



T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK ANA BİLİM DALI

NÜKLEER SPEKTROSKOPİDE KULLANILAN ELEKTRONİĞİN EVRİMİ:
PARIS PROJESİ ELEKTRONİĞİ

Fatma ÇELİK

Eylül 2014

T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK ANABİLİM DALI

NÜKLEER SPEKTROSKOPİDE KULLANILAN ELEKTRONİĞİN EVRİMİ:
PARIS PROJESİ ELEKTRONİĞİ

FATMA ÇELİK

Yüksek Lisans Tezi

Danışman
Prof.Dr.Sefa ERTÜRK

Eylül 2014

Fatma ÇELİK tarafından **Prof. Dr. Sefa ERTÜRK** danışmanlığında hazırlanan “**Nükleer Spektroskopide Kullanılan Elektronik Evrimi : PARIS Projesi Elektronik**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Fizik** Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Sefa ERTÜRK, Niğde Üniversitesi



Üye : Doç. Dr. Hüsnü AKSAKAL, Niğde Üniversitesi



Üye : Yrd. Doç. Dr. Seyit Okan KARA, Niğde Üniversitesi



ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/....../20.... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun/....../20.... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../20...

Doç. Dr. Murat BARUT
MÜDÜR

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.


FATMA ÇELİK

ÖZET

NÜKLEER SPEKTROSKOPİDE KULLANILAN ELEKTRONİĞİN EVRİMİ

ÇELİK, Fatma

Niğde Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı

Danışman

Prof. Dr. Sefa ERTÜRK

Eylül 2014, 71 sayfa

Bu tez çalışmasında alfa, beta, gama ve nötron spektroskopisinde kullanılan elektroniğin evrimi araştırılmıştır. Nükleer spektroskopide yaygın olarak temel ve kompleks elektronik üniteler kullanılmaktadır. Bu tezde nükleer spektroskopide kullanılan elektroniğin evrimi ve PARIS projesinde kullanılması düşünülen $\text{LaBr}_3(\text{Ce})+\text{NaI}(\text{Tl})$ fosfor sandviç dedektöründe kullanılacak dijital elektronik sistemleri araştırdık. EUROGAM spektrometresi, 8π spektrometresi, AGATA ve PARIS projesi dedektör topluluğunda kullanılan elektronik sistemlerin yapısı araştırıldı. Hazırlanan bu tez ile nükleer spektroskopi alanında çalışacak araştırmacılara nükleer spektroskopide kullanılan farklı elektronik sistemler hakkında detaylı literatür bilgi ve örnekler sunuldu.

Anahtar Sözcükler: Elektronik, nükleer spektroskopi, EUROGAM spektrometresi, 8π spektrometresi, AGATA projesi, PARIS projesi

SUMMARY

THE EVOLUTION OF ELECTRONIC USED IN NUCLEAR SPECTROSCOPY

CELIK, Fatma

Nigde Universty

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Physics

Supervisor

Professor Dr. Sefa ERTÜRK

September 2014, 71 pages

In this thesis the evaluation of electronics which have been used for alpha, beta, gamma and neutron spectroscopy was investigated. In nuclear spectroscopy, generally fundamental and complex electronic units are used. In this thesis, we investigated the evaluation of elektronik which are used in nuclear spectroscopy and elektronik which will be used in LaBr₃(Ce)+NaI(Tl) fosfor sandiviç detector for PARIS Project. The structure of electronic systems which are used in EUROGAM spectrometer, 8π spectrometer, AGATA and PARIS Project detector are investigated. With this thesis we present a detail literature knowledge and examples about different electronics which are used in nuclear spectroscopy to people who are going to work in nuclear spectroscopy.

Keywords: Elektronik, nuklear spectroscopy, EUROGAM spectrometer, 8π spectrometer, AGATA Project, PARIS project

ÖN SÖZ

Bu tez çalışmasını hazırlamamda hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan, bilgilerini benimle paylaşan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Sefa ERTÜRK'e ve bütün yaşamım boyunca hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan, maddi ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan aileme ve eşime teşekkür ederim.

Bu tez çalışması TÜBİTAK 210T043 numaralı projeyle desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
SUMMARY	v
ÖN SÖZ	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGE VE KISALTMALAR	xiii
BÖLÜM I ELEKTRONİK	1
1.1 Analog Elektronik.....	1
1.2 Sayısal Elektronik.....	3
BÖLÜM II PARÇACIK DETEKTÖRLERİ İÇİN VERİ TOPLAMA VE TETİKLEME TEKNİKLERİ.....	4
2.1 Veri Toplama Sistemi	4
2.2 Analog Sinyaller	4
2.3 Dijital Sinyaller.....	5
2.4 Analog / Dijital Sinyal	5
2.5 Sinyallerin Transferi	6
2.5.1 Önyükselteç (Preamplifier)	6
2.5.2 Yükseltici (Amplifier)	7
2.5.3 Diskriminatör.....	8
2.5.3.1 İntegral diskriminatör	8
2.5.3.2 Diferansiyel diskriminatör, SCA, tek kanallı analizör	8
2.5.4 Analog/dijital dönüştürücü (ADC)	9
2.5.5 Paralel dizayn (Flash ADC).....	9
2.5.6 Başarılı yaklaşımli ADC.....	10
2.5.7 Zaman genlik dönüştürücüsü (TAC, Time to amplitude converter)	11
2.5.8, Çok kanallı analizör (MCA, multi channel analyser).....	11
2.5.9 Tetikleme (Trigger)	12
2.6 Koaksiyel Kablolar	13
2.7 NIM.....	14

2.8 Bilgisayar Kontrollü Sistemler	14
2.9 Otomatik Bilgisayar Kontrollü Ölçüm (CAMAC, Computer Automated Measurement and Control)	14
BÖLÜM III DEDEKTÖR TOPLULUKLARI VE KULLANDIKLARI ELEKTRONİKLER.....	17
3.1 EUROGAM Spektrometresi	17
3.1.1 EUROGAM'ın tasarımı ve dizaynı.....	17
3.1.2 Ölçüm Performansı	18
3.1.3 Deneyin Kurulumu.....	19
3.1.3.1 Denetleme.....	19
3.1.3.2 Tetikleyici (triggering)	19
3.1.3.3 Veri okuma Çıkışı (Readout).....	19
3.2 GAMMASPHERE.....	20
3.2.1 Gammasphere'in tasarımı ve dizaynı	20
3.3 8 π Spektrometresi İçin Veri Elde Edinim Sistemi: Gama-Işın Spektroskopisi İçin Çoklu Dedektör Topluluğu	22
3.3.1 8 π Spektrometresi'nin tasarımı ve dizaynı.....	22
3.3.1 8 π Veri edinim sisteminin fizyolojisi.....	23
3.3.2 Ön elektronikler	23
3.3.3 Mikro işlemci veri edinimi.....	25
3.3.4 Çıkış bilgisayarı	26
3.3.5 Bilgisayarla izleme ve iş yönetimi	26
3.4 AGATA-Advanced Gamma Tracking Array	26
3.4.1 AGATA'nın tasarım ve dizaynı	27
3.4.2 Ön uç elektronikleri.....	28
3.4.3 Dijitalleştirici (Sayısallaştırıcı)	29
3.4.4 Ön işlemci elektroniği	32
BÖLÜM IV PARİS PROTOTYPE	37
4.1 PARİS Projesi Detektör Topluluğunun Tasarım ve Dizaynı.....	37
4.2 Prototip Detektör.....	37
4.3 PM Tübünün Seçimi	38
4.4 Enerji ve Zaman Çözünürlüğü.....	39

4.5 Sonuçlar ve Perspektifler	42
4.6 PARIS Detektör Topluluğu	43
4.7 PARIS'in Etki Fonksiyonunun Kalibrasyonu ve Determinasyonu	44
4.8 Kullanılan Radyoaktif Kaynakların Ölçümü	45
4.9 Huzmedeki Ölçümler	47
4.9.1 $^{19}\text{F}(\text{p}, \alpha\gamma)^{16}\text{O}$ reaksiyonu	48
4.9.2 $^{27}\text{Al}(\text{p}, \gamma)^{28}\text{Si}$ reaksiyonu	48
4.9.3 $^{23}\text{Na}(\text{p}, \gamma)^{24}\text{Mg}$ reaksiyonu	48
4.9.4 $^{39}\text{K}(\text{p}, \gamma)^{40}\text{Ca}$ reaksiyonu	48
4.9.5 $^7\text{Li}(\text{p}, \gamma)^8\text{Be}$ reaksiyonu	49
4.9.6 $^{11}\text{B}(\text{p}, \gamma)^{12}\text{C}$ reaksiyonu	49
BÖLÜM V TARTIŞMA VE SONUÇ	56
KAYNAKLAR	58
ÖZ GEÇMİŞ	60

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1 Analog devre şeması.....	2
Şekil 1. 2 Sayısal elektronik örneği	3
Şekil 2. 1 Analog sinyal grafiği.....	4
Şekil 2. 2 Digital sinyal grafiği.....	5
Şekil 2. 3 Dedektör ve bilgisayar arasında kullanılan modüller	6
Şekil 2. 4 Önyükselteç cihazı.....	6
Şekil 2. 5 Yükselteç Cihazı.....	7
Şekil 2. 6 Analog sinyali digitale çevirme	9
Şekil 2. 7 Paralel dizayn örneği	10
Şekil 2. 9 Çok kanallı analizör.....	12
Şekil 2. 10 Koaksiyel kablo kesiti	13
Şekil 2. 11 NIM Kasası.....	14
Şekil 2. 12 CAMAC Sistemi.....	16
Şekil 3. 1 Eurogam sistematığı.....	17
Şekil 3.2 Ge dedektörünün yan görünüşü ve BGO compton bastırması....	21
Şekil 3.3 Mekaniksel desteği ile GAMMASPHERE dedektör sisteminin şekli.....	21
Şekil 3. 4 AGATA front-end elektronikleri ve veri readout sisteminin sistematığı	29
Şekil 3. 5 AGATA digitiser'in block diyagramı.....	30
Şekil 3. 6 AGATA digitiser'in fotoğrafı.....	31
Şekil 3. 7 Agata ön-işlemci mezzanines'in blok diyagramı	34
Şekil 3. 8 GTS mezzanine'in block diyagramı	35
Şekil 3. 9 GTS mezzanine'in iki yerinin fotoğrafı.....	35
Şekil 4. 1 Fosfor sandviç biriminin şekli.....	38
Şekil 4. 2 a)511keV'dan 1.4MeV'e XP3292B PM tübü ile lineerlik elde edinimi b)850V'dan 2000V'a R7723-100PM tübü için lineerlik testi	38
Şekil 4. 3 R7723-100 PM tübü arasındaki optiksel birleşimin mekaniksel dizaynı	38
Şekil 4. 4 Yüklü iki element spektrumu ve bu Cs ve Co kaynakları kullanılarak herbir elementin seçiminden sonra planlanır.....	40

Şekil 4. 5 Yüklü iki elementin spektrumu ve bu 6 MeV'lik gama kullanılarak herbir element seçiminden sonra planlanır.....	40
Şekil 4. 6 Gama ışın enerjisinin fonksiyonu olarak zaman çözünürlüğü.....	41
Şekil 4.7 BaF Dedektörü için kullanılan elektronik.....	51
Şekil 4.8 BaF ₂ Dedektörü için kullanılan elektronik	52
Şekil 4.9 Milano deneyinde kullanılan elektronik yardımıyla hızlı ve yavaş sinyaller..	53
Şekil 4.10 Hızlı ve yavaş sinyal kullanılarak alfa ve gama ayırımının gerçekleştirildiği sonuç	53
Şekil 4.11 Milano deney sonuçları	54
Şekil 4.12 PARIS deney sonucu	55

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 Enerji çözünürlüğü tablosu.....	41
Çizelge 4.2 Kalibrasyon ve 6.13 MeV üzerinde diğer gerekli testler için yararlı benzer gama ışınları ile radyoaktif kaynaklar.....	45
Çizelge 4.3 Düşük enerjili gama ışınların ve benzer izotoplarının bir listesi.....	46
Çizelge 4.4 Reaksiyonların enerji dağılımları.....	49

SİMGE VE KISALTMALAR

Simgeler	Açıklama
e	Elektron
V	Volt
eV	elektrovolt
MeV	Megaelektrovolt
keV	Kiloelektrovolt
mV	Milivolt
y	yıl
d	dakika
s	Saniye
μs	Mikrosaniye
ms	Milisaniye
ns	Nanosaniye
M	Mega
K	Kelvin
G	Giga
W	Watt
Kw	Kilowatt
Kg	Kilogram
K	Kilo
m	Metre
mm	Milimetre
cm	Santimetre
cm ²	Santimetrekaire
Hz	Hertz
GHz	Gigahertz
MHz	Megahertz
kHz	Kilohertz
Mbyte	Megabyte
dB	Desibel
mA	Miliamper

Kısaltmalar

DC
AC
ADC
DAC
SCA
MCA
MCS
TAC
PHA
NIM
TV
CC
CAMAC
RS
CFD
CSG
OLM
FEE
PSA
FADC
GTS
MWD
PMT

Açıklama

Doğru Akım
Alternatif Akım
Analog Dijital Dönüştürücü
Dijital Analog Dönüştürücü
Tek Kanallı Analizör
Çok Kanallı Analizör
Çok Kanallı Skala Modu
Zaman Genlik Dönüştürücüsü
Sinyal Yükseklik Analizörü
Nuclear Instrument Modules
Televizyon
Kafes Kontrolleri
Otomatik Bilgisayar Kontrollü Ölçüm
Recoil Ayırıcı
Sabit Oran Ayırtedici
Compton Bastırma Germanyum
Octal Logic Matrix
Ön Uç Elektroniği
Puls-Şekil Analizi
Diferansiyel Analog Dijital Dönüştürücü
Global Tetikleyici ve Senkronizasyon
Veri Akışında Taşınan Pencere
Fototüp

BÖLÜM I

ELEKTRONİK

Elektronikğin birçok çeşitli tanımı bulunmaktadır. Bunların bazıları aşağıdaki gibidir.

- Elektronik, elektrik akımını geçiren, iletken, yarı iletken, süper iletken, direnç, kondansatör, indüktans, vakum tüpleri ve nano ölçekli yapılarla imal edilen elemanların ve bu elemanların montajıyla meydana gelen cihazların geliştirilmesiyle ilgilenen mühendislik dalıdır.
- Elektriksel büyüklüklerin değişmelerini inceleyen bilim dalıdır.
- Doğada bulunan 109 elementten bazılarının atomlarının son yörüngelerinde (valans yörünge) bulunan eksi (-) yüklü elektronların hareketlerinden (davranışlarından) yararlanarak çeşitli donanımları yapma bilimine elektronik denir.
- Serbest Elektronların etkisiyle oluşan olayları inceleyen bilim dalına Elektronik denir.
- Elektronik, elektronik aygıtları çalıştırmak için küçük elektrik akımlarının nasıl kumanda edilmesi gerektiğini araştıran bilim dalıdır.

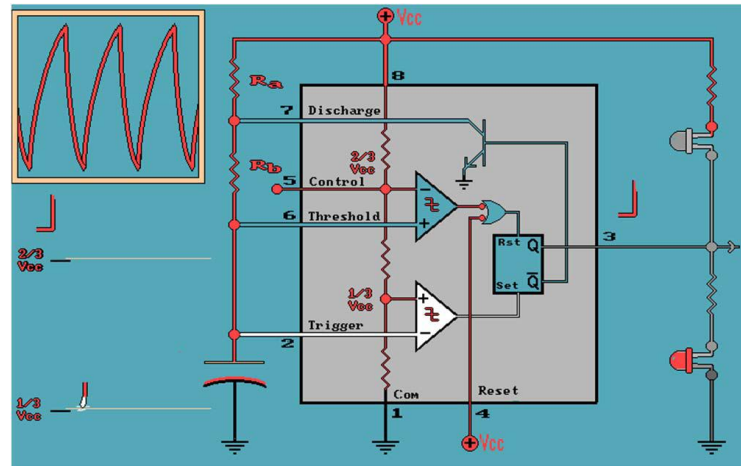
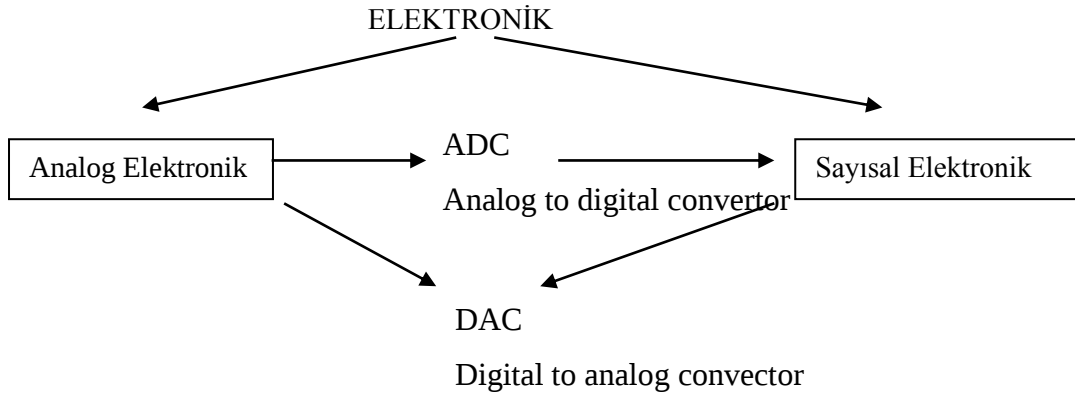
Elektronik iki kısımda incelenmektedir. Bunlar: analog elektronik ve sayısal elektrondur. Analog elektronik sayısal elektroniğe, sayısal elektronik ise analog elektroniğe çevrilerek kullanılabilir.

1.1 Analog Elektronik

Analog Veri: ölçüm araçları ile ölçülebilen volt, akım, frekans, endüktans, kapasite vb.. ölçümlerdir.

Analog elektronik devreler: Devrenin çalışması volt, akım, frekans, ... değerleri esasına göre tasarlanmış ve kullanılan tüm elektronik elemanlar bu esaslara göre çalışıyor ise bu tip elektronik devrelere analog elektronik devreler adı verilir.

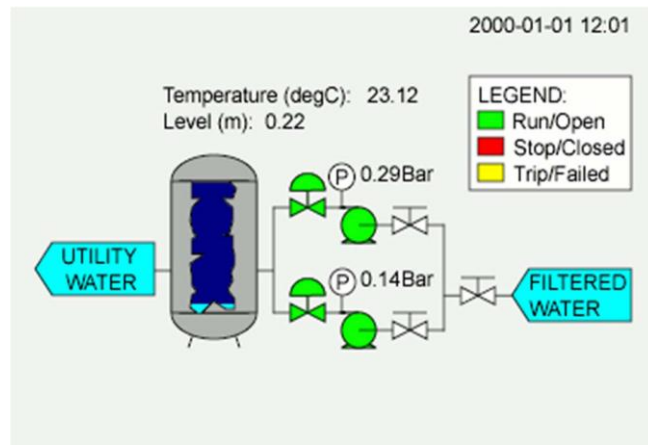
Farklı tipte olan ölçümler (sıcaklık, hız, nem, basınç, ...) devreler yardımı ile volt, akım, frekans gibi değerlere çevrilir. Analog elektronik arada dönüştürücü devrelerin olmamasından, direk olarak değerlerin devrede kullanılmasından dolayı oldukça hızlı devrelerdir. Yüksek akım ve gerilim ile çalışan devrelerin yine analog olarak tasarlanması gerekmektedir (bkz şekil 1.1).



Şekil 1. 1 Analog devre şeması

1.2 Sayısal Elektronik

Sayısal elektronik, analog verilerin ikili sayı sistemleri ile ifade edilmesi prensibi ile çalışır. Sayısal elektronik, gerilimler ve akımlar ile uğraşmaz. Analog elektronik elektrik sinyalinin seviyesine göre işlem yaparken sayısal elektronik için sinyalin değeri önemli değildir. Sinyalin var veya yok olması önemlidir. 0V seviyesi yani elektrik yok seviyesi mantık 0 (mantık 0), +5V seviyesi ile mantık 1 (mantık 1) seviyesini gösterir (bkz şekil 1.2) (Kalaycı, 2012).



