

# KOMPLEKS ÖLÇÜM SİSTEMLERİNİN TASARIMI İSTEKLER & ZORLUKLAR



ÖLÇÜLEBİLİR FARK!

- > Farklı sensörlerin desteklenmesi
- > Senkronizasyon ve uzaktan kontrol
- > SCPI, Datastream, XCP, Ethercat
- > Örnekleme hızı, daha yüksek hızda örnekleme(oversampling)
- > Veri hacmi
- > Band genişliği

BİLGİYE Mİ  
İHTİYACINIZ VAR?

www.MARMATEK.com  
www.DEWETRON.com



Günümüz dünyası gitgide teknolojinin hakimiyeti altına giriyor. Bu nedenle rakiplerin hızına ayak uydurmanın yanı sıra pazarda lider olma baskısı da gereksinimleri arttırıyor. Sonuç olarak, talepler ve zorlukların sürekli arttığı bir dönemden geçiyoruz. Bu ihtiyaçları karşılamak için sürekli bir iyileştirme gereklidir. İstenen yüksek beklentilere ulaşmak için, ölçüm sistemleri de daha karmaşık hale geliyor, ancak böylece istenen tüm bilgileri ve talepler karşılayabilir hale geliyor. Tabi ki bu durum birçok zorluğu da beraberinde getiriyor. Bu yazının amacı, karmaşık ölçüm sistemlerinin bazı gereksinimlerine, temel bilgilere ve dikkate alınması gereken ilgili hususlara genel bir bakış sağlamaktır.



Şekil 1: Ölçüm sistemi giriş kanalları

## FARKLI TİPTE SENSÖR DESTEĞİ

Karmaşık sistemler, ilgili tüm verileri almak ve önemli sonuçlar elde etmek için çok sayıda parametrenin ölçülmesini gerektirir. Bu tür uygulamalar, voltaj, akım, sıcaklık, hız, tork, stres ve gerilimi ölçmek için çok sayıda farklı sensörün eş zamanlı olarak birlikte ölçülmesi ile yapılır. Harici ek donanım ile ölçüm sisteminin gereksiz yere genişletilmesinden mümkün oldukça kaçınılması sistem doğruluğu ve güvenilirliğini arttırmaktadır. Gerekli donanımın seçimi sırasında bugün olmasa bile ileride çok farklı sensörlerin beraber kullanılabileceği dikkate alınmalıdır.

En iyi durumda, donanım birden fazla farklı sensörü desteklemelidir. Bu şekilde kısıtlamalardan kaçınılır ve ölçüm sistemi değişen uygulamalara ve ihtiyaçlara göre ayarlanabilir.

### SENSÖR BESLEMESİ

Sensör beslemesi, bir yandan sensörlerin düzgün çalışmasını garanti etmek, diğer yandan da herhangi bir arızayı önlemek için önemli bir noktadır. Örneğin günümüzde hassas akım ölçümü için kullanılan Sıfır akı (zero-flux) transdüserleri sensör beslemesine karşı oldukça duyarlıdır ve hassasiyeti bu beslemenin kalitesine bağlıdır. Ölçüm sisteminin enerji besleme zincirinin bir halkasında arıza meydana gelse bile dönüştürücülerin beslemesini sürdürmek için akım dönüştürücüler için yedek bir sensör beslemesi önerilir.

## IEPE SENSÖRLER

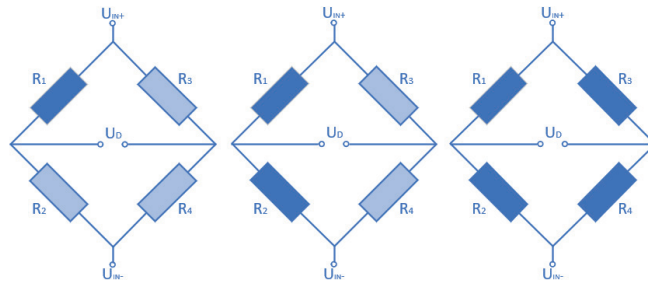
IEPE® sensörleri için uyarma akımı sensör beslemeleri için önemli bir rol oynar. IEPE® sensörleri, kuvvetin yüklerin yer değiştirmesine yol açtığı piezoelektrik etki ilkesine dayanmaktadır. Bu yer değiştirme bir voltaj olarak ölçülebilir. Bunun için yük çıkışını gerilime çeviren ve sabit akım ile sürülen entegreler kullanılır. Entegre elektroniklerin zaten yaklaşık 1 mA uyarma akımı tükettiği düşünüldüğünde, kablo kapasitansı olarak voltaj ve kapasitans arasındaki ters ilişkiden, uzun kablolarda voltaj sinyalinin zayıflamasını ve dolayısıyla sonuçların bozulmasını önlemek için daha yüksek bir uyarma akımına ihtiyaç olduğu ortaya çıkar. Bu nedenle hem IEPE sensörlerin elektronik entegrelerini hem de kablo uzunluğuna dayalı bozulmaları engellemek için sabit, ve kararlı bir akım beslemesi gerekmektedir.

