

# Kişisel Bilgisayar ile Genel Amaçlı Sayısal Filtre Gerçeklemesi

Tuncay UZUN, Beşir TAYFUR  
Yıldız Teknik Üniversitesi  
Elektrik- Elektronik Fakültesi,  
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü,  
80750 Beşiktaş/İstanbul e-mail: uzun@yildiz.edu.tr  
Anahtar Sözcükler : Sayısal, Filtre

## ABSTRACT

*In recent years, there have been great improvements in digital signal processing field. There is a great demand for digital filters in most Digital Signal Processing (DSP) applications. Therefore, digital filters designed with Personal Computer (PC) that include multi-function input/output interface card can be easily used in these applications.*

*In this study, digital filter software and hardware were designed and realized by using PC. Firstly, suitable IIR (Infinite Impulse Response) filter design methodology and architecture determined. Next, the errors generated by quantization of filter coefficients and multiplication removed by using floating point arithmetic. Then, the software required for direct and parallel realization with second order modules of digital filters was formed. Three main programs were designed as programs calculating sample rate, calculating filter coefficients and operating the filter.*

*In some industrial applications needing digital filters, depending on used materials, analog input/output cards can be compared with digital signal processing cards concerning their important features. The cost increase depends on performance of designed digital filter in both cases. As it has a wide application range and a cost lower than a DSP card, it's obvious that in the applications based on a digital filter, the multifunctional analogue input/output card used in this study is more economical. The results of this study have showed those eighth orders digital filters. In addition, signals up to 5kHz can be filtered well in this way.*

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda işaret işleme alanında büyük gelişmeler olmuştur. Bu gelişmelerde sayısal filtreler önemli bir rol oynamıştır. Bugün pek çok işaret işleme uygulamasında sayısal filtrelere gereksinim duyulmaktadır. Tıbbi ve endüstriyel uygulamalar başta

olmak üzere bu uygulamaların çoğunda ele alınan işaretler düşük frekanslıdır. Bu nedenle bilgisayar sistemine eklenecek genel amaçlı bir giriş/çıkış kartı kullanarak gerçekleştirilecek sayısal filtreler bu tür uygulamalarda rahatlıkla kullanılabilir. Ayrıca değişik ana yazılımların içinde bir yazılım modülü olarak değişik amaçlara yönelik olarak kullanılabilir /1,2/.

## 2. KİŞİSEL BİLGİSAYAR İLE GENEL AMAÇLI SAYISAL FİLTRE GERÇEKLEMESİ

Bu çalışmada, sayısal filtre yazılım ve donanımı IBM PC uyumlu bir bilgisayar sisteminde tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla ilk olarak uygun sonsuz impuls yanıtı sayısal filtre tasarımı yöntemi ve sayısal filtre yapısı belirlenmiştir. Ardından filtre katsayılarının ve çarpımların kuantalanması nedeniyle meydana gelen hatalar kayan noktalı aritmetik işlem yapılarak ortadan kaldırılmıştır. Daha sonra sayısal filtrelerin direkt ve ikinci derece modüllerle paralel gerçekleştirilmesi için gerekli yazılımlar tasarlanmıştır. Bu amaçla örnekleme frekansını, sayısal filtre transfer fonksiyonunun katsayılarını bulan ve sayısal filtreyi çalıştıran olmak üzere üç ana program yazılmıştır. Bu çalışmada donanım olarak çok fonksiyonlu giriş / çıkış kartı kullanılmıştır. Bu kart üzerinde 1,10,100,1000 oranlarında ön yükselteç, 16 kanal, 12-Bit Örneksel / Sayısal Dönüştürücü (ADC) ve 12-bit Sayısal / Örneksel (DAC) bulunmaktadır. Yazılım ise gerçekleştirilecek sayısal filtre için örnekleme frekansını, istenen özellikleri sağlayacak sayısal filtre katsayılarını bulan ve bu katsayıları kullanarak sayısal filtreyi çalıştıran program olmak üzere üç ana kısımdan meydana gelmiştir /3/.

