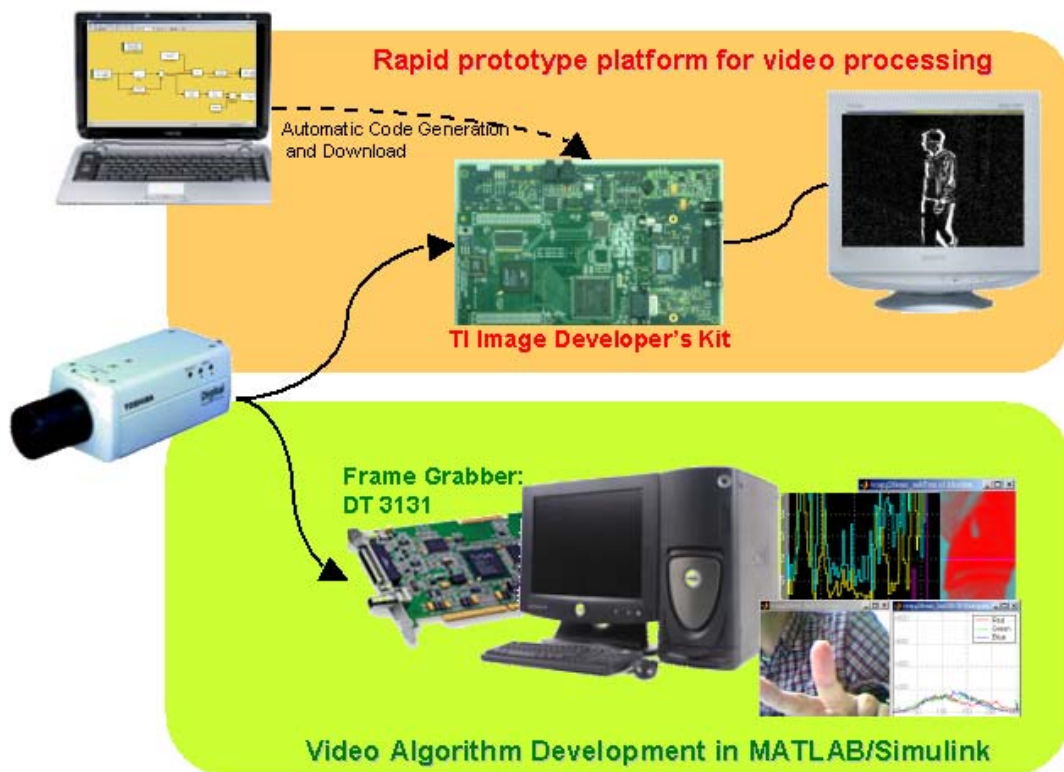


整合式影像發展環境-

運用 MATLAB & Simulink 環境搭配 TI C6000 DSP

本文將介紹一個建構在 MATLAB[®]與 Simulink[®]平台上的整合式影像發展環境，讓使用者可以在這個環境之下，做影像演算法的開發；同時搭配德州儀器(Texas Instrument)公司所推出的 C6000 系列 DSP，做影像演算法的快速原型化實現。內容含蓋了以下四個部份：

- 在 MATLAB/Simulink 下作影像的擷取
- 利用 MATLAB/Simulink 作影像演算法的開發
- 透過 Embedded Target for TI C6000 工具箱自動產生程式碼，搭配鈦思科技所開發的 IDK Simulink Video Blockset，將自動產生的程式碼，嵌入到 IDK(Image Developer's Kit) 上執行
- IDK Simulink Video Blockset 開發流程介紹



圖一 整合式影像發展平台(演算法開發，快速原型化實現)

1.0 在 MATLAB/Simulink 下做影像演算法開發

演算法發展在整個設計系統佔有極重要地位，MATLAB/Simulink 同時提供影像的擷取、演算法設計與分析的功能，其開放的設計環境提供快速的系統架構分析、數學函式評估、數值計算、系統模擬與驗證平台，以節省設計流程及研發成本。以下將介紹如何在 MATLAB/Simulink 平台上做影像的擷取及演算法的發展。

1.1 影像擷取

MathWorks Image Acquisition Toolbox 提供 MATLAB 跟影像裝置溝通的管道，目前所支援之硬體如下：Data Translation、Matrox 之影像擷取卡、USB 或是 Fireware 介面的 CCD 及 Webcam 等影像裝置。透過 Image Acquisition Toolbox 可將 CCD 影像直接擷取至 MATLAB 作後續的影像處理。

以下以 Data Translation 3131 影像擷取卡為例，透過下列指令可簡單作硬體溝通及 Video 擷取。

```
Vid=videoinput('dt');%跟硬體作連結
start(Vid);%開始擷取影像至記憶體
Video=getdata(Vid);%從記憶體取得影像至 Workspace
immovie(Video);%動態撥放所擷取之影像
```

