德州儀器(TI)公司所開發的 TMS320C6416T DSP 平台，研究在數位信號處理器中執行需考慮到的問題。底下我們將分成 PC 的模擬實驗結果和 DSP 平台實驗結果，從實驗結果與探討中，可以發現我們設計的色調重現對於影像色調的保存的確有不錯的結果。

### 5.2 彩色影像來源

實驗的過程中採用 Hewlett Packard (HP) photo smart 435 的數位相機，其擷取影像作為彩色影像處理流程的資料輸入來源，本台相機同時具有擷取原始資料的功能，圖 5-1 所示。



圖 5-1 HP PhotoSmart 435

經過 CCD 影像感測器擷取到的原始影像資料，尺寸為 2064 像素 × 1545 像素，格式如圖 5-2 所示，每個像素均只有一個顏色的感測值，其排列方式呈梅花座的方式，稱之為 Bayer Pattern，是目前最常用的色彩濾波器陣列排列方式，其中感測到綠色(G)的數目是紅色(R)與藍色(B)的兩倍之多，如此設計的原因是人眼對綠色較為敏感。

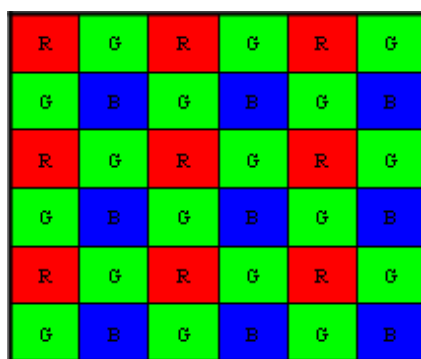


圖 5-2 Bayer Pattern

相機所擷取到的原始資料其長度為 16 位元的，也就是一個 WORD 的長度，其資料的擺放方式如下圖 5-3 所示的格式，由 Photoshop 所看到的輸入影像與輸出影像如圖 5-4 所示，影像是灰色的原因是原始影像資料中每一個像素均是由單一顏色組成。原始影像資料分為三區塊(field)，分別代表圖 5-4 原始影像資料格式的第  $3n$  列集合、第  $3n+1$  列集合與第  $3n+2$  列集合( $n$  為大於或等於 0 的整數)，分成三區塊的原因是 CCD 一次同時掃瞄影像第 0、3、6...列，也就是第  $3n$  列，之後一次同時掃瞄影像的第  $3n+1$  列，最後再同時掃瞄影像的第  $3n+2$  列，經儲存後即形成此種交叉式排列。因此我們還必需將分成三區塊的原始資料排成原來完整影像，同樣也是遵循 Bayer Pattern 的擺放方式。

