

# DNA分析積體電路之研究—PCR晶片之實作

## Study of DNA Analysis IC—Implementation of a PCR Chip

計畫編號：NSC 90-2215-E-260-001

執行期限：90年8月8日至91年7月31日

主持人：許孟烈 國立暨南國際大學電機系  
共同主持人：盧志嘉 國立暨南國際大學電機系  
計畫參與人員：刁育昇、陳志嘉、王俊夫、董世勳、賴峰陽 國立暨南國際大學電機系

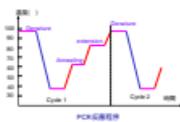
### 摘要

聚合鏈鎖反應技術(Polymerase Chain Reaction, PCR)被廣泛應用在生物科技領域中的 DNA 分析, 本計畫將 PCR 系統中包括溫度感測、加熱、信號處理轉換電路等單元利用 CMOS 製程技術進行晶片設計與製作, 並利用現場可程式化邏輯陣列(FPGA)晶片設計系統控制單元以構成一具有極小體積與快速反應能力的 PCR 系統。

### 1. PCR 基本流程圖

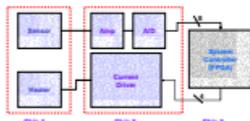


- 雙股的 DNA 增加溫度而解成單股的 DNA。
- 單股的 DNA 被 Primers (引子) Annealing (引子鎖合) 形成短鏈之一端。
- Primers 的 3' ends 的半鏈被延伸的半鏈進行延伸合成雙股。
- 經過上述三個步驟後, 一份的雙股 DNA 就變成兩份的雙股 DNA, 如此周而復始一再重複就會使得單股的特定 DNA 得以連續複製。



- PCR 操作過程為一重複的變化過程(Cycle), 主要分成三大部份:
- 以高溫度(92~95°C)讓雙股親 DNA 分離(Denature)。
  - 使用引子與單股親 DNA 親合(Anneal 92°C)。
  - 將溫度調整到 DNA 聚合酶作用的有效溫度而合成新的 DNA。

### 2. PCR 系統架構



- 整個系統分成三個晶片:
- 具有溫度感測與加熱器的微反應室。
  - 感測器信號處理與轉換電路與加熱驅動電路。
  - 系統控制用的 FPGA 晶片。

### 3. 放大器



圖 3-1-1 放大晶片



Output Swing 為 10kV-Gain Bandwidth 放大晶片輸出

規格項目	實際值	規格值
Power	+1.5V	+1.0V
Open Loop Gain	10kdB	100dB
Unity-Gain Bandwidth	1.2MHz	1.06MHz
Output Swing	-1.2V~1.2V	-1.45V~1.45V
Offset Voltage	<10mV	30.75mV

### 4. 類比數位轉換器

圖 4-1-1 2-bit 2-mip Flash A/D Converter

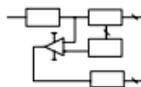
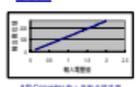


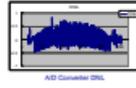
圖 4-1-2 放大晶片



圖 4-1-3 量測結果



AD Converter 輸入-輸出量測結果



AD Converter DNL

### 5. 系統控制圖

圖 5-1-1 系統控制圖

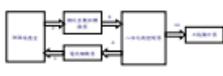


圖 5-1-2 系統控制系統圖

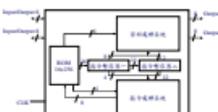


圖 5-1-3 系統控制系統圖

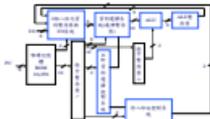


圖 5-1-4 系統控制系統圖

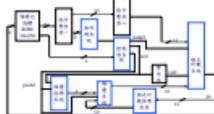


圖 5-1-5 系統控制系統圖



圖 5-1-6 系統控制系統圖

Q14	Q17	Q18	Q19
9800	9801	9802	9803
9804	9805	9806	9807
9808	9809	9810	9811
9812	9813	9814	9815
9816	9817	9818	9819
9820	9821	9822	9823
9824	9825	9826	9827
9828	9829	9830	9831

圖 5-1-7 系統控制系統圖



以現場邏輯陣 PCR 溫度感測, 控制系統控制與系統控制單元, Altera UPT 現場邏輯陣 PCR 晶片。



### 6. 加熱器與溫度感測器

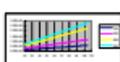
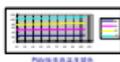
圖 6-1-1 加熱器與溫度感測器

- Poly 電阻加熱器
- NW-450kΩ 溫度感測器

圖 6-1-2 加熱器與溫度感測器



圖 6-1-3 加熱器與溫度感測器



NW-450kΩ 溫度感測器

### 7. 電路驅動電路

圖 7-1-1 電路驅動電路

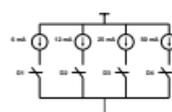


圖 7-1-2 電路驅動電路



項	值	規格
電源供應電壓	3V	
最高頻率	>100 MHz	
功率消耗	300 mW	
最大輸入電流	10 mA	

### 結論

在本計畫中, 我們已經完成一個 PCR 系統中個別主要單元電路的設計與製作, 未來我們將把系統控制器、放大器、類比數位轉換器與電流感測器四個單元整合並實現於晶片內, 而感測器與加熱器部分則與微反應室結合, 目前正進行微反應室之設計與製作。

