



CPLD 平台紅綠燈交通控制

陳建宏

南榮科技大學資訊科技系助理教授

chang@mail.nju.edu.tw

摘 要

本論文是以 CPLD 為控制中心模擬多種紅綠燈交通控制電路，藉由茂輪出品之 GF EC MAX II Starter Kit 實驗開發版，配合 Quartus II 輔助設計軟體內建之 VHDL 語言，開發 CPLD 晶片 (EPM127T144C5 ER)。本論文紅綠燈交通控制設計有 4 種模式，有自動模式 A(機定值)、自動模式 B(隨設)、自動模式 C(夜間)、手動模式以及紅綠燈時距隨設。自動模式 A 是以機定值來轉換紅綠燈切換時間，並倒數計時顯示；自動模式 B 依操作者設定紅綠燈切換時間操作，並倒數計時顯示；自動模式 C 閃黃燈顯示；手動模式用操作開關來切換紅綠燈，並正數計時顯示。紅綠燈切換時距手動隨設包括幹線綠燈時間、支線綠燈時間、黃燈時間的切換設定。

關鍵詞: CPLD、紅綠燈、VHDL、Quartus II

一. 研究目的

為使交通流量控制更加順暢，以十字路口裝設的紅綠燈為例，實際了解整個運作過程，裝設位置與架構。藉由實務操作過程，用來規劃相關的邏輯控制電路。由於邏輯控制電路的複雜度，我們使用 VHDL 硬體描述語言設計 CPLD 紅綠燈控制平台。

二. 系統描述

本系統是運用茂輪出品之 GFEC MAX II Starter Kit 實驗開發版，藉由 Quartus II 軟體之內建之 VHDL 硬體描述語言，開發紅綠燈控制電路，實驗板內建的 CPLD 為 EPM1270T144C5ES，此 IC 提供 1270 LEs，116 支一般 I/O，8K bits User Flash Memory，使用者可配合這些零件快速的完成一個數位邏輯設計。

交通號誌是由紅黃綠所構成的，加上紅綠燈計時顯示(正數/倒數)，一般



所看到的路口紅綠燈，正如本論文製作的自動模式 A(機定值)與自動模式 B(隨設)，不一樣的是，依路口左右是否有來車，有來車就轉換，沒來車就不轉換。

自動模式 A(機定值)，依內定設定間來轉換紅綠燈和倒數時間分別是幹線綠(40)→黃(4)→紅(24)；支線紅(44)→綠(20)→黃(4)秒通行時間。

自動模式 B(隨設)，用於紅綠燈時距隨設的操作開關，操作者如設幹線綠燈 30 秒、支線綠燈 15 秒、黃燈 3 秒，會依操作者設定紅綠燈時間來轉換和倒數時間分別是幹線綠(30)→黃(3)→紅(18)；支線紅(33)→綠(15)→黃(3)秒通行時間。

自動模式 C(夜間)，用於車輛通行稀少時辰，來閃黃燈已視警告駕駛小心行駛。

手動模式，依操作者來切換紅綠燈並以正數計時顯示，通常使用在車輛尖峰或交通管制時刻來切換，切換後分別是幹線綠(正數計時顯示)→黃→紅；支線紅→綠(正數計時顯示)→黃。

項目	功能/規格
自動模式 A (時距內定)	1. 紅綠燈時距(幹線):綠燈 40 秒、紅燈 24 秒、黃燈 4 秒 2. 紅綠燈時距(支線):綠燈 20 秒、紅燈 44 秒、黃燈 4 秒 3. 紅綠燈切換時機 :時間已到且左右方有來車等待 4. 路口倒數計時顯示:3 位數(7 段 LED,0~255 秒)
自動模式 B (時距隨設)	1. 紅綠燈時距 :隨時手動設定 2. 紅綠燈切換時機 :時間已到且左右方有來車等待 3. 路口倒數計時顯示:3 位數(7 段 LED,0~255 秒)
自動模式 C (夜間模式)	閃黃燈:一次/每秒
手動模式	1.紅綠燈切換 :手動切換按鈕 2.路口紅綠燈正數計時顯示:3 位數(7 段 LED,0~255 秒)
紅綠燈時距隨設	1.紅綠燈時距設定: a.幹線綠燈時距開關 b.支線綠燈時距開關 c.黃燈時距開關 2.時距調整: a.快調:2HZ/10HZ