Şekil 1. 2 Sayısal elektronik örneği

BÖLÜM II

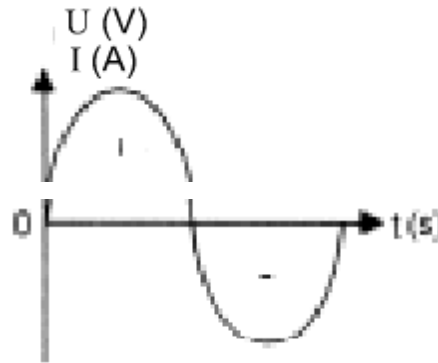
PARÇACIK DETEKTÖRLERİ İÇİN VERİ TOPLAMA VE TETİKLEME TEKNİKLERİ

2.1 Veri Toplama Sistemi

Dedeksiyon sistemi dedektör ve dedektöre bağlı ölçüm sistemlerinden oluşmaktadır. Veri toplama ve kontrol sistem sinyalleri; bilgisayarın algılayabileceği şekilde bilgisayara aktaran sistemlerdir. Detektör çıkışını düzgün olarak algılayabilmek için bir seçim mekanizması, ön elektronikler denilen, detektörlerin sensörlerinden gelen bilginin anlaşılabilmesi, bu olayların senkronize bir şekilde olmasını sağlamak için bir 'saat' ve seçilen verinin toplanabilmesi için veri toplama sistemi ve bu verinin düzenlenmesi için kontrol ve veri toplama sisteminin konfigürasyonu gereklidir.

2.2 Analog Sinyaller

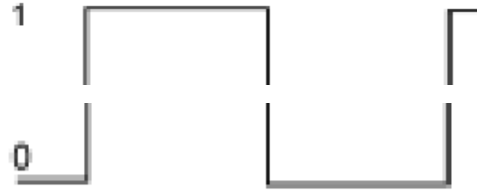
Karakteristiklerinden bir ya da birkaçının sürekli değişimi yoluyla bilgi taşır. Örneğin bir sintilatörün çıkışı, girişine gelen radyasyonun enerjisine bağlı olarak analog bir sinyal üretir. Sinyalin genliği detektörde algılanan parçacığın enerjisi ile orantılıdır. Sinyal yüksekliği ile enerji arasında lineerlik vardır. İlgilendiğimiz sinyaller genellikle analog sinyallerdir. Her bir mümkün genlik değerini bir durum olarak düşünürsek sinyalin sonsuz mümkün değeri olabilir. Analog sinyale bakıldığında akımın artıp azaldığı anlaşılabilir (bkz şekil 2.1).



Şekil 2. 1 Analog sinyal grafiği

2.3 Dijital Sinyaller

Analog sinyaldeki sonsuz duruma sahip sinyalin sonlu sayıda duruma sahip olmasını sağlarsak dijital sinyal elde etmiş oluruz. Bir örnek vermek istersek Geiger Müler sayacının çıkış sinyali buna bir örnektir; sinyal vardır ya da yoktur. Bu da radyasyonun detekte edilip edilmediğine karşılık gelir. Sinyalin var ya da yok olması 0 ve 1 sayılarıyla ifade edilir. Bu rakamlar analog sinyaldeki bilgidir. Belli bir akım değeri arasında çalışıldığında, akım geçmesi durumunda 1 ve akımın geçmemesi durumunda 0 değerini alır. Genişlikleri standart olmamalarına karşın genellikle 1 µs'dir. (bkz şekil 2.2)



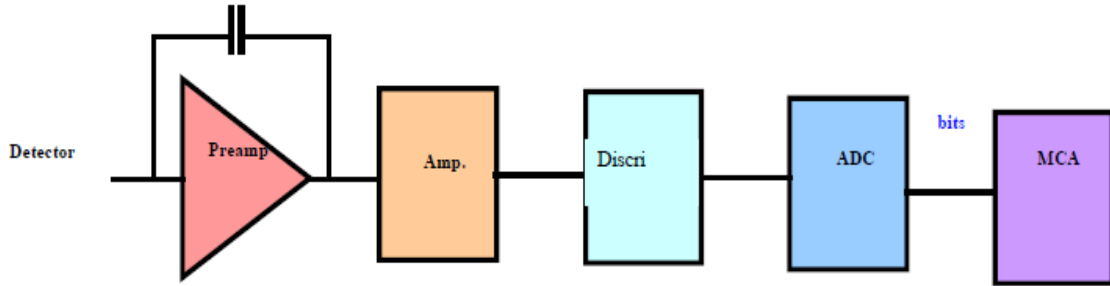
Şekil 2. 2 Digital sinyal grafiğı

2.4 Analog / Dijital Sinyal

Analog sinyal dijital sinyale göre daha fazla bilgi taşır. Eğer sinyalin şekli önemsizse dijital sinyal güvenilir olması nedeniyle tercih edilir. Standartlar oluşturulurken kesin bir 0 veya 1 değeri yakalamak zordur. Tüm sinyaller dijitalize edilemezler, bir distriminatör ile belirlenen seviye üzerinde kalan sinyaller dijitalize edilebilirler. Gelen sinyal distriminatörün LLD'sinden daha yüksekse dijital 1 üretilir, değilse 0'dır. Böylelikle sayma işlemi yapılabilir. Bu sinyal bilgisayarda işlenir ve örneğın sinyal yüksekliğı bilgisi gerekliyse DAC kullanılarak analog hale getirilebilir. Detektörden gelen analog sinyal ADC tarafından dijital sinyale çevrilir.

2.5 Sinyallerin Transferi

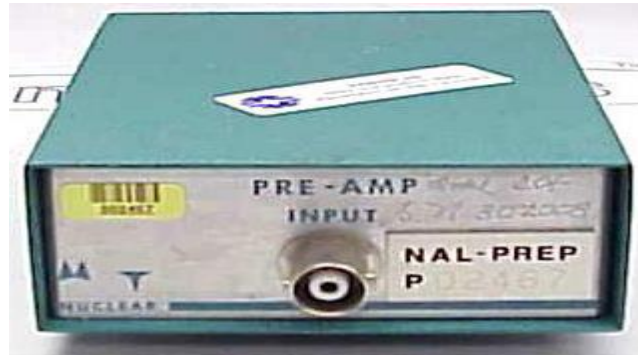
Sinyaller yükseltilmeye, şekillenmeye, ayrılmaya, dijitalize edilmeye ve transfer edilmeye gerek duyarlar. Bu işlemler yapılırken detektörle bilgisayar arasında kullanılan ve belirli görevleri olan modüller bulunur (bkz şekil 2.3).



Şekil 2. 3 Dedektör ve bilgisayar arasında kullanılan modüller

2.5.1 Önyükselteç (Preamplifier)

Dedektörden gelen zayıf sinyali 10 - 100 mV mertebesine kadar güçlendiren yükselteçlerdir (bkz şekil 2.4) .



Şekil 2. 4 Önyükselteç Cihazı

Yüke hassas ön yükselteç; yarıiletken detektörler için kullanılması uygundur. Buradaki temel düşünce giriş pılsı ile taşınan tüm yükün bir C_f üzerine toplanmasıdır. Çıkış sinyali daima $V_0 = -Q/C_f$ olur.

Akıma hassas ön yükselteç; çok düşük empedanslı cihazlarla kullanılmak zorundadır ve bu nedenle yüksek empedanslı nükleer fizik cihazlarına uyum göstermezler.

Gerilime hassas ön yükselteç; kullanımı daha geniştir. Radyasyon detektörleri yük üretirler. $V=-Q/C_{tot}$ ile detektör ve giriş devresinin toplam kapasitif etkisini kullanarak bu yük bilgisi gerilim bilgisine çevrilebilir. Böylece detektör ve giriş devresinin sığasının sabit kalması da önem kazanır. Bu tip bir ön yükseltecin yarıiletken detektörle kullanılması uygun olmaz. Çünkü yarıiletken malzemenin kapasitansı sıcaklığın bir fonksiyonudur.

Tipik bir ön yükseltecin çıkışı birkaç on veya yüz mili voltur bu nedenle de tek başına sayılmak için oldukça küçüktür.

2.5.2 Yükseltici (Amplifier)

Yükseltici, gelen sinyale daha fazla kazanç sağlar ve bu sinyali diskriminatöre yollar. Burada voltaj kazancı en az 1000 kat artar ve şekillenen lineer sinyal 0-10 V aralığındadır. Sinyal şeklinden bağımsız olmak için genelde yüke hassas amplifikatörler kullanılır. Bir yükseltici aynı zamanda otomatik olarak bir şekillendiricidir. Her detektör düzgün dizayn edilmiş yükselticiye ihtiyaç duyar(Bkz şekil 2.5).



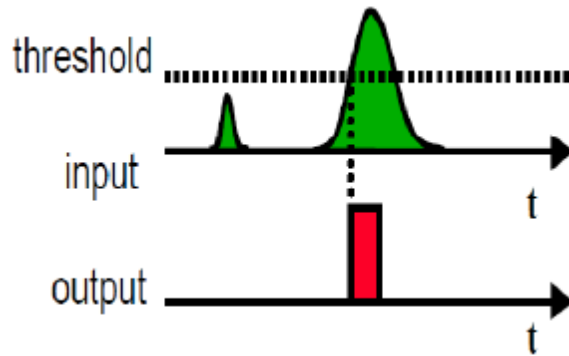
Şekil 2. 5 Yükselteç cihazı

2.5.3 Diskriminatör

Diskriminatör, integral diskriminatör ve diferansiyel diskriminatör (SCA, tek kanallı analizör) olmak üzere ikiye ayrılır.

2.5.3.1 İntegral diskriminatör

Sinyalleri düzgün olarak sayabilmek için şekillenmiş lineer sinyallerin mantık sinyallere dönüştürülmesi gerekmektedir. İntegral diskriminatör bu iş için kullanılan en basit birimdir ve eğer lineer giriş sinyal genliği belirlenmiş diskriminatör seviyesinden fazlaysa bir mantık çıkış sinyali üretir. Eğer giriş sinyal genliği diskriminatör seviyesinden alttaysa bu durumda çıkış oluşmaz. Diskriminatör seviyesi bir ön panel kontrolüyle ayarlanabilir. Seviye sistem gürültüsünün üzerine ayarlanır, dolayısıyla her boyuttaki detektör sayımı için maksimum hassaslık gerçekleştirilir. İntegral diskriminatör giriş sinyallerinin 0-10 Volt aralığındakileri kabul etmek için dizayn edilmiştir (Alaçakır, 2012).

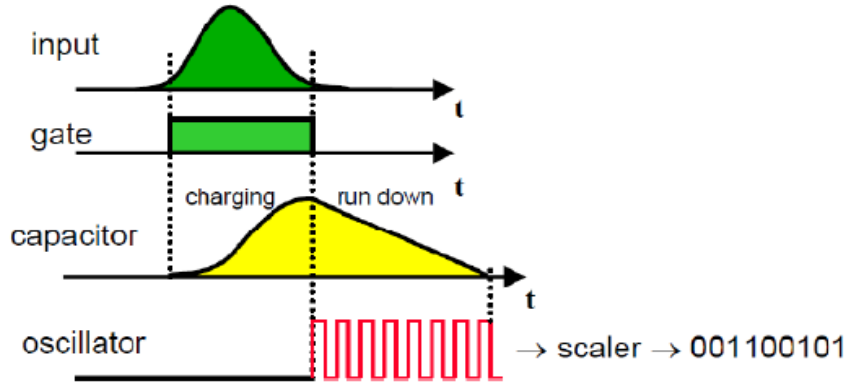


2.5.3.2 Diferansiyel diskriminatör, SCA, tek kanallı analizör

İki bağımsız seviye içeren başka bir lineer-mantık dönüştürücüsüdür ve dönüşüm işlemi sadece giriş sinyali ayarlanan iki seviye arasındaysa gerçekleşir. SCA'ların birçoğunda yüksek seviye diskriminatörün kapanarak düşük seviyeler tarafından kontrol edilen bir basit integral diskriminatör olarak kullanılması özelliği vardır. Giriş sinyallerinin tipik olarak 0.5 – 10 mikro saniye genişlikli ve 0-10 Volta genişletilmiş olarak şekillendirilmeleri amaçlanır.

2.5.4 Analog/dijital dönüştürücü (ADC)

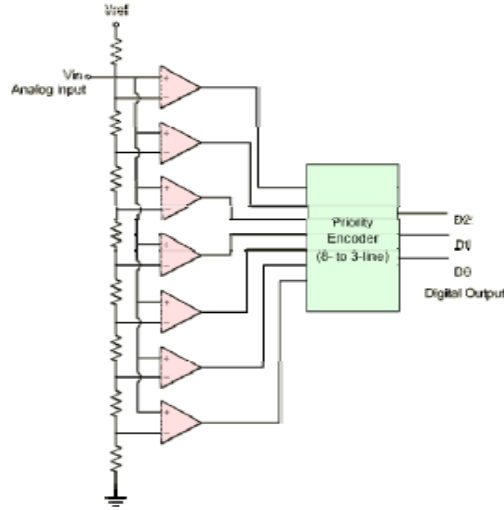
Analog/Dijital Dönüştürücü, iki mantık sinyal arasındaki zaman farkı ile orantılı genliğe sahip bir sinyal üretir. Her bir örnek voltaj seviyesine uygun olarak bir sayıya dönüştürülür(bkz şekil 2.6).



Şekil 2. 6 Analog sinyali digitale çevirme

2.5.5 Paralel dizayn (Flash ADC)

Analog sinyalin giriş voltajının bir referans voltajıyla karşılaştırılması yöntemiyle çalışır. Bu referans voltajı analog sinyal tarafından başarılan maksimum değerdir. Örneğin referans sinyali 5 voltsa, bunun anlamı analog sinyalin piki 5 voltur. 8 bitlik bir ADC'de giriş sinyali 5 volta ulaştığında ADC çıkışında 255 (11111111) değeri görülür. Giriş voltajı tüm karşılaştırıcılara aynı anda paralel olarak gelir ve bu sinyal genliğinin altında eşik değerine sahip olan karşılaştırıcılar, çıkışı mantık 0'dan mantık 1'e çevirirler. Karşılaştırma bir op-ampla yapılır. Meydana gelen mantık sinyaller kalıbı kayıt tarafından okunur ve ikilik sisteme çevrilir. Çevrim tek bir paralel adımda gerçekleştiği için flash ADC diğer çeşitlere göre oldukça hızlıdır. Kullanılan karşılaştırıcı sayısı $2n - 1$ 'dir. n burada çıkış bit sayısıdır(bkz şekil 2.7).

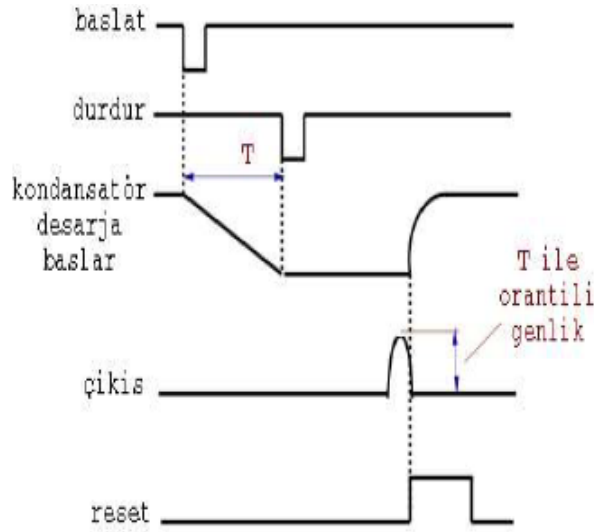


Şekil 2. 7 Paralel dizayn örneği

2.5.6 Başarılı yaklaşımli ADC

Başarılı yaklaşımli ADC'nin çalışma şekli bir dizi mantık işlemle açıklanabilir. Karşılaştırmacı giriş sinyal genliğinin tüm ADC aralığının yarısının üzerinde ya da altında olmasına göre değerlendirilir. Eğer giriş sinyal genliği tüm ADC aralığının yarısının altına düşerse ADC çıkışında ilk bit 0 olur. Genlik yarı değer üzerinde ise, devre, sinyal genliğinden ADC aralığının yarısına eşit olan değeri çıkarır. İkinci duruma geçildiğinde geriye kalan kısma geçer ve bit değeri olarak "1" sayısını girer. İkinci durumda ise ADC'nin yarı genişliği üzerinden benzer şekilde karşılaştırma yapılır. Çıkış biti karşılaştırmaya göre "1" veya "0" değerini alır. İkinci durumdan kalan kısım üçüncü duruma aktarılır ve durum sayısı sonlanana kadar bu şekilde devam eder. Eğer 10 durum sağlanmışsa, 210 ya da 1024 kanal aralığını kapsayacak şekilde 10 bitlik bir kelime üretilir. Flash ADC diğer çeşitleri arasında en hızlısıdır. Analog sinyalin dijital eşdeğeri hemen oluşur. (Al-Adili, 2010)

2.5.7 Zaman genlik dönüştürücüsü (TAC, time to amplitude converter)



Şekil 2. 8 Genlik orantılı çıkış sinyali

Başlat ve bitiş sinyalleri arasındaki zamanla genliği orantılı bir çıkış sinyali üretir. İki mantık sinyal arasındaki zaman farkı ile orantılı genliğe sahip bir sinyal üreten devredir. Bir başlat sinyali, bir kondansatörün sabit bir şekilde bozunmaya başlamasını sağlar ve bitir sinyali de bu deşarjı durdurur. Bu şekilde toplanıp, boşaltılan yük miktarı zaman aralığı ile orantılıdır(bkz şekil 2.8).

2.5.8 Çok kanallı analizör (MCA, multi channel analyser)

Çok kanallı analizör (MCA) gelen sinyallerin dağılımını ölçebilen önemli bir laboratuvar aletidir. İki farklı işletim modunda çalıştırılabilir: Sinyal yükseklik analizörü (PHA) ve Çok Kanallı Skala Modu (MCS). PHA modunda giriş sinyalleri genliklerine göre kanallara (binler) ayrılırlarken, MCS modunda geliş zamanlarına göre ayrılırlar. MCA sonuçtaki dağılımın gerçek gösterimini sağlar ve genellikle ileri seviyedeki analiz için çıkan veriyi yazıcıya veya bilgisayara gönderir. Tüm modern MCA'ler çok işlemci kontrolündedir(bkz şekil 2.9).



Şekil 2. 9 Çok kanallı analizör

2.5.9 Tetikleme (Trigger)

Bir olayın hangi şartlar altında seçileceğini, kaydedileceğini tanımlayan sistemdir. İlginç/istenen olayları seçmek için, arka fonu çıkartmak için kaydedilen veri boyutunu azaltmak için, veri kaydı (trec) tipik olarak olay başına 1 ms sürer. Eğer seçilen olayların hızı R , $1/\text{trec}$ 'e kıyasla küçük değilse ölü zaman oluşacaktır. Kaydedilen olayların hızı gerçek olayların hızından küçük olacaktır. (Ganioğlu, 2008).

$$\frac{R'}{R} = 1 - R' \tau_{\text{rec}} \quad (2.1)$$

Burada R gerçek olay hızı, R' kaydedilen olayların hızıdır.

Modern deneylerde tetikleme sistemler çok daha fazla seçici olmalıdır. Tetikleme kararı genellikle üç aşamada verilir. Bu durum karmaşıklığı ve seçimi artırır. Bir önceki seviyenin tüm verileri ardışık tetikleme kararına kadar depolanmalıdır.

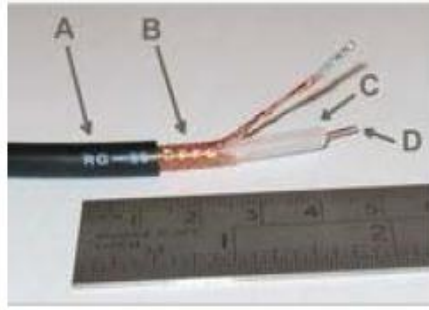
Seviye 0 : Olay hızı 109 Hz'dir. Detektör kanalları: 107-108. Veri toplama sabit olarak 40 MHz'dedir. Veri akışı sn başına 1016 bittir. (Ünel, 2011)

Seviye-1 tetikleme: Birkaç mikrosaniyelik ilginç aday olayların kabaca seçimidir. L1-tetiklemenin çıkış hızı yaklaşık 100 kHz'dir.

Seviye 2 tetikleme: Seçim kriterinin hassaslığı yaklaşık 1 kHz'dir.

Seviye-3 tetikleme: Fiziksel süreçlerin tanımlanması. Depolama birimine verinin yazılması. L3 çıkış hızı 10-100 Hz arasındadır. Olay boyutu yaklaşık 1 Mbyte'tır.

