



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy  
2011, Volume: 6, Number: 1, Article Number: 1A0137

**ENGINEERING SCIENCES**

Received: October 2010

Accepted: January 2011

Series : 1A

ISSN : 1308-7231

© 2010 [www.newwsa.com](http://www.newwsa.com)

**Yasin Kabalcı**

**İbrahim Develi**

**Mehmet Bilim**

Erciyes University

[yasinkabalcı@gmail.com](mailto:yasinkabalcı@gmail.com)

[mehmetbilim@gmail.com](mailto:mehmetbilim@gmail.com)

[develi@erciyes.com](mailto:develi@erciyes.com)

Kayseri-Turkey

**MİKRODENETLEYİCİ KONTROLLÜ İKİ KANALLI SAYISAL OSİLOSKOP TASARIMI**

**ÖZET**

Osiloskoplar; dalga şekillerini görsel olarak ifade ettiklerinden dolayı test işlemleri, hata tespiti ve sorun giderme gibi çalışma alanları için çok iyi bir ölçüm aracıdır. Osiloskoplar, elektrik işaretlerine ek olarak, uygun bir dönüştürücü olarak geliştirilmiş farklı türdeki problemlerin kullanımı ile sıcaklık, basınç, nem gibi farklı fiziksel veya kimyasal büyüklükleri de ölçebilirler. Bu çalışmada, bir sinyal işleme uygulaması olarak analog giriş sinyallerinin grafik likit kristal ekranda (GLCD) görüntülenmesini sağlayan bir sayısal osiloskop tasarımı gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı, ölçülen işaretlerin bir mikrodenetleyici ile işlenip GLCD aracılığıyla sinyal şekillerinin görüntülenmesini sağlamaktır. Tasarımda; ölçülen analog işaretler, mikrodenetleyici ile 4 kanal 10-bit analog-dijital dönüştürücü kullanılarak 100 Kbps hızında örneklenmiştir. Bu çalışma, mikrodenetleyicinin giriş-çıkış portları üzerinden bilgisayar iletişimi eklenerek daha da geliştirilmeye müsaittir.

**Anahtar Kelimeler:** Modelleme, Benzetim, Sayısal Osiloskop,  
18F4620 Mikrodenetleyici, İşaret İşleme.

**DESIGN OF A MICROCONTROLLER BASED DUAL-CHANNEL DIGITAL OSCILLOSCOPE**

**ABSTRACT**

Oscilloscopes are excellent tools for testing, debugging, and troubleshooting because they can easily display the waveforms measured if the electrical components or circuit modules are working properly. In addition to electrical signals, other physical or chemical quantities can be measured by using different probes that have been developed into an appropriate transducer. This paper presents a signal processing application that involves the interface between analogue input and the graphical liquid crystal display (GLCD) output. The aim is to obtain a graphical representation of the waveforms utilizing a microcontroller to process measured signals and monitoring on a GLCD. The acquired analogue signals have been sampled at the rate of 100 Kbps by using 4 channels 10-bit analog to digital converter of the microcontroller in the design. The project may be improved by adding PC communication over microcontroller's ports.

**Keywords:** Modeling, Simulation, Digital Oscilloscope,  
18F4620 Microcontroller, Signal Processing.

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Osiloskoplar, bir devre ya da sistemde bulunan işaretleri analiz etmek için kullanılan temel ölçüm araçlarıdır. İşaretin dalga şeklinden elde edilen bilgi, zamana bağlı olarak değişen bir genlik ya da akım şeklindedir. Osiloskoplar; dalga şekillerini görsel olarak ifade ettiklerinden dolayı test işlemleri, hata tespiti ve sorun giderme gibi çalışma alanları için çok iyi bir ölçüm aracıdır. Ayrıca osiloskoplar, elektronik devrelerin tasarımı ve kontrolleri sırasında tasarımcılara destek sağlarlar. Osiloskoplar, elektrik işaretlerine ek olarak, uygun bir dönüştürücü olarak geliştirilmiş farklı türdeki problemlerin kullanımı ile sıcaklık, basınç, nem gibi farklı fiziksel veya kimyasal büyüklükleri de ölçebilirler. Osiloskopların temel çalışma prensibi aynı olsa da analog ve sayısal olmak üzere iki ana başlıkta sınıflandırılırlar [1-2].

