

第四章 實驗結果

本論文之影像追蹤系統的外觀如圖 4-1 所示，上層右方為 CMOS 影像感測模組及其週邊電路。上層左方則為 Nios development kit, Stratix edition。下層是 Cyclone School Boy 研發電路板。

為了驗證本論文之影像追蹤系統，我們將藉由以下三部分實驗來驗證：

1. Matlab 模擬驗證。將一般攝影機所拍攝到的道路影像作為輸入影像來驗證本論文之影像追蹤演算法。
2. 獨立式系統驗證。主要驗證獨立式系統之取像結果與角點偵測之結果。
3. 實車測試。將本論文之影像追蹤系統實地放置於車中，驗證其結果。

4.1 Matlab 模擬影像追蹤系統結果

本實驗以 Matlab 軟體模擬影像追蹤系統，輸入使用 CCD 攝影機所拍攝到的影像。結果如圖 4-2~4-13，圖中顯示特徵點移動的軌跡，及被偵

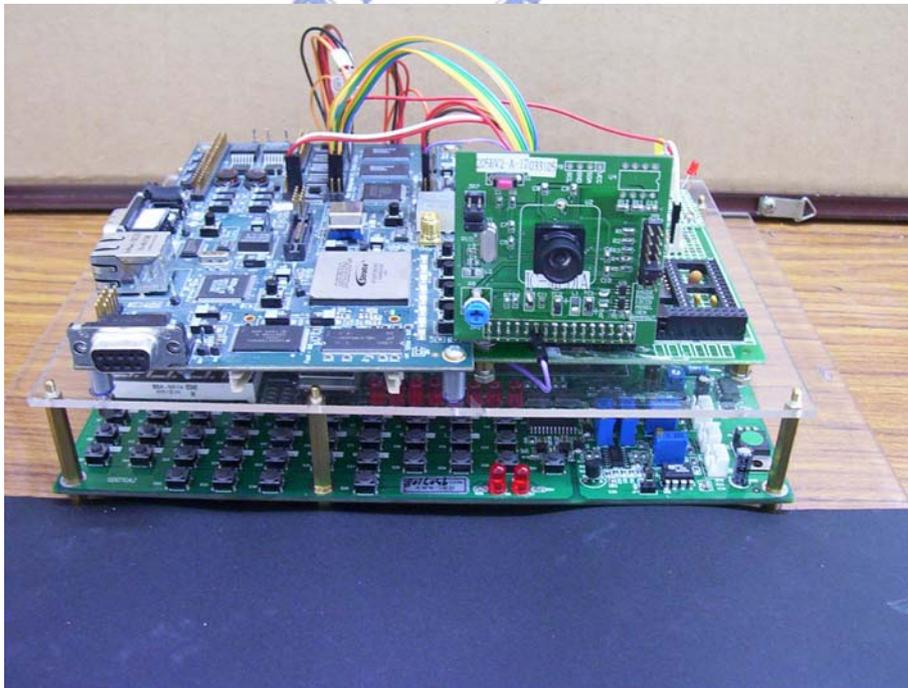


圖 4-1 影像追蹤系統之外觀

到移動中物體的特徵點，以 X 標記。之後再以方框表示持續的追蹤。由圖可知，移動速度大於本車之物體，較容易偵測出來，如圖 4-10~4-13，右邊的機車速度大於本車，大多數的特徵點被找到。若移動中的物體在 FOE 附近，因為解析度低，故不作偵測。當物體離 FOE 較遠時，如圖 4-6，前車之右下角之特徵點被找到，以方框標記之。之後的影像，因前車愈來愈接近本車，愈多的特徵點也被找到，如圖 4-10~4-13。當物體的特徵點接近碰撞偵測區域，則系統會發出警示訊號。在 Matlab 模擬時，將在影像下緣顯示“DANGER”字樣，實際的影像追蹤系統則以 LED 燈亮表示警訊。



圖 4-2 影像追蹤結果(1)



圖 4-3 影像追蹤結果(2)

