


使用數位測試機台進行類比動態測試技術

學生：章即時

指導教授：李崇仁 蘇朝琴 教授

國立交通大學電機資訊學院 電子與光電學程（研究所）碩士班

摘要



本論文所提供的測試技術是利用數位測試機台來達成類比動態測試技術。在實作上，將三角波產生器加入到測試板上當做輸入信號。輸出波形利用 PE 電路的比較器做量化取樣。最後利用機率統計手法做分析，此方法可加強量化的解析度和降低受雜訊的影響。實作上所得到的實驗結果其誤差在 2% 以內，因此可以確認本論文所提供的測試方法是可行的。

Dynamic Analog Testing via ATE Digital Test Channels

Student : Chi-Shih Chang

Advisors : Prof. Chung-Len Lee

Prof. Chau-Chin Su

Degree Program of Electrical Engineering Computer Science

National Chiao Tung University

ABSTRACT

A dynamic analog test methodology using digital tester is proposed . A simple triangular waveform is built on the device interface board for the stimulus generation . The response waveform is quantized by dual comparators in a digital pin electronic circuit . Statistical analysis is conducted to enhance the quantization resolution and minimize the noise effect . The experiment results using ATE show that the error is less than 2% . It conforms the feasibility of the proposed methodology .

誌 謝

非常感謝國立交通大學電機資訊學院所有老師三年來對我的教導，尤其是我的指導老師：李崇仁和蘇朝琴老師。他們無論在課業上、學問上都對我影響深遠，讓我在三年的研究所過程中獲益良多，而且在職場上的專業能力更上一層樓。最後，要感謝我父母的支持和鼓勵，更要感謝我的老婆：阮美芬小姐，她在我求學過程中不斷的幫我加油打氣，使我能夠順利完成學業並且也兼顧到工作，也感謝她這麼辛苦的打理家的一切。謝謝！！



章即時
2004/7/10 於交通大學

目錄

中文提要	.....	i
英文提要	.....	ii
誌謝	.....	iii
目錄	.....	iv
表目錄	.....	vi
圖目錄	.....	vii
符號說明	.....	ix
一、	簡介.....	1
1.1	研究動機.....	1
1.2	混合信號測試回顧.....	2
1.2.1	DC/AC 參數測試.....	2
1.2.2	ADC/DAC 測試.....	7
1.3	測試方法概論.....	10
1.4	論文大綱.....	11
二、	測試方法.....	12
2.1	數位測試機概述.....	12
2.2	類比測試機概述.....	15
2.3	Pin Electronics 介紹.....	16
2.4	利用數位測試通道量測三角波.....	18
2.4.1	量測三角波的方法.....	18
2.4.2	量測低通濾波器的方法.....	20
2.5	三角波之機率公式推導.....	21
2.6	測試方法歸納.....	26
三、	測試方法模擬.....	28
3.1	建立三角波機率圖.....	28
3.2	程式模擬.....	31
3.2.1	信號取樣不含雜訊.....	32
3.2.2	信號取樣含雜訊.....	33
3.3	10-bit LFSR 頻譜分析.....	35
3.4	低通濾波器量測.....	38
四、	測試實作.....	42
4.1	測試環境.....	42

4.1.1	測試機簡介.....	42
4.1.2	測試板電路.....	43
4.2	測試驗證.....	45
4.3	測試結果.....	49
五、	結論.....	53
參考文獻	.....	54
自傳	.....	55



表目錄

表 4-1	三角波列圖表·····	45
表 4-2	$V_A = 1.0V$ 時之 V_A' 、 V_X' 實驗值·····	49
表 4-3	$V_A = 1.3V$ 時之 V_A' 、 V_X' 實驗值·····	50
表 4-4	$V_A = 1.5V$ 時之 V_A' 、 V_X' 實驗值·····	50
表 4-5	$V_A = 1.0V$ 、 $1.3V$ 、 $1.5V$ 之比較表·····	51



圖目錄

圖 1-1	Continuity 測試	3
圖 1-2	Leakage currents 測試	4
圖 1-3	Supply currents 測試	4
圖 1-4	DC Offset 測試	5
圖 1-5	Absolute Gain 測試	6
圖 1-6	Harmonic Distortion 測試	7
圖 1-7	3-bit ADC for DNL 特性圖	8
圖 1-8	3-bit ADC for INL 特性圖	8
圖 1-9	3-bit ADC Offset Error 圖	9
圖 2-1	數位測試機示意圖	13
圖 2-2	數位測試示意圖	14
圖 2-3	類比元件 -- 放大器	15
圖 2-4	類比測試機示意圖	16
圖 2-5	Pin Electronics 電路架構	17
圖 2-6	三角波測試架構圖	19
圖 2-7	三角波產生器	19
圖 2-8	三角波比較於 V_{R+} 、 V_{R-}	20
圖 2-9	量測低通濾波器示意圖	21
圖 2-10	三角波示意圖	22
圖 3-1	$V_A=0.5V$ 之機率圖	28
圖 3-2	$V_A=0.6V$ 之機率圖	28
圖 3-3	$V_A=0.7V$ 之機率圖	29
圖 3-4	$V_A=0.8V$ 之機率圖	29
圖 3-5	$V_A=0.9V$ 之機率圖	29
圖 3-6	$V_A=1.0V$ 之機率圖	29
圖 3-7	$V_A=1.1V$ 之機率圖	29
圖 3-8	$V_A=1.2V$ 之機率圖	29
圖 3-9	$V_A=1.3V$ 之機率圖	30
圖 3-10	$V_A=1.4V$ 之機率圖	30
圖 3-11	$V_A=1.5V$ 之機率圖	30
圖 3-12	$V_A=1.6V$ 之機率圖	30
圖 3-13	$V_A=1.7V$ 之機率圖	30

圖 3-14	$V_A=1.8V$ 之機率圖	30
圖 3-15	$V_A=1.9V$ 之機率圖	31
圖 3-16	$V_A=2.0V$ 之機率圖	31
圖 3-17	機率模擬圖	32
圖 3-18	機率模擬圖	35
圖 3-19	10-bit LFSR 電路圖	36
圖 3-20	10-bit LFSR 頻譜分析圖	36
圖 3-21	LPF 7K 頻譜圖	37
圖 3-22	20-bit LFSR 電路圖	38
圖 3-23	20-bit LFSR 頻譜分析圖	38
圖 3-24	時域圖	39
圖 3-25	LPF 量測架構	40
圖 3-26	LPF 機率圖	41
圖 4-1	測試機	43
圖 4-2	測試機的測試板	44
圖 4-3	測試板電路圖	44
圖 4-4	輸入三角波為 $V_X = 0V$	46
圖 4-5	輸出三角波為 $V_X = 0V$	46
圖 4-6	輸出三角波為 $V_X = -0.5V$	46
圖 4-7	輸出三角波為 $V_X = -0.4V$	46
圖 4-8	輸出三角波為 $V_X = -0.3V$	46
圖 4-9	輸出三角波為 $V_X = -0.2V$	46
圖 4-10	輸出三角波為 $V_X = -0.1V$	47
圖 4-11	輸出三角波為 $V_X = 0.5V$	47
圖 4-12	輸出三角波為 $V_X = 0.4V$	47
圖 4-13	輸出三角波為 $V_X = 0.3V$	47
圖 4-14	輸出三角波為 $V_X = 0.2V$	47
圖 4-15	輸出三角波為 $V_X = 0.1V$	47
圖 4-16	測試結果機率圖	48
圖 4-17	V_A 誤差圖	52
圖 4-18	V_X 誤差圖	52

符號說明

- V_X 三角波的直流電壓值
- V_A 三角波的振幅
- V_{R+} 設定上限的參考電壓值
- V_{R-} 設定下限的參考電壓值
- L_3 三角波電壓值大於 V_{R+} 的區域
- L_2 三角波電壓值介於 V_{R+} 、 V_{R-} 的區域
- L_1 三角波電壓值小於 V_{R-} 的區域
- T 三角波一個週期的時間
- T_{PL3} 一個週期中佔據 L_3 區域的時間
- T_{PL1} 一個週期中佔據 L_1 區域的時間
- T_1 一個週期中 L_2 至 L_3 的上升時間
- T_2 一個週期中 L_2 至 L_1 的下降時間