

# TDAQ ve Algıçlar

Gökhan Ünel / UCI  
HPFBU Şubat 2015

# Kavramlar

- Algıç

→ olayları

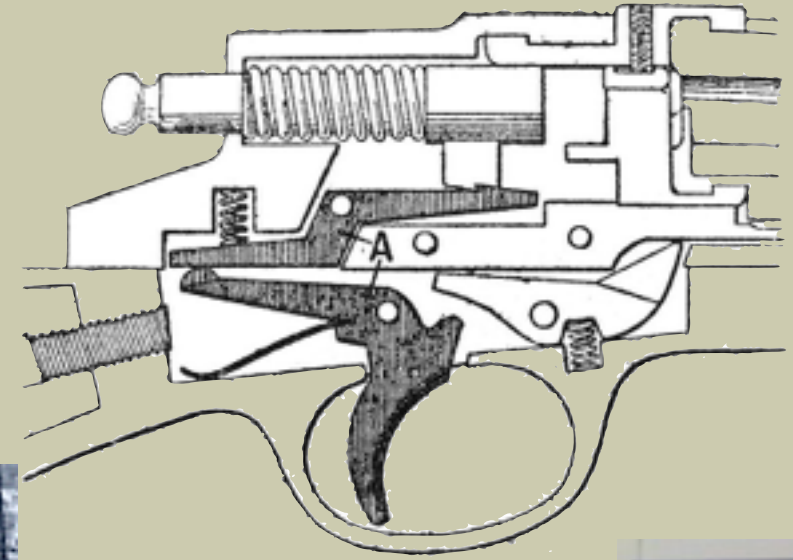


algılamak için alet

- Tetikleme

→ İstenilen olaya hızlıca verilen tepki,

→ Bir olay olunca yapılan iş



- Veri toplama

→ Algıçlardaki veriyi  
bilgisayara aktarmak



- Gerçek zamanlı programlama, İşletim sistemleri

- Sayılı Durum Makinesi / Finite State Machine





# Tetikleme (TRG)

---

- Hızlı bilgi, Öz bilgi

- ➔ geçti mi?

- ➔ oldu mu?

- ➔ ...`dan büyük mü?

- Nasıl ?

- ➔ çoğunlukla özel donanım ile (HW trigger)

- ➔ bazen de yazılım ile (SW trigger)

- Ne ?

- ➔ Eğer ... ise, yap ...

- ▶ Eğer parçacık geçti ise, modüllerde okuma yap.

- Tetikleme türleri

- ➔ Periyodik, raslantısal, kendinden

# Kullanılan aletler

- Birimler

➔ ADC, TDC, Register, IO...

➔ LynxOS, Linux, Windows,...

- Veri Yolu / Sandık (crate)

➔ CAMAC, VME, FastBus, PCI...

- Programlama dili

➔ C/C++, Labview

- Bilgisayar

➔ PC, mac, Work (e.g. Sun) Station,...

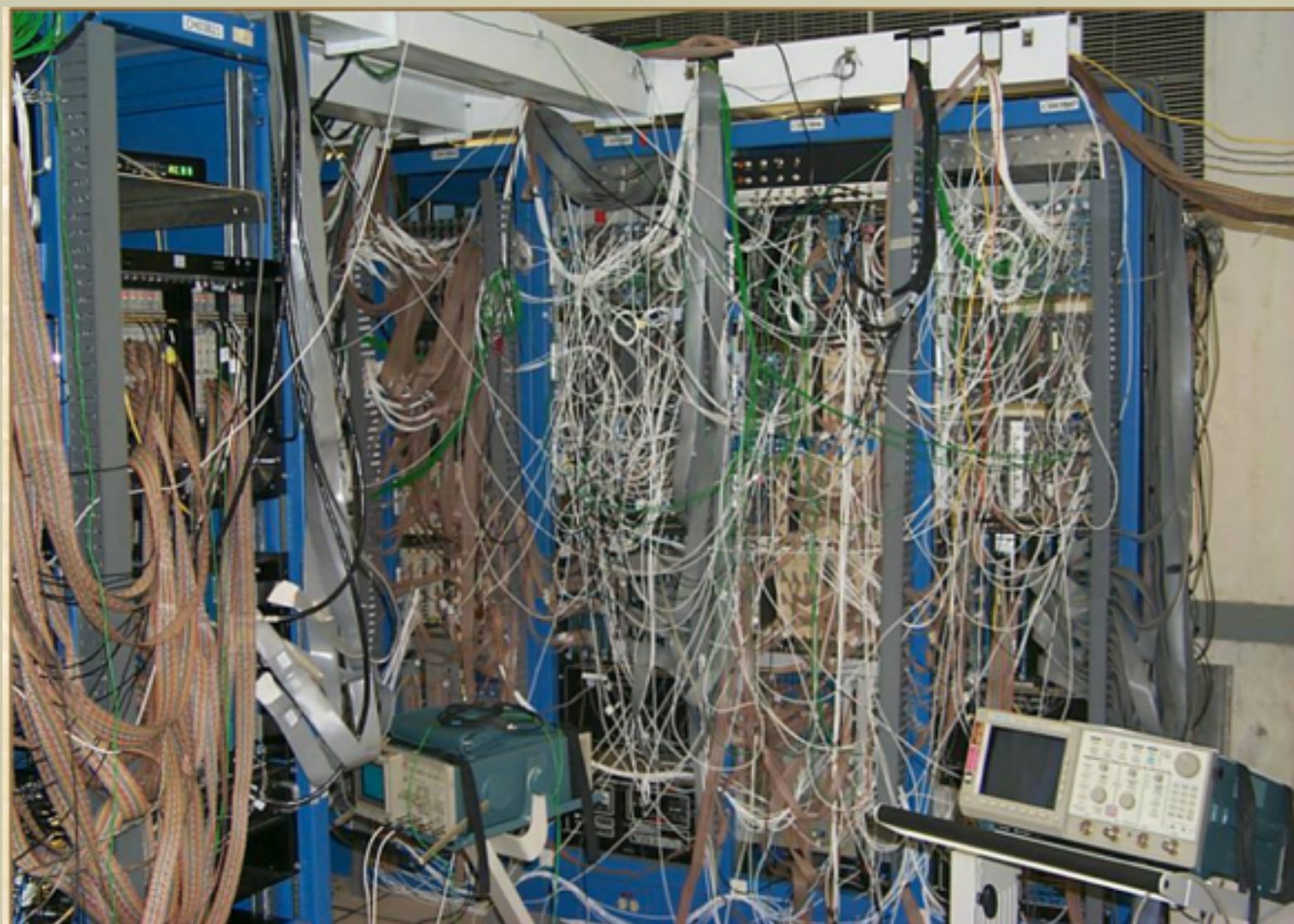
- Şebeke

➔ Gigabit NW, infiniband,...

- Kayıt birimi

➔ tape, SAN, NAS,...

- İşletim sistemi





# Veri Toplama

---

- ADC

- ⇒ Yüğü sayısallaştırır.
- ⇒ N kanallı, pC duyarlılığında

- TDC

- ⇒ Zamanı sayısallaştırır.
- ⇒ Ortak dur veya Ortak başla seçeneği
- ⇒ pS duyarlılığında

- Scaler → sayaç

- ⇒ sadece sayar "Kaç trigger geldi" gibi sorular için

Hepsi çok kanallı modüller

# dikkat...

---

- **Meşgul** (busy)

- ➔ Bir elektronik alet istenilen temel işi yaparken başka bir iş yapamaz. Eğer olaylar çok sık tekrarlanıyorsa, bu kayıp zaman bizim için önemli olur. Elektronik aletler meşgul iseler bu durumu bir sinyal ile belirtirler.

- **Ölü zaman** (deadtime) : olayların kayıt edilemediği zaman

- ➔ Okuma ölü zamanı : Algıçdan okumayı bitiremedik, yeni olaylar beklemeli

- ➔ Tetikleme ölü zamanı : Tetikleme sistemi hala olayı kabul edip etmemeyi düşünüyor, yeni olaylar beklemeli

- ➔ İşleme ölü zamanı : başka bir nedenle sistem bekliyor (veritabanından yeni run numarası alamıyoruz), yeni olaylar beklemeli

- **Gecikme** (Latency): işe başlamadan önce geçen zaman

- Bunları azaltmak iyidir.



# Standartlar

---

- NIM .. 1960 lar ve günümüz
  - ⇒ akılsız : modüller birbiri ile konuşmaz.
  - ⇒ modüller basit
  - ⇒ genelde TRG kurmak için kullanılır.
- CAMAC .. 1980 lar
  - ⇒ akıllı - günümüz için yavaş
- VME .. 1990 lar - ve günümüz
  - ⇒ akıllı - günümüz için yeterli, LHC deneylerinde kullanılıyor.
- PCI \ PCIexpresss .. günümüz
  - ⇒ paralel değil seri (az kablo az veri yolu, switch, xbar, network)
- ATCA,  $\mu$ TCA, .. 2020 ?
  - ⇒ yeni çıkıyor.

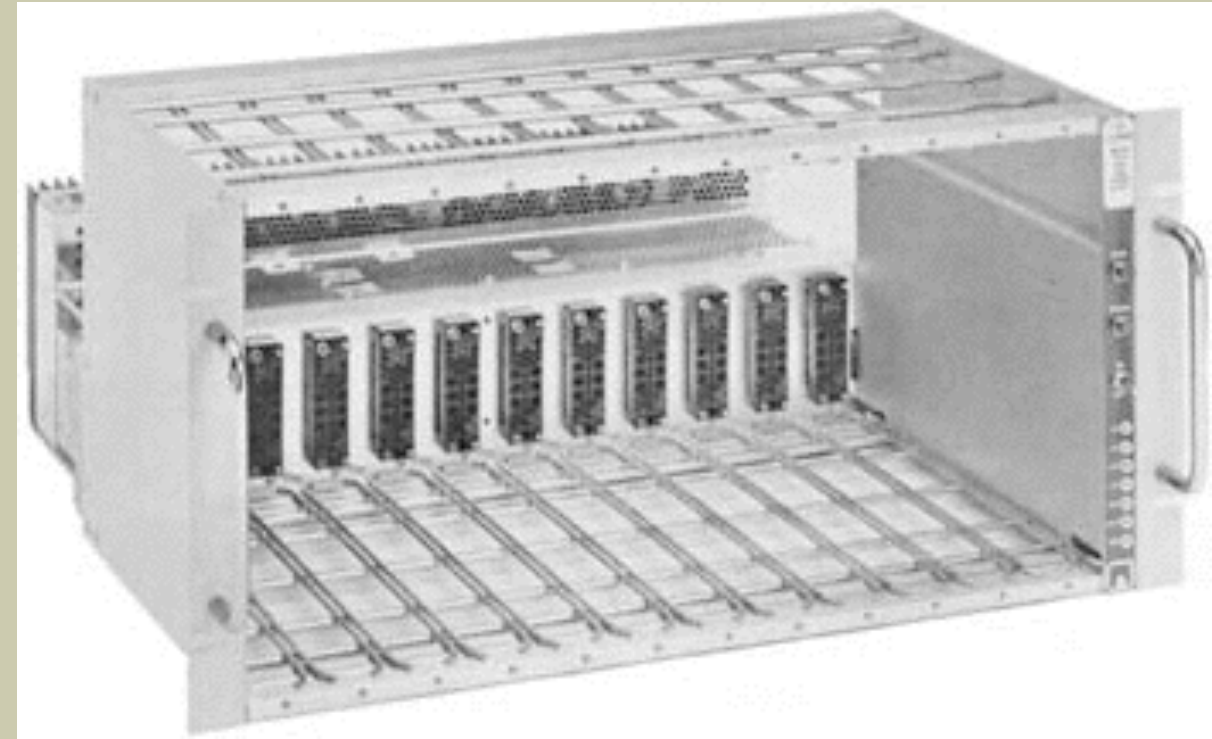
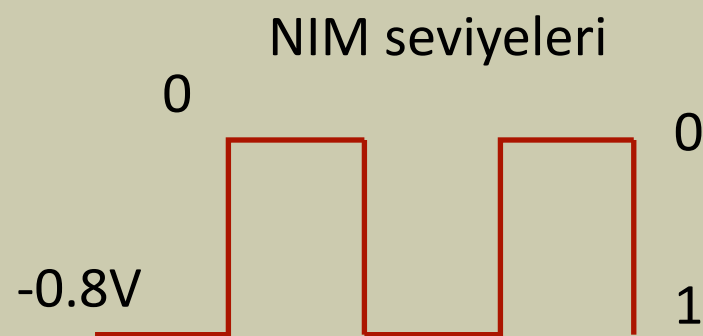
# NIM

- en çok kullanılan moduller

- ➔ AND, OR
- ➔ Amplifier
- ➔ fan in - fan out
- ➔ discriminator
- ➔ HighVoltage PS

- Nim usulleri

- ➔ 50 ohm empedans
- ➔ lemo kablo
- ➔ nim mantığı



Tetikleme sistemi kurmak veya basit saymalar yapmak için



# CAMAC



- en çok kullanılan moduller

- ➔ ADC, TDC, register, display....