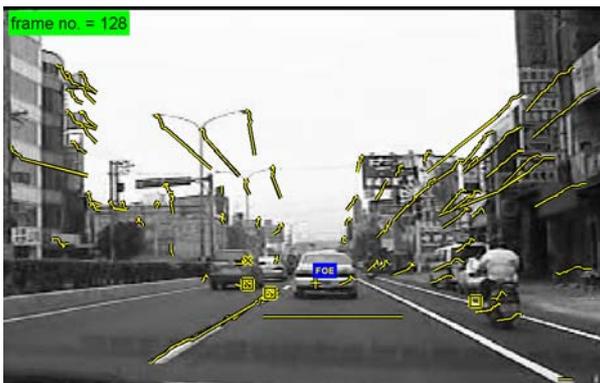


圖 4-4 影像追蹤結果(3)

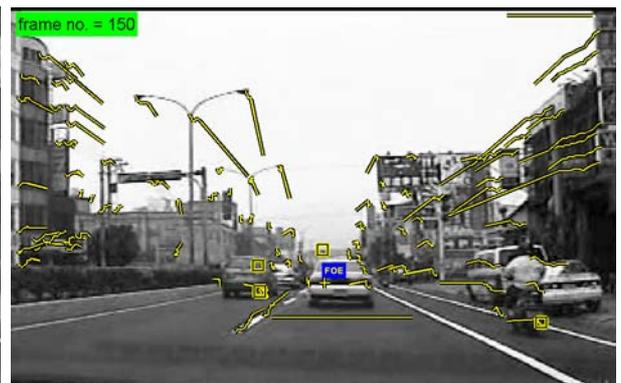


圖 4-5 影像追蹤結果(4)

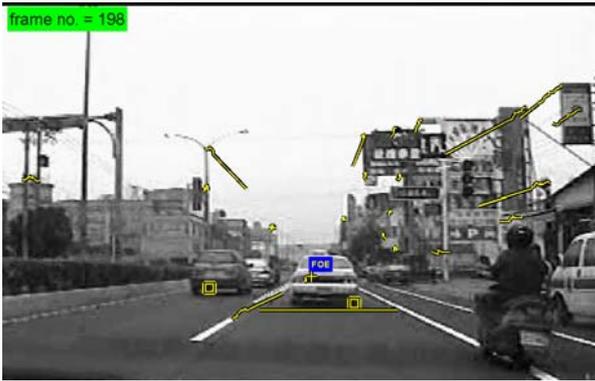


圖 4-6 影像追蹤結果(5)

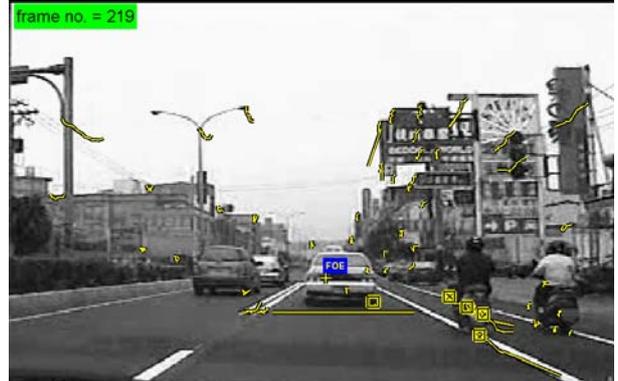


圖 4-7 影像追蹤結果(6)



圖 4-8 影像追蹤結果(7)



圖 4-9 影像追蹤結果(8)



圖 4-10 影像追蹤結果(9)



圖 4-11 影像追蹤結果(10)



圖 4-12 影像追蹤結果(11)



圖 4-13 影像追蹤結果(12)

由本實驗的結果可知，本系統之演算法可偵測並追蹤角點，且可分離出前方車輛之特徵點並持續追蹤，無論是汽車或是機車都可追蹤。最後利用追蹤特徵點達到碰撞偵測之目的。

4.2 獨立式系統驗證

4.2.1. CMOS 影像感測器擷取實驗結果

此實驗將獨立式系統置於車內實地擷取道路上之影像，如圖 4-14。另將獨立式系統置於室內擷取影像及對測試圖形取像，如圖 4-15。



圖 4-14 CMOS 道路取像結果



圖 4-15 CMOS 室內取像結果

4.2.2. Harris 角點偵測硬體之實驗結果

圖 4-16 為 CMOS 取像之結果，我們在連續影像中，每秒取 3~4 張角點，對應圖 4-16 之原始影像，得到圖 4-17~4-24 之結果。發現在斜邊的部分，角點會不穩定的呈現。而在真正角點的部分則可較穩定地偵測出來。

