

# YÜKSEK GİRİŞ EMPEDANSLI AC VE DC TEPE DEĞER VOLTMETRE TASARIMI

Kaan GÜLNİHAR, Ahmet MEREV, Serkan DEDEOĞLU

TÜBİTAK UME Gebze Yerleşkesi 41470 Gebze Kocaeli

kaan.gulnihar@ume.tubitak.gov.tr

## ÖZET

Yüksek gerilim ölçümleri, ölçülmekte olan gerilimin genlik değerinin çok büyük olmasından dolayı her zaman zor ve problemli bir konu olmuştur. Yüksek gerilimin türü ne olursa olsun (AC, DC ya da Darbe yüksek gerilimler) bir elektronik ölçüm cihazının doğrudan kullanımı mümkün değildir ve her zaman uygun yapıda gerilim bölücülerin kullanılması zorunludur. Gerilim bölücülerin çıkışındaki alçak gerilimin ölçülmesi aşamasında ise uygun yapıda tasarlanmış elektronik ölçüm cihazlarının kullanımının gerekliliği kaçınılmazdır. Uygun yapıyı sağlayan en temel unsur, ölçüm cihazının yüksek giriş empedansına sahip olması ve birlikte kullanıldığı bölücü ile empedans uyumudur. Diğer bir önemli unsur ise yüksek gerilim bölücüsünün, kalibrasyon işlemi sonucunda belirlenmiş bölüm oranının, ölçüm sistemine girilebilmesidir. Bu özellik ile kullanıcı, ölçtüğü yüksek gerilim genlik değerlerini doğrudan sistemden okuyabilmektedir. Bu çalışmada, tasarımı ve prototip yapımı gerçekleştirilen, AC ve DC yüksek gerilim ölçümleri için yüksek giriş empedanslı ve bölücünün bölüm oranı girilebilir yapıda bir ölçüm sistemi sunulmuştur.

## 1. GİRİŞ

Yüksek gerilim ölçümlerinde en temel sorun, ölçülen gerilim değerinin büyük olması ve doğrudan elektronik sistemler ile ölçülememesidir. Bu nedenle yüksek gerilim ölçümlerinde bölücüler kullanılmaktadır ve alınan ölçümlerin doğruluğuna etki etmektedirler. Ölçümlerin sağlıklı olmasına etki eden diğer bir unsur da, ölçüm cihazıdır. Kullanılan gerilim bölücü ne kadar iyi olursa olsun, birlikte kullanıldığı ölçüm cihazı uygun değil ise, alınan ölçümlerin doğru kabul edilmesi zordur. Özellikle yüksek gerilim testlerinde, bir objenin kabul / ret gibi kesin bir kararının verileceği aşamaların olduğu düşünülürse, ölçümlerin doğruluğunun da ne kadar önemli olduğu bir kez daha anlaşılabacaktır.

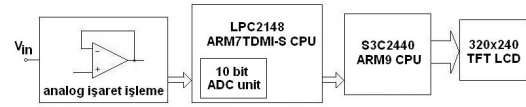
Yapılan bu çalışmada, prototipi gerçekleştirilen ölçüm sisteminin aşağıdaki özelliklere sahip olması planlanmıştır:

- $U_{RMS}$ ,  $U_{PEAK(+)}$ ,  $U_{PEAK(-)}$ ,  $U_{PEAK/2(+)}$ ,  $U_{PEAK/2(-)}$  AC ölçüm seçenekleri
- $U_{DC}$  DC ölçüm seçeneği
- Yüksek giriş empedansı ( $>100M\Omega$ )

- Birlikte kullanıldığı bölücünün bölüm oranının girilebildiği, kullanımı kolay yazılım
- Renkli, dokunmaya duyarlı, grafik ekran ve uygun arabirim
- Taşınabilir cihaz yapısı

## 2. TASARIM

Gerçekleştirilen prototipe ait tasarımın blok şeması Şekil 1’de görülmektedir. Yüksek gerilim bölücüsünün çıkışından alınan alçak gerilim işaretinin sistemde girdiği nokta  $V_{in}$  olarak gösterilmektedir.

