

Çok Geniş Bant Uygulamaları İçin Darbe Üretici Tasarımı

Pulse Generator Design for UWB Applications

Ahmet YILDIRIM¹, Ercan YALDIZ¹

¹ Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü, Konya
tr.ahmetyildirim@gmail.com, eyaldiz@selcuk.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, çok geniş bantlı (ÇGB) bir Gaussian darbe üretici devresinin tasarım ve benzetimi yapılmıştır. ÇGB sistemlerin farklı uygulamaları verilmiştir. Gaussian darbe üretim yöntemlerinden bahsedilmiş olup, adım toparlanmalı diyotlu (SRD) üreteçler incelenmiş ve önerilen darbe üretici devresinde SRD kullanılmıştır. SRD'nin iç yapısı ve çalışma prensibi sunulmuştur. Tasarlanan devrenin benzetimi Advanced Design System (ADS) programı ile gerçekleştirilmiştir. Darbe üretici devresi 12.5 MHz frekansında tetikleme sinyali ile sürülmüştür. Darbe şekillendirme kısmında adım toparlanmalı diyodun yanı sıra, schottky diyot ve sonlu iletim hattı kullanılmıştır. Benzetim sonucunda, düşük çınlama ve düzgün simetride bir Gaussian sinyal, 1 ns'den küçük sürede darbe genişlikli ve 20V negatif genlikli olarak elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: ÇGB, Darbe Üretici, SRD, ÇGB Darbe

Abstract

In this study, an ultra-wide band (UWB) Gaussian pulse generator circuit is designed and simulated. Different applications of UWB systems are given. Gaussian pulse generation methods are mentioned, ones with step recovery diode (SRD) are investigated, and in the proposed pulse generator circuit SRD has been used. Model of SRD and its working principle are presented. Simulations of the designed circuit are fulfilled with Advanced Design System (ADS). The pulse generator circuit has been driven with triggered signal 12.5 MHz. In addition to SRD in the pulse forming part, schottky diode and terminated micro strip line are used together. From the simulation, a Gaussian signal with low ringing and good symmetry is achieved as 20 V negative amplitude and less width than 1 ns.

Keywords: UWB, Impulse Generator, SRD, UWB Pulse

1. Giriş

Çok geniş bantlı (Ultra Wide Band -UWB) (ÇGB) sinyaller, çok kısa süreli veya geniş bir spektrum aralığına yayılmış sinyallerdir. Tipik olarak 500 MHz'den büyük bağıl bant genişliğine sahip veya %20'den büyük bağıl bant genişliğinde olan sinyallerdir[1]. ÇGB, veri iletiminde kullanılan haberleşme sistemlerinde veya veri toplamada kullanılan radar sistemlerinde kullanılan kablosuz haberleşme teknolojisidir. Son yıllarda birçok haberleşme alanlarında kullanımı vurgulanmıştır, ilk olarak 2002 yılında Federal Haberleşme Komisyonu (FCC-Federal Communication Commission) tarafından standartları yayınlanmıştır[2]. Haberleşme alanındaki uygulamaları düşük güç kablosuz uygulamaları, yüksek veri seviyesinde kablosuz sensor ağları, kablosuz internet bağlantıları, dış ortamda veri aktarım bağlantı noktaları ve RFID sistemlerde kullanılmaktadır[3]. Radar uygulamalarında ise, yere nüfuz eden radar sistemlerinde[4], duvar ötesi görüntüleme sistemlerinde[5], medikal görüntüleme[6] enkaz altı canlı arama veya kalp hareketlerinin takibinde de önemli bir kullanım alanına sahiptir[7]. ÇGB sistemlerin temel bileşenleri, alıcı ve verici sistemleri oluşturmaktadır. Basit sistemler olmasına rağmen yüksek çözünürlükte verim elde edilebilir yapılara sahiptirler. Alıcı devresine örnek olarak L. Lihua [8] çalışması örnek verilebilir. ÇGB sistemlerde en önemli bölüm darbe üreteç devresidir[9], verici sistemlerde ise sinyal üreteçleri önem kazanmaktadır. Üretilen darbenin süresinin kısa olması geniş bant bir sinyal elde edilmesini sağlar. Gaussian sinyali ile yapılan çalışmalarda gürültü ve alçak frekans bileşenlerinde DC terimler içermesinden dolayı türevleri alınarak kullanımı tercih edilir. Gaussian sinyalinin birinci derecenin türevi alındığında monocycle darbe sinyali elde edilir [10]; daha hassas ve verimli sinyal elde etmek için Gaussian sinyalinin ikinci dereceden türevi alındığında Gaussian doublet (impulse) sinyali elde edilir[11].

