

影像局部二值模式演算法加速電路

Digital circuit design for local binary pattern algorithm

指導教授：蔡佩璇 陳培殷

專題成員：楊芸甄

開發工具：verilog、design compiler、

python、vivado、Xilinx SDK、Xilinx Zedboard

Zynq-7000 7z020

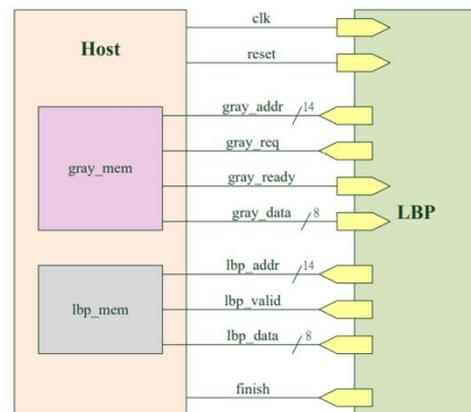
測試環境：nc-verilog、windows10

一、簡介：

由於影像的資料量龐大，若以軟體進行影像處理的速度往往會過慢，因此本專題以數位電路加速 LBP 影像處理演算法。

局部二值模式(Local Binary Patterns, LBP)是一種影像處理方法，可用於描述局部紋理特徵的計算，並可與統計值方圖結合，有效提升電腦視覺檢測效果。

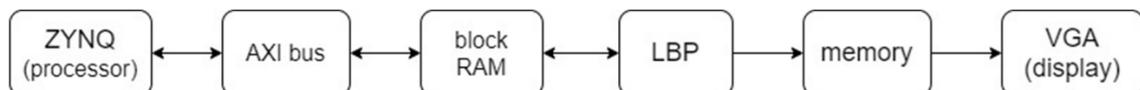
本次專題分為兩大部分，第一部分是以前以 verilog 設計的 LBP 電路，並使用 ncverilog 模擬，再以 Design compiler 搭配 CIC 提供的標準元件庫做電路合成，製程採用 tsmc13(130nm)。右圖一是此部分的架構圖，LBP module 會從左邊的 host 端讀取要被運算的灰階資料，完成運算後會再將影像結果存回 host 端。



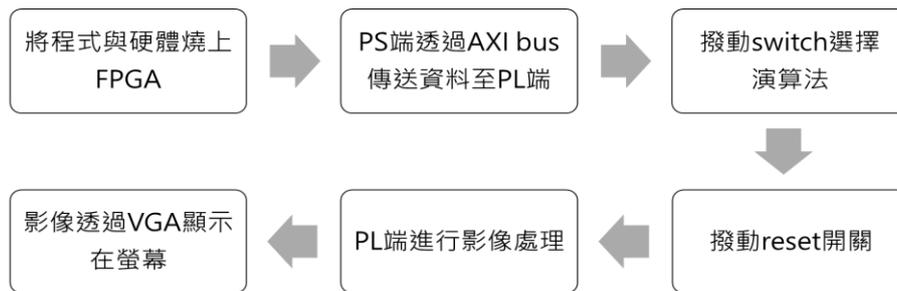
圖一：電路模擬架構圖

第二部分是將該 LBP 模組與其他 block 連接，透過 vivado 將電路設計燒錄至 FPGA 上的 programmable logic。下圖二是硬體系統架構圖。軟體的部分，Xilinx SDK 會協助執行 C code，將程式執行在 processing system，並連至螢幕顯示處理後的圖片，系統執行流程如下頁圖三。

本專題 FPGA 板是使用 Xilinx Zedboard Zynq-7000 7z020，該板配有 dual Core ARM Cortex-A9 Processing System 以及 Artix-7(28nm), 85,000 Programmable Logic cells。



圖二：燒錄至 FPGA 板之系統架構



圖三：系統執行流程圖

在 LBP 演算法上，本專題加入調整參數的功能，增加圓形 LBP 以及旋轉不變性兩種方法，優化原本的 LBP 演算法，讓圖片紋理特徵能被更正確的擷取。

二、測試結果：

圖四是灰階圖片經過 LBP 處理後的比較。其中最左邊是原始圖片，中間是基本 LBP 處理的圖片。可以看到邊緣紋理的特徵被截取，這些資訊可應用於電腦視覺協助判斷特徵。右邊則是採用旋轉不變 LBP 處理的圖片，相較普通 LBP 處理的圖片，淡化了不重要的平滑區域的雜訊，更清晰的擷取紋理。



圖四：原始(左)、基本 LBP 處理(中)、旋轉不變 LBP 處理(右)

下面圖五是硬體相較軟體的速度優化比較。純軟體的部分，以在個人電腦上執行 python 軟體程式作為 baseline，其中 CPU 是使用 Intel i5-8250U，頻率是 1.80GHz，在上述環境下，所得到的執行時間為 687.5mini second。

而若是將電路合成 ASIC，在使用 tsmc 130nm 晶片製程下，處理一張影像的時間是 3.832mini second，python 軟體相比快了約 180 倍。而在 FPGA 方面，programmable logic 使用 Artix-7 28nm 製程，頻率為 100Mhz 的情況下，處理一張圖片的時間為 5.474 微秒，也比軟體快了 125 倍。

	軟體	ASIC	FPGA
執行時間(ms)	687.5	3.832	5.474
增加倍速 (以軟體為基準)	1	180x	125x

圖五：軟硬體執行速度比較