為了更進一步的將影像擷取至 Simulink 作後續處理，在此使用 Simulink 的 MATLAB Fcn Block 呼叫 M-file，其 M-file 如下所示：

```
function sys1=vid_initial(u)
global Vid
sys1=getdata(Vid,1);%從記憶體取得影像至 Workspace
vsize=size(sys1);%傳回 sys1 的矩陣大小
sys1=double(reshape(sys1,vsize(1),vsize(2)*vsize(3)));%改變 sys1 的矩陣維度
```

其中 Vid 為 Model initialization 所建立之影像物件，利用 getdata 指令將影像從記憶體傳至 Simulink 作處理。

1.2 影像處理

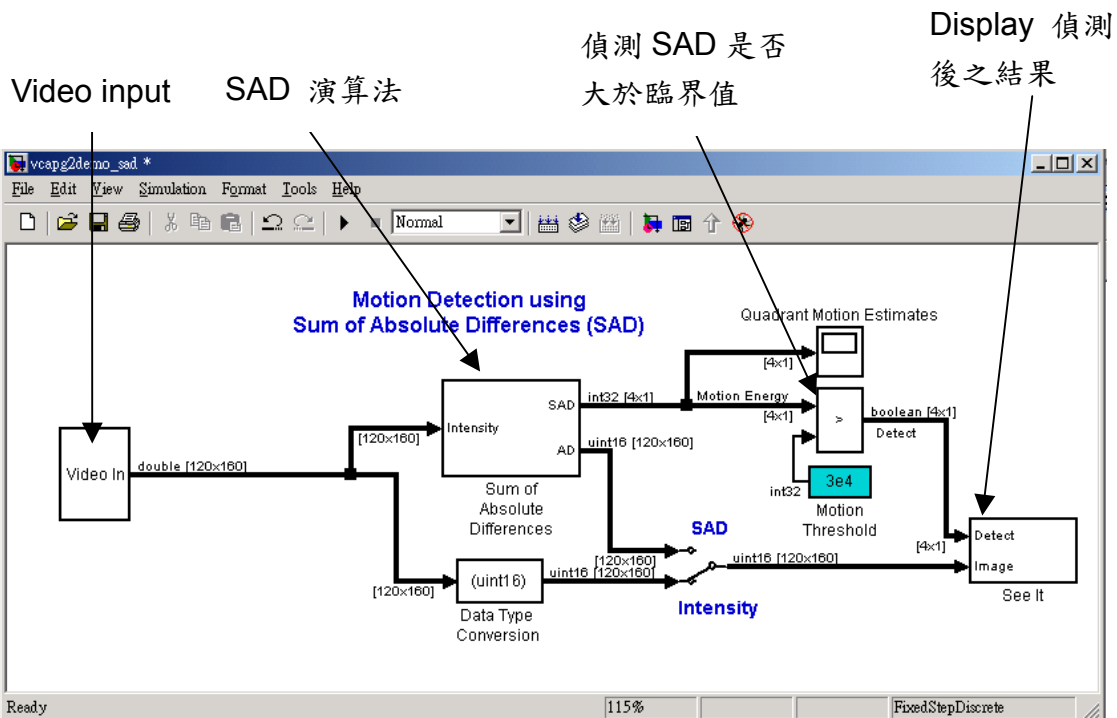
以下介紹兩種常見的演算法在 MATLAB/Simulink 下的實現：Sum of Absolute Difference(以下簡稱 SAD)、及影像 Histogram。並且實際搭配 Image Acquisition Toolbox 將擷取到的影像，作立即的處理。SAD 為常見用於 Motion Detect 之演算法，Histogram 演算法提供影像顏色或亮度分布資訊。

● Sum of Absolute Difference

將擷取進來的前後兩張影像作相減取絕對值後的總和就是 SAD 值。程式如下：im1 與 im2 分別為前後兩張影像，在此使用 imabsdiff 函式，此函式計算前後兩影像之絕對值差，再把每一個 element 加起來後的結果就是 SAD。

```
im_ad=imabsdiff(im2,im1);%im1 與 im2 為前後兩張影像
sad=sum(sum(im_ad));%計算 SAD 值
```

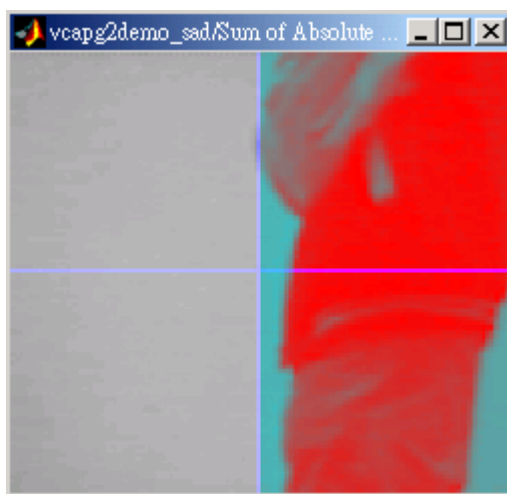
除了在 MATLAB 裡用 Command 方式撰寫程式外，也可在 Simulink 環境下架構 SAD 的 Model，輸入影像為 160x120 單色影像，SAD Model 如圖二所示：



