

**KTÜ Fen Fakültesi Fizik Bölümü**  
**Nükleer Fizik Laboratuvarı Deney Föyü**

**Hazırlayanlar**

Prof. Dr. Tuncay BAYRAM, Arş. Gör. Taylan BAŞKAN, Arş. Gör. Selin SOYSAL DURAK, Anes HAYDER

**Deney 5**

**SiPM Özelliklerinin Öngerilim Voltajına Bağlılığı**

**AMAÇ**

-Öngerilim voltajında ana SiPM başa rım ölçülerinin bağımlılığının incelenmesi.

-Voltaja bağılı olarak SiPM'in optimal çalışma noktasının belirlenmesi.

**FİZİK ANEKTODLARI**

**Silikon Fotoçoğaltıcı (SiPM)**

SiPM bir yarı iletken foton detektördür. Geiger-Müller rejiminde çalışan, ortak bir çıkışa paralel olarak bağlanmış yüksek yoğunluklu tek mikro hücrelerden (diyetler) oluşur. SiPM bir analog foton detektörü olarak çalışır, hücrelerin "sayım yapması" ışık yoğunluğu hakkında bilgi sağlar. Bir ışık darbesine verilen tipik SiPM yanıtı, her biri çarpan fotonların sayısıyla orantılı olarak farklı sayıda ateşlenmiş hücreye karşılık gelen birden fazla iz ile karakterize edilir.

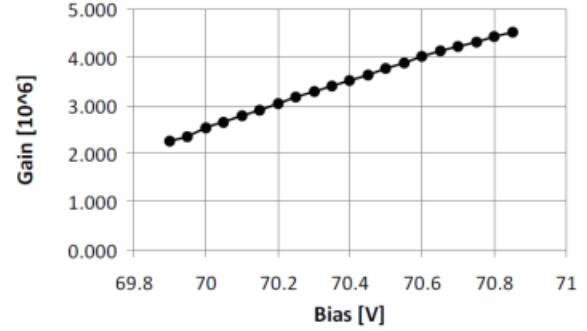
**Sintilatör**

Sintilasyon detektörlerinde, detektörün malzemesi, emilen fotonlar veya parçacıklar tarafından lüminesansa (görünür veya görünür ışık fotonlarının emisyonu) uyarılır. Organik, inorganik ve kristaller olarak üçe ayrılırlar. Organik sintilatörler en yaygın olanlarıdır. Optik fotonlar oluşturmak için yüklü parçacıkların ürettiği iyonizasyonu kullanan kristal, sıvı ve plastik olmak üzere genel olarak üç tipte sınıflandırılırlar.

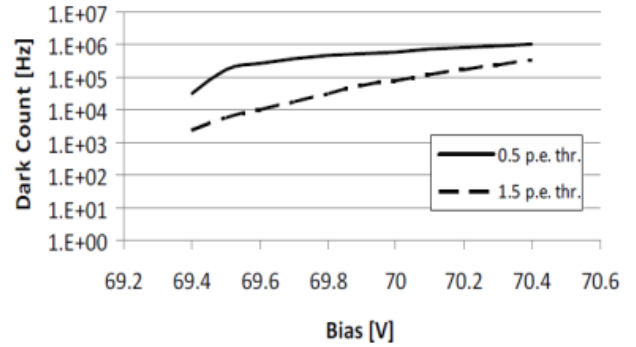
**KURAMSAL BİLGİ**

SiPM'nın ana özellikleri, öngerilim voltajına hassas bir şekilde bağılıdır. Belirli öngerilim (bias) voltaj değerlerinde maksimum detektör çözme gücü elde edilirken aşırı voltaj (overvoltaj) durumunda ise detektörün çözme gücü hızlı bir şekilde sifıra düşmektedir. Bu çerçevede bazı temel bilgiler şu şekilde sıralanabilir:

-Detektör kazancı (gain) ile öngerilim voltajı arasında doğrusal (linear) bir ilişki olması beklenir. Aşağıda verilen iki grafik buna örnek olarak gösterilebilir.