2.6 Koaksiyel Kablolar



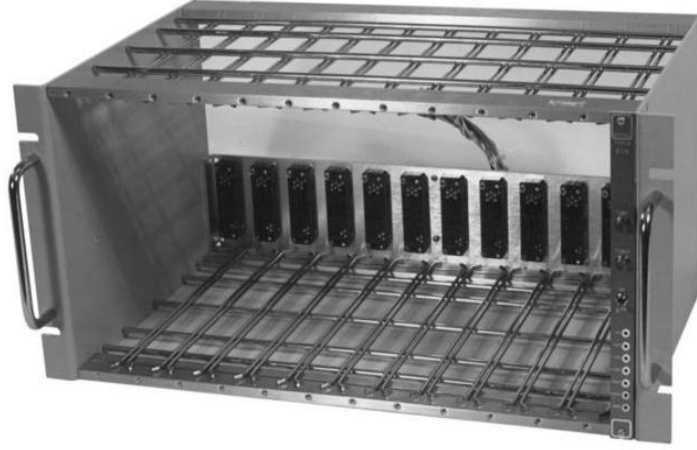
A: dış yalıtkan
B: Faraday kafesi
(sık örgülü iletken)
C: dielektrik
D: bakır iletken

Şekil 2. 10 Koaksiyel kablo kesiti

İlk olarak 1880 yılında İngiltere'de patent altına alınmış olup çok çeşitli alanlarda kullanım bulmuştur. Koaksiyel kabloda hareket eden sinyalin hızı yalnızca dielektrik materyalin cinsine bağlıdır ve dielektrik katsayısının karekökü ile ters olarak değişir. Sinyal iletiminde kullanılacak kabloların en önemli özelliği birim uzunluk başına kapasitif etkileri ve karakteristik empedanslarıdır. Merkez iletkenin direnç göstermesi ve dielektriklerin mükemmel olmaması gibi nedenlerden dolayı bazı kırılmalar oluşur; hiçbir gerçek kablo mükemmel iletim hattı değildir. Koaksiyel kablonun empedans değeri genellikle 50 ohm'da sabit tutulmuş ve standartlaştırılmıştır. En çok kullanılan çeşitleri 50 veya 52 ohm ve 75 ohm empedansa sahiptir. 50 / 52 ohm'luk kablolar NIM elektroniklerinde, endüstri ve ticari olarak kullanılırlarken 75 ohm'lukları TV ve radyolar için kullanılırlar.

2.7 NIM

NIM kelimesi = Nuclear Instrument Modules kelimelerinin kısaltmasından oluşmaktadır. Standartları ilk olarak 1968’de yayımlanmıştır. İlk etapta birkaç komponent için hazırlanmış fakat daha sonra genişletilerek bu alanda kullanılan her bir bileşen, kablolar ve bağlantı uçları da dahil olmak üzere NIM standardına eklenmiştir. 6, 12, 24 V DC veya 117 V AC de çalışmaktadır. 50 Ohm empedans altyapısını kullanmaktadır(bkz şekil 2.11).



Şekil 2.11 NIM kasası

2.8 Bilgisayar Kontrollü Sistemler

Bilgisayar kontrollü bir sistem oluşturmak, bilgisayarın arabirim araçlarını gerektirir. Bununla beraber, bilgisayar mimarisinin çeşitliliği her araç ve her bilgisayar için değişik bir arabirim oluşturmayı zorunlu hale getirmiştir. Bu durum ise araçların uyum problemini doğurmuştur. Bu problemi hafifletmek için; standartlaştırılmış sistemler geliştirilmiştir. Bunlar aşağıdaki kısımlarda açıklanmıştır.

2.9 Otomatik bilgisayar kontrollü ölçüm (CAMAC, computer automated measurement and control)

CAMAC modüler bir sistemdir. Elektronik cihaz yerleştirme kafesine (crate) kolayca takılıp çıkarılabilen modüllerden oluşur. Crate'ler her elektronik ünite yerleştirme kızıağı (slot) veya modüllerin içine sokulduğu istasyonlardan oluşur. Modülün arkasında bağlantı yerleri vardır ve slot'un arka tarafında bulunan aynı bağlayıcıyla birleştirilirler.

Bu bağlayıcı, 43'ü yanlarda olmak üzere, 86 bağlama noktasından oluşur. Bu noktalar modüle crate'in arka kısmı boyunca uzanan paralel tel serileri ile birleştirilmiştir ve her istasyona bağlıdırlar. Bu tel serileri CAMAC terminolojisinde 'veri akışı' olarak bilinir.

CAMAC'la tüm iletişim 'crate controller' (CC) olarak bilinen özel bir modülle sağlanır. Bu modül crate veri akışın'da bilgi akışını sağlayan iletişim merkezi olarak görev yapar. Komutlar veya veriler bilgisayar tarafından bir modüle dağıtılır veya modülden bilgisayara gider. Bundan dolayı komut veya veriler crate controller'den geçmek zorundadır. Genel olarak bir crate'de bir crate controller komutları dağıtan veri akışının amiri konumunda bir modüldür. Diğer bütün modüller CC'ye bağlıdır. Bu özelliğinden dolayı, CC her zaman son iki istasyonda (24 ve 25 numaraya) yerleştirilir.

CAMAC Sistemleri birçok yolla çeşitli karmaşıklık seviyelerinde düzenlenebilir. En basit sistem, ana bilgisayara tek crate bağlantısı içeren sistemdir. Bilgisayarların Ara birimleri genelde CC'ün içine eklenmiştir. Kullanılan modül sayısı sadece tek bir crate'e uydurulmak üzere sınırlandırılabilir. Daha büyük ve daha karmaşık sistemler aynı bilgisayara bağlı birkaç crate içerir. Bu crate'ler veri akışı gibi birbirlerine paralel ya da seri olarak bağlanırlar. Burada değişik crate'lerden ve crate'lere sinyalleri taşıyan bir taşıyıcı (bus) vardır. Bu taşıyıcıda veri akışını yönetmeyi gerektiren özel birim ise 'branch driver' olarak bilinir ve CC ile benzerdir. Bu noktada CAMAC'a birden fazla bilgisayar bağlamak verinin kalitesini arttırmak ve artan verilerle baş etmek için gereklidir.(Ganioğlu, 2008)



Şekil 2. 12 CAMAC sistemi

BÖLÜM III

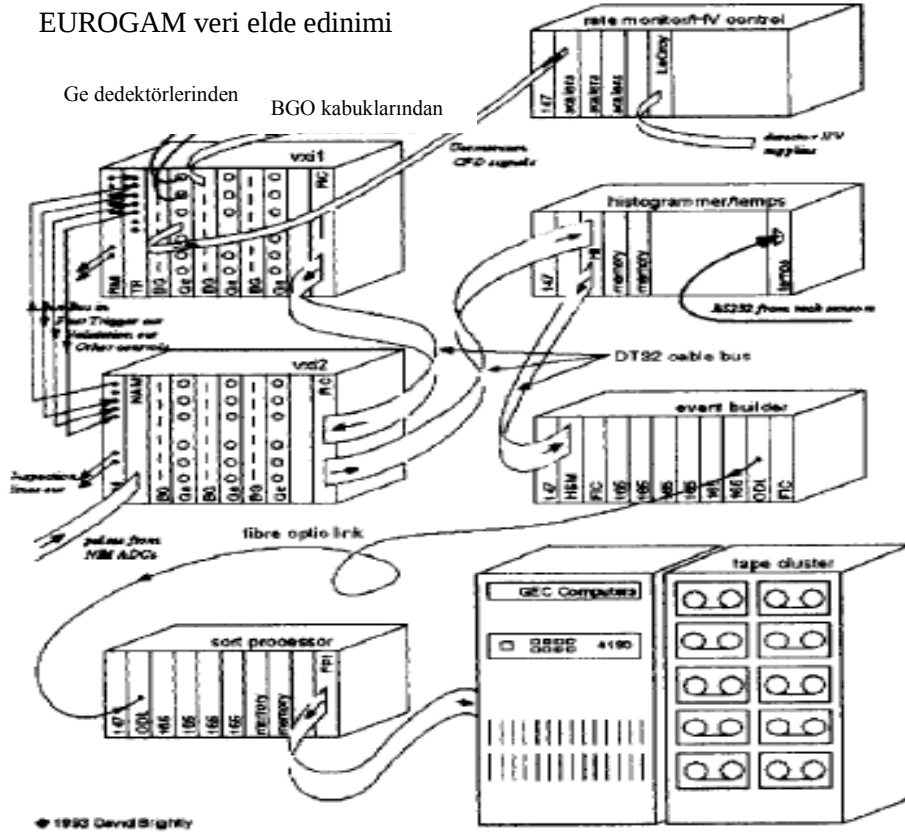
DEDEKTÖR TOPLULUKLARI VE KULLANDIKLARI ELEKTRONİKLER

3.1 EUROGAM Spektrometresi

1992-1993'de Daresbury laboratuvarında Nükleer yapı Tesisi EUROGAM deneysel programının bir fazı barındırıldı. Bunlar elektronik ve veri toplama için VXI bus standardının büyük ölçülü kullanımını sağlamak için yapılan ilk nükleer fizik deneyleridir. Eurogam, her iki bağımsız ve Daresbury Recoil Ayırıcı (RS) içeren iç dedektörler ile birlikte gama-ışın spektroskopisi için kullanıldı. İzomer dedektörü ve çeşitli parçacık dedektörleridir. Sistemin genel bir bakışı, özel VXI kartları, okuma ve tetikleme sisteminin ayrıntıları EUROGAM içindir.

3.1.1 EUROGAM'ın tasarımı ve dizaynı

EUROGAM sisteminin diyagramı şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 1 Eurogam sistematığı

EUROGAM elektronikleri ve veri toplama sistemi bir mini bilgisayar kaydedici olarak kullanılması ile birlikte VXI ve VME kasalarının gösterilen bir karışımını içerir. İki VXI kasaları ön uç (front end) elektroniğini içerir ve tamponlu, onların okuma kontrollerinden sayısallaştırılmış veri üretilmiştir. VXI kasalarının alt olaylar VME olay oluşturucu içinde beslenen DT32 bus'daki tüm olaylar içine monte edilir.

Olay yapıcıdan veri kontrol odası için deneysel alandan bir fiber optik link üzerine iletilmiştir, burada onlar VME tabanlı çeşitli işlemci kullanılan online analizlerinin tercihi ile kaydedilmesi için yazıldı.

3.1.2 Ölçüm performansı

EUROGAM VXI elektronikleri her bir D-ölçülü VXI kartları (340x66 mm) içinde NIM elektroniklerinin 4 ve 6 kutuları arasındaki eşitliği birleştirir. Germanyum kartı tamamen 6'lı Ge dedektör aletidir; örneğin, 4 ADC besleyen her bir Ge kanalı 2 enerji bölgesi ve 2 tamamlamayı ölçer. Bizmut Germanyum (BGO) kartı tamamen 6 BGO durdurma katmanlı alettir, her biri 10 kristali içerir, 10 bit vuruş şeklini sağlar, toplam enerji ve zamanlamayı her bir katman için ölçer. Tipik enerjilerde Ge elektronik kartların çözünürlüğü Ge dedektörünün gerçek çözünürlüğünden yaklaşık 500 eV daha kötüdür. Ge elektronik kartında kanal-kanal ızalasyonu 100 dB'den daha azdır.

Hızlı bir bus sisteminde devam eden analog elektroniğin EUROGAM etkilerinin 1 fazı boyunca bilinen ölü zaman sistem işleyişi kullanılmasıyla elenir. Arka plan okuması tamamlanana kadar ADC'ye girişten analog kanallar ölü olarak önemsenir. Bunun sonucu olarak bus üzerinde başka aktivite meydana gelmezken gerçekleşen olaylar ham veri olarak depolanır.

3.1.3 Deneyin kurulumu

3.1.3.1 Denetleme

Sinyallerin denetim yöntemleri kanallar arasındaki uyum için referans ayarlaması (pole-zero) için, kullanılan ön-yükselteç sinyalleri, tetikleyici kurulumu ve diğer bir çok ayarlamalar CFD ile koordine şekilde yapılır. Sinyal kaynakları, her girişin testine izin vermesi için ve BGO vuruş şeklinin jenerasyonu için her bir Ge ve BGO kanalında birleştirilir. Standart kurulumlar, tüm VXi kartlarında her kayıta ve DAC'deki değerinin yazılımla yapılandırılması şeklinde olur. Standart olmayan kurulumlarda örneğin yardımcı dedektörler eklenebilir, denetim yöntemleri oluşturulan tetikleyici için EUROGAM CFD'nın sinyalleri ile iç dedektörden gelen sinyalleri sıralamayı sağlar. ADC 'nin EUROGAM sistemi ve diğer dedektörlerle doğru bir şekilde eş zamanlı olarak veri kaydını sağlanması için NIM, ADC yüzeyi ile birlikte kullanılır.

3.1.3.2 Tetikleyici (triggering)

EUROGAM tetikleyici sistemi standart topluluk konfigürasyonları ile baş eder daha kompleks tetikleyici için 3 farklı seviyede tetikleyici durumlar için ek iş gerektirir. EUROGAM tetikleyici kartı aynı devrede kendiliğinden 4 seviyeli kontrole kadar ve 6 iç kapı girişi kadar izin verir, böylece bu 3 tetikleyici sistem kolayca işlenir. VXi özellikli EUROGAM elektronikleri ham Ge sayısına göre kaç tanesinin aynı anda veri kaydettiğini ve hangi verinin arka fonunun hangisine ait olduğunu denetleyebilir.

3.1.3.3 Veri okuma çıkışı (Readout)

EUROGAM readout sistemi bilinen ölü zaman sistemi ile başlayan deneyler için tasarlandı ve paralel bir readout sistemi için, sonraki olaylar şekillenirken ve dönüştürülürken burada veri okumaya devam eden sistem oluşturuldu. VXi readout kontrollerine yüklendikten sonra sisteme, ölü zamanı ve ortalama sistem veri oranı ilave edilir. Akan kontrol mekanizması VXi arka fon veri oranları ile olay yapıcıların problemi aşmasını önlemek için bu sistem ilk kez EUROGAM 'da uygulanmıştır.(Lazarus ve Coleman, 1995)

.

3.2 GAMMASPHERE

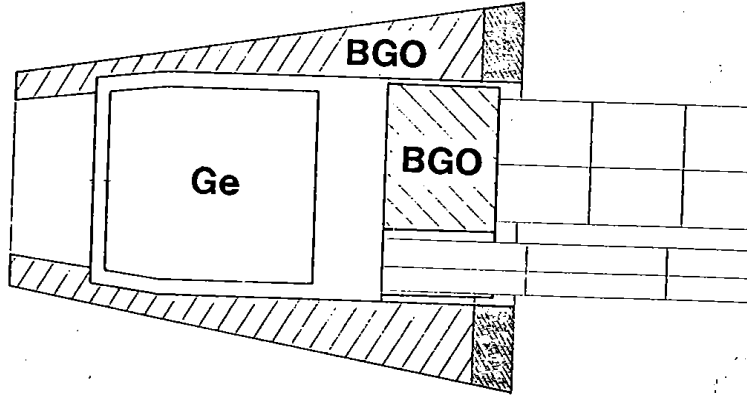
GAMMASPHERE gama ışın dedektör topluluklarının yeni jenerasyonlarından biridir. 110-compton-durduran büyük hacimli Ge dedektöründen oluşmaktadır. Dizayn amacı yüksek verimlilik ve 4-5 katlı eşzamanlı veri kaydedebilen deneyler için tasarlandı. Bu gibi yüksek eş zamanlı veri kayıt kapasitesi yeni fizik sonuçları elde etme imkânı sağlar, örneğin yüksek spin, transfer reaksiyonları, dev rezonanslar ve astrofizik gibi alanlarda yeni sonuçların elde edilmesini kolaylaştırdı.

3.2.1 Gammasphere'in tasarımı ve dizaynı

GAMMASPHERE dedektör sisteminin dizayn amacı yüksek verimlilikte, iyi tepki fonksiyonuna, yüksek enerjili çözünürlüğüne sahip dedektör sistemini oluşturmaktır.. Var olan teknoloji limitinde, dedektörün belli seçimi BGO compton saçılması ile n-tipi Ge dedektörlerinin bir araya getirilerek 4π şeklinde oluşturulan topluluğudur.

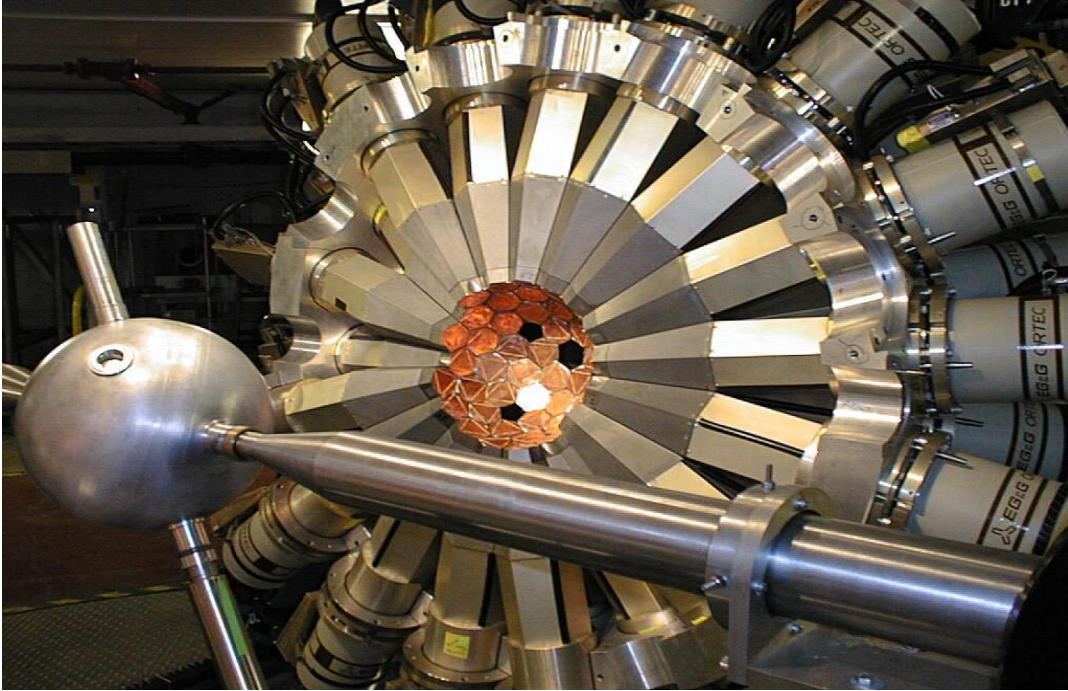
Simülasyon hesaplamalarında temel olan üç koruyucu (kabuk) dizaynının performansını çalışacağız. Şekil 3.2'de gösterilen: 1) özel, 2) honeycomb ve 3) elektronik honeycomb sistemi. "Özel" dizayn basit avantajını kullanarak şundaki topluluğun tümünde kullanılır. "Honeycomb" dizaynında, her bir Ge dedektörü 6 bastırma (suppressor) elementi ile çevrilir ve her bir bastırma elementi iki Ge dedektörü ile paylaşılır. BGO'un etkili kalınlığında çiftlenir. Fakat koruyucu paylaşımı topluluğun komşu dedektörlerinin ve azaltılan verimliliğin yanlış reddedilmesine neden olur. "Elektronik honeycomb" dizaynında koruyucu elementler iki bölüme ayrılır ve 110 bastırıcı olarak paketlenir, her biri 6 optiksel izole edilmiş bölümden oluşmaktadır. Bitişik iki element her iki Ge dedektör bastırması elektroniksel olarak birleştirilir (böylece elektronik honeycomb olarak adlandırılır). Komşu Ge tetiklenirken, daha sonra sadece Ge için kapatılan bölüm kullanılır. Bu dizayn yanlış reddetmeyi oldukça azaltır. Bu nedenle, elektronik honeycomb dizaynı GAMASPHERE için kullanılmıştır. Bastırma elementleri ve elektrik gerisi ile tipik bir Ge dedektörü şekil 3.2'da gösterilir. Ge dedektörünün 2 cm ilerisinde 7,45 derecelik yarım bir açı ile sivrilir. Hedef mesafesi 24,6 cm'dir. BGO elementi 18 cm uzunluğunda ve hedef mesafesi yüzeye 21,8 cm'dir. 240 BaF₂ dedektörlerinin iç topu bastırma zırhlarının önüne yerleştirilebilir. Direkt gama-ışın vuruşlarından bastırma elementlerini korur ve böylece onların gama ışınlarında yanlış reddetmeyi önler. Nötronlardan gama ışınlarını ayırt eder ve daha iyi

bir çoklu algılama değeri verir (bkz şekil 3.2).



Şekil 3. 2 Ge dedektörünün yan görünüşü be BGO compton bastırması

Gamasphere'in destek kafesi Ge dedektörü ile değiştirilmeye uygun olacaktır. Mekaniksel destekler ile gamasphere dedektör sisteminin taslağı şekil 3.3' te gösterilir.



