

## **DOPPLER KAN AKIŞ ÖLÇERLERİ İÇİN MAKSİMUM FREKANS İZLEYİCİ TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

**Yılmaz SAVAŞ**

Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü,  
06500 Beşevler, Ankara

### **ÖZET**

Ultrasonik Doppler kan akış ölçme sinyalinde maksimum frekansı algılamak için bir frekans izleyicisi tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan frekans izleyicisinin ucuz ve güvenilir olması kan akış ölçümünde önemli bir avantaj sağlamaktadır. Gerçekleştirilen devrenin çıkış frekansı ile ticari bir Doppler sinyal işlemcisinin çıkışından alınan sonogram frekansı karşılaştırılarak devrenin çalışma performansı ölçülmüştür.

## **DESIGN AND CONSTRUCTION OF MAXIMUM FREQUENCY TRACER FOR DOPPLER BLOOD FLOW METER**

### **ABSTRACT**

A maximum frequency tracer is designed and constructed to measure the maximum frequency in ultrasound Doppler blood flow signal. The constructed frequency tracer is cheap and reliable so it provides an important advantage. The output frequency of the implemented circuit is compared with the commercial Doppler frequency processor, then the performance is measured.

### **1. GİRİŞ**

İnsanlara ait kan akışının ölçülmesiyle tıbbi teşhislerde önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. İnsan vücuduna zarar vermeden ölçme yapmaya imkan verdiğinden dolayı ultrasonik Doppler kan akış ölçme sistemleri kliniklerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu amaçla ilk olarak yaklaşık 35 yıl önce kullanılmasına rağmen, hastane dışında kullanılabilecek tipte

taşınabilir Doppler kan akış ölçme cihazları ancak son 15 yıl içinde geliştirilmiştir[1]. Günümüzde ise tümdevre teknolojisi sayesinde son derece gelişmiş ultrasonik Doppler kan akış ölçme cihazları yapılabilmektedir. Bu cihazlar sayesinde çok ince damarlarda bile kan akış hızı ve damar çapı ölçülebilmekte, damarda bir tıkanıklık ya da genişleme varsa bu durum kolaylıkla tesbit edilebilmektedir[2-4].

Ultrasonik frekans insan kulağının duyabileceği en yüksek frekans olan 20 kHz'den daha büyük olan frekanslara denir. Tıpta hem ultrasonik tomografi uygulamalarında hem de Doppler etkisi ile çalışan ultrasonik cihazlarda kullanılan ultrasonik frekans genellikle 1 MHz ile 10 MHz arasındadır. Ancak son zamanlarda gelişen teknoloji sayesinde 20 MHz ultrasonik frekans kullanan Doppler kan akış ölçme cihazları da ortaya çıkmıştır. Seçilmesi gereken alt frekans sınırı ölçüm yapılacak damarın uzaklığına ve çapına bağlı olarak belirlenir. Mesela ince damarlarda kan akış hızını ölçebilmek için ultrasonik dalga boyu damar çapından daha küçük olmalıdır. Bu da frekansın yüksek olması anlamına gelir. Seçilebilecek üst sınır ise kabul edilebilir güç seviyeleri ve hasta emniyeti dikkate alınarak belirlenir. Frekans arttıkça zayıflama ve kayıplar hızla artacağından uygulamanın yapıldığı dokuya bağlı olarak belirli bir frekansın üstüne çıkılamaz.

Hem ultrasonik görüntüleme hem de Doppler cihazları vücuda bir ultrasonik dalga gönderip geri yansıyan veya saçılan dalgayı algılayıp analiz etmek suretiyle çalışırlar. En kısa ifadeyle Doppler frekansı vücuda gönderilen ultrasonik dalga ile geri yansıyan dalga arasındaki fark frekansıdır. Buna göre,

$$f_d = f_t - f_r = \frac{2f_t v \cos \theta}{c} \quad (1)$$

Burada  $f_d$  ultrasonik dalganın frekansındaki kayma miktarı,  $f_t$  gönderilen dalganın frekansı,  $f_r$  yansıyan dalganın frekansı,  $v$  kan akış hızı,  $c$  ultrasonik dalganın ortamdaki hızı,  $\theta$  ultrasonik dalganın yönü ile kan akış yönü arasındaki açıdır.