- ▶ tipik olarak 12 kanal max 16.

- ➔ kasa başına en çok 24 modül, 25 → crate master

- Kullanım alanı

- ➔ hep deneyleri ve laboratuvarları

- ▶ artık kullanılmıyor.

- ➔ Eğitsel, kavramlar hala aynı

- Sinyaller

- ➔ önden lemo ile veri girişi

- ➔ arka panelden moduller arası ve master ile konuşma

- ▶ 24 bit paralel veriyolu

- ➔ Modullere ve modullerden

- ▶ N+ A + F: Modul # + kanal # + fonksiyon #

- ▶ LAM: modul birsey diyecek

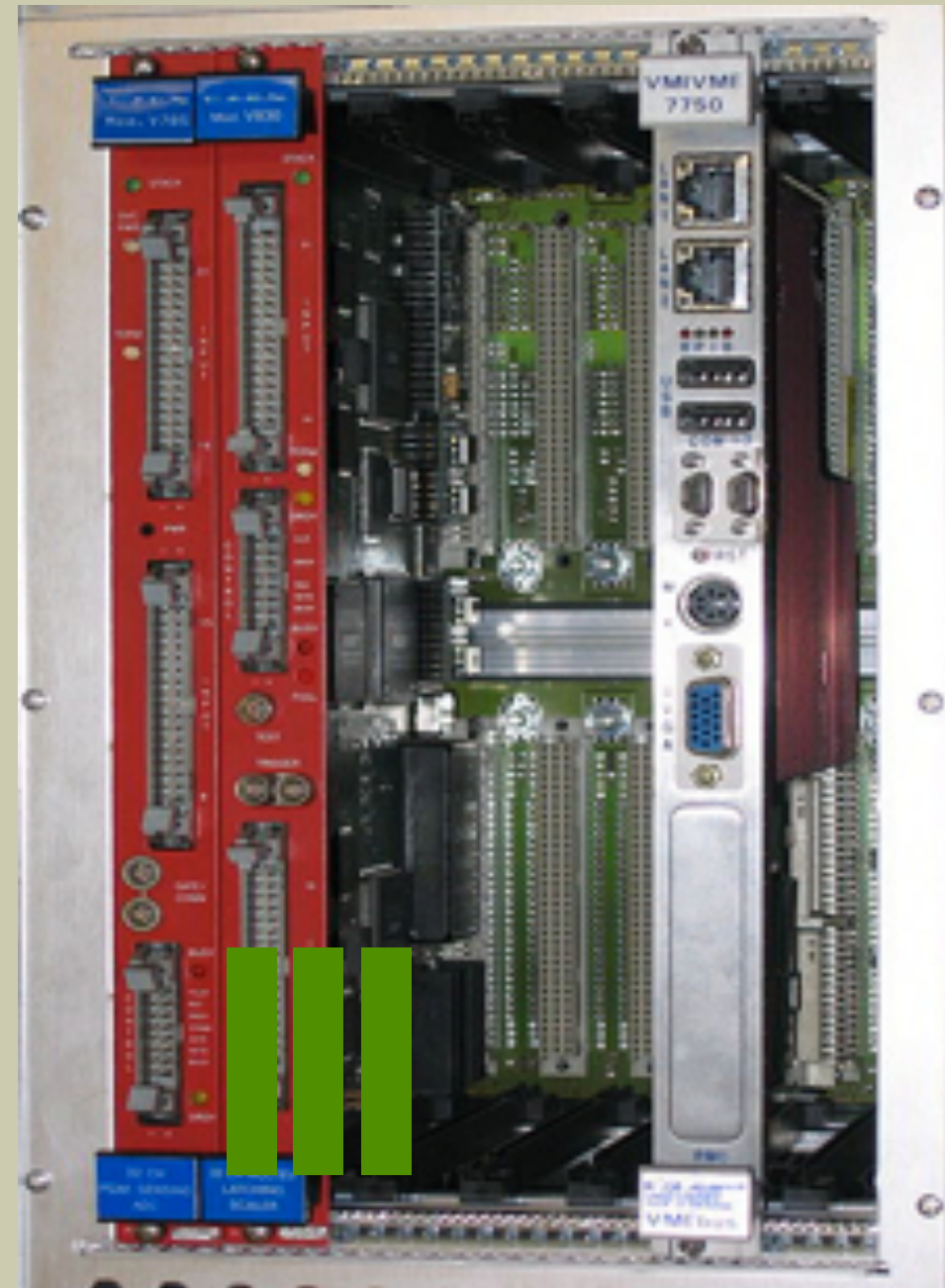
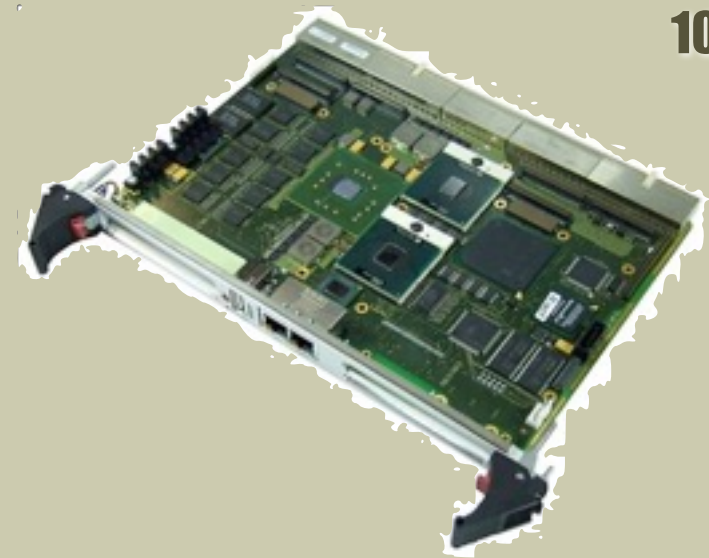
- ▶ Busy: modul mesgul



LRS 2249A ADC,  
IO bit = 256 pc



# VMEbus

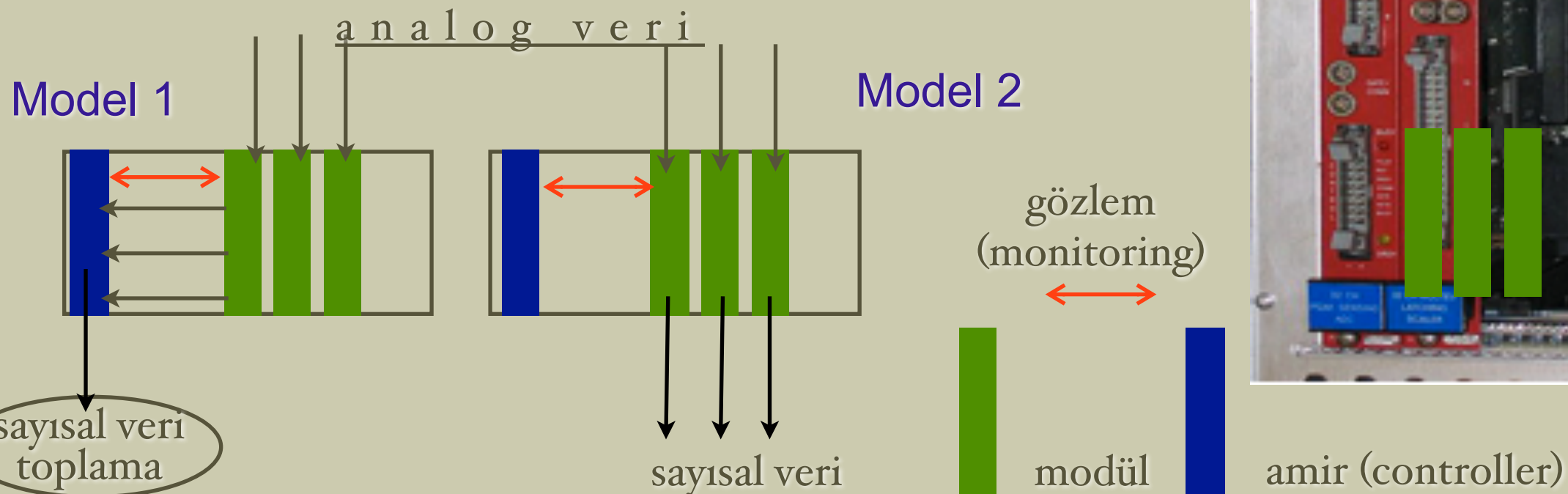


## ● en çok kullanılan modüller

- ➔ ADC, TDC, Memory, Display
  - tipik olarak 256 - 512 kanal
- ➔ SBC: tek kartta bilgisayar
- ➔ Tetikleme ve Zaman bilgisi (TTC)
  - VME→Camac arayüzü

## ● Kullanım alanı

- ➔ HEP deneyleri, Hızlandırıcı
  - LHC deneyleri ve LHC sistemleri
- ➔ 32 bit \ 64 bit sistemler
- ➔ 40 MB/s → 160MB/s arasında hız

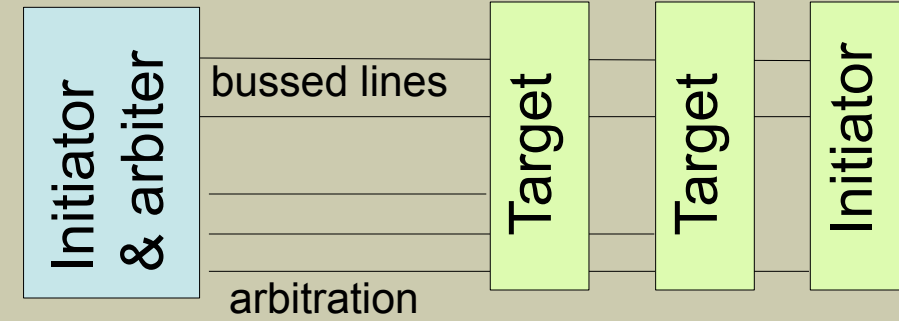




# başkaları...

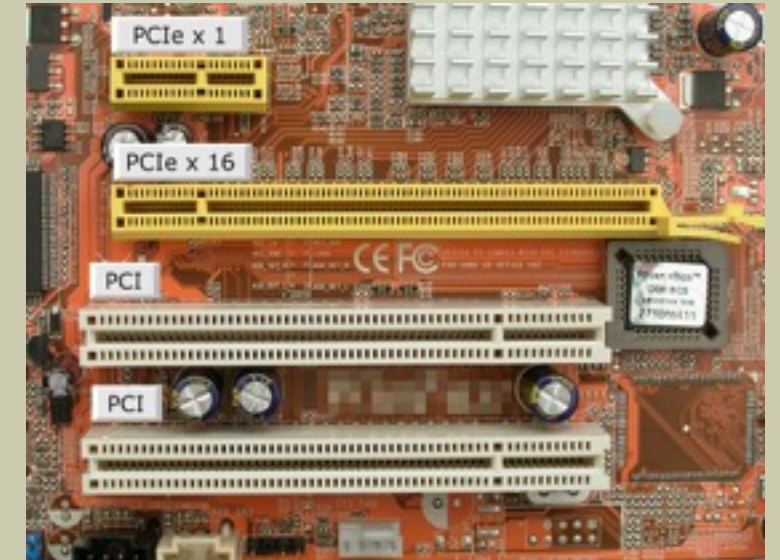
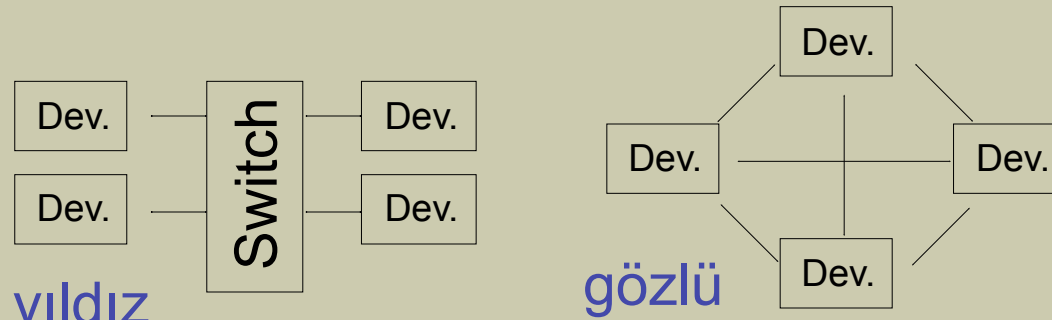
- PCI (bus) ve CompactPCI, PXI, PMC

- ➔ 32 sonra 64 bitlik veriyolu
- ➔ 132MB/s → 1GB/s



- PCIexpress (seri)

- ➔ çok hızlı veri hatları + switch
- ➔ v3: 10GB/s

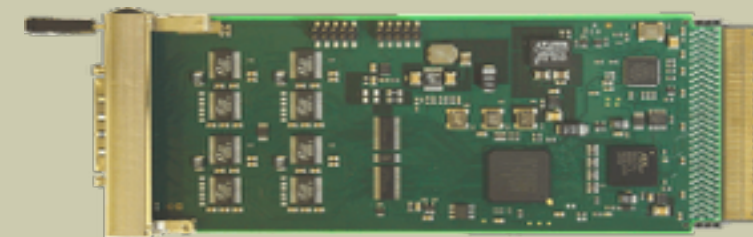


- G dili seçeneği

- ➔ Labview + PC + tekamaçlı donanım

- ATCA, uTCA : Telecom Computing Architecture

- ➔ 2ci güc kaynağı, anlık modül değişimi, ipmi, 12.5 GB/s
- ➔ mezanin olarak düşünülen AMC kartlara crate → uTCA
- ➔ XFEL @ DESY kontrol sistemi için uTCA seçti.



