

동작온도에 무관한 신호변환회로의 설계

최진호, 김수환, 임인택, 최진오

부산외국어대학교

Design of Temperature Stable Signal Conversion Circuit

Jin-Ho Choi, Soo-Hwan Kim, In-Taek Lim, Jin-Oh Choi

Pusan University of Foreign Studies

E-mail : jhchoi@pufs.ac.kr

요 약

지연소자를 이용하여 시간정보를 디지털 정보로 변환하는 회로를 설계하였다. 지연소자로는 아날로그 회로 혹은 디지털 회로로 구성할 수 있으나, 아날로그 지연소자의 경우 디지털 지연소자에 비해 공정 변화에 따른 신뢰성 면에서 우수한 특성을 가지므로 본 논문에서는 전류원 회로와 인버터를 이용하여 아날로그 형태로 지연소자를 구성하였다. 설계되어진 회로는 동작온도가 -20°C 에서 70°C 까지 변화하더라도 출력 특성의 변화가 없도록 설계되어졌으며, HSPICE 시뮬레이션을 이용하여 동작을 확인하였다.

ABSTRACT

Time to digital converter is designed. To obtain the digital signal from time information the analog delay element is used. Because the analog delay element shows more stable characteristics compared to the digital delay element in view point of process variation. The designed circuit has temperature stable characteristics when the range of operating temperature is from -20°C to 70°C . The circuit is simulated and confirmed by HSPICE.

키워드

converter, time-to-digital, temperature stable characteristics

I. 서 론

시간 정보를 디지털 정보로 변환하는 회로는 주파수 혹은 위상 분석 회로 등에 응용되거나, 혹은 거리 측정을 위한 응용 회로에 사용되어진다 [1,2]. 시간-디지털 변환기에서 주요한 특성은 시간 정보를 얼마나 정확한 디지털 값으로 변환하는가 하는 분해능이다. 그러므로 분해능 향상을 위한 다양한 형태의 시간-디지털 변환회로가 연구되어 졌다 [2,3]. 일반적인 시간-디지털 변환회로는 "시작" 신호가 발생하면 일정한 주파수를 이용하여 "멈춤" 신호가 발생할 때까지 클럭 신호를 헤아리거나 혹은 입력 신호를 일정 시간 지연시키는 지연소자를 직렬로 연결한 다음, 각 지연소자의 출력 값을 이용하여 디지털 값으로 변환한다. 이때 지연소자로는 디지털 소자를 이용하거나 혹은 아날로그 소자를 이용하여 지연 소자를 구성한다. 기존의 연구 결과를 보면 디지털 지연소자

에 비해 아날로그 지연소자를 사용하는 경우 공정 변화에 따른 신뢰성 특성이 우수하다 [4]. 본 논문에서는 아날로그 지연소자를 이용하여 시간-디지털 변환회로를 설계하였다. 그리고 설계되어진 시간-디지털 변환회로는 동작온도에 무관한 특성을 가지도록 구성하였다. 그리고 HSPICE 시뮬레이션을 이용하여 동작온도 변화에 따른 특성을 분석하였다.

II. 본 론

시간-디지털 변환기에 사용된 아날로그 지연소자의 구조는 그림 1과 같다. 입력전압 V_{in} 이 "low"이면 PMOS MP1과 NMOS MN2는 on 된다. 이때 출력전압 V_D 는 low가 된다. 그리고 V_{in} 이 "high"이면 NMOS MN1이 on 되어 출력단자

의 전압은 "low"가 된다. MN2와 MP2의 게이트 단자에서 전압파형은 충전시는 MP1의 on 저항에 의해 exponential 하게 충전하고 방전시는 전류원에 의해 선형적으로 방전된다. 그러므로 방전 전류의 크기를 조절하면 방전시간을 선형적으로 제어할 수 있다. V_D 전압 파형은 2개의 인버터(MP1, MN1 그리고 MP2, MN2)를 거치므로 입력 신호의 "HIGH" 펄스 폭이 감소되어진 형태이다. 입력신호에 비해 감소되는 펄스 폭은 전류원의 크기를 제어함에 따라 제어할 수 있다.