Şekil 3. 3 Mekaniksel desteği ile GAMMASPHERE dedektör sisteminin şekli

Şekil 3.3'te gösterilen elektronik sistemi $10\mu s$ 'lik bir ölü zaman sistemi ile dizayn edilir. Bu $5\mu s$ sayısallaştırma zamanı ile ADC 'nin ve TDC 'nin kullanımı ile oluşturulur ve bir veri 100 ns/word zamanını okur. Maksimum olay oranı 50 k/s'de dizayn edilmiştir ve 100 byte olayın uzunluğudur ve veri oranı 5 M byte /s olacaktır. Bu olaylar yeni VXI taşımada gelişen özel-yapım modüllerinde karar verilir. Deneylerin çoğunda

beklenen; çevrimiçi veri seçme yapılabilir, sadece verinin küçük bir oranı çift-çift modlarda depolanması diye çevrimiçi veri değişikliği (örneğin; enerji, kalibrasyon ve balistik bütçe düzeltmesi), seçim histogramı ve depolaması 65Mips'ın oluşturulmuş işlem gücünü gerektirir. Her bir olaydaki veri bağımsız bir şekilde analiz edildikten sonra, paralel işlem daha çok basitleştirilir ve bu ekonomiksel yaklaşımdır.(Lee, 1990)

3.3 8 π Spektrometresi İçin Veri Elde Edinim Sistemi: Gama-Işın Spektroskopisi İçin Çoklu Dedektör Topluluğu

8 π spektrometresi için veri elde edinim sistemi, 8 π ışın spektroskopisi için çoklu dedektör topluluğu olarak tanımlanır. Deneylerin birçok tipi için sunulan maksimum esneklik tahmin edilip, manyetik kayıt için veri akımının mantığı kullanıcı seçimli yapıldı. Bu, hızlı bir mikro işlemcide seçici donanımsal tetikleyicileri ile bilgisayar donanımları ve programlarıyla bilgiler başarılı bir şekilde kaydedilmiştir. (Mazumdar, 1998)

3.3.1 8 π Spektrometresi'nin tasarımı ve dizaynı

8 π spektrometresi güçlü ve γ -ışın spektroskopisi için son teknolojileri içeren çok yönlü bir sistemdir. Gama-ışın dedektörlerinin iki alt sisteminden oluşturulmuştur: 20 aşırı saf Ge dedektörlerinin dıştaki bir topluluğu eksensel compton-bastırma (suppressed) ve 72 bizmut germanyum (BGO) dedektör elementlerinin iç küresel kabuğu ile donatılmıştır. Compton-bastırma Ge (CSG) dedektörleri 2 ve 3 katlı eş zamanlı şeklinde, bir nükleer olay boyunca γ -ışınları yayılmasında yüksek çözünürlüklü bilgiyi sağlar. BGO dedektörlerinin iç küresi nükleer olayların kendisini, γ -ışın çoklu kaydını ve radyasyonun fiziksel dağılımını sağlar. Spektrometre Chalk River'de Tandem Accelerator Superconducting Cyclotron (TASCC) bölümünden üretilen ağır-yon huzmeleriyle deney yapma imkânı sağlar.

Tipik bir ağır-iyon füzyon olayı, 72 küre elementlerinin karşılaştırılabilir sayısını tetikleyecek olan BGO küresinden temel bilgi oluştuktan sonra ortalama bir γ -ışınının hangi eş zamanlı olarak kaydedilmesi gerekiyorsa o şekilde olayın kaydedilmesini sağlayacak şekilde elektronik sistemlerle donatılmıştır.

Tüm bu bilgideki deneyler manyetik ortamlara aktarılacak şekilde tasarlandı. Fakat bu tür olayların oranını kayıt hızı kullanılan elektronik ve bilgisayar sistemi ile limitlidir. Bu nedenle burada olasılık korunurken veri azaltma seçeneği manyetik kaydedilir, temel özellikleri: 1)Seçici donanımsal tetikleme, 2)Donanımsal hesaplamalar örneğin dijital enerji toplamı ve 3)hızlı bir mikroişlemcide programlanmış talimatlar ile verilir. Böylece kullanıcı belirli deneyinin gerekliliklerine göre kaydını eklemek için hangi bilgilerin kullanılacağına karar verecektir. Minimum bilgi kayıt için yazılır, küre enerji toplamı ve çoklu kayıt ile birlikte, yaklaşık 6 veri kelimesinin toplamı Ge enerjileri ve zamanı olabilir.

3.3.1 8 π Veri edinim sisteminin fizyolojisi

8 π spektrometresi için veri edinim sisteminin dizaynı, inceleneceklerin sayısı ile sınırlandı. Beklenen veri oranlarını almak için yeterli hızı başarması açıkça bir öncelik iken, ticari olarak uygunluğu düşünülmüştür. İleri bir ön koşulu, beceriklilik ve esnekliğidir, bu veri almanın farklı tiplerinin geniş bir bölgesinde çalışması için kullanıcıya izin verir. Kapsamlı bir deneyde tüm temel veri manyetik kayıt için yazılır, daha sonra deneyden elde edilen veriler üzerinde yazılımsal tetikleme şartlarına göre veri işlenir. Bu tür veri kaydının dışında deney sırasında da veri kaydı yapılırken donanımsal tetikleme şartları kullanılarak daha hızlı ve daha sade veri kaydı gerçekleştirilebilir. Tüm dedektörlerin kontrolü otomatik olarak bilgisayarlarla kontrol edilir ve istenile zamanda istenilen tetikleme şartları değiştirilebilir.

Kabul edilmiş veri elde edinim sistemi 4 ayrı alt sisteme bölünebilir: 1) ön elektronik, 2) elektronik veri akışını kontrol eden ve sağlayan mikro işlemciler 3) sistemi izleme ve kontrol etmek için kullanılan dijital LSI-11/73 ve 4) elektronik sistemden sonra kaydedilmesi gerekenleri kaydeden bilgisayar sistemi

3.3.2 Ön elektronikler

Ön elektronikler CSG dedektörlerinin topluluğundan veya BGO küresinden onların katkısında gelmelerine göre küçük parçalara ayrılabilir. Daha sonra daha çok üç enerji-zamanlı çiftleri ele almaya ihtiyaç duyacaktır ve böylece standart CAMAC spektroskopisi ADC's ve TDC's yeterli miktarda hızlıdır (sağlanan bu dönüşüm zamanı

kısadır). Ama küreden transfer edilebilen veri oldukça büyüktür, tipik olarak 20 enerji – zaman çiftlerinden oluşmaktadır. Bu amaçlar için, CAMAC hızlı çıkış yolu (highways) ile verinin standart transferi kullanılır.

Ek olarak hafıza tamponu içerisindeki küme verisinin hızlı transferine izin verilir, bunlar CAMAC-ECL modülleri veri elde edinim bilgisayarı serbest ve veri ön işlemiyle ve hesaplanan toplam enerjileri, çoklu kayıt ve ortaya çıkan vuruş şekilleri için çeşitli mantık ve aritmetik işlemlerin kullanımı ile bir hayli fazla olan olaylar hesaplamalar ile aaltılır. Bunların fonksyonları, ECL bus'ın hızında donanım içindeki küçük yazılımlar (firmware) içinde yapıldı, hem de her bir elementin enerji ve zamanında uygun dijital pencereler birleştirildi. İç-merkez verisinin akımı, modüllerin oluşumu, kullanımı ve kontrolü arasındaki ECL bağlantıları için detaylı bilgiye Mazumdar(1998) referansıya ulaşılabilir

72 küre elementlerinin her biri için enerji ve zaman bilgisi sayısallaştırılır. Bunların modülleri 10 bit'in (1024 kanal) hassaslığı için 5 μ s'den daha az zamanla değişir. Her bir FERA modülü 16 bağımsız ADC içerir, ön panel ECL port (iskele) aracılığı ile bir ADC her 100 ns'nin bir oranında okunur. Bu nedenle FERA'lar zamanın dijital veriye dönüşümleri (TDC's) modüllerinde gerçekleştirildi. Bu modüllerin zaman çözünürlüğü ve uzun-terim kararlılığının her ikisi seçilmiş zaman dağılımının yaklaşık %0,1'idir.

Enerji ve zaman veri kelime çiftleri iç özel bus boyunca veri elde edinim mikro işlenciye bağlantılı iki üçlü-port hafızalarında paralel akımlarda kendiliğinden akar. Bir hafıza-gelişim birimi 7-bit ADC belirleyici kelimeleri kararlaştırır, enerji-zaman çiftleri ve reddedilen sonuçların senkronize edilen akımı burada birdir. Veri akışı (dataflow) zamanlama uyumu ve mantığı yeni donanımı dışında çeşitli deneysel durumlar için adapte edilen veri akışı mantığına izin verilen iki programlanabilir mantık birimlerinde yapılır (LRS Octal Logic Matrix OLM 2365). Standart bir deney için OLM programlamanın sistematik gösterimi Martin 1986 referasında tarih edildiği gibidir. (Martin, 1986)

Geçmiş enerji-zaman çifti transfer edildikten sonra bu 10 kelime bir ECL bus'da TPM'lerin birinde yazıldı. Bir kez tüm veri transfer edilir, ADC ve TDC'ler CAMAC veri akış aracılığı ile temizlendi.

3.3.3 Mikro işlemci veri edinimi

Mikroişlemci sistemin hız ve esnekliğinin çoğundan sorumludur: sadece sayısal ve mantık fonksiyonların çalışmasından sorumlu değildir Her bir olay için CAMAC fonksiyonları okuma, yazma vb. ve genellikle ayarlanan veri-alma döngüsü çalışır. Mikroişlemciyi biz seçeriz, a Le Croy CAB BG, bunun amacı elverişli olmasıdır. 4 bit aritmetik kısmını oluşturur, 200 ns'nin kontrol dönüşüm zamanı ile 16-bit işlemci şekli için düzenlendi. Sert bir kablo multiplexer (çoklayıcı, çok düzeyli birleştirici) ve bir değiştirici, bu aynı hızda 35 bit ve çoklu değiştirmenin duyarlılığı ile çoğaltmaya izin verir. İşlemci kendi paralel CAMAC kasasında bulunur ve kasa kontrolcüyeye bağımlıdır. Mikro işlemci hafızası için programların ve girişimcilerin yüklemesi CAMAC veri akışı boyunca yapılır.

Eğer yeni olmayan olay önceki olaydan format ve veri geçişi için alınan zaman boyunca oluşur ise, işlemci bekleme durumuna girer. Birkez bir olay dedekte edilir ve hazır olur, bir puls FERA'lar oluşturulduktan sonra veri geçişinin başlangıcına izin verir. CAB daha sonra belirmeye devam eden Ge ADC ve TDC'leri okuyabilir. Bu belirleneni aynı anda kaydeden okuma ile belirlenir, Ge dedektörleri ateşlenir ve Compton zırh reddi geçilir. Dedektör yığılma (pile-up) gösteren ikinci bir kaydediciyi hem okur hem de her bir dedektör için özel yığılma reddi uygulanır. Seçmeli olarak, Ge ADC Look-At-Me (LAM) şekli kontrol edilebilir, bu nedenle bu sinyaller açılmaz ve ADC ayırt edici reddedilebilir.

Olayda yer alan Ge dedektörleri belirlenir, onların ADC ve TDC'leri küre enerjilerinin analog toplamında bir ADC ile birlikte okunur. Gerekli ise FERA veri transferi tamamlanınca CAB bir sinyal göstermesi daha sonra beklenecektir. ADC ve TDC'ler açıklanır (kullanılan bir CAMAC veri akışı "C"). Tüm ADC 'ler gibi gelecekteki olayı kabul etmek için şuan hazır olduktan sonra, olaysız bir tetikleyici reddi gelecek olay tetikleyicisine kadar taşınır. Bir Ge γ - γ deney zamanında bu nokta için alındı, olayın başlangıcından yaklaşık olarak 55 μ s'dir.

Perkin-Elmer için gönderilen verinin seçimi CAB programında benzer değişimler ile kolayca değiştirildi. Eğer özel BGO dedektör enerjileri ve zamanları gerekir ise, onlar Ge verisi ile birlikte FIFO hafızası için formatlanmış ve boşaltılmış, vuruş şekilleri ile TPM'lerden okunur ve hiçbir parametrelere ihtiyaç duymaz. Tipik bir γ - γ deneyi için toplam olay döngü zamanı yaklaşık 161 μ s ise tüm veri geçirilir, bu yaklaşık olarak 93 μ s azaltılır ise ayrı BGO enerjileri ve zamanları gerekmez. Yaklaşık olarak %15'nin daha sonraki durumda ölü zamanları maksimum olay boyunca beklenirken, olay oranı önceki durumda kayıt yazma hızı ile daha sonra limitlenecektir.

3.3.4 Çıkış bilgisayarı

Perkin-Elmer 3230 çıkışı veya çevrimiçi, bilgisayarı TASCSC hızlandırıcı sisteminin genel veri elde edinim sisteminin temelidir. O manyetik kayıt ve çevrimiçi spektrum histogramı için CAB'dan veri listelerini yazar, deney süreci olarak verinin bir numunesinden kısmi analize izin verir. Kullanılan bilgisayar yazılımı, Oak Ridge National Laboratuvarından elde edilmiştir.

3.3.5 Bilgisayarla izleme ve iş yönetimi

Bir deneyin kurulumu boyunca, bu bilgisayar CAMAC kutularında tüm modüllerin tanımlanan konfigürasyonu olan veri bankasına ulaşır ve veri elde edinim sisteminde (geciktirmeler, ayırtediciler, ADC'ler, FERA'lar, hafıza bakan birimler, octal mantık matrisleri, yüksek voltajlar) tüm programlanabilir modüller için tüm parametreler DEC LSI-11/73 isimli ana bilgisayarından kontrol edilir.(Martin, 1987)

3.4 AGATA-Advanced Gamma Tracking Array

Advanced Gama Tracking Array (AGATA) gelişen bir Avrupa projesidir ve gelecek jenerasyonun gama-ışın spektroskopisinde kullanılacaktır. AGATA elektriksel olarak bölünmüş yüksek-safliktaki germanyum kristallerinde gama-ışın enerji izlemesi temeline dayanır. Bu teknik gama-ışın biriktirme olarak her etkileşimin enerji, zaman ve konumunun doğru belirlemeyi gerektirir. Tüm etkileşim yolunu yeniden yapmak yüksek verimli ve çok iyi spektral tepki ile bir dedektörde sonuçlandırır. Gama-ışın izlemenin ve AGATA'nın anlaşılması birçok tekniksel geliştirmelerin sonucudur. Bu üçlü bir grup dedektör cryostat'ında toplanmış, özetlenmiş çok bölünmüş germanyum dedektörlerinin

gelişmesini hızlı dijital örnekleme (sampling) ile bir elektronik sistem ve yüksek bir oranda veri elde edinim sürecini içerir. Kristallerin tüm karakteristiği ölçülür ve dedektör-tepki benzetimi ile karşılaştırılır. Bu sinyal-şekil analiz algoritması, elde edilen enerji, zaman ve konumu sağlar. Ek olarak, olayı yeniden yapmak için izlenen algoritmalar geliştirildi. AGATA'nın ilk fazı şuanda tamamlandı ve ilk fizik kampanyasında İtalya, LNL ve Almanya, GSI'da kullanıldı. Gelecekte AGATA Avrupa'daki laboratuvar'lar arasında yer değiştirebilecek ve farklı huzmelerin avantajlarını kullanmak için farklı laboratuvarlarda örneğin Fransa, GANIL'de kullanılacaktır. (Akkoyun, 2012)

3.4.1 AGATA'nın tasarım ve dizaynı

Nükleer birçok-yapı sisteminin anlaşılmasında izospin, kütle, açısal momentum veya sıcaklığın aşırı değerleri altında çalışılan nükleer sistem ile ilgilenir. Özellikle, nükleer sistemin birçok yönleri araştırılabilir ve kararlılıktan uzak çalışılan çekirdek ile anlaşılır.

50 yıldır, yüksek çözünürlüklü gama-ışın spektroskopisi, büyük germanyum dedektör toplulukları ile nükleer yapı çalışmalarında en önemli noktadır. Yoğun araştırma ve geliştirme çabaları 1980 ve 1990 yılları boyunca hem Avrupa hem de Amerika verimli 4π kaçışı bastırma gama-ışın spektrometrelerinin yapımında öncülük etmiştir. Kaçışı-bastırma tekniği gama-ışın spektrumunda toplam pik oranı önemli bir şekilde gelişmesine rağmen, gama-ışın dedeksiyon sisteminin germanyum dedektörlerinin verimliliklerinde bir limit olmasına neden olmuştur. Bu dedeksiyon tekniği Avrupa ve Amerika'daki EUROBALL ve GAMASPHERE spektrometrelerinin dizaynı ve yapımı ile sonuçlanmıştır.

Son yıllarda, yeni önemli teknik ilerlemeler, yani konum duyarlı Ge kristalleri ve izlenen topluluk teknolojisinin, büyük kaynaklı hızlar ve yoğun radyoaktif ve yüksek-yoğunluklu sabit iyon huzmeleri için gelecekte kullanılması düşünülen deneysel durumlardan dolayı Doppler etkileri ile başa çıkmak için geliştirildi. Bu durumlar oldukça zorlayıcı olan, istenen hiç rastlanmamış seviyeleri için duyarlılık ve sayım-oranı yeterliliğini sağlamak için geliştirildi. Gerekli performans şekilleri konveksiyonel kaçışı-bastırma toplulukları ile ulaşır. Elektriksel olarak bölünmüş Ge kristallerinin kullanımı, yüksek çözünürlük ile depo edilen enerjinin determinasyonu kadar iyi Ge kristallerinin

hacminde γ -ışınlarının etkileşiminin özel noktalarını tanımlamasını sağlar. Çok bölünmüş Ge dedektörleri yanında, bu gibi bir topluluğun anlaşılması dedektörlerin çıkış sinyali kullanılarak sinyal-şekil analiz metodlarından elde edilen enerji, zaman ve konum için dijital örnekleme elektronikleri gerekir. Ge kristallerinde γ -ışınlarının yolu daha sonra yeniden yapılır, özel etkileşimlerin konum ve enerji bilgisinde “izlenen” algoritmaların kullanımı yapılır ve orijinal γ ışınının tam enerjisi elde edilebilir. γ -ışın izleme tekniği ile Compton-bastırma kalkanları sürdürülen spektral nitelikte iken verimlilikte büyük bir eksikliğe neden olur. Ayrıca, her bir özel γ ışınının yayılma yönü yüksek hassaslık ile determine edilebilir, iyi bir Doppler enerji düzeltmesi için çok önemli olan ve böylece γ ışınları hızlı bir yer değiştirme çekirdeğinden yayılırken iyi bir enerji çözünürlüğü başarılı bir şekilde elde edilir.

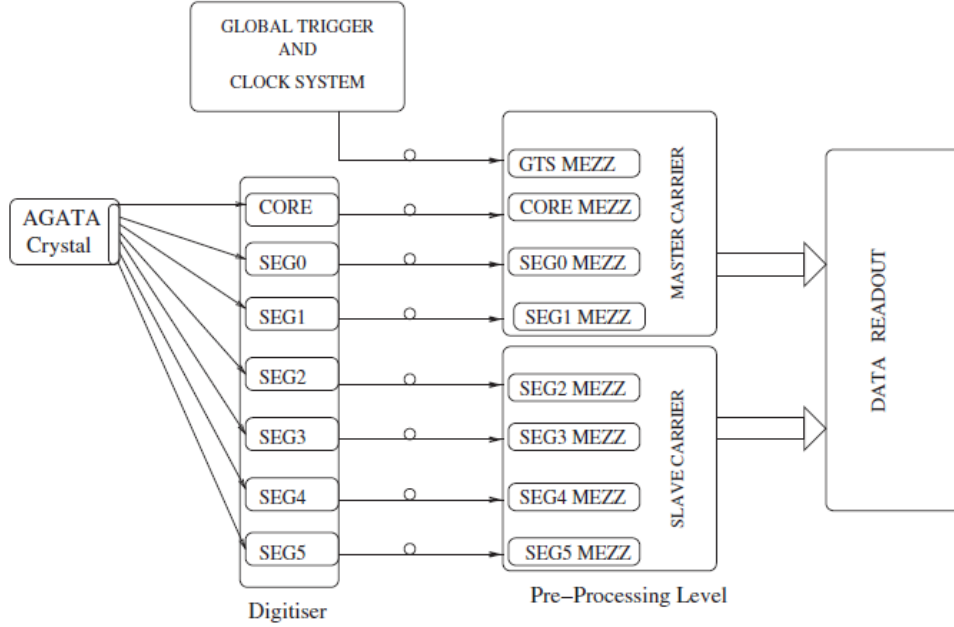
Bu γ -ışın dedeksiyonunda kökten belirgin bir ilerleme oluşturan yeni konseptir, bu nükleer-yapı çalışmaları için dedeksiyon yeterliliğinin oluşturulan yeni bir seviyesi kadar iyi, medikal görüntüleme, astrofizik, nükleer korumalar ve radyoaktif atık görüntülemede geniş uygulama alanlarına sahip olacaktır(bkz şekil 3.4).