# İşletim sistemleri

- Gerçek Zamanlı (Hard RealTime)

- ➔ LynxOS, RTLinux...

- ➔ Bir işin alacağı zaman bellidir. O sırada başka iş yapılıyorsa, yapılan iş durur, öncelikli iş bitirilir. (pre-emptive)

- Yarı Gerçek Zamanlı (Quasi Real Time)

- ➔ Windows, Linux...

- ➔ Çok büyük bir ihtimalle istenen iş istenen sürede biter. Ancak garanti edilmez.

- Neyi niçin seçeyim?

- ➔ Neye ihtiyacım var? DAQ → yarı gerçek zamanlı

- ➔ Çok kullanıcı? Hızlı?

- ▶ SysV Lock / Unlock zamanı

- ▶ Context switch zamanı

- ▶ Interrupt Latency



linux'un çok kullanılma nedeni



# Yüksek Düzey Tetikleme

ayrıntılar S.Sekmen'in kavram dersi

- Karmaşık deneylerde sonradan (offline) yapılan olay seçiminin bir özeti. İlgilendiğimiz fizik süreçlerini içerebilecek olayları seçeriz. Şunlara tetiklenebilir:
  - Nesne türlerine: jetler, MET, muonlar, elektronlar,...
    - ➔ Belli şartları sağlayan nesnelere: tek başına (izole) muon
    - ➔ Nesnelerin eşiklerine:  $P_T > ?$ ,  $\eta$ ...
    - ➔ Nesne sayılarına: 2Muon, 4Jet...
  - Olay Değişkenlerine: HT,  $M_{jj}$ ...
- Bunlar büyük bilgisayar çiftliklerinde çalışan c++ programlar ile seçilir. GPGPU programlamak yeni moda
- Toplam diske yazma hızı belli olduğuna göre bir seçim gerekli:
  - Tetikleme menüsü farklı fizik olayları için seçenekler sunar.
  - Ön-kesim (prescaling) bilinen fizik olaylarının çok yazılmasını engeller
  - Verim (etkinlik) bir eşik değerinden önce az, sonra yüksektir.

# Parçacık algıçlarına kısa giriş

- Değişik parçacıklar bazı malzemelerde farklı izler bırakırlar
  - ➔ Bu malzemelerden çeşitli algıçlar yapıлып, etkileşmelerde çıkan parçacıklar izlenebilir.
  - ➔ Yani etkileşmenin kendisi izlenebilir

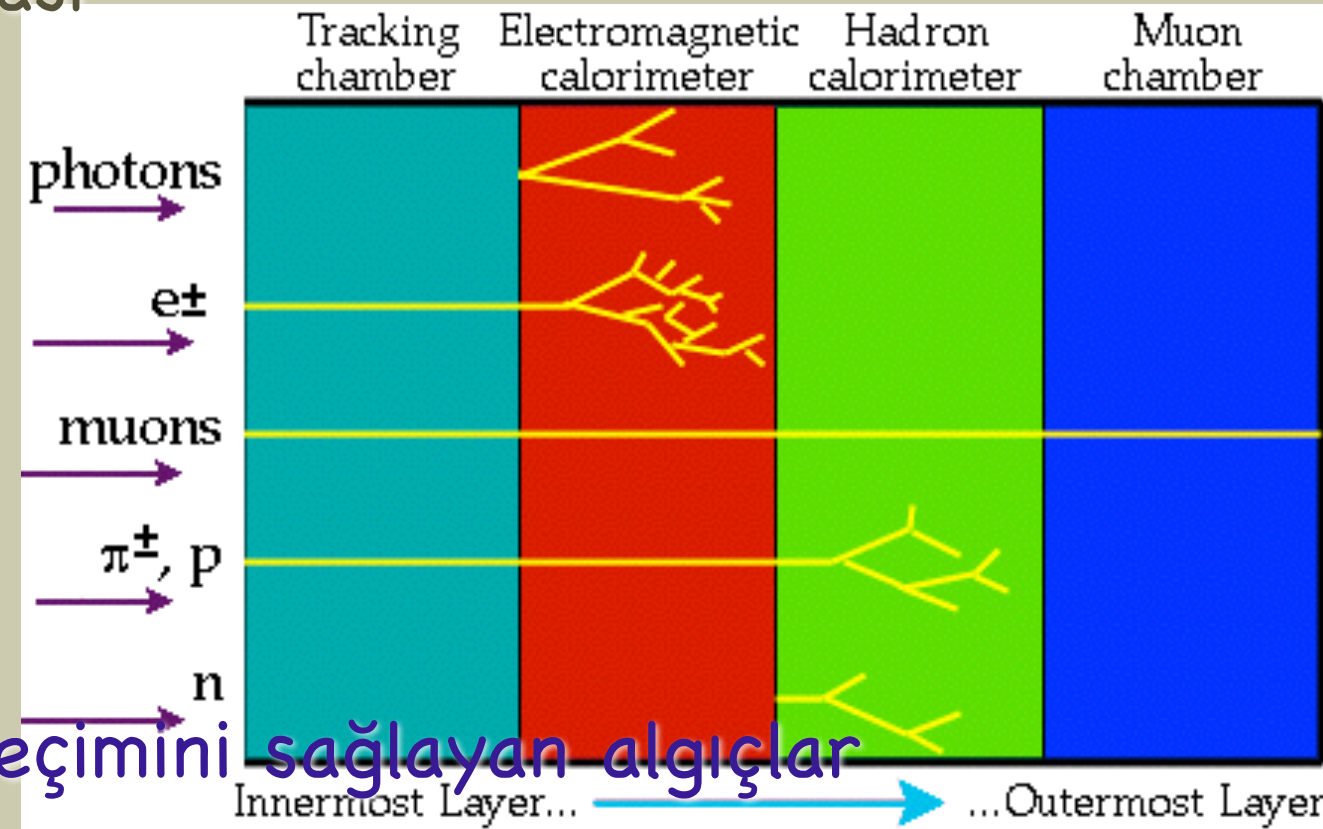
- Momentum Ölçümü

- ➔ manyetik alan altında bırakılan izlerin takibi
- ➔ silicon (pixel + strip) izsürücü
- ➔ izlere bakarak parçacıkların tanınması

- Enerji Ölçümü

- ➔ EM kalorimetre
- ➔ Hadron kalorimetre

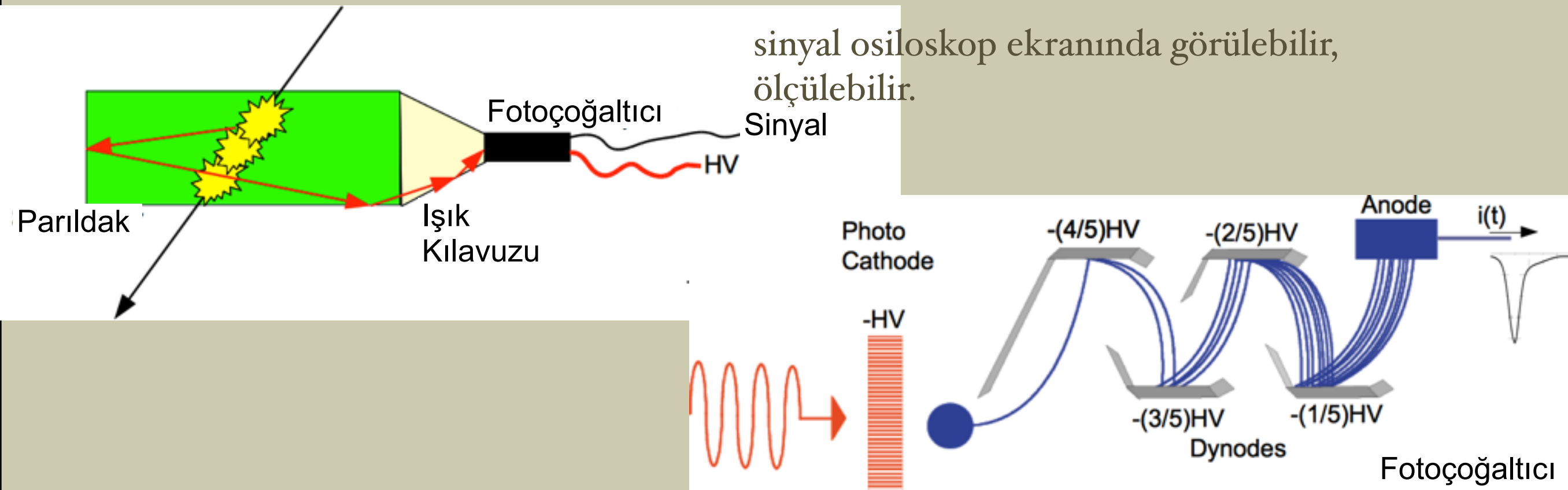
- Hızlı cevap verip "ilginç" olayların seçimini sağlayan algıçlar
  - ➔ Okuma & veri kaydı.



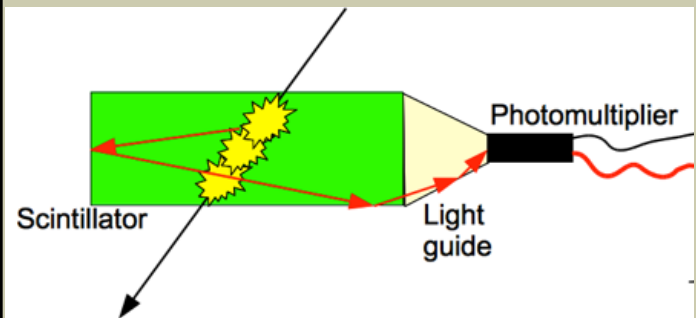


# Parıldak Sayacı

- Plastik veya Kristal Parıldak - W. Crookes 1903, ZnS ekran
  - ➔ geçen parçacıkların bıraktığı enerjiyi ışığa çevir: parıltı
    - ▶  $\approx 40$  foton/keV NaI(Tl),  $\sim 10$  foton/keV plastik parıldak,  $\sim 4$  foton/keV BGO
  - ➔ Kendi ürettiği ışık için saydamdır. hızlı(fluroresans) ve yavaş(forsoresans) etkileşimler.
  - ➔ ışığın elektrik yüke döndürülmesi  $\rightarrow$  fotoelektrik etki  $\rightarrow$  fotoçoğaltıcı tüp.
  - ➔ Sonuçta okunması gereken elektrik sinyal
    - ▶ toplam yük:  $Q = k E ( +k'E^2)$