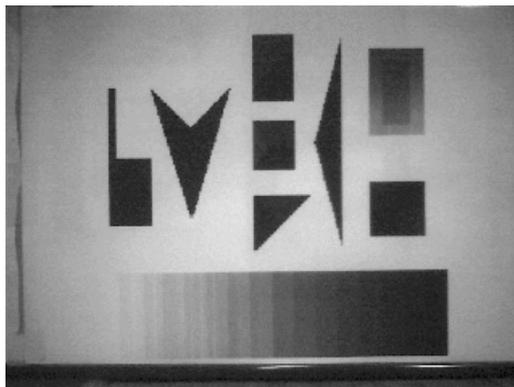


圖 4-16 原始影像

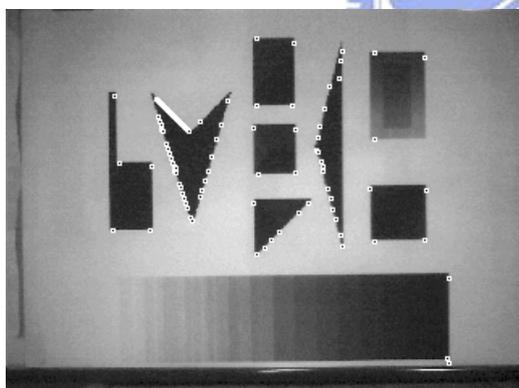


圖 4-17 角點偵測結果(1)

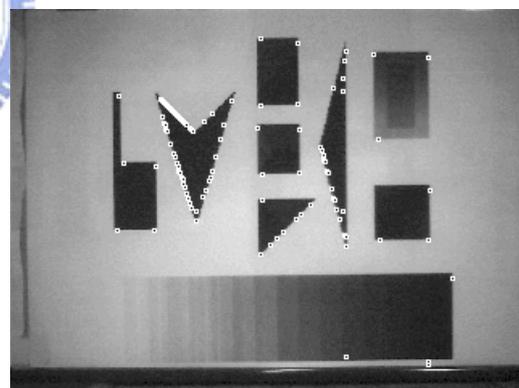


圖 4-18 角點偵測結果(2)

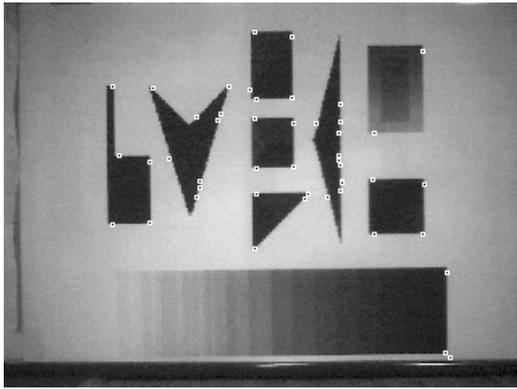


圖 4-19 角點偵測結果(3)

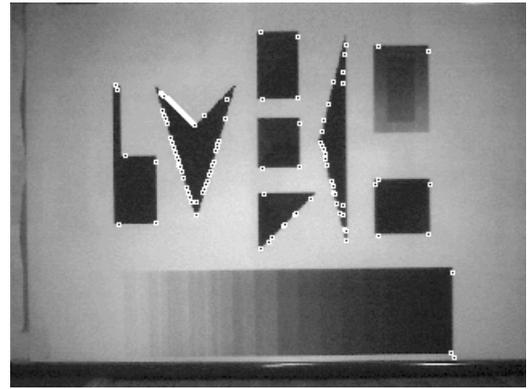


圖 4-20 角點偵測結果(4)