### 2.1. Sayısal Filtre Donanımı

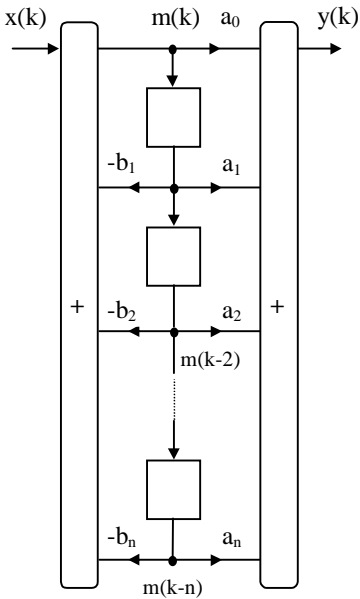
Analog giriş işareti örneklenecek sayısal işarete dönüştürülmesinde ve üzerinde filtre işlemi yapılan sayısal bilginin örneksel işarete çevrilmesinde çok



Şekil 2.1 IBM PC ile gerçekleştirilen sayısal filtrenin blok diyagramı

fonksiyonlu giriş/çıkış kartı kullanılmıştır. Kartın 16 kanallı 12 bit örnekselden sayısala dönüştürücü (ADC), 12 bit sayısaldan örneksele dönüştürücü (DAC) ve kesme kullanma yeteneği bulunmaktadır. Örnekselden 12-bitlik sayısala dönüşüm için, “başarım yaklaşımı” yöntemi kullanılır. Örneksel sayısal dönüştürücü dahili örnekleme, tutma devreleri ve mikroişlemci yol arabirimine sahiptir. 12-bitlik bir dönüşüm 8  $\mu$ s zaman almaktadır. Ayrıca bir örneksel çoğullayıcı ve kazancı çıkış 1, 10, 100, 1000 olarak ayarlanabilen programlanabilir yükselteç tümleşik devresi bulunmaktadır. Kartın üzerinde yer alan anahtarlar kullanılarak 5V, 10V, 20V giriş işareti aralıklarında örnekler alınabilir. Yükselteç kullanılarak 5mV gibi düşük genlikli giriş işareti uygulanabilir. Sayısaldan örneksele dönüşüm için yüksek performanslı 12-bitlik bir sayısaldan örneksele dönüşüm tümleşik devresi kullanılmıştır. Tümleşik devre akım çıkışlı olup, bu çıkış 2 adet enstrümantasyon işlemsel yükselteci ile gerilime dönüştürülür ve tamponlanır. Kartın üzerinde bulunan anahtar sayesinde sayısaldan örneksele dönüştürücünün iki kutuplu veya tek kutuplu çıkış vermesi sağlanabilir /3-5/.

## 2.2. Sayısal Filtre Yazılımı



Şekil 2.1 1D sayısal filtre yapısı /1,2/.

Tablo 2.1 Direkt yapıların özellikleri (n: Filtre derecesi)

Direkt Sayısal Filtre Yapılarının Özellikleri	1D	2D	3D	4D
Zaman-Gecikme Elemanı	n	n	2n	2n
Çarpıcılar	2n+1	2n+1	2n+1	2n+1
Toplama Noktaları	2	n+1	1	2n
İşaret Dağıtım Noktaları	n+1	2	2n	1

Sayısal filtre yazılımı oluşturulurken filtre yapılarından 1D kullanılmıştır. Tablo 2.1' e bakıldığında 1D yapısının zaman-gecikme elemanı bakımından 3D ve

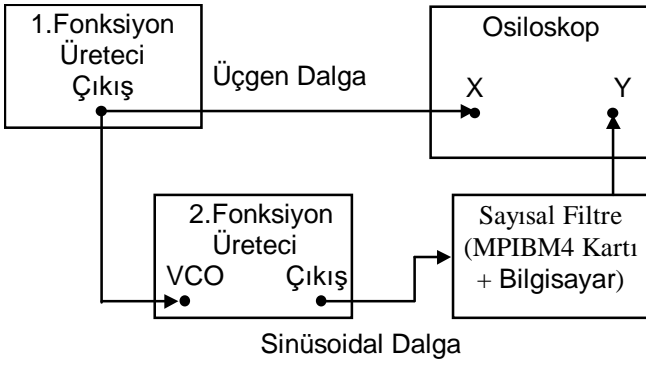
4D yapısına göre gerçekleştirme yapılırken daha avantajlı olduğu görülmektedir. Ayrıca toplama noktaları dikkate alındığında da benzer avantaj 2D ve 4D yapısına göre görülmektedir. Tüm bu avantajlarından dolayı gerçekleştirme yapılırken 1D yapısı tercih edilmiştir. Sayısal filtre (1D yapısı) yapısına ait program, örneksel bilginin alınıp sayısala çevrilmesi, bu sayısal bilgi üzerinde işlem yapıp sonucun tekrar örneksele çevrilmesi işlemi gerçek zamanda yapıldığı için makine dilinde yazılmıştır.