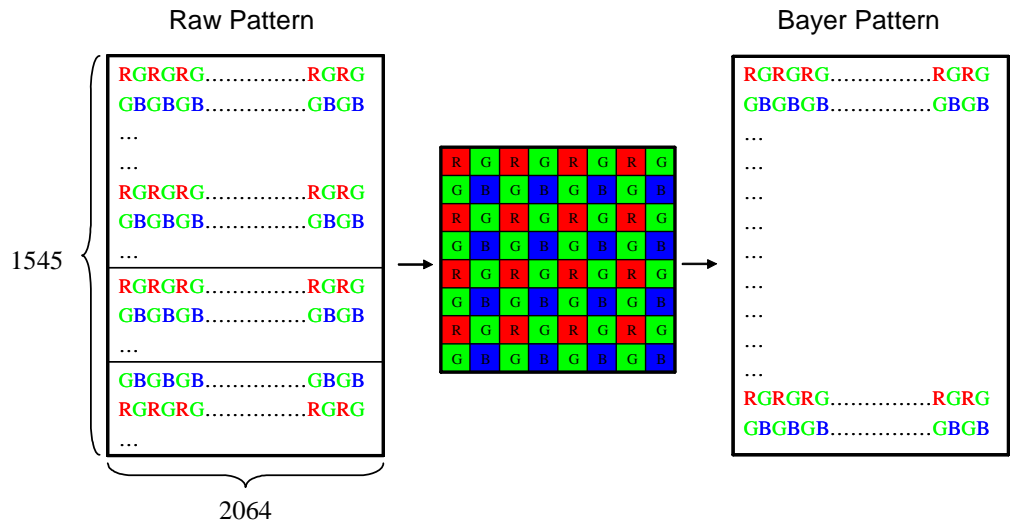


圖 5-3 原始資料格式及 Bayer Pattern 插補格式



圖 5-4 輸入的原始影像資料

### 5.3 未經過色調重現處理

我們得到原始影像資料後，將影像原始資料輸入到第三章所提出的一個穩健彩色影像處理流程，下列各組照片將呈現將我們的完整彩色影像流程處理中略過

色調重現處理步驟所得到的結果。其中(a)為未經彩色影像處理流程的影像原始資料，此處我們將檢視原始影像資料經過色彩插補(Color Interpolation)的實驗結果。雖然彩色影像處理流程演算法是針對原始影像資料來處理，但原始影像資料為 Bayer pattern 形式，如圖 5-2 所示，由於缺少紅藍綠三分之二的資訊，較難看出影像的全貌，因此我們採用經過色彩內插後的影像來檢視，由於色彩插補後的影像只是多增加了三分之二的像素，仍舊保留原來的感測資訊，不會破壞原來的感測值，也是最接近原始影像的資訊，(b) 經過自動色階、白平衡、雜訊率除後的彩色影像，(c) 經過色彩校正、邊緣增強以及飽和度增強後的影像，(d) 經過珈瑪校正後的彩色影像。

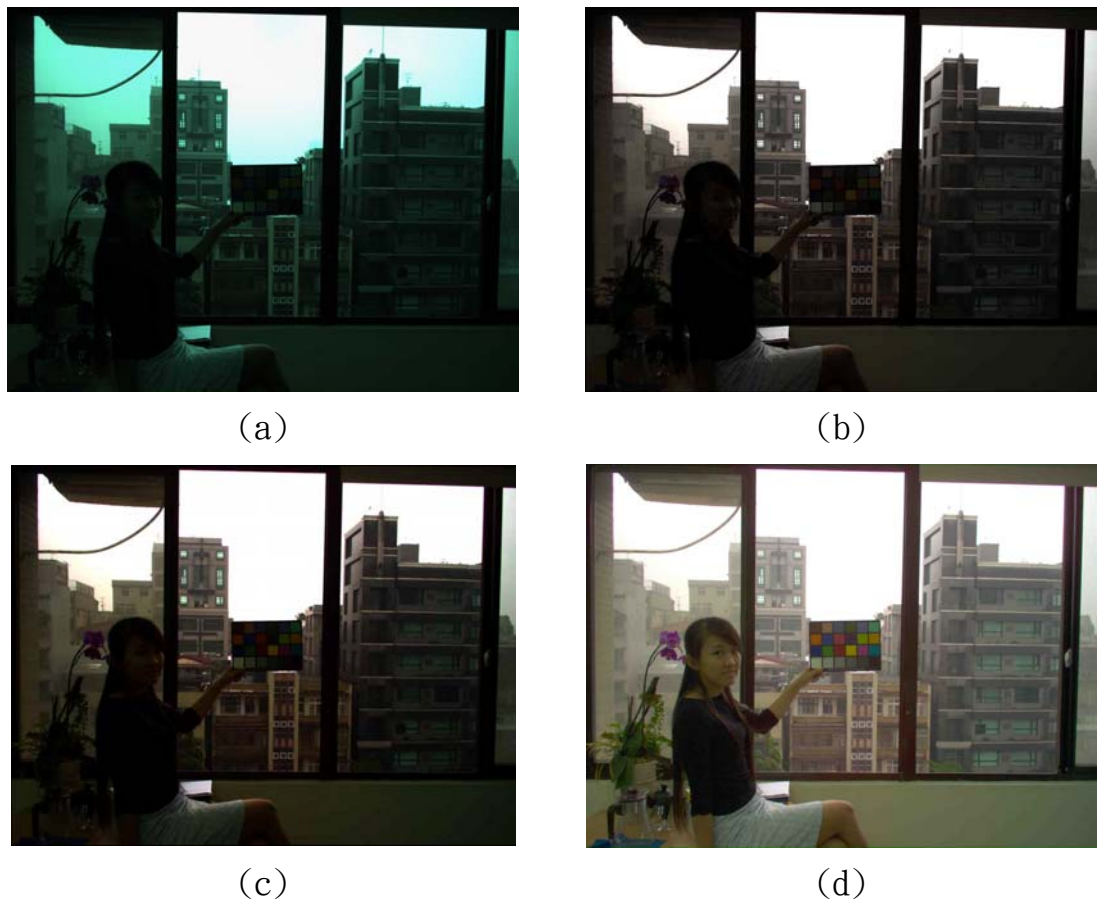
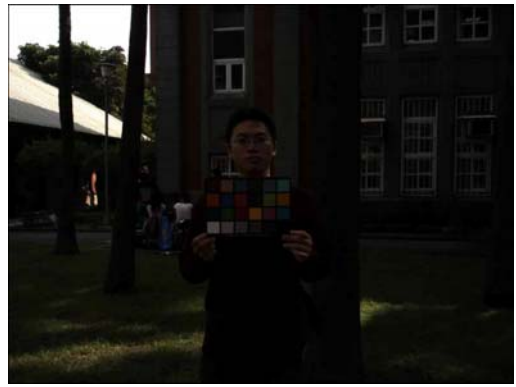