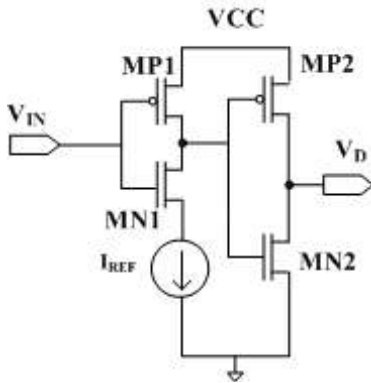


그림 1. 지연소자 회로도
Fig.1 Delay element circuit

동작온도에 무관한 시간-디지털 변환 특성을 얻기 위해서는 온도에 따라 일정한 지연시간을 가지는 지연소자가 필요하다. 즉, 회로의 동작온도 변화에 따른 전기적인 특성 변화를 고려하여 전류원의 값을 온도에 따라 조정하는 것이다. 그림 2는 동작온도에 무관한 지연소자의 특성을 얻기 위한 구성도이다. 회로의 동작온도에 따라 전류가 증가하는 전류원과 동작온도에 따라 전류가 감소하는 전류원의 전류를 합하여 동작온도에 따라 원하는 기울기가 되는 전류원을 구성하는 것이다.

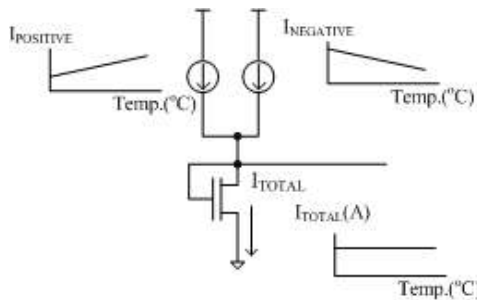


그림 2. 동작온도에 따른 전류 제어
Fig. 2 Temperature stable current source with operating temperature

그림 1의 지연소자를 15개 직렬로 연결하여 4비트 디지털 출력을 얻기 위한 시간-디지털 변환

회로를 구성하였다. 그리고 지연소자의 지연시간은 동작온도에 무관하도록 그림 2와 같이 전류원을 구상하였다. 동작온도 변화에 따른 시간-디지털 변환회로의 HSPICE 시뮬레이션의 결과는 그림 3과 같다. 동작온도가 -20°C 에서 $+70^{\circ}\text{C}$ 까지 변화할 때 디지털 출력값의 변화는 무시할 수 있다.

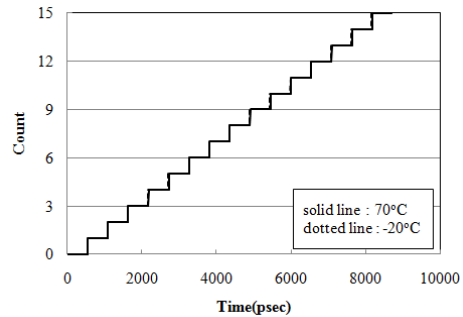


그림 3. 동작온도 변화에 따른 시간-디지털 변환회로의 출력
Fig. 3 TDC output with operating temperature

V. 결 론

시간 신호를 디지털 신호로 변환하는 회로는 지연소자를 이용하여 설계할 수 있다. 이때 지연소자는 디지털 혹은 아날로그 회로를 이용하여 구성할 수 있다. 그러나 아날로그 소자를 이용하여 지연소자를 구성할 경우 공정에 따른 신뢰성 특성을 향상시킬 수 있다. 설계되어진 동작온도에 무관한 시간-디지털 변환회로의 HSPICE시뮬레이션 결과 동작온도가 -20°C 에서 $+70^{\circ}\text{C}$ 까지 변화할 때 출력 특성의 변화는 무시할 수 있다.

참고문헌

- [1] Sidney Soclop, "Application of Analog Integrated Circuits," Prentics-Hall, 1985.
- [2] Jian Song, Qi An and Shubin Liu, "A high-resolution Time-to-Digital Converter Implemented in field programmable gate array," IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. 53, no. 1, Feb. 2006.
- [3] R. cicalese, A. Alosio, P. Branchini, R. Giordano and et al , "Implementation of High-Resolution Time-to-Digital Converters on two different FPGA devices," WSPC-Proceedings, pp.1-5, 2007.
- [4] Jin-Ho Choi, "Comparison of TDC Circuit Design Method to Constant Delay Time," KIMICS., vol.8, no.4, Aug. 2010.