

트랜지스터를 이용한 임펄스 발생기 설계

Design of Impulse Generator using Transistor

이 승 식 · 김 재 영 · 이 형 수

Seung-Sik Lee · Jae-Young Kim · Hyung-Soo Lee

요 약

본 논문에서 트랜지스터를 이용하여 Ultra Wide Bandwidth(UWB)통신 시스템의 구성 요소의 하나인 임펄스 발생기를 설계하였다. 이 펄스 발생기는 두 가지 스텝으로 이루어져 있다. 첫 번째 스텝에서 트랜지스터 스위칭 동작과 스위칭 동작에 걸리는 시간을 이용하여 트랜지스터의 가우시안 펄스를 만든다. 두 번째 스텝에서 고 대역 통과 필터를 이용하여 모노싸이클 임펄스로 변환시킨다. 결과인 임펄스의 크기는 약 +/- 250 mV 정도이고, 펄스의 폭은 0.9 ns로서 펄스폭은 트랜지스터의 동작 시간과 일치하였다.

Abstract

In this paper we show impulse generator which is important component in UWB communication. There is two steps to generate monocycle impulse. In first step, Gaussian pulse was made by operation of transistor' switching and operation time of transistor' switching. The second step the high pass filter change from Gaussian to Monocycle impulse. The result of this impulse generator is impulse whose pulse width is 0.9 ns in time domain and amplitude is +/- 250 mV.

Key words : UWB, Impulse, Gaussian, Monocycle, Polycycle

I. 서 론

UWB는 고속 전송이 가능하며 문에 실내 대용량 무선 통신 시스템에 적합한 시스템으로 알려져 있다.

Bandwidth가 중심 주파수의 25 % 이상이거나 500 MHz 이상인 경우를 흔히 Ultra WideBand로 정의하며 그림으로 나타내면 그림 1과 같다.

UWB 통신 시스템 구성을 위한 기능 블록도는 그림 2와 같다^[1]. UWB 통신 시스템은 Radio Pulse를 송신하는 부분과 수신 신호에서 신호를 복원하는 부분으로 구성된다. 송신부는 신호가 양 또는 음 신호에 따라 Bi-Phase Modulation 또는 Pulse Position Modulation을 한 후 시간 타이밍에 따라 Impulse를 발생시켜서 안테나를 통해 송신한다. 수신부는 안테나를 통해 수신된 신호를 Correlator에서 신호를 복원한 후

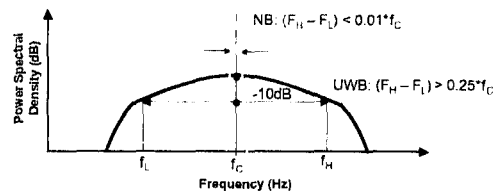


그림 1. UWB 정의

Fig. 1. Define of UWB.

음 또는 양의 신호인지를 결정한다. 본 논문은 UWB 통신 시스템에서 Impulse Generator에 해당된다.

UWB 통신 시스템에서 Impulse 발생기는 고속 전송과 전력 소모 그리고 집적화 문제 때문에 전체 시스템 구성 및 성능에 큰 영향을 미친다. 이와 같은 기존의 임펄스 발생기를 구현하는 방법은 표 1과 같

한국전자통신연구원(Electronics and Communication Research Institute)

· 논문 번호 : 20030430-073

· 수정완료일자 : 2003년 9월 8일

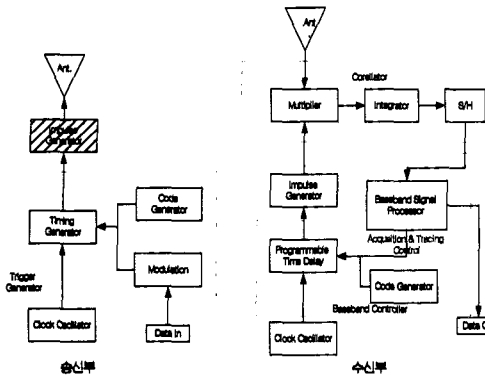


그림 2. UWB 통신 시스템 블록도
Fig. 2. The block diagram of UWB communication system.