Çok kısa süreli darbe üretim yöntemleri ÇGB sistemler için çok önemlidir[11]. ÇGB darbe üreteçleri için birden fazla yöntem vardır. Bunlardan ilki çığ (avalanche) mod, polarizasyon için yüksek gerilime duyan transistörler kullanılarak temel darbe üreteçleri tasarlanmıştır. Daha sonraları çok geniş bant darbe üretmek için üreteçlerde özel devre elemanları kullanılmıştır[12]. Darbe üretmek için kullanılan yöntemlere; adım toparlamalı diyotlar (step recovery diodes, SRD) [10,11,13], tünel diyot (tunnel diode)

veya çığ diyot (avalanche diode) [14][15], FET'ler [16], bipolar transistörler [17] örnek verilebilir. Çığ transistor yüksek güçte çalışabilir fakat darbe tekrarlama aralıkları (DTA) sınırlıdır; tünel diyotlar hızlı geçiş süresine sahip olmalarına karşın düşük gerilimde çalışmaktadırlar[13]. SRD ise 50- 150 ps düşme veya yükselme sürelerinde, çıkış gücü için yükselteçlere ihtiyaç duymamakta ve yüksek hızda tekrarlama aralığına sahip olduğu için tercih edilmektedir[11,13]. Ucuz ve düşük güçte ÇGB uygulamaları için, hızlı yükselme kenarına ihtiyaç duyulduğunda ve yüksek genlikli çıkış gerilimi elde etmek istendiğinde SRD en uygun devre elemanıdır[18]. SRD ile yapılmış darbe şekillendirme devrelerinin kullanıldığı çeşitli darbe üreticiler bulunmaktadır [19,20]. Darbe şekillendirmek için SRD devre elemanına ek olarak iletim hattı veya RC türev alıcı devre ile şekillendirme hattı farklı frekanslarda kullanılabilir[21]. Gürültüleri bastırma için filtre devresi eklenebilir [20]. SRD kullanılarak iki yöntemle darbe üretici tasarlanabilir: Paralel mod tipi (shunt-mode type) ve gecikme hattı tipi (delay-line type). [22] çalışmasında paralel mod tipin; sürücü kaynağı frekansının SRD'nin taşıyıcı ömründen (carrier life time) daha düşük olması durumunda, daha verimli çıkış gücü ve yüksek genlikte sinyal üretilebildiğini göstermiştir.

Bu çalışmada, paralel bağlı SRD temelli üreticiler çalışmalarında [13,21] kullanılan devre yapısı örnek alınarak Advanced Design System (ADS) programı ile tasarlanmış ve benzetimi gerçekleştirilmiştir. Tasarım ve benzetimi yapılan devrede önceki çalışmamızda [1] olduğu gibi SRD ve mikroşerit hat kullanılmıştır. Fakat devrenin girişi öncekine göre daha düşük (12.5 MHz) frekanstaki sürücü sinyali ile tetiklenmiştir.

2. SRD Modelleme

SRD malzemesinin kullanım amacı, çok yüksek anahtarlama hızına sahip olmasıdır. SRD ileri ön gerilim altındayken, normal PN diyot gibi davranır. Ters ön gerilim altında ise, SRD yüksek akım iletimini çok kısa zaman periyodunda sürdürebilir, sonra iletim yapmaz. Bu yüzden SRD'nin bu özelliği darbe üretimi için bir anahtar görevinde kullanılmasını sağlar [1]. Genel olarak, ters ön gerilim altında iletimde ve iletimde olmadığı bölgeler arasında SRD'nin geçiş zamanı 100ps'den daha azdır [23]. Bu durum SRD'yi çok yüksek anahtarlama hızına sahip bir anahtar yapmaktadır.

Darbe üreticinin iyi performanslı ve ucuz olması için dikkate alınan en önemli kriter SRD'nin seçimidir. SRD'nin belirli özellikleri [18] çalışmasında tablo üzerinde göstermiştir.