Osiloskoplar, temel olarak girişindeki elektriksel işaretlerin ölçülmesi, işaret işleme adımları, senkronizasyon işlemleri, işlenen işaretlerin görüntü birimine aktarılması, kaydedilmesi ve çıktı alınması gibi görevleri yerine getirirler. Bir osiloskop için donanım birimleri 5 temel bölüme ayrılır;

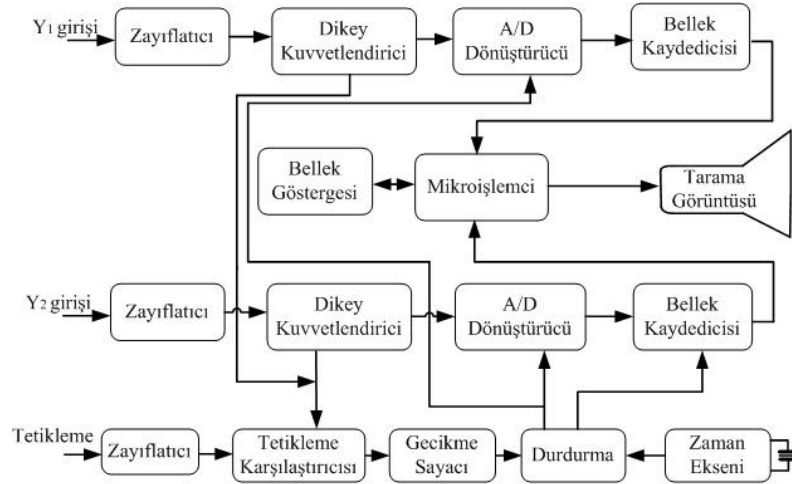
- Dikey ölçüm kanalı
- Yatay ölçüm kanalı
- Zaman eksenini
- Tetikleyici
- Görüntüleme birimi

Girişteki işaretlerin ölçülmesi, arabirim ve yükselteç devreleri içeren dikey ölçüm kanalı tarafından gerçekleştirilir. Dikey ölçüm kanalı, katot ışınlu tüpün (CRT) yatay saptırma katmanlarına aktarılacak işaretlerin doğru genlik değerlerinde ölçeklenmesini sağlar. Yatay ölçüm kanalı da benzer şekilde CRT için dikey saptırma katmanlarına iletilecek işaretleri üretmektedir. Anlık ölçüm durumunda ölçülen giriş işareti (Y), testere dişi şeklinde bir işaret olarak işlenirken, X-Y çalışma modunda kullanılması durumunda harici giriş işareti (X) rastgele bir işaret olarak değerlendirilir. Osiloskobun zamanlama birimi, CRT ışın demeti için yatay taramayı sağlayacak testere dişi işaretleri üretecek bir devre yapısına sahiptir. Tetikleme birimi, giriş işaretine (dahili tetikleme) ya da harici bir işarete (harici tetikleme) bağlı olarak tarama için başlangıç değerini ve zaman aralıklarını belirleyen bir dizi devreden oluşur. Tetikleme fonksiyonu, ekranda sabit bir görüntünün oluşturulması için gereklidir. Tetikleme kullanılmadığı takdirde ise, ekranda ölçülen işaretin farklı zaman aralıklarında birçok gölge görüntüsünün meydana gelmesi olasıdır [3-5].

Kullanılan osiloskopların büyük çoğunluğu analog olmasına rağmen günümüzde sayısal osiloskopların kullanımı yaygınlaşmaktadır. Sayısal osiloskopların fiyatları, bilgisayarlara benzer şekilde, tasarımlarında kullanılan düşük maliyetli elektronik devre elemanlarına bağlı olarak düşmektedir. Örneklemeli osiloskoplarda, zaman örnekleme teknikleri yüksek frekanslı periyodik ve sabit işaretlerin ölçümünde osiloskobun bant genişliğini arttırmaktadır. Sayısal fosfor osiloskoplar, elektriksel işaretleri gerçek zamanlı yenileme oranına yakın bir değerde zaman, genlik ve zaman-genlik ölçümleri şeklinde 3 boyutlu olarak gerçekleştirirler. Veri toplama kartları ve ses kartları ile oluşturulan sanal osiloskoplar, bilgisayarda yer alan yazılım ve donanımları kullanmalarından dolayı birçok uygulama için esnek çözümler sunmaktadır [6 ve 7].