이 정리할 수 있다.

표 1의 임펄스 발생기 구현 방법 이외에도 스파크 갭을 이용하는 방법^[3], laser 다이오드를 이용하는 방법 등이 있다. Step Recovery Diode(SRD)를 이용하여 간단한 방법으로 구현하는 연구들이 진행 중이다^{[4],[5]}. 하지만 SRD를 이용하는 방법은 펄스 발생 속도에 제한(일반적으로 100 MHz 이하)이 있기 때문에 고속 멀티미디어 통신에는 적합하지 않다. 그리고 향후 집적화 및 저 전력화 그리고 저가형태로의 전환시 약점을 안고 있다.

이와 같은 방법을 이용한 임펄스 발생기에서 발생하는 펄스의 웨이브 형태는 4가지 - 가우시안 펄스,

표 1. 임펄스 발생기 구현 방법 비교^[2]

Table 1. The comparison of implementation of impulse generator.

Typical Characteristics of Pulse Source			
Type	Best Available risetime at amplitude		Notes
Mercury switch	70 ps	300 V	Max Rep. rate=200 MHz
Avalanche transistor	150 ps	12 V	Device selection necessary
Tunnel diode	25 ps 100 ps	0.25 V 1.0 V	Fastest transition time
Step Recovery Diode	60 ps 100 ps 200 ps	20 V 50 V 200 V	Commercially available. Specially ordered four-stack
Hertzian	100 ps 1000 ps	1000 V 1000 V	Limited lifetime
Avalanche Diode	400 ps	125 V	MHz Rep. rate

가우시안 모노사이클 펄스, 가우시안 더블릿 펄스 그리고 분리된 모노사이클 펄스로 크게 나눌 수 있다. 다른 연동 회로들의 요구 사항들을 고려해 볼 때 가우시안 모노사이클 펄스와 가우시안 더블릿 펄스가 통과 대역 스펙트럼에서 이점이 있다고 알려져 있다. 특히 가우시안 모노사이클 펄스는 우시안 더블릿 펄스에 비해서 구현상의 용이성과 광대역 스펙트럼 특성 때문에 선호되고 있는데 광대역 스펙트럼 특성은 레이더 시스템에서 분별도 특성과 매우 밀접한 관계가 있다. 일반적으로 양의 부분과 음의 부분이 대칭적이고 링 현상이 작을수록 통신 시스템에서 유리하다고 할 수 있다.

본 논문에서 양의 신호와 음의 신호가 대칭 적으면서 링 현상이 작도록 설계한 임펄스 발생기(Impulse Generator)의 회로도 는 그림 3과 같다. Impulse 를 발생하기 위한 본 회로도 는 크게 두 가지 부분으로 나누어져 있다. 첫 번째 부분은 트랜지스터의 스위칭 동작과 스위칭 동작시 소요되는 시간 지연에 의해 발생하는 가우시안 형태의 펄스를 발생시키는 부분(가우시안 펄스 발생부)이고 두 번째 부분은 간단한 RC 회로를 이용하여 하이패스 필터 동작을 하게 하여 가우시안 형태의 펄스를 가우시안 모노사이클 펄스로 바꾸는 부분(가우시안 모노사이클 임펄스 변환기)이다.

II. 임펄스 발생기 설계

임펄스 발생기는 크게 가우시안 펄스 발생기 부분과 가우시안 모노사이클 임펄스 변환기 부분으로

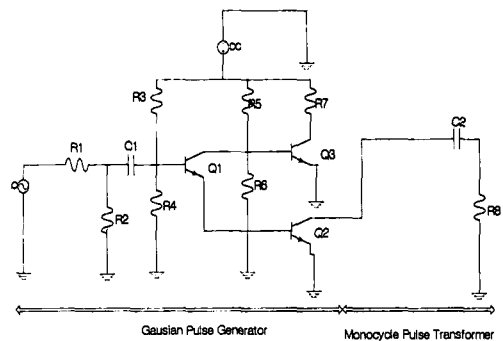


그림 3. 회로도
Fig. 3. Circuit diagram.