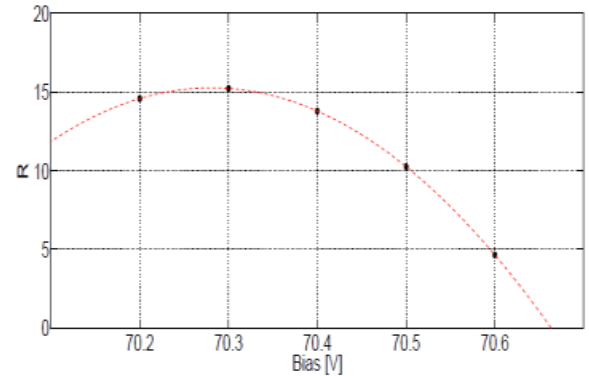


*SiPM kazancı – Bias voltaj ilişkisi*



*Karanlık sayım (DCR) – Bias voltaj ilişkisi*

-Tetikleme verimliliği, yani bir yük taşıyıcının iyonizasyon yoluyla bir çığ oluşturma olasılığı, bir doyma değerine ulaşılan kadar aşırı voltajla birlikte artmaktadır.



*Bias voltajının fonksiyonu olarak detektör rezolüsyon (çözümleme) gücü (R)*

Sonuç olarak, foton algılama (deteksiyon) verimliliği (PDE), sensör tepkisini etkileyen stokastik olaylarla (Karanlık sayım hızı, çapraz konuşma-crosstalk ve puls/darbe sonrası vb.) birlikte artar.

Aslında, sahte olayların süper-lineer bir şekilde büyümesi beklenir ve optimal çalışma noktasının belirlenmesi, uygun bir başarımlı ölçü (figure of merit) tanımını gerektirir. SiPM'nin foton sayısı çözümü kabiliyetinin maksimum olarak eldesi için önerilim voltajı optimal bir değere ayarlanabilir.

Yukarıda bahsedilen açıklamalar çerçevesinde bu deneyde, bias geriliminin detektör kazancını nasıl etkilediği, aşırı voltaj durumunda karanlık sayım değerlerinin ve detektör çözünürlüğünün nasıl değiştiği incelenerek optimal detektör çalışma bias voltajı belirlenecektir.

### DENEY İÇİN GEREKLİ MODÜLLER

- Güç kaynağı ve Yükselteç Birimi [SP5600].



- Sayısallaştırıcı (dijitizer) [DT5720A]



- LED sürücü (driver)



- Sensör tutucu [SP5650C]



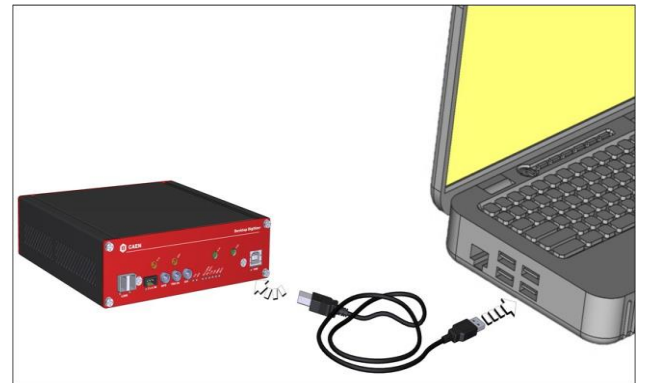
- Fiberoptik kablo (**Bükmeyiniz, germeyiniz**).
- MCX, LEMO ve USB kablolar ve masaüstü bilgisayar.

### DENEY DÜZENİĞİN KURULMASI

-Aşağıda verilen iki resimde görüldüğü gibi güç kaynağı ve sayısallaştırıcının güç bağlantılarının yapılması gerekir.