Modern sayısal osiloskopların birçoğu bekletme özelliğini de içeren farklı olanaklara sahip olup, Windows işletim sistemi ile çalışmaktadırlar. Analog osiloskoplarda bekletme özelliği, ölçülen işaretin tetikleme gerektirmeyecek kadar sabit bir bölüme sahip olması durumunda geçerlidir. Buna rağmen, sabit genlikli frekans modüleli bir sinüs işareti gibi örnek

işaretlerde bekletme özelliği kullanılmamaktadır. Şekil 1'de kaydedici özelliğine sahip iki kanallı bir osiloskobun blok diyagramı görülmektedir. Her iki kanalın girişinde gerilim ölçümünde kademe seçimini sağlayan zayıflatıcı birimi, dikey tarama için kuvvetlendirici, işaret işleme özellikleri için örnekle-tut devresi ve elde edilen işaretlerin mikroişlemciye aktarılmasını sağlayan analog-dijital dönüştürücü (ADC) devresi yer almaktadır [8 ve 11].



Şekil 1. Kaydedicili bir sayısal osiloskobun blok diyagramı  
(Figure 1. Block diagram of a digital storage oscilloscope)

## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

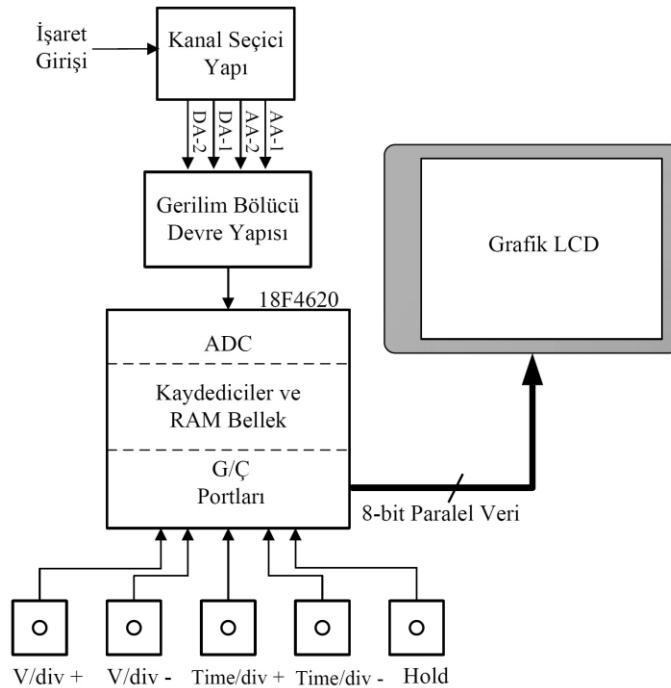
İşaret işleme ve görüntüleme cihazları, deneysel çalışmalarda büyük öneme sahiptir. Literatür incelediğinde, temel ihtiyaçları karşılayacak görüntüleme cihazları ile ilgili çalışmaların eksikliği göze çarpmaktadır. Bahsedilen eksikliği gidermek ve düşük maliyetli bir çözüm sunmak amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada, mikrodenetleyici kontrollü iki kanallı sayısal bir osiloskobun tasarımı ve tasarlanan sistemin çalışması incelenmiştir. Tasarımın örnekleme oranı giriş işaretinin 4 katı olarak belirlenmiş ve 10-bit ADC dönüştürme oranı ile yüksek hassasiyetli örnekleme gerçekleştirilmiştir. Farklı çalışma şartları altında test edilen mikrodenetleyici kontrollü iki kanallı sayısal osiloskop, yazılım ve donanım özelliklerinin geliştirilebilir olduğunu da göstermektedir. Ayrıca tasarlanan sistem Elektrik-Elektronik Mühendisliği ve/veya Meslek Yüksekokulu öğrencilerinin işaret işleme ve bilgisayar destekli devre tasarım faaliyetlerine faydalı olabilecek bir uygulama örneğidir.

## 3. TASARLANAN SİSTEM (DESIGNED SYSTEM)

Bu çalışmada, laboratuvar ölçümlerinde ve deneylerde sıkça kullanılan bir test cihazı olan osiloskobun düşük maliyetli bir tasarımı üzerinde durulmuştur. Çeşitli uygulamalar için genel amaçlı bir mikrodenetleyici olarak kullanılan PIC (Programmable Interface Controller) mikrodenetleyicisi ile ölçüm ve işaret işleme teknikleri gerçekleştirilerek, ölçüm sonuçları 128x64 grafik LCD ekran üzerinde görüntülenmiştir. Tasarımda kullanılan PIC18F4620 mikro denetleyicisinin uygulama programı C programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir. İşaret işleme ve analog-dijital dönüştürme işlemlerini gerçekleştiren işlemci, 13 kanal 10-bit ADC devresine, 3968 byte bellek boyutunda RAM belleğe ve 1 KB EPROM belleğe sahiptir. Mikrodenetleyicinin program belleği 64 KB olup 36 adet genel amaçlı giriş-çıkış portuna sahiptir. Mikrodenetleyicinin giriş-çıkış portları, grafik LCD'yi kontrol ederken, volt/div ve time/div

kontrolleri de mikrodenetleyicinin yazılımla giriş olarak tanımlanan portları ile yapılmaktadır.