이루어져 있다. 가우시안 펄스 발생기는 그림 3에서 입력단에서 Q2와 Q3의 공동 출력단까지이고 나머지 뒷단은 모노싸이클 임펄스 변환기 부분이 된다.

Circuit diagram은 그림 3과 같다. 본 임펄스 발생기는 현재 진행 중인 UWB 통신 시스템의 일부로써 설계가 되었기 때문에 본 시스템의 송신기 출력에 맞추어 소스는 0~2.4 V로 스윙한 Voltage Source를 기본으로 한다. 전압 스윙 폭이 너무 크면 동작 시간이 너무 많이 걸리기 때문에 R1과 R2를 이용하여 전압 분배기를 구성하여 스윙 폭을 1/3으로 줄였다. C1은 AC 커플링 커패시터로 소스 전원에서 DC를 없애는 역할을 한다. R3과 R4는 트랜지스터의 바이어스 회로로써 사용하는 트랜지스터의 동작 전압인 0.7 V 전후로 입력 전압이 스윙하게 만든다. 즉 0.6 V에 입력 전압의 중심이 위치하게 한다.

Q1~Q3은 스위칭 동작을 하는 BJT로써 Q1은 인버터로써 그리고 Q2와 Q3은 NOR 게이트 동작을 한다. Q1의 베이스 포터에 0.7 V 이상의 전압이 입력되면 컬렉트와 에미터 사이가 saturation이 되어 에미터 전압이 컬렉터에 걸리게 된다. 즉 하이 입력이 되면 컬렉터에 연결된 출력은 로우 출력이 되고 로우가 입력되면 출력은 하이이 된다. 즉 Q1은 인버터 동작을 한다. Q2와 Q3 입력 중 Q3의 출력은 Q1 출력이 Q3의 입력과 연결되어 있으므로 서로 "Reverse" 관계가 있다. 즉 Q2 입력이 하이이면 Q3 입력은 로우가 된다. 하지만 Q3의 입력은 Q2에 비교하여 Q1의 동작 시간 때문에 동작시간 만큼의 시간 지연이 발생한다. 즉 Q2의 입력이 하이에서 로우로 상태가 천이되면 Q3의 입력은 Q1의 동작 시간이 지난 후 로우에서 하이로 천이된다. 즉 Q1의 동작 시간만큼 Q2와 Q3 입력이 모두 로우가 되고 Q3은 다시 하이 상태로 천이된다. Q2와 Q3은 출력 단을 공동으로 사용되므로 Q2와 Q3의 입력이 모두 로우 상태일 때에만 Q2와 Q3의 출력이 하이 상태가 되고 나머지 상태에서는 로우 상태가 된다. 즉 Q1의 동작 시간만큼의 펄스폭을 가진 가우시안 펄스가 Q2 및 Q3공동 출력으로 발생된다. 단, R6은 Q1의 출력 스윙 폭을 줄이는 역할을 한다.

C2와 R8은 하이패스 필터로써 특정 주파수에서 미분기로 동작하여 가우시안 펄스를 모노싸이클 펄스로 변환시킨다. 단, 이때 C2와 R8 값은 가우시안

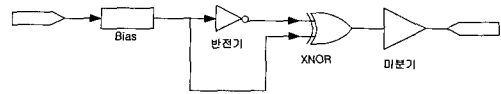


그림 4. 등가 회로
Fig. 4. Equivalent circuit.

펄스의 폭과 형태를 고려하여 시험을 통하여 결정된 값이다.