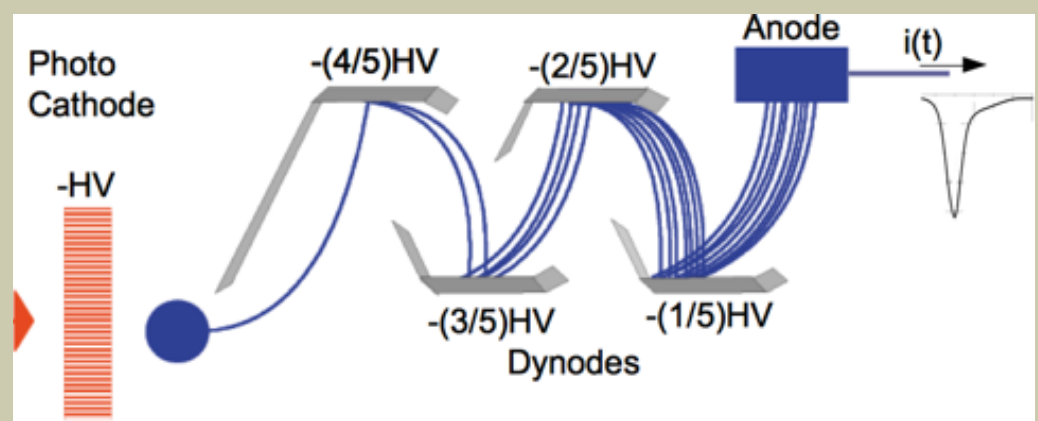
# parıldak sayacı bileşenleri



Polystyrene

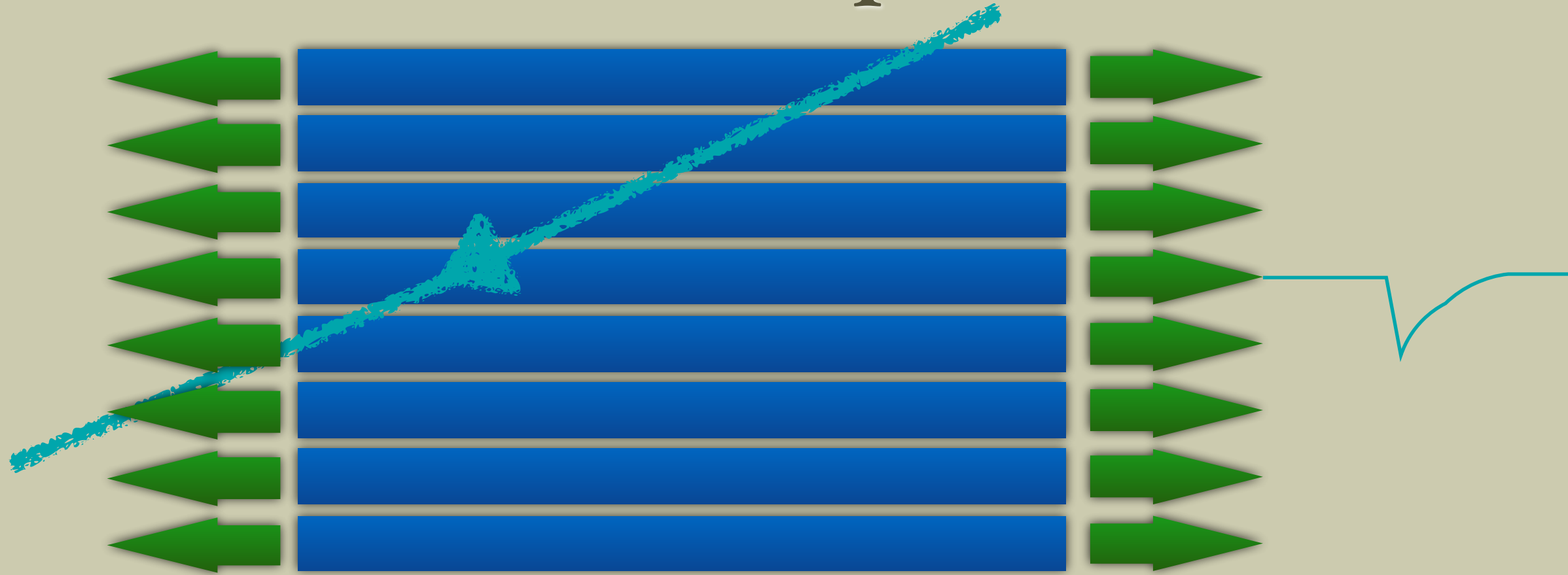


- PbWO4 Crystal
- LYSO(Ce) Crystal
- BGO Crystal
- CsI Crystal
- NaI(Tl) Crystal
- CdWO4 Crystal
- YSO(Ce) Crystal





# Hodoscope



- Yolölçer: Hangi parıldaktan sinyal gelirse demet onunla etkileşmiştir.
  - ➔ Parıldakları 2 yönde dizersem hem x hem de y bilgisi alırım.
- Veya
  - ➔ iki yönden de sinyal alayım. sağdan ve soldan sinyal geliş zamanını ölçeyim ( $t_1$ ,  $t_2$ ).
  - ➔  $t_1=t_2$ : ortadan geçmiş       $t_1>t_2$ , sağa yakın geçmiş      vs vs...

# Yarışmalı Ödev 1

- Kendi parıldak algıcımızı yapacağız!

➔ Çarşamba denenecek.

- Adımlar:

➔ Her takım kutudan 2şer parıldak çubuk alsın

➔ su altında zımpara ile iyice düzleştirip parlatın. (alkol ve türevleri parıldak bozar. ısı bozar, sabun bozmaz.)

▶ kenarlarda ışık tuzakları kalmasın, tam iç yansıma istiyoruz.

▶ saydam yüzey iyi. buzlu cam gibi yüzey kötü.

➔ önce alüminyum kağıt ile sonra siyah bant ile sarın

▶ 2 tane çubuk kullanın, dar kesit kare gibi olsun

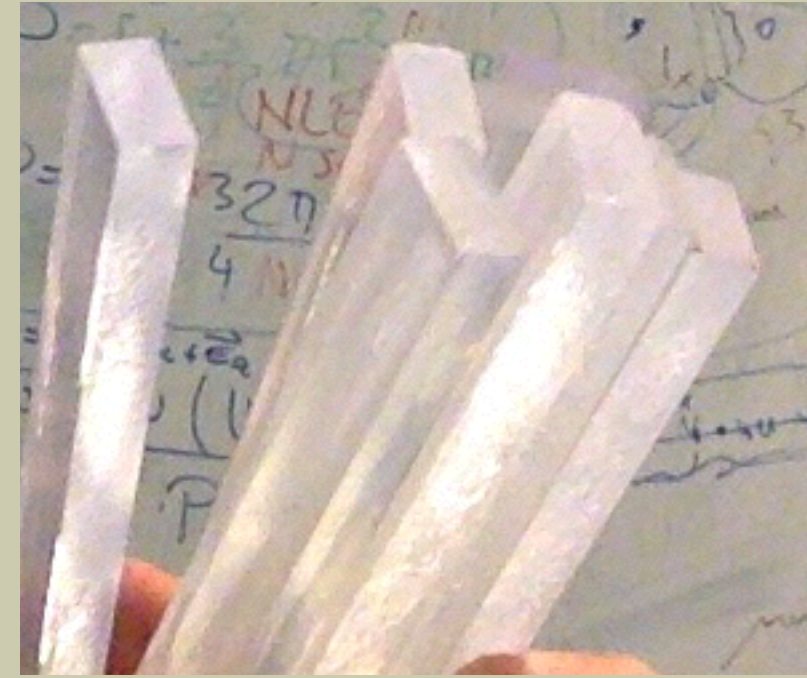
➔ Optik yağ ile PMT'ye birleştirin.

▶ ışık kılavuzumuz bu seferlik yok.

➔ Dışardan ışık almayacak şekile getirin.

- 1 PMT ve kaynak ile sinyal alabildiğimizi osiloskop ile görün.

➔ en yüksek sinyal = en iyi parıldak ve en temiz bağlantı = ödül





# Yarışmalı Ödev 2

Böyle çizik içinde olmasın



2 tanesi 1 PMT için, tabii sararak



- İkinci aşamada hem sağ hem soldan PMT'lere takın
  - ➔ önce kaynak ortada iken  $t_1=t_2$  olduğunu görün
  - ➔ sonra kaynağı oynattıkça iki sinyalin zaman farkını görün
  - ➔ en kısa mesafede zaman farkını görebilene ödül

# Parıldak kalorimetrenin temel taşıdır

## ● Enerji ölçümü: kalorimetre

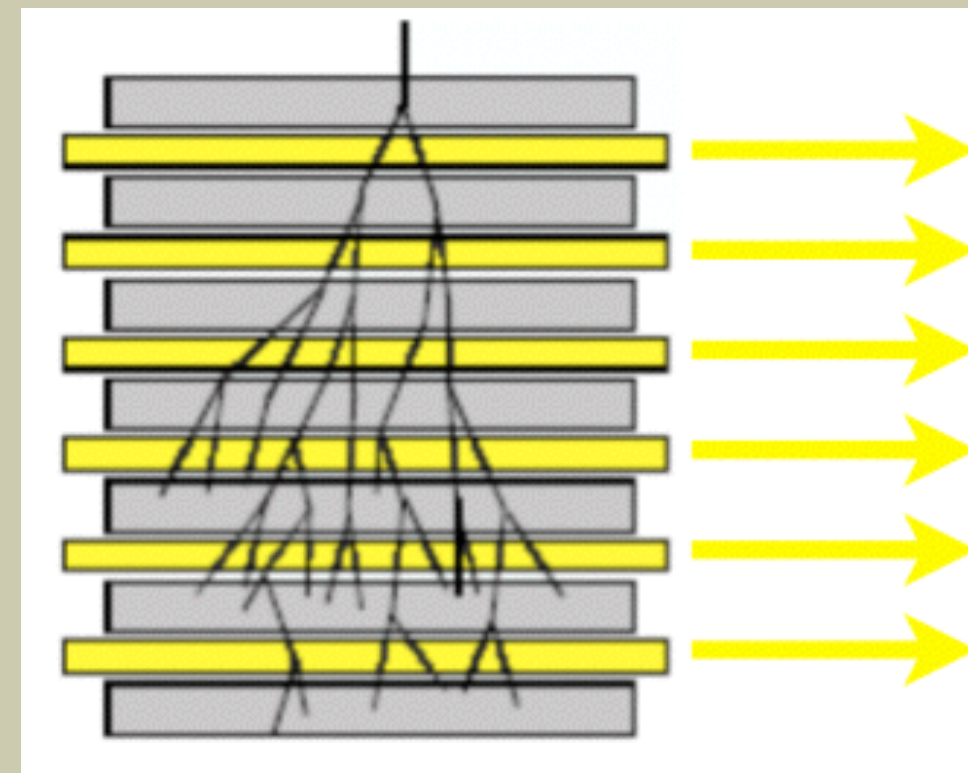
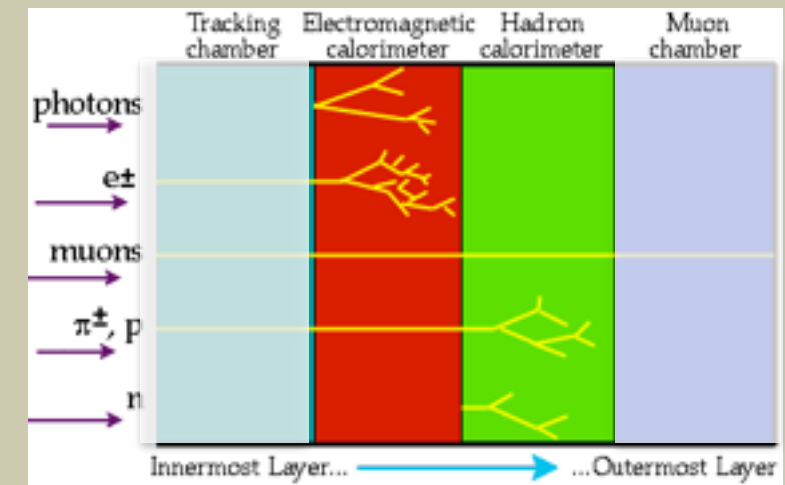
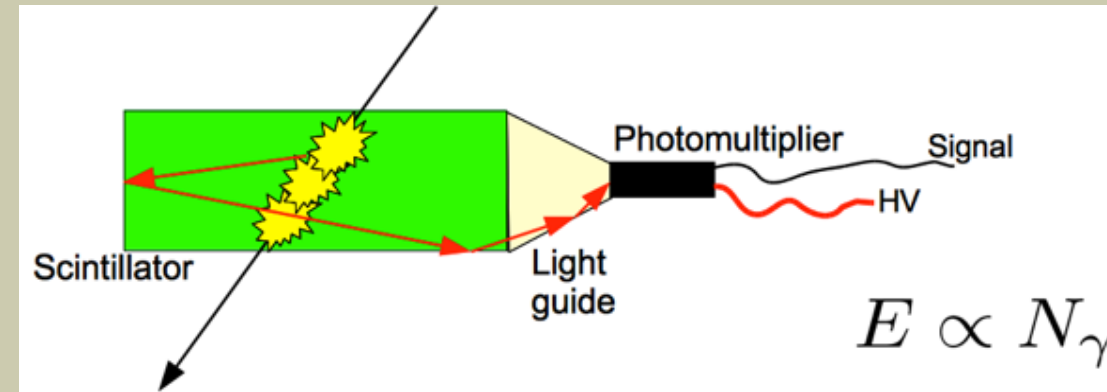
➔ Parıldak ile geçen yüklü parçacığın bıraktığı enerjiyi ölçebiliriz

➔ Çelik, pirinç, kurşun, vb gibi ağır malzemeye çarptırılarak geçen birincil parçacığın daha düşük enerjili ikincil, üçüncül parçacıklara bölünmesi sağlanır. Buna sağanak denir.

➔ Ağır malzeme arasına yerleştirilen pırıltıcılar ile sağanak enerjisi ölçülür.

➔ Yeterince katman ile bütün enerji emilir ve ölçülür.

## ● Buna örnekleme kalorimetresi denir.





# ADC ile sinyali sayısallaştırmak

t - zaman



$$V=IR \quad I=\Delta Q/\Delta t \quad \rightarrow \quad V \Delta t/ R = \Delta Q$$

$$R_{nim} = 50\Omega$$

- sinyal bölgesinin alanı = toplam yük miktarı = k E
  - ➔ oscilloscope ile bu alanı ölçüp, beklenen yükü tahmin ederim
  - ➔ genelde picocoulomb mertebesinde.

