

ALAN PROGRAMLANABİLİR ANALOG DİZİLER

Fatma YILDIRIM DALKIRAN¹
e-posta: fatmay@erciyes.edu.tr

Recai KILIÇ²
e-posta: kilic@erciyes.edu.tr

¹Erciyes Üniversitesi, Sivil Havacılık Yüksekokulu, 38039, KAYSERİ

²Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü, 38039, KAYSERİ

Anahtar Sözcükler: FPAA, Toplama İşlemi, Donanım

ABSTRACT

In this paper, Field Programmable Analog Arrays (FPAA) and an application related to FPAA are presented. To realize analog circuit, many different approach are proposed in literature. FPAA's are offered many advantages such as easy design and reprogrammability for analog circuits.

1. GİRİŞ

Yaşadığımız dünyada bütün olaylar, sürekli zamanda gerçekleşmektedir. Elektronik sistemlerde analog devrelerin önemli bir yeri olup, dijital devrelerin yetersiz kaldığı uygulamalarda veya dijital devrelerin arayüzü olarak, analog devreler önemli bir rol oynamaktadır. Buna ek olarak analog çözümler, düşük güç tüketiminin ve yüksek hızın gerekli olduğu işaret işleme uygulamalarında dijital devrelerle bir rekabet içerisinde [1, 2]. Dijital devreler, analog eşdeğerleriyle karşılaştırıldığında, daha esneklerdir, daha kolay tasarlanabilirler ve diğer dijital sistemlerle daha uyumludurlar. Ayrıca doğruluk ve hassasiyet bakımından da kullanılan bit sayısı ile orantılı olarak önemli bir avantaja sahiptirler. Buna karşın dijital sistemler, birçok uygulamada sensör ve uyarıcı arabağlaşım devrelerine veya dönüşümü sağlayan A/D veya D/A dönüştürücülere ihtiyaç duyarlar. Dijital sistemler, daha karmaşık bir devre yapısı ve daha büyük kırmık alanına ihtiyaç duyarlar. Dolayısıyla daha büyük kırmık alanı, analog eşdeğerlerine göre, haliyle daha yavaş bir çalışma ve daha fazla güç tüketimini de beraberinde getirmektedir. Öte yandan analog sistemlerde tasarım esnekliğinin az olması, gerekli olan eleman çeşitliliği, analog sinyallerin değişik seviyelerde ve sürekli zamanda olması ve yüksek doğrulukta devre modellemesinin gerekliliği, analog sistemler için dezavantaj teşkil etmektedir [1].

Yukarıda bahsedilen problemler dikkate alındığında hem analog sistemler için alan programlanabilir analog diziler (Field Programmable Analog Array, FPAA), hem de dijital sistemler için alan programlanabilir kapı dizileri (Field Programmable Gate Array, FPGA), mevcut donanımlara çok ciddi

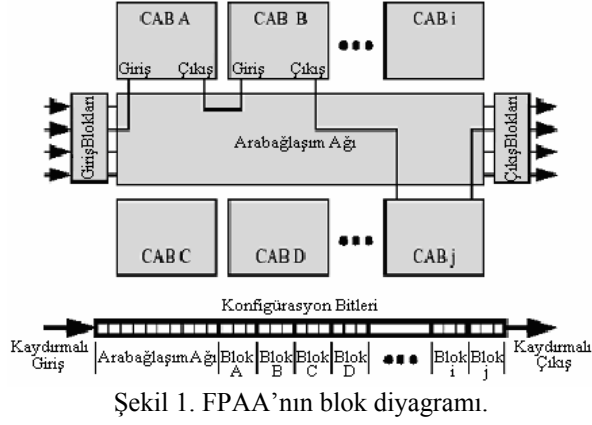
birer alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Esnek mimarileri, yüksek hata toleransları, sıcaklığa karşı kararlılıkları, devre karmaşasını ortadan kaldırmaları ve en önemlisi yeniden programlanabilir olmaları, bu donanımların tercih edilmelerinde önemli etkenlerdir [3-5].

2. ALAN PROGRAMLANABİLİR ANALOG DİZİLER, FPAA

Tasarım süreçleri uzun olan analog devrelerin tasarımını hızlandırmak için bilgisayar destekli yöntemler ve tekrar yapılandırılabilen yüksek performanslı devreler gerekmektedir. Kısaltılması hedeflenen tasarım süreçleri, analog ve hibrid (analog-dijital) devreler için doğruluk, düşük fiyat, hızlı prototip teknikleri sunan FPAA'lar üzerine yapılan araştırmaların kilit noktasıdır [6, 7].