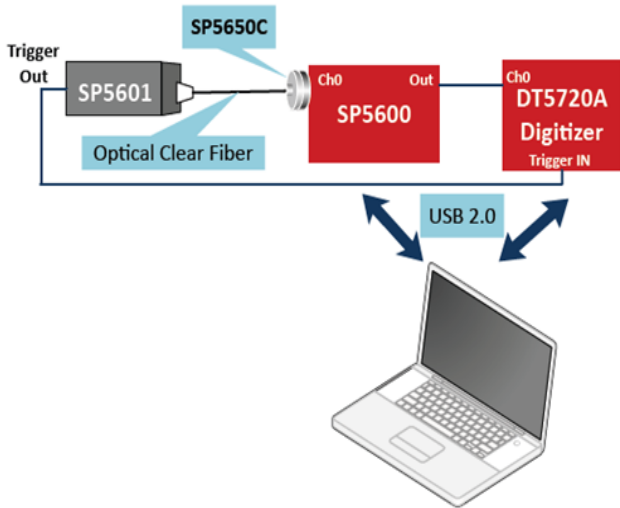


-Aşağıdaki iki şekilde gösterildiği gibi SP5600 (PSAU) ve DT5720A (DGTZ) PC'ye USB kabloları ile bağlanmalıdır.



-Ünitelerin bağlantıları, yazılımın ana GUI'sinin üst kısmındaki ilgili göstergeler yardımıyla doğrulanabilir. Doğru bağlanması durumunda HERA yazılımı penceresinde sol üst köşede bulunan iki kırmızı buton yeşil görünecektir.

-SP5601 ultra hızlı LED sürücüsünden gelen ışık darbesi (pulsu), fiber optik kablo ile test edilen sensörün bulunduğu SP5650C SiPM tutucuya iletilir (Ch0) ve SP5600'e bağlanır. SP5600'den alınan çıkış sinyali (Out), DT5720A masaüstü sayısallaştırıcının giriş kanalına (Ch0) bağlanır. SP5600 ve DT5720A, PC'ye USB üzerinden bağlanır. Bağlantı şeklinin aşağıda verilen deney diyagramında gösterildiği gibi olduğu kontrol edilmelidir.



**!!!ÖNEMLİ NOT!!!: Fiber kablo SP5600'a takılı değilken veya sensör tutucu (SP5650C) ağzı siyah tıpa ile takılı değilken güç kaynağı (SP5600) asla çalıştırılmamalıdır. Güç kaynağı çalıştırılmadan mutlaka görevli öğretim elemanlarına diyagramınızı kontrol yaptırınız. Aksi takdirde telafisi olmayan zararlar söz konusu olabilir!**

### DENEYİN YAPILIŞI

Bağlantılarımızın doğruluğunu kontrol ettirdikten sonra güç kaynağını çalıştırınız.

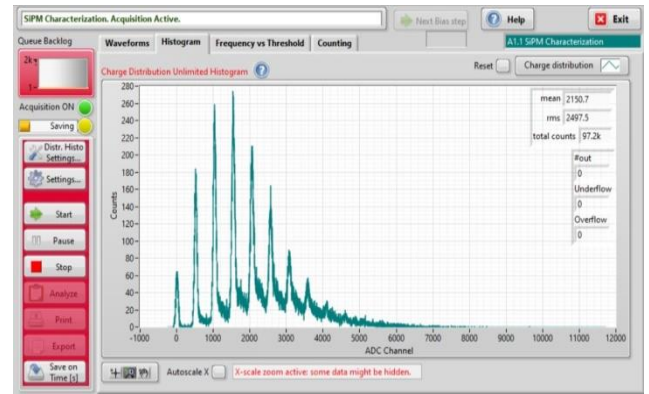
-LED sürücü ön panelindeki düğme dönüşünü 3'e (fotonların şiddetini) ayarlayarak LED sürücünün gücünü açınız.

