

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MİKROİŞLEMCİ DESTEKLİ RADYASYON SAYIM
SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ**

Muhammed Fatih KULUÖZTÜRK

Tez Yöneticisi:
Prof. Dr. Mahmut DOĞRU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANABİLİM DALI

ELAZIĞ-2009

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİKROİŞLEMCİ DESTEKLİ RADYASYON SAYIM SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ

Muhammed Fatih KULUÖZTÜRK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANABİLİM DALI

Bu tez tarihinde, aşağıda belirtilen jüri üyeleri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile başarılı/başarısız olarak değerlendirilmiştir.

1. Jüri Üyesi
Prof. Dr. Mahmut DOĞRU
Danışman

2. Jüri Üyesi
Doç. Dr. Soner ÖZGEN

3. Jüri Üyesi
Doç. Dr. Oktay Baykara

TEŐEKKÖR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Mahmut DOĞRU hocama ve uygulama aşamasında vaktini ve tecröbesini paylaşan Doç. Dr. Soner ÖZGEN hocama teőekkör ediyorum.

Ayrıca bu alışma Töbitak evre, Atmosfer, Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Grubu tarafından 104Y158 nolu proje ile kısmen desteklenmiştir. Bu desteklerinden dolayı Töbitak’a teőekkör ederim.

Muhammed Fatih KULUÖZTÖRK

İÇİNDEKİLER

SAYFA

İÇİNDEKİLER.....	I
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	III
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	IV
ÖZET (Türkçe).....	V
ÖZET (İngilizce).....	VI
1. GİRİŞ.....	1
2. RADYASYON DETEKSİYON METOTLARI	6
2.1. Pasif Radyasyon Detektörleri (Kathal Nükleer İz Detektörleri)	6
2.2. Aktif Radyasyon Detektörleri.....	7
2.2.1. Gaz Doldurulmuş Tüp Detektörler	7
2.2.2. Sintilasyon Detektörleri.....	8
2.2.3. Yarıiletken Detektörler	10
3. NÜKLEER ELEKTRONİK	12
3.1. Detektör Sisteminin Analog Birimleri.....	12
3.1.1. Ön-Yükselteç (preamplifier).....	13
3.1.2. Puls Şekillendirme	14
3.1.3. Ana-Yükselteçler	18
3.1.3.1. Doğrusal Yükselteçler	18
3.1.3.2. Beslemeli Yükselteçler	19
3.1.3.3. Toplam ya da Fark Yükselteçleri.....	19
3.1.4. Eşik (Treshold) Devresi.....	19
3.1.5. Tek Kanallı Analizör (single channel analyser)	20
3.1.6. Çok Kanallı Analizör (multi channel analyser).....	21
3.2. Detektör Sisteminin Dijital Birimleri	22
4. RADYASYON SAYIM SİSTEMİNİN TASARIMI	24
4.1. RCS-F1 Sisteminin Donanımı.....	24
4.1.1. Mekanik Tasarım ve Uygulama	24
4.1.2. Elektronik Tasarım ve Uygulama.....	26
4.2. RCS-F1 Cihazının Menü Özellikleri ve Akış Diyagramı.....	32
4.2.1. Ana Menü	32
4.2.2. Manüel Sayım (Manual Counting)	33
4.2.3. Tekli Sayım (Single Counting).....	34
4.2.4. Çoklu Sayım (Multi Counting).....	35

4.2.5. Mikrokontrolörün Programlanması	39
5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	42
5.1. RCS-F1 Sisteminin Testleri.....	42
5.2. Sistemin Genel Değerlendirmesi	47
KAYNAKLAR.....	49
ÖZGEÇMİŞ	53

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 2.1 Si ve Ge detektörlerde bir elektron-deşik çifti oluşturmak için gerekli olan enerji değerleri	8
Çizelge 5.1 Eşik ölçeğine karşılık ölçülen gerilimler.....	43
Çizelge 5.2 RCS-F1 sisteminin zaman kararlılığı.....	43
Çizelge 5.3 Eşik gerilimi değişimine karşılık sayım sonuçları	45
Çizelge 5.4 Mesafeye bağlı olarak Am-241 ve Ra-226 kaynakları ile yapılan sayım sonuçları	45