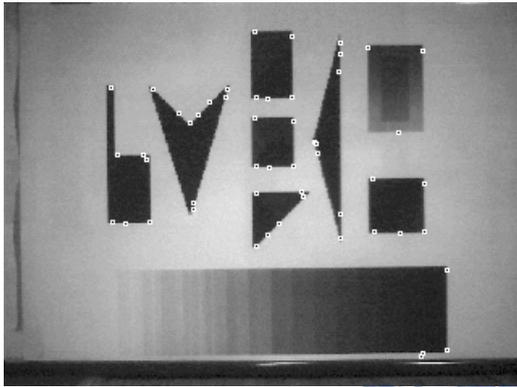


圖 4-21 角點偵測結果(5)

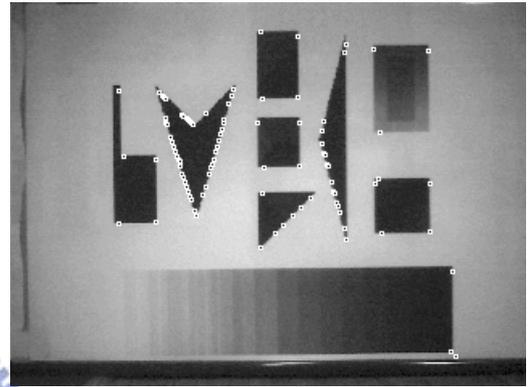


圖 4-22 角點偵測結果(6)

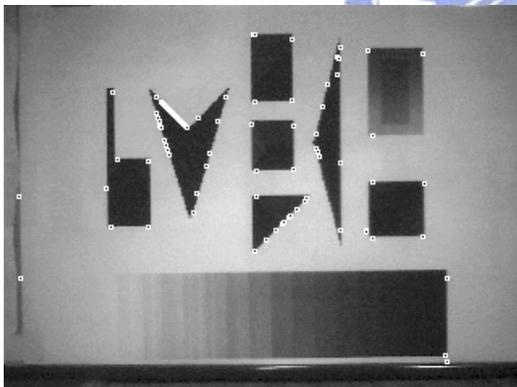


圖 4-23 角點偵測結果(7)

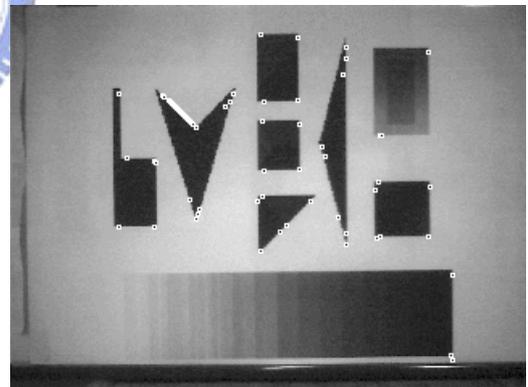


圖 4-24 角點偵測結果(8)

4.3 實車測試結果

本實驗將把影像追蹤系統用在實際道路上測試。共分為兩個部分，第一部分是在白天執行的情況，如圖 4-26~4-45。第二部分則是在晚上執行的結果，如圖 4-46~4-63。圖 4-25 為影像追蹤系統置於實車內之情況，將本系統置於車內之擋風玻璃前，我們利用筆記型電腦透過 RS232 與本系統溝通。



圖 4-25 影像追蹤系統置於實車內之情況

如圖 4-26~4-45，我們將本車行駛於東西向快速道路(南寮-竹東線)的新竹至竹東路段，時間為上午十點左右，日照充足。為了讓 LED 燈顯示較明顯，我們將 LED 燈置入一黑色方盒，如圖 4-26 黃色圈起來的部分所示。本實驗所要驗證的是當前車過於接近本車時，本系統是否能夠偵測到而使 LED 燈發亮；當前車遠離本車時，使 LED 燈熄滅。以下對本實驗所拍攝到的結果作一說明，如圖 4-26 所示，一開始本車與前車有一段距離，前車漸漸地接近本車，經過 12 秒後，本系統偵測到與前車距離過近，則發出警示燈號，如圖 4-31，黑色方盒內之 LED 燈發亮。持續 3 秒後，前車又遠離本車，LED 熄滅，如圖 4-36。前車持續遠離，如圖 4-36~4-38。待 10 秒後，前車又再度接近本車，LED 發亮，如圖 4-39。過 9 秒後，前車遠離，LED 再度熄滅，如圖 4-42。之後前車漸遠離，如圖 4-43。12 秒後，前車接近，LED 發亮，如圖 4-44~4-45。