圖 5-5 未經過色調重現的第一組影像



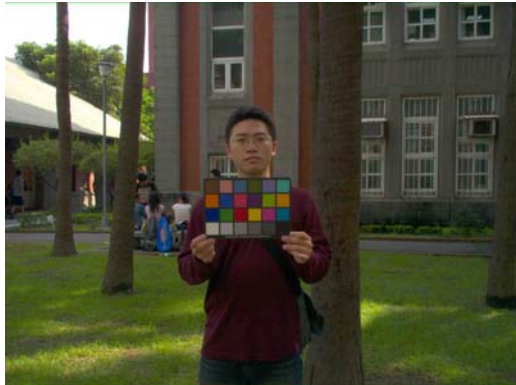
(a)



(b)



(c)

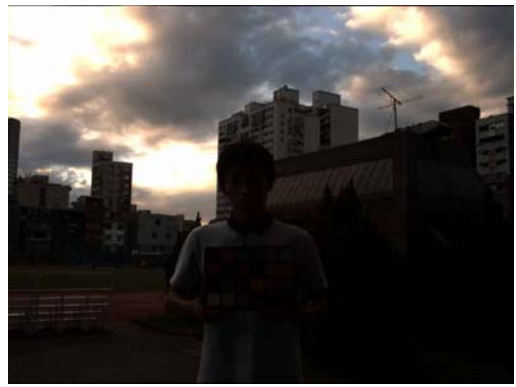


(d)

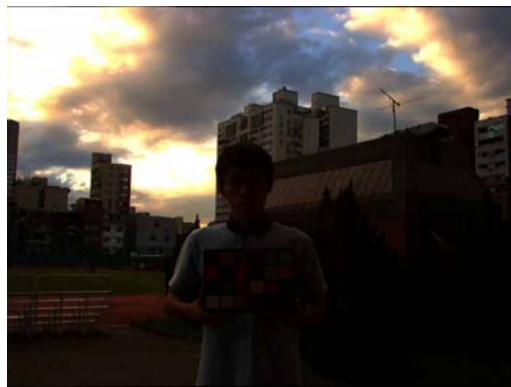
圖 5-6 未經過色調重現的第二組影像



(a)



(b)



(c)



(d)

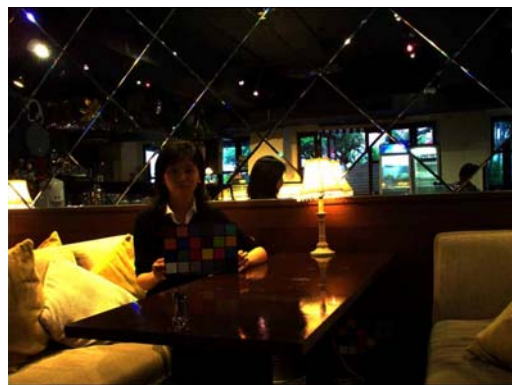
圖 5-7 未經過色調重現的第三組影像



(a)



(b)



(c)



(d)

圖 5-8 未經過色調重現的第四組影像

## 5.4 色調重現處理討論

在我們的影像處理流程中加入色調重現處理程序後，影像的亮度、對比及色彩有明顯的改善，經過色調重現處理後的各組影像如下。其中(a)經過自動色階、白平衡、雜訊率除、色彩校正、邊緣增強以及飽和度增強後的影像，(b)經過色調重現處理後的彩色影像，(c)經過伽瑪校正最後輸出的彩色影像，(d)未經過色調重現處理最後輸出的彩色影像，也就是前一節的未經過色調重現的輸出結果。比較(c)和(d)，很明顯的，加入色調重現後，影像亮度提高、對比也增加、色彩更鮮明、細節更清楚。