## SICAKLIK SENSÖRLERİ

Sıcaklık ölçümleri, sıcaklığın bir çok etkisini gözlemlemek için sıklıkla ihtiyaç duyulan bir ölçüm türüdür. Sıcaklık ölçümü için genellikle iki farklı tip sensör kullanılır. Bunlar ısı çiftleri (Termokupl) ve RTD'lerdir. Isı çiftlerinin ölçüm prensibi malzeme özelliklerinin farklılıklarına dayanmaktadır. Termoelektrik katsayıları farklı olan iki madde arasındaki voltaj farkının ölçülmesi prensibine dayanır. Kullanılan malzemelere göre farklı tiplerde ısı çiftleri vardır. En yaygın olanı -200 ila 1350 C arasında çalışan K tipi ısı çiftidir. Ölçüm için donanım seçilirken ısı çiftinin tipi de dikkate alınmalıdır. RTD sensörler daha yüksek doğruluklu ölçümleri için kullanılabilirler. Değişen sıcaklıkla birlikte sensörün direncinin değişmesi ile ortaya çıkan voltaj farkının ölçülmesi prensibi ile çalışırlar. En yaygın RTD sensörü 0 C sıcaklıkta 100 ohm dirence sahip olan PT100 sensörüdür. Bu sensörler ısı çiftlere göre daha hassas ve maliyetlidir ancak ölçüm aralıkları 600 C ye kadardır.

## STRAIN GAUGE - GERİNİM ÖLÇER

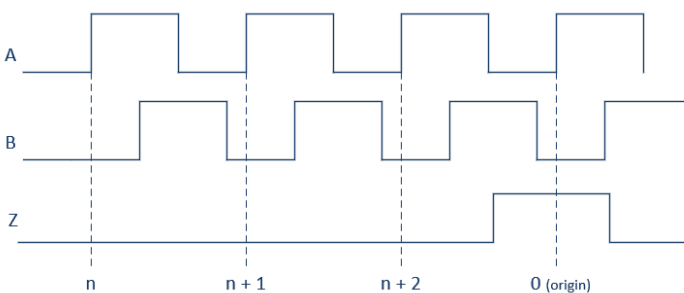
Gerinim ve mekanik gerilme ölçümleri, özellikle deformasyon ve dayanım testleri olmak üzere bir çok uygulamada sıklıkla istenmektedir. Bu uygulamalar aslında bir direnç olan gerinim pulunun (strain gauge) malzemedeki şekil değiştirmesi ile meydana gelen direnç değişiminin bir köprü devresi ile gerilime çevrilerek ölçülmesi prensibine dayanır. Ölçüm için gereken ihtiyaçlara göre çeyrek, yarım veya tam köprü devreleri kullanılabilir. Bu farklı şekiller şekil 2'de incelenebilir. Bu köprü devrelerine bağlı olarak donanım tarafından desteklenmesi gereken farklı kablolama şekilleri kullanılabilir. Kullanılan kablolardaki dirençlerin kompozasyonu için özellikle 3 ve 4 telli bağlantılar tercih edilir.



Şekil 2: Farklı strain gauge köprü devresi çeşitleri (çeyrek köprü 1 aktif gauge, yarım köprü 2 aktif gauge, tam köprü 4 aktif gauge)

## ENCODER

Bu sensörler dönüş hızını, mutlak açıyı ve dönüş yönünü ölçmek için kullanılır. Bu sensörler, bu parametreleri belirleyen A, B ve Z olarak adlandırılan 3 girişe sahiptir. A ve B girişleri 90 derece faz farkına sahip iki dalga katarı ve Z ise sensörün başlangıç noktasını belirleyen indekstir, her turda bir darbe verir.