圖 4-26 與前車距離遠



圖 4-27 前車接近中



圖 4-28 前車接近中



圖 4-29 前車接近中



圖 4-30 前車接近中



圖 4-31 系統發出碰撞警示燈



圖 4-32 系統發出碰撞警示燈



圖 4-33 系統發出碰撞警示燈



圖 4-34 系統發出碰撞警示燈



圖 4-35 系統發出碰撞警示燈



圖 4-36 前車開始遠離



圖 4-37 前車遠離



圖 4-38 前車遠離



圖 4-39 前車接近，系統警示



圖 4-40 系統發出碰撞警示燈



圖 4-41 系統發出碰撞警示燈



圖 4-42 前車遠離



圖 4-43 前車遠離



圖 4-44 前車接近，系統警示



圖 4-45 前車接近，系統警示

如圖 4-46~4-61，我們將本車行駛於新竹市新安路從交通大學南大門至新竹科學園區之路段，時間為下午八點左右，為了方便觀看 LED 燈狀態，將在圖中以黃色圓圈標記之。本實驗主要驗證本系統是否適用於夜間道路上，以下將描述此實驗經過。一開始前車與本車距離短，LED 亮。經過 6 秒後，前車遠離，LED 熄滅，如圖 4-51。又經過 12 秒，前車與本車接近，系統偵測到前車，LED 發亮，如圖 4-59。接著前方紅燈，前車煞車，如圖 4-62，前車車尾燈亮，本系統之 LED 仍保持發亮。



圖 4-46 與前車近，系統警示



圖 4-47 與前車近，系統警示



圖 4-48 與前車近，系統警示



圖 4-49 與前車近，系統警示



圖 4-50 前車遠離，但仍在警示範圍



圖 4-51 前車遠離，警示燈熄滅



圖 4-52 前車遠離



圖 4-53 前車遠離



圖 4-54 前車遠離



圖 4-55 前車遠離



圖 4-56 前車遠離



圖 4-57 前車接近中



圖 4-58 前車接近中



圖 4-59 前車進入警示範圍



圖 4-60 前車進入警示範圍



圖 4-61 前車進入警示範圍



圖 4-62 前車進入警示範圍



圖 4-63 前車進入警示範圍

由本實驗的結果可知，本系統用在實際道路上可偵測並追蹤車輛，並可發出碰撞警示以提醒駕駛者。

4.4 實驗討論

由實驗可知，在一向前直行於表面平整的道路上的車(簡稱本車)中，利用本系統擷取本車前方的連續影像。若影像中可看到行駛於本車前方的車輛(簡稱前車)並可將其角點擷取出來的的情況下，本系統可持續追蹤前車之特徵點，並在與前車距離約五~六公尺時發出警示訊號。然而對於路面的不平整，造成 CMOS 影像感測器所擷取之影像晃動會影響本系統對特徵點的追蹤。若有些特徵點被遮蔽，則本系統對這些特徵點停止追蹤。

第五章 結論與未來展望

5.1 結論

本論文提出了影像追蹤系統，並實際應用於車輛之安全系統，在一向前直行於表面平整的道路上的車(簡稱本車)中，利用本系統擷取本車前方的連續影像。若影像中可看到行駛於本車前方的車輛(簡稱前車)並可將其角點擷取出來的的情況下，本系統可持續追蹤前車之特徵點，並在與前車距離約五~六公尺時，發出警示訊號。對於複雜的背景而言，本論文發展出一利用特徵點的移動資訊及 FOE 的觀念來偵測並追蹤動態物體的方法，並可同時追蹤多個動態物體，包括汽車及機車。可避免錯誤地追蹤到背景之特徵點。且發展出一獨立式系統，可放置於車輛內獨立運作。

在影像追蹤系統裡，我們藉由角點的偵測與比對，找出連續影像中的特徵流，由道路平面中找出移動中物體的特徵點，之後持續追蹤。在實驗中，我們可成功地避免追蹤到遠方景物的特徵點，並在前車接近時，發出警示訊號；前車遠離時，停止警示訊號。