(a)



(b)



(c)

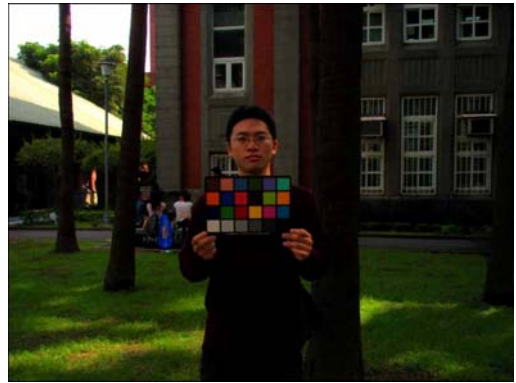


(d)

圖 5-9 經過色調重現的第一組影像



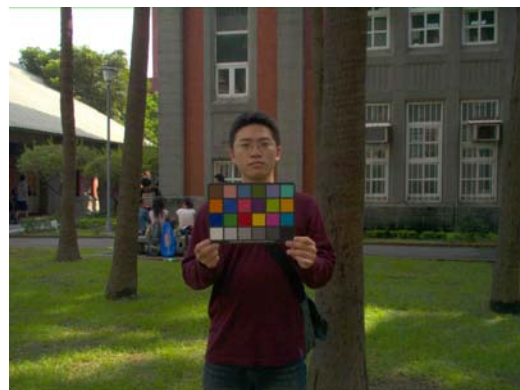
(a)



(b)



(c)

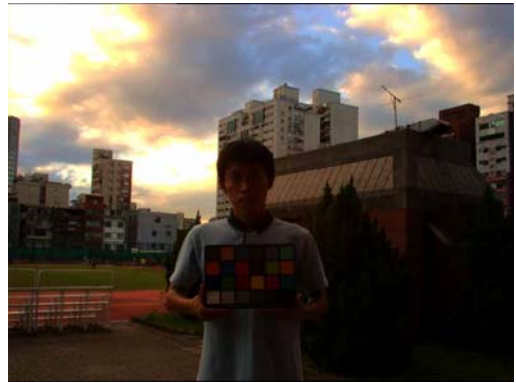


(d)

圖 5-10 經過色調重現的第二組影像



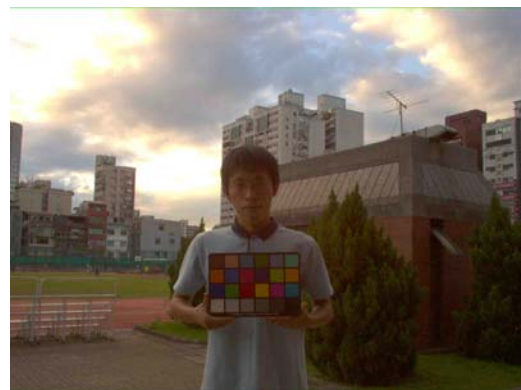
(a)



(b)

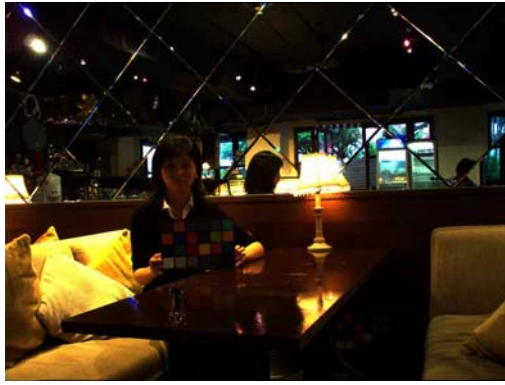


(c)



(d)

圖 5-11 經過色調重現的第三組影像



(a)



(b)



(c)



(d)

圖 5-12 經過色調重現的第四組影像

圖 5-9 到圖 5-12 的經過色調重現處理影像結果我們有去設定控制參數  $(\beta, \lambda) = (2.0, 0.5)$ ，若是沒有設定  $(\beta, \lambda)$ ，會造成影像對比太過強烈，雖然在某些場合的應用下很適合，例如醫學影像或是太空勘測很需要，但對於一般自然的場景，人眼感受對比的強度通常比較喜歡溫和適中，因此我們根據人眼看景物的習慣加以調整。未設定  $(\beta, \lambda)$  的情形如圖 5-13 所示。