Mikrodenetleyici kontrollü iki kanallı sayısal osiloskobun giriş bölümünde kullanılacak ölçüm kanalı için bir kanal seçim yapısı bulunmaktadır. Kullanıcı ölçüm kanalını belirledikten sonra, ölçüm yapacağı gerilim değerine göre zayıflatıcı devreyi kullanarak ölçüm aralığını belirleyebilmektedir. Tasarlanan sistemin blok diyagramı Şekil 2'de görülmektedir. Giriş bölümündeki kanal seçici ve gerilim bölücü devreler ile uygunlaştırılan giriş işareti, mikrodenetleyicinin ADC girişlerine uygulanmaktadır. Mikrodenetleyici, ölçülecek giriş işaretinin alternatif akım (AA) ya da doğru akım (DA) olup olmadığını kontrol ederek ilgili ADC kanallarından birisini seçmektedir. ADC kanalının belirlenmesinin ardından, mikrodenetleyici ölçülen işaretin ekranda sabit bir şekil olarak görüntülenebilmesi için tetikleme (triggering) işlemini gerçekleştirmektedir. Ölçülen analog işaretin gerilim değeri, volt/div butonları ile dikey ekseninde, frekans değeri ise time/div butonu ile yatay ekseninde mikrodenetleyici tarafından ölçeklendirilmektedir. Shannon Örnekleme Teoremine göre örnekleme frekansı ölçülecek işaretin frekansının en az iki katı olmalıdır. Örnekleme işlemlerinde, mikrodenetleyicinin RAM ve EPROM bellekleri önemli bir yere sahiptir. Tasarımda kullanılan 18F4620 mikrodenetleyicisi ADC kanallarında 100 Kbps örnekleme oranına sahip olmakla birlikte, giriş işaretinin frekansı 25 KHz ile sınırlandırılarak örnekleme oranı giriş işaretinin 4 katı olarak belirlenmiştir. Giriş örnekleme oranınının 4 kat olarak seçilmesi, örnekleme sonucunda elde edilecek işaretlerin gerçeğe daha yakın olarak görüntülenmesini sağlamıştır. Bunun yanı sıra tasarlanan osiloskop devresi, girişinde kullanılan gerilim bölücü devreler ile tepeden tepeye 20 V gerilim ölçebilecek durumdadır. Gerilim bölücü devrelerin yapısı değiştirilerek ölçüm aralığı artırılabilir.