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Gaz doldurulmuş tüp detektör ve puls oluşumu.....	8
Şekil 2.2 Sintilasyon detektörü.....	9
Şekil 2.3 Yarıiletken detektör.....	10
Şekil 3.1 Voltaj duyarlı ön-yükseltecin şematik gösterimi	14
Şekil 3.2 Yük duyarlı ön-yükseltecin şematik gösterimi.....	14
Şekil 3.3 CR (türev devresi) yüksek geçiren filtre şekillendirmesi.....	15
Şekil 3.4 RC (integral devresi) alçak geçiren filtre şekillendirmesi.....	15
Şekil 3.5 CR-RC puls şekillendirme ve giriş-çıkış sinyalleri.....	15
Şekil 3.6 Sıfır kutup düzeltmesi (Pole-Zero Cancellation)	16
Şekil 3.7 Üst üste binme önleyici (Pile-Up Rejector)	17
Şekil 3.8 Temel seviye düzeltici (Baseline-Restorer)	18
Şekil 3.9 Eşik (Treshold) devresi şematik gösterimi.....	20
Şekil 3.10 Ana yükselteç çıkışındaki pulslar ve seçilen E, E + ΔE seviyeleri	21
Şekil 3.11 Mikroişlemcili sistem blok diyagramı	23
Şekil 4.1 RCS-F1 deteksiyon sisteminin prob kısmı.....	25
Şekil 4.2 RCS-F1 sisteminin cihaz kısmı	26
Şekil 4.3 Sayım-kayıt devresi şematik gösterimi	27
Şekil 4.4 Ön-yükselteç, ana-yükselteç devresi şematik gösterimi	28
Şekil 4.5 Sayım-kayıt devresi ve yükselteç devresinin PCB Layout programında tasarımı	29
Şekil 4.6 Baskılı devre metodunun aşamaları	31
Şekil 4.7 LCD ekranda ana menü seçeneklerinin görünümü	32
Şekil 4.8 Tuş Takımı ve dijital LCD ekranın cihaz üzerindeki görüntüsü.....	33
Şekil 4.9 Cihaz sayım yapmaya hazırlanırken ve cihaz sayım yaparken ekran görüntüleri.....	33
Şekil 4.10 Sayım süresi seçim menüsü ve single count modunda sayım ekranı görüntüsü.....	34
Şekil 4.11 Çoklu sayım (multi count) menüsünde sayım ekranı görüntüsü.....	35
Şekil 4.12 RCS-F1 cihazının akış diyagramı	36
Şekil 4.13 Akış diyagramının manüel sayım bloğu	37
Şekil 4.14 Akış diyagramının tekli sayım bloğu	38
Şekil 4.15 Akış diyagramının çoklu sayım bloğu	40
Şekil 4.16 EasyPic5 programlama ve test sistemi	41
Şekil 4.17 RCS-F1 cihazının sayıma hazır tamamlanmış görünümü.....	41
Şekil 5.1 Yükselteç devresine ait osiloskop çıktısı	42
Şekil 5.2 Eşik gerilimi değişimine karşılık sayım sonuçları	46
Şekil 5.3 Detektör-Kaynak mesafesine bağlı sayım değişimi	47

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MİKROİŞLEMCİ DESTEKLİ RADYASYON SAYIM SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ

Muhammed Fatih KULUÖZTÜRK

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı

2009

Bu çalışmada, radyasyon sayımını mikroişlemci kontrolünde gerçekleştirebilecek bir cihaz tasarlanmıştır. Ticari olarak satılan benzer cihazların hem maliyetleri yüksektir hem de tam olarak bütün ihtiyaçlara cevap verebilecek şekilde cihaza müdahale imkânı vermemektedir. Bu noktada amaca uygun programlanabilen, hassasiyeti ayarlanabilen, üzerinde istenilen değişiklikler yapılabilen ve ticari alandaki emsallerinden çok daha ucuza mal edilebilen böyle bir sistemin geliştirilmesi önem taşımaktadır.

RCS-F1 adı verilen bu radyasyon sayım sisteminin detektör, ön-yükselteç ve yükselteç katmanları 40 mm çapında 15 cm boyunda alüminyum silindir boruya yerleştirilmiştir. Mikrokontrolör ve hafıza birimini içeren katman ise gerekli ayar düğmeleri ve dijital LCD ekran ile bağlantıları sağlandıktan sonra alüminyum kutu içerisine konulmuştur. Daha sonra sistemin menü ile kullanıcıya sunduğu değişik sayım seçenekleri farklı detektörler kullanılarak test edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Radyasyon sayımı, mikroişlemci, RCS-F1

ABSTRACT

Graduate Thesis

DESIGN OF MICROPROCESSOR BASED RADIATION COUNTING SYSTEM

Muhammed Fatih KULUÖZTÜRK

Firat University

Science Institute

Department of Physics

2009

In this study, a microprocessor controlled based radiation detection device has been designed. Similar devices on marketing either have high cost or couldn't very well satisfy adhoc requirements. We have developed an alternative upgrading system which is relevant programmable, adjustable and cheaper than similar ones on marketing.