3.4.2 Ön uç elektronikleri

AGATA ön uç elektroniklerin (FEE) amacı her kristalden sinyalleri dijitalleştirme, kristalleri bir γ -ışını dedekte ederken onları gerçek zamanda oluşturmak için bir yol, her bir bölümdeki γ -ışınının etkileşimi ile depo edilmiş enerjinin miktarını belirlemek ve kristalin merkez temasından toplam γ -ışın enerjisini elde etmek için kullanılır. Gama-ışın etkileşimlerinin konumu sinyal-şekil analizinde (PSA) hesaplandı. Bu nedenle, AGATA FEE enerji ve zaman etiketleme ile birlikte her pulsun sayısallaştırılmış en önemli kenarının kısa bir izini sağlamaktır. AGATA FEE ve veri- çıkışı sisteminin şekil 3.4’de gösterilen sistematik dizaynı, ayrı bir birim olarak her kristali ele alır. Merkez birimi içinde bölünmeleri farklı bir şekilde ele alır. Bu nedenle, tüm kristal için bir tetikleyici olarak kullanabilir. Her kristal için AGATA elektronikleri aşağıdaki unsurlardan oluşmaktadır.

- 6 bölüm kartı, bir merkez kartı, iki güç sağlayan kart ve iki kontrol kartından oluşan bir sayısallaştırıcıdan oluşur.

-Bilgisayara Dayalı İleri İletişim kart formatındaki iki ön işlem taşıyıcı kartları, Puls-şekil analizi için PCL Express çıkışı ile 4 ortak Mezzanine kartından oluşur.



Şekil 3. 4 AGATA ön işlemci elektronikleri ve veri readout sisteminin sistematığı

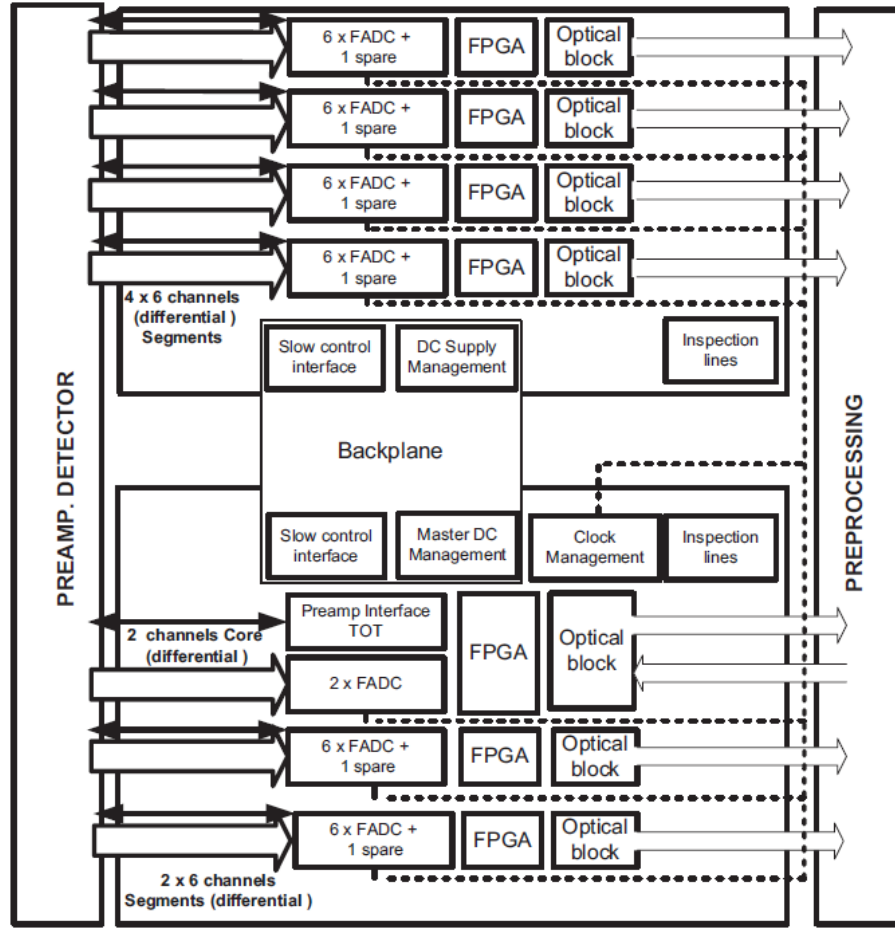
3.4.3 Dijitalleştirici (Sayısallaştırıcı)

Sayısallaştırıcının temel amacı AGATA sinyal-işleyiş sistemi ile dedektör çıkış noktası arasındaki işleyişi sağlamaktır. Sayısallaştırıcı modül aşağıdaki görevleri yürütür.

- Bir kristalden tüm 37 önyükseltici çıkışları alır.
- 16 bit ADC'ler kullanarak 100 MHz oranında giriş sinyallerini sayısallaştırır.
- ADC veri ve geçişleri önışlem elektroniği için optik fiber üzerindedir.
- Bir FPGA'da sabit-oran ayırt edici (CFD) algoritma uygulaması yardımcı dedektörlerinin donanım tetikleyişinde kullanılmış olan ve izole edilen hızlı-mantık sinyali oluşturmaktır.
- Ön -yücelticiyi yavaşlatan sinyaller kullanılarak bir zaman eşiği uygulanır.
- Yedek sayısallaştırıcı kanallar ve kontrol çizgileri sağlanır korunabilirlik ve tanılama için.

Sayısallaştırıcı modül için gerekli AGATA özellikleri minimum sinyal ayırıştırma (azaltma) için dedektörün ön yükselticilerinden 10 m 'den daha az üzerine çıkılır.

Sayıslaştırıcı 30 cmx14 cmx55 cm ebatının bir su soğutulan kutuya yerleştirilir ve iki kristal için elektronikleri ile iki modül içerir. Sayısallaştırıcının blok diyagramı şekil 3.5’de gösterildi ve bir modül için basılmış devre tablosu şekil 3.6’te gösterildi. Sayısallaştırıcının ana yapı blokları diferansiyel analog girişi, dijital dönüştürücü (FADC) örnekleme blokları için flaş analog, alan programlanabilir kapı toplulukları (FPGA), FADC veri olmak, optiksel alıcı verici bloklar, global saat alıcı blok ve izleme bloğudur. İzleme bloğu sistem kontrol yazılımı temelinde yavaş kontrol link aracılığı ile yedek kanal ve denetiminin kontrolünü sağlar. Sayısallaştırıcı elektroniklerin çeşitli bölümlerinin sıcaklığı yavaş kontrol ile elde edilebilir ve yerel bir sıcaklık üzeri durdurma kontrol/güç sağlanan kartlarla uygulanır.



Şekil 3. 5 AGATA digitiser'in block diyagramı

Analog giriş tamponu seçmeli denge sinyali eklenir ve FADC önce anti-takma adlanan filtre içerir. FADC'lar 100 MHz'de 14 bit'te sinyallere dönüştürür; optik fiber üzerinde

16bit veri olarak 15bit veri ve geçiş için FPGA'ya gönderilir. 0-13 bit FADC veri, 14 bit FADC ve 15bit GTS'den uyum sinyali olarak tanımlanır.

Bölüm (parça) kartlarındaki FPGA'ların temel amacı seri veri iken, merkez kartların FPGA'ları gerçek-zaman veri süreci için iki algoritma kullanır. İlki yardımcı dedektör için bir tetikleyici olarak kullanılan dijital bir CFD olarak görev yapar. CFD algoritması n işlemin yerine fiber linklerden dolayı sayısallaştırıcıya gider. İkinci algoritma, TOT algoritmadır bu nykselticiyi yavaşlatan sinyal boyunca zamanı ölçer. nykseltici yüklemenin (TOT) periyodu sabit bir akım kaynağı kullanarak yüksüz bir kapasitör ile yüklemekten yeniden elde edilir, önyükseltici dağılım (bölge) zerinde iken kristaldeki enerjinin bir ölçümünü gerçekleştirir. FADC veri TOT veri ile değıştirilirken özel bir seri fiber protokolünü gösterir(bkz şekil 3.6).



şekil 3. 6 AGATA digitiser'in fotoğrafı

Geçiş kanalları merkez 100MHz FADC veri, merkez CFD mantık sinyali (bir kanal) ve global saat kalibrasyon geri besleme yoluna ayrılır. Alınan kanalları merkez elektronikleri için global saat sinyali, senkronizasyon sinyali ve analog sinyali denge kontrolü için kullanılır. Dedektörden her analog kanal sayısallaştırmadan önce ve sonra kontrol edilebilir.

3.4.4 Ön işlemci elektronığı

Ön-işlem sistem bölümleri(birimler) için sadece sayısallaştırıcının veri akımından elde edilen ve işlem verisi ile yaklaşık 100 kat kadar veri hacmi azalır ve bir γ -ışın etkileşim olarak kaydedilir. İleri filtreleme sayısallaştırıcı için bir saatten GTS (Global trigger and synchronisation) ile çalıştırılabilir ve zaman etiketi bilgisi elde edilir. Ön-işlemede PSA işlemesi filtrelenmiş veri gönderilir. Tetikleyi merkez tarafından yapılır, bu nedenle merkez temas elektroniklerine sahip ve ilgili diğer bölümler onun tarafından kontrol edilir.

Ön işlem donanımı ve işlemleri gelen veri akışı ve depolanan izlerle ilgilenir. Örnekleme hızı yeniden yapılmış veri akıntılarında 100 MHz'dir, bu nedenle ön işlem donanım verisi için 100MHz saat oranlarını kullanır. GTS ara yüzey sistem saati ve tetikleyicisi bir sistemi sağlar.

AGATA tetikleyici sistemi sayım oranını azaltır. Burada oran azaltımı gerekmez, ön işlem tetikleyicisiz mod'a gider yani tüm işlenmiş veri PSA formda gönderilir. Bu durumda yazılım tetikleyici PSA ve izlemeden sonra çalıştırılır. Maksimum gecikme ön-işlem donanımında sağlanabilir, tetikleme kararı için beklerken iz uzunluğu belli bir limete sahiptir. Bu 20 μ s'dir. Düşük değerler tetikleyici sistemde şekillenebilir.

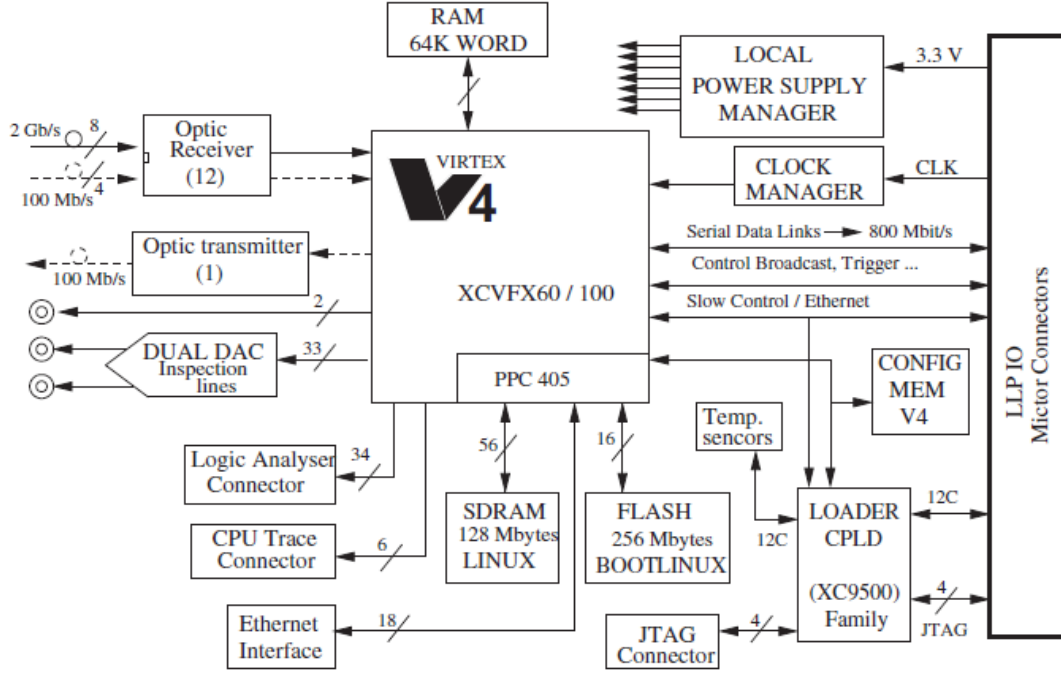
Merkez sinyalinin yerel tetikleyicisi kristalin temas merkezinden veri akışında işleyen dijital tetikleyici bir algoritmadır. Bu tetikleyici veride bir sinyal bulurken o yerel tüm birim elektronikleri için gösterilen tetikleyici çıkışı üretir, onlar veri akışından bir iz alır. İzler her bir ön işlem kanalı içinde yerel olarak depo edilir. GTS bir karar verirken izler 20 μ s için her bir kanalın yerel hafızasında tutulur. Bu olay ya kabul edilir ya da reddedilir. Kabul edilen olaylar için, ön işlem PSA formda gönderebilmek için beklenen

bir tamponda merkezden ve tüm 36 bölümden sinyallerin sayısallaştırılmış ön kenarının bir izi depo edilir.

Ek olarak, gelen veri akımını kullanarak bir tetikleyici algoritmasının seçilen yararlı parçası, ön işlemi her bölümde ve tüm kristalde depolanmış γ -ışın enerjisini belirlemek için gelen veri akışında taşınan pencere (MWD) metodu uygulanır. Enerji parametresi MWD filtresinden yapılır, tetikleyici yapılırken sinyal ve zaman bilgisini gösteren ön kenar (leading edge) boyunca alınan örnekler veri izini takip etmek için depo edilir.

Merkez ve bölüm mezzanine'ler kontrol kartı ve çevrimiçi sıcaklık görüntüleme için tam sürücüler ve uygulamalar Linux işletim sistemi ile bütünleşmiş Power PC işlemcisine sahiptir. Ön işlem mezzanine'nin blok diyagramı şekil 3.7'de gösterilir. Taşıyıcı kartlar sayısallaştırıcı ve GTS mezzanine'de merkez ve bölüm kartlarından okunan veri ATCA standardı, CMC format mezzanine yerinde uygulanır.

GTS mezzanine'nin blok diyagramı şekil 3.8'de gösterildi ve şekil 3.9'da basılmış devre kartının bir fotoğrafıdır.. Merkez ve bölüm mezzanine'ler sayısallaştırıcı ve veri kullanılan dijital filtre algoritma işleminden veri alınır. Mezzanine'ler taşıyıcı aracılığı ile okunur, tüm veri PSA ile talep edilen PSA form için PCL ifade yolu ile geçişten önce her taşıyıcı tek bir FPGA içinde yoğunlaşabilir. Farklı bir FPGA taşıyıcı içinde tetikleyici ara bağlantısı yapılır.

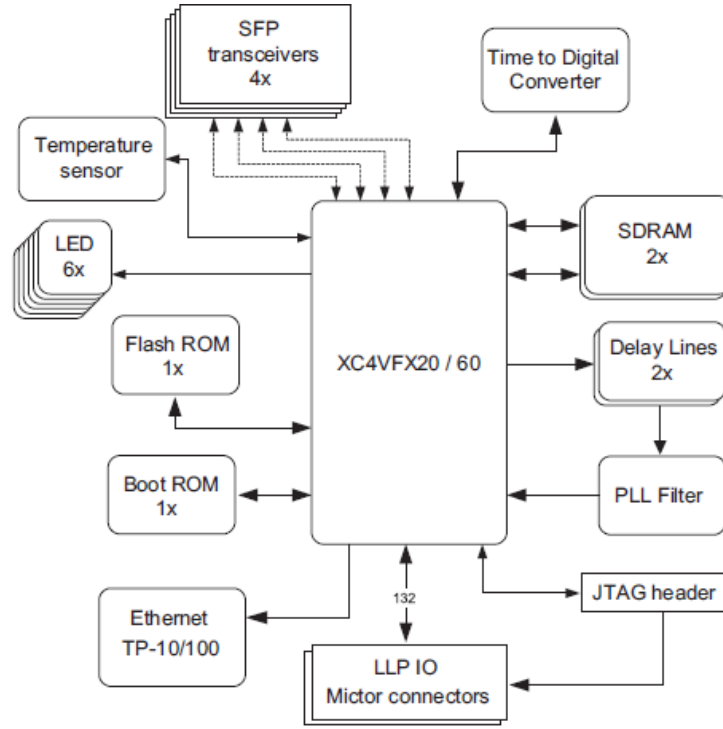


Şekil 3. 7 Agata ön-işlemci mezzanines'in blok diyagramı

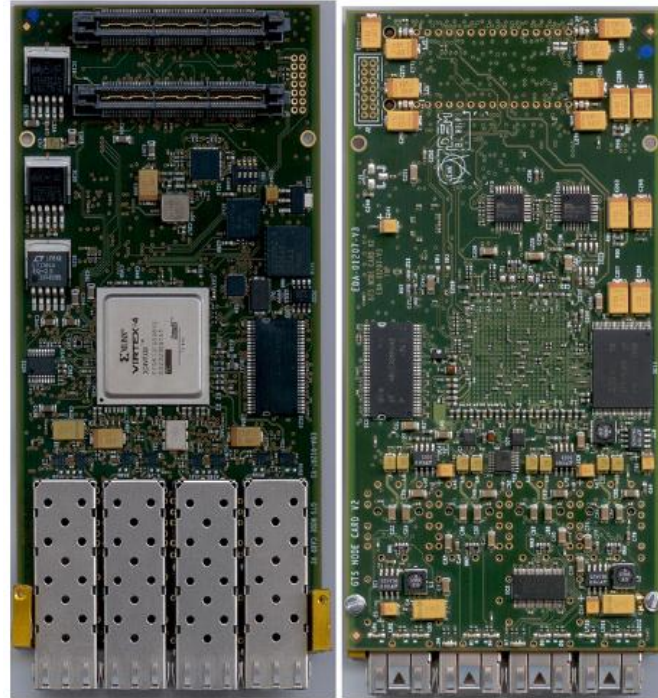
3.4.5 Global tetikleme ve eşleme sistemi (GTS)

Veri uyumu AGATA'nın tetikleyici ve okuma çıkışı sisteminin çalışmasında önemli bir özelliktir. İzleme ve PSA 36'ya bölünmüş Ge kristallerini oluşturan topluluğun ön yükseltici sinyallerinin eş zamanlı sayısallaşması gerekir. Bu nedenle, AGATA'da ön uç okuma çıkışı ve seviye-1 (L1) tetikleyicisinin dizaynı senkronize boru hattı modelini izler. Dedektör verisi global AGATA frekansı, beklenen global L1 kenarında boru hattı tamponunda depo edilir. LI sabit ve boru hattı tampon uzunluğuna benzer. Tüm sistem eş zamanlı olarak farklı seviyelerde ve uyumlu davranır, farklı bağlamlarda başarılabilir ve sistemin uygun çalışması için gösterilir. AGATA'daki her kristal ayrı bir birim olarak ve veri elde edim sisteminin görüş noktasından düşünülür, tüm dedektör bir global tetikleyici ilkeli ile olası disiplini, özel kristaller ile sağlanmış eş zamanlı verinin toplamı olarak düşünülebilir.

Temas merkezinde veri olay belirleme için işletilir, ya L1 tetikleyici talep edilir ya da yerel bir tetikleyici oluşturulur. İki davranış arasındaki seçim konfigürasyonu yapılır, front-end veri oranlarını azaltmak için önceki etkili bir yola ilişkindir, bu durumda okuma çıkışı kullanılır.



Şekil 3. 8 GTS mezzanine'ın blok diyagramı



Şekil 3.9 GTS mezzanine'ın iki yerinin fotoğrafı

Zincir durumlarının her biri gerçek veri yayılmasında çalıştırılmadı. Front-end işleminin uygun tanımı yukarıda verildi. Bunların en çok önemi genel saat, global saat sayacı, global olay sayacı, tetikleyici kontrolleri tetikleyici istekleri ve hata raporlarıdır. AGATA'da, tüm bu sinyallerin geçişi merkezi global tetikleyici ve sekronize kontrol

birimi ile her bir kristalin seri optiksel iki-boyutlu linklere bağlı FEE'nin kullanımı ile paylaştırıldı; böylece gerçekten sekronize dağılımı, global kontrol ve tetikleyici işlemin üç temel fonksiyonları ile birlikte çalışabilir durumdadır. Bilinen saat merkezi bir zamanlama birimi ile 100MHz diğital bir saati sağlar ve her kristalin FEE ulaşan yüksek hızlı optiksel alınan veri saatidir. Kristalde alınan yer saati yeniden kurulur. Herbir kristalin saat sinyalleri gecikme ve faz için eşitlenebilir, böylece farklı fiber uzunlukları ve farklı kristal yerleri için ayrıca kullanılır ve açıklanır.

Tetikleyici istekleri bir sinyal davranışı ile AGATA dedektörlerinden temas merkez sinyali ile oluşturulur. Tüm tetikleyici istekleri herbir global saat dizi şekli bir şekilde kristallerden toplanır, bu yardımcı dedektörler ile çoklu veya eş zamanlı veri merkezde işlenebilir. Bu işlem durumunun sonucu L1 geçerliliği oluşturulur. Hata raporları anormal durumları gösterir, örneğin; tampon taşmaları, yerel hatalar, hazır testleri gibi ve uygun geliştirici olaylar için merkeze rapor edilebilir.