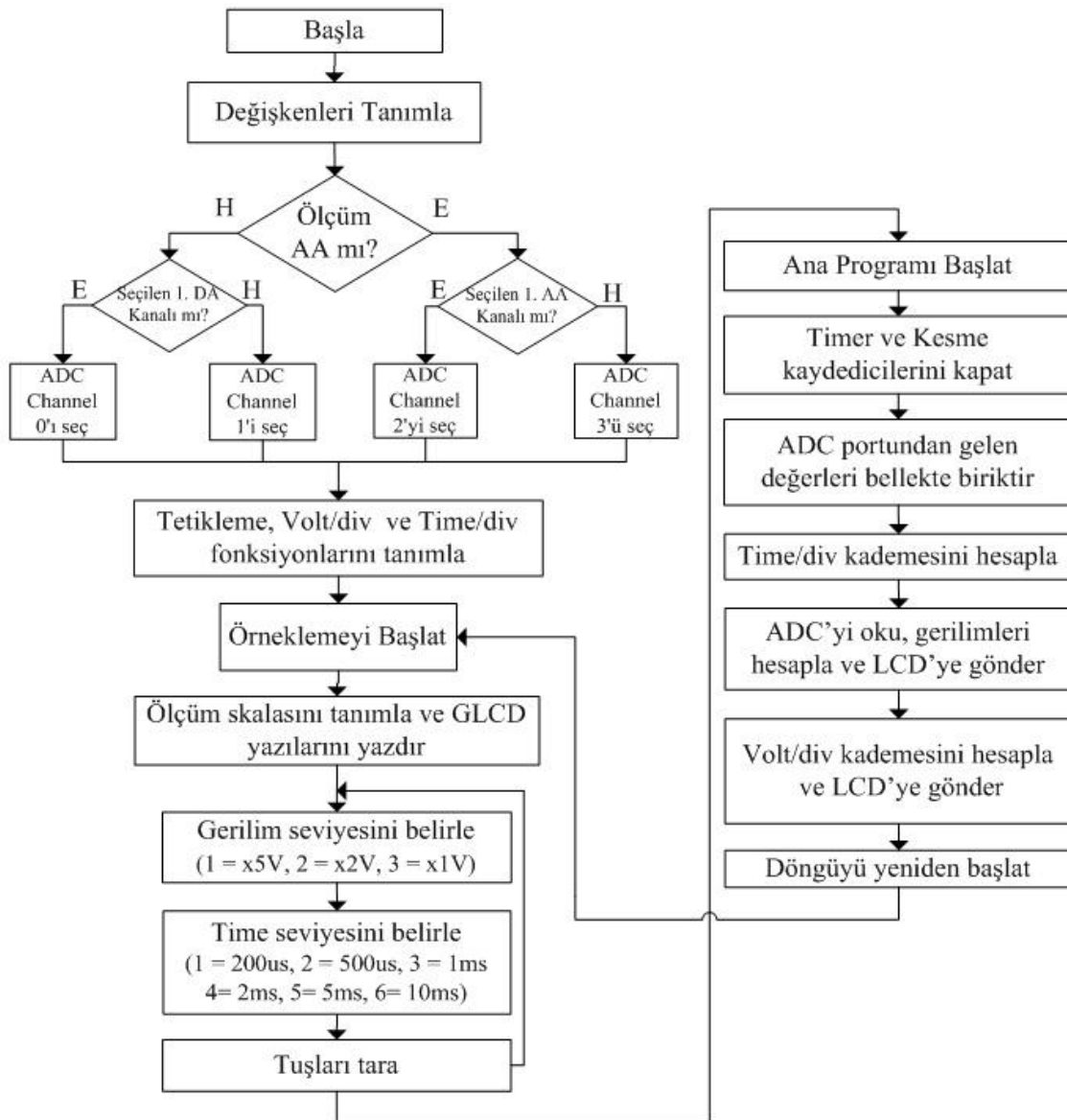


Şekil 2. Tasarlanan iki kanallı osiloskobun blok diyagramı  
(Figure 2. The block diagram of designed dual-channel oscilloscope)

Tasarlanan osiloskop devresinde, dikey tarama değerleri ekranda 4 satır üzerinde volt/div kademesi için 1 V, 2 V ve 5 V olarak, yatay tarama

değerleri ise 6 sütun üzerinde time/div kademesi için 200  $\mu$ s, 500  $\mu$ s, 1 ms, 2 ms, 5 ms ve 10 ms aralıklarında belirlenmiştir. Gerilim ekseninde değerler arasında geçişleri kontrol etmek için V/div+ ve V/div- butonları, zaman değerlerini kontrol etmek için ise time/div+ ve time/div- butonları tanımlanmıştır. Hold butonu ise, değişken genlik ve frekans değerlerine sahip giriş işaretlerinin ölçümünde anlık değerleri ekranda tutmak için kullanılmaktadır. Mikrodenetleyicinin giriş portlarında yer alan butonlar, donanım kesmelerini kullanarak ana programın çalışması esnasında gerilim ve zaman ekseninde değişiklik yapmaya olanak tanır.

Tasarımı gerçekleştirilen osiloskop, girişine uygulanan işaretleri mikrodenetleyici ile analogdan sayısala dönüştürmekte ve grafik ekran üzerinde görüntülenmeye uygun hale getirmektedir. Bu işlemleri gerçekleştirmek üzere oluşturulan programın akış diyagramı Şekil 3'te verilmiştir.



