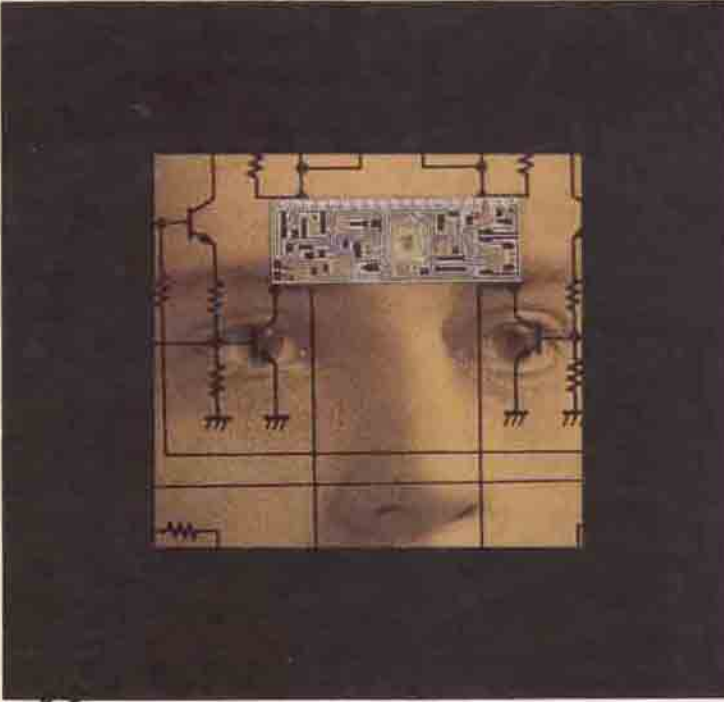


Elektronik Laboratuvar Donanımı



OZELLİKLE son 30-40 yıl boyunca inanılmayacak boyutlarda ilerleme gösteren elektronik sistemler teknik anlamda özel uzmanlık gerektirir hale gelmiş, uygulamada ise hemen herkesin kullanabileceği boyutlarda basite indirgenmiştir. Öyle ki kullanıcı kişiler sistemin ana yapısını bilmeden, sistemin sağladığı işlevleri rahatlıkla gerçekleştirebilmektedir. Bunun için sadece kullanım kılavuzunun okunması ya da sistemi tanıyan birisinin göstermesi yeterli olabilmektedir. Ancak bu öğrenim, kullanım mekanizması basit ya da genel amaçlı sistemlerde yeterli olabilmekte ise de, daha gelişmiş laboratuvar ölçüm sistemi benzeri karmaşık sistemlerde, elektronik olmasa da, daha kapsamlı teknik bilgi gerektirmektedir.

Kısaca İngilizce'de "Instrumentation" olarak bilinen, Türkçe'ye bir anlamda ölçüm sistemlerini tanıma ve/veya öğrenme olarak çevirebileceğimiz (bu açıklama tam olarak kelimeyi karşılamamaktadır. Bu nedenden dolayı yazı boyunca "instrumentation" olarak kullanılacaktır) kavram, özellikle deneysel ortamlarda çalışanlar için oldukça önemli bir olgudur. Aslında çok geniş bir tanım alanı bulunan "instrumentation" aklı gelebilecek her türlü ölçüm ve

analiz sistemini kapsamaktadır. Özellikle teknik olarak bu işlerle uğraşan kişiler, "instrumentation" konusunun kapsamındaki olan, kendi sistemlerine özgü ölçümleri oldukça iyi bilmek zorundadırlar. Aksi halde sisteme yeterince hakim olamayacakları gibi, ölçüm sırasında karşılaşılabilecek sorunlarla da baş edemeyeceklerdir. Bu sorunların arasında helki de en önemli birkaç tanesi; kalibrasyon, her türlü ölçüm ve kullanım hataları, elektronik düzenleme sorunları, istenmeyen her türlü gürültü vs'dir.