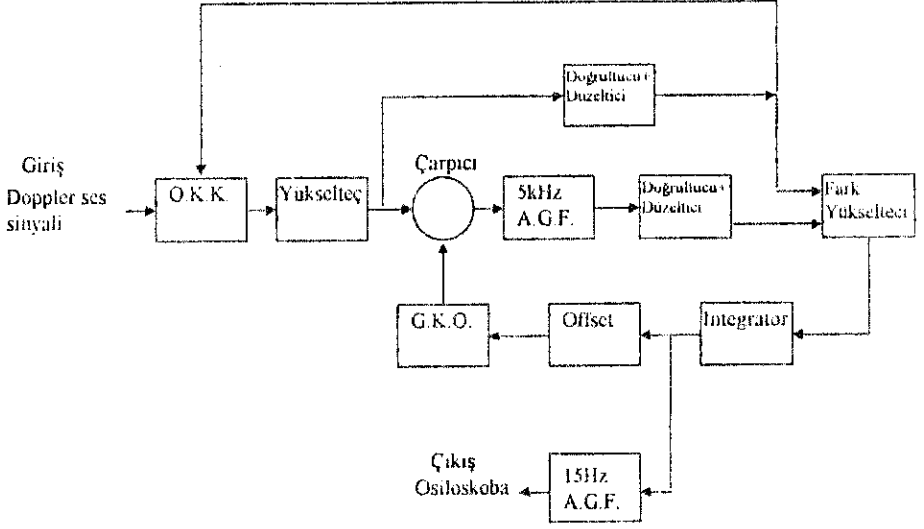
Pratikte kan içerisinde birden fazla hareketli parçacık olduğu ve bu parçacıkların herbiri farklı hızlarda hareket ettiği için, Doppler fark frekansı ( $f_d$ ) tek frekans bileşenli olmayacak bir frekanslar spektrumu olacaktır. Bu çalışmada ultrasonik Doppler kan akış ölçerleri için bir maksimum frekans izleyicisi tasarlanmış ve performansı incelenmiştir. Tasarlanan sistem halen hastanelerde kullanılan “Sonicaid Vasoflo-3” kan akış ölçme sisteminden alınan sonogram çıkışları ile mukayese edilmiş ve maksimum frekansı algılamak bakımından benzer sonuçları vermiştir.

## 2. DEVRENİN TASARIMI

Ultrasonik Doppler kan akış ölçerleri çıkışından elde edilen frekansın üst sınırı ses frekans bölgesi içerisinde. Böyle bir sinyalin analizi ve klinik sahada kullanışlı bilgilerin elde edilmesi için çeşitli metodlar olmasına karşın en iyi metod spektral analiz metodudur. Spektral analiz metodunda Doppler sinyali içerisindeki birçok bilginin anlaşılmasının mümkün olmasına karşılık pahalı olması en önemli sakıncası olmaktadır. Bu yüzden daha ucuz ve etkili metodların bulunması gerekmektedir. Kalp atım süresi içerisinde Doppler sinyalinde maksimum frekans mevcut olduğundan, atar damar hastalıklarının teşhisinde bu maksimum frekansın ölçülmesi

önemlidir. Bu parametrenin basit ve ucuz bir analog elektronik düzenle yapılabilmesi konuyu daha da cazip hale getirmektedir[5].

Tasarlanan devrenin blok diyagramı Şekil 1'de görülmektedir. Devre, standart 741 işlemsel yükselteçleri, NE566 gerilim kontrollü osilatör (GKO) ve AD 533 çarpıcı devre elemanları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Devrede kullanılan iki adet CA3140 hassas doğrultucu devre elemanları frekans sahasının yüksek seviyeleri (15-20 kHz) için kullanılmaktadır. Devrenin ilk katı otomatik kazanç kontrol (OKK) devresidir. İkinci kat, Doppler sinyalini tepeden tepeye 1 V ile 5 V arasında kuvvetlendiren yükselteç katıdır. Yükselteç ile GKO katlarının çıkışları birbiriyle mukayeseli bir şekilde çarpıcı devresine girmektedir. Çarpıcı devresi bir çarpımsal karıştırıcı görevini yapmakta ve çıkışı, 5 kHz'lik alçak geçiren filtreye (AGF) toplam ve fark frekansları şeklinde beslenmektedir. GKO, sistem giriş sinyalinin frekansı 5 kHz'in üstünde olduğu takdirde çalışır. Çarpıcı çıkışındaki fark frekansına bağlı olarak filtre cevabı 10 dB daha aşağı seviyede olmalıdır. Filtre çıkışı bir sonraki kat tarafından doğrultulur ve ortalaması alınır. Benzer işlem yükselteç çıkışı ile fark yükseltici arasında da yapılarak AGF çıkışındaki sinyal ile mukayese işlemi gerçekleştirilir. Fark yükseltici çıkışındaki sinyalin 10 ms'lik zaman sabiti ile integrali alınır. Dengesizlik (offset) katı GKO'ü kontrol etmek için gerekli olan sinyali üretir.