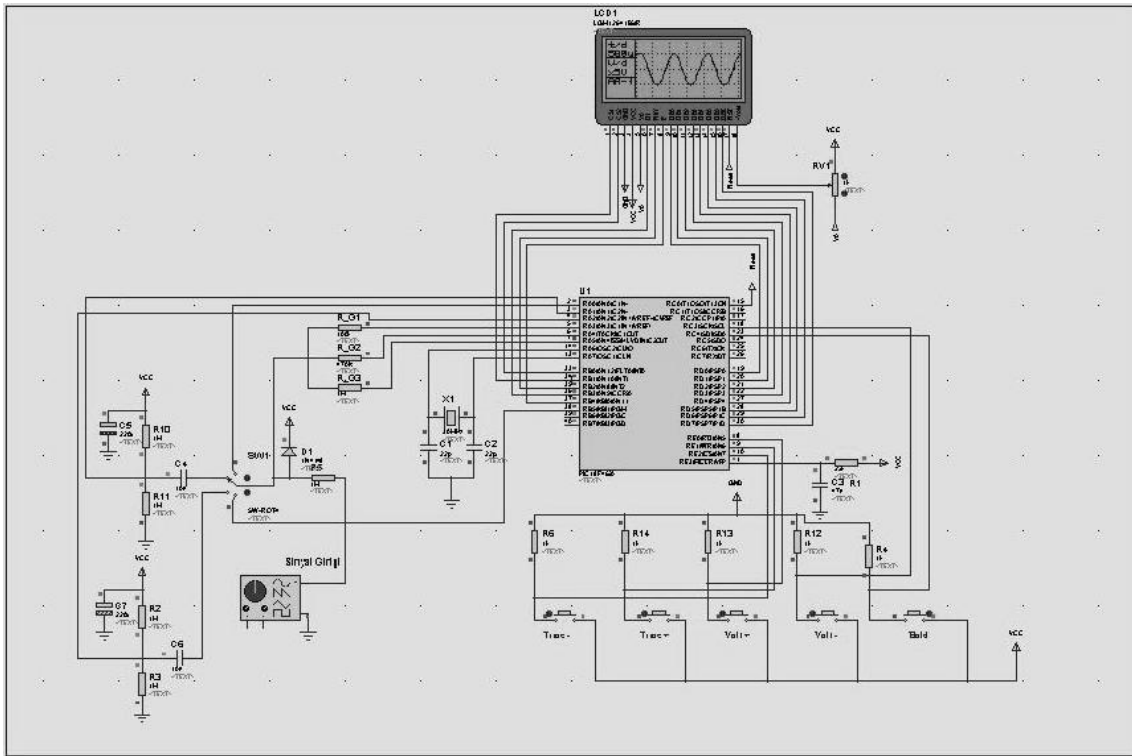
Şekil 3. Mikrodenetleyici programının akış diyagramı  
(Figure 3. Flowchart of microcontroller program)

#### 4. SİSTEMİN İNCELENMESİ (ANALYSIS OF THE SYSTEM)

Mikrodenetleyici için girişte belirlenmesi gereken 3 temel değişken, ölçülecek işaretin tipini (AA ya da DA), volt/div kademesini ve time/div kademesi belirleyen değişkenlerdir. Ölçüm kanalı, AA ya da DA giriş işaretine göre belirlenmekte ve mikrodenetleyici tarafından ilgili ADC kanalı kullanılmaktadır. Tetikleme fonksiyonu, giriş işaretinin sabit bir şekil olarak ekranda görüntülenmesi ve incelenmesi için önemli bir fonksiyondur. Ölçülen giriş işareti üzerinde herhangi bir nokta başlangıç referansı olarak belirlendikten sonra, volt/div ve time/div fonksiyonları ile işaretin genlik ve frekans ölçeklendirmesi gerçekleştirilir.