本系統的適用範圍在本車要直行於平面道路上。本車之左/右轉則不在本論文討論範圍。而路面的不平整，造成影像平面垂直於視軸的位移或旋轉均會影響本系統對特徵點的持續追蹤。對本系統之效能，整理如表 3。

表 3 本系統之處理效能

整體處理頻率，即每秒處理的圖像數	3.6Hz
將 SDRAM 之一張圖像中的灰階、水平及垂直灰階梯度搬至 SRAM 所需的時間	36.8~38.3ms
前後兩張圖像比對角點的時間	70.4~76.4ms
分析一張圖像的特徵流所需的時間	3.46~3.68ms
每張圖像之相關性追蹤的時間	146ms
將處理過的結果輸出至 Host PC	0.698ms

5.2 未來展望

目前本系統仍有許多可改善的空間：

1. 本追蹤系統易受到路面顛簸之影像，可能的原因為影像的注視方向與本車的方向平行，因此在影像平面中，FOE 的位置也會大受影響。改善的方法可能是調整影像感測器的姿態及位置，這樣一來，整個演算法也要經過適當的修改。
2. 在特徵點後續的處理上，可以將同一物體的特徵點群組，以便估測其形體。
3. 在距離估測方面，也可與其它種感測器結合，達到更穩健地偵測。
4. 我們可將道路的流程流的移動行為建立模型，估測移動量在影像中應有的行為，則可更穩健地偵測道路之特徵點。
5. 未來可考慮利用彩色影像資訊取代角點作為特徵，可省去後級物件的群組與分割。對於外在光線明暗的變化，較不敏感。



參考文獻

- [1] 林俊宏, “應用影像處理技術於跟車中之前導車追蹤,” 碩士論文, 國立臺灣大學, 2001
- [2] J.M. Robert, “Attentive Visual Tracking and Trajectory Estimation for Dynamic Scene Segmentation,” Ph.D. dissertation, University of Southampton, UK, 1994.
- [3] G. R. Widman, W. A. Bauson and S. W. Alland, “Development of collision avoidance systems at Delphi Automotive Systems,” *In Proceedings of the Int. conf. Intelligent Vehicles*, 1998, pp. 353-358.
- [4] E. Dagan, O. Mano, G. P. Stein and A. Shashua, “Forward Collision Warning with a Single Camera,” *In Proceedings of Intelligent Vehicles Symposium*, Italy, 2004, pp.37-42.
- [5] A. Broggi, “Vision-based Driving Assistance,” *IEEE Intelligent Systems*, Vol. 13, pp.22-39, 1998.
- [6] I. Masaki, “Machine-vision systems for intelligent transportation systems,” *IEEE Intelligent Systems*, Vol. 13, pp.24-31, 1998.
- [7] J. van Leuven, M.B. van Leeuwen, F.C.A. Groen, “Real-time Vehicle Tracking in Image Sequences,” *In Proceedings of IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conf.*, Budapest, May 21-23, 2001, pp. 2049-2054.
- [8] Y. Mea, et al., “Object Tracking in Cluttered Background Based on Optical Flow and Edges,” *In Proceedings of the 13th Int. Conf. on Pattern Recognition*, Vol. 1, 1996, pp.196-200.
- [9] Y. Altunbasak, P. E. Eren and A. M. Tekalp, “Region-based parametric Motion Segmentation Using Color Information,” *J. of Graphical Models and Image Processing*, Vol. 60, No. 1, pp.13-23, Jan. 1998.