Sayısal filtre yapısı oluşturulurken iki ayrı makine dili programı yazılmıştır. Bu programlardan birincisinde elde edilen değerler (filtre katsayıları, örneksel işaretten alınan örnek değeri) mikroişlemcinin yazmaçlarına aktarılır ve bu değerler üzerindeki işlemler mikroişlemci tarafından yapılır. Bilindiği gibi istenen filtre özelliklerini sağlayan H(z) transfer fonksiyonunun katsayıları reel değerler olabilir. Bu reel değerleri mikroişlemcinin yazmaçlarına doğrudan aktarmak ve üzerinde işlem yapmak mümkün değildir. Bu değerlerin uygun bir yol izlenerek programa aktarılması gerekmektedir.

Sayısal filtre yapısı oluşturmak için yazılan ikinci programda elde edilen değerler mikroişlemcinin içerisinde tümleşik olarak bulunan nümerik işlemciye aktarılır ve bu değerler üzerindeki işlemler nümerik işlemci tarafından yapılır. Bilindiği gibi bugün kullanılmakta olan IBM uyumlu kişisel bilgisayarların tümünde 8087 komut temelli gelişmiş nümerik işlemcisi bulunmaktadır. Bu işlemci sahip olduğu donanım özellikleri sayesinde karmaşık matematiksel işlemlerini kolaylıkla ve hızlı yapabilmektedir. Kayan Noktalı Aritmetik (Floating Point Arithmetic) işlem yapabilme özelliğine sahip olan bu işlemci sayesinde elde edilen sayısal filtrenin katsayıları üzerinde herhangi bir işlem yapılmaksızın bu değerler oldukları gibi alınarak bu işlemciye aktarılır ve üzerinde gerekli olan aritmetik işlemler kolayca yapılabilir. Böylece katsayıların ve çarpımların kuantalanmasıyla meydana gelecek hatalar ortadan kaldırılmış olur. Bu sayede sayısal filtrenin frekans yanıtında oluşacak hatalar minimuma indirgenmiş olur /1,6-10/.

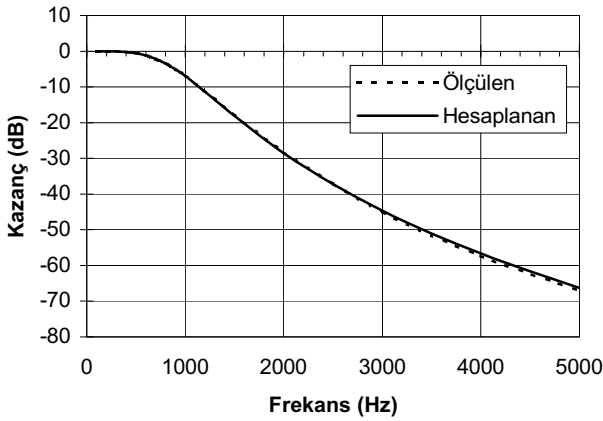
## 3. GERÇEKLEŞTİRİLEN FİLTRENİN ÖLÇÜMÜ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Gerçeklenen sayısal filtrenin frekans yanıtını elde etmek için Şekil 3.1 'deki düzenek kurulmuştur. Bu deney düzeninde birinci fonksiyon üreticinin üçgen dalga çıkışı uygun gerilim değerleri veren yokuş fonksiyonu oluşturacak biçimde ayarlanır ve sinüs fonksiyonu oluşturacak biçimde ayarlanan ikinci fonksiyon üreticinin gerilim kontrollü osilatör (VCO-Voltage Controlled Osilatör) girişine verilir. Böylece birinci işaret üreticiden gelen değişik gerilim seviyelerine göre ikinci fonksiyon üreticiden belirli bir aralıkta küçükten büyüğe artan frekanslara sahip sinüzoidal işaretler üretilir ve bu işaretler sayısal filtreye uygulanır. Birinci fonksiyon üreticinin üçgen