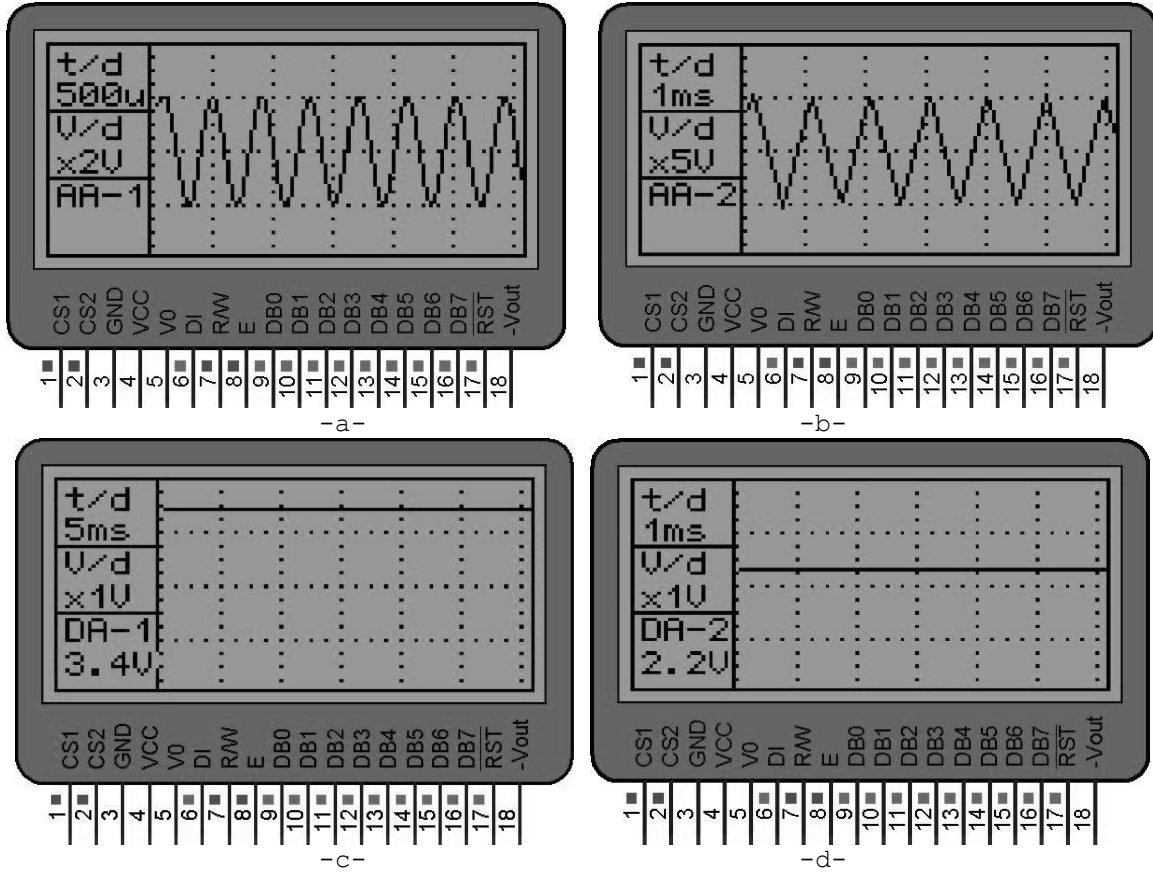
Giriş parametrelerinin belirlenmesi ile mikrodenetleyici, temel ekran yazılarını grafik LCD ekrana göndererek ekran üzerindeki 4 satır ve 6 sütundan oluşan işaret görüntüleme alanını oluşturur. Mikrodenetleyici bu işlemlerin ardından ana programı başlatarak örnekleme döngüsüne girmektedir. Örnekleme döngüsünde, mikrodenetleyicinin EPROM ve RAM belleklerinin büyük önemi bulunmaktadır. Gerçekleştirilen hesaplama ve ADC'den veri okuma işlemleri, mikrodenetleyicinin özelliklerine bağlı olarak osiloskop uygulamasının performansını belirlemektedir. Örnekleme döngüsü, mikrodenetleyicinin ölçüm yaptığı süre boyunca giriş işaretinin ADC ile işlenip grafik LCD'ye 8-bit bant genişliğinde gönderilmesini sağlamaktadır. PIC18F4620 mikrodenetleyicisi, günümüzde kullanılan 8-bitlik mikrodenetleyiciler içerisinde en yüksek performansa sahip denetleyicilerden birisidir.

Şekil 4'de, donanım ve yazılım tasarımları gerçekleştirilen ve çalışması benzetim programı ile doğrulanan osiloskop devresi görülmektedir.



Şekil 4. Benzetim işlemleri sonucunda oluşturulan sistem  
(Figure 4. The proposed system as a result of the simulation process)

Mikrodenetleyici kontrollü iki kanallı sayısal osiloskopa yapılan ölçümlerden bazıları Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Ölçüm sonuçları

a) 4V-2,5KHz sinüs işaretinin 1. AA kanalındaki ölçüm sonucu, b) 10V-1KHz üçgen işaretinin 2. AA kanalındaki ölçüm sonucu, c) 3,4 V DA işaretinin 1. DA kanalındaki ölçüm sonucu, d) 2,2 V DA işaretinin 2. DA kanalındaki ölçüm sonucu.