Developed pre-amplifier and amplifier electronic stages of the radiation counting system adding commercial radiation semiconductor detector, called RCS-F1, have placed in an 40 mm diameter and 15 cm height aluminum cylinder tube. Microcontroller and memory unit stage was placed in an aluminum box after it had connected to necessary tuning switch and digital LCD display. Afterwards different counting modes which the system presents to user with depending menu have been tested with different semi-insulating radiation detectors.

Keywords: Radiation counting, microprocessor, RCS-F1

1. GİRİŞ

Radyasyon, elektromanyetik dalganın temelini teşkil eden enerji paketlerinden (gama, x-ışınları, kozmik ışınlar) ya da maddenin yapı taşları olan kütleli, yüklü veya yüksüz (proton, nötron, elektron, alfa parçacıkları ile daha temel düzeyde müonlar, pionlar, hadronlar vb.) taneciklerden oluşur. Radyasyon, iç dönüşüm geçiren atomlar tarafından yayınlanan, boşlukta ve madde içerisinde hareket edebilen enerji olarak da tanımlanır. Yayınlayan kaynağın karakteristiğine bağlı olarak taşınan bu enerjinin taşıyıcıları, parçacıklar veya elektromanyetik dalgalar olabilir [1].

Radyasyonu tanımlarken üç temel parametre kullanılır;

1. Enerjisi (düşük ya da yüksek enerjili)
2. Türü (parçacık radyasyonu ya da elektromanyetik radyasyon)
3. Kaynağı (doğal ya da yapay radyasyon kaynakları)

Parçacık radyasyon olan α (alfa) özette, bir çekirdekten iki proton ve iki nötrondan oluşan helyum çekirdeğinin çıkması şeklinde açıklanabilir. Alfa radyasyonu nispeten büyük ve ağır bir parçacık radyasyonu olduğundan bir kâğıt parçası tarafından durdurulabilir. Alfa radyasyonu sahip olduğu enerjinin çoğunu, etkileştiği yüzey içerisinde vardığı son noktada bırakır. β (beta) radyasyonu ise, çekirdek içerisinde bir protonun nötrona ya da nötronun protona dönüşmesi sırasında çekirdekten bir e^- (elektron) veya e^+ (pozitron) ile $\bar{\nu}_e$ (elektron anti nötrino) veya ν_e (elektron nötrino) yayımlanması olayıdır. Beta radyasyonu elektronlardan oluşur ve ince bir alüminyum levha bu elektronları durdurmak için yeterlidir. Bir alfa ya da beta radyasyonu yaydıktan sonra çekirdek tam olarak kararlı hale gelemeyebilir. Bu halde fazla enerjisini elektromanyetik radyasyon olan γ (gama) ışıınımları ile dışarı verir. Gama ışınları, beta ışınlarından daha yüksek enerjili ve dolayısıyla daha nüfuz edici ışınlardır [2].

Radyasyon enerjisinin bir kısmını ya da tamamını etkileştiği maddeye aktarır. Bu etkileşme sonucunda maddede hasar oluşumu, uyarılma ya da iyonlaşmalar gerçekleşir. Detektörler bu etkileşmelerden yararlanarak radyasyon algılamayı gerçekleştirmek üzere üretilen aygıtlardır. Radyasyonun türünü, enerjisini, birim zamandaki çıkış sayısını ve belirli bir madde miktarı tarafından soğurulan enerjisini ölçmek için yapılan ön işlemlere genel olarak deteksiyon (algılama) adı verilir. Algılanmak istenen radyasyona göre kullanılabilecek farklı tip detektörler ve farklı çalışma prensiplerine sahip deteksiyon metotları bulunmaktadır [2].

Deteksiyon metotları aktif ve pasif deteksiyon metotları şeklinde iki ana başlık altında incelenir. Aktif deteksiyon metotları radyasyon enerjisinin elektriksel sinyallere dönüştürülmesi esasına dayanır ve elektronik gerektirir. Pasif deteksiyon metotları ise, parçacık radyasyonların

algılanmasında kullanılır ve radyasyonun detektör içerisinde bıraktığı izlerin bir dizi kimyasal işlemlerle büyütüldükten sonra mikroskop altında sayılması esasına dayanır. Bu deteksiyon metodunda herhangi bir elektronik gereksinimi yoktur [3].