그림 4는 그림 1 회로의 등가 회로이다. 그림 1에서 Q1은 반전 기에 해당되고 Q2와 Q3은 NOR 게이트에 해당된다. NOR 게이트로 입력되는 신호 중 반전되는 신호는 반전 동작 시간 때문에 지연 시간이 발생하고 지연 시간만큼 두 입력 신호가 상태가 되어 NOR 게이트의 출력은 시간 축에서 지연 시간만큼의 펄스폭을 가지 가우시안 펄스가 발생된다. 미분기는 간단한 RC 회로로 하이패스 필터를 구성하여 미분기 동작을 하게 하여 모노싸이클 임펄스를 발생시킨다.

III. 시뮬레이션 및 시험 결과

설계한 펄스 발생기의 제작을 위하여 Agilent 사의 ADS Circuit Simulation을 이용하여 시뮬레이션을 진행하였다. 시뮬레이션은 ADS 시뮬레이션 모드 중 Transient 모드에서 진행하였고 사용한 TR은 NEC사의 NE68518 모델이다. 입력 신호는 0 V와 2.4 V를 스윙하고 rising 및 falling 시간이 1 ns인 사각파이고 신호 발생 주기는 50 MHz로 설정하였다. 최종단 출력은 안테나 및 HPA 연결을 고려하여 50 ohm 저항에서의 전압을 측정하였다.

그림 5는 Q2와 Q3의 입력신호 사이의 타이밍 신호와 Q2, Q3의 공동 출력인 가우시안 펄스사이의 타이밍 신호를 보여주는 것이다. 그림에서 Q3의 입력 신호의 지연만큼 가우시안 펄스폭이 발생함을 알 수 있다.

그림 6은 최종 출력 신호인 모노싸이클 임펄스의 시뮬레이션 결과이다. 시간 축에서 펄스폭은 0.9 ns 이고 펄스의 크기가 500 mV peak to peak인 대칭성이 우수한 모노싸이클 임펄스가 발생함을 알 수 있다.

그림 7은 입력 신호 타이밍과 가우시안 펄스 그리고 출력 신호인 모노싸이클 임펄스 신호의 타이밍을

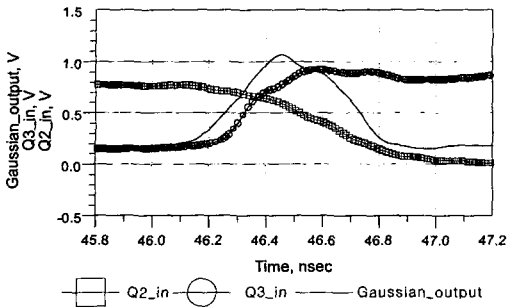


그림 5. Q2와 Q3 입력 신호와 출력 가우시안펄스 타이밍도

Fig. 5. The timing diagram of the inputs and output of Q2 and Q3.

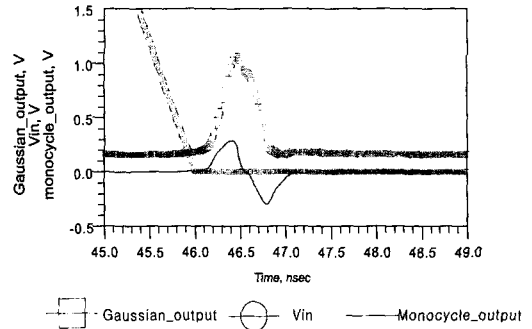


그림 7. R1 입력신호와 가우시안 펄스 출력 그리고 모노사이클 펄스 출력 타이밍도

Fig. 7. The timing diagram of input of R1, output of Q2 and Q3, and output of impulse generator.