Şekil 1'de gösterildiği gibi FPAA, yapılandırılabilir analog bloklardan (Configurable Analog Blocks-CAB) ve programlanabilir arabağlaşım ağından oluşmaktadır. Bunun yanı sıra dijital hafıza hücrelerinde kullanılan yapılandırılabilir mimariler de mevcuttur. CAB'ler, temel olarak geribeslemeli op-amp'lardan oluşan analog birimlerdir. FPAA'daki CAB'ler, kuvvetlendirme, integral alma, toplama, filtreleme, karşılaştırma ve analog/dijital veya dijital/analog çevirme gibi kompleks işlemleri gerçekleştirirler [8, 9].

FPAA'nın gerçekleştiriminde, anahtar niteliğindeki seçim, ayrık zamanda veya sürekli zamanda çalışmadır. Sürekli zamanda çalışan FPAA'da, temel olarak geçiş iletkenliğine sahip veya harici elemanlar kullanılırken ayrık zamanda çalışan FPAA'da, anahtarlamalı kapasitör veya anahtarlamalı akım teknolojisi kullanılır. Her iki FPAA'nın da kendine göre avantaj ve dezavantajları mevcuttur. Örneğin, anahtarlamalı mimarilerde, anahtarlanan kapının band genişliği, zamanlama frekansı ile sınırlanmaktadır. Diğer taraftan sürekli zamanda çalışan modelin ise genelde programlama esnekliği, diğerine nazaran daha kötüdür [1, 8, 10].



Şekil 1. FPAA'nın blok diyagramı.

Günümüzde FPAA'lar birçok alanda kullanılmaktadır. Bunlar arasında:

- Ses
- Veri toplama
- Radyo dalgalarıyla kimliklendirme (Radio Frequency Identification, RFID)
- Telekomünikasyon
- Tıbbi cihazlar
- Havacılık

gibi alanlar sayılabilir [5, 11-15].

3. FPAA İLE GERÇEKLEŞTİRİLEN ÖRNEK BİR UYGULAMA

Bu uygulamada Anadigm firması tarafından üretilen AN221E04 tipi FPAA kullanılmıştır. AN221E04, 2x2 boyutundaki CAB'lerden ve harici giriş/çıkış bloklarından oluşmaktadır [5]. Şekil 2'de bu elemanın blok diyagramı gösterilmektedir. AN221E04 tipi FPAA'nın programlanmasında kullanılan yazılım aracı, üretici firma tarafından önceden tanımlanan bloklar ve giriş/çıkış birimleri kullanılarak, devre tasarımı sırasında kolaylık sağlar. Yazılımda tanımlanmış olan bu bloklara yapılandırılabilir analog modüller (Configurable Analog Modules-CAM) adı verilir ve bu modüller farklı fonksiyonları gerçekleştirirler. Bu bildiri de bu modüllerden yararlanılmıştır.

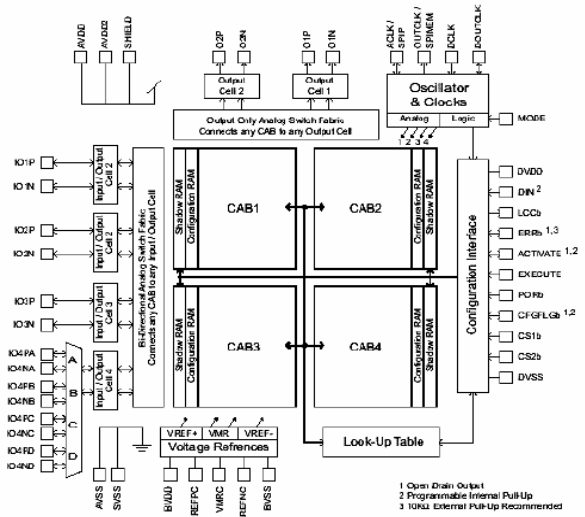
Bu uygulamada yararlanılan modüllerden ilki, eviren kuvvetlendirici (GainInv) bloğudur ve bu blok, 0.01~100 arasında sabit bir ayarlanabilir kazanç imkanı sunar.

İkinci modül, eviren toplayıcı (SumInv) bloğudur. Bu blok, sabit bir zaman sabiti kullanarak girişleri toplar. Bu bloğun transfer fonksiyonu aşağıdaki gibidir:

$$V_{out} = -K_1 V_{input1} - K_2 V_{input2} - K_3 V_{input3}$$

buradaki K_i sabiti kazanç olup, aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanır:

$$K_i = \frac{C_i}{C_{out}}$$



Şekil 2. AN221E04 elemanın blok diyagramı.