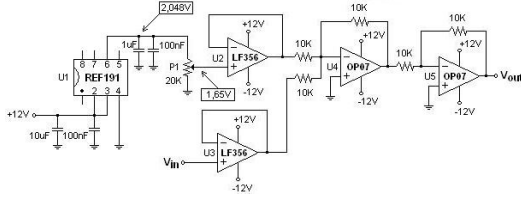


Şekil 1. Prototip tasarımın blok şeması

$V_{in}$  işaretinin bir ADC’nin (analog-sayısal dönüştürücü) girişine uygulanabilmesi için çeşitli analog işlem bloklarından geçmesi gereklidir. Bu şekilde ADC’nin çalışabildiği giriş işareti seviyesine inilmiş (veya çıkılmış) olmaktadır. Bu işlemi, şemada görünen “analog işaret işleme” bloğu gerçekleştirmektedir.

## 2.1 ANALOG İŞARET İŞLEME

Analog işlem bloğu, bölücüden gelen işaretin ADC girişine uygunlaştırılmasını sağlamakla birlikte, yüksek giriş empedansını da sağlamaktadır. U3 (LF356) opamp'ı, FET (field effect transistor) girişli yapıya sahiptir ve gerilim bölücü için uygun yüksek giriş empedansını sağlamaktadır.



Şekil 2. Analog işaret işleme bloğu

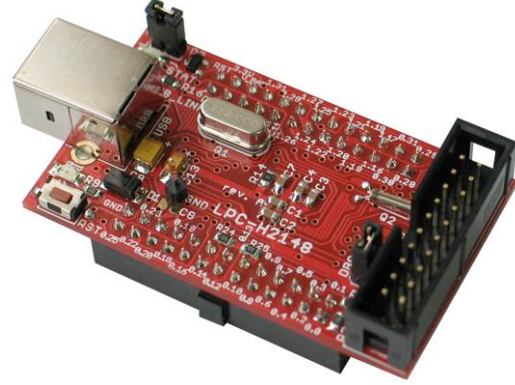
Kullanılan ADC'nin girişi unipolar (tek kutuplu) yapıdadır. Ölçümü yapılacak işaretin bipolar (çiftkutuplu, pozitif ve negatif kısma sahip) olduğu düşünülür ise, bir dönüşüm işlemi yapılması gerekmektedir. Analog işlem bloğu ile bu işlem de gerçekleştirilmektedir ve  $\pm 1,65$  V maksimum genlik aralığındaki bir işaret 0-3,3 V genlik aralığına çekilmektedir. Bu işlemin gerçekleştirilmesi için gerekli olan 1,65 V'luk referans gerilim, U1 (REF191) entegresi ile elde edilir.

Özel bir referans gerilim kaynağının kullanılması, tasarlanan sistem ile yapılacak ölçümlerin doğruluk ve kararlılığını doğrudan etkileyecektir. 1,65 V referans geriliminde oluşabilecek kayma sonucunda, ölçüm sisteminin pozitif ve negatif tepe değer ölçümlerinde hatalar ortaya çıkacaktır. REF191 referans entegresi 5 ppm/°C sıcaklık katsayısına ve 4 ppm/V gerilim katsayısına sahiptir.

## 2.2 ANALOG SAYISAL DÖNÜŞTÜRÜCÜ (ADC)

Tasarımın önemli bir noktası da Analog Sayısal Dönüştürücüdür (ADC). Harici bir ADC entegresinin kullanılması yerine mikrokontrolör içinde dahili olarak yer alan ADC'nin kullanılması uygun görülmüştür. Bu amaçla üzerinde NXP firmasının ARM7 çekirdekli LPC2148 mikrokontrolörü bulunan Olimex

firmasının ürettiği mikrokontrolör kartı kullanılmıştır (Şekil 3). LPC2148 mikrokontrolörü 32 bit, 60 MHz'lik bir ARM7 çekirdeğine ve 10 bitlik dahili ADC'ye sahiptir. Analog işaret işleme devresinden gelen 0-3,3V aralığındaki analog işaretleri sayısal işaretlere çevirmektedir.



Şekil 3. LPC2148 mikrokontrolör kartı

LPC2148 ARM7 kartı üzerinde çalışan gömülü yazılım kodu, Keil  $\mu$ Vision3 kod geliştirme platformunda yazılmış ve derlenmiştir. Bu kod ile mikrokontrolör, ADC girişinden 100 adet veri almakta ve bir tampon belleğe yazmaktadır. Daha sonra bu bellekteki 100 adet veri üzerinden DC, RMS,  $V_{PEAK(+)}$  gibi işaret parametreleri hesaplanır ve seri haberleşme yolu ile ARM9 kartına gönderilir. Alınan 100 adet veri, 50 Hz'lik bir işaretin yaklaşık 2 periyoduna karşılık gelmektedir.