Şekil 3: Encoder'in A, B ve Z girişleri

Sayma mekanizmaları için A ve B girişlerinin yükselen ve düşen kenarlarının kombinasyonlarına bağlı olarak farklı modlar bulunur. (X1, X2, X4) Bu yöntemler burada anlatılmayacak olup aşağıdaki tur başına darbe (ppr) değerlerine göre çözünürlüğün farklılığını gösteren bir örnek açıklanacaktır. Bu maksatla 360 ppr ve 1800 ppr ile bir enkoder sensörü karşılaştırılmıştır.

Aşağıdaki denklemde belirtildiği gibi, 360 ppr'lik bir encoder için çözünürlük 1 derece iken, 1800 ppr'lik enkoderin çözünürlüğü 0.2 derecedir. Bu durumda yüksek çözünürlük için gereken darbeleri sayabilmek için donanımın ölçüm frekansının çok yüksek olması gerektiği görülmektedir.

$$\frac{360^\circ}{360} = 1^\circ \quad \text{vs.} \quad \frac{360^\circ}{1800} = 0.2^\circ$$

Formül 1: Farklı PPR değerleri için karşılaştırma

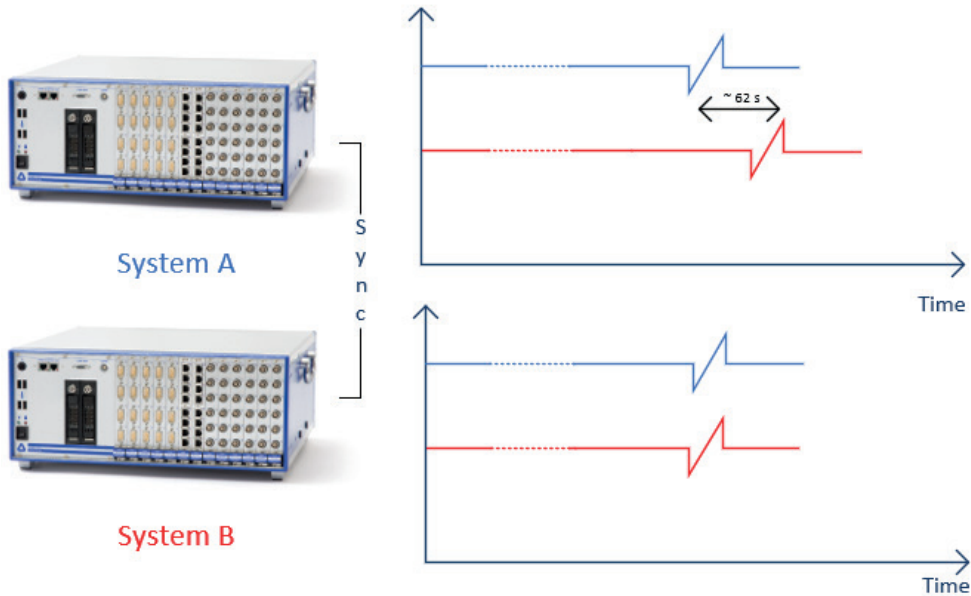
## SENKRONİZASYON

Dağıtılmış ölçüm sistemleri tasarlanırken en çok dikkate edilmesi gereken konu senkronizasyondur. Senkronizasyonun neden önemli olduğu aşağıdaki örnekte açıklanacaktır. Sistem A'nın zamanlama hatası 39 ppm ve sistem B'nin zamanlama hatası 15 ppm'dir. Kayıt aynı anda başlatılsın ve bir ay boyunca çalıştırılsın. Bu sürenin sonunda aşağıdaki formülde görüleceği üzere iki sistem arasındaki ölçümlerdeki zaman farkı 62 saniyeye ulaşır.

$$30_{\text{gün}} * 24_{\text{saat}} * 3600_{\text{saniye}} * (0.000039_{\text{ppm}} - 0.000015_{\text{ppm}}) = 62.2 \text{ s}$$