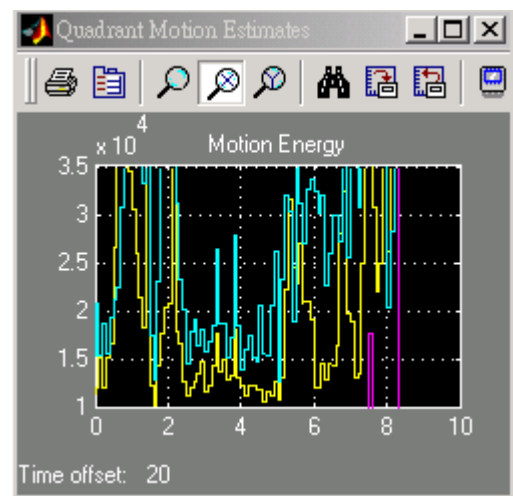
圖二 Motion Detection using Sum of Absolute Difference Simulink Model

在此程式中將影像分成四象限作 SAD 計算，當某個象限的 SAD 值大於臨界值時即用不同顏色表示該區域。圖三為偵測後之結果，圖中顯示第一、四象限中的影像發生變化；

圖四為四個區域之 SAD 值隨時間變化之情形。



圖三 偵測後之結果

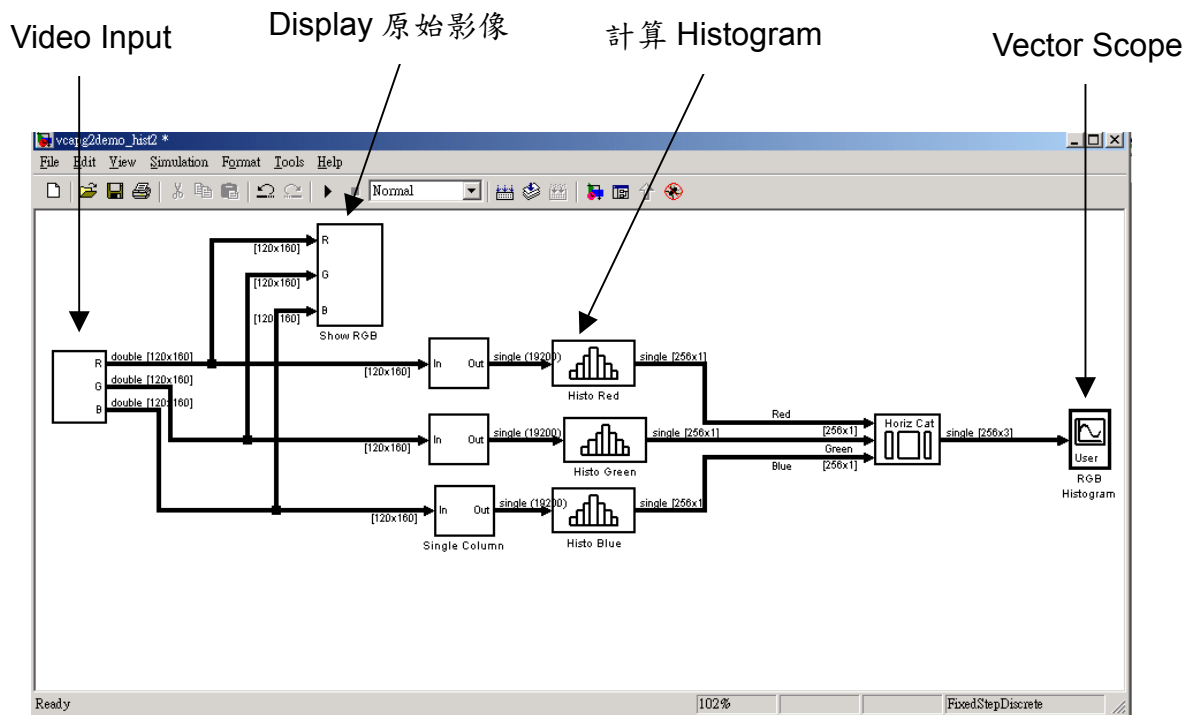


圖四 SAD 值隨時間變化之情形

● 即時影像 Histogram 視覺化

圖五為所架構之即時影像 Histogram 視覺化模型，輸入影像為 RGB 24bit 160x120 解析度之彩色影像，先將二維影像轉換成一維向量，再利用 DSP

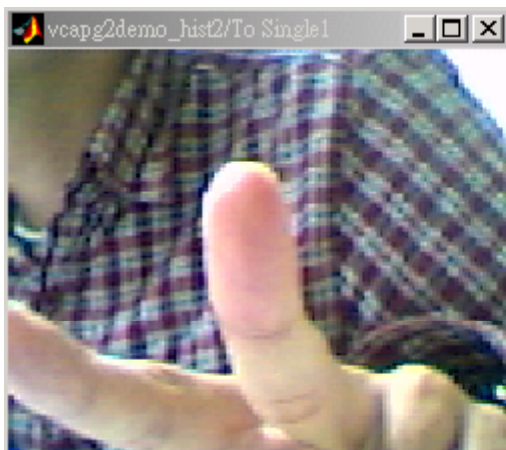
Blockset 的 Histogram Block 作 Histogram 計算，最後使用 Vector Scope 作視覺化。