ölçülecek olan



- ADC okuma sonucu = sonucu yansıtan sayı
  - ➔ ADC'nin özelliklerine bağlı: kaç bit, yani kaç birim ölçer?
    - ▶ Örnek 2 bit
    - ▶ 2bit = 256pc, daha çok yük (Q) verilirse, 3. bit overflow verir.

- Pedestal (altlık) sinyal olmasa da okunan ADC değerleridir.

# 'okuma aralığı' kavramı

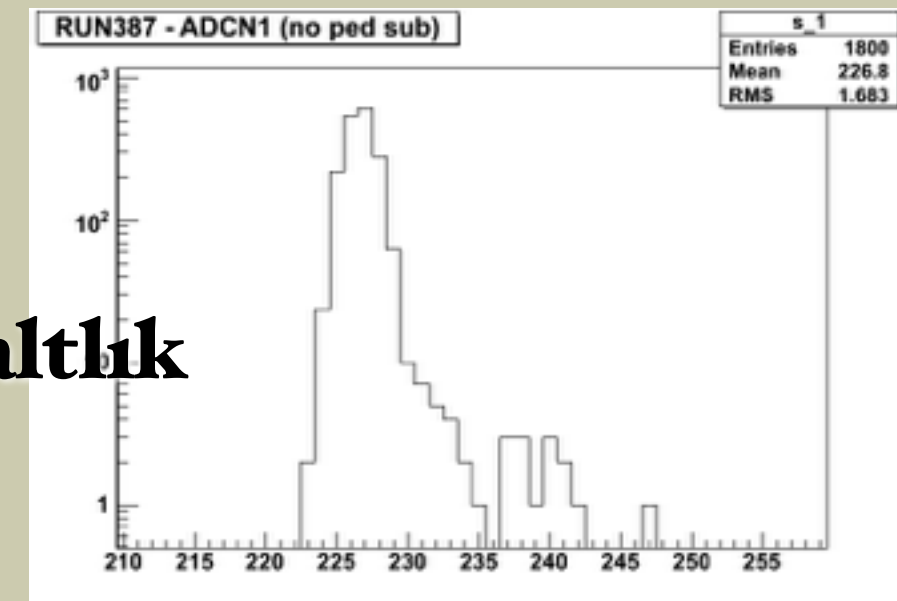
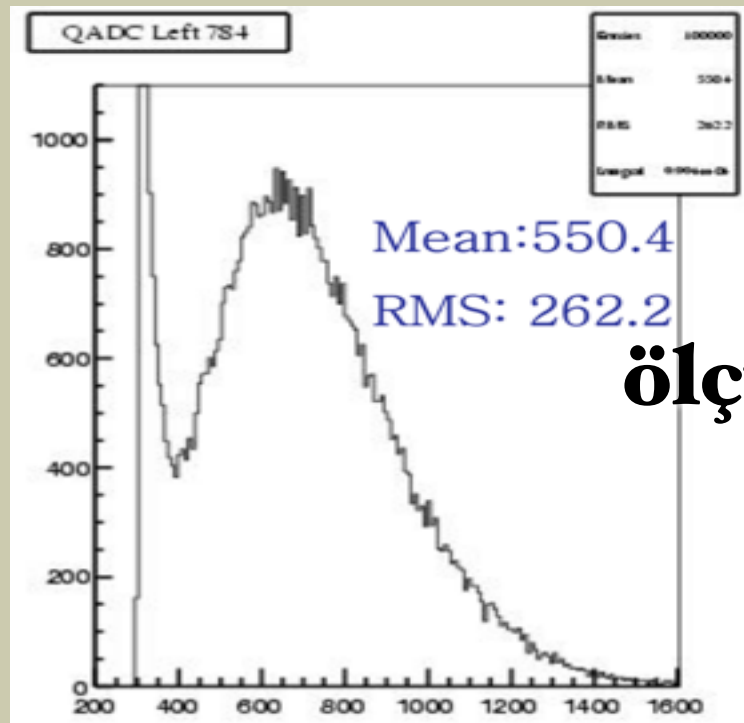
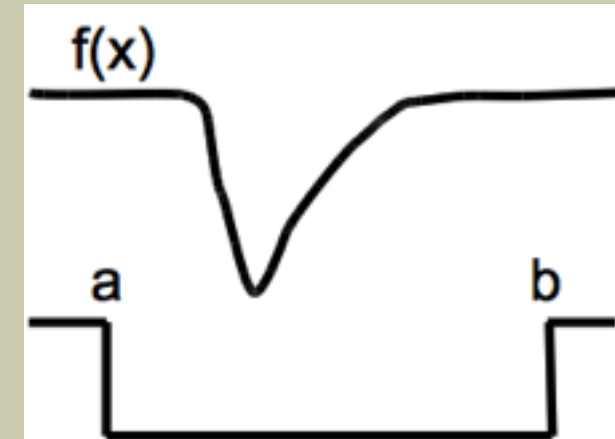
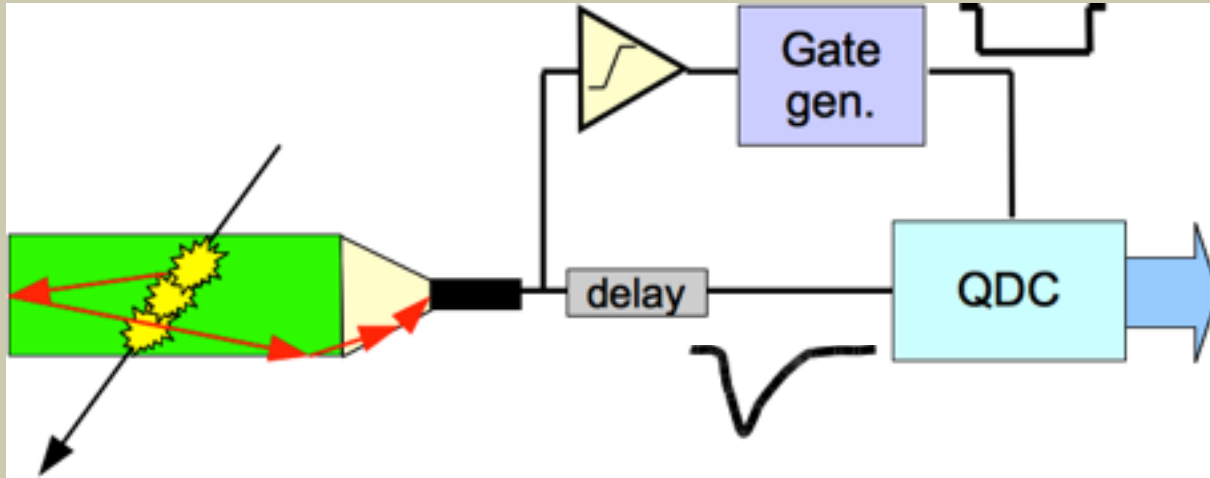
## ● Devamlı okuma yapamam

➔ gürültü = altlık okurum,

➔ ölü zamanım artar.

➔ O zaman okuma yapacağım sınırları belirlemeliyim: a, b.

$$I = \int_a^b f(x) dx$$



doğru  
sonuç =

ölçüm - altlık

altlığı  
çıkartmak  
(pedestal subtraction)



# İz sürme algıç

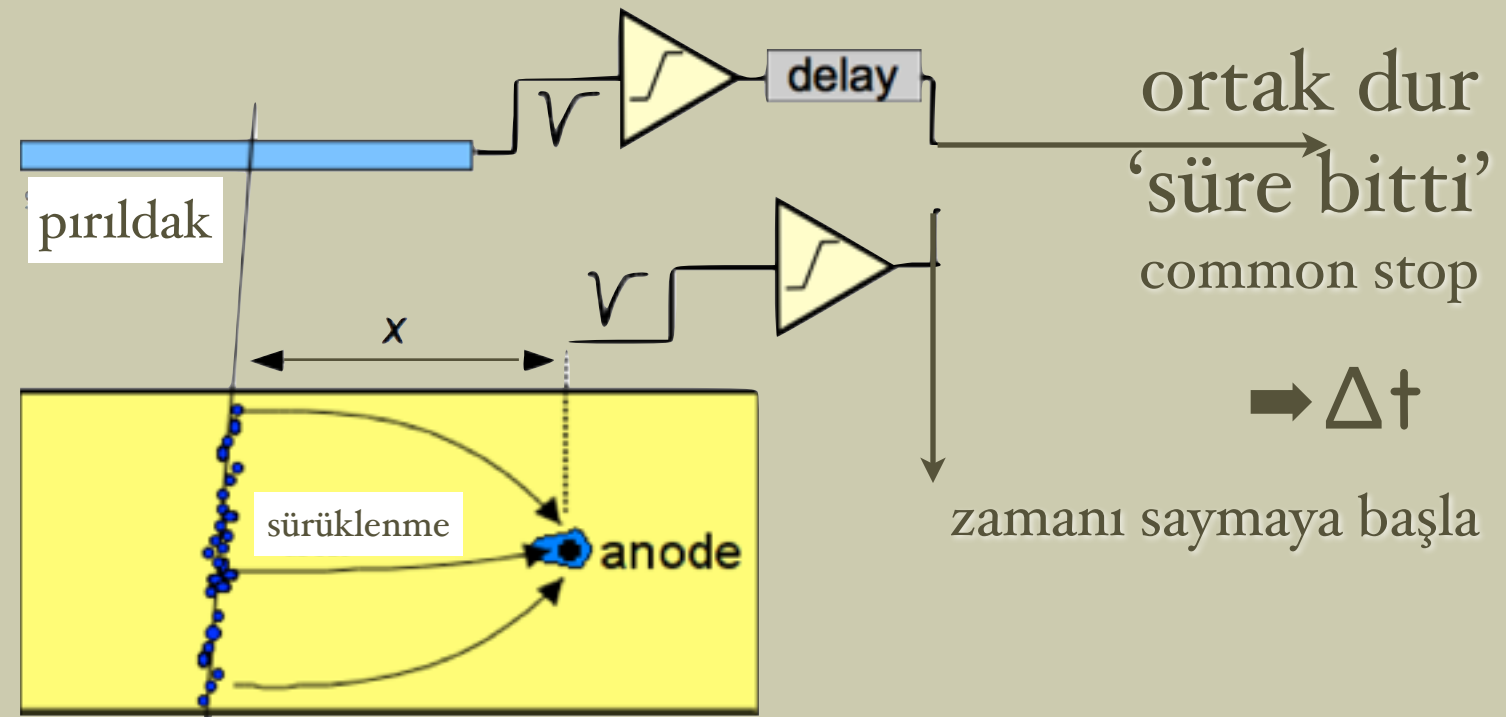
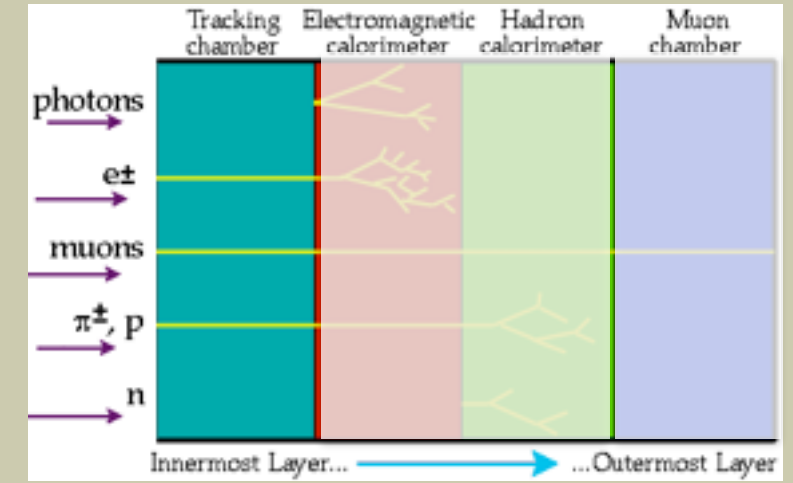
## ● İz → Momentum ölçümü : spektrometre

➔ gelen parçacığın konumunu bul → manyetik alan altında kivrılmasından momentumunu ölç

➔ konum:  $x = c_0 + c_1\Delta t + c_2\Delta t^2 \dots$

▸ t: TRG'dan sinyale geçen süre

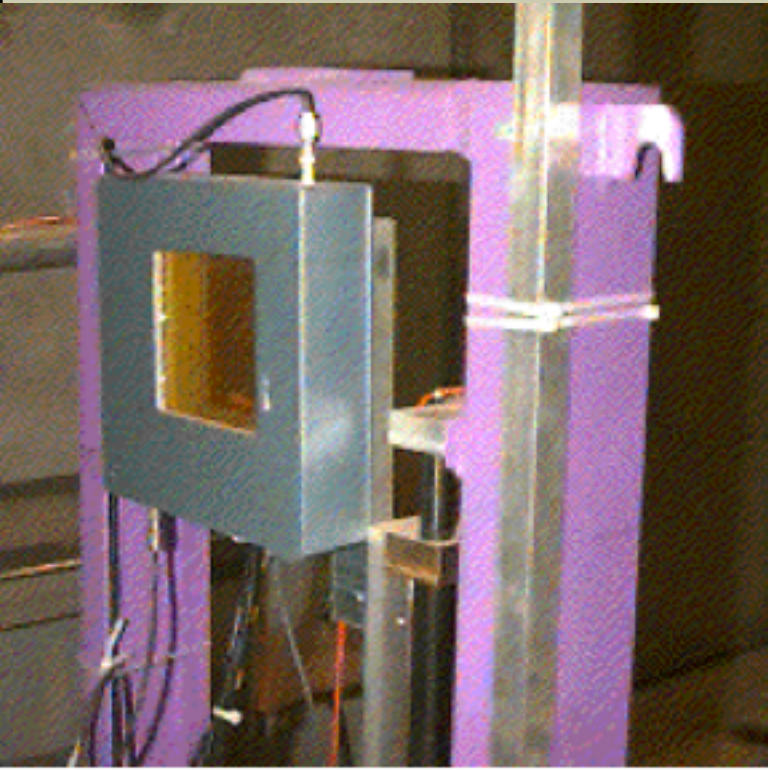
➔ Zaman sayısallaştırıcı : TDC.