Formül 2: Bir aylık çalışma süresi sonunda oluşan toplam zaman hatası

Tabi ki, her iki sistemin hatası bilindiği takdirde veriler işlenirken bu senkronizasyon manuel olarak yapılabilir. Ancak 1 ay boyunca toplanılacak yüksek miktarda verinin getireceği yük nedeniyle ve gerçekte zamanlama hatasının kesin olarak bilinmemesi sebebiyle gerçekçi olmayacaktır. Ancak senkronizasyon bu sorunu çözmektedir. Sistem A sistem yöneticisi (master) ve sistem B ise kullanıcı (slave) olarak seçilirse, sistem B, A sistemi ile senkronize edilerek iki sisteminde aynı zamanlama hatasına sahip olması sağlanır. Bu durumda zamanlama hatası ihmal edilebilir. Şekil 3'te, senkronizasyonun mantığı grafiksel olarak gösterilmiştir.



Resim 4: Senkronizasyon prensip şeması

Doğruluk, konum gibi gereksinimlere bağlı olarak, senkronizasyon için çeşitli yöntemler vardır. Tablo 1 içerisinde bu yöntemlerin bazıları ve bunların limitleriyle ilgili kabaca bir bilgilendirme bulunmaktadır.

TRION-SYNC-BUS, DEWETRON'un birden fazla DEWETRON sistemini başka donanım olmadan senkronize etmek için tasarlanmış dahili senkronizasyon kaynağıdır. Bu sinyal, entegre SYNC I/O konektörleri aracılığıyla diğer şasilere iletilebilir.

Tablo 1: farklı senkronizasyon tiplerine bir bakış

Senkronizasyon Tipi	Doğruluk	Tipik Mesafe Limiti	Mutlak/Relatif Zaman
TRION-SYNC-BUS	$\pm 60 \text{ ns} \pm 5 \text{ ns/m}$	100 m	Relatif
PTP	$\pm 100 \text{ ns} \pm 5 \text{ ns/m}$	100 m	Mutlak
GPS	$\pm 300 \text{ ns}$	Limit Yok	Mutlak
IRIG	$\pm 2 \mu\text{s} \pm 5 \text{ ns/m}$	50 m	Mutlak
PPS	$\pm 60 \text{ ns} \pm 5 \text{ ns/m}$	10 m	Relatif

IRIG protokolü , darbe genişliği kodlaması ( pulse width coding) ve bir DC veya AC (sinüs dalgası) taşıyıcı sinyali ile farklı zaman kodları sunar. Ayrıntılı bir açıklama için daha farklı literatürü inceleyebilirsiniz.

PTP senkronizasyonu için mesafe sınırlaması, PTP özellikli anahtarlar(switch) kullanılarak genişletilebilir. Konuyu tamamlamak adına burada kanallar arası senkronizasyondan da bahsedilmesi gerekir. Genelde bu konu üzerinde fazla durulmamaktadır. Teorik olarak tüm kanallar birbirleri ile mükemmel şekilde senkronizedir, ancak pratikte aralarında çok küçük de olsa bir fark bulunabilir. Bu fark kHz mertebesindeki ölçümleri için ihmal edilir, ancak bilgi olarak akılda tutulması faydalıdır.

## UZAKTAN KONTROL

Ölçüm sistemlerinin uzaktan kontrol edilebilme yetenekleri, özellikle karmaşık ölçüm sistemleri için çok önemlidir. Hele ki, birbirine konumca uzakta veya kolayca erişilemeyen yerlerde bu özellik hayati önem taşır. Farklı alt sistemlere bölünmüş sistemlerde tek yerden kumanda işlemini sağlar. Bu kumanda işlerine örnek olarak aşağıdaki maddeleri verebiliriz:

- > Ölçümün başlatılıp/durdurulması
- > Ayar dosyalarını yüklenmesi/saklanması
- > Kayıt esnasında dosyalara isim verme

İlk olasılıklardan biri, ekran içeriğinin yerel bir PC'ye aktarıldığı bir VNC (Sanal Ağ Bilgi İşlem) veya RDP (Windows® için Uzak Masaüstü Protokolü) bağlantısının kullanılmasıdır. Böylelikle, fare ve klavye komutları VNC bağımlı birimine (uzak makineye) iletilir. Sonuç olarak, tam erişim sağlanır ve ölçüm sistemi, tıpkı önünde oturur gibi yapılandırılabilir.