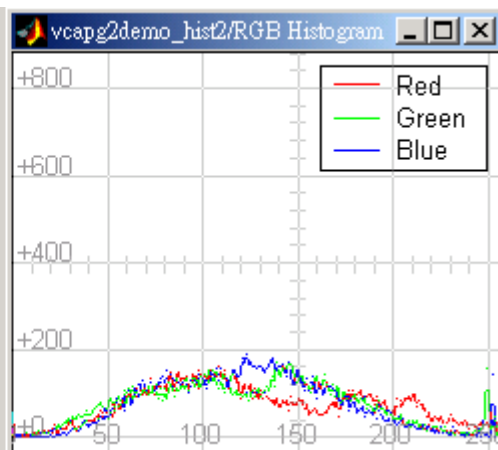
圖五 即時影像 Histogram 視覺化模型

圖六為所擷取之影像，解析度為 RGB 24Bit 160x120，圖七為即時顯示之

RGB Histogram 分布情形，藉此可更快速且即時了解影像的顏色分布資訊。



圖六 輸入影像



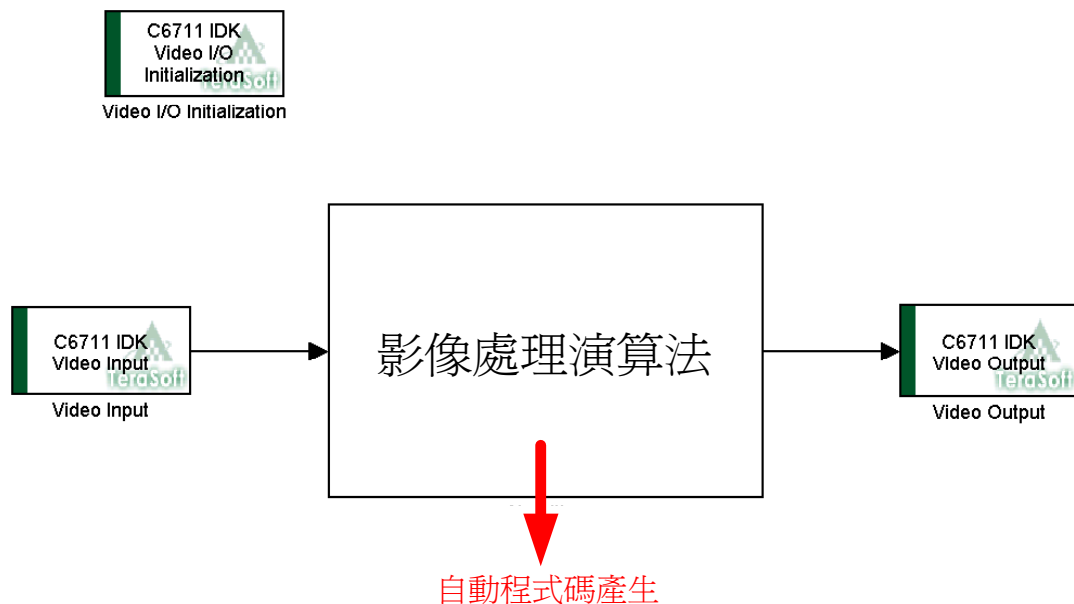
圖七 顯時顯示之 RGB Histogram

2.0 Embedded Target for TI IDK (Image Developer's Kit)

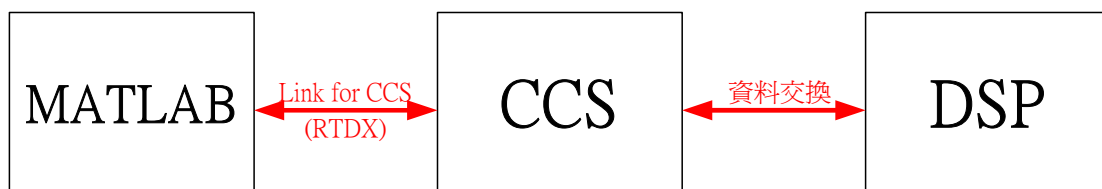
Embedded Target for TI IDK 等於是 Embedded Target for TI C6000 工具箱加上 Simulink Video Blockset 的結合，其中 Embedded Target for TI C6000 是 MathWorks 公司所推出的 TI C6000 程式碼產生工具，而 Simulink Video Blockset 是由鈦思科技專門為 IDK 所開發的影像擷

取功能方塊，同時也具備程式碼產生的功能。

利用這樣的一套工具，程式開發者可以將在 MATLAB/Simulink 平台上所開發的影像演算法，在 TI IDK 發展板上做快速的實現。同時透過 CCS Link 和 RTDX 的功能，讓使用者在 MALTAB 的環境下，和 DSP 做即時的資料交換，進一步達到結果分析與功能驗證的目的。