Kalibrasyon, esas olarak ölçüm yapılmak, kullanılan sistemin doğru ölçüm yapması için gerekli bir olgudur. Buna göre, temel olarak iki kalibrasyon türü vardır. Bunlardan birincisi ölçüm aletinin kalibrasyonudur. Bu tür kalibrasyon pek çok ölçüm aletinde, genelde bir defa yapılır; ancak aşırı hassas ve/veya çalışırken çeşitli etkilerden dolayı hassasiyeti bozulan ya da kullanım aralığına göre mekanik veya elektronik olarak değişime uğratılması zorunlu olan ölçüm cihazlarında, sık sık yapılmak zorundadır. Bu tür cihazların beraberinde cihazın standart kalibrasyon ekipmanları da, çoğunlukla cihazı üreten firma tarafından sağlanmakta ya da nasıl sağlanacağı konu-

sunda açıklayıcı bilgiler verilmektedir; bu tür bilgiler, cihazın kullanım kitapları içinde ya da ayrı bir kitapçık olarak, cihaza birlikte paketlenmiştir. Ne var ki, bu tür yazılar son derece kesin hatlarla teknik bilgileri gerektirmekte, hatta çoğu zaman eldeki teknik bilgi yeterli olmadığı için fazladan araştırma da yapılabilmektedir. Örneğin bilgisayar bağlantısı ile birlikte çalışan pek çok sistemin, hem kalibrasyonu, hem de kullanımı aşamasında, bilgisayarın yapısal ve elektronik donanım bilgilerini öğrenmek de gerekmektedir. Öyle ki bu bilgilerdeki yetersizlikler sonucu, ya çoğunlukla sistem çalıştırılmamakta, ya da çok nadir de olsa, onarılması olanaksız ya da pahalı arızalarla karşılaşmaktadır. İkinci olay sıklıkla karşımıza çıkmaz; çünkü bu tür gelişmiş sistemlerde genelde özel iç koruma mekanizmaları vardır; yanlış bir bağlantı ya da giriş yapıldığında sistem kilitlenerek ya da kapanarak, kendisini korumaya almaktadır. Böylece sistemin çalıştırılmadığı birinci durum meydana gelmektedir.

İkinci önemli kalibrasyon ise, algılama mekanizmalarındaki kalibrasyondur. Buna göre, sistemin dışına bağlanan ve veri girişini sağlayan yapı kalibre edilmekte, böylece İngilizce'de "sensor" olarak bilinen algılayıcıların doğru aralıkta çalışıp çalışmadığı anlaşılabilir ve sağlanmaktadır. Bu tür kalibrasyon kendi içinde, sistemin yapısına göre ikiye ayrılmaktadır. Buna göre, ya sistem girişi belirlenmiş ve değeri bilinen ölçümlere göre ayarlanmakta ya da yine ölçüm değeri kesin olarak bilinen, belirli bir aralıkta bir seri ölçüm yapılarak, sistemin bu girişlere karşı ne okunduğu ile karşılaştırılarak, gerçek ölçümler elde edilmektedir. Bu ikinci tür ka-

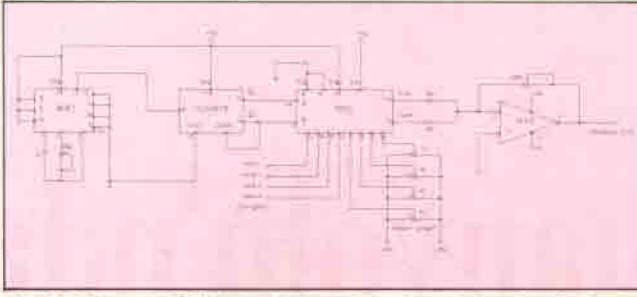
librasyon işi bir anlamda yazmaya dayalı olduğu için, normalde cihazın çalışmasını etkilemeden yapılmaktadır.

Kalibrasyon işine net bir örnek vermek gerekirse; elimizde sıcaklık ölçmeye yarayan bir elektronik sistem olsun. Bu ölçme, sistemde algılayıcı olarak da "thermocouple" adı verilen bir tür algılayıcı kullanılır. Genelde bu tür sistemler, öncelikle çalışacağı aralık için ayarlanmalı, yani kalibre edilmelidir; eğer bu aralık belirlenmezse, elbette sistem çalışacak, ancak yanlış ölçüm yapacaktır. Örneğin yanlış ayarlanmış bir aralıkta çalışan cihaz, 100°C olması gereken suyun kaynama derecesini, hiç alakası olmayan bir değer olarak gösterebilir. Bu tür sistemlerin doğru çalışıp çalışmadığını anlamamın en basit yolu; suyun kaynama ya da donma derecesinde yapılan basit ölçümlerdir. Ancak, eğer çok daha yüksek ya da çok daha düşük sıcaklıklar için ölçüm yapılacaksa, elbette su deneyleri tamamen ya da kısmen yetersiz kalabilmektedir. Bu durumda çalışılması düşünülen aralığa uygun başka bir madde kullanılmakta-

Kısa Kısa Elektronik...