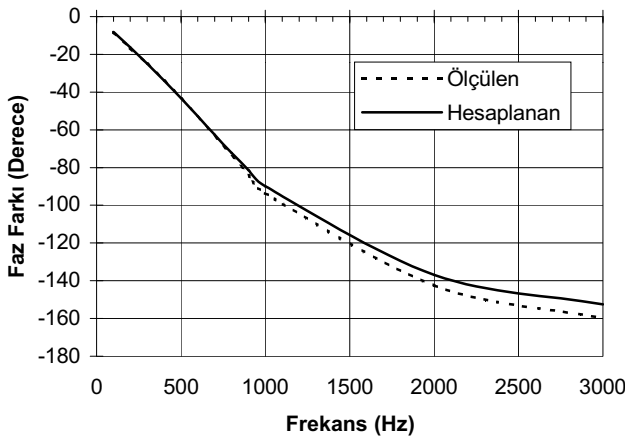


Şekil 3.1 Sayısal filtrenin genlik frekans spektrumunun gözlenmesi için oluşturulan deney düzeni /3/.

dalga çıkışı osiloskobun X kanalına ve sayısal filtrenin çıkışı da osiloskobun Y kanalına uygulanırsa sayısal filtrenin genlik frekans spektrumu osiloskop ekranında görülebilir. Aşağıda Butterworth ve Chebyshev I türü filtreler için yapılan ölçümler görülmektedir. Alçak ve yüksek geçiren filtreler ikinci dereceden, band geçiren ve band söndüren filtreler birinci derecedendir. Kazanç ölçümlerinde sağlıklı ölçüm yapılabilmesi için sınır 5kHz olarak belirlenmiştir.

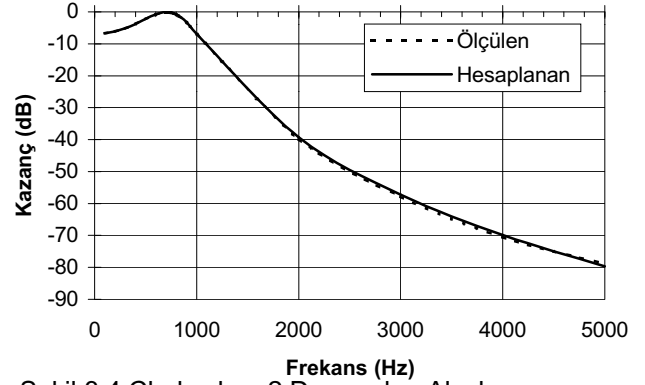


Şekil 3.2 Butterworth 2. Dereceden Alçak Geçiren Filtre

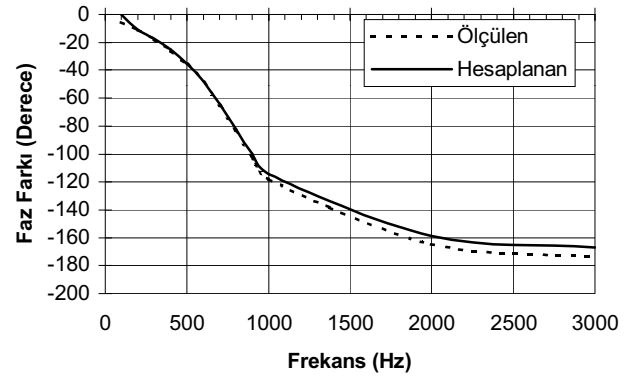


Şekil 3.3 Butterworth 2. Dereceden Alçak Geçiren Filtre

Faz farkı ölçümlerinde bu sınır 3kHz' dir. Ölçüm yapılan alçak ve yüksek geçiren filtrelerde kesim frekansı 1kHz, band geçiren ve band söndüren filtrelerde ise kesim frekansları 500Hz ve 1.5kHz' dir. ( $W_n = [W_1 \ W_2]$ ) Chebyshev I türü filtreler için geçirme bandındaki zayıflatma 3dB' dir.



Şekil 3.4 Chebyshev 2. Dereceden Alçak Geçiren Filtre



Şekil 3.5 Chebyshev 2. Dereceden Alçak Geçiren Filtre

Ölçümler sonucunda gerçekleştirilen sayısal filtreyle frekansı 5kHz' e kadar olan işaretlerin sağlıklı bir şekilde örneklenip filtrelenebildiği görülmüştür. Bu değer kullanılan sayısal filtrenin donanımına bağlı olarak değişebilir. Eğer bu gerçekleştirilmede kullanılanlardan daha hızlı ADC ve DAC kullanılırsa, sağlıklı örnekleme yapılabilen bu frekans değeri daha yukarı seviyelere çıkarılabilir. Yine ek olarak bu gerçekleştirilmede kullanılan 12-bit ADC ve DAC yerine 16-bit ADC ve DAC kullanılırsa giriş sinyalinin kuantalanmasından meydana gelecek hatalar daha alt seviyelere indirilebilir.