Üçüncü modül ise, doğrultucu bloğudur. Şekil 3 ve Şekil 5'de görüldüğü gibi doğrultucu blok olarak hem tam dalga doğrultucu bloğu hem de pozitif yarım dalga doğrultucu bloğu kullanılmıştır. Bu bloklar, 0.01~3.1 arasında ayarlanabilir bir kazanç olanağı sağlar. Tam dalga doğrultucu bloğunun transfer fonksiyonu aşağıdaki gibidir:

$$V_{out} = \pm K |V_{input}|$$

Pozitif yarım dalga doğrultucu bloğunun transfer fonksiyonu aşağıdaki gibidir:

$$V_{out} = \begin{cases} \pm K V_{input}, & V_{input} > 0 \\ 0, & V_{input} < 0 \end{cases}$$

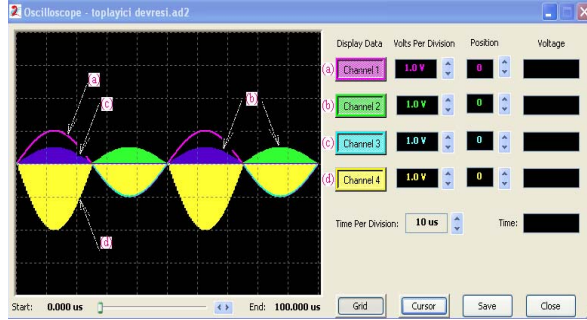
burada K , kazanç olup, önündeki \pm işareti, doğrultmanın eviren veya evirmeyen kuvvetlendirici ile yapıldığını belirtmektedir.

Şekil 3'de AnadigmDesigner2 programı kullanılarak FPAA içerisindeki bloklarla, iki farklı giriş uygulanarak gerçekleştirilen birbirinden bağımsız iki ayrı toplama işlemi gösterilmektedir. Her blok 1~6 arasında bir numarayla ifade edilmiştir. (1) ve (2) numaralı bloklar, eviren kuvvetlendiriciyi, (3) ve (4) numaralı bloklar, eviren toplayıcıyı, (5) ve (6) numaralı bloklar, sırasıyla tam dalga doğrultucu ve pozitif yarım dalga doğrultucu bloklarını ifade etmektedir. Bu uygulama örneğinde tepe değeri 1V ve frekansı 20KHz olan iki ayrı sinüzoidal işaret kaynağı ve -3VDC bir kaynak kullanılmıştır.



Şekil 3. AnadigmDesigner2 kullanılarak gerçekleştirilen toplayıcı devresi.

Şekil 3'deki devre şemasında iki farklı toplama işlemi yapılmaktadır. Birinci toplama işleminde giriş olarak uygulanan sinüzoidal işaret, hem tam dalga doğrultucu bloğuna (5) hem de pozitif yarım dalga doğrultucu bloğuna (6) uygulanmaktadır. Doğrultulan işaretler de eviren bir toplayıcıda (4) toplanarak çıkışa aktarılmaktadır. Bu devrenin girişine uygulanan işaret, doğrultma işlemlerinden elde edilen işaretler ve çıkış işareti Şekil 4'de sırasıyla (a), (b), (c) ve (d) şeklinde verilmektedir.

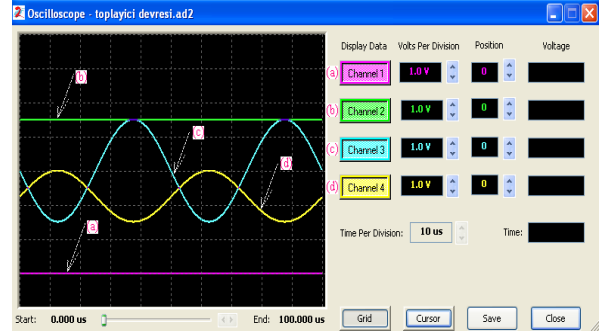


Şekil 4. Şekil 3'deki devrenin bloklarının çıkış işaretleri.

Şekil 3'de gösterilen ikinci toplama işleminde (1) numaralı bloğun girişine sinüzoidal bir işaret, (2) numaralı bloğun girişine de DC bir işaret bağlanmıştır. Her iki işaret de eviren kuvvetlendirici kullanılarak kuvvetlendirilmiş ve (3) numaralı eviren toplayıcı bloğuna giriş olarak uygulanmıştır. Toplayıcıdan çıkan işaret de çıkışa aktarılmıştır. Şekil 5'de Şekil 3'de verilen ikinci toplama işlemini gerçekleştiren devrede prob'ların devre üzerindeki bağlantı noktaları gösterilmekte olup Şekil 6'da da kullanılan blokların çıkış dalga formları yer almaktadır.



Şekil 5. Toplayıcı devre ve üzerindeki prob bağlantıları.



Şekil 6. Şekil 5'deki devrenin bloklarının çıkış işaretleri.

Tablo-1. Şekil 3'de gösterilen devrede kullanılan CAM parametreleri.