Yeni nesil çok geniş bantlı darbeler için temel etken geçiş zaman süresi ve doğrusal olmayan bağlantı kapasitesidir[18]. Geçiş zaman süresi ne kadar kısa süreli olursa sistem daha yüksek frekanslarda çalışabilir özellikte olur. Fakat gerçekte geçiş zaman süresi ne kadar azalırsa taşıyıcı ömür süresi de yükselmektedir, bu da girişte uygulanan sürücü kaynağı frekansının artmasına neden olmaktadır. Örneğin sürücü kaynağı frekansı 10 MHz ise SRD'nin taşıyıcı ömrü en az 100 ns olmalıdır[18]. Örneğin taşıyıcı ömür süresi 7ns geçiş zaman süresi 50-100 ps'lik bir SRD kullanılan çalışmada giriş sinyalinin en az 150 MHz uygulanması gerekir[21]. Bir başka çalışmada taşıyıcı ömür süresi 10ns geçiş zaman süresi 150 ps'lik bir SRD kullanılan çalışmada giriş sinyalinin en az 100 MHz uygulanması gerekir[11]. SRD çalışmasındaki bir diğer etken de doğrusal olmayan bağlantı kapasitesidir. SRD'nin eşdeğer devresinin verildiği çalışmada parazitik parametrelerinden biri olan Cj doğrusal olmayan bağlantı kapasite değerinin büyüklüğü SRD besleme gerilimi ile birlikte değişir[24].

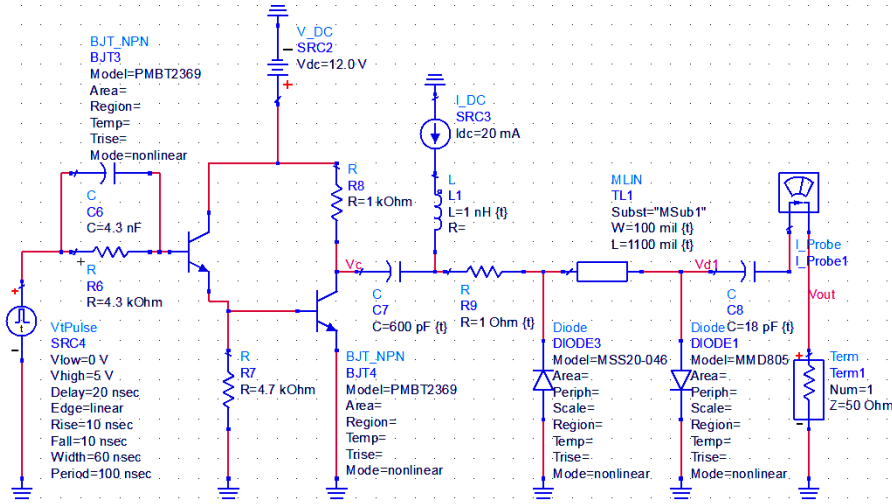
2.1. Devre Tasarımı

Çıkış frekansı içeriğinde etkili olan bir diğer parametre de darbe tekrarlama aralığıdır. Darbe tekrarlama frekansı, darbe periyot süresinin bir bölünmesi sonucu bulunur.

$$DTA = 1 / \text{Darbe Periyodu}$$

Frekans düzlemindeki spektral güç seviyeleri incelendiğinde, zaman düzleminde darbe periyodunun uzun süreli olduğu durumlarda spektral komşu pikler arası aralığın daha dar olduğu, ayrıca düşük tekrarlama frekansında spektraldeki tüm güç seviyelerinin düştüğü gözlemlenebilir [14]. DTA, farklı ÇGB uygulamaları için geniş bir aralıkta uyarlanabilir. SRD'nin sınırladığı aralıklar dahilinde örneğin yere nüfuz eden radar uygulaması için düşük DTA uzun mesafe nesne araması için kullanılırken, DTA eğer yüksek seviyeli ise düşük güç kaybı ile kısa mesafede nesne araması yapılabilir[24].

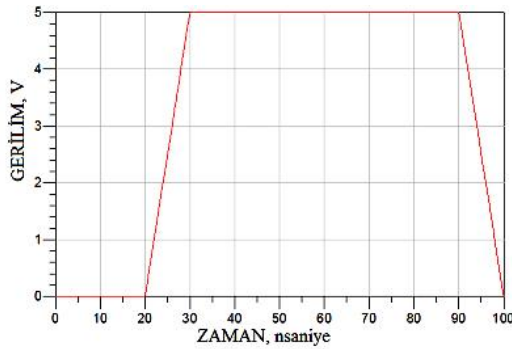
Şekil 1'de ki darbe üretici üç ana kısımdan oluşmaktadır [1]. Darbe tetikleme hattı, darbe şekillendirme hattı ve RC yüksek geçiren filtre hattı. Darbe tetikleme hattında, devreye giriş olarak 12.5 MHz frekans band genişliğinde tekrarlama aralığı 10 MHz olan, 5V genlikli 10ns düşme ve 10ns yükselme kenarına sahip 60ns darbe genişliğinde Şekil 2'deki gibi bir kare dalga uygulanır. Bu kare dalga geçiş frekansı yüksek 2N2369 transistörüne verilerek, devreye darbe üretmesi için MSS20-046 Schottky diyot sürülür. Bu diyot yarım dalga doğrultucu gibi davranır; sadece negatif dalgaların geçmesine izin verir ve gürültülerin en aza indirgenmesine yardımcı olur.