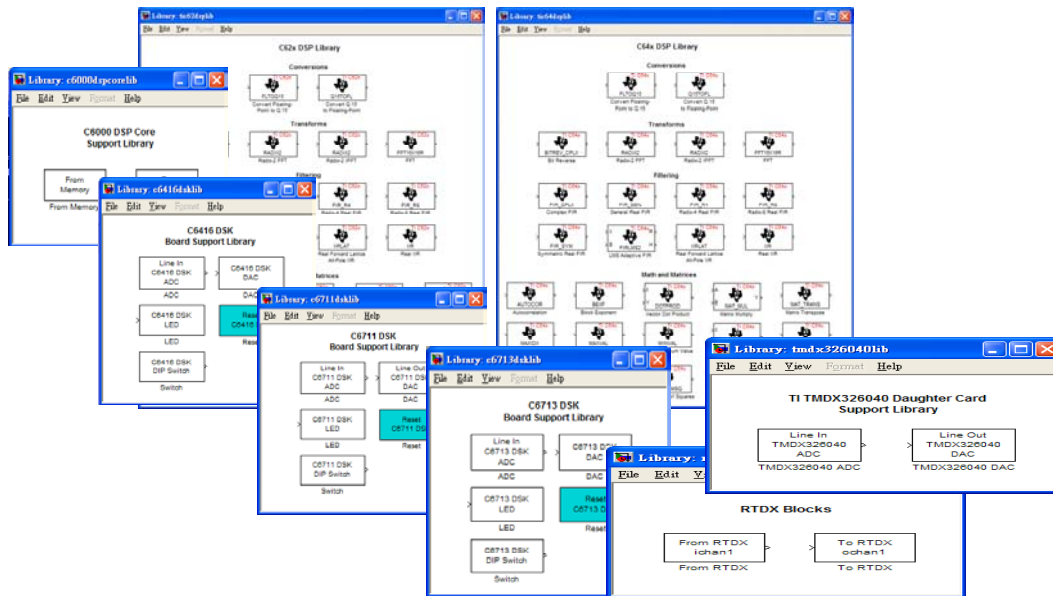


圖八 IDK 演算法開發



圖九 MATLAB 與 CCS 溝通介面

2.1 Embedded Target for TI C6000



圖十 C6000 Target Support Library

Embedded Target for TI C6000 Blockset 所支援的函式庫包括以下幾大類：

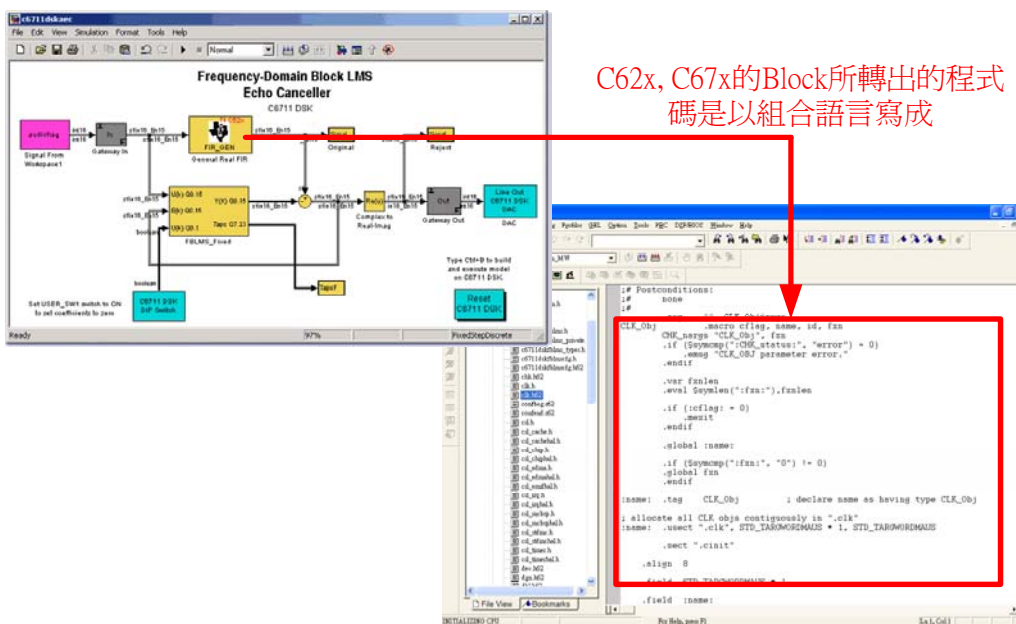
- Chip Support Library(C62x, C64x)
- C6701EVM
- C6711DSK
- C6713DSK
- C6416DSK
- TMDX326040 Daughter Card