Sadece yukarıda bahsedilen basit bazı komutlar yeterli ise, uzaktan kontrolün başka olasılıkları da vardır ve DEWETRON'un bazı seçenekleri aşağıdaki paragraflarda tartışılacaktır.

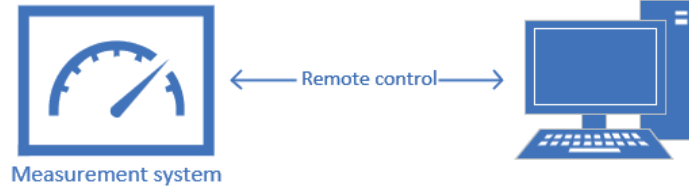
Bahsedilecek ilk opsiyon, SCPI arabirimidir. (Standard Commands for Programmable Instruments) veya "skippy" olarak da adlandırılır. İletişim katmanı olarak TCP/IP üzerinden çalışan ve kullanımı kolay bir düz metin arayüzüdür. Bu arayüz, en fazla erişim olanağına sahiptir ve yukarıda belirtilen tüm komutlar gerçekleştirilebilir. Tek veya arabelleğe alınan değerlerin aktarımı da mümkündür, ancak bu teknik incelemede daha fazla tartışılmayacaktır.

Datastream, SCPI ile yapılandırılmış ve ayrıca TCP/IP üzerinden çalışan ikili bir arabirimdir; bu nedenle, aynı komutlar kullanılabilir. Ayrıca ham verilerin aktarımı için yüksek hızlı bir arayüz olarak kullanılabilir.

Diğer bir ikili arayüz, iletişim katmanı olarak TCP/IP veya UDP/IP'yi kullanabilen ve CANape® veya INCAS yazılımı® ile birlikte çalışan XCP'dir. Gerçekleştirilebilecek komutlar yalnızca ölçümü başlatmak ve durdurmak olduğundan, kontrol komutları kısıtlanmıştır.

Son ve muhtemelen en karmaşık uzak kontrol arabirimi olarak EtherCAT'den sadece kısaca bahsedilmiştir. Bu arayüz ile ölçüm başlatılıp durdurulabilir ve bir kurulum yüklenebilir.

Seçeneklerin çoğu ile kanal özelliklerine doğrudan erişim ve manipülasyon **mümkün olmasa da**, gerekli kanal konfigürasyonu ile farklı kurulum dosyaları yüklenerek bu sorun aşılabılır.



Resim 5: Yerel bilgisayar üzerinden uzak ölçüm sisteminin kontrolü

## ÖNEMLİ PARAMETRELER

### ÖRNEKLEME HIZI ve DAHA YÜKSEK ÖRNEKLEME (OVERSAMPLING)

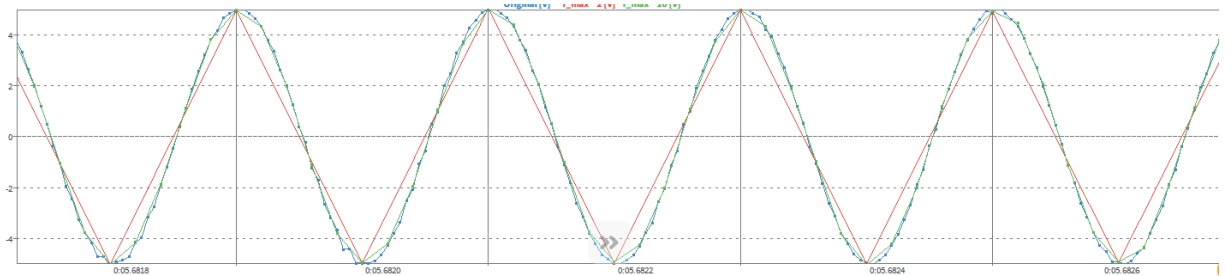
Örnekleme hızının doğru seçilmesi, ölçülen sinyalin digital ortamda tekrar oluşturulması için Nyquist teoreminin yerine getirilmesi açısından çok önemli bir kriterdir. Bu teoremin sağlanabilmesi için sinyaldeki en yüksek frekans bileşeninin en az 2 katı daha yüksek bir frekansta örnekleme yapılmalıdır.