(Figure 5. Measurement results

a) 4V-2.5 KHz sine signal measurement result on AC Ch.-1, b) 10V-1 KHz triangle signal measurement result on AC Ch.-2, c) 3.4 V DC signal measurement result on DC Ch.-1, d) 2.2 V DC signal measurement result on DC Ch.-2)

##### 5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

İşaret işleme ve görüntüleme cihazları, deneysel çalışmalarda büyük öneme sahiptir. Literatür taramasında, temel ihtiyaçları karşılayacak görüntüleme cihazları ile ilgili çalışmaların eksikliği göze çarpmaktadır. Bahsedilen eksikliği gidermek üzere gerçekleştirilen bu çalışmada, mikrodenetleyici kontrollü iki kanallı sayısal bir osiloskobun tasarımı ve çalışması incelenmiştir. Tasarımın örnekleme oranı giriş işaretinin 4 katı olarak belirlenmiş ve 10-bit ADC dönüştürme oranı ile yüksek hassasiyetli örnekleme gerçekleştirilmiştir. Tasarım aşamasında, analog ve sayısal devrelerin modelleme işlemleri Proteus modelleme ve benzetim programı ile yapılmıştır. Farklı çalışma şartları altında test edilen osiloskop, yazılım ve donanım özelliklerinin geliştirilebilir olduğunu da göstermektedir. Tasarlanan iki kanallı sayısal osiloskop Elektrik-Elektronik Mühendisliği ve Meslek Yüksekokulu öğrencilerinin temel laboratuvar ihtiyaçlarını karşılayacak bir ölçüm cihazı olmanın yanı sıra, uygulama örneği olarak da değerlendirilebilir.

18F serisi PIC mikrodenetleyicileri 8-bitlik mikrodenetleyici grubu içerisinde en gelişmiş model olsa da, yüksek frekans uygulamalarında ve örnekleme oranlarında kullanıcıyı kısıtlamaktadır. Bu nedenle, sayısal osiloskobun daha hızlı çalışan ve örnekleme oranı daha yüksek olan bir başka mikrodenetleyici grubu ile tasarlanması profesyonel uygulamalara imkân tanıyacaktır.

#### **NOT (NOTICE)**

Bu çalışma, 14-16 Ekim 2010 tarihinde Dicle Üniversitesinde tamamlanan Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumunda (BUMAT2010) sözlü sunumu yapılmış ve NWSA yazım esaslarına göre yeniden düzenlenmiştir.

#### **KAYNAKLAR (REFERENCES)**

1. Pereira, J.M.D., (2006). The History and Technology of Oscilloscopes. IEEE Instrumentation and Measurement Magazine, Volume:9, Number:6, pp:27-35.
2. Deyst, J.P., Paulter, N.G., Jr., Daboczi, T., Stenbakken, G.N., and Souders, T.M., (1998). A fast-pulse Oscilloscope Calibration System. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Volume:47, Number:5, pp: 1037-1041.
3. Remley, K.A. and Williams, D.F., (2003). Sampling Oscilloscope Models and Calibrations. IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest. Philadelphia, Volume:9, pp:1507-1510.
4. Chickamenahalli, S.A. and Hall, A., (1997). Interfacing a Digital Oscilloscope to a Personal Computer Using GPIB. 27th Annual Conference 'Teaching and Learning in an Era of Change' Frontiers in Education Conference. Pittsburgh, PA, Volume:2, pp:904.
5. IEEE, (1970). IEEE Standard Specification of General-purpose Laboratory Cathode-ray Oscilloscope. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Volume:19, Number:3, pp:179-194.
6. Khan, S.A., Agarwala, A.K., and Shahani, D.T., (2005). Implementation of Advance Oscilloscope Triggering Scheme on FPGA. Proceedings of the IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference. Ottawa, Ont., Volume:1, pp:407-411.
7. Rush, K., Draving, S., and Kerley, J., (1990). Characterizing High-speed Oscilloscopes. IEEE Spectrum, Volume: 27, Number:9, pp:38-39.
8. Dellsie, N. and Gartan, D., (1990). A formal Specification of an Oscilloscope. IEEE Software, Volume:7, Number:5, pp:29-36.
9. Yu Zheng and Shepard, K.L., (2003). On-chip Oscilloscopes for Noninvasive Time-domain Measurement of Waveforms in Digital Integrated Circuits. IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems, Volume:11, Number:3, pp:336-344.
10. Adams, R.K., (1991). The Virtual Oscilloscope: an Impedance Match to Beginning ECE Students, IEEE Transactions on Education, Volume:34, Number:4, pp:350-356.
11. Baran, J. and Sroka, J., (2008). Uncertainty of ESD Pulse Metrics Due to Dynamic Properties of Oscilloscope. IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, Volume:50, Number:4, pp:802-809.