

Ultrasonik Tahribatsız Muayene Sistemlerinde Tone Burst Üreteç İçin Sinyal Sentezleyici Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi

İbrahim Burak Koc*, Ahmet Turan Ozdemir
Erciyes Üniversitesi
Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
Kayseri
aturan@erciyes.edu.tr,

*Ankara Üniversitesi
Hızlandırıcı Teknolojileri Enstitüsü
Ankara
bkoc@ankara.edu.tr

Özet: Ultrasonik ölçüm teknikleri, x-ray gibi ölçüm tekniklerindeki zararlı radyoaktif etkilerinden kaçınmak amacıyla tahribatsız ölçüm yöntemleri olarak zamanla daha da önemli hale gelmektedir. Bu çalışmanın amacı ultrasonik ölçüm cihazlarının daha yaygın kullanımını sağlamak amacıyla açık donanım ve yazılımlar üreterek gerekli olan altyapıyı ortaya koymaktır. Bu amaçla biyomedikal görüntüleme ve endüstriyel muayene alanlarında kullanılmak üzere bir ton vuru üreticisi tasarlanmıştır. Hâlihazırda FPGA kullanılarak üretilen ton vuru sinyalleri lojik tüm devreler kullanılarak üretilmiştir. Bu sayede özellikle insan hayatının söz konusu olduğu tıp alanı ve zorlu kullanım şartlarının söz konusu olduğu endüstriyel alanlarda kullanılacak sağlam, güvenilir ve kararlı bir yapı, maliyeti son derece düşük şekilde ortaya konulmuştur. Ayrıca çalışmada kullanılan farklı teknikler ile literatüre katkıda bulunulmuştur.

Abstract: Ultrasonic measurement techniques become more important over time as non-destructive measurement methods in order to avoid harmful radioactive effects in measurement techniques such as x-rays. The aim of this study is to reveal the necessary infrastructure by producing open hardware and software in order to provide more widespread use of ultrasonic measuring devices. For this purpose, a tone burst generator has been designed to be used in the fields of biomedical imaging and industrial examination. Tone burst signals that are currently produced using FPGA are generated using all logic circuits. In this way, a robust, reliable and stable structure that can be used in the medical field where human life is in question and industrial areas where difficult usage conditions are in question, has been demonstrated at an extremely low cost. In addition, different techniques used in the study contributed to the literature.

1. Giriş

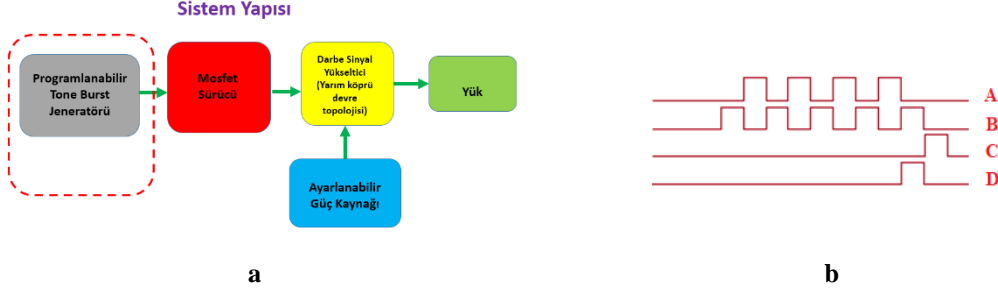
Tahribatsız muayene yöntemleri sayesinde üzerinde ölçüm yapılan maddeye herhangi bir zararın verilmiyor oluşu, sağlık ve endüstride ultrasonik ölçüm yöntemlerinin giderek önem kazanmasını sağlamaktadır. Bu yöntemlerin hayata geçirilmesi ile beraber örneğin tarım sektöründe yapılacak uygulamalarla sertlik-yumuşaklık ölçümleri sayesinde ürünlerin kalitesi hakkında çalışmalar yapılabilir. Bu sayede kaynakların verimli kullanılmasında atılacak adımlar için ölçülebilir niceliklerin ortaya konması mümkün olabilecektir [1]. Ayrıca bu ölçümün bir makine veya elektronik sistem tarafından yapılması kişiye bağımlılık ve insan kaynaklı hataların önüne geçilmesini sağlayacaktır.