$$f_{\text{örnekleme}} > 2 + f_{\text{max}}$$

Formül 3: Örnekleme zamanı ölçüm kriteri

Genelde sinüs şeklindeki sinyaller için uygun olan bu formül , pratikte, en yüksek frekansın 10 katında bir örnekleme hızı alınarak hesaplanır. Bu durum aşağıda kısa bir örnek ile açıklanacaktır

Şekil 6'te görüldüğü gibi, 10 V (Vpp) ve 5 kHz frekanslı bir sinüs dalgası sinyali üretilmiştir. Grafikleştirmek için bu sinyal 200 kHz ile örneklendi. (mavi sinyal). Ardından 10 kHz ile örnekleme yapıldı ( kırmızı sinyal) ki bu sinyal maksimum frekansın 2 katına eşittir. Son olarak ise maksimum frekansın 10 katında yani 50 kHz mertebesinde (yeşil sinyal) bir örnekleme zamanı seçildi. Şekil 6 da bu sinyallerin tekrardan oluşturulduğu grafik gösterilmiştir. Bir sinüs sinyali 2 kat örnekleme ile tekrardan oluşturulabilmektedir, ancak görüldüğü üzere bir sinüsten çok üçgene benzemektedir. Genel olarak örnekleme frekansı ne kadar yüksek olursa o kadar çok bilgi içerdiği söylenilebilir.



Şekil 6: 5 kHz Sinüs dalgası 200 kHz (Original), 10 kHz (f\_max \* 2), 50 kHz (f\_max \* 10)

Burada anlatılan durum daha yüksek örnekleme (oversampling) ilkesiyle karıştırılmamalıdır. Bir sinyal oversampling yapılarak daha yüksek bir doğruluk elde edilebilir, ancak original sinyalden daha fazla bilgi alınamaz. Kısa bir örnek ile bu durum şu şekilde açıklanabilir: (DEWETRON TRION-1820-POWER modülünün alınan değerler alınmıştır) Ölçüm aralığı ±2000 V ve ADC 18 bit çözünürlüğe sahip bir modülün okuduğu bir sinyalin okunabileceği çözünürlük 15 mV/bit'tir

$$\frac{4000 \text{ V}}{2^{18}} = 15 \frac{\text{mV}}{\text{bit}}$$

Formül 4: ±2000 V ve 18-bit ADC ile sinyalin çözünürlüğü

ENOB çözünürlüğü, 100 kHz'lik bir örnekleme hızı için yaklaşık 18.5-bit'tir. Başka bir ADC çözünürlüğü elde etmek için bir sinyalin dört kez aşırı örneklenmesi gerekir. Sinyali aşırı örneklerken, ayarlanan örnek oranını elde etmek için bazı örneklerin belirli bir zaman penceresinde ortalaması alınacaktır. Sonuç olarak ortalama alma, daha önce hesaplanan mV/bit adım çözünürlüğünün ortasında olabilecek bir değerle sonuçlanır. Böylece doğruluk artar ancak sinyalden daha fazla bilgi alınamaz. Örnekleme hızı daha düşük ayarlanırsa, aşırı örnekleme nedeniyle daha fazla örneğin ortalaması alındığından ENOB çözünürlüğü daha yüksek bir değere sahip olacaktır. Ancak, örneğin. DC güç ölçümleri için, yazılım ortamında sinyalin ortalaması alınır da, aynı sonuçlar elde edilir, çünkü daha yüksek bir örnekleme hızı, yazılımda zaman ortalaması alınacak daha fazla örnek alınmasına neden olur.



## VERİ HACMİ ve KAYIT

Ürün seçimindeki bir diğer önemli parametre veri hacmi ve depolama hızıdır. Özellikle yüksek örnekleme hızlarıyla çalışıldığında verilerin aktarım ve kayıt hızı büyük önem taşır. Toplanan tüm veriler önce ana karta ardından da sabit bir diske aktarmak için yüksek hızlar gereklidir. Özellikle birden fazla cihaz içeren büyük ölçüm sistemlerinde bu faktöre dikkate edilmelidir. Hangi BUS yapısının kullanıldığı değişkeni ile ortaya büyük farklılıklar çıkabilir. Bir PXI veri yolu kartı 90 MB/s bir veri hacminine ulaşabilirken, bir adet PXIe veri yolu kartı kullanıldığında bu değer 400 MB/s' ye kadar ulaşabilir. Bu şekilde 1GB/s'ye varan toplam veri hacim hızları elde edilebilir.