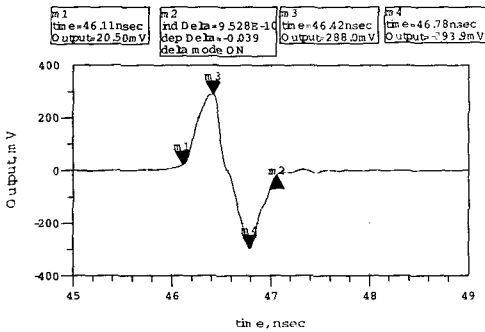


그림 6. 최종 출력인 모노사이클 임펄스 타이밍도

Fig. 6. The output of impulse generator.

도시한 것이다. 출력 신호는 입력 신호의 falling edge에서 발생하고 이 사실에서 모노사이클 임펄스 출력 주파수는 수백 MHz 이상 가능함을 알 수 있다.

측정을 위하여 구현한 Circuit는 그림 8과 같다. 측정 시 사용한 소스는 사각파 파형을 50 MHz까지 발생이 가능한 "HP-8165A Programmable source"를 사용하였고 출력 신호 측정은 3 dB 밴드 폭이 6 GHz인 Tektronix사의 TDS 6600을 가지고 진행하였다.

그림 8은 본 논문의 측정을 위한 임펄스 발생기를 보여주는 것이다. PCB는 폭이 0.8 mm이고 상대 유전율이 4.6인 Epoxy-4를 이용하여 구현하였다.

그림 9s, 가우시안 펄스 발생기 부분 중 Q2와 Q3 입력 신호 타이밍을 나타낸다. Q3 입력은 Q2 입력보다 약 1 ns 정도 늦게 동작됨을 알 수 있다.

그림 10은 가우시안 펄스 발생기 부분의 출력을 나타내는 그림으로 펄스는 1 ns 정도이고 약간의 DC 성분이 포함되어 있음을 알 수 있다.



그림 8. 측정용 회로

Fig. 8. PCB for test.

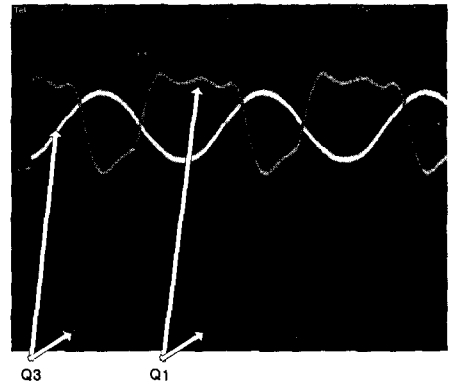


그림 9. Q2 입력 Vs. Q3 입력

Fig. 9. Timing diagram of input of Q2 and input of Q3.

측정된 모노사이클 임펄스 최종 결과는 그림 11과 같다. 하이패스 필터 구현을 위해 이용된 커패시터에 의해 가우시안 펄스에 포함되었던 DC 성분은 사라지고 +/-250 mV 크기를 가진 펄스폭이 약 0.9 ns인 모노 사이클이 발생되었고 이 결과는 ADS를

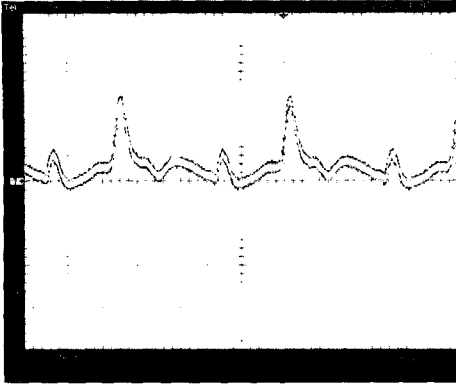


그림 10. 가우시안 발생기의 출력인 가우시안 펄스
Fig. 10. The result of output of Q2 and Q3.

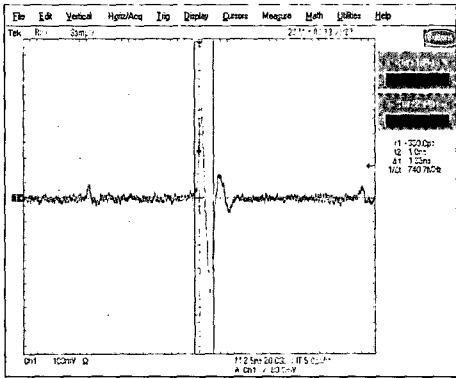


그림 11. 최종 출력 파형
Fig. 11. The result of this impulse generator.