● RTDX

以下將針對 Embedded Target for TI C6000 的幾個主要功能做進一步的介紹：

2.1.1 組合語言程式碼產生

圖十一為一個迴音消除的 Model，其中使用到了一個 C62x 的 FIR 濾波器方塊，其所產生的相對應的程式碼為組合語言所寫成。



C62x, C67x的Block所轉出的程式碼是以組合語言寫成

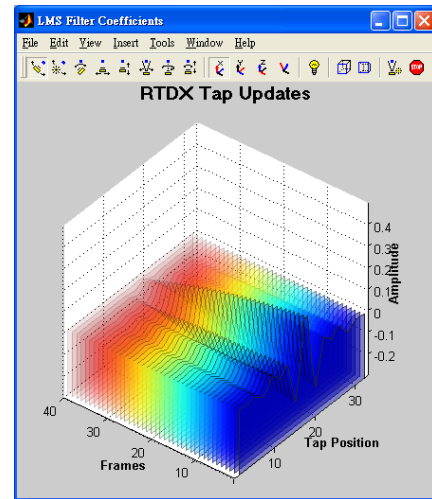
圖十一 迴音消除模組

2.1.2 Link for Code Composer Studio

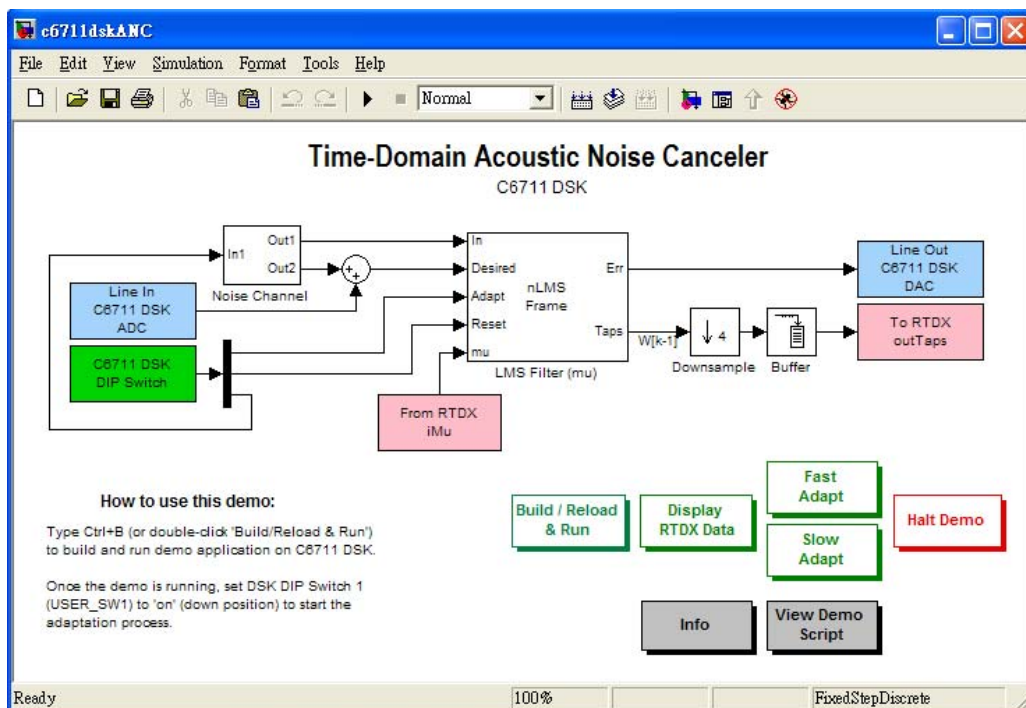
MATLAB 的 Link for Code Composer Studio 提供了一道介面，讓使用者可以直接在 MATLAB 下透過程式的方式，操作 CCS 下的各項功能。在 Command Window 下鍵入 help ccddsp，可以看到所支援的操作指令的列表。

此外，在 MATLAB/Simulink 下也可以透過 DSP 的 RTDX 的介面，來和 DSP 做即時資料的互相交換。圖十二是一個雜音消除的 Model，圖中的 Model 表示由 A/D 讀入的聲音訊號經過 LMS 濾波器濾除雜音之後，再將聲音經由 D/A 輸出，當 Model 載入到 DSP 發展板上執行時，使用者可以透過 RTDX 來調整 LMS 濾波器的收斂速度，同時透過 RTDX 將 RTDX Tap 讀回 MATLAB 下做圖形顯示(圖十三)。RTDX 支援快跟慢兩種速度，速度分別為 2MB/s