b.增調
c.儲存
d.歸零

表一 功能及規格

三. 功能及規格

自動模式 A(時距內定)有 4 種功能，1.路口紅綠燈時間幹線綠燈 40 秒、紅燈 24 秒、黃燈 4 秒。 2.路口紅綠燈時間支線綠燈 20 秒、紅燈 44 秒、黃燈 4 秒。 3.路口紅綠燈轉換是依倒數計時時間到且左右方有來車等待。 4.路口紅綠燈設有倒數計時顯示：有 3 位數(7 段 LED,0~255 秒)。

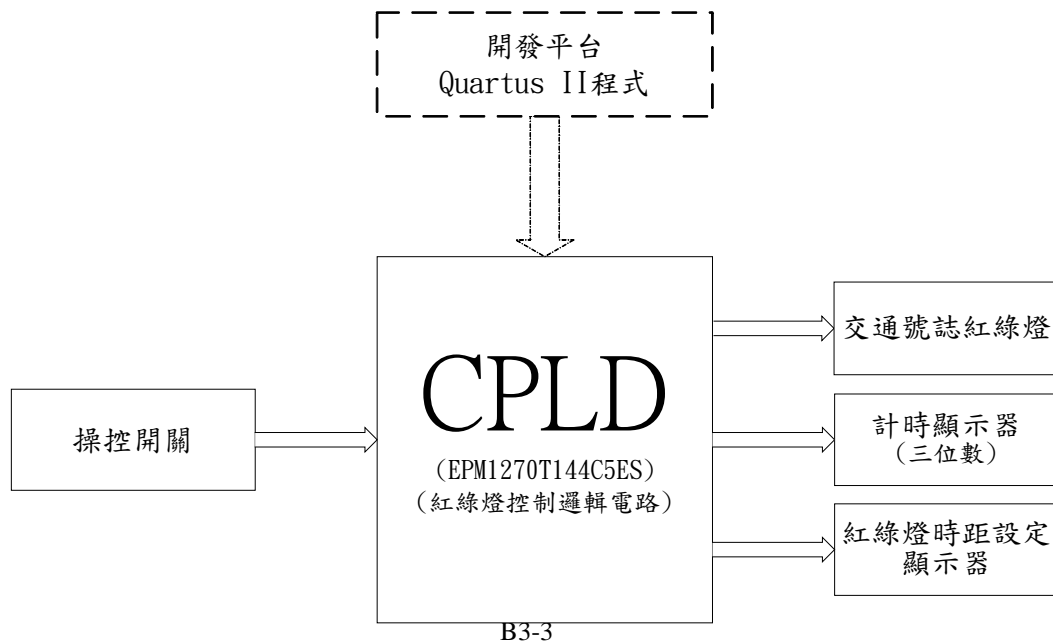
自動模式 B(時距隨設)有 3 種功能，1.紅綠燈的紅綠黃時間是由人工操作。 2.路口紅綠燈轉換是依倒數計時時間到且左右方有來車等待。 3.路口紅綠燈設有正數計時顯示：有 3 位數(7 段 LED,0~255 秒)。

自動模式 C(夜間模式)幹支線閃黃燈，每 1 秒閃一次。

手動模式有 2 種功能，1.路口紅綠燈的轉換是由人工操作。 2.路口紅綠燈設有正數計時顯示：有 3 位數(7 段 LED,0~255 秒)。

紅綠燈時距隨設有兩大項，1.路口紅綠燈設定是由 a.幹線綠燈 b.支線綠燈 c.黃燈時間來切換開關，並由 2.來調整時間，用於 a.快調：2HZ/10HZ b.增調 c.儲存 d.歸零。