BÖLÜM IV

PARİS PROTOTYPE

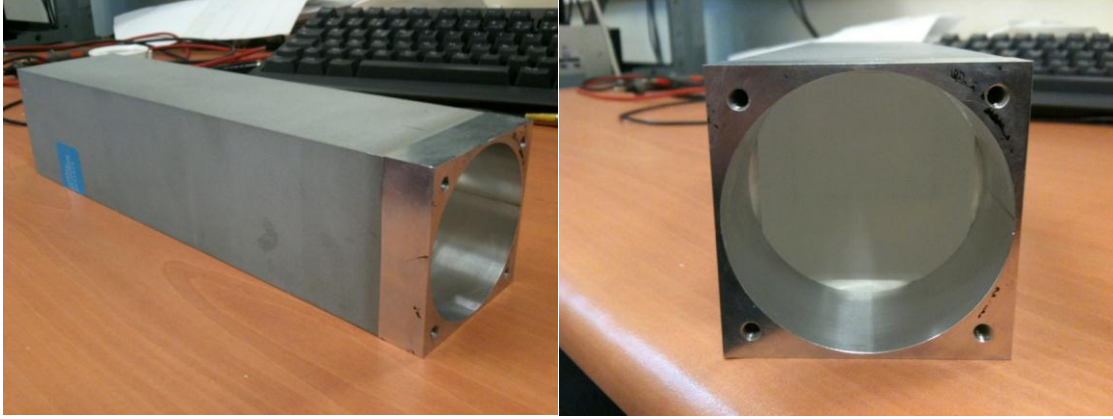
4.1 PARİS Projesi Detektör Topluluğunun Tasarım ve Dizaynı

Ana amaç dedektör birimini en uygun şekilde kullanabilmeyi belirlemektir, bir gama-ışın kalorimetresi için PARİS fizik durumları (SPİRAL2 niyet mektubu (Lol)) verilen karakteristiklerini tamamlayacak şekilde dedektör topluluğu oluşturmaktır. Bu dedektör toplam enerji dedektörü (örneğin kalorimetre), yüksek çözünürlüklü birçoklu filtre ve yüksek enerji fotonları için kullanılabilir. Dedektör topluluğunun olası ihtiyaçları aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Ertürk, 2012) :

- Geniş bir enerji bölgesinde olası verimliliği olarak (50 keV'dan 40 MeV'e)
- Düşük enerjili gama ışınları için en iyi olası enerji çözünürlüğü ile
- Nötronlara karşı ayrılan gama ışınlarına nanosaniye altı zaman çözünürlüğü ile
- Yüksek bir sayım oranı almak için (50 kHz)'dir.

4.2 Prototip Detektör

Farklı kristallerin bütün araştırması farklı dedektörler için çiftlendikten sonra PARİS ortaklığının seçimi kübik bir geometride bir araya getirilmesiyle gerçekleştirildi. Herbir birim yeni bir jenerasyon sintilatörün ilk kabuğu ile bir fosfor sandviç (phoswich) şeklinde yapıldı. Lantanyum bromide %5'lik cerium konsantrasyonu ile dopinglenir, $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ ve standart kristal sodyum iyot $\text{NaI}(\text{TI})$ 'un optik kontak ile birbiri arkasına monte edilmesiyle oluşturulan fosfor sandviç dedektörler Fransa, Saint Gobain firması tarafınca PARİS projesi için özel olarak imal edildi. Her iki kristalin korumu kabuğu mekanik olarak şekil 4.1 te gösterilmiştir.

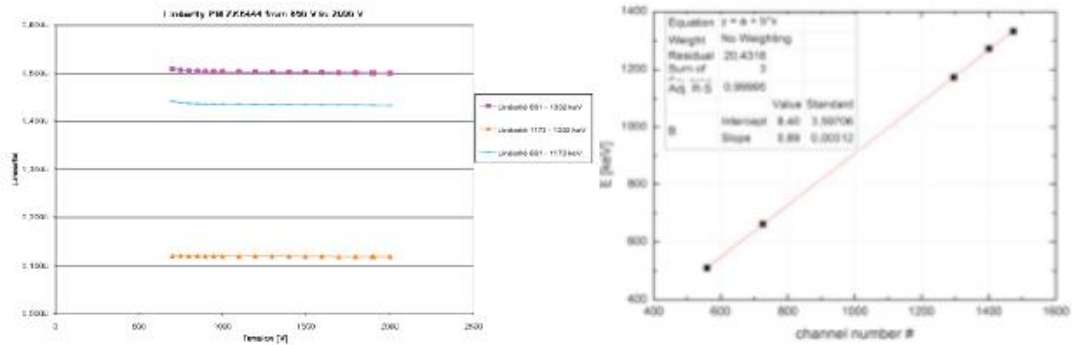


Şekil 4. 1 Phoswich biriminin şekli

7.3 PM Tübünün Seçimi

PARIS detektörleri için Hamamatsu'dan R7723-100 foto çoğaltıcı túbünün kullanımına karar verildi. Gerçekten %35 yüksek fotokatot verimliliğine sahip 1.2 ns'nin çok iyi geçiş zamanı ve 10^4 'ün civarında kazanç sağlayan bir foto çoğaltı túbü kullanılmaktadır.

Yüksek voltaj ve enerjideki lineerliğin tam çalışması aşağıdaki şekilde gösterildi.



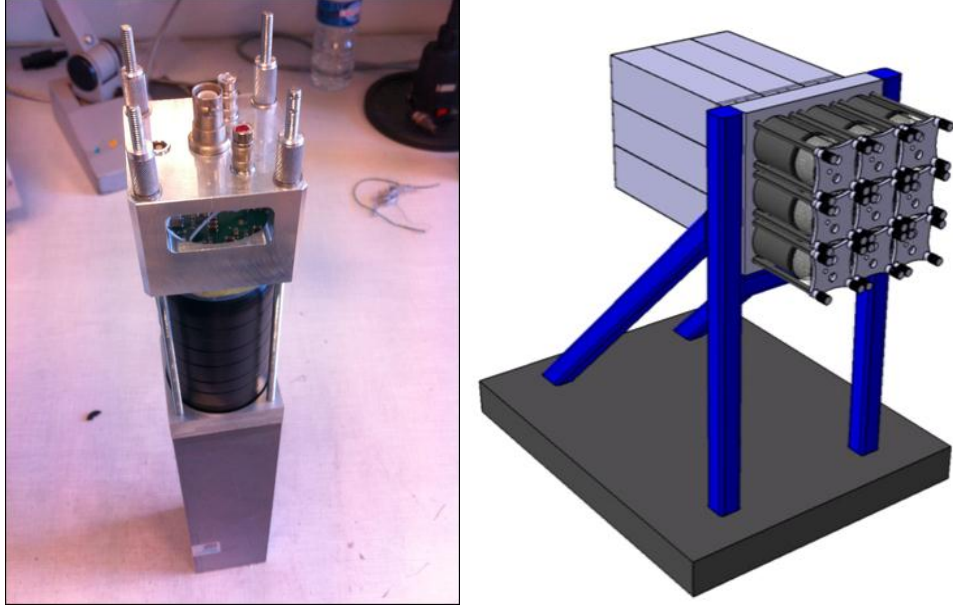
Şekil 4. 2 a)511keV'dan 1.4MeV'e XP3292B PM túbü ile lineerlik elde edinimi

b)850V'dan 2000V'a R7723-100PM túbü için lineerlik testi

Verilmiş bir voltaj ayırıcının bu gibi sonuçları Hamamatsu firmasının önerisi doğrultusunda IPHC Strasbourg'da gerçekleştirildi.

En iyi olası optiksel çiftlenme sağlanarak elde edilen fosfor sandviç dedektörlerin dokuz tanesinin bir araya getirilerek küçük bir dedektör topluluğu oluşturacağı mekaniksel bir

dizayn şekil 4.3'te gösterildiği gibidir. Küçük dedektör topluluğu ya da kümesi “Cluster” konfigürasyonu için mekaniksel olarak IPN Orsay tarafından geliştirildi.



Şekil 4. 3 R7723-100 PM tübü ve dedektörün optiksel birleşiminin mekaniksel dizaynı

Çalışma, fototüp kazancını en uygun hale getiren değerleri sağlamak için aşağıda listelenen değerleri sağlayacak şekilde tasarlandı:

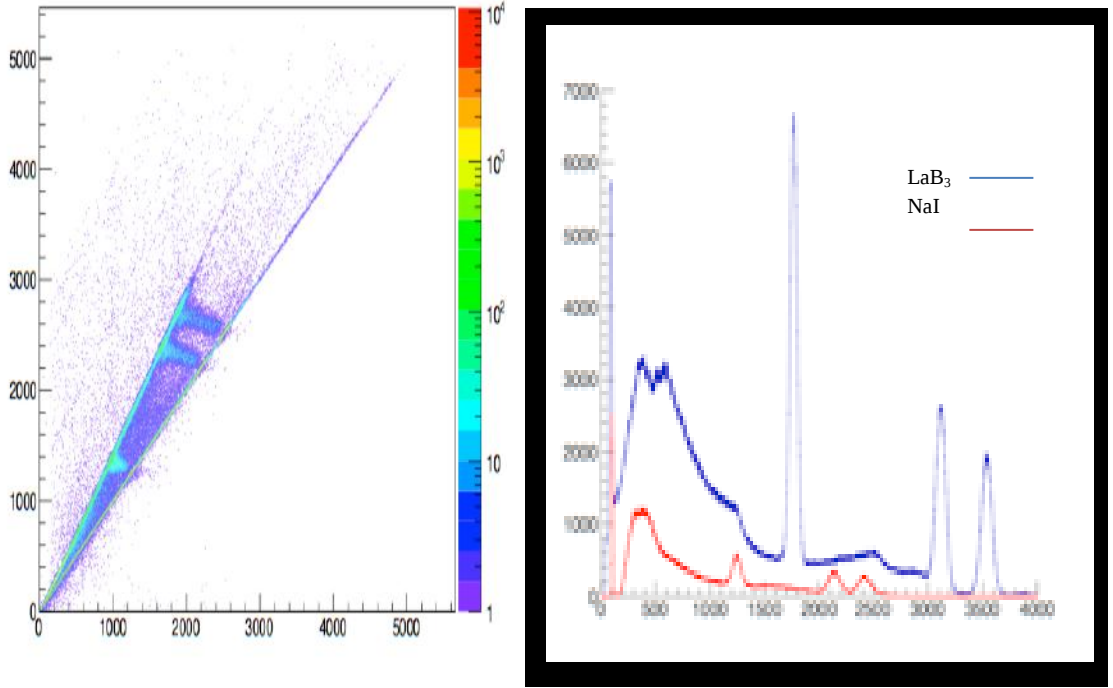
- Fosfor sandviçin LaBr₃(Ce) bölümü için 10000 fotoelektron/MeV ‘in ışık üretimi (açıklanan fotoelektrot verimliliği içinde IPN Orsay’da ölçüldü.)
- 0.15-25 MeV’lik enerji bölgesinde iyi bir lineerlik
- 0.6 MeV’in ortalama bir enerjisi için 50 kHz’de maksimum sayım oranı
- Anot sinyalinde 80 mA’in maksimum pik akımıdır.

Optimum kazanç değeri 3×10^4 çevresinde olabilir.

4. 4 Enerji ve Zaman Çözünürlüğü

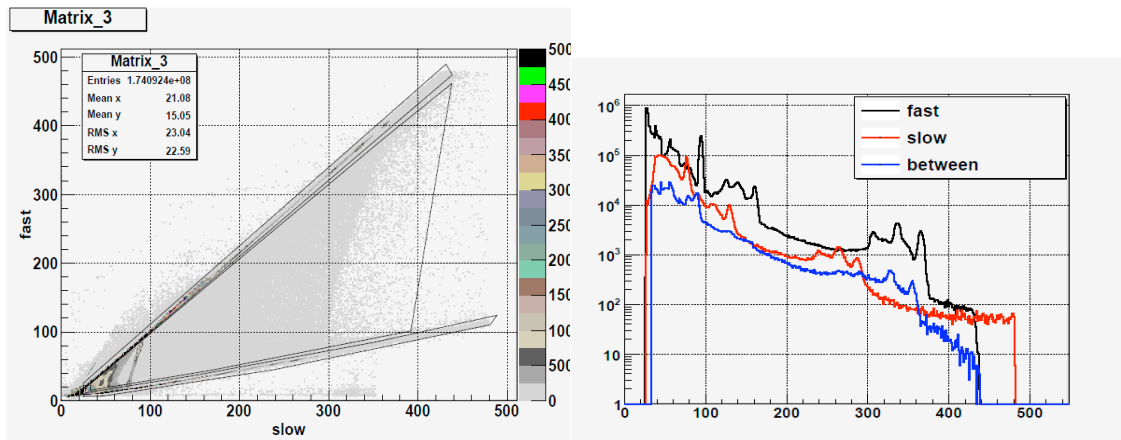
Kullanılan analog ve dijital elektronikler enerji çözünürlüğü ölçümünde gerçekleştirilir: sonuçta enerji çözünürlüğünün terimlerinde karşılaştırılır. Kullanılan bir 100MHz numune elektronikleri bir önyükseltici ile çiftlenir, LaBr₃(Ce) ve NaI(Tl)

bölümlerinden iki element ayırt edilir (bkz şekil 4.4). Enerji çözünürlüğü sonuçları aşağıdaki Çizelge 4.1’de özetlendi.



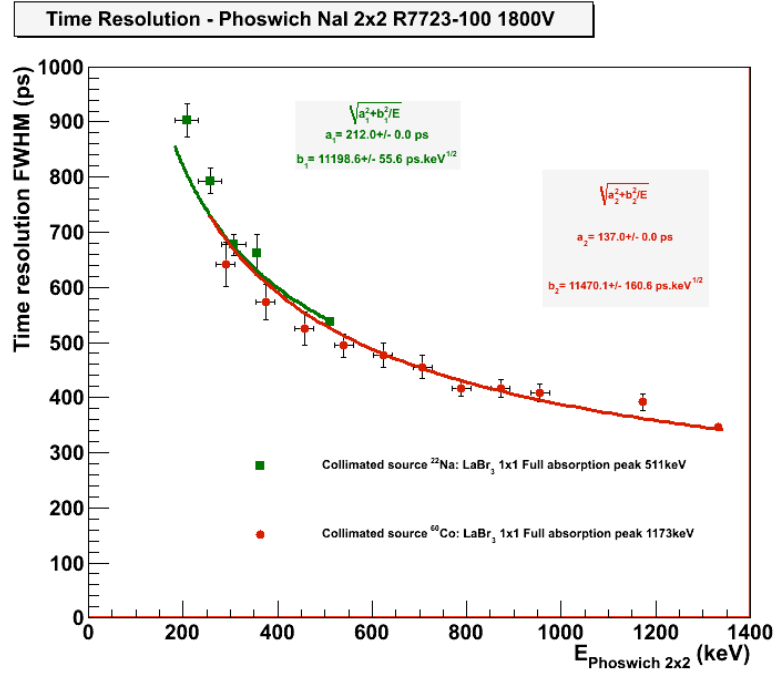
Şekil 4. 4 Cs ve Co kaynakları kullanılarak herbir elementin performansı kırmızı (NaI ve mavi (LaBr3) olarak gösterilmiştir

Enerji ölçümleri için kullanılan analog elektronik özellikle fosfor sandviç-fosfor sandviç konfigürasyonu için Krakow-Milano grupları tarafından geliştirilen elektronikler kullanılarak gerçekleştirildi. Şekil 4.5’de gösterilenler kullanılan “Milano BaF₂ board” LaBr₃ ve NaI elementleri arasındaki ayrımı gösterir ve 6 MeV’lik yüksek bir gama kaynağı kullanılarak tahmin edilir.



Şekil 4. 5 Yüklü iki elementin spektrumu ve bu 6 MeV’lik gama kullanılarak herbir element seçiminden sonra planlanır.

Zaman çözünürlüğü IPNO grubu ile analog elektronikler kullanarak elde edildi ve şekil6’da foton enerjisinin fonksiyonu olarak gösterildiği gibidir. Fosfor sandviç birimi için FWHM gerçek zaman çözünürlüğü 360 ps@ 1 MeV’dir ve bir fosfor sandviç ve küçük bir LaBr3 1’’x1’’x2’’ kristali arasında elde edilir.



Şekil 4. 6 Gama ışın enerjisinin fonksiyonu olarak zaman çözünürlüğü

Bir dijital TDC uygulanması ile FPGA’da standart bir dış CFD ile birlikte kullanılarak zamanlama ölçümleri de gerçekleştirildi. Beş kanallı önyükseltici kartı CR11xCREMAT birimleri 0’dan 7dB’e bir zayıflatıcı ve IPHC Strasbourg’da geliştirildi. (Dorvaux, 2011).

Çizelge 4.1 Enerji çözünürlüğü tablosu

	Energy resolution (%) - PM R7723-100					Energy gated Timing Resolution (ps)	
	FWHM@662 keV			FWHM @1332 keV		FWHM @511 keV	FWHM @1.1-1.4 MeV
	LaBr3	NaI	St Gobain	LaBr3	NaI		
PWNaI A0_207	6.1 ET9815B		4.1	4.4 ET9815B		840	360
PWNaI A0_302	3.6		4.2	4.0		710	590

	Energy resolution (%) - PM R7723-100					Energy gated Timing Resolution (ps)	
	LaBr3	NaI	St Gobain	LaBr3	NaI	FWHM @511 keV	FWHM @1.1-1.4 MeV
PWNaI A0_209	6.8 ET9815B		4.3	4.6 ET9815B		700	400
PWNaI M001	4.3	6.5-7	4.5			389 @662	241 @1332
PWNaI M002	4.7	7.5-8	4.8	3.4	5.3		
PWNaI A1504			4.5				
PWNaI A1544			4.6				

4.5 Sonuçlar ve Perspektifler

PARIS konfigürasyonu için son dedektör biriminin boyutu sabitlendi ve değerleri: 2"x2"x2" LaBr₃(Ce) kristalinin ilk tabakasını izleyen 2"x2"x6" NaI(Tl) kristalinin ikinci tabakası şeklinde oluşan bir fosfor sandviç şeklinde olması kararlaştırıldı.

Beş fosfor sandviç kristali, oluşturulan PARIS SP2PP prototipi üç laboratuvarında tamamen test edildi: Fransa, Strasbourg, Orsay ve Polonya, Kralow'da bulunan proje ortaklarının kullandığı laboratuvarlarında gerçekleştirildi. Bu laboratuvarlarda gerçekleştirilen çalışma ve sonuçların detaylarına (Ertürk, 2012, Zeibilinski, 2013)

referanslarından ulaşılabilir. Sonuçta farklı kristaller için biraz farklı karakteristikler gösteriyor olmasına rağmen sonuçlar pozitifdir

4.6 PARIS Detektör Topluluğu

PARIS dedektörlerinin etkilenme fonksiyonlarının kalibrasyonu ve determinasyonu için farklı radyoaktif kaynaklar kullanılmıştır. Radyoaktif iyon ve kararlı hüzmeler(PARIS) ile çalışmalar için önerilen foton topluluğu bunlardan biridir. PARIS birkaç yüz keV'dan 40MeV'de enerjinin geniş bir dağılımı üzerinde ölçülen gama ışınları için fosfor sandviç dedektör yüksek enerjili gama ışın spektrometresi ve spin-spektrometresinin çift yönlü amacı için kullanılabilir. Similasyonları ve mekaniksel çalışmaları ortak çalışma grupları ile birkaç yıldır devam etmektedir. PARIS projesinde kullanılacak dedektör topluluğunun 216 fosfor sandviç dedektörden oluşmasına karar verildi. Dedektörlerinin herbirinin ön kesiti kübik (2"x 2"x 2") lanthanyum Bromide kristal optiksel olarak eşleşen NaI(Tl)'un (2"x 2"x 6") çiftlenir.

Projede ilk faz (PARIS prototip) ve ikinci faz sonu ile 5'li dedektör kümesinin tamamlanması ile farklı aşamalara ayrılmıştır. Üçüncü faz 12 dedektör kümesinin tamamlanması şeklinde gerçekleşecektir. Son konfigürasyonda, dördüncü fazın sonu ile görevlendirilmiştir, PARIS hedef çevresinde 4 katı açıya sahip dedektör kümesiyle kaplanmasını hedeflemiştir.

Nükleer yapı ve reaksiyon dinamiklerinde deneylerin çeşitliliği her iki kararlı ve radyoaktif iyon hüzmeleri kullanılarak PARIS ile izlemesini öngörür. Değişen fizik durumları uyarılmış çekirdek, egzotik şekil-faz geçişleri, colomb uyarılması, ağır iyon radyoaktif yakalama, reaksiyon dinamikleri çevresinde ve bariyer üzerinde büyük dipol rezonansın (GDR) çalışmalarını içerir.