Deney yapmanın en önemli adımı, öncelikle, deney sırasında genelde ne ile karşılaşılabileceğini bilmenizdir. Bile bu deney daha önce kullanılmamış yeni bir düzeneğe yapıyorsanız, deneyin kendisinin çok kullanılan dönmekten dolayı sorunlar ortaya çıkar. Öyle ki, araştırmanız oldukça uzun bir süre düzenli olarak ve tam anlamıyla hakim olabilmek için bazı deneyler yapmak zorunda kalabilirsiniz. Ancak düzenek tam olanıyla tanıdıktan sonra, yapılan esas araştırmaya geri dönülür, gerçek deneyler yapılmaya başlanır. Bu nedenden dolayı, bu tür planları olan kişilerin öncelikle sistem hakkındaki, eski teknik ve bilimsel bilgilerini güncellemeleri, bilmeleri için en kolay yoldur. Ancak bu şekilde düşünme tam anlamıyla hakim olup, gerçek araştırmaların başlangıcıdır. Zaten süreç içinde öğrenilen uzmanlık, yeni bir deney düşünmeye geçiş kolaylaştırır. Bu nedenden dolayı deneyler çalışmaya dönüştürülür, daha sabırlı olmaları gerekmektedir. Aslında bu bilgi tüm bilimsel araştırmalar için geçerlidir; de, deneysel amaçlı çalışmalarda biraz daha ağır basmaktadır (fakat bunların hiçbirisi kesin bir parti olarak algılanmamalıdır).





Tek Kanallı Ölçümde Dört Kanallı Ölçümle Bütünleşen Elektronik Ölçüm Üzerine Deneyler Yapılarak Bir Çok Yaratıcı Elektronik Ölçüm Aletlerinin Tasarımı Gösterilmektedir. Bu ay içerisindeki devre ise, tek kanallı bir ölçümde olan kalibrasyon kanal sayısını dört'e katlamaya olanak sağlayan bir tasarımdır ve "Electronics World" dergisinin Ocak 1992 sayısında derlenmiştir. Devre "Mediator" denir. Yüksek mermiyarayan isimli bir ara devredir. DC emekli (DC coupled) olarak çalışarak tasarlanmıştır. Devrede kullanılan dört adet, sadece akımın ve voltajın belirlenmek ve ayarlanmaktadır. Devre için gerekli 2MHz'lik saat salınımı 4047 tarafından üretilmektedir. Buna göre devrede bulunan A ve B noktaları multiplexerden gelen dijital seviyelerin seçimine yararlanmaktadır. Ölçümde girişine bağlanan tek zincir ise, 1MΩ'ta ayarlanabilir kazanç OP-AMP üzerinden yapılmaktadır.

dir. Örneğin düşük sıcaklık deney düzenekleri kalibrasyonu için, genelde sıvı azot veya benzeri maddeler kullanılmaktadır. Bu durumda sıvı azotun sıcaklığı bilindiği için kalibrasyon rahatlıkla yapılabilmektedir.