-HERA ana ekranından "SiPM Characterization" butonunu tıklayarak açılan pencereye "OK" deyiniz. "Waveform" sekmesinde

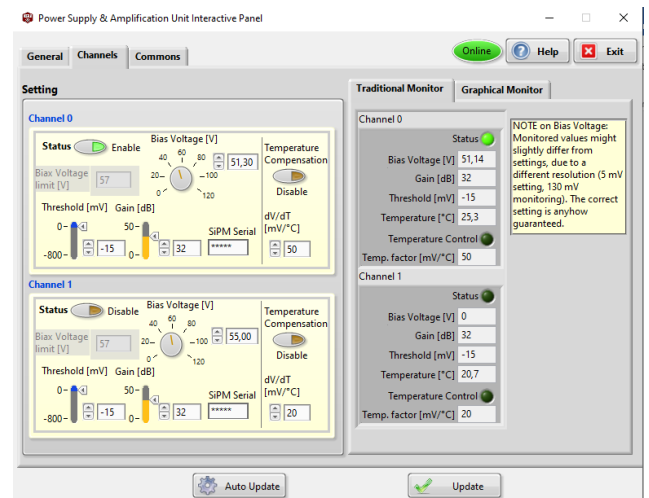
"Start" butonuna basıldığında aşağıda verilen şekildeki gibi atımlar görülmelidir.



-Histogram sekmesine geliniz ve "Start" butonuna bastığınızda aşağıda verilen şekildeki gibi pikleri görüp göremediğinizi kontrol ediniz.



-Daha sonra HERA ana ekranından "Hardware" kısmından "PSAU Interactive Panel"e tıklayarak aşağıdaki gösterilen pencerenin açılmasını sağlayınız.



-Bias Voltajı'ı 53 V'a ayarlayarak güncelleyiniz. Daha sonra "Histogram" sekmesinde sayımı

başlatıp 100 saniyelik sayım yaparak sayım sonrası data dosyasını “2\_bias\_53\_0” ismi vererek masaüstüne kaydediniz. Her bias voltaj değeri için ayrıca  $DCR_{0.5}$  ve  $DCR_{1.5}$  eşik gerilim değerlerini belirleyerek ilgili frekansları belirleyerek aşağıdaki tabloyu doldurunuz. Tabloları doldururken ilgili değerlerin hata paylarını da not almayı ihmal etmeyelim.

<b>LED Sürücü Şiddet Değeri: 3</b>				
Bias (V)	Kazanç	R (çözme gücü)	$DCR_{0.5}$ (Hz)	$DCR_{1.5}$ (Hz)
53,0				
53,3				
53,6				
53,9				
54,2				
54,5				
54,8				
55,1				

-Aynı işlemi LED sürücü şiddeti 4 değerinde iken tekrar ediniz.

<b>LED Sürücü Şiddet Değeri: 4</b>				
Bias (V)	Kazanç	R (çözme gücü)	$DCR_{0.5}$ (Hz)	$DCR_{1.5}$ (Hz)
53,0				
53,3				
53,6				
53,9				
54,2				
54,5				
54,8				
55,1				

## ANALİZ

-Kaydettiğiniz verilerin her birisini “SiPM Characterization” sekmesinde iken analiz ederek yukarıdaki tabloda kazanç ve R değerlerini belirleyiniz.

-Tablodaki verileri kullanarak her bir LED sürücü şiddet değeri için aşağıda listelenen grafikleri oluşturunuz.

- Kazanç – Bias Voltaj (V)
- R – Bias Voltaj (V)
- $DCR_{0.5}/DCR_{1.5}$  (Hz) - Bias Voltaj (V)

## Tartışma Soruları

1. Kullandığınız SiPM için optimal çalışma bias voltajını kaç Volt olarak belirlediniz?
2. Detektör kazancı ile aşırı voltaj arasında nasıl bir ilişki gözlemlediniz.
3. Tek başına detektör kazancının yüksek olması detektörün foton çözümü açısından iyi olduğu anlamına gelir mi?
4. Aşırı voltaj uygulamanın detektör çözümü gücünü azaltmanın yanında olası başka olumsuzlukları olabilir mi?
5. Detektöre farklı şiddette ışık darbeleri (puls) gönderdiğinizde yukarıda incelenen özelliklerde (optimal bias voltaj ve detektör kazancı) bir değişiklik gözlemlediniz mi? Nedenleri ile tartışınız.