Ultrasonik ölçümlerde kullanılan “Darbe Yankı” (Pulsed Echo) tekniğinde amaç akustik enerjiye sahip “Ton Vuru” (Tone Burst) sinyallerini test ortamına göndermek ve yansıyan sinyalleri analiz etmektir [2]. Tone vuru sinyali, ultrasonik uygulamalarda istenen sinyali ortamda bulunan farklı sinyallerden ayırt etmeyi mümkün kılmak için kullanılan ve vuru sinyallerinden oluşan bir darbe katarıdır.

Çalışmamızda ultrasonik ölçüm tekniklerinde kullanılmak üzere vuru frekansı ve darbe katarı içindeki vuru sayısı ayarlanabilir, çift kutuplu (bipolar yapıda) ton vuru üreteç devresinin tasarımı ve imalatı gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

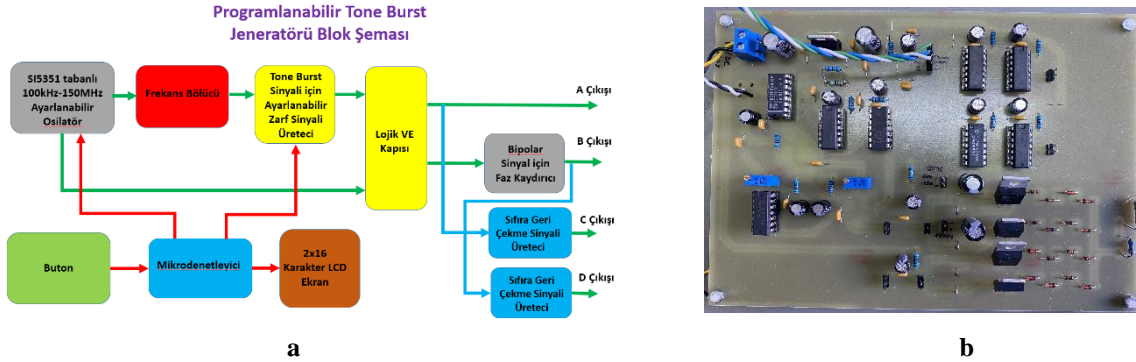
Çalışmamızda ultrasonik cihazlarda kullanılmak üzere tasarlanan programlanabilir (vuru frekansı ve darbe katarı içindeki vuru sayısı ayarlanabilir) ton vuru jeneratörünün genel bir ultrasonik ölçüm sistemi yapısı içerisindeki yeri Şekil 1.a'da kesikli çizgiler içinde verilmiştir.



Şekil 1. a) Ultrasonik ölçüm sistemine ait blok diyagramı. b) Darbe sinyal yükseltici girişine uygulanacak sinyallere ait sinyal yapıları

Ton vuru üretici için tasarlanan sinyal sentezleyicinin çıkışındaki sinyallere ait yapı Şekil 1.b'de verilmiştir. Yapılan çalışmada programlanabilir tone burst jeneratörünün çıkışında bu yapıda sinyaller literatürden farklı bir yöntem ile ve lojik kapı tüm devreleri kullanılarak oluşturulmuştur.

Gerçekleştirilen "Programlanabilir Ton Vuru Jeneratörü"ne ait ön sinyallerin üretimini sağlayan devrenin blok şeması ve gerçekleştirilen devreye ait görüntü sırasıyla Şekil 3.a ve Şekil 3.b'de verilmiştir.



Şekil 3. a) Programlanabilir ton vuru jeneratörü blok şeması. b) Gerçekleştirilen devreye ait bir görüntü.