四. CPLD 平台紅綠燈系統架構

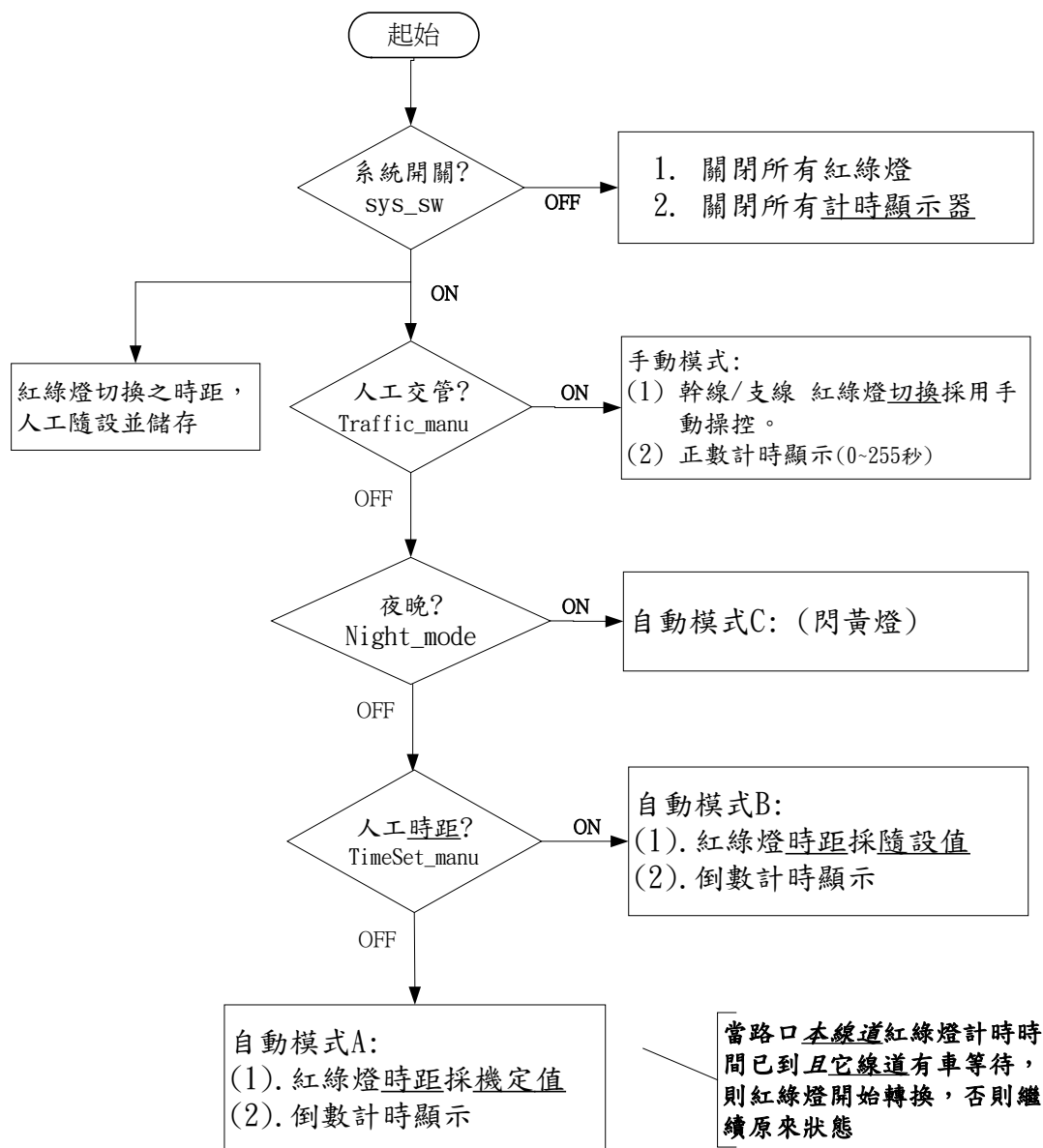


圖一 CPLD 平台紅綠燈系統架構

圖一為 CPLD 平台紅綠燈系統架構，由 GFEC MAX II Starter kit 開發平台，經由 Quartus II 輔助設計軟體，內建之 VHDL 硬體描述語言，設計 CPLD 晶片內部邏輯電路，模擬驗證無誤後，燒錄至晶片。