Şekil 1: Darbe üretici.

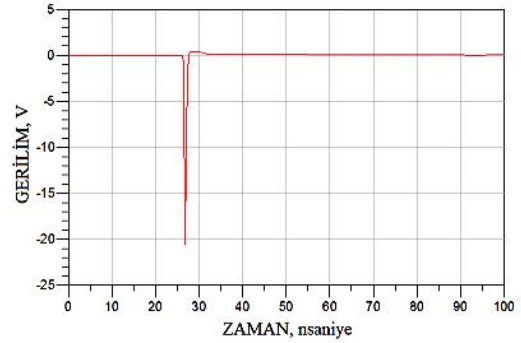
Paralel bağlanan schottky diyotun anahtarlama süresine bağlı olarak DC besleme hattı ile oluşan darbe genlik eşik seviyesi aşağı kaydırılır.

Darbe şekillendirme hattında ise Schottky diyotun oluşturduğu darbe, devreye seri bağlanan mikroşerit hattın (teflon PCB dielektrik sabiti $\epsilon_r=2.55$ ve kalınlığı 1mm) yansıyan sinyal ile birleşir. Devreye paralel bağlanmış MMD805 SRD diyotla basamak fonksiyonu kullanılarak Şekil 3’de gösterilen darbe oluşturulur. Devredeki mikroşerit hat ile empedans uygunlaştırması yapılarak darbe süresi belirlenir. Genellikle zaman sabiti ve yük direnci ile kapasite kararlı hale getirilir. Bu zaman sabiti darbe süresini ve üstel dalga sönüm süresini ayarlar. RC filtre ve DC besleme gerilimi eşik seviyeleri ile gürültü seviyeleri optimize edilmeye çalışılır fakat darbeyi çok küçük gürültüler takip eder. Bu gürültüler schottky diyotun açma ve kapama sırasındaki geçiş zamanında oluşur.



Şekil 2: Giriş Gerilimi.

Devre tasarım ve benzetimi ADS programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Benzetim sonucu Şekil 3’de verilen grafikte 1ns’den küçük yaklaşık 20V genlikli darbe elde edilmiştir.



Şekil 3: Benzetimle elde edilen Gaussian dalga şekli.

3. Sonuçlar

SRD, schottky ve mikroşerit hat kullanılarak ÇGB darbe üretici devresi ADS yazılımı ile tasarlanmıştır. Darbe üretici girişinin daha düşük frekansta tetiklenmesi, benzetim sonucunda çıkışta gürültü seviyesi ve darbe simetrisi bakımından iyi performansa sahip, daha yüksek genlikli Gaussian sinyali elde edilmiştir.

Tasarlanan devre, RF uygulamalarında önerilen [25,26] farklı dielektrik sabitinde, farklı kalınlıklarda PCB’ler ve filtreler ile uyumlandırılış mikroşerit hat kullanarak, daha verimli hale getirebilir. Farklı SRD paketleri kullanımı, daha geniş bant genişliği elde edilebilir. Ayrıca, farklı ÇGB uygulamaları için, uygun RC devresi veya iletim hattı ile sinyalin türevi alınarak farklı Gaussian formlarında sinyaller elde edilebilir[13]. Gerçekleştirilen devrenin ucuz ve basit özelliklerinin yanı sıra, devrenin gerilim seviyesinin yüksek ve DTA’nın küçük olması, performansı iyileştirildiğinde; yere nüfuz eden radar ve darbeli radar sistemleri gibi ÇGB radar ve haberleşme sistemlerinde kullanımı tercih edilebilir.

Kaynaklar

- [1] A. Yıldırım, E. Yıldız, “Yere Nüfuz Eden İmpulse Radar İçin Pulse Üretici Tasarımı”, *Elektrik*