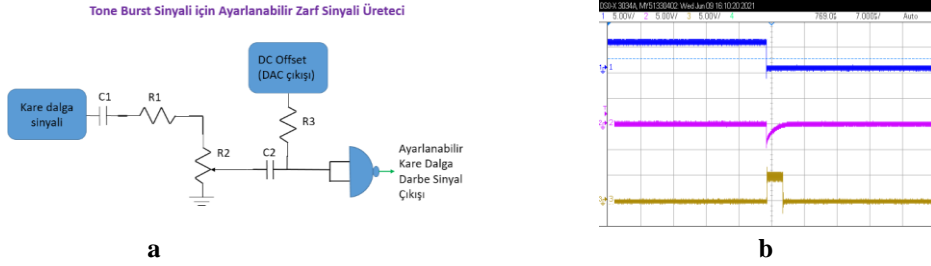
Öncelikle sinyallerin oluşturulması için frekansı ayarlanabilir osilatör olarak SI5351 modülü kullanılmıştır. Bu modül ile 100kHz - 150MHz aralığında, 1 Hz çözünürlükle ayarlanabilen osilatör sinyali elde edilmiştir.

Ton vuru sinyali üretmek için osilatörden alınan sinyal, ayarlanabilir bir zarf sinyali ile modüle edilmiştir. Modülasyon işlemi lojik VE kapısı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bipolar sinyal elde edebilmek için modüle edilmiş sinyal ikiye ayrılmış ve sinyallerden biri faz farkına tabi tutulmuştur (Şekil 3b. A ve B sinyalleri). Faz farklı sinyal, tersleyen "mosfet sürücü" yardımıyla ters çevrilip faz farksız pozitif sinyal ile birleştirilerek MOSFET'lere girer ve MOSFET çıkışında bipolar sinyaller edilir.

Ultrasonik ölçümlerde transducerlerin kapasitif etkilerinden dolayı yükseltici katlarındaki MOSFET'ler iletimden çıktığı halde transducere giden sinyaller hızlı bir şekilde toprak potansiyeline ulaşamazlar. Bu da çıkış sinyalinin düşme zamanının artmasına neden olur. Transducere giden sinyallerin düşme zamanını azaltmak için A ve B sinyallerinin bitiminde sinyali toprak seviyesine çekmek amacıyla iki farklı sinyal daha üretilmiştir. Bu sinyaller iki farklı MOSFET'i iletime sokarak sinyalin hızlıca toprak seviyesine gelmesini sağlarlar. Bu sayede alınan sinyallerin verici sinyaller ile karışmasının önüne geçilmektedir. (Şekil 3b. C ve D sinyalleri)

Bu çalışmanın literatüre katkıda bulunması beklenen kısmı zarf sinyali üretiminde kullanılan yöntemdir. Ayarlanabilir zarf sinyali için darbe sinyal üreticisi Şekil 4.a'da verilmiştir. Osilatörden bölünerek gelen kare

dalga sinyalinin C1 kondansatörü ve R1, R2 dirençleri yardımıyla türevi alınır. Türevi alınan sinyal C2 kondansatöründen geçer ve bu sinyale R3 direnci üzerinden bir DC offset uygulanır. Burada lojik “Ve-Değil” kapısının eşik gerilimi kullanılmıştır. Bu sayede hızlı bir karşılaştırıcı elde edilmiştir. Çıkışta elde edilen darbe sinyalinin genişliği DC offset değeri değiştirilerek ayarlanabilmektedir. Elde edilen sinyaller Şekil 4.b’de görülmektedir. Şekil 4.b’de en üstteki sinyal, kare dalga giriş sinyalidir. Ortadaki sinyal türev alıcı çıkışındaki sinyaldir. En altta ise karşılaştırıcı çıkışında elde edilen genişliği değiştirilebilir darbe sinyali yer almaktadır. DC offset değeri 0-4.1 V aralığındadır. Bu aralıkta hassas ayar yapabilmek için 16 bit DAC (LTC1655) tüm devresi kullanılmıştır. Bu sayede 330 ns - 7517 ns aralığında ayarlanabilen kare dalga formunda darbe sinyali elde edilmiştir. Bu yöntemle darbe sinyalinin görev zamanı (duty) %0.069 değerine kadar düşürülebilmektedir. Bu değer vuru sayısı 5 periyot olan bir darbe katarı oluşturmak için son derece elverişlidir.