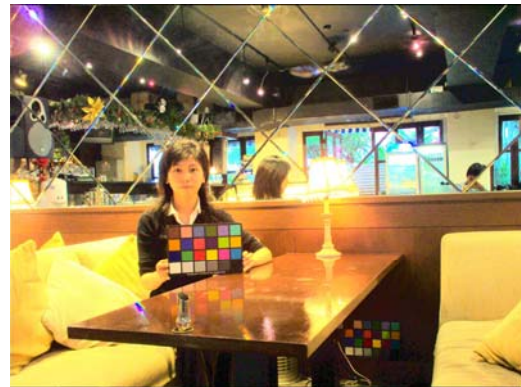
(a)



(b)



(c)

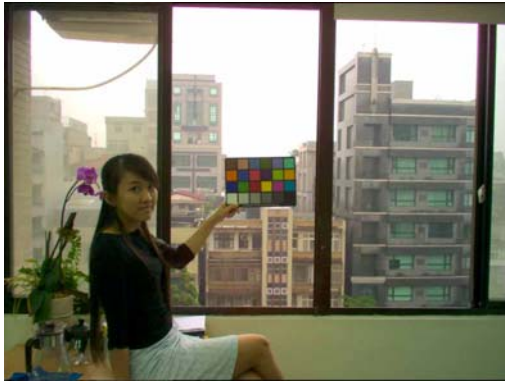


(d)

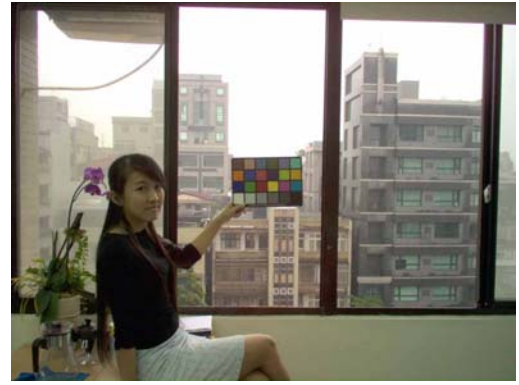
圖 5-13 未設定控制參數的影像

#### 5.4.1 在 SRGB 下調整和 L\*下調整的比較

過去色調重現的研究都是在亮度層去做調整，而我們在這經由實驗得到在 sRGB 色彩空間下調整，能得到更好的效果，底下是各組照片分別在 (a)sRGB 色彩空間下調整和在(b)CIELAB 色彩空間下調整 L\*的處理結果，比較(a)和(b)的結果，我們提出的方法比在 CIELAB 色彩空間下調整 L\*色彩來得鮮明，人的膚色也比較接近真實的顏色。



(a)

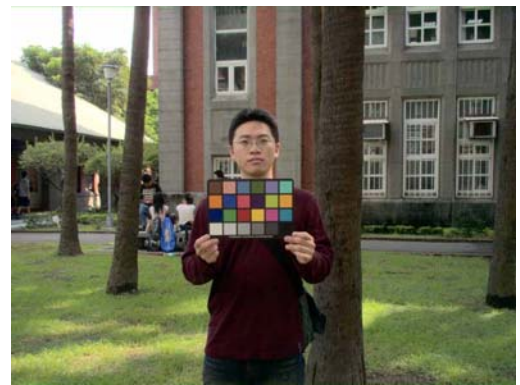


(b)

圖 5-14 調整  $L^*$  的第一組影像



(a)

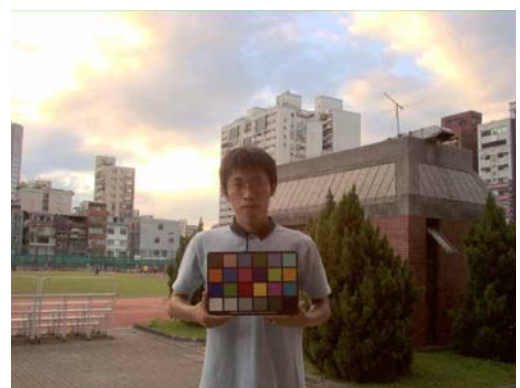


(b)