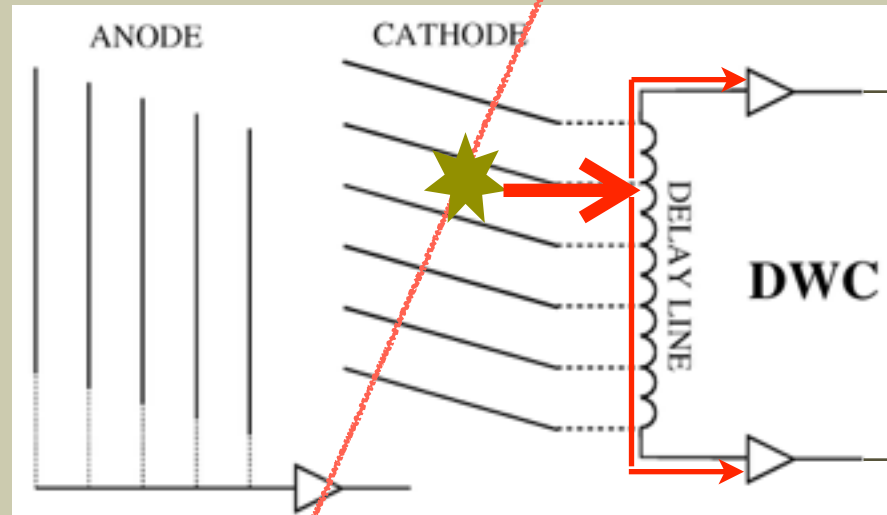
## ● Sayısal bilgi E / H

➔ parçacık geçti mi?

# İz sürme algııcı örneği



parıldak: tetikleme



sayısal sinyeller

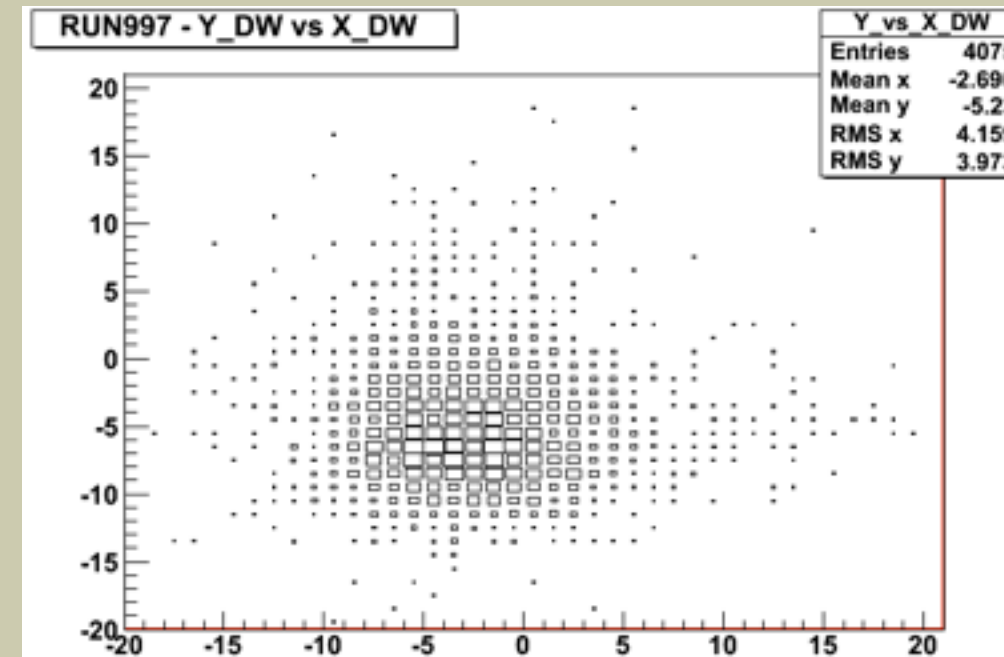
analog sinyaller

$\Delta t$

$$y = \alpha \cdot \Delta t + \beta = \alpha \cdot (t_{top} - t_{bottom}) + \beta$$

## ● GeTO: Gecikmeli Tel Odası

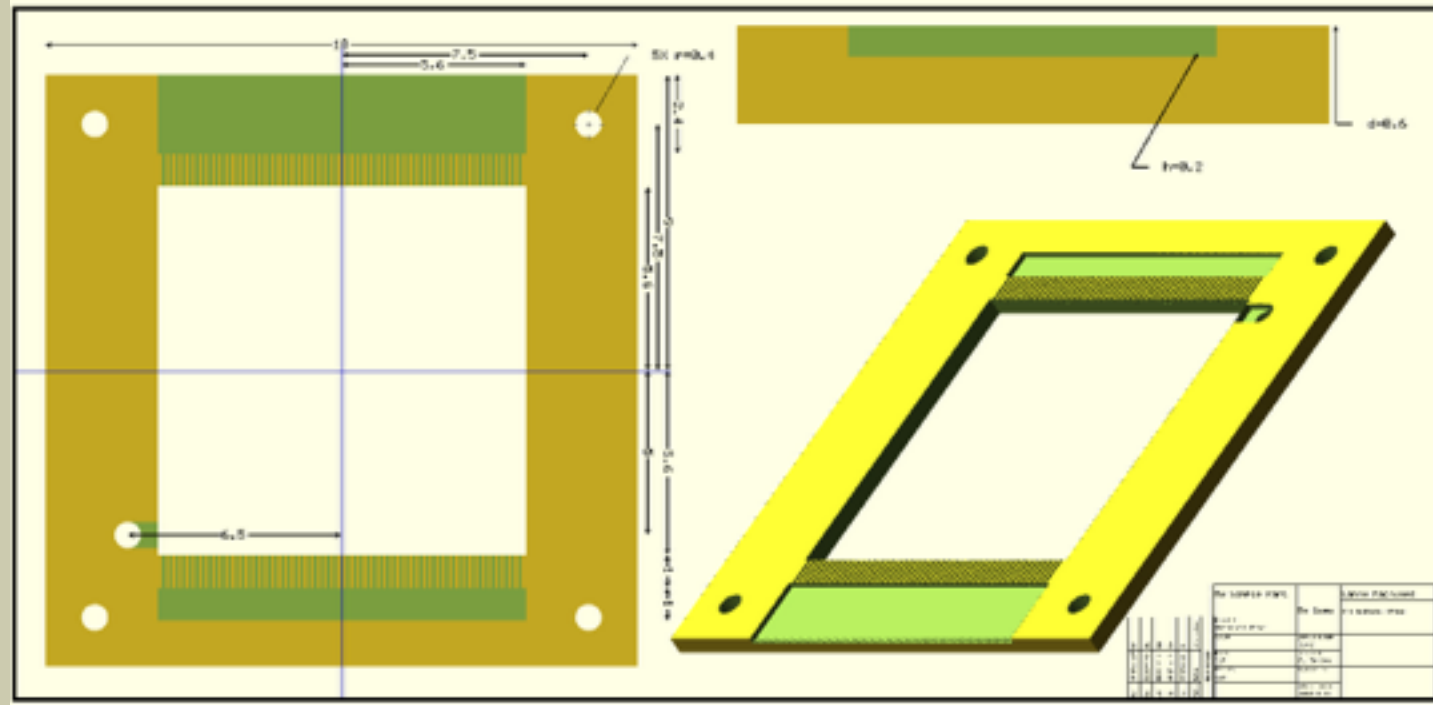
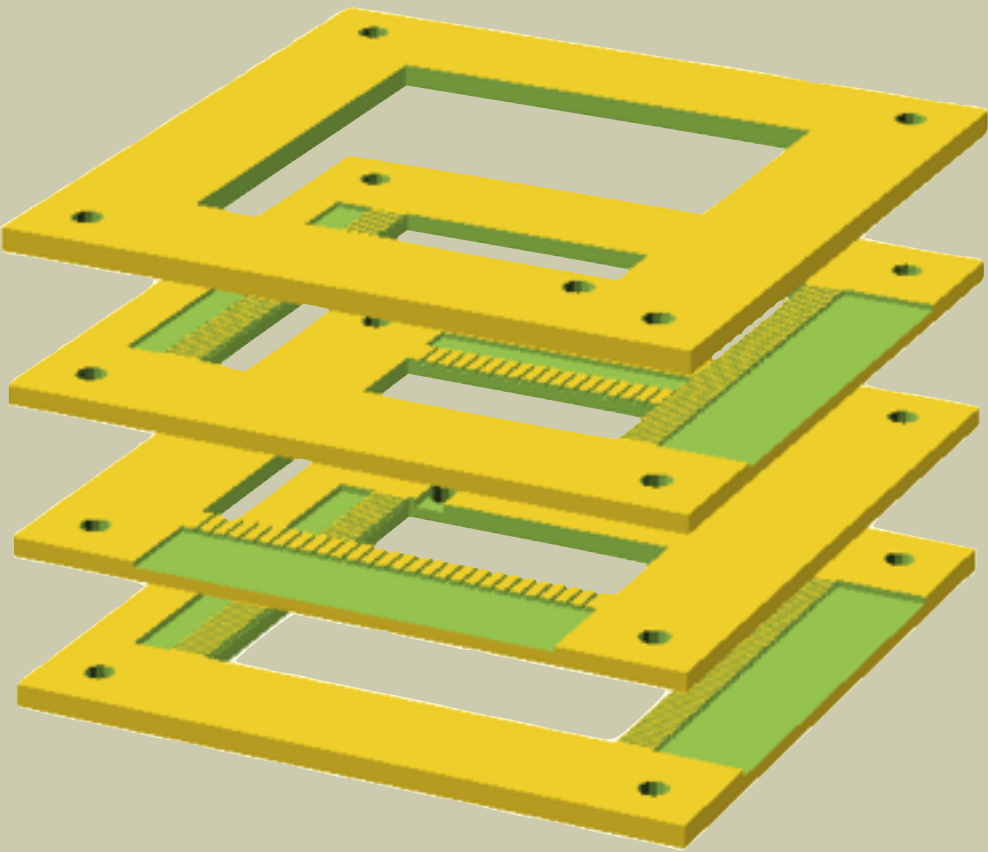
- ➔ SPS'den alınan demetin sabit hedef deneylerine verilmeden önce profilinin ölçülmesi için basit algıç.
- ➔ gazlı ve çoktellidir
- ➔ TDC ile okunur 2CH / düzlem.