Şekil 4. a) Ton vuru sinyali için genişliği ayarlanabilir darbe sinyali üretici devresi b) Genişliği ayarlanabilir darbe üretici sinyal yapısı.

3. Sonuç ve Değerlendirme

16 MHz’de yapılan ölçümlerde elde edilen sonuçlar Tablo 1.’de verilmiştir. Vuru tekrarlama frekansı (PRF - Pulse Repetition Frequency) 1.9531 kHz’dir. Bu sinyalleri CPLD ile üreten bir uygulamada [3] bir darbe katarı içerisindeki vuru sayısı sabit 2, 4,5, 8 veya 16 vuru olarak değiştirilebilirken bu çalışmada 5 - 120 periyotluk vuru aralığında 0.5 periyotluk adımlarla ve hem de ayarlanabilir olarak gerçekleştirilmiştir.

	Görev zamanı (Duty)	Darbe katarı genişliği	DC Offset	Darbe katarı genişliği ayar çözünürlüğü	Bir darbe katarı içindeki vuru sayısı
En düşük	0.069 %	330 ns	4.095 V	10 ns	5 Periyot
En yüksek	1.431 %	7517 ns	0.148 V	10 ns	120 Periyot

Tablo 1. Ayarlanabilir darbe sinyali özellikleri

Bu çalışmada ultrasonik ölçüm teknikleri için gerekli olan ön sinyaller başarı ile üretilmiştir. Daha önce CPLD kullanılarak yapılan uygulamalara göre çok daha kararlı, düşük maliyetli ve zorlu koşullarda çalışmaya dayanıklı bir yapı elde edilmiştir. Daha önce lojik tüm devreler kullanılarak yapılan uygulamalara [4] göre daha esnek; faz kaydırma yöntemi kullanılarak yapılan uygulamalara [5] göre ise daha az maliyetli bir yapı elde edilmiştir. Bu yönleri ile özellikle savunma sanayinde zorlu iklim ve saha koşullarında çalışmaya uygun bir yapısı vardır.

Kaynaklar

- [1] “Ultrasonic Transducer Technical Notes | Olympus IMS.” <https://www.olympus-ims.com/en/resources/white-papers/ultrasonic-transducer-technical-notes/>.
- [2] “Nondestructive Evaluation Techniques : Ultrasound,” *IOWA STATE UNIVERSITY-Center for Nondestructive Evaluation*, 2021. <https://www.nde-ed.org/NDETechniques/EquipmentTrans/Couplant.xhtml> (accessed Jun. 07, 2021).
- [3] “MD1822 TC6320: Three Level High Speed $\pm 100V$ 2.5A Pulser Demoboard.” <https://www.microchip.com/Developmenttools/ProductDetails/MD1822DB2> (accessed Sep. 02, 2020).
- [4] J. Schwocrer, B. Miscopein, B. Uguen, and G. El-Zein, “A discrete fully logical and low-cost sub-nanosecond UWB pulse generator,” *2005 IEEE Annu. Conf. Wirel. Microw. Technol. WAMICON 2005 - Conf. Proc.*, vol. 2005, no. 1, pp. 43–46, 2005, doi: 10.1109/WAMIC.2005.1528380.
- [5] X. Xu, S. Member, J. T. Yen, and K. K. Shung, “High-Frequency Ultrasound Applications,” *Displays*, vol. 54, no. 2, pp. 443–447, 2007.