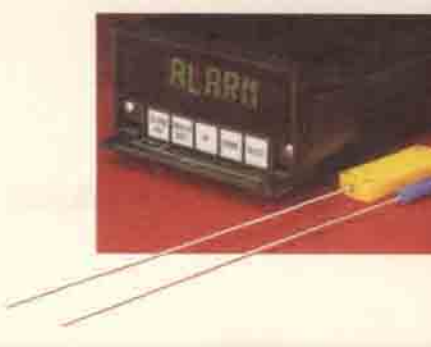
Sistemimizde kullanılması düşünülen algılayıcı da yine kullanılması düşünülen sıcaklık aralığına göre seçilmelidir. Çünkü her algılayıcı ile her türlü aralığın ölçümü yapılamamaktadır. Bu algılayıcılarında kalibrasyonu oldukça önemlidir. Özellikle laboratuvar koşullarında üretilen algılayıcıdaki ufak bir fark (üretim aşamasında meydana gelen ufak, atomik boyutlardaki farklar) ölçüm hassasiyetini etkileyebilmektedir. Ancak özel olarak, belirli amaçlar için fabrikasyon olarak üretilmiş algılayıcılarda bu hassasiyet sağlanmış olduğundan, genelde yeniden kalibrasyonu gerektirmemektedir, hatta pek çok araştırmacı için bu tür algılayıcılar, kendi ürettikleri algılayıcılar için bir standart teşkil etmektedir (bu tür özel üretilmiş algılayıcılar, genelde beraberlerindeki kalibrasyon tabloları ile birlikte sunulmaktadır). Kalibrasyonu ya-

plınamış algılayıcılar için kullanılan en bilinen yol basit bir dizi deney gerektirmektedir. Örneğin, oda sıcaklığı ve 100°C'a kadar olan aralıkta ölçüm yapılacaksa, su dolu bir kap içine konmuş, daha önceden hassas kalibrasyonu yapılmış bir mekanizma ile birlikte, kalibrasyonu yapılmamış algılayıcı, kullanılacak sisteme takıldıktan sonra, su yavaş yavaş ısıtılarak belirli zaman aralıklarıyla okunan her iki değer not edilerek, deney sonunda karşılaştırılır. Daha sonra kalibrasyon yapılan sistemin sapmaları belirlenerek, gerçek deneyde bu sapmaları yardımcıyla okunan değer düzeltilir. Ya da bazı cihazlar bu yeni değerleri bilgi olarak saklarlar ve bir sonraki ölçümde, ölçümü bu değerlere göre otomatik olarak ayarlarlar. Böylece her ne şekilde olursa olsun, doğru ölçüm yapılmış olur (elbette bu ölçümler %100 doğru demek değildir, sadece ölçüm sonuçları kabul edilebilir bir hassasiyet limiti içindedir).

Kalibrasyonu kadar önemli olan bir diğer konu da ölçümden ya da diğer herhangi bir etkiden kaynaklanan hatalardır. Bu hatalar mutlaka hesaplanmalı ya

da en azından deneydeki hataların varlığı tespit edilmelidir. En önemli hatalardan biri, özellikle dijital aletlerin hemen hepsinde karşılaşılan yuvarlama hatalarıdır. İngilizce'de "Round-Off Error" olarak bilinen bu tür hatalar, genelde analog bir değer, dijitalize edilmesi sırasında ortaya çıkar. Buna göre, doğadaki tüm sinyaller öyle ya da böyle analog şekilde, yani sürekli olarak, Oysa dijital ölçüm aletleri ise, belirli bir sayıyla sınırlanmıştır. Bu durum, kullanılan cihazın yapısına göre, bazı değerlerin aşağı ya da yukarı bir değere yuvarlanmasına neden olacaktır. Eğer bu değişim alet içinde birden çok defa yapılmak zorundaysa, sonuçta elde edilen bilgi gerçekten mutlaka az ya da çok farklı olacaktır. Örneğin elimizdeki aletin göstergesi noktadan sonra iki sayıya kadar gösteriyor olsun ve ölçüm yaptığımız beş değer de sırasıyla gerçekte; 24.120423, 24.123306, 24.128123, 24.387001, 24.389235 olsun. Bunlar gerçek değerlerken göstergemiz, her türlü ayarlamamızın tamamen doğru olduğunu düşünürsek, 24.12, 24.12, 24.13, 24.39, 24.39 gösterecektir. Bu fark çok önemli değilmiş gibi gözükse de, hassasiyetin önemli olduğu ölçümlerde, belirli oranda hata meydana getirecektir. Bir de bu verilerin sırayla ve beşten çok daha fazla olduğu zaman toplanıp, ıylandırılıp bir sistem düşünürsek, hatanın toplamda ne kadar büyük olabileceği görülmektedir. Bu tür hatalar genelde önlenemez hatalardır ve sistemin tasarımına bağlıdır. Bu bağlamda alınması düşünülen sistemin yeterli olup olmayacağı, kullanılacağı hassasiyeti de dikkate alınarak, önceden çok iyi planlanmalıdır.