Saatler hatta günler süren kayıt süreleri olan uzun süreli ölçümler için depolama önemli bir rol oynar ve kaydedebilmek için ona göre hem depolama alanı hem de veri hızına yetiyecek bir sürücü seçilmelidir.

**Örnek 1:** 1 MHz örnekleme hızı ve 18 bit çözünürlük ile tek bir sistemde 100 kanalın kaydı, 1 TB (SSD) veri depolama ile yapılsın. yaklaşık 287 MB/sn'ye varan veri çıkışı PXIe veri yolu ile kolayca aktarılabilir. SSD disk dolana kadar bu hızda kayıt süresi aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$\frac{10^{12}}{287 \text{ MB}} * \frac{1}{60} * \frac{1}{60} \approx 1 \text{ hour}$$

Formül 5: Örnek 1

**Örnek 2:** 500 kanallı karmaşık bir ölçüm sistemini, kanal başına 500 kHz örnekleme hızı ve 18-bit çözünürlük ile ölçüm yapacak şekilde tasarlayalım. Her sistemde 1 TB SSD disk bulunmaktadır. (bkz. Şekil 7) Bu sistemlerin her biri cihaz başına 100 kanal içermektedir ve OXYGEN-NET seçeneği ile birbirlerine bağlanıp birbirleri ile senkronize edilirler. Ayrıca ana cihazdan kolayca yapılandırılabilirler. Tüm bağımlı sistemlerin verileri ana aygıtın içine aktarılabilir ve/veya saklanabilir. Bu gibi büyük sistemleri başarıyla kurabilmek için aşağıdaki hesapların yapılması gerekir. Sistem başına 500 kHz örnekleme hızında 100 kanal için 144 MB/sn veri çıkışına ulaşılır. Her sistem için maksimum kayıt süresi burada görülebilir:

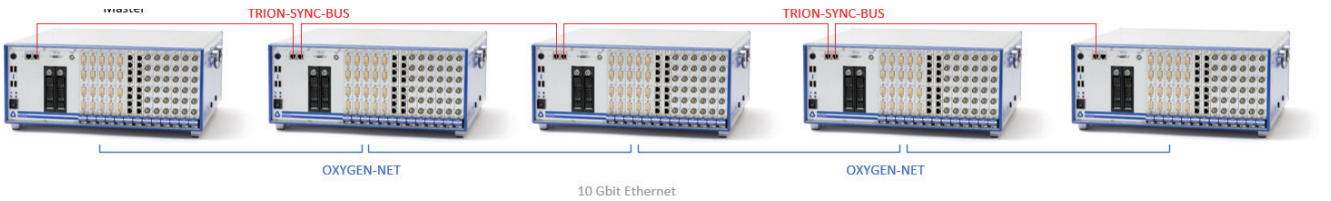
$$\frac{10^{12}}{144 \text{ MB}} * \frac{1}{60} * \frac{1}{60} \approx 2 \text{ hours}$$

Formül 6: Örnek 2

Veriler ayrıca ana cihaza da aktarırsa, bu durumda veri çıkışı 576 MB/s (4\*144 MB/s)'ye kadar artar ve bu sebeple 1,25 GB/sn'lik bir çıkışı karşılayabilmek için 10 Gbit Ethernet kullanılmalıdır. Tüm veriler ek olarak ana cihazda kayıt edilirse bu ise veri kayıt süresini 30 dakikaya düşürecekler.