- Mühendisliği Günleri*, BN.27, Ankara, Türkiye, 29 Eylül-1 Ekim 2011.
- [2] FCC 02348, “First Report and Order: Revision of Part 15 of the Commission’s Rules Regarding Ultra-Wideband Transmission Systems”, *Federal Communications Commission*, Released 22 April, 2002.
- [3] H. Nikookar, R. Prasad, “Introduction to Ultra Wideband for Wireless Communications, Signals and Communication Technology”, *Springer Science Business Media B.V.*, 2009.
- [4] Y. Shengbo, C. Jie, L. Lihua, Z. Changchun, F. Guangyou “A Novel compact UWB Ground Penetrating Radar System” *2012 14th International Conference on Ground Penetrating Radar (GPR)*, June 4-8, 2012, Shanghai, China.
- [5] L. Jutao, W. Shiyu, C. Chao, F. Guangyou “A New Method of Complex Target Shape Reconstruction for UWB Through-wall Radar” *First Int. Conference on Instrumentation, Measurement, Computer, Communication and Control*, 21-23 Oct. 2011, Beijing, China.
- [6] F. Nekoogar, “Ultra-Wideband Communications: Fundamentals and Applications”, *Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA*, 2005.
- [7] C. Wu, G. Ding, “The Study of UWB Radar Life-Detection for Searching Human Subjects” *International Conference on Future Electrical Power and Energy Systems*, Energy Procedia, vol.17, pp. 1028 – 1033, 2012.
- [8] L. Lihua and F. Guangyou, “A Novel UWB Sampling Receiver and Its Applications for Impulse GPR Systems”, *IEEE Geoscience And Remote Sensing Letters*, Vol. 7, No. 4, October 2010.
- [9] J. Mallek, M. Dhieb, M. Lahiani and H. Ghariani, “Générateur d’impulsions monocycle Gaussien d’unémetteur Ultra Large Bande”, *Huitièmes Journées Scientifiques des Jeunes Chercheurs en Génie Electriqueet Informatique (GEI 2008)*, Sousse, Tunisie, 2008.
- [10] L. Zhong, L. Xin-Xin, L. Yun-Fu, Q. Tian, “An Ultra-wideband Monocycle Pulse Generator with Good Performance”, *IEEE ICCP Proceed.*, pp.253-254, 2011.
- [11] X. Yan, W. Zhong-Yong, L. Jason, Y. Zi-Lun, “Design of a Second-Derivative Gaussian Pulse Generator” *Signal Processing, Communication and Computing (ICSPCC)*, IEEE 2013.
- [12] T. W. Barrett, “History of Ultra Wideband (UWB), Radar & Communications: Pioneers and Innovators”, *Progress in Electromagnetics Symposium 2000*, Cambridge, MA, July 2000.
- [13] P. Protiva, J. Mrkvica, J. Macháč, “Universal Generator of Ultra-Wideband Pulses”, *Radioengineering*, Vol. 17, No. 4, December 2008.
- [14] Y. W. Yeap, “Ultra Wideband Signal Generation”, *Microwave Journal*, September 2005.
- [15] E. K. Miller, “Time-Domain Measurements in Electromagnetics”, Springer, 1986.
- [16] A. Ouslimani, G. Vernet, H. Hardallah, and R. Adde, “Large amplitude picoseconds step generation with FETs,” *Electronics Letters*, vol.26, no.19, pp.1563–1564, 1990.
- [17] M. Gerding, T. Musch, and B. Schiek, “Generation of short electrical pulses based on bipolar transistors,” *Advances in Radio Science*, no. 2, pp.7–12, 2004.
- [18] Y.W. Yeap, “Ultrawideband signal Generation” *Microwave Journal*, September 2005
- [19] J. Han and C. Nguyen, “Ultra-wideband electronically tunable pulse generators”, *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol.14, no. 3, pp.112-114, March 2004.
- [20] J. Han and C. Nguyen, “A new ultra-wideband, ultra-short monocycle pulse generator with reduced ringing”, *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol.12, no.6, pp. 206-208, 2002.
- [21] P. Pavel, M. Jan, M. Jan, “A Compact Step Recovery Diode Subnanosecond Pulse Generator” *Microwave and Optical Technology Letters / Vol. 52, No. 2 February 2010*
- [22] H. Jeongwoo, N. Cam, “Coupled-Slotline-Hybrid Sampling Mixer Integrated With Step-Recovery-Diode Pulse Generator for UWB Applications”, *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, Vol. 53, No. 6, June 2005.
- [23] Kit H.C., 2005, “Ultra-Wideband Pulse Generator”, Chinese University of Hong Kong, Chinese, 1-64
- [24] X. Tian, S.V. Anbu, “A High-Performance Low-Ringing Ultra wide band Monocycle Pulse Generator” *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Vol. 61, No. 1, January 2012.
- [25] B.A. Cetiner, J.Y. Qian, H.P. Chang, “Microwave Laminate PCB Compatible RF MEMS Technology for Wireless Communication Systems”, *University of California, 2237 Engineering Gateway, Irvine, CA 92697, USA*.
- [26] M. Gupta, M. Singh, “Comparison between meta-material based circular patch antenna and microstrip patch Antenna”, *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)* ISSN: 2248-9622, Vol. 2, Issue 3, May-Jun 2012, pp. 574-579.