Bu raporların başlangıç amacı; 1) kalibrasyon ve 2) tüm topluluğun tepki fonksiyonunun determinasyonu ve hem de foton enerjisinin geniş bir dağılımında özel dedektörler için bir strateji gelişir. Burada 10 keV'dan daha düşük radyoaktif izotop üreten gama ışınlarının büyük bir sayısıdır. Alfa yayıcı ve kararlı izotopların bir kombinasyonu 4,43 ve 6,13 MeV'in üzerinde yüksek enerjili gama ışınları üretilebilir.

Ama radyoaktif kaynağın ürettiği gama ışınlarının eksikliği 6,13 MeV'in ötesinde yapılır. Hüzme reaksiyonunda üretilen yüksek enerji, monokromatit gama ışınlarını görmek zorunlu olur. Özel dedektörlerin tepkisinin tam haritalanması ve 10 MeV ötesinde gama ışınları için dedektörlerin topluluğu PARIS ile gerçekleştirilen deneyler için kritik biçimde gerekir.

4.7 PARIS'in Etki Fonksiyonunun Kalibrasyonu ve Determinasyonu

PARIS, yüksek enerjili bir kalorimetre, 40 MeV'in üzerinde gama ışınları için gereken verimli Emilimi olarak ve hem de düşük enerjili toplam spin spektrometresi olarak her ikisi de kullanılır. Bu nedenle, determinasyon için kesinlikle önemli ve enerjinin bütün bölgesi üzerindeki topluluğun tüm performansı tahmin edilir. Performansı yüksek enerjili fotonların verimli Emilim terimlerinde ve düşük enerjili ayrılmış gama ışınlarının çoklu ve toplam enerjinin determinasyonu ile irdelenecektir.

Karakterize edilen ana özellikleri tek veya gama dedektörlerinin bir topluluğunda 1) enerji çözünürlüğü ve enerji ile değişimi, 2) lineerlik, 3) gama Emiliminin verimliliği (her ikisinin toplamı ve fotopik), 4) kristalin benzerliği ve 5) zamanlama çözünürlüğü'dür. Topluluğun optimum taneciklenmesi ile bu özelliklerinden dolayı foton Emiliminin terimlerinde topluluğun tüm performansı ve çoklu algılama özelliği araştırılmaktadır.

Fotoelektrik etki ve Compton saçılması dedektör materyalinde oldukça yüksek enerjili foton için etkileşimin baskın süreçleri 1 MeV üzerinde gama ışınları için inelastik etkileşim süreçleri iken elektromanyetik sağanağı içinde gelişmesi e^+e^- çift üretimi ile etkilenmektedir. Dedektör veya dedektör topluluğunun enerji tepki matrisi ölçülen spektrum ile karşılaştırması için hesaplanan spektrum ile sağlanır.

PARIS topluluğu için diğer önemli konu Çoklu ve Toplam enerji tepki matrislerinin determinasyonudur. Gama çoklu algılama tepkisi, örneğin düşük enerjili gama ışınlarının çoklu algılama için ölçüm katlamasının değişimi (^{60}Co , ^{88}Y , ^{207}Bi) ardarda radyoaktif bir kaynaktan iki gama ışınının yayılması kaydedilen çift-çift gama ışınlarıyla oluşturulabilir. Diğer gama ışınları PARIS topluluğunda belirlenirken, dış bir gama dedektörü gama ışınlarının biri tetikleyici belirleme olarak kullanılabilir ve

katlamanın sayısı (örneğin dedektör ateşlemenin sayısı) stoklanır. Bu $M=1$ çoklu algılama için tepkiyi tanımlayacaktır. $M=k$ çoklu algılama için tepki rastgele seçilen k olayları ile deney sonrası analizlerde ve katlama sonucunda artırmada oluşturulur. Benzer bir yöntemden biri de, enerjinin bazısı için toplam enerji tepki matrisi kısmi olarak belirlenebilir.

4.8 Kullanılan Radyoaktif Kaynakların Ölçümü

Huzme reaksiyonlarda tartışma girişiminde bulunmadan önce radyoaktif kaynaklar ile ölçümler özetlenebilir. Daha çok kullanılan düşük enerjili kalibrasyon kaynakları ^{137}Cs (661.6keV) ve ^{60}Co (1173.2 ve 1332.5 keV)'tur. ^{88}Y ($T_{1/2}=100\text{d}$)'nin daha çok kısa ömürlü izotopu 897 ve 1832 keV'un ikiye ayrılmış çizgileri ile çok yararlı bir kaynaktır. Kendiliğinden belirlenen ve ^{60}Co 'dan iki gama ışının toplamı aynı dedektörde 2505 keV'ta kalibrasyon için ekstra bir noktada sağlanır. Çok katlı algılama tepkisinin kalibrasyonu için biri ardarda iki gama geçişine sahip kaynakları kullanır, örneğin ^{207}Bi (1770 ve 570 keV) veya ^{60}Co veya ^{88}Y .

^{252}Cf gibi bir nötron kaynağı protonlar ile nötronların yakalamasından dolayı 2.22 MeV'lik gama çizgisini sağlar. Radyoaktif kaynakları içeren α yayıcının karışımı ve ^{13}C ve ^9Be nötronları yayan ve ^{16}O 'nin ikinci uyarılmış durumunun uyarılmamasından 6.13 ve 4.43 MeV'in γ -ışınları ve ^{12}C 'nin ilk uyarılmış durumu kombine edilir. ^{241}Am - ^9Be ve ^{244}Cm - ^{13}C (veya ^{238}Pu - ^{13}C) gibi kaynaklar 4.433 ve 6.13 MeV üretir. ^{241}Am ve ^{244}Cm (veya ^{238}Pu)'dan alfa parçacıkları üretilen 4.43 ve 6.13 MeV gama ışınları için $^9\text{Be}(\alpha, n-\gamma)^{12}\text{C}$ ve $^{13}\text{C}(\alpha, n-\gamma)^{16}\text{O}$ reaksiyonlarına neden olur. Bu gibi kombine edilen kaynaklardan nötron oranı için nötron spektrumu ve gaması irdelenir. ^{226}Ra -Be'un bileşik kaynağı $^9\text{Be}(\alpha, n-\gamma)^{12}\text{C}$ reaksiyonu kullanarak 4.433 MeV gama ışınlarını üretir.

Çizelge 4.2 Kalibrasyon ve 6.13 MeV üzerinde diğer gerekli testler için yararlı benzer gama ışınları ile radyoaktif kaynaklar

KAYNAK	E _{gama} (keV)	YARI ÖMÜR
¹³⁷ Cs	661.6 keV	30.08 y
⁶⁰ Co	1173 keV, 1332 keV	1925 d
⁸⁸ Y	897 keV, 1832 keV	106.6 d
²⁰⁷ Bi	1770 keV, 570 keV	31.5 y
²⁵² Cf	2224 keV	2.645 y
²⁴¹ Am- ⁹ Be	4433 keV	432.6 y
²²⁶ Ra- ⁹ Be	4433 keV	1600 y
²⁴⁴ Cm- ¹³ C	6129 keV	18.1 y
²³⁸ Pu- ¹³ C		87.7 y

Yukarıda söylenen nötron yayan kaynaklar hem dedektörlerin ve hem de n-γ ayırımının nötron tepkisi kontrol edilebilir. Bu, iki dedektör birleştirmede kullanılarak aynı andaki bir devrede kurulması ile kristallerin yaklaşık zamanlama tepki bilgisi ileride sağlanır. Tipik bir n-γ zaman spektrumu bir nötron kaynağı ile ve büyük hacimli LaBr₃(Ce) dedektörü ile ölçüldü. Başlangıç sinyali küçük bir silindiriksel (1“x 1“) lantanyum bromür kristalinden alınır..

Ek olarak enerji kalibrasyonu, düşük enerjili gama ışın kaynak dedektörünün benzerliğini kontrol etmek için idealdir. Cs ve Co’nın ışın ayarlama kaynağı kristalin benzersizliğinden dolayı sinyal yüksekliğinde herhangi biri kayda değer değişimi için kontrol etmeyi kristalin tüm yüzey alanında parlaması için yapılabilir.

Bu termal nötronlar kullanarak (n-γ) reaksiyonları ile labaratuvarıda 6,13 MeV ötesinde yüksek enerjili monokromatik gama ışınları oluşturmak için olabilir. Termal nötronlar parafinin uygun hacmi kullanılarak veya tipik bir nötron-yayıcı kaynak etrafında, ismi Am-Be, boratlanmış parafin kullanılarak oluşturulabilir. Kalın bir kimyasal olan saf Ni plakası, Ni’de (n-γ) reaksiyonundan monokromatik yüksek enerjili gama ışınları oluşturmak için kullanılabilir. Gama ışın spektrumu büyük hacimli bir silindiriksel lantanyum bromür dedektöründe kaydedilir. Monoenerjitik yüksek enerjili gama ışınları ~8 MeV üzerinde Ni’de (n-γ) reaksiyonu kullanılarak oluşturulur.

Çizelge 4.3 Düşük enerjili gama ışınların ve benzer izotoplarının bir listesi

KAYNAK	E _{gama} (keV)	YARI ÖMÜR
⁸⁸ Y	14.14	106.6 d
²⁴¹ Am	17.54	432.6 y
²⁴¹ Am	26.34	432.6 y
¹³³ Ba	30.85	10.551 y
¹³⁷ Cs	32.06	30.08 y
¹⁵² Eu	39.91	13.52 y
²⁴¹ Am	59.54	432.6 y
¹³³ Ba	81.0	10.551 y
⁵⁷ Co	122.06	271.74 d
¹⁵² Eu	244.7	13.52 y
¹³³ Ba	276.4	10.551 y
¹³³ Ba	302.85	10.551 y
¹³³ Ba	356.02	10.551 y
²² Na	511.0	2.602 y

4.9 Huzmedeki Ölçümler

Karakterize edilen PARIS dedektörü için yüksek enerjili monokromatik gama ışınları üretmek için hüzme reaksiyonların bazılarını tartışılabilir. Burada yüksek enerjili monokromatik gama ışınlarının üretimi için birçok on yılda iş taşımanın büyük bir sistemidir. Bunların reaksiyonları hem düşük enerjili proton yakalama reaksiyonları hem de inelastik saçılma reaksiyonlarıdır. Bu gibi reaksiyonların seçimi için ilk kriter gama ışınlarının üretimi, eş zamanlı olarak iyi bilinen bağlı yoğunlukları, düşük enerjili yüksek akım ışık iyon (ilk olarak proton) hızlandırıcılarının uygunluğu ve hedef hazırlamanın kolaylığıdır.

Kalibrasyon ve PARIS'ın verimlilik determinasyonu için seçilen reaksiyonların bazıları aşağıda özetlendi.

4.9.1 $^{19}\text{F}(\text{p}, \alpha\gamma)^{16}\text{O}$ reaksiyonu

Alfa parçacığı ile uyarılmamış ^{20}Ne birleşik çekirdeğin uyarılmış durumları ^{16}O 'nin uyarılmış durumlarını doldurmak için yayılır. ^{16}O 'nin uyarılmış durumları yayılan 6.129; 6.917 ve 7.116 MeV'lik gama ışınları ile uyarılmaz. Bu fotonların kesin üretimi NaI dedektörü ve 1.5'den 4 MeV'e proton hüzme kullanılarak kalın hedef ölçümleri Fessler tarafından raporlandı (Fessler, 2000). İnce hedef kullanılarak uyarılma fonksiyonları 1'den 3.8 MeV'e proton hüzme değişimi ile Ge dedektörleri kullanılarak diğer deneyler ile ölçüldü. 340 keV'un proton enerjisi için $8,72 \times 10^4 \gamma/\mu\text{C}/\text{Sr}$ üretimi Croft tarafından raporlandı. Tüm bu ölçümlerdeki hedef CaF_2 'nin kalın tanecik veya kalın Ta arkasında buharlaşan CaF_2 'in ince tabakasıdır.

4.9.2 $^{27}\text{Al}(\text{p}, \gamma)^{28}\text{Si}$ reaksiyonu

$^{27}\text{Al}(\text{p}, \gamma)^{28}\text{Si}$ reaksiyonu birkaç araştırmacı tarafından farklı rezonans enerjilerinde çok iyi çalışıldı. Ölçümler 760'dan 2489 keV'a hüzme enerjileri (E_p) ile $10 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 'den $40 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 'ye hedef değişimi ile gerçekleştirildi. PARIS kalibrasyonu için özellikle yararlı olan, belirgin yüksek enerjili gama ışınları hüzme enerjilerinde bu reaksiyon için üretilir, 6.57, 7.7 ve 10.76 MeV. $^{27}\text{Al}(\text{p}, \gamma)^{28}\text{Si}$ reaksiyonu için 2''x2''x2'' kübik lantanyum bromür dedektörü için $E_p=770$ keV olarak yeni spektrumda kaydedildi.

4.9.3 $^{23}\text{Na}(\text{p}, \gamma)^{24}\text{Mg}$ reaksiyonu

$^{23}\text{Na}(\text{p}, \gamma)^{24}\text{Mg}$ reaksiyonu için $E_p=2$ MeV bazı rezonansın altındadır. Bu reaksiyon $E_p=1318$ ve 1417 keV'da bu rezonanslar Zijderhand tarafından gösterildi (Zijderhand, 1990) ve gama dedektörlerinin verimli kalibrasyonu için uygundur. Üretilmiş belirli gama ışınları 1.37, 2.75, 4.24, 8.43, 8.92 ve 11.58 MeV'dir. Son yıllarda Ciemala tarafından çalışılan 2''x2'' silindirik lantanyum bromür dedektörünün ful-enerji pik verimlilik kalibrasyonu için bu reaksiyon gerçekleştirilmiştir. Tüm bu ölçümlerde hedef kalınlığı 5 ile $30 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ arasında değişir (Ciemala, 2009).

4.9.4 $^{39}\text{K}(\text{p}, \gamma)^{40}\text{Ca}$ reaksiyonu

Son zamanlarda Elekes bir Clover-BGO dedektör sisteminin ful-enerjili pik verimlilik kalibrasyonu için bu reaksiyonu kullandı (Elekes, 2003). Bu reaksiyon $E_p=1347$ keV'ta

3.904 MeV ve 5.736 MeV'lik iki gama ışını üretti. Bu reaksiyon 2''x2'' lantanyum bromür dedektörü için çalışan Ciemala tarafından kullanıldı. Tüm bu ölçümlerde kullanılan hedef kalınlığı 10'dan 20 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 'ye değişir.

4.9.5 $^7\text{Li}(p,\gamma)^8\text{Be}$ reaksiyonu

Bu çok iyi bilinen (p, γ) yakalama reaksiyonu son birkaç on yıl içinde çalışıldı ve nükleer yapı çalışmaları, nükleer astrofizik ve pratik uygulamaları için önemli bir reaksiyondur. İlk ölçümler 200'den 1100 keV'a proton enerji değişimi için rezonansları hakkında raporlandı. Cecil tarafından daha çok yeni ölçümler $E_p=40$ için 170 keV'ya kadar parçacık dallanma oranı için γ hakkında raporlandı(Cecil, 1992). Çok düşük enerjili 80-0 keV'taki ölçümlere kutuplanmış protonlar kullanılıyor ve hedef kalınlığı Chasteler tarafından raporlandı (Chasteler, 1994). ^8Be 'un 441 ve 1030 keV rezonanslarında taban ve ilk uyarılmış durumları yakalama nedeni, önemli gama ışınlarının kalibrasyon ve verimlilik ölçümü 17.64, 18.15, 19.1 ve 22.6 MeV'dir. Ciemala gama ışını kullanılan 2''x2'' silindirik lantanyum bromür dedektöründe kullanılan ince bir LiBO_2 hedefi 17.6 MeV ölçüldü.

4.9.6 $^{11}\text{B}(p,\gamma)^{12}\text{C}$ reaksiyonu

Bu reaksiyon ^{12}C 'nin taban durumu ve ilk uyarılmış durumu yalıtılmış geçiş popülasyonu olarak bilinir. Bu reaksiyonun ilgi çekici özelliği üretilen gama ışınlarının enerjisidir. Bu reaksiyonun Boron tarafından protonun radyoaktif yakalaması ^{12}C 'nin taban durumu ve ilk uyarılmış durumu için bozunumu ile 22.5 MeV ve 18.1 MeV enerjilerinin iki gama ışın üretmesidir. Taban durumundaki bozunum için tesir kesit $E_p=7.2$ MeV'de bir maksimum ile geniş bir pik gösterir, oysaki ilk uyarılmış durumdaki bozunum için çok veya daha az sabittir.

Bu ölçümlerdeki zor bölüm 250 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ötesindeki kalınlığının kendini taşıyan Boron hedefine sahip olmasıdır. Bu kalın bir arkalıkta Boron'a depo edilmesi ile engellenebilir. Ek olarak, ^{12}C 'nin ilk uyarılmış durumunda 22.5 ve 18.1 MeV'in yüksek-enerji çizgileri bu reaksiyonda üretilir.

Çizelge 4.4 Reaksiyonların enerji dağılımları

REAKSİYON	E _{hüzme} (keV)	E _{gama} (MeV)	HEDEF
$^{19}\text{F}(\text{p}, \alpha\gamma)^{16}\text{O}$	340-4000	6129, 6917, 7116	Kalın, ince
$^{27}\text{Al}(\text{p}, \gamma)^{28}\text{Si}$	767, 992, 1317, 2046	6570, 7700, 10760	İnce(10-40 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$)
$^{23}\text{Na}(\text{p}, \gamma)^{24}\text{Mg}$	1020, 1318, 1417	1.37, 2.75, 4.24, 8.43, 8.92, 11.58	İnce(5-30 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$)
$^{39}\text{K}(\text{p}, \gamma)^{40}\text{Ca}$	1347	3.904, 5.736	İnce(10-20 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$)
$^7\text{Li}(\text{p}, \gamma)^8\text{Be}$	441, 1030	17.64, 18.15, 19.1, 22.6	İnce
$^{11}\text{B}(\text{p}, \gamma)^{12}\text{C}$	163, 7200	11.67, 16.11, 18.1, 22.5	Kalın, ~1 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$

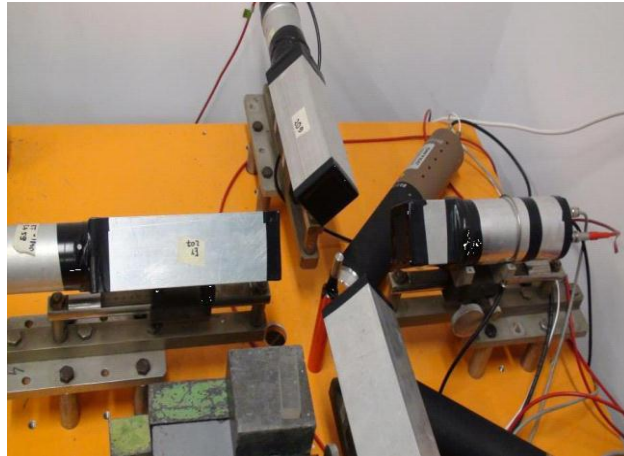
4.10 PARIS Projesinde Kullanılacak Elektronik İle İlgili Gerçekleştirilen Çalışmalar

PARIS projesi için tasarlanan dijital elektroniğin aşağıdaki şartları sağlaması istenmektedir :

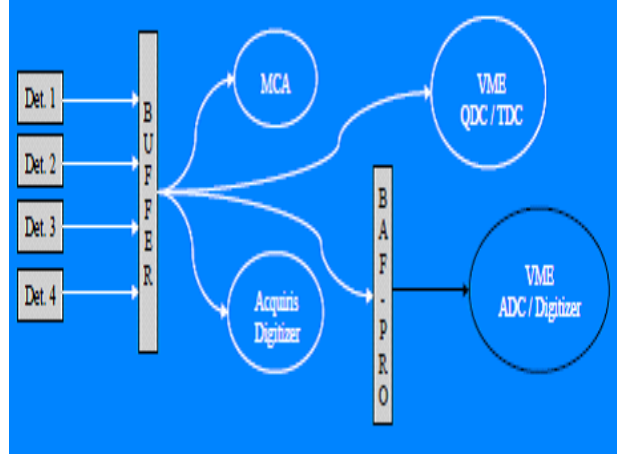
- Dedektörün her kanalı enerji ve zaman bilgisi sunmalıdır
- Her kanalın 100 kHz’de çalışması istenmektedir
- LaBr3(Ce)’ten gelen sinyalin 1 ns’lik yükselme ve 20 ns’lik bozunma zamanını algılayabilmeli ve işleyebilmelidir
- Fosfor sandviç dedektörlerden gelen ve üst üste binen sinyallerin hangi dedektörlerden geldiğini sinyal şekli analiz yöntemiyle ayırt edebilecek bir elektronik tasarım gerçekleştirilmelidir
- Uçuş zamanı hesaplamaları için zaman çözünürlüğünü 1 ns’den daha iyi seviyede korumalıdır
- Enerji ölçümlerinde 1-50 MeV enerji aralığında 3% çözünürlüğe sahip olmalı
- DAQ (Data veri akışı) sisteminde global tetikleme sistemini kullanmalı ve her sinyal için zaman ve zaman etiketi kayıt edilebilmelidir

Yukarıda sıralanan şartları sağlayacak bir elektronik sistem oluşturma çalışmaları hala devam etmektedir. İtalya-Milano’da geliştirilen hızlı veri kaydedebilen bir elektronik düzenek yardımıyla 3’’x3’’ LaBr3(Ce) dedektörünün 100 MHz’de çalışması için gerçekleştirilen çalışmalarda 0,6 ns’lik zaman çözünürlüğüyle veri kaydedebildiği gözlenmiştir. Fransa-GANIL’de özellikle EXOGAM2 için kullanılacak dijital elektronik sistemindeki global tetikleme sisteminin kullanıldığı NUMEXO2 sisteminin bir benzeri elektronik düzeneğin PARIS için de kullanılmasına karar verildi ve gerekli çalışmalar başlatıldı. SPIRAL2 projesin gerçekleşeceği Fransa-GANIL’de kullanılması planlanan genel dijital elektronik olan NUMEXO2 PARIS dedektör sistemi için de kullanılacaktır.

