

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 內建整流式多斜率類比數位轉換器 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型  
計畫編號：NSC 99-2622-E-029-006-CC3  
執行期間：99年06月01日至100年05月31日  
執行單位：東海大學電機工程學系(所)

計畫主持人：黃宇中

公開資訊：本計畫可公開查詢

中華民國 100 年 11 月 18 日

中文摘要：本計畫提出一個新的改良型整合式多模雙斜率類比數位轉換器，在本電路架構中我們提出了一個簡化的改良式同步整流電路以取代全波精密整流的方式。為了實現簡化架構，整流電路中只用了一個比較器以及一個運算放大器以及一些開關。而本架構的優點為它整合了整流電路於該晶片中，使其具有處理交流信號的功能並且可以支援寬頻帶的交流信號量測[60Hz~100.2kHz]，同時也可以提供直流類比信號的量測，且它可以更少的晶片面積實現。

本計畫提出雙斜率類比數位轉換器是以 TSMC 0.25  $\mu\text{m}$  3.3V 1P5M CMOS 製程製作晶片，在直流的操作模式下解析度可以達到八個位元，而在交流的操作模式下頻寬為 100kHz 解析度可以達到七個位元；電源供應為 3.3V，晶片面積占 0.71  $\times$  0.63  $\text{mm}^2$ ，整個晶片的功率為 5mW。

中文關鍵詞：多模訊號、雙斜率類比數位轉換器、同步整流電路

英文摘要：This project presents an integration improved multi-mode dual slope ADC. Based on this architecture, a new synchronous rectification circuit is proposed. Instead of full wave rectifier, an improved synchronous rectifier is implemented. To realize the simplified architecture, we use only one comparator, one OP, and switches. The advantage is that it could not only support wider bandwidth for AC signal measurements from 60 Hz to 100.2 kHz, but also provide DC signals' digitization. It could be realized by even fewer chip area where by this multi-mode dual slope ADC is realized in a 0.25- $\mu\text{m}$  3.3V 1p5m CMOS technology with a chip area 0.71  $\times$  0.63  $\text{mm}^2$ . Simulation results showed that ADC achieves 8-bit resolution in DC mode and 7-bit resolution in AC mode with 100 kHz signal bandwidth. Total power consumption is 5mW.

英文關鍵詞：multi mode、ADC dual slope、synchronous rectification circuit

# 行政院國家科學委員會補助產學合作研究計畫成果精簡報告

計畫名稱：內建整流式多斜率類比數位轉換器

計畫類別： 先導型       開發型       技術及知識應用型

計畫編號：NSC 99-2622-E-029-006-CC3

執行期間：99 年 6 月 1 日至 100 年 5 月 31 日

執行單位：東海大學電機工程學系

計畫主持人：黃宇中

共同主持人：

計畫參與人員：蔡達緯、李展龍

## 研究摘要：

本計畫提出一個新的改良型整合式多模雙斜率類比數位轉換器，在本電路架構中我們提出了一個簡化的改良式同步整流電路以取代全波精密整流的方式。為了實現本簡化架構，整流電路中只用了一個比較器以及一個運算放大器以及一些開關。而本架構的優點為它整合了整流電路於該晶片中，使其具有處理交流信號的功能並且可以支援寬頻帶的交流信號量測 [60Hz~100.2kHz]，同時也可以提供直流類比信號的量測，且它可以更少的晶片面積實現。

本計畫中實現了一個具新型整流電路的多模式雙斜率類比數位轉換器。該晶片以 TSMC 0.25um 1P5M 3.3V CMOS 製程製作。它直接整合整流電路於雙斜率類比數位轉換器中，並且同樣提供直流信號的量測功能。低成本是本論文設計主要的貢獻之一。另外有關用於同步整流電路內之比較器的超取樣倍率要求之分析也是我們在理論分析上的一個重要部分，它提供設計者一個明確的設計方向，也就是說，它明白的告訴設計者在他們的設計裡用於同步整流電路之時脈頻率的選擇與效能的關係。本雙斜率類比數位轉換器之所有功能均已被成功的模擬驗證出來，在系統層面的模擬驗證我們是利用 MATLAB-SIMULINK 來完成，而電路層面的模擬驗證我們是利用 Hspice 來完成的。最後，實驗結果則配合離散時間電路模型加以驗證直流、交流模式並存的可行性。對應的信號頻率範圍為 0~100.2KHz。電源供應為 3.3V，晶片面積為  $0.71 \times 0.63\text{mm}^2$ 。整各晶片的功率為 5mW。

人才培育成果說明：培育碩士班學生 2 人

技術研發成果說明：

驗證雙斜率類比數位轉換器以直流及交流模式下進行，取離散時間模型近似我們設計的多模式雙斜率類比數位轉換器。這個離散時間模型主要是由一個雙斜率類比數位轉換器以及一個整流電路所組成，而所使用的元件有運算放大器(LF411CN)、雙斜率類比數位轉換器(ICL7135)、解碼器(HD74LS47)、反相器(HD74LS04P)以及共陽極 LED 七段顯示器(LA601)，其中七段顯示器可以協助我們觀察數位的輸出結果。這樣的模型可觀察類比數位轉換器內積分器輸出的波形，是否符合正常的操作。而實際實驗環境的測試利用 HP8116A Pulse/Function Generator，產生交流模式下所需的正弦波並將該正弦波輸入整流電路，另利用 SAMPO FG1617 Function Generator 產生 120kHz 的時脈信號給雙斜率類比數位轉換器用，最後用 Tektronix TDS 2002 Oscilloscope 測量各電路節點的電壓。

而量測驗證的規劃上分為兩個部分：(1)直流模式、(2)交流模式。在直流模式下我們給定輸入信號電壓以觀察積分器輸出以及七段顯示器的結果，以輸入電壓  $V_{IN}$  為 1.0V 且參考電壓  $V_{REF}$  為 1.0V 的情況來說，計數器的結果應為 10000，由式(4.1)，而實際的量測結果為 9831，如圖 4.7，量測的結果其實際運作行為與晶片的設計相當吻合而積分器的輸出則，如圖 4.5、圖 4.6 可以看出整個雙斜率類比數位轉換器分為三個實際工作區間：(1)auto-zero、(2)signal-integrate、(3)reference-integrate，在第一個工作區間裡積分器的輸出會有重置的動作所以我們看圖就可以知道電壓一直維持在 0V 的準位，而在第二個工作區間時積分器開始對信號有了積分的行為，並將積分器輸出端電壓放電至一電壓準位之後到了第三相位區間時再由積分器對參考電壓做積分對積分器輸出充電，所以積分器輸出會回到 0V 的電壓準位。由量測結果可知晶片為正常工作行為，且在這樣的量測環境設置下直流模式的量測結果有八位元解析度。

在交流模式下輸入正弦波信號振幅為 1.0V 以觀察積分器輸出以及七段顯示器的結果，與直流模式不同之處在於該信號必須先輸入給整流電路做整流動作以後，在送給雙斜率類比數位轉換器做處理以輸入振幅為 1.0V 的情況來說，計數器的結果應為 16366，而實際的量測結果為 16606，量測的結果與晶片的設計相當吻合，整個雙斜率類比數位轉換器分為三個實際工作區間：(1)auto-zero、(2)signal-integrate、

(3)reference-integrate, 在第一個工作區間裡積分器的輸出會有重置的動作所以我們看圖就可以知道電壓一值維持在 0V 的準位, 而在第二個工作區間時積分器開始對信號有了積分的行為, 並將積分器輸出端電壓放電至一電壓準位之後到了第三相位區間時再由積分器對參考電壓做積分對積分器輸出充電, 所以積分器輸出會回到 0V 的電壓準位。如同直流模式, 均屬正常工作行為, 惟解析度降至七位元。

技術特點說明：

1. 直接整合整流電路於雙斜率類比數位轉換器中。
2. 提供直流、交流信號的多模式量測功能。
3. 整合同步整流電路使面積減小而達成低成本。

可利用之產業及可開發之產品：

近年來電子產品由於生命週期的逐漸縮短以及競爭壓力的漸趨增大, 許多用戶於是開始接受了單晶片的發展模式, 他們將多個單晶片模組整合在更為複雜的電路板中以解決更為複雜的應用, 而這也使得類比單晶片產品的需求與日俱增, 根據 IC Insights 的估計, 類比 IC 市場營收有逐年上升趨勢, 以 2006 年來說, 類比 IC 市場營收將近有 150 億美元, 較 2005 年成長 10.6%, 預計 2010 年時市場營收將到達 180 億美元。而其中以數據轉換器和電壓調節器呈現出較其它類比晶片(運算放大器、比較器、介面電路晶片)更為強勁的成長態勢, 單就數據轉換器來說大約佔了其中 22.5% 的市場營收。而數據轉換器的應用有很多, 如該晶片可整合類比電壓監控系統, 並配合 IEEE1149.4 Analog and Mixed-Signal Boundary Scan Test Standard, 做出一用來量測類比電壓的邊際掃描測試電路。

推廣及運用的價值：

可推廣至智慧電網監測與生醫訊號監測的應用。

# 國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2011/11/18

國科會補助計畫	計畫名稱: 內建整流式多斜率類比數位轉換器
	計畫主持人: 黃宇中
	計畫編號: 99-2622-E-029-006-CC3      學門領域: 積體電路及系統設計
無研發成果推廣資料	

99 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：黃宇中		計畫編號：99-2622-E-029-006-CC3				計畫名稱：內建整流式多斜率類比數位轉換器	
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	1	1	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	2	2	100%	人次	
		博士生	1	1	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	1	1	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	1	1	100%		
		專書	0	0	100%	章/本	
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p style="text-align: center;">其他成果</p> <p>(無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	無
---	---

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	



本產學合作計畫研發成果及績效達成情形自評表

成果項目		本產學合作計畫 <b>預估</b> 研究成果及績效指標 (作為本計畫後續管考之參據)	計畫達成情形
技術移轉		預計技轉授權 1 項	完成技轉授權 1 項
專利	國內	預估 1 件	提出申請 0 件，獲得 0 件
	國外	預估 1 件	提出申請 0 件，獲得 0 件
人才培育		博士 1人，畢業任職於業界1人	博士 0人，畢業任職於業界0人
		碩士 1人，畢業任職於業界1人	碩士 2人，畢業任職於業界0人
		其他 1人，畢業任職於業界1人	其他 0人，畢業任職於業界0人
論文著作	國內	期刊論文 1 件	發表期刊論文 0 件
		研討會論文 1 件	發表研討會論文 1 件
		SCI論文 1 件	發表SCI論文 0 件
		專書 1 件	完成專書 0 件
		技術報告 1 件	完成技術報告 0 件
	國外	期刊論文 1 件	發表期刊論文 1 件
		學術論文 1 件	發表學術論文 0 件
		研討會論文 1 件	發表研討會論文 1 件
		SCI/SSCI論文 1 件	發表SCI/SSCI論文 1 件
		專書 1 件	完成專書 0 件
		技術報告 1 件	完成技術報告 0 件
其他協助產業發展之具體績效		新公司或衍生公司 1 家	設立新公司或衍生公司(名稱)：
<u>計畫產出成果簡述：請以文字敘述計畫非量化產出之技術應用具體效益。(限 600 字以內)</u>			