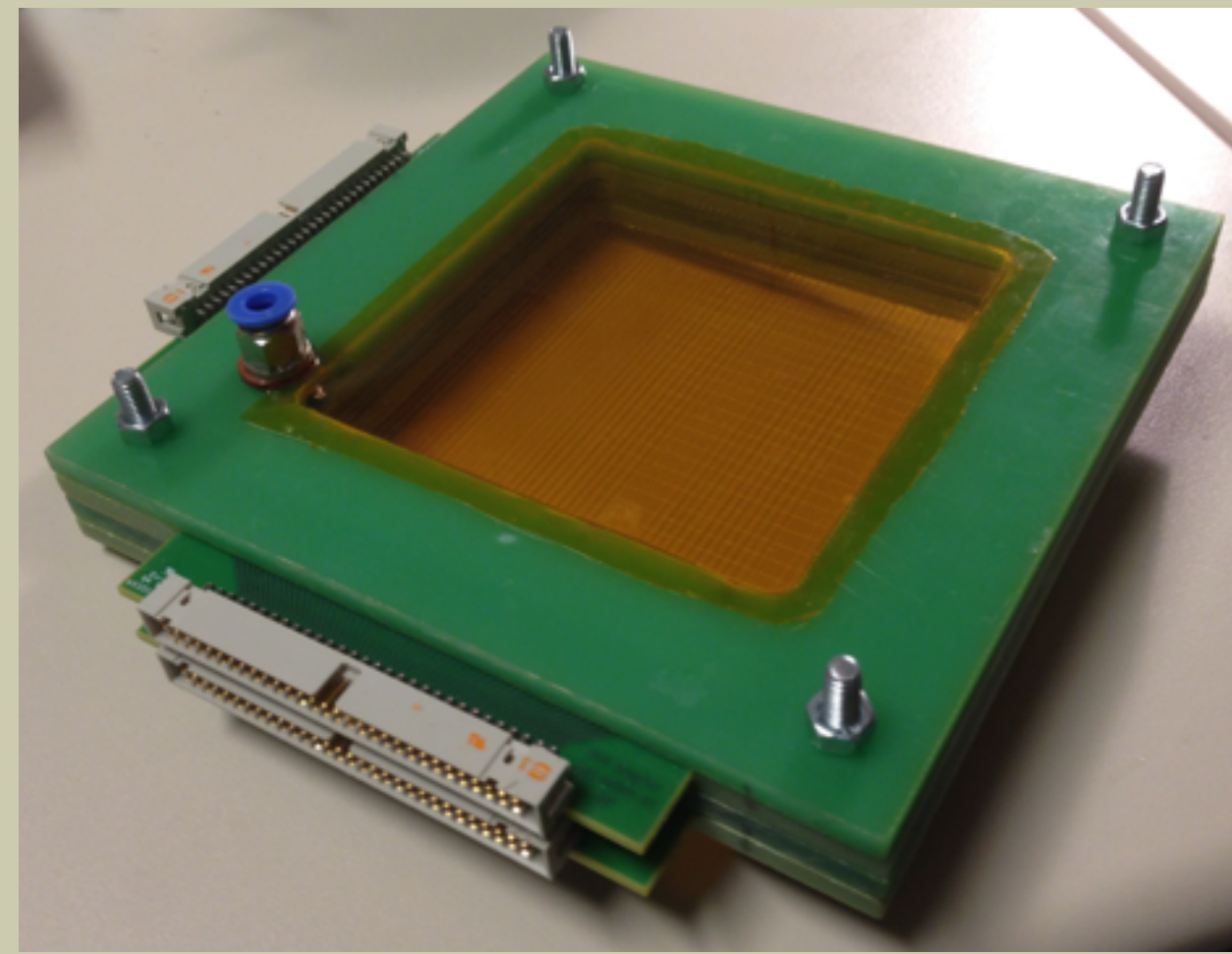
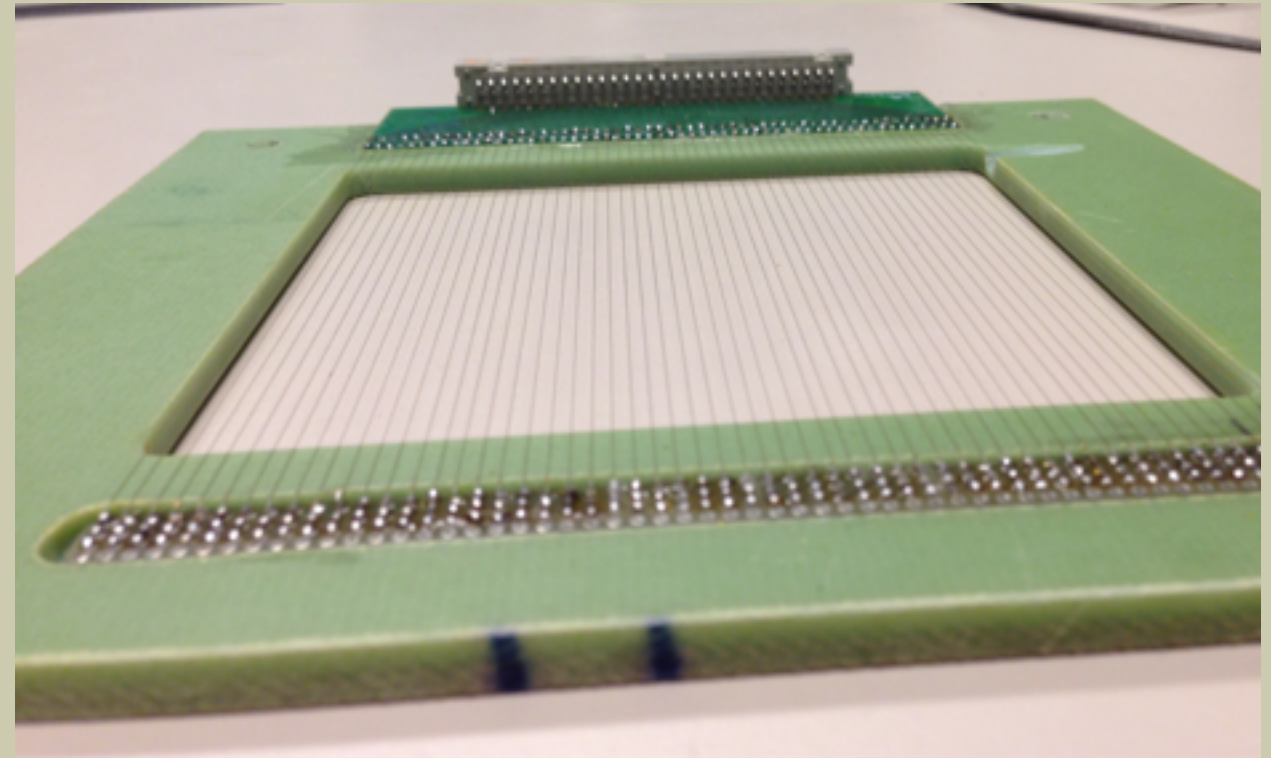
# GeTO

- Kendi GeTO'muzu yapabiliriz.





# GeTO üretim





# Silikon algııcı çalışma ilkesi

- Gazlı oda ile aynı ilke

- Artıları

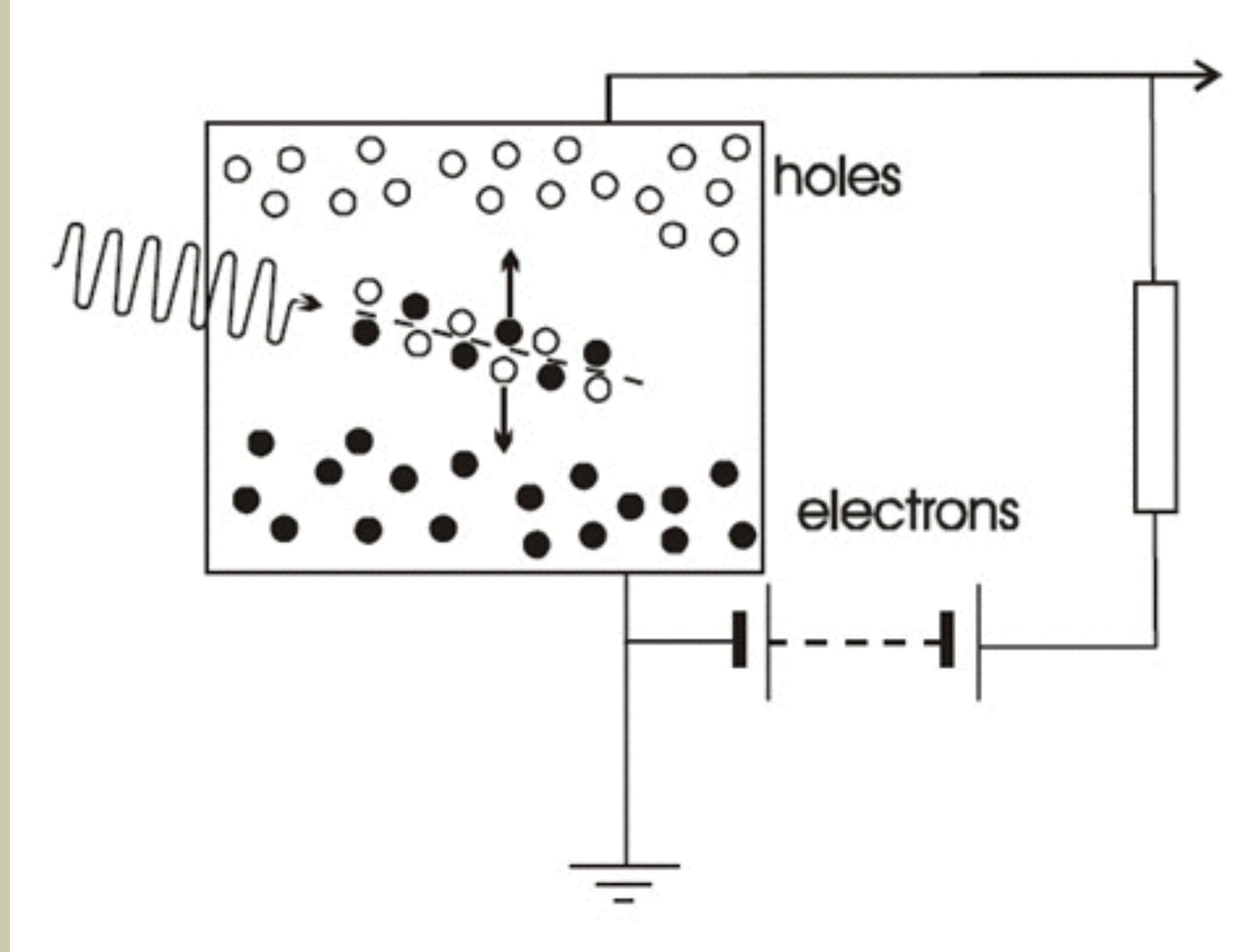
- ➔ daha küçük alanlar
- ➔ daha az gerilim
- ➔ yüksek hassaslık  $10\mu\text{m}$

- Eksileri

- ➔ ısı etkilerden sinyal
- ➔ soğutma zorunluluğu
- ➔ ekonomik değer
- ➔ kanal sayısı çok

- Kullanım Tarzı

- ➔ Nokta (pixel) x,y bilgisi
  - Çok kanal, pahalı
- ➔ Şerit sadece x bilgisi
  - Ama birbiri ile açılı 2 şerit koyabiliriz, y bilgisi de gelir.



# Geçiş Işınması

## ● Çalışma ilkesi

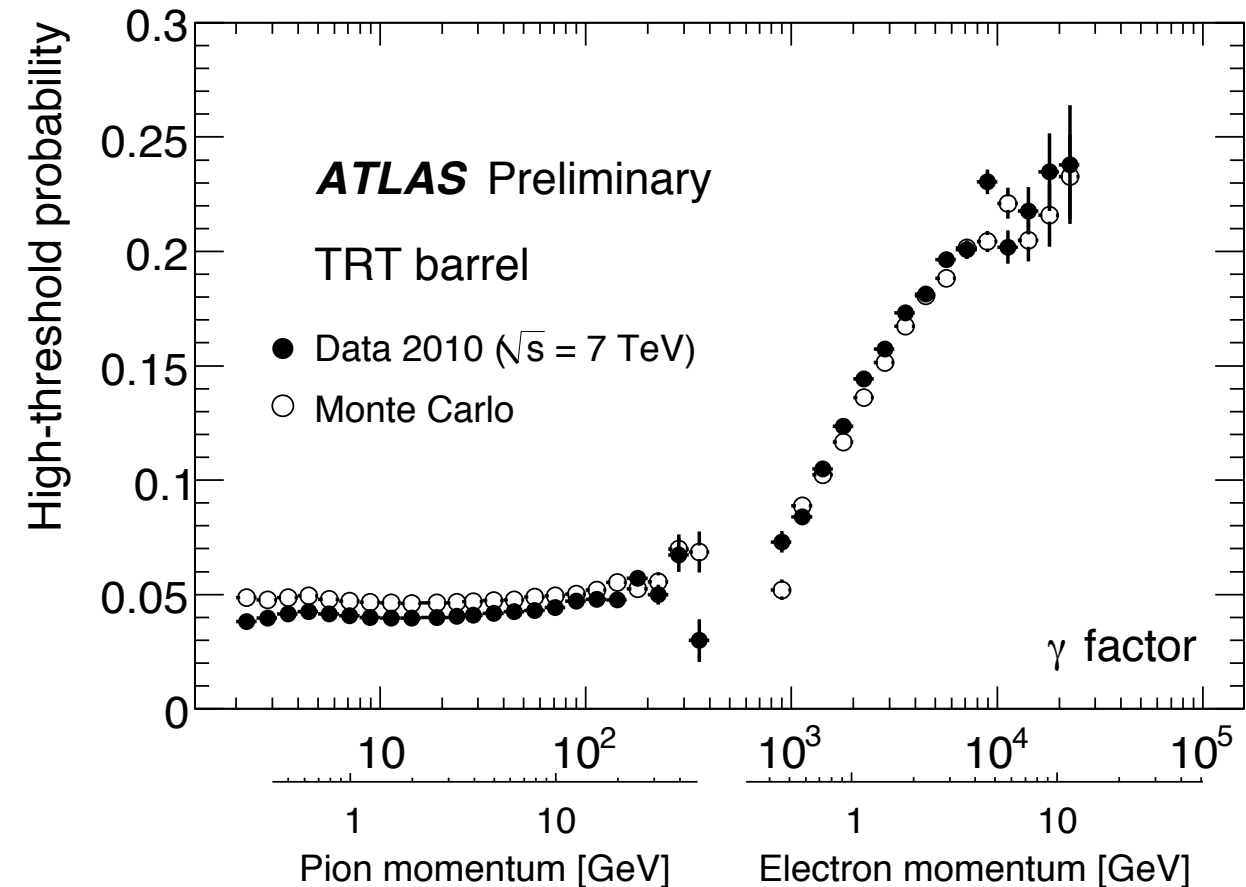
- ➔ Yüksek enerjili bir yüklü parçacık bir malzemedен dielektrik sabiti farklı başka bir malzemeye geçerken küçük bir ihtimalle ışınma yapar.
- ➔ Bu ışınma ile salınan enerji parçacığın yükünün karesiyle ve parçacığın  $\gamma$  faktörüyle doğru orantılıdır.
- ➔  $\gamma=1000$  seviyelerinde 2-40keV enerjili X-ışınları oluşur.