圖 5-15 調整  $L^*$  的第二組影像



(a)



(b)

圖 5-16 調整  $L^*$  的第三組影像



(a)



(b)

圖 5-17 調整  $L^*$  的第四組影像

## 5.5 實驗結果

經過以上討論之後，我們繼續來看其他場景下我們的色調重現演算法的效果，底下各組照片分別是(a)經過色調重現和(b)未經過色調重現處理的結果。

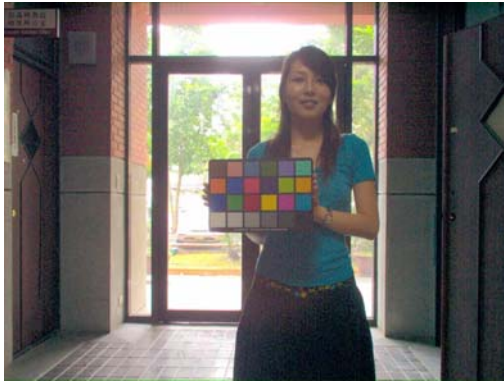


(a)

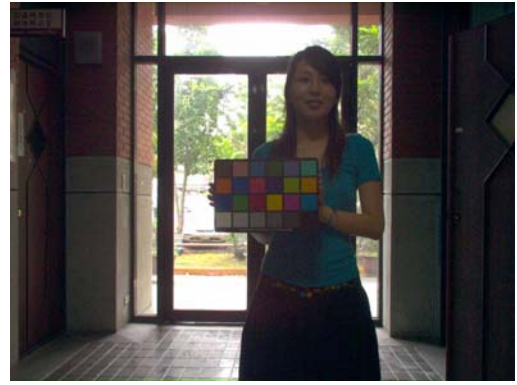


(b)

圖 5-18 第一組實驗影像



(a)



(b)

圖 5-19 第二組實驗影像



(a)



(b)

圖 5-20 第三組實驗影像



(a)



(b)

圖 5-21 第四組實驗影像



(a)



(b)

圖 5-22 第五組實驗影像

## 5.6 嵌入式軟體系統討論

由於在個人電腦端的色調重現處理已經被驗證可以正確的處理彩色數位資料，所以，我們決定將個人電腦端的影像流程移植到數位信號處理器的發展平台，並且研究一下其數位信號處理器發展平台在執行中會產生的問題。在此所採用的架構平台為 TMS320C6416T DSK，內含的中央處理器為 TMS320C6416T DSP，其运算速度為 1GHz，SDRAM 大小為 16MByte，JTAG 傳輸介面，如圖 5-23 所示。