Yazılan ve derlenen C kodu ile elde edilen HEX dosyası, NXP firmasının Flash Magic yazılımı ile LPC2148 mikrokontrolörüne aktarılmıştır.

## 2.3 RMS VE DİĞER PARAMETRELERİN HESAPLANMASI

Tasarlanan ve prototipi üretilen sistemin ölçüm modları;  $U_{RMS}$ ,  $U_{PEAK(+)}$ ,  $U_{PEAK(-)}$ ,  $U_{PEAK/2(+)}$ ,  $U_{PEAK/2(-)}$  ve  $U_{DC}$ 'dir.  $U_{DC}$  değeri, alınan 100 adet verinin aritmetik ortalaması ile bulunmaktadır.  $U_{PEAK(+)}$  ve  $U_{PEAK(-)}$  değerleri, alınan 100 adet verinin en büyük ve en küçük olanının bulunması yöntemi ile hesaplanmaktadır.  $U_{PEAK/2(+)}$  ve  $U_{PEAK/2(-)}$  değerleri ise  $U_{PEAK(+)}$  ve

$U_{PEAK(-)}$  değerlerinin doğrudan  $\sqrt{2}$  ile bölünmesinden hesaplanmaktadır.

$U_{RMS}$  değerinin hesaplanması ise daha karmaşık bir dizi işlem ile gerçekleştirilmektedir. Zamana bağlı, sürekli bir işaretin RMS değeri;

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V^2(t) dt} \quad (1)$$

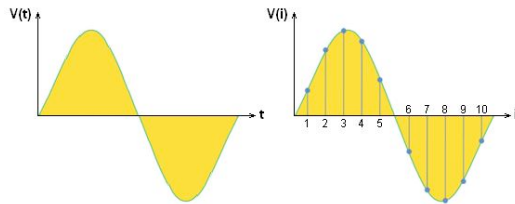
ifadesi ile bulunmaktadır. Burada;

$V(t)$  : Zamana bağlı, sürekli işaret

$T$  : İşaretin periyodu

$V_{RMS}$  : RMS değeri

şeklinde. Zamana bağlı, sürekli bir işaretin sayısal örneklenmesi sonucunda sürekli olmayan ve belirli seviyelere sahip (kuantalı) bir  $V(i)$  işareti elde edilir (Şekil 4).



Şekil 4. Kuantalanmış sinüs işareti

Analog-sayısal dönüşümü sonrasında elde edilen  $V(i)$  işaretinin RMS değerinin hesaplanmasında;

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N V^2(i)} \quad (2)$$

ifadesi kullanılmıştır. Burada;

$V(i)$  : Örneklenmiş (sayısal) işaret

$i$  : Örnek sayısı ( $i$ 'ninci örnek)

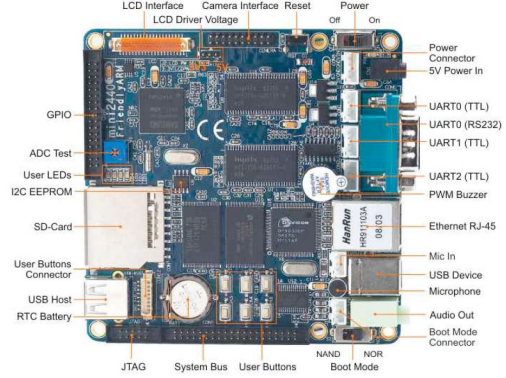
$N$  : Toplam örnek sayısı

$V_{RMS}$  : RMS değeri

şeklinde.

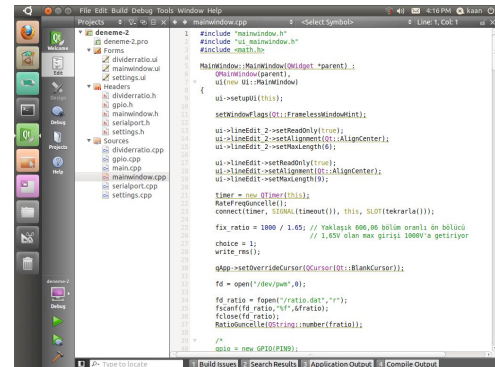
## 2.4 S3C2440 ARM9 KARTI

Sistemin kullanıcı arabirimini ve görsel yönünü sağlamak için Hiteg firmasının ürettiği Mini2440 mikrokontrolör kartı kullanılmıştır.