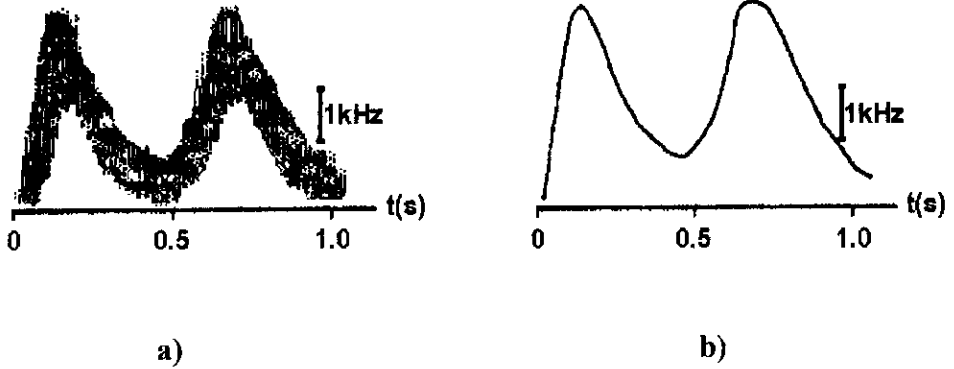
Şekil 1. Maksimum frekans izleyicisinin blok diyagramı

Sistem bütünüyle girişteki maksimum frekansı izlemektedir. GKO, daima giriş sinyali ile kendi çıkışı arasında 5 kHz'lik bir fark frekansını muhafaza etmektedir. İntegratör çıkışı, girişteki maksimum frekansın ölçülmesinde kullanılabilir. İntegratör çıkışı 2 kutuplu 15 Hz'lik bir AGF üzerinden kaydediciye bağlanarak istenen sinyalin kaydı yapılabilir.

### 3. SONUÇ

Şekil 2'de ticari bir sistem kullanılarak (Sonicaid Vasoflo-3) sağlıklı bir insanın karotid arterinden alınan sonogram ile tasarlanan sistemin çıkışından alınan maksimum frekans görülmektedir. Şekilden de görüldüğü

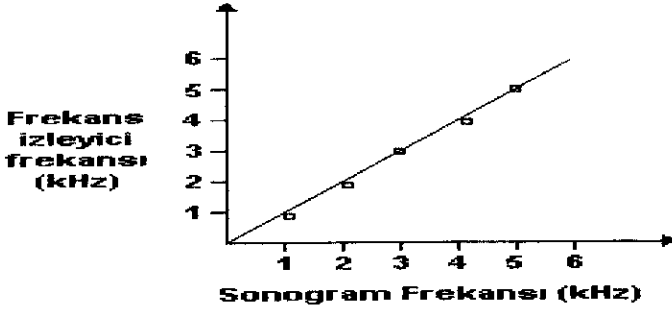
gibi tasarlanan sistemin çıkış zarfı çok büyük yaklaşıklıkla sonogram zarfını izlemektedir. Bu ise sistemin doğruluk derecesinin yüksek olduğunu göstermektedir.



Şekil 2. Sonogram çıkışı ile maksimum frekans izleyici çıkışının mukayesesi:

a) Sonogram çıkışı, b) maksimum frekans izleyici çıkışı.

Şekil 3'de maksimum frekans izleyici çıkışı ile sonogram frekansının performansı karşılaştırılmıştır. Sağlıklı bir insanın karotid arterinde yapılan 5 ayrı ölçüm sonucu karşılaştırıldığında, maksimum frekans izleyici çıkışının ticari sistemle ölçülen maksimum frekans ile birbirine yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Öte yandan, tasarlanan sistem ile ticari sistem arasında görülen küçük sapmalar, tasarlanan sistemin frekans yalıtımının yapılmadığından kaynaklanmaktadır. Tasarlanan sistemin çok değişik damarlarda denenmesi bu çalışmanın daha ileri safhalarında gerçekleştirilecektir.



Şekil 3. Maksimum frekans izleyici çıkışı ile sonogram çıkışının performansı.

## KAYNAKLAR

- [1.] D.H. Evans, W.N. McDicken, R. Skidmore, J.P. Woodcock, "Doppler Ultrasound; Physics, Instrumentation and Clinical Applications", Wiley, Chichester, (1989.)
- [2.] N.F. Güler, M.K. Kıymık, İ. Güler, "Comparison of FFT and AR-based sonogram outputs of 20 MHz pulsed Doppler data in real time", Comput. Biol. Med., Vol 25, No 4, 383-391, (1995.)
- [3.] N.F. Güler M.K. Kıymık, İ. Güler, "Autoregressive-based sonogram outputs of 20 MHz pulsed Doppler data", Med. Progress thru. Technology, 21, 105-110, (1995.)
- [4.] İ. Güler, N.F. Güler, "The electronic detail of a pulsed Doppler blood flow measurement system", Meas. Sci. Technol., 1, 1087-1092, (1990.)
- [5.] C. Callicot, M.J. Lunt, "A maximum frequency dedector for Doppler blood velocimeters", J. Med. Eng. Technol.; Vol 3, No 2 80-82, (1979.)