#### 4. SONUÇ

Endüstride sayısal filtreye gerek duyulan ortamlarda kullanılan malzemeye bağlı olarak analog giriş/çıkış kartı ile sayısal işaret işlemci kartları önemli özellikleri ile karşılaştırılabilir. Her iki donanımda da performans arttıkça sayısal filtrenin maliyeti artmaktadır. Fakat bu çalışmada kullanılan çok fonksiyonlu giriş/çıkış kartı daha geniş kullanım alanına sahip olduğu ve daha ucuz olduğu için filtrenin kullanıldığı ortamda sistem maliyetinin daha ekonomik olacağı açıktır. Yapılan ölçümler sonucunda günümüzde yaygın olarak kullanılan IBM PC uyumlu bilgisayar sistemi ve bu çalışmada kullanılan MPIBM4 çok fonksiyonlu giriş/çıkış kartı ile 8.dereceden filtrelerin gerçekleştirilebildiği ve bu filtrelerle 5kHz'e kadar frekansa sahip işaretlerin sağlıklı bir şekilde filtrelenilebildiği görülmüştür. Elde edilen bu frekans değeri, pek çok ölçme ve kontrol uygulamasında işaretlerin çoğunlukla 1kHz civarında olduğu düşünülürse iyi bir değerdir.

#### KAYNAKÇA

- /1/ Phillips, Charles L.; Nagle H.Troy, "Digital Control System Analysis and Design", Prentice-Hall Internationals Editions, 1990
- /2/ Oppenheim, Alan V.; Schafer, Ronald W., "Digital Signal Processing", Prentice-Hall, Inc 1975
- /3/ Beşir TAYFUR, "IBM PC ile Genel Amaçlı sayısal Filtre Gerçeklemesi", YTU YL Tez, 1997
- /4/ Nagle, H.T; Nelson, V.P, "Digital Filter Implementation on 16-bit Microcomputers", IEEE Micro, February 1991,pp.23-41
- /5/ "Microprocessor and Peripheral Handbook", Vol. 1-2 Peripheral, Intel, 1987.
- /6/ Detmer, Richard C., "Fundamentals of Assembly Language Programming Using The IBM PC and Compatibles", D.C.Heath and Company 1990.
- /7/ Etter, D.M, "Engineering Problem Solving with MATLAB", Prentice-Hall, Inc. 1993.
- /8/ Matlab 4.0 User's Guide.
- /9/ Turbo Pascal 5.0 User's guide.
- /10/ Turbo Assembler Version 2.0 User's Guide.

#### Tuncay UZUN

1963'de Şile'de doğdu. 1985'de Yıldız Üniversitesi'nden Elektronik ve Hab. Müh. derecesini aldı. 1986 yılında aynı üniversitenin Elektronik ve Hab. Müh. Bölümü Devreler ve Sistemler Anabilim dalına Araştırma Görevlisi olarak atandı. 1987'de Yıldız Teknik Üniversitesi'nden Elektronik ve Hab. Yüksek Müh. , 1994'de Doktor Müh. derecelerini aldı. Aynı yıl Elektronik Anabilim dalında Yar. Doç. kadrosuna atandı. 1995'den bu yana Devreler ve Sistemler Anabilim dalında çalışmalarını sürdürmektedir. Programlama dilleri, kişisel bilgisayar donanımı ve yazılımı, bilgisayarlı ölçme ve kontrol sistemleri, mikroişlemciler, mikrodenetleyiciler, programlanabilir

denetleyiciler, devreler ve sistemler teorisi konularında çalışmaları bulunmaktadır.

#### Beşir TAYFUR

1972'de Bayburt'da doğdu. 1994'de Yıldız Teknik Üniversitesi'nden Elektronik ve Hab. Müh. derecesini aldı. 1995 yılında aynı üniversitenin Elektronik ve Hab. Müh. Bölümü Devreler ve Sistemler Anabilim dalına Araştırma Görevlisi olarak atandı. 1997'de Yıldız Teknik Üniversitesi'nden Elektronik ve Hab. Yüksek Müh. derecesini aldı. İlgili alanları programlama dilleri, kişisel bilgisayar donanımı ve yazılımı, mikroişlemciler, mikroişlemcili sistemlerdir.