Bir de benzer olarak kesme hatalarını görmekteyiz. Buna göre sinyal süresiz bile olsa, cihaz ancak bunun belirli bir oranını alabilecektir. Örneğin girişimizdeki değer 123.1255647789... gibi



bir sayı olsun, aletimiz ancak bunun belirli bir bölümünü alabilececek, gerisini kesip atacaktır; örneğin 123.1255647 gibi. Bu ise başka bir hata ortaya çıkarılmaktadır. İngilizce'de "Truncation Error" denilen bu tür hatalar da çok fazla önlenemez ve genelde cihazın hassasiyetine bağlıdır.

Tüm bu hataların yanında bir de ölçüm hataları vardır ki, bunlar bir ölçü de olsa önlenilebilmektedir. Bunların arasında en rahatsız edicisi, hemen her yerde var olan gürültü etkisidir. Gürültünün kaynağı çok farklı olabilir; aletin kendisinden ve düzenekte dış etkilere kaynaklanan gürültü, doğal ortam gürültüsü vb... Bu gürültüler çeşitli yöntemlerle en aza indirilebilir ancak tamamen ortadan kaldırılamaz. Bu nedenle, ya görmezden gelinir ya görmezden gelinilebilecek bir düzeye indirgenir ya da hata hesabının içine eklenerek, deney sonunda hesaplanır ve gösterilir.

Bunlar ciddi boyutta deneysel çalışmalarla uğraşan kişilerin karşılaştığı sorunların sadece küçük bir bölümünü göstermektedir. Burada sayılamayacak kadar çok ve kapsamlı sorunlarla boğuşmak ve çözümler üretmek zorunda olan araştırmacılar için teknik ve bilimsel bilgi çok önemli bir silah olmaktadır. Ayrıca belirtmeye çalıştığımız sorunlara verilen çözümler de, elbette her sistem için geçerli ya da yeterli olmayabilir. Bu nedenle ölçüm sistemleri ile uğraşmak, öyle ya da böyle belirli oranda anlatılan ve benzeri riskle ve sorunlarla karşılaşmak demektir. Bu riskler ve sorunlar ise deneysel çalışmalarını, hem zevkli, hem zevkli olduğu kadar da zor kılacaktır. Elektronik ölçüm yani instrumentation alanındaki gelişimi ise inanılmaz kadar hızlıdır. Hatta pek çok üretici, geliştirdiği sistemden, belirli bir sayıda fazla üretmeyip, hep daha gelişimini ortaya çıkartmaya çalışmaktadır. Bu ise, pek çok ölçüm sisteminin neredeyse bir sene gibi kısa sürede mode sayılmasına yol açmaktadır. Çünkü genelde yeni çıkan ürünler eski sistemlerin yaptıkları işleri yapabildiği gibi, pek çok ekstra yenilikle de donatılmış olarak piyasaya sürülmektedir. Araştırmacılar ise bu baş döndürücü hızla zaman zaman ayak uyduramamaktadır. Elektronik ve bilgisayar alanındaki en ufak gelişme ise, neredeyse birebir zamanlamayla, bu ürünlere yansımaktadır. Bu nedenle elde edilmiş düşünülen sistemler çok iyi belirlenmeli, ne ihtiyaçtan fazlası istenmeli, ne de teknolojinin gerisinde kalmalıdır.

Kaynaklar
Bentley J. P., "Principles Of Measurement Systems", 1988
Cook R. H., Rubinowicz E., "Physical Measurement And Analysis", 1963
Prentky S. D., Castellucci R. L., "Electronic Instrumentation", 1982