## ● Kullanımı

- ➔ ortasından ince bir tel geçen kamışlar. ATLAS TRT
- ➔ 4mm kalınlıkta, içi gaz dolu: %70 Xe, %27CO<sub>2</sub> %3 O<sub>2</sub>
- ➔ Yaklaşık 350bin kanal.
- ➔ 100 $\mu$ m duyarlılık

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

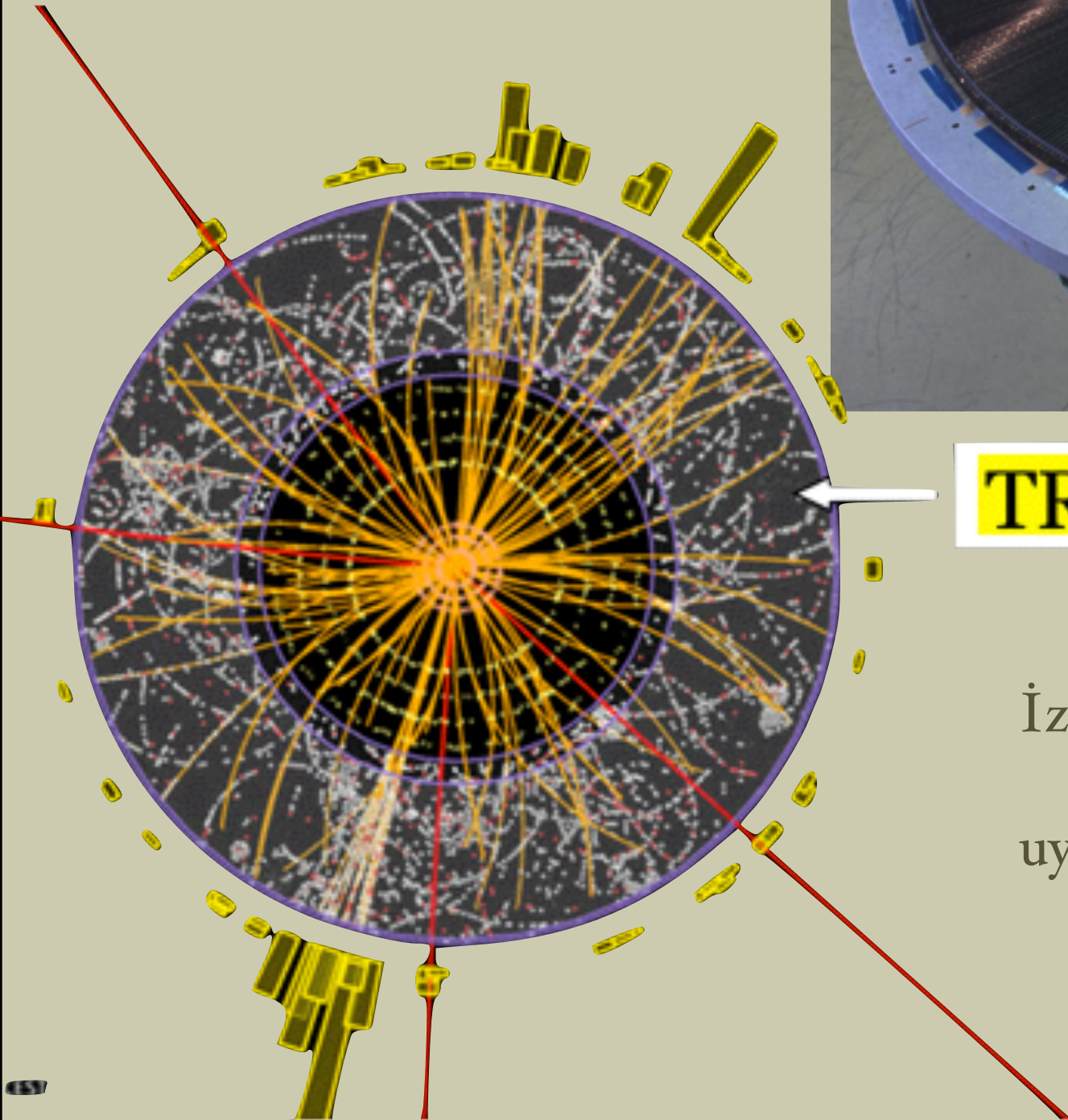
Elektronlar ağır parçacıklardan ayırt edilebiliyorlar.







Transition Geçiş  
Radiation Işıması  
Tracker İz  
Sürücüsü



TRT

GIİS ön üretim sırasında

İzlerin oluşturulması  
GIİS izlerinin içerdeki silikon algııcı ile  
uyumlu olduğuna dikkat !

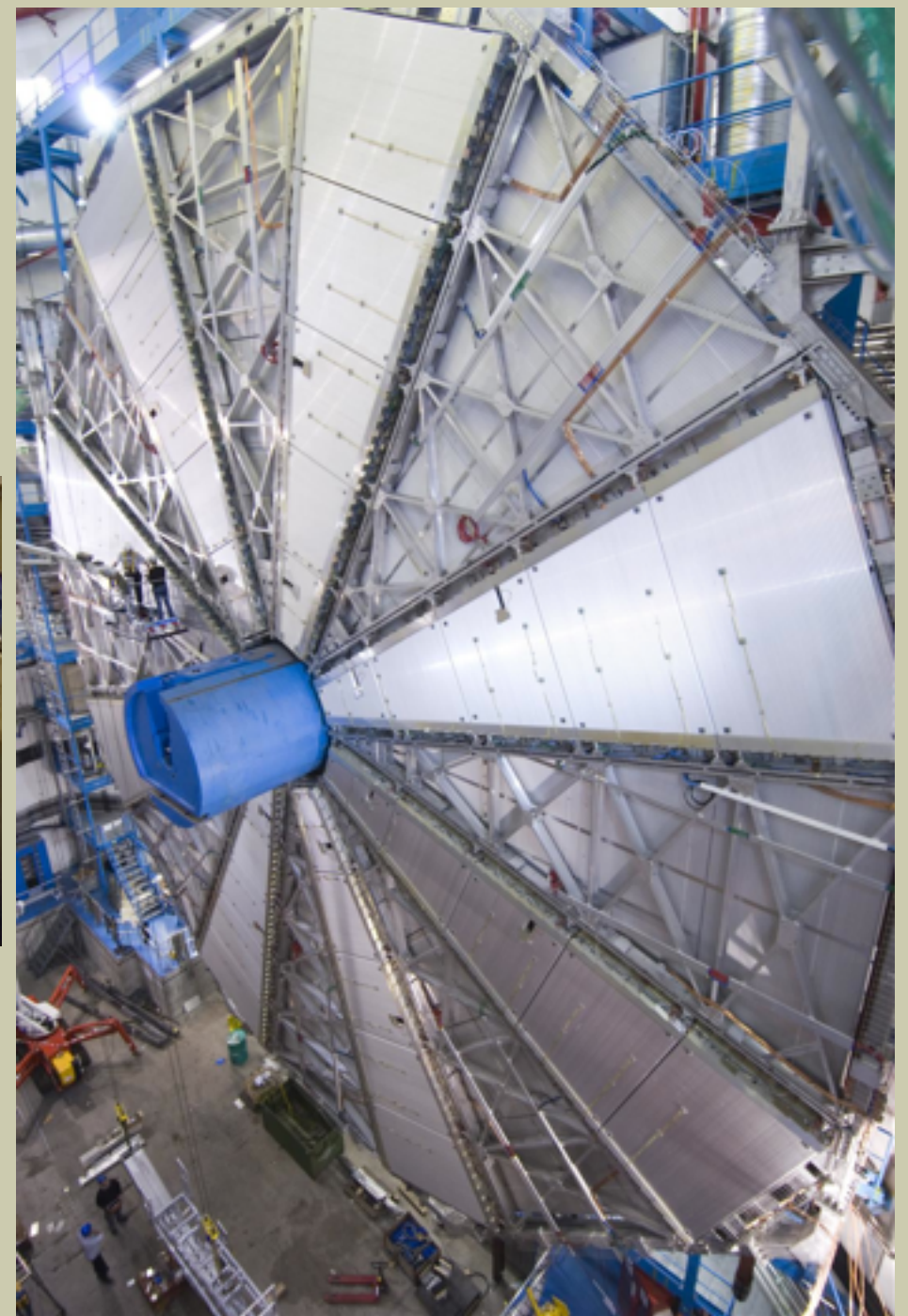
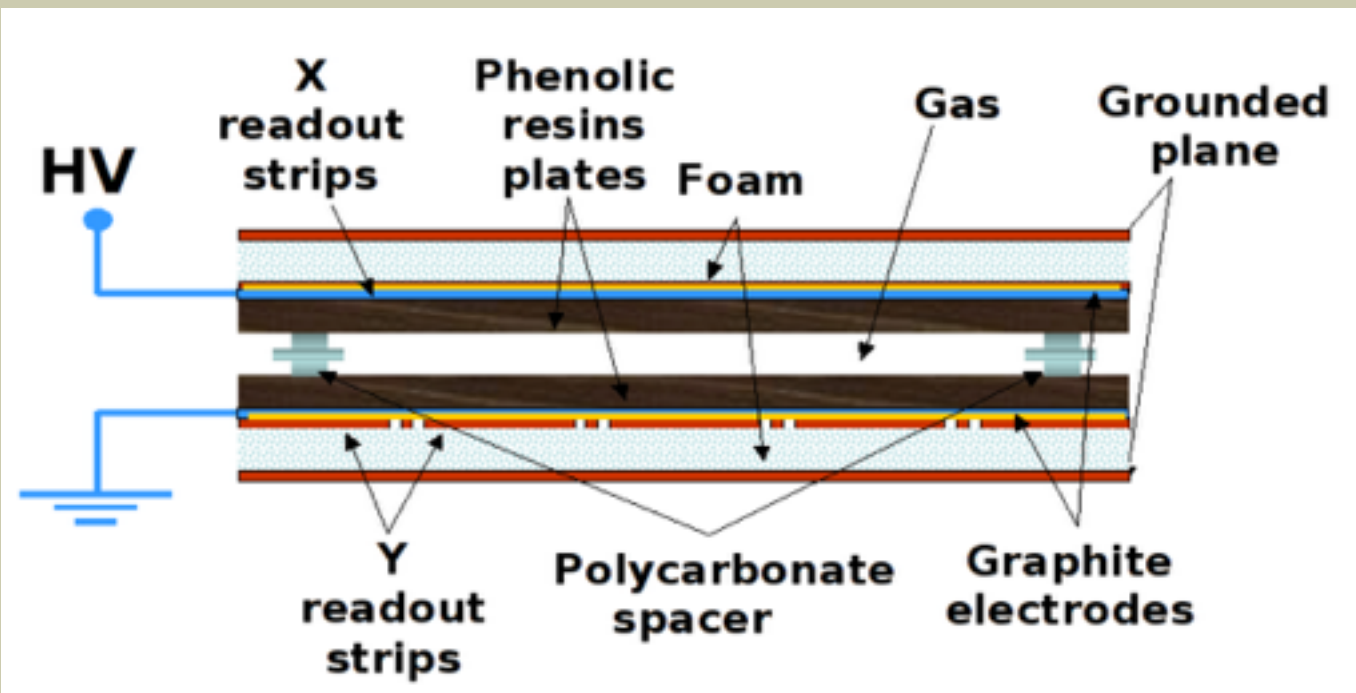


# ATLAS müon sistemi

- MDT kurulumu



- RPC çalışma ilkesi







## Teşekkürler

Parıldak işi kolay gelsin ve iyi algılamalar...