與 10KB/s，其中高速的傳輸必須外加硬體。

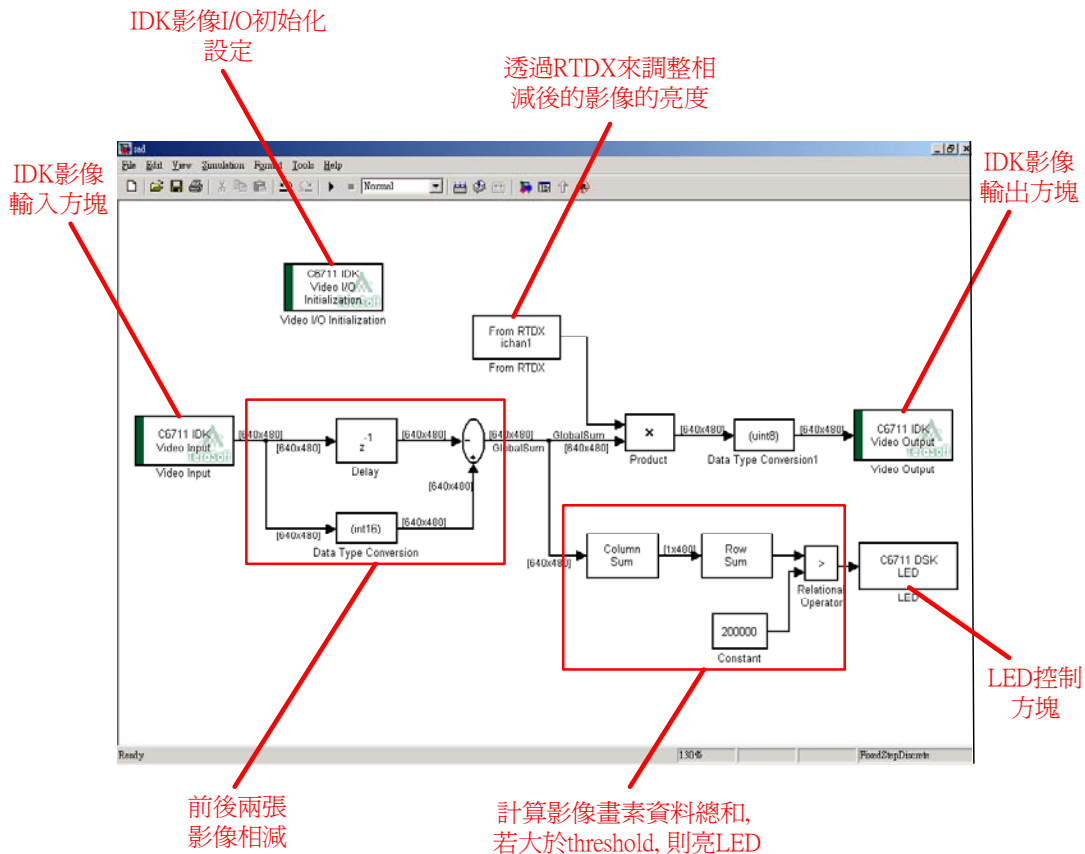


圖十三 經由 RTDX 接收之 Tap 資料



圖十二 雜音消除 Model

2.2 實例：SAD(Sum of Absolute Difference)演算法於 IDK 上的快速原型化實現



圖十四 SAD Model

圖十四為利用 Simulink 實現 SAD 演算法的 Simulink Model，並且可以直接嵌入到 TI IDK 上做執行。當由 IDK 的影像輸入發生變化時，則 LED 會發亮；同時可以透過 RTDX 來調整螢幕上顯示的影像的明暗對比。

Model 的內容為：首先將這一次經由 IDK 上的影像輸入埠讀入的影像(640x480)，和上一次存在記憶體內的影像做相減的動作，然後將相減過後的影像輸出到 IDK 的影像輸出埠上，因此可以直接由螢幕上看到相減之後的影像。而且在影像輸出之前，還可以透過 RTDX 來調整輸出影像的 gain 值，當 gain 值越大，可以直接由螢幕上觀察到影像的對比也變強烈了。