$$\frac{10^{12}}{576 \text{ MB}} * \frac{1}{60} \approx 30 \text{ minutes}$$

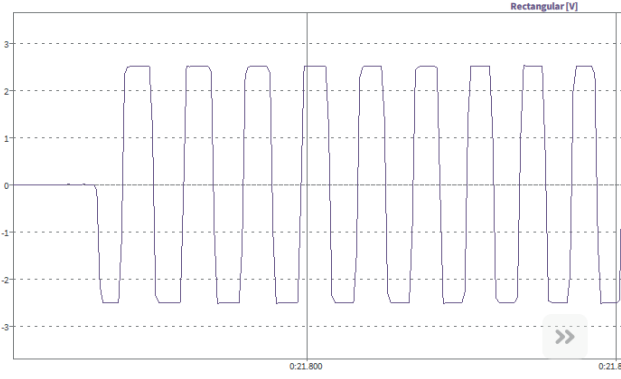
Formül7: Kayıt süresi hesabı



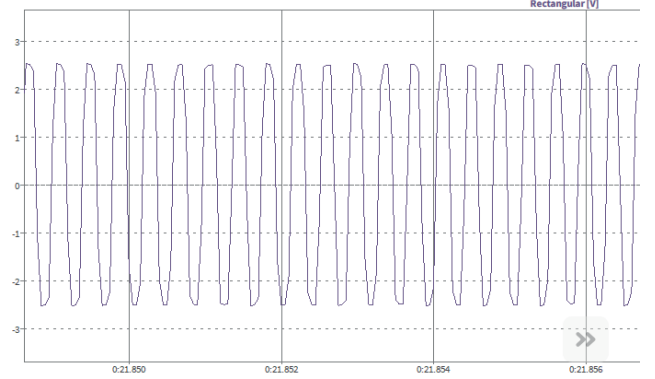
Resim 7:Kompleks bir ölçüm sistemi

## BANTGENİŞLİĞİ

Kısaca değinilmesi gereken son konu bant genişliğidir. Örnekleme hızının doğru seçilmesi gerektiği gibi bant genişliği de dikkate alınmalıdır. Bu başka bir örnekle açıklanacaktır. 1 kHz'den 30 kHz'e kadar dikdörtgen bir sinyal taraması oluşturulur ve 20 kHz'lik bir örnekleme hızıyla örneklenir. Daha önce gördüğümüz gibi, 20 kHz'lik örnekleme hızı aynı kalırsa, sinyal 2 kHz'e kadar maksimum frekansla yeniden oluşturulabilir. Şekil 8, sinyali gösterirken, dikdörtgen sinyal, başlangıç frekansı 1 kHz olduğu için açıkça yeniden oluşturulabilir. Halihazırda 2,5 kHz frekansında, Şekil 9'da görüldüğü gibi, dikdörtgen sinyal düzleştirilir ve daha çok sinüs dalgasına benzer. Bu süreç, sinyal artık yeniden yapılandırılmayana kadar devam eder. Donanım bant genişliğine yakın bir frekans, cihazın kullandığı filtrenin yapısına göre zayıflatacaktır. Genel tanım olarak sinyalin -3dB düştüğü frekans band genişliğini ifade eder, bu frekansın üzerindeki frekansta bulunan işaretlerin genlikleri -3dB den fazla şekilde kırılacaktır ve anlamsız olacaktır



Şekil 8: Dikdörtgen sinyal  $f = 1$  kHz



şekil 9: Dikdörtgen  $f = 2.5$  kHz

## ÖZET

Karmaşık bir ölçüm sistemi tasarlanırken göz önünde bulundurulması gereken bir çok konu vardır. Bu konuların düşünülüp istelere uygun bir biçimde seçilmesi ileride yanlış seçimlerle ortaya çıkacak sorunlardan kaçınmaya yardım edecektir. Bu sebeple yukarıda belirtilen parametrelerin dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi için zaman harcamaya kesinlikle değer.

Bu yazıda dikkate edilmesi gereken bazı genel faktörler anlatılmıştır. Her proje ve ölçüm kendi içerisinde farklı istelere sahip olduğu unutulmamalı ve buna göre seçimler yapılmalıdır. Bu şekilde sürekli değişen dünyada hem zaman kaybetmeyip, hem de maliyet tasarrufu sağlanılarak rekabet içerisinde kalınabilir.



## UZMAN

VERENA NIEDERKOFER

Verena Niederkofler, Graz'da bulunan Teknoloji Üniversitesi'nde biyomedikal enstrümantasyon anadalında biyomedikal mühendisliği diplomasına sahiptir. Üniversite yıllarında küçük form faktörü, düşük güç, yüksek hassasiyet ve çoklu sensör uygulaması için sensörler tasarlayan ve üreten Avusturya merkezli bir şirketin Ar-Ge departmanında opto uygulama mühendisi olarak çalışmaya başladı. Mezun olduktan sonra DEWETRON'a güç ve genel test ve ölçüm çözümleri için uygulama mühendisi olarak katıldı.

**YAZARA ULAŞMAK İÇİN:**  
[verena.niederkofler@DEWETRON.com](mailto:verena.niederkofler@DEWETRON.com)