Şekil 5. S3C2440 mikrokontrolör kartı

Bu kart üzerinde Samsung firmasının S3C2440 ARM9 işlemcisi mevcuttur. Bu işlemci 32 bit 400 MHz işlem kapasitesindedir ve Windows, Linux gibi işletim sistemlerini üzerinde çalıştırabilmektedir. Kullanıcı arabirimi, kart üzerinde yer alan 3,5" dokunmaya duyarlı, renkli lcd ekran ile sağlanmaktadır.

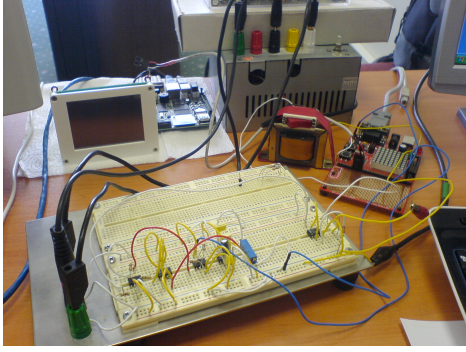


Şekil 6. Qt C++ programlama platformu

Yapılan çalışma kapsamında Linux 2.6.32.2 çekirdeği, prototipe özel olarak derlenmiştir ve kart üzerinde çalışmaktadır. Mini2440 kartı üzerinde çalışmakta olan Linux çekirdeği, tasarımcıya birçok programlama seçeneği sunmaktadır. Gerçekleştirilen çalışma kapsamında, ana programın ve kullanıcı ara biriminin oluşturulmasında, Trolltech firmasının (günümüzde Nokia satın almıştır) ürettiği

Qt C++ programlama platformu kullanılmıştır (Şekil 6).

Qt, gömülü sistemlerin tasarımında C++ programlama dilini kullanarak görsel (kullanıcı arabirimi gibi) ve işlevsel (teknik hesaplamalar gibi) öğelerin tasarlanması için uygun bir araçtır.



Şekil 7. Prototip çalışması görünümü

### 3. OLUŞTURULAN PROTOTİP

Yapılan donanımsal çalışmadan genel bir görünüm Şekil 7’de görülmektedir. Prototip, bildirinin yazıldığı tarih itibari ile baskılı devre yapımı, kutulanma ve son testlerinin yapılması aşamasındadır.



Şekil 8. RMS modunda ölçüm

RMS ölçüm modunda, genel ölçüm ekranı Şekil 8’de verilmiştir. Burada sadece S3C2440 ARM9 kartı ve renkli dokunmatik ekran görülmektedir.

### 4. SONUÇ

Bu çalışma ile yüksek gerilim ölçümleri alanındaki ölçüm cihazı eksikliğinin ve problemlerinin giderilmesi planlanmıştır. Günümüzde halen çok basit yapılı panel tipi göstergeler, yüksek gerilim ölçümlerinde ve deneylerinde kullanıl-

makta, bu durum hatalı sonuçlar alınmasına neden olmaktadır.

Oluşturulan prototip cihazın kutulanması ve deneylerinin tamamlanmasının ardından yüksek gerilim ölçümleri alanında yaygın olarak kullanılması beklenmektedir.

### TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK 1001-Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projelerini Destekleme Programı tarafından desteklenen 110E110 numaralı proje kapsamında yapılmıştır. Desteği nedeniyle TÜBİTAK’a teşekkür ederiz.

### KAYNAKLAR

- 1.HITEG LTD, “User’s Manual for Mini2440 V1.2”, 2008
- 2.OLIMEX LTD, “LPC-P2148 Development Board Users Manual Rev.D”, 2009
- 3.J. Blanchette, M. Summerfield, “C++ GUI Programming with Qt 4”, Prentice Hall, 2008
- 4.C. Hallinan, “Embedded Linux Primer”, Prentice Hall, 2006
- 5.SAMSUNG, “S3C2440A 32-Bit CMOS Microcontroller User’s Manual - Rev.1”, 2004
- 6.NXP Semiconductors, “LPC2148 User’s Manual – Rev.3”, 2010