另一方面，將相減後的影像的畫素做總和，得到的值代表前後兩張影像相差的量的多寡，當這個值越大，代表實際上有物

體再做移動；反之，若值趨近於零，則表示此時的影像是靜止不動的。利用一個比較運算，當總和大於某個設定值時，則讓 IDK 上的 LED 亮燈。

2.3 Video I/O Simulink Block 實現

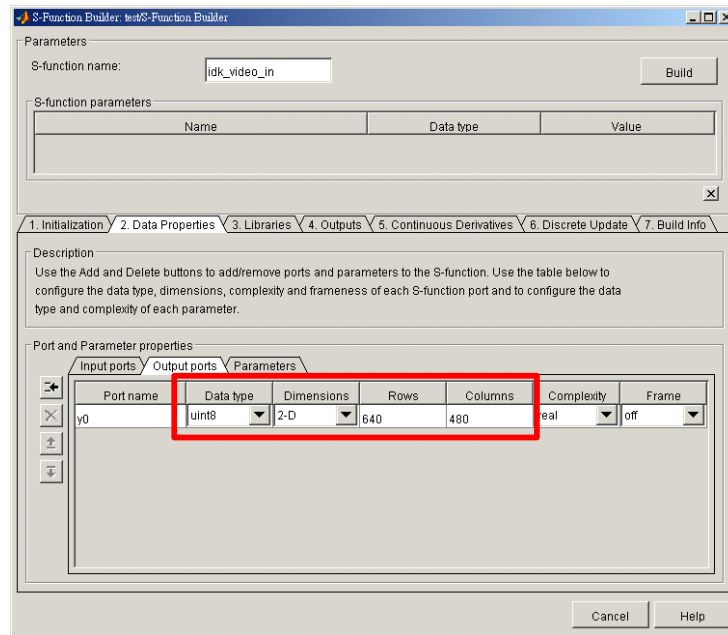
Block 規格描述：

Video In Block 輸出解析度:640x480x8bit

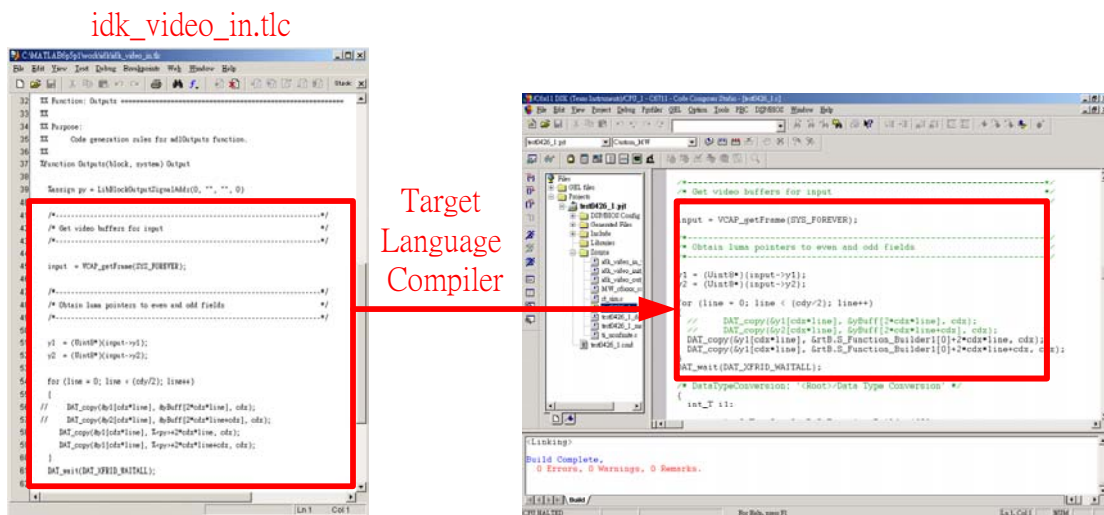
Video Out Block 輸入解析度：

640x480x8bit

Video I/O Simulink Block 實現分為三個階段，第一階段是在 Simulink 下產生 S-Function，主要的目的是用來產生 Block 的外觀框架，例如輸入腳數目、變數型態，輸出腳數目、變數型態，Block 對話窗參數，以 Video Input 方塊為例，必須定義其輸出腳為 640x480 的維數，同時資料型態為 uint8。



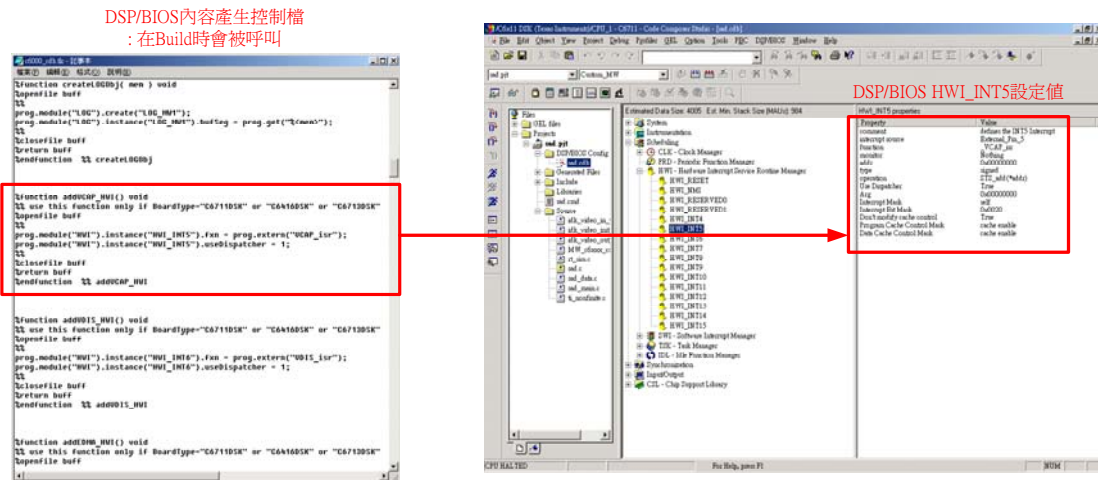
圖十五 S-Function 設定(idk_video_in 方塊)



圖十六 程式碼產生(idk_video_in 方塊)

第二個階段要產生 Simulink Video Blockset 所對應的 tlc(Target Language Compiler)檔，產生 tlc 檔的目的是要定義 Simulink Video Blockset 在 C 程式碼產生時的內容。最後一個階段是修改自動產生

的 CCS 下的 project 的內容，之所以要修改這個部分，是因為要把 Video I/O 所應用的相關資源，加入到 project 之內，包括了 DSP/BIOS 的設定、記憶體配置、Library 連結等等。



圖十七 DSP/DIOS 設定值之產生

3.1 軟硬體工具介紹

軟體

演算法開發

1. MATLAB
2. Signal Processing Toolbox
3. Image Acquisition Toolbox
4. Image Processing Toolbox
5. Simulink
6. DSP Blockset

程式碼實現

1. Real-Time Workshop
2. Embedded Target for TI C6000
3. MATLAB Link for Code Composer Studio Toolbox
4. TI Code Composer Studio

硬體

演算法開發

1. Data translation frame grabber 3131

程式碼實現

1. TI C6711 Image Developer's Kit