CAM Tipi	CAM No.su	Ayarlanan Parametresi	Parametre Değeri
Eviren Kuvvetlendirici	1	Kazanç	0.5
Eviren Kuvvetlendirici	2	Kazanç	1.5
Eviren Toplayıcı	3	Kazanç 1 Kazanç 2	0.5 0.5
Eviren Toplayıcı	4	Kazanç 1 Kazanç 2	2 2
Tam Dalga Doğrultucu	5	Kazanç	0.5
Yarım Dalga Doğrultucu	6	Kazanç	0.5

4. SONUÇ

Bu bildiriye iki adet toplayıcı devresinin FPAA tabanlı gerçekleştirimi sunulmuştur. Yapılan örnek toplama işlemlerinin dışında, bir FPAA üzerinde birbirinden bağımsız, hızlı çalışan, kolaylıkla modifiye edilebilecek daha karmaşık devrelerin de

gerçeklenebileceği görülmüştür. FPAA, tamamıyla programlanabilir bir devre yaklaşımını ortaya koymaktadır. Özellikle de devre parametrelerinin değişimi çok esneklerdir. Analog devre yapılarının tasarımında ve gerçekleştiriminde FPAA'ların kullanımı, hem zaman hem de tekrar programlanabilmesi açısından çok büyük avantajlar sunmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Gulak, P.G., D'Mello, D.R., A Review of Field Programmable Analog Arrays, SPIE CONFERENCE, 1996.
- [2] D'Mello, D.R., Gulak, P.G., Design Approaches to Field-Programmable Analog Integrated Circuits, ANALOG INTEGRATED CIRCUITS AND SIGNAL PROCESSING, Vol. 17, pp. 7-34, 1998.
- [3] Xilinx, Inc., 2100 Logic Drive San Jose, CA 95124-3400, USA, 2006, www.xilinx.com
- [4] Altera Corporation, 101 Innovation Drive, San Jose, California 95134, USA, 2006, www.altera.com
- [5] Anadigm Inc., 1901 South Bascom Avenue Suite 1550 Campbell CA 95008, USA, 2006, www.anadigm.com
- [6] Gaudet, V.C., Gulak, P.G., Implementation Issues for High-Bandwidth Field-Programmable Analog Arrays, JOURNAL OF CIRCUITS, SYSTEMS, AND COMPUTERS SPECIAL ISSUE ON ANALOG AND DIGITAL ARRAYS, Vol. 8, pp. 541-558, 1998.
- [7] Znamirovski, L., Palusinski, O.A., Vruthula, S.B.K., Programmable Analog/Digital Arrays in Control and Simulation, ANALOG INTEGRATED CIRCUITS AND SIGNAL PROCESSING, Vol. 39, pp. 55-73, 2004.
- [8] Sanahuja, R., Barcons, V., Balado, L., Figueras, J., Experimental Test Bench for Mixed-Signal Circuits Based on FPAA Devices, PROCEEDINGS OF THE XVIII CONFERENCE ON DESIGN OF CIRCUITS AND INTEGRATED SYSTEMS - DCIS 2003, pp. 344-349, 2003.
- [9] Balen, T.R., Andrade, A.Q., Azais, F., Lubaszewski, M., Renovell, M., Applying the Oscillation Test Strategy to FPAA's Configurable Analog Blocks, JOURNAL OF ELECTRONIC TESTING: THEORY AND APPLICATIONS, Vol. 21, pp. 135-146, 2005.
- [10] Jankovec, M., Topic, M., Analog Circuit Development System, THE IEEE REGION 8 EUROCON 2003, pp. 125-129, 2003.
- [11] Lee, E.K.F., Hui, W.L., A Novel Switched-Capacitor Based Field-Programmable Analog Array Architecture, ANALOG INTEGRATED CIRCUITS AND SIGNAL PROCESSING, Vol. 17, pp. 35-50, 1998.
- [12] Kutuk, H., Kang (Steve), S-M., Filter Design Using a New Field-Programmable Analog Array (FPAA), ANALOG INTEGRATED CIRCUITS AND SIGNAL PROCESSING, Vol. 14, pp. 81-90, 1997.
- [13] Yakimov, P.I., Manolov, E.D., Hristov, M.H., Design and Implementation of a V-f Converter Using FPAA, IEEE 27TH INTERNATIONAL SPRING SEMINAR ON ELECTRONICS TECHNOLOGY, pp. 126-129, 2004.
- [14] Caponetto, R., Di Mauro, A., Fortuna, L., Frasca, M., Field Programmable Analog Array to Implement a Programmable Chua's Circuit, INTERNATIONAL JOURNAL OF BIFURCATION AND CHAOS, Vol. 15, No. 5, pp. 1829-1836, 2005.
- [15] Roberts, T., Using Field-Programmable Analog to Build Adaptable RFID Readers, RF AND MICROWAVE TECHNOLOGY FOR DESIGN ENGINEERS – RFDESIGN, pp. 44-48, 2004.