Pasif deteksiyon metodunun büyük bir çoğunluğunu katıhal nükleer iz detektörleri oluşturur. Herhangi bir elektronik kullanılmadığından detektörden anlık olarak veri alışverişi gerçekleştirilemez. Bu nedenle pasif detektörler olarak adlandırılırlar. Bu tip detektörler ile bir ortamdaki radyasyon aktivitesinin yoğunluğu belirlenebilir. Prensip olarak parçacık radyasyonların polimer içerisinde iz bırakması ve bu izlerin sayımı esasına dayanır. Katıhal nükleer iz detektörlerinin en yaygın olanı ticari adı CR-39 olan alil diglikol karbonat plastik iz detektörleridir.

Plastik iz detektörü içerisine bir alfa radyasyonu girdiğinde, doğrusal yolu boyunca enerjisini kaybeder ve vardığı son noktada kalan enerjisinin tamamını bırakır. Bu olay esnasında polimer zincirlerde kopmalar ve hasarlar meydana gelir. Bu hasar izleri nm boyutlarında olduğundan, bu izlerin büyütülüp belirginleştirilmesi gerekir. Bunun için uygun bir kimyasal kazıyıcı ile (NaOH) kazıma işlemi gerçekleştirilir ve sonrasında μm boyutlarına gelen bu izler optik mikroskop altında manüel olarak sayılır [4].

Aktif deteksiyon metotları; radyasyonun detektörle etkileşmesi sonucu meydana gelen uyarılma, iyon çifti oluşumu ve elektron-deşik çifti oluşumu olaylarından faydalanarak algılamayı gerçekleştiren yöntemlerdir. Bu deteksiyon metotlarını genel olarak; gaz doldurulmuş tüp detektörler, sintilasyon sayıcılar ve yarıiletken detektörler şeklinde üç ana başlık altında incelemek mümkündür [5].

Gaz doldurulmuş tüp detektörler, radyasyonun iyonlaştırıcı etkisinden faydalanarak deteksiyon gerçekleştiren sistemlerdir. Bu detektörler içerisinde gaz bulunan kapalı bir ortam ve bu ortamda bir elektrik alanı oluşturabilecek anot ve katot elektrotlarından oluşur. Bu ortama gelen radyasyon, gaz atomları ile etkileşerek elektron ve pozitif yüklü iyonların oluşmasına (iyonizasyon) sebep olur. İyonizasyon sonucunda oluşan serbest elektronlar ve pozitif iyonlar, elektrotlar arasında uygulanan elektrik alanın etkisiyle anot ve katoda ulaşarak bir iyon akımı meydana getirirler. Bu akımın ölçümü ile deteksiyon işlemi gerçekleştirilir [5].

Radyasyonun madde içerisinde meydana getirdiği uyarmalardan faydalanarak deteksiyon gerçekleştiren sistemlere sintilasyon sayıcı denir. Sintilasyon sayıcı sistemler temelde sintilatör ve fotoçoğaltıcı tüpten oluşmaktadırlar. Sintilatörler, üzerine radyasyon geldiğinde yapısında meydana gelen uyarılmalar sonucu, belli dalga boylarında parıldamalar gerçekleştiren maddelerdir. Fotoçoğaltıcı tüp, sintilatörden çıkan parıltıların bir fotokatot üzerine düşürülmesi ile oluşan fotoelektronların (fotoelektrik olay sonucu) artan potansiyel farklar ile hızlandırılarak çoğaltıldığı kısımdır. Sonuç olarak çoğaltılmış bu elektronlar

ölçülebilir bir elektrik sinyali oluşturur. Bu şekilde sintilasyon sayıcılarında deteksiyon işlemi gerçekleştirilir.

Yarıiletken detektörler, radyasyonun yarıiletken malzeme ile etkileşerek elektron-deşik çiftleri oluşturması ve oluşan bu çiftlerin uygulanan elektrik alan etkisiyle toplanarak oluşan akımın ölçülmesi esasına dayanır. Bu tip detektörler kabaca p-tipi ve n-tipi yarıiletkenlerin birleştirilmesi ile elde edilir. Bu birleşim bölgesinde nötr bir bölge oluşur ve ters besleme (biaslama) ile bu nötr bölge genişletilir. Yarıiletken detektörlerin radyasyonu algıladıkları bölge, oluşan bu nötr bölgedir (deplasyon bölgesi).

Radyasyonun algılanarak elektrik pulslarına dönüştürülmesi işleminde detektör seçimi önemlidir. Örneğin mekanik dayanıklılık, nispeten küçük voltajlarda çalışma ve küçük boyutların istenmesi, gaz doldurulmuş tüp detektörlerin ve sintilasyon detektörlerinin kullanımını kısıtlar. Bu tür isteklere yarıiletken detektörler cevap verebilir. Ancak yarıiletