

# Ring Oscillator와 Delay 연산을 이용한 고정도 Pulse Modulation 구현

°권순돈, 변대열, 김동주

삼성전자(주) 기술총괄 MicroSystems 연구소

수원시 팔달구 매량3동 416번지

## The High Resolution Pulse Modulation Using the Ring Oscillator and its Delays Encoding

°S.D.Kwon, D.Y.Byun, D.J.Kim

MicroSystems R&D Laboratories, SAMSUNG

416, Maetan-3Dong, Paldal-Gu, Suwon City, Kyungki-Do, Korea

### 요 약

본 연구는 Ring Oscillator 및 이의 Delay 까지도 계수화 함으로서 고정밀 Pulse Modulation 을 시키기 위한 것이다. 특히 Ring Oscillator 는 온도, 전압 및 공정에 따라 주파수 변화폭이 심하므로 이에 대한 보정 방법과 높은 발진으로 인해 실리콘(반도체) 제작사의 열문제를 최소화 하는 방안에 대해서도 언급하였다.

본 논문은 삼성반도체 0.6um CMOS Standard Cell 을 사용하여 구현 했으며, 레이저 프린터의 해상도 향상을 위해 Gray Image 와 Text 에 대한 적용 예로서 화상의 미세 수평이동과 화소의 크기를 제어하는 예를 보였다. 또한 향후에는 칼라 프린터에 있어서 인쇄화상의 품질 향상을 위한 정밀 보정에도 응용할 수 있음을 보였다.

### I. 서 론

전자제품의 경쟁력은 ASIC에 의하여 결정 될 정도로 ASIC의 비중은 날로 커지고 있는 추세다. ASIC의 대표적인 공정은 특수한 용도에 바이폴라를 적용하는 것을 제외하면 대부분의 공정이 CMOS이다. 예전에는 하나의 표준 LSI나 ASSP로 사용되었던 것이 이제는 MEGA-CELL 이라는 형태로 내장되고 다시 고유기능을 추가 함으로써 소형화, 고속화를 기하고 있다. 반도체 공정의 지속적인 발전과 고집적화는 PCB기반으로 존재하던 것이 One Chip 으로 되어가고 있는 시대이다. 1997년 까지만 해도 0.8 um~0.5um의 5V 공정을 주로 사용하였으나 1998년에는 0.35um 5/3.3V의 공정이 보편화 되고 있다. 0.35um의 경

우 집적도가 30 ~ 80만 Gates로 RISC Core의 내장은 물론 DSP대용량 Memory등의 System On A Chip이 가능해 졌다. 1999년도와 2000년도에는 0.25에서 0.18um로 급속히 발전할 계획이며, 또한 집적도와 동작 주파수가 높고 기능도 다양화 되면서 개발방법도 순수 Hardwired에서 Programmable 하는 방법의 비중이 높아지고 있는 상태다. 따라서 이러한 급속한 발전과 함께 u\_Processor분야에서도 가시적인 고속화가 이루어지고 있으며(Intel Pentium Processor 230 ~ 400MHz,  $\alpha$ -Chip 700MHz 이상) 대부분의 기능이 S/W로 처리되고 H/W의 비중은 날로 줄어들고 있다. 그러나 이러한 u\_Processor의 빠른 변화에도 불구하고 고속 Data를 Real Time으로 처리하는데에는 H/W적인 도움이 계속적으로 필요하다. 따라서 본 논문에서는 Real Time의 Data를 Gate Delay 정도의 오차로 고정밀 스위칭하기 위하여 Ring Oscillator를 사용한 제품을 실례로 설명하고자 한다.

또한 본 논문에서는 Ring Oscillator 고속 발진으로 인한 Power에 의한 열 문제를 해결하기 위해 Power 분리에 대해서도 언급하였다.

본 논문에서 언급된 Ring Oscillator는 점차 기능이 지능화되고 소프트웨어적으로 처리되는 추세에 있어서도 H/W가 계속적으로 필요로 하는 한 부분을 나타 냈으며, 본 논문의 응용 결과로 프린터에 있어서 단위 Dot를 세분화하여 해상도를 향상 시키는 방법과 서로 다른 Video 신호의 정밀 정렬에 대해서도 언급하였다.

## II. 본론

### 1. Pulse Synthesis 개요

Pulse Modulation 시키는 방법에 있어서 보통 많이 사용되는 방법으로는 PWM(Pulse Width Modulation)등이 있으나 여기에는 입력 주파수와 FrequencyControl Data 가 몇Bits인가에 따라 정밀도와 주기를 결정함으로써 보통의 경우 높은 입력 주파수 또는 PLL(Phase Lock Loop) 등을 사용하여 높은 주파를 입력으로 사용하는 경우도 있다. 이외에도 보다 정밀한 주기를 결정하기 위해서 DDS(Direct Digital Synthesis, Analog Device의 AD9850) 를 사용하는 방법으로서 ReferenceClock에 대해 입력된 Data 값에 상응하는 Square Wave 및 Sine Wave를 생성하는 방법이 있다. 그림 1에 전체 DDS 블럭다이어그램을 나타냈다.

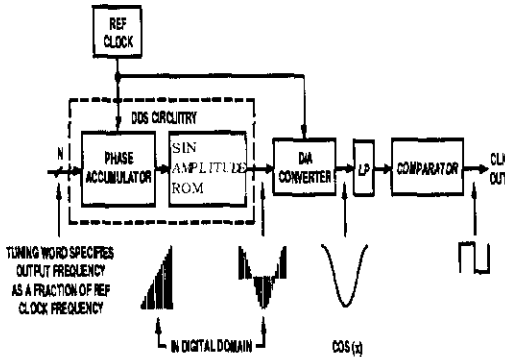


그림 1. DDS 전체블럭도

이 DDS는 그림 2와 같이 Phase를 accumulation 함으로써 주파수를 변조시킬 수 있다는 방법에 기초를 두고 있다.

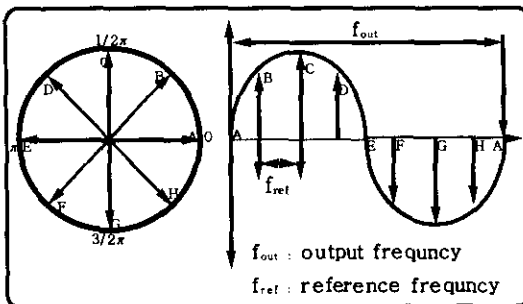


그림 2. phase accumulation을 이용한 주파수 변조

아래식에서

$$f_{out} = \frac{\Delta\phi}{2^N} f_{ref}$$

$f_{out}$  : output frequency

$f_{ref}$  : reference frequency

$N$  : phase accumulator의 bit수

$\Delta\phi$  : phase accumulator value(input data)

그림 1의 1주기는  $2\pi$ 이고  $2\pi$ 를  $2^N$ 나누고 입력된 accumulator값으로 reference clock을 변조하게된다.

예를 들면  $N=32$ 이고  $\Delta\phi = 2^{30}$  이라면

$$f_{out} = \frac{\Delta\phi}{2^N} f_{ref} = \frac{1}{4} f_{ref}$$

가 된다. 그리고 INPUT 주파수가 100MHz이고 1clock에 4번을 sampling 한다면 sampling 된 값은  $\{0, \pi/2, \pi, 3\pi/2, 2\pi\}$ 가 된다. 이 값을 식에 적용하면  $\{0, \pi/8, \pi/4, 3\pi/8, \pi/2\}$ 가 되어 마치 주파수를 4분주한 것 같이된다. 이 연산된 phase를 sin amplitude ROM에서 amplitude를 찾아 그값들을 DAC로 square wave 및 sine wave 를 만들어낸다.

#### 1.1 DDS 장점

reference clock 1주기를  $2^n$ ( $n$ 은 frequency control data bit 수)으로 분해하여 높은 resolution을 얻을 수 있다.(AD9850은 32bit) 또한 digital square wave 및 analog sine wave등의 Pulse Generation이 가능하며, frequency 및 phase 를 modulation 가능하다.

#### 1.1 DDS 단점

amplitude를 저장하는 ROM이 많이 필요하며, frequency를 변조하는 경계에서 불연속점이 생긴다. reference frequency 에 대해서 0~50%까지만 변조할 수 있기 때문에 고주파 변조는 불가능하다.

### 2. Ring Oscillator를 이용한 Pulse Modulator

그림 3은 본 논문의 Pulse Modulator를 구현하기 위한 전체 Block Diagram이다. 앞서 설명한 DDS와 마찬가지로 Reference Clock이 필요하나 별도의 Memory나 DAC(Digital to Analog Converter) 또는 Low Pass Filter를 필요로 하지 않는다. 단지 Digital 회로로 구현하기 위해서 고속 발진을 위한 Ring Oscillator를 사용하였으며, Ring Oscillator의 발진 Delay까지도 정밀 연산에 사용하기 위하여 Ring Delay간의 차이 까지도 계수화 하였다. 예를들어 Ring Oscillator를 구성하는 Chain수가 16이고 임의의 한개의 Chain를 기준으로 하

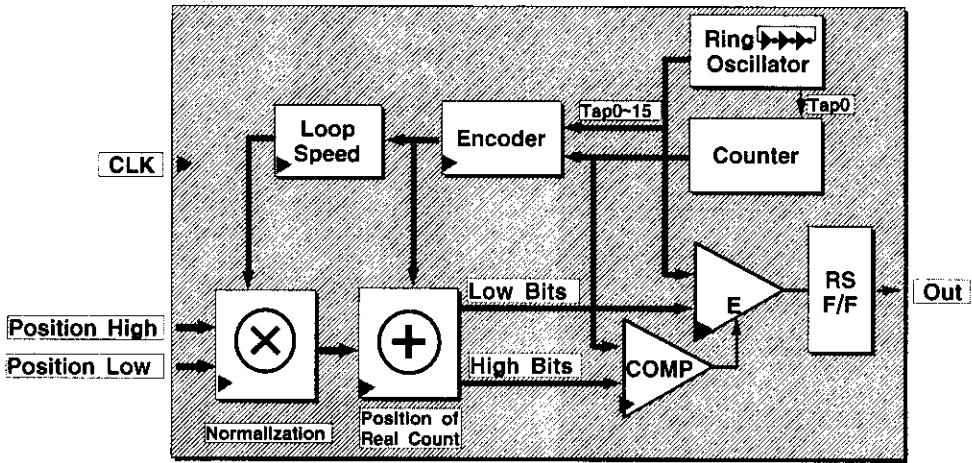


그림 3. 본 논문의 전체 블럭도

면  $32(2^5)$ 개의 계수값을 갖을 수 있으며, 임의의 한계를 기준으로하고 이를 Count하면 전체 계수값은  $2^8 \times 2^5$ 으로 입력되는 Clock으로 계수화 한다고 했을 경우 입력되는 Clock은 GHz가 됨을 알 수 있다. 이러한 값을 생성하는 부분이 그림 3에서 Encoder 블럭이다.

계수화된 값은 단위 주기(Reference Clock)당 변화량을 측정하여 입력에 대한 비율을 구하는데 사용된다. 바꿔말하면, 본 논문에서는 Pulse의 ON/OFF 주기를 비율로 제어 함으로서 미세한 제어가 가능함을 볼 수 있다.

다시 그림 3을 보면 LoopSpeed값과 외부에서 입력되는 Position 값을 곱함으로써 위치에 대한 크기를 계산할 수 있고, 이 값이 현재 전체 Count 값중 어느 부분에 위치하는지를 알기위해 Encoding 되는 값을 더함으로써 계산될 수 있다.

이렇게 연산된 값이 현재의 Encoding 값과 일치될때 RS F/F를 Toggle 시켜준다.

### 2.1 Ring Oscillator

그림 4에 본 논문에 사용된 Ring Oscillator를 나타

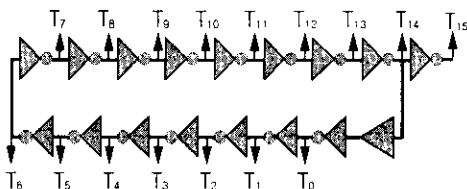


그림 4. RING OSCILLATOR

냈다. 기본적으로 Inverter Block은 전체 주파수에 영향을 미치며, 출수개로 Chain이 연결되어야 연속적인 발전을 할 수 있음은 쉽게 알 수 있다.

높은 주파수를 얻기위해 Gate Delay 방식의 Ring Oscillator는 공정, 온도, 전압 변동에 따라 발전 주파수가 바뀌는 문제외에도 높은 주파수에 따른 Power가 증가 함으로 이에대한 고려를 해주어야 한다. 보통 반도체에 있어서의 Power는

$$P = C_L \times VDD^2 \times f$$

으로 주파수가 Power에 미치는 영향이 큼을 알 수 있다. 심지어 본 논문에서의 구현 회로도 Power증가로 인한 열 발생 현상을 경험하였다. 따라서 별도의 Power 공급과 분리로 열 발생 문제를 해결 하였다.

### 2.2 Encoder

그림 5은 그림 4의 Ring OSC. 발전시  $T_3$ 를 기준으로  $T_0 \sim T_{15}$ 까지 연속적으로 Gate Delay 되어 발전되는 것을 보였다. 그림 5에서 보는 바와같이  $T_0$ 를 기준으로  $T_{15}$ 까지 32 가지의 Gate Delay를 판별할 수가 있다. 그림5에서의 점선은 임의로 그은 수직선으로 해당 위치에서의  $T_0 \sim T_{15}$ 까지의 값을 점선 옆에 표시를 하였으며, T가 변하는 위치에서의 이웃 T와의 값이 같게된다. 즉, 이웃한 두값이 같아질 때를 검출하여 이를 Wired Encoding하는 방법으로 Counter에서 카운트되는 값을 다시 32 분주 하는 효과를 가진다. 이로써 본 논문에 사용된 분해능을 주파수로 환산할 경우 공정에 따라 차이가 있으나 수GHz의 계수된 효과를 내게 된다.

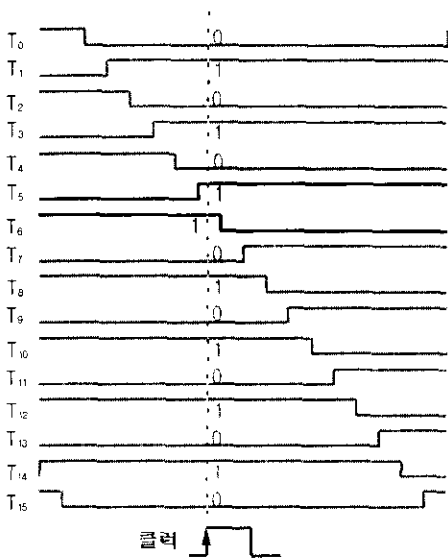


그림 5. Ring Oscillator Encoding 방법

### 2.3 Sim. 결과

그림 6에 본 논문의 Gate Delay 만큼의 오차를 가지고 정밀하게 Pulse Modulation시키는 것을 프린터에 적용한 예제로서 Gray 데이터(이미지)에 대한 비교 파형을 보여주고 있다. 즉, 그림 6a와 같이 입력 PC로부터의 입력 데이터는 Gray 데이터를 가진다. 그러나 기존의 방법에서는 On/Off로밖에 처리가 안되기 때문에 그림 6b와 같이 파형의 변형이 이루어진다. 그림 6c는 본 논문에 Pulse Modulation을 시킴으로써 Gray 정보 표현을 보다 정확하게 할 수 있음을 보여준다. 그림 8은 Image에 대해 그림 6에 대한 적용 사례를 보였다.

그림 7도 프린터에 있어서 Image가 아닌 TEXT(문자 또는 연속적인 선)에 대한 적용 예로서 임의의 구간에서의 파형을 형성할 수 있음을 나타내었다. 여기서의 On/Off에 대한 파형은 백분율로(그림 7c)서 보다 정확히 표현될 수 있음을 보였다.

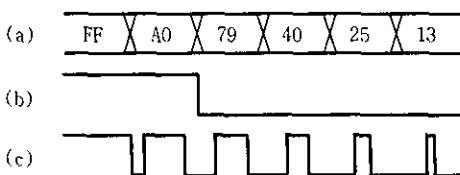


그림 6. Gray 데이터 표현 예

그림 7a는 기존 파형을 나타냈으며, 그림 7b는 On/Off 표현 방법과 그림 7c에서 Text 파형에 대한 변조로서 백분율로 나타내었다.

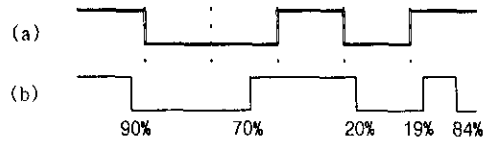


그림 7. Text 데이터 표현 예



그림 8. Gray 데이터 적용 예 (Lenna)

### III. 결론

본 논문에서는 Ring Oscillator를 사용한 Pulse Modulation기법을 사용하여 Gate Delay 편차 만큼의 오차를 갖는 Pulse Modulator를 구현하였고 이를 프린터에 적용하여 Image와 Text 해상도 항상 알고리즘을 적용하여 향상된 효과를 볼 수 있었다. 향후에도 Color 프린터에도 확대 적용할 예정으로 Color 프린터의 경우 C,M,Y,K 각기 다른 4가지 색상의 Dot를 일치 시키고 Gray 색상을 표현하기 위해서는 우선 수직 및 수평 동기가 정확히 맞아야 하기 때문에 Digital적으로 구현하기에는 한계가 따른다. 따라서 본 논문의 기능을 적용시키면 이의 문제를 해결할 수 있을 것으로 생각된다.

본 논문의 구현은 삼성반도체 0.5um CMOS 공정을 사용하여 구현하였다.

### IV. 참고문헌

- [1] Richard Cushing "DDS(Directly Digital Synthesize r)" Analog Devices 1995
- [2] 삼성전자, "Digital 복사기술", 삼성전자, 1992
- [3] Adam L. Carley, "Resolution Enhancement in Laser Printers", Dataquest Incorporated, C-2 ~ C-17, 1993