- [10] N. Peterfreund, "Robust Tracking of Position and Velocity with Kalman Snakes," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 21, No. 6, 1999.
- [11] A. Giachetti, M. Cappello and V. Torre, "Dynamic segmentation of traffic scenes," *In Proceedings of the IEEE Symposium on Intelligent Vehicles*, Detroit, 1995, pp. 258-263.
- [12] D. Beymer, P. McLauchlan, B. Coifman and J. Malik, "A Real-time Computer Vision System for Measuring Traffic Parameters," *Computer Vision and Pattern Recognition, 1997. In Proceedings of IEEE Computer Society Conf.*, 17-19,1997, pp. 495-501.
- [13] S. M. Smith, J. M. Brady, "ASSET-2: Real-Time Motion Segmentation and Shape Tracking", *Machine Intelligence*, Vol. 17, No. 8, pp. 814820, August 1995.
- [14] 黃瑞祥, "混合式光流估測法則及其在即時避碰之應用," 碩士論文, 國立交通大學電機與控制工程學系, 2000.
- [15] D.H. Ballard, C.M. Brown, *Computer Vision*, Prentice Hall, 1982.
- [16] S. T. Barnard and W.B. Thompson, "Disparity Analysis of Images," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2(4), 1980.
- [17] C. Harris and M. Stephens, "A Combined Corner and Edge Detector," *In Proceedings of 4th Alvery Vision Conf. On Manchester*, 1988, pp. 189-192.
- [18] H. P. Moravec, "Obstacle Avoidance and Navigation in the Real World by a seeing Robot Rover," *Tech Report CMU-RI-Tr-3*, Carnegie Mellon University, Robotics Institute, September 1980.
- [19] C. G. Harris, "Tracking with rigid models," in *Active Vision*, Blake, A. and Yuille, A., editors, MIT, 1992
- [20] R.C. Gonzales, R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 2nd edition,

Prentice Hall, 2002.

[21] N, *ICM205B VGA/QVGA CMOS image sensor with digital YUV output Data Sheet*, IC MEDIA, 2002.

[22] N, *Nios Development Board, Stratix Edition Data Sheet*, Altera, 2003.

[23] N, *Single & Dual-Clock FIFO Megafunctions User Guide*, Altera, 2003.

[24] N, *Nios DMA Data Sheet*, Altera, 2003.



附錄 A Nios development kit, Stratix Edition 規格

Nios development kit, Stratix edition 規格如下 [22]:

- Stratix EP1S10F780C6ES device
- MAX® EPM7128AE CPLD configuration control logic
- SRAM (1 Mbyte in two banks of 512 Kbytes, 16-2it wide)
- SDR SDRAM (16 Mbytes, 32-2it wide)
- Flash (8 Mbytes)
- Compact Flash connector header for Type I CompactFlash cards (40 available user I/O pins)
- 10/100 Ethernet physical layer/media access control (PHY/MAC)
- Ethernet connector
- Two serial connectors (RS-232 DB9 port)
- Two 5-V-tolerant expansion/prototype headers (2 x 41 available user I/O pins)
- Two Joint Test Action Group (JTAG) connectors
- Mictor connector for debugging
- Four user-4efined push-2utton switches
- Eight user-4efined LEDs
- Dual 7-segment LED display
- Power-on reset circuitry

其 Stratix EP1S10F780C6E 之規格如表 1。

表 4 Stratix EP1S10F780C6ES 之規格

名稱	個數
Logic Elements	10,570
M512 RAM blocks (32 X 18 bits)	94
M4K RAM blocks (128 X 36 bits)	60
M-RAM blocks (4K X 144 bits)	1
Total RAM bits	920,448
DSP blocks	6
Embedded multipliers	48
PLLs	6
Maximum user I/O pins	426



附錄 B ICM 205B 之規格

- 307,200(640×480)像素，VGA 格式，使用 1/4”光學系統
- 關聯性雙倍取樣
- On-3hip 9-2it ADC
- On-3hip 數位訊號處理
 - ◆ 即時色彩插補
 - ◆ 可程式/自動曝光控制
 - ◆ 可程式/自動白平衡及色彩校正
 - ◆ 可程式銳化控制
 - ◆ 可程式色彩飽合控制
 - ◆ 可程式 gamma 校正
 - ◆ 可程式亮度校正
 - ◆ 可程式色調校正
 - ◆ 可程式對比校正
 - ◆ 可程式防閃爍(50Hz,60Hz 或關掉，如在戶外)
 - ◆ 可程式中位濾波器(media filter)
- 漸進式讀出
- 視訊模式或單張影像模式
- 輸出資料格式: 8/16 位元 YCbCr,24 位元 RGB 或 8 位元 raw data
- 輸出模式:VGA,QVGA,QQVGA 或自訂
- 輸入/出介面:SIF
- 低電源模式
- 自動光學黑色補償
- 左右鏡射影像
- 上下鏡射影像
- 單一電源供給:3.3V+/-0.15V