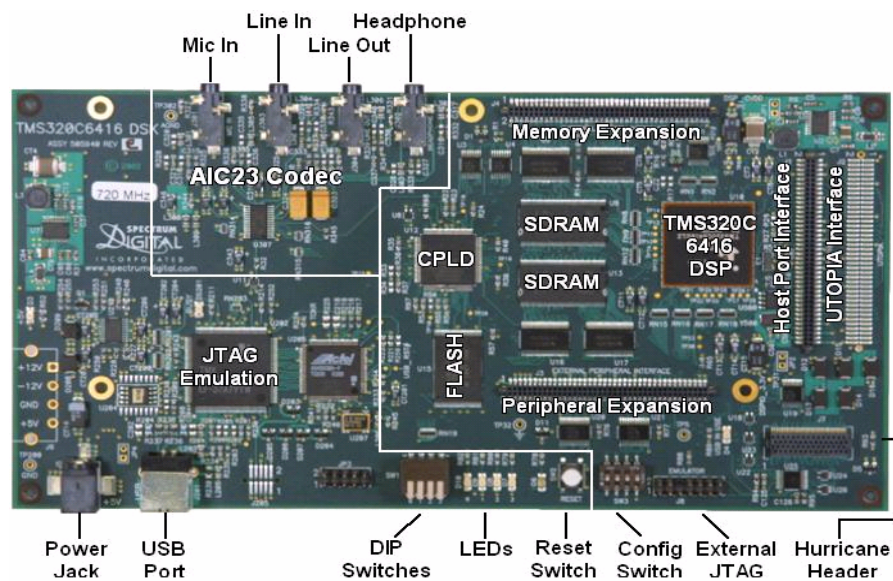


圖 5-23 TMS320C6416T DSK 發展平台

在 TMS320C6416T DSP 平台上的效率評比方式為使用高階程式語言程式中的 clock 以及 time 函式計算，為了能夠加快其計算速度，演算過程皆是採用整數化計算。其中 clock 為針對計算中央處理單元所花的時間，而 time 則是針對計算整個 TMS320C6416T DSP 平台所花的時間，除此之外，記得要把選單上的時脈致能才可以使用 clock 函式。然而，由於在 time.h 中 CLOCKS\_PER\_SEC 的定義不是針對我們的目標平台，所以，必須要自己重新定義。因為 TMS320C6416T DSP 的中央處理單元為 1GHz 執行速度，我們便將 MY\_CLOCKS\_PER\_SEC 定義成 1GHz 的速度。

### 5.6.1 效能的評估比較

表 5-1 彩色影像處理流程效能分析，單元：秒

解析度：320x240，中央處理單元 1G 赫茲		
彩色影像處理	A	$C = B - A$
自動色階	0.401579	0.0853
自動白平衡	0.448166	0.038713
色彩校正	0.474944	0.011935
色彩飽和度增強	0.484667	0.002212
色調重現	0.32855	0.158329
伽瑪校正	0.460942	0.025937
所有流程 B	0.486879	
$\sum C$	0.322426	
$D = B - \sum C$	0.164453	

表 5-1 中所呈現的訊息便是 TMS320C6416T DSP 平台上，執行彩色影像處理流程精簡版時，其各別彩色影像流程花費的時間比較，而其處理的點陣圖形尺寸大小為 320x240。

表中符號定義如下說明：

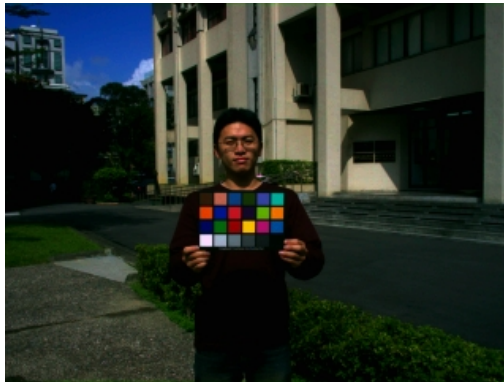
- A. 表示當沒有該項彩色影像處理時，整個彩色影像處理流程所花的時間。
- B. 表示執行所有彩色影像處理流程時所花費的時間。
- C. 表示各別彩色影像處理所執行花費的時間，而  $\Sigma C$  便是各個彩色影像處理所累積的時間。
- D. 表示當完全沒有執行任何彩色影像處理流程時，其空流程所必須要耗費的時間，因為整個流程會有一些判斷式，所以導致空流程也會有一些執行時間。

## 5.6.2 實驗結果

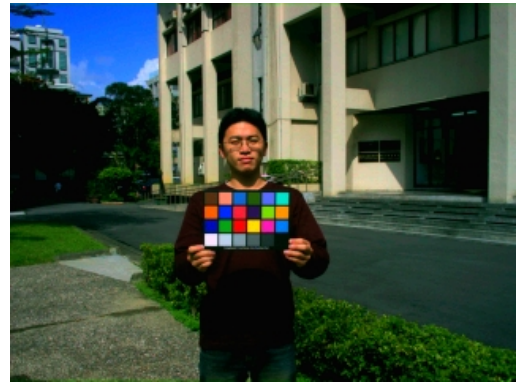
底下我們擺放二組照片，在不同光源下分別有四張照片，這四張照片都經過不同階段的彩色影像處理流程，其處理流程都被標示在圖片的下方，而其文字代號的意義如同下表：

表 5-2 彩色影像處理流程代號對照

代號	彩色影像處理
RAW	原始資料
AL	自動色階
WB	自動白平衡
CC	色彩校正
SE	色彩飽和度增強
TR	色調重現
GC	伽瑪校正
All	AL+WB+CC+SE+TR+GC



AL+WB+CC+SE



AL+WB+CC+SE+TR



AL+WB+CC+SE+TR+GC



AL+WB+CC+SE+GC

圖 5-24 第一組影像



AL+WB+CC+SE



AL+WB+CC+SE+TR



AL+WB+CC+SE+TR+GC



AL+WB+CC+SE +GC

圖 5-25 第二組影像