이용한 시뮬레이션 결과와 일치함을 알 수 있다.

IV. 결 론

지금까지 BJT와 저항 그리고 커패시터만을 이용하여 고속에서도 사용이 가능한 임펄스 발생기를 설계하였다. 최종 출력은 대칭성이 매우 우수한 모노 사이클 형태의 임펄스가 발생됨을 알 수 있었다. 임펄스는 크기가 +/-250 mV 정도이고 펄스폭은 트랜지스터 하나의 동작 시간인 0.9 ns 정도으로써 펄스폭은 트랜지스터 성능에 좌우됨을 알 수 있다. 펄스

가 발생하는 타이밍은 입력 신호가 하이에서 로우로 상태 천이가 일어나는 순간으로 다른 소자를 사용하는 경우와 다르게 시간 지연이 전혀 없음을 알 수 있다. 이 사실은 펄스 발생 속도에 제한이 없음을 의미하며 즉 신호 발생 주파수는 수백 MHz 이상 가능함을 알 수 있다. 또한 트랜지스터의 스위칭 동작을 이용하므로 열적인 문제가 발생하지 않으며 전력 소모도 매우 작은 편으로 트랜지스터 바이어스로 3.3 V 0.01 A 소모되는 것을 확인할 수 있었다.

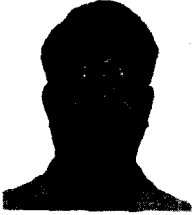
시험 결과의 객관성을 높이기 위하여 ADS2002를 이용하여 시뮬레이션을 진행 후 시험 결과와 비교하였고 측정치와 일치함을 알 수 있었다.

중심 주파수를 수 GHz 이상으로 올리기 위해서는 모노사이클 펄스의 펄스 폭을 줄이는 과정이 필요하며 연속된 연구로 진행할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] K. Siwiak, "Ultra-Wide Band Radio: The Emergency of an Important RF Technology", *VTC2001 Spring*, May, 2001.
- [2] Terence W. Barrett, "History of Ultra Wideband Communication and Radars", *Microwave Journal*, Jan. 2001.
- [3] R. A. Scholtz, "Signal Design for Ultra-Wideband Radio", *SETA 01*, May 2000.
- [4] V. G. Shpak, "Active former of monocycle high-voltage subnanosecond pulses", *IEEE Pulsed power Conf. Dig.*, pp. 1456-1459, Jun. 1999.
- [5] J. S. Lee, "New uniplanar subnanosecond Monocycle pulse Generator and transformer for Time Domain Microwave Applications", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 49, pp. 1126-1129, Jun. 2001.
- [6] R. A. Scholtz, "Impulse Radio", *IEEE communication Lett.*, vol. 2, pp. 10-12, Jan. 1998.

이 승 식



1996년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1998년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
1998년 3월~2000년 7월: LG전자 연구원
2000년 8월~현재: 한국전자통신연

구원

[주 관심분야] RF 소자, UWB 통신

이 형 수



1980년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1995년 2월: 성균관대학교 정보공학과 (공학박사)
1983년 2월~현재: 한국전자통신연구원 전파자원팀장 책임연구원
[주 관심분야] 전파전파특성, 스펙트럼 관리기술, 무선망 설계, 새로운 무선기술 연구

김 재 영



1990년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)
1992년 2월: 연세대학교 전자공학 (공학석사)
1996년 8월: 연세대학교 전자공학 (공학박사)
1996년 8월: 대우전자 선임연구원

1999년 3월~현재: 한국전자통신연구원 선임연구원

[주 관심분야] 안테나 및 전자파이론, MMIC