Milano’da geliştirilen ve BaF dedektörü için kullanılan elektronik sistem Polonya-Krakow’daki üç dedektör sistemi için kullanıldı ve bazı test deneyler gerçekleştirildi. Gerçekleştirilen test deney düzeneği aşağıda Şekil 4.8’de gösterilmiştir. Bu düzenekte üç LaBr3(Ce)+NaI dedektöründe R7723-100 Hamamatsu PMT (foto tüpü) kullanıldı dördüncü dedektör BaF₂ olup bu düzenekte zaman referansı için kullanıldı. Bu sistem için kullanılan elektronik düzeneğin şematik görünümü ise Şekil 4.7’de gösterilmiştir.(Zeibilinski, 2013)



Şekil 4. 7 BaF dedektörü için kullanılan elektronik

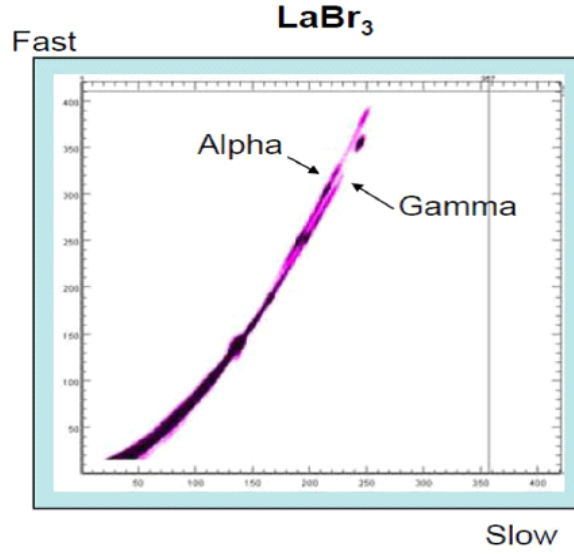


Şekil 4. 8 BaF₂ dedektörü için kullanılan elektronik

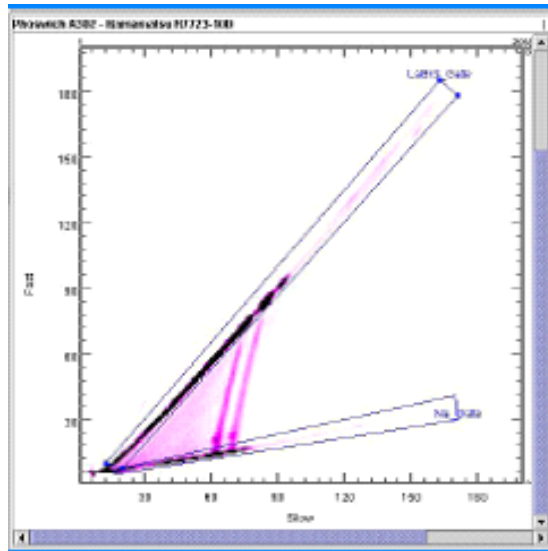
Yukarıdaki testlerde kullanılan Milano elektroniğinin temel fonksiyonları aşağıdaki şekilde listelenebilir:

- NIM standart modülü (16 kanallık) kullanılmakta, pik oluşma zamanı ve enerji çıkışı hızlı olup 2 mikro saniyede gerçekleşmektedir
- Sabit oranlı ayırt edici (CFD=Constant Fraction Discriminator) çözünürlüğü 100 piko saniyeden küçük olarak gerçekleşmektedir
- RS485 yazılımında yapılması gereken ince ayarlar ile CFD eşiği belirlenebilmektedir

Testlerde kullanılan elektronik yardımıyla hızlı ve yavaş sinyaller elde edildi ve bu sinyaller Şekil 4.8’de gösterildiği gibi çok net olarak birbirinden ayrı durmaktadır. Hızlı ve yavaş sinyal kullanılarak alfa ve gama ayırımının gerçekleştirildiği sonuç ise Şekil 4.9’da gösterilmiştir.

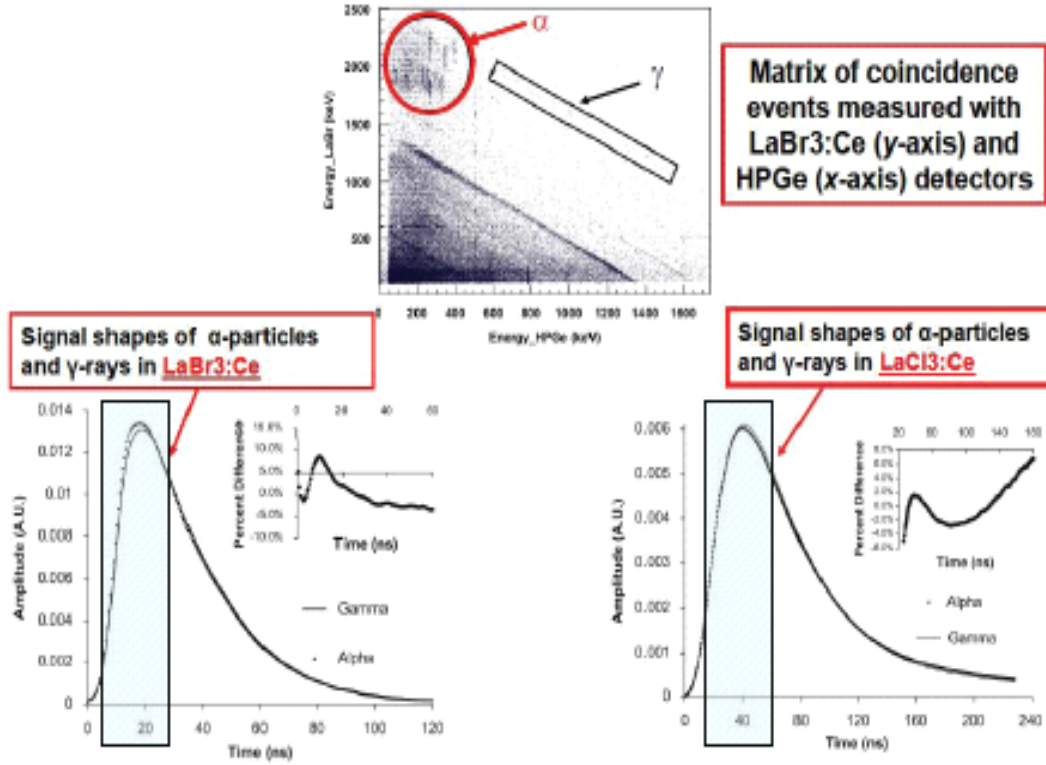


Şekil 4. 9 Milano deneyinde kullanılan elektronik yardımıyla hızlı ve yavaş sinyaller



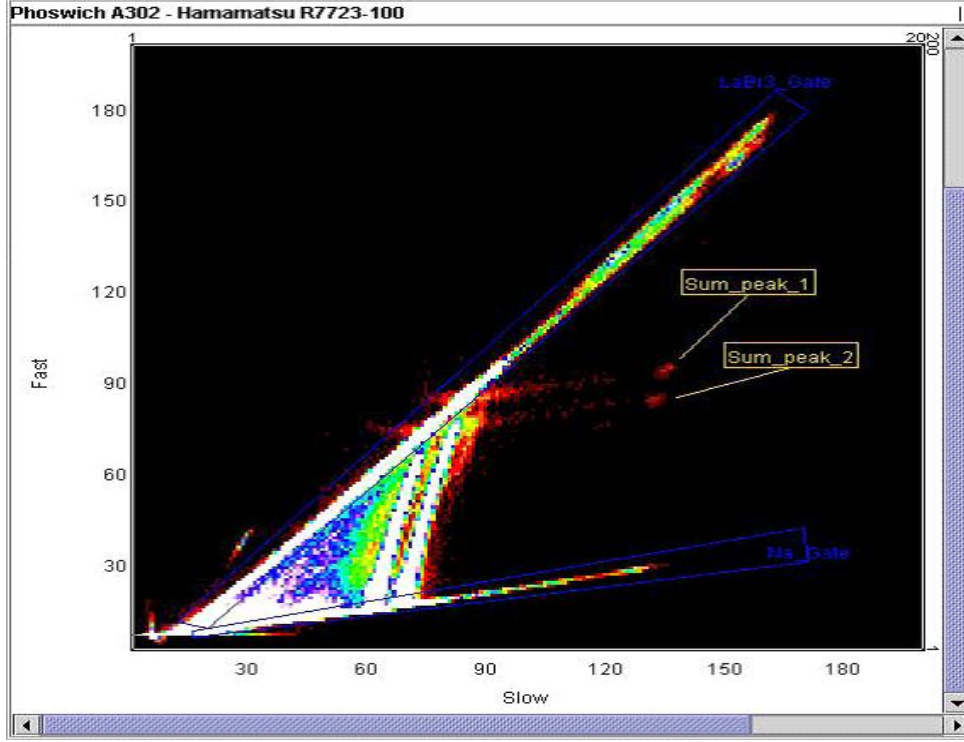
Şekil 4. 10 Hızlı ve yavaş sinyal kullanılarak alfa ve gama ayırımının gerçekleştirildiği sonuç

¹³⁷Cs, ²²Na, ⁶⁰Co gibi radyoaktif kaynaklarla gerçekleştirilen test deneylerde dedektör performansı, elektronik sistem ve elde edilen verinin analizi için yeni algoritmalar geliştirilme ihtiyacı doğmuştur. LaBr₃(Ce) ve LaCl dedektörlerinin kullanıldığı bu çalışmalarda sinyal şekli ayırt etme algoritması geliştirildi. Elektronik sistemde kullanılan VME için bazı düzenlemeler gerçekleştirildi, örneğin standart analog düzeneğe ek olarak VME’de ADC kullanıldı, 2 GHz, 12 Bit ADC kullanıldı. Bu çalışmalar sonucu elde edilen sonuçlar Şekil 4.9’da gösterilmiştir. (Zeibilinski, 2013).



Şekil 4. 11 Milano deney sonuçları

Sinyal şekli ayırt etme algoritması PARIS fosfor sandviç dedektörü için gerçekleştirildi ve Şekil 4.11’de gösterilen sonuç elde edildi. Bu sistemde standart analog zincirle birlikte BaF ve VME+ADC elektronik sistemleri de kullanıldı. 2 GHz 12 bit ADC fosfor sandviç dedektörler için kullanıldı. LaBr3(Ce) etkileşiminin sinyal şekli, iyi belirlenen bölgenin sinyal şekli ve NaI etkileşiminin sinyal şekli birkaç gün devam eden testlerde 3-5 saatlik zaman dilimi dijital elektroniğin optimizasyonu için harcanmıştır. Bu testlerde ^{60}Co ve PuC için 6,13 MeV, 8-10 MeV ve 2 MeV değerleri için ölçümler yapılmıştır. Birkaç günlük test sonucunda kabul edilebilir sonuç elde edildi. Matris ayırımı yöntemiyle araştırılan tipik dedektör sinyalinin elde edilebildiği ve zaman bilgisinin de CFD’den elde edilebileceği görüldü. Fakat elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde hala birçok test deneyin daha gerçekleştirilmesi ve doğru bir algoritma ortaya konması gerektiği anlaşılmıştır.



Şekil 4. 12 PARIS deney sonucu

Bu çalışmalardan sonra PARIS proje kapsamında oluşturulan elektronik çalışma grubunun gerçekleştirdiği çalışmalarda hem enerji hem de zaman sinyallerini tamamen dijital olarak okuyabilen ve kaydedebilen bir dijital elektroniğin oluşturulması gerektiği sonucuna varıldı. Bu grup özellikle CFD aracıyla ile analog sinyal ayırma ilkesine dayanan bilgilerle dijital bilgileri birleştirme metotları geliştirerek ve nötron gama ayırımını en iyi düzeye çıkaracak çalışmalara yoğunlaşıldı. Daha önce de bahsedildiği gibi Fransa-GANIL’de yapılacak diğer çalışmalar özellikle EXOGAM2 için geliştirilen NUMEXO2’nin bu amaç doğrultusunda kullanılabileceği düşünülmektedir.

BÖLÜM V

TARTIŞMA VE SONUÇ

Nükleer spektroskopide yaygın kullanılan analog ve dijital elektroniğin tarihsel gelişimini irdeleyen ve gama spektroskopisinde kullanılacak yeni novel teknolojik ürün olan $\text{LaBr}_3(\text{Ce})+\text{NaI}(\text{Tl})$ fosfor sandviç dedektörlerinde kullanılması planlanan ve üzerinde hala çalışmalar yürütülen dijital elektronik NUMEXO2 hakkındaki gelişmelere de yer verilen bu tez çalışması nükleer spektroskopi alanında çalışmayı düşünen araştırmacılara ve dedektörlerle veri almayı düşünen araştırmacılara ışık tutacak ve gerekli alt yapıyı sağlayacak bilgiler içermektedir.

Tez içerisindeki konular temel elektronik bilgilerle başlayıp sırasıyla analog, dijital elektronik hakkında temel bilgiler verildikten sonra geçmişte ve günümüzde yaygın kullanılan dedektör topluluklarında kullanılan elektronik sistemler ve bu sistemlerin sinyal işleme biçimleri ve veri kayıt sistemleri hakkında detaylı bilgiler sunuldu. Bu bilgiler sunulurken analog ve dijital sinyal işleme biçimleri ve iki sistemin birbirine göre avantaj ve dez avantajları karşılaştırılarak tartışıldı.

AGATA dedektörlerinde kullanılan yeni nesil elektronik global tetikleme sistemiyle veri alımı, ön işlemci elektroniği gibi konularda detaylı bilgiler verildi.

Fransa GANIL nükleer araştırma merkezinde SPIRAL2 projesi kapsamında kullanılması düşünülen sabit ve radyoaktif iyon huzmeleriyle gerçekleştirilecek deneylerde diğer konvansiyonel dedektör sistemleriyle birlikte kullanılması düşünülen ve gama spektroskopisinde yeni kullanılmaya başlanan hali hazırda prototipi üretilen $\text{LaBr}_3(\text{ce})+\text{NaI}(\text{Tl})$ fosfor sandviç dedektörlerin farklı dijital elektronik sistemlerle kullanılması durumunda dedektörlerin ve bunlarla birlikte kullanılan farklı elektronik sistemlerin karakteristik özellikleri ve sistemin performansı bölüm 4 içerisinde detaylı bir şekilde tartışıldı.

Nükleer fizik elektroniğinin tarihsel gelişimini diğer bir deyişle evrimini irdeleyen ve farklı elektronik sistemleri birbiriyle karşılaştıran ve dedektör sistemlerinde kullanılmaya başlanan son teknolojik dijital elektronik sistemlerin gelişiminin her evresini detaylı bir

şekilde irdelleyen bu çalışma bu alanda çalışmak isteyen ve farklı elektronik sistemleri bir arada inceleme ve temel bilgi eksikliğini tamamlamak isteyen araştırmacılar için iyi bir literatür bilgi sunan bir çalışma özelliği sergilemektedir. Bu bağlamda teknik bilgileri toplu halde karşılaştırmalı bir şekilde sunabilen bir çalışma özelliği sergilemektedir.

KAYNAKLAR

Akkoyun S., AGATA Collaboration. “Response of AGATA Segmented HPGe Detectors to Gamma Rays up to 15.1 MeV” *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* 668 (26-58), 2012

Al-Adili A., Hambach f.J., Oberstedt S., Pomp S., Zeynalov S., “Comparison Of Digital and Analogue Data Acquisition Systems for Nuclear Spectroscopy” *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* 624 (2010) 684–690, 2010

Alaçakır A., “Parçacık Hızlandırıcıları ve Dedektörleri”, *VIII. Uluslararası Katılımlı Yaz Okulu* BODRUM / TÜRKİYE 10 – 15 EYLÜL 2012

Cecil F.E. vd., “Radiative Capture of Protons By Light Nuclei at Low Energies” *Nucl. Phys. A-Elsevier* 539, 75, 1992

Chasteler R.M. vd., “Observation of Substantial P-Wave Capture Strength In The L_1-7 (P)Over-Right-Arrow, Gamma) Be-8 Reaction for $E(P) = 80-0$ Kev and Implications for Astrophysical S-Factors”, *Physical Review Letters* . 72, 3949, 1994

Ciemala M., “Measurements of High-Energy Gamma-Rays with LaBr₃ : Ce Detectors”, *Nuclear Instrument and Method in Physics Research A*608, 76, 2009

Dorvaux O., “First Prompt in-Beam Gamma-Ray Spectroscopy of a Superheavy Element: The (256)Rf” for the Paris Collaboration, *Journal of Physics Conference Series*, 2011

Elekes Z. vd., “Absolute Full-Energy Peak Efficiency Calibration of a Clover-BGO Detector System”, *Nuclear Instrument and Method in Physics Research A*503, 580, 2003

Ertürk S., vd. “Energy Response of LaBr₃”, *Journal of Physics: Conference Series* 381, 012134, 2012

Fessler A. vd. “Thick Target Photon Yields And Angular Distributions for the F-19(p,α γ)O-16 Source Reaction at Incident Proton Energies Between 1.5 and 4.0 MeV”, *Nuclear Instrument and Method in Physics Research* A450, 353, 2000

Ganioğlu E., “Parçacık Detektörleri İçin Data Toplama ve Tetikleme Teknikleri” İstanbul Üniversitesi, *UPHDYO4*-Bodrum-Türkiye, 2-5 Eylül 2008

Martin J.P., Radford D.C., Beaulieu M., Taras P., Ward D., Andrews H.R., Ayotte G., Sharp, F.T. , Waddington J.C., Hausser O., Gascon J., “Data Acquisition System for the 8π Spectrometer: a multidetector Array for γ-Ray Spectroscopy”, *Nuclear Instruments and Methods in physics Research* A257 (301-308) North-Holland, Amsterdam, , 1986

Mazumdar I., vd. “A Large High-Energy Gamma-Ray Spectrometer at NSC”, *Nuclear Instrument and Method in Physics Research* A417, 297, 1998

Kalaycı A.G., “Elektronik 1, Okuma Metotları, Yükselteçler, Ölçüm Cihazları, ADC, DAC, Mikrodenetleyiciler”, Süleyman Demirel Üniversitesi Enerji Araştırmaları AUM, Isparta, Türkiye, *Türk Fizik Derneği VIII. Uluslararası Katılımlı Parçacık Hızlandırıcıları ve Detektörleri Yaz Okulu*, 10 – 15 Eylül 2012

Lee Y., “The Gammasphere”, *Nuclear Physics* A520 (641c-655c) North-Holland, Oak Ridge National laboratory, Tennessee 37831-6371, 1990

Ünel G., “Parçacık Fiziğinde Tetikleme ve veri toplama sistemleri”, Univ. California @ Irvine, *UPHDYO VII*, Bodrum-Türkiye, 21-26.08. 2011

Zeibilinski vd., “Testing of the PARIS LaBr3-NaI Phoswich Detector with High Energy Gamma-rays”, *Acta Physica Polonica* B44, 651, 2013

ÖZ GEÇMİŞ

Fatma Çelik 22.08.1986 tarihinde Tarsus'ta doğdu. İlk, orta ve lise öğretimini Tarsus'ta tamamladı. 2007 yılında girdiği Niğde Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü'nden 2011 yılında mezun oldu. 2011 yılında Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim dalında yüksek lisans öğrenimine başladı. O tarihten beri yüksek lisans öğrenimine devam etmektedir. Bilim dalındaki ilgi alanı nükleer elektronik ve nükleer yapı fizikidir.