執行交通紅綠燈時，由晶片來讀取資料，經由操控開關的切換，控制週邊介面的功能，輸出給交通號誌紅綠燈、計時顯示器、紅綠燈時距調設監看器。

五. 系統流程圖



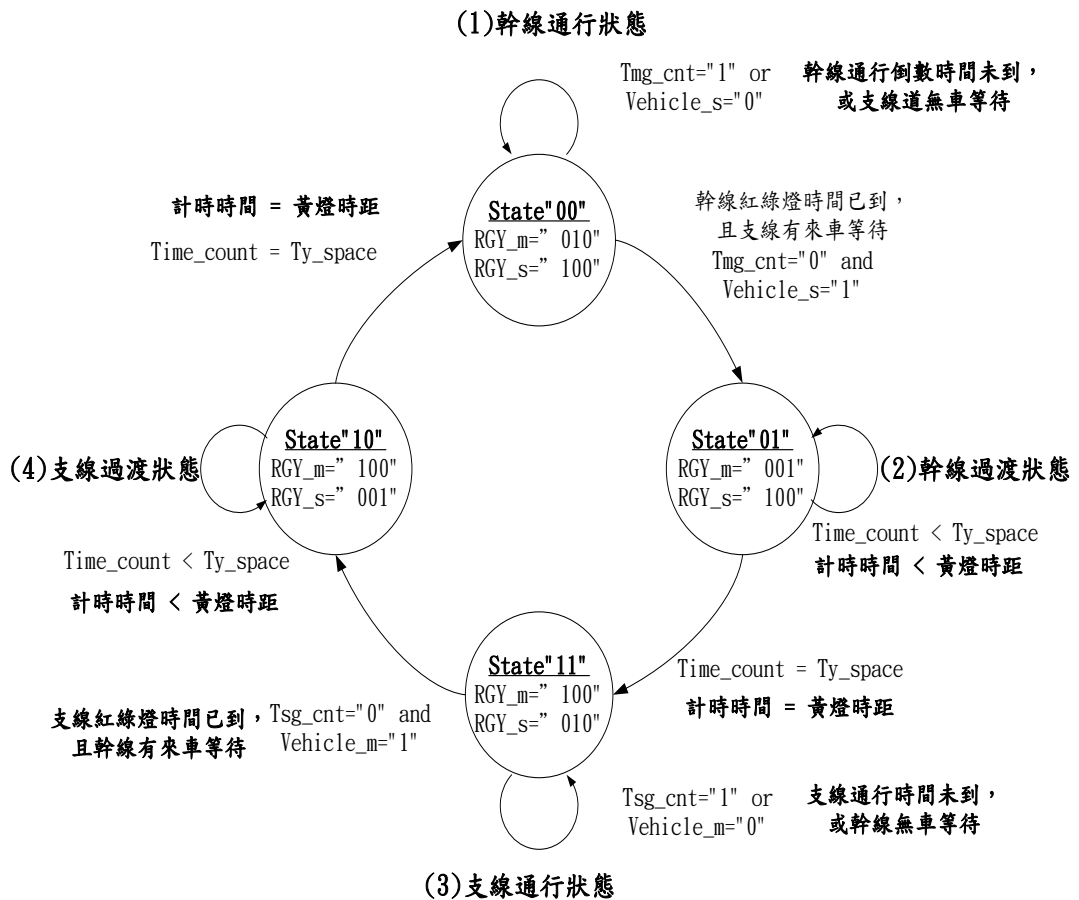
圖二 系統流程圖(人工/自動 時距隨設併路口感測)



圖二 系統運作流程有四種模式，自動模式 A(機定值)、自動模式 B(隨設)、自動模式 C(夜間)、手動模式。

當「系統開關 (sys_sw)」OFF，(關閉所有紅綠燈、計時顯示器)，否則系統一方面允許(紅綠燈切換之時距，進行人工隨設並儲存)，另一方面檢查「手動模式(Traffic_manu)」開關，若此一開關 ON 則啟動「手動模式(Traffic_manu)」，(紅綠燈切換採用手動操作，並以正數計時顯示)，否則就檢查「自動模式 C (Night_mode)」開關，若此一開關 ON 則啟動「自動模式 C (Night_mode)」，(並閃黃燈顯示)，否則就檢查「自動模式 B (TimeSet_manu)」開關，若此一開關 ON 啟動「自動模式 B (TimeSet_manu)」，(紅綠燈時距採隨設值，倒數計時顯示)，否則就啟動「自動模式 A (sys_sw)」，(紅綠燈時距採機定值，倒數計時顯示)，當路口本線道紅綠燈計時時間已到，且它線道有車等待，則紅綠燈開始轉換，否則繼續原來狀態。

六. 紅綠燈路口狀態變遷



圖三 同步 Moore 機，紅綠燈路口狀態變遷設計





圖三 同步 Moore 機，路口紅綠燈狀態變遷設計，由以下說明：

1. 狀態(00)時幹線為通行狀態

RGY_m=010 ; 紅綠黃_幹線=減亮減 ; 綠燈

RGY_s=100 ; 紅綠黃_支線=亮減減 ; 紅燈

2. 狀態(01)時幹線為過渡狀態

條件：當幹線紅綠燈時間已到，且支線有來車等待

幹線綠燈→黃燈

3. 狀態(11)時支線為通行狀態

條件：當幹線黃燈計時時間到

幹線黃燈→紅燈

支線紅燈→綠燈

4. 狀態(10)時支線為過渡狀態

條件：當支線紅綠燈時間已到，且幹線有來車等待

支線綠燈→黃燈

<回到 1>

1. 狀態(00)幹線為通行狀態

條件：當支線黃燈計時時間到

支線黃燈→紅燈

幹線紅燈→綠燈

七. 硬體介面電路

圖四 CPLD 交通紅綠燈控制系統介面，使用 CPLD 晶片來控制週邊 I/O 電路，用負邏輯方式製作電路版，主要分為 6 個架構，有 CPLD 晶片、運作模式選擇、操作開關、號誌手動切換、路口號誌及顯示、紅綠燈時距調設監看器。其中操作開關跟紅綠燈時距調設監看器與 16M Hz 全長型的震盪器(18)內建在 GFEC MAX II Starter Kit 實驗版上。

運作模式選擇有系統開關(51)、手動模式(52)、自動模式 C(夜間)(53)、自動模式 B(隨設)(55)來選擇模式。

操作開關有快調(22)、幹線綠燈時距(21)、支線綠燈時距(16)、黃燈時距(15)、





增調(23)、儲存(24)、歸零(27)以及車輛感測來模擬幹線來車等待(12)和支線有車等待(11)，來使用自動模式(隨設)。

號誌手動切換(57、58)用於彈跳開關切換。

路口號誌及顯示有幹線紅綠燈 4 組(80、81、84)、支線紅綠燈 2 組(85、86、87)、掃描式信號(96、97、98)用於七段顯示器(101~108)來顯示交通狀況。

紅綠燈時距調設監看器，掃描式信號(29、30、31)用於七段顯示器(37~44)來顯示設定時間。

八. CPLD 晶片邏輯電路

圖五 CPLD 晶片邏輯電路，使用 Quartus II 來製作相關邏輯電路，在製作 CPLD 晶片邏輯電路(trafficcntr03_sys.bsf)裡有除頻器(clk_div16m.vhd)、時距設定(timespace03_set.vhd)、狀態變遷(traffic03_state.vhd)、2 進碼轉 bcd 碼(bin8_bcd.vhd)、bcd 碼轉 7 段碼(bcd3_7seg_A.vhd)、7 段掃描選擇(mux3_7seg.vhd)、掃描(dec4_scan.vhd)、反彈跳(debounce_rsff.bdf)電路共 11 個方塊所組成。有 8 個不同的方塊電路，其中 1 個方塊電路是用圖形設計，有 7 個方塊電路是 VHDL 設計檔[1-4]。

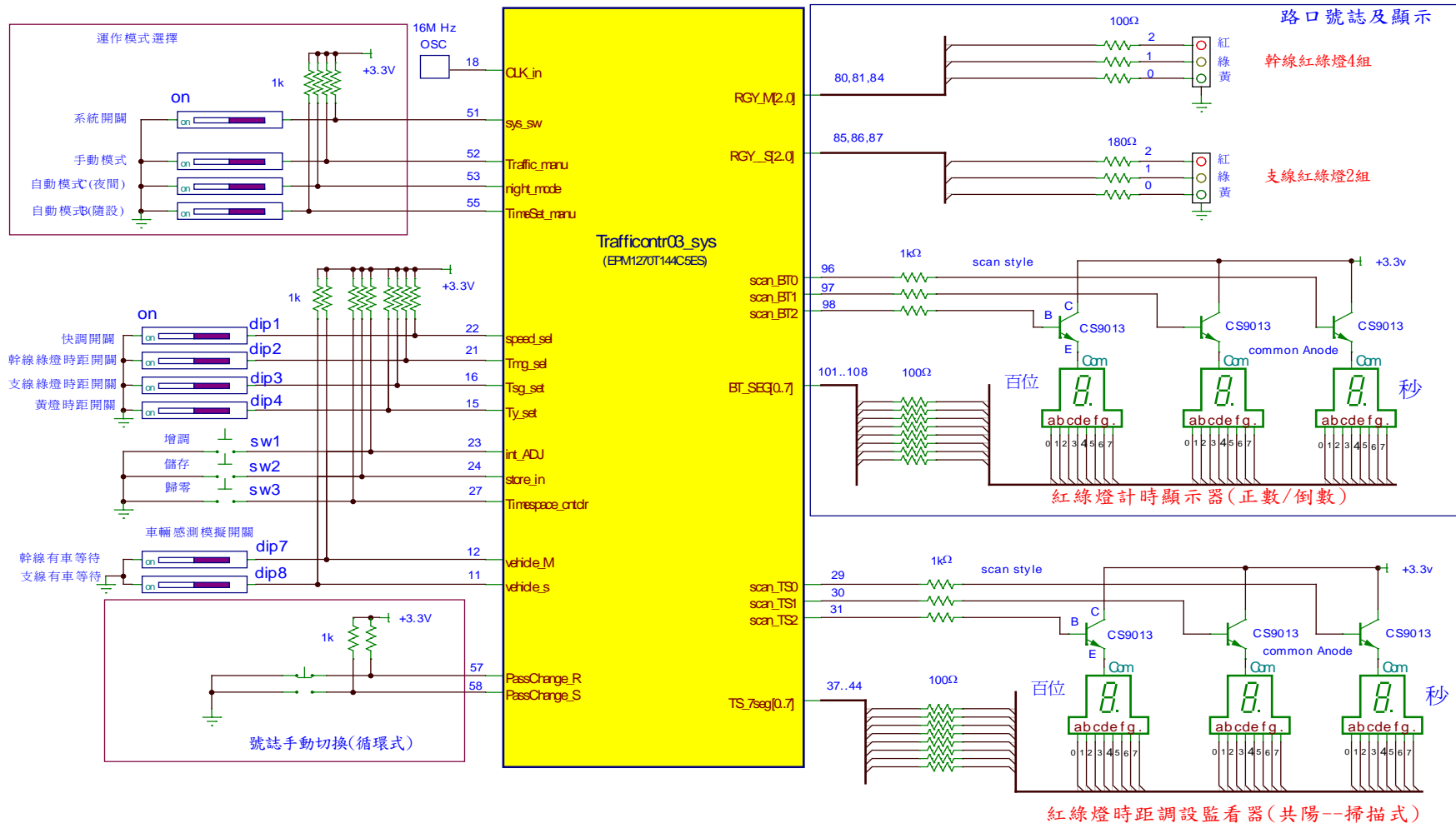
CPLD 晶片邏輯電路是最上層圖形設計檔，下層有除頻器、時距設定、狀態變遷、2 進碼轉 bcd 碼、bcd 碼轉 7 段碼、7 段掃描選擇、掃描、反彈跳。

Quartus II 可以用來輸入電路的方式有 AHDL、Block Diagram/Schematic、EDIF、Verilog HDL、VHDL File 等等語言，本論文主要是用 VHDL File 來製作。

九. 結論

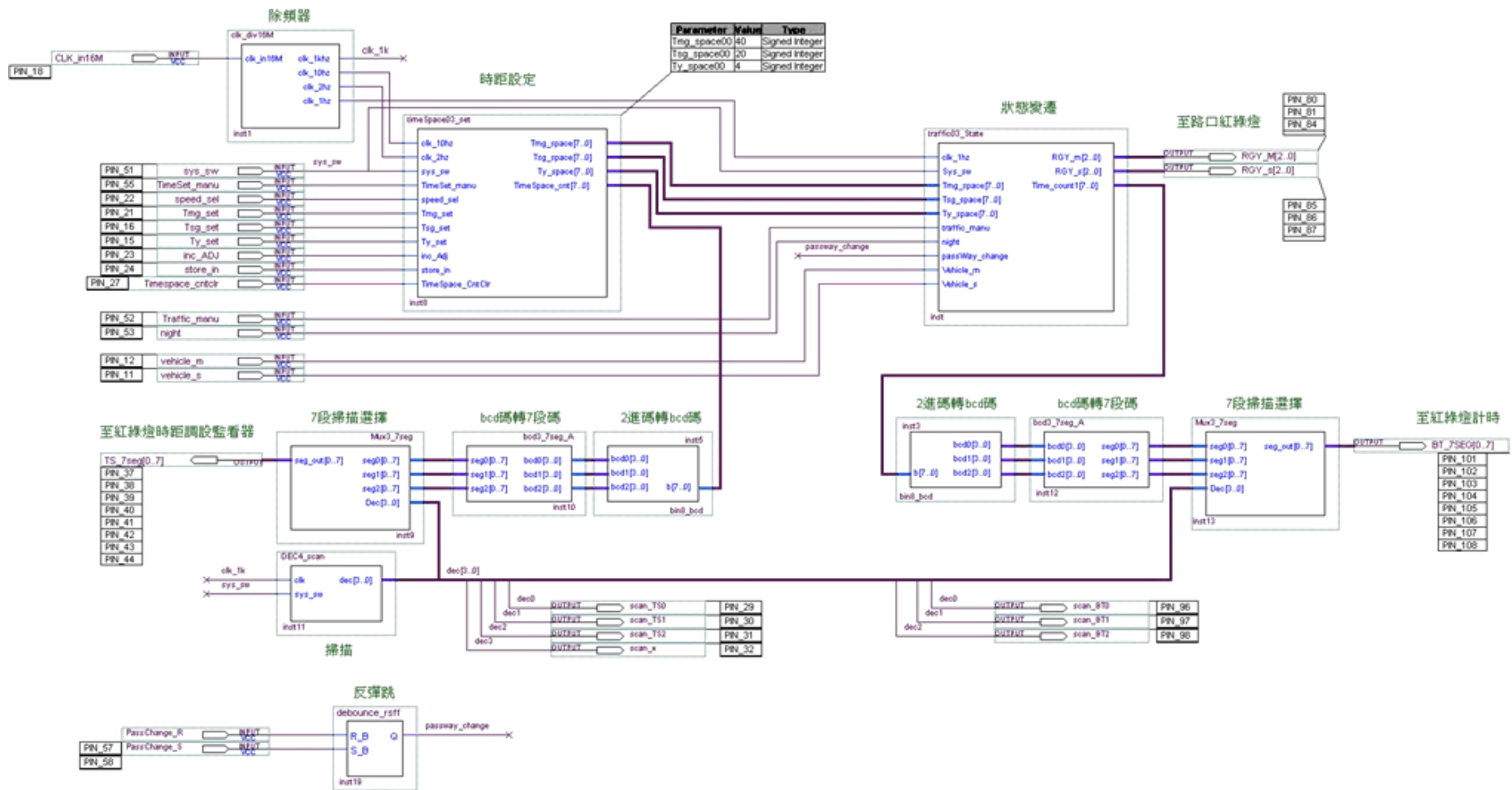
本論文製作的 CPLD 平台紅綠燈交通控制，硬體上經過不斷測試，功能大致上都符合預期。設計紅綠燈路口狀態變遷，模擬是否有來車等待，可加快整個交通流量的運作，這是與目前紅綠燈交通控制機制比較不一樣的設計。未來可實際增加車輛感測模組，偵測車流量同步調整紅綠燈交通控制平台，真正達到智慧型 CPLD 平台紅綠燈交通控制。





圖四 CPLD 交通紅綠燈控制系統介面





圖五 CPLD 晶片邏輯電路





參考文獻

1. 廖裕評、陸端強；系統晶片設計-使用 Quartus II，全華科技圖書股份有限公司，2005 年 3 月(初版一刷)。
2. 廖裕評、陸端強；系統晶片設計-使用 Quartus II(修正版)，全華科技股份有限公司，2006 年 6 月(二版一刷)。
3. 鄭群星；FPGA/CPLD 數位晶片設計入門(修訂二板)，全華圖書股份有限公司，2008 年 11 月(三版一刷)。
4. Stephen Brown,Zvonko Vranesic；數位邏輯，美商麥格羅，希爾國際股份有限公司 台灣分公司，2005 年 1 月(初版一刷)。