Elektronik Notları

"Thermocouple" adı verilen algılayıcılar, temel fizikten ortaya çıkmış, son derece kullanışlı elemanlardır (Türkiye'de sıcaklık çifti gibi bir anlamla çevrilebilecek olan "thermocouple" dilimizde tam bir karşılığı sahip değildir. Bu nedenle "thermocouple" olarak kullanılmaktadır). Genel olarak hemen her ortamda sıcaklık ölçmek amacıyla kullanılırlar. Çalışma prensibi sıcaklık değişiminden dolayı maddede içinde ortaya çıkan elektrik akışıdır. En basit olarak, iki farklı metalin özel kaynaklama yöntemi kullanılarak birleştirilmesiyle yapılır (en yaygın kaynaklama yöntemi), farklı metallerden üretilmiş iki metal katmandan oluşan kontrollü anlık bir elektrik akışı üretilir, birleştirilmesiyle elde edilen kaynaklamadır). Bu iki metalin birleştiği noktaya genel sıcaklık farklı bir sıcaklık uygulandığında, metaller boyunca bir akım, akıma bağlı olarak da kaynaklanmamış iki uç arasında da belirli bir voltaj farkı oluşur. Bu akımın yönü, uygulanan sıcaklığın ortam sıcaklığından fazla mı yoksa az mı olduğunu bildirir. Akım yönüne göre "thermocouple"ın polaritesi belirlenir ve bu polariteye göre ölçüm sistemine bağlanır.

"Thermocouple"ların en yaygın kullanıldığı yerler arasında, fabrikalarda bulunan yüksek sıcaklık limitleri, kimyasal reaksiyon tepkimelerindeki sıcaklığın kontrolünü gerektiren sistemler, elektronik termometreler, sıcaklığı duyarlı veya kontrol gerektiren sistemler, sıcaklık ölçüm ve kontrol deneyleri vb... sayılabilir.

"Thermocouple" tek başına kullanılmaz, genelde oldukça güçlü bir yükselticiye ihtiyaç duyulur. Çünkü sıcaklık değeriyle ilgili elde edilen akım ve/veya voltaj milivolt mertebesinde, son derece düşük bir voltajdır. Bunun nedeni olarak, oldukça iyi amplifikasyon yapılması gerekmektedir. Ancak amplifikasyon işlemi aynı zamanda gürültü oluşturduğu için, genelde bu tür algılayıcılar ölçüm sistemleri son derece hassas tasarlanmaktadır.

"Thermocouple"la sıcaklık ölçmenin mantığı ise, oluşan voltaj değerinin belirli bir sıcaklığa denk gelmesinden ortaya çıkmaktadır. Buna göre, elde edilen voltaj değeri, daha önceden elde edilmiş tablolarla karşılaştırılarak, ölçümü yapılan sıcaklığın değeri bulunur. Bu tablo "thermocouple"ın kalibrasyon deneyleri sırasında elde edilen değerlerden oluşturulur. Çünkü esas olarak bir thermocouple

ve ya bir dijital AVO-metreyle (analog AVO-metreler bu tür ölçümler için yeterli değildir) sıcaklık ölçümü oldukça iyi bir hassasiyetle yapılabilir. Kaldı ki, piyasada satılan pek çok sıcaklık ölçüm sistemi arasında gelişmiş bir voltmetreler, fakat çok daha hassastır. Doğrudan sıcaklığı değeri veren aletlerde ise, sistemin iç devrelerinde bulunan elde edilen voltaj değerini sıcaklık değeriyle karşılaştırma veya benzeri yollarla çeviren bir mikroişlemci mevcuttur.

"Thermocouple"lar kullanım alanlarına göre farklı sınıflara ayrılırlar. Bunlar, hem kullanılan metaller, hem de kaynaklama yöntemlerine birbirlerinden ayrılırlar. "Thermocouple"lar arasında en yaygın kullanılan birleştirilmemiş (bir çeşit alayım) "thermocouple"lar, çünkü çalışma bölgesi -225.1°C ↔ 400.9°C arasıdır. Bu tür "thermocouple"lar, T-çeşit (T-Type) de denmektedir. Bunun dışında demir-konstantan (-204.4°C ↔ 1200.7°C, J-Type), kromel-alümin (-184.4°C ↔ 1373.1°C, K-Type), kromel-konstantan (-217.0°C ↔ 1001.8°C, E-Type) gibi daha pek çok farklı amaç için "thermocouple" geliştirilmiştir. Uluslararası literatürler de ise bu "thermocouple"lar T-type, yani çeşit veya türlerine göre verilen özel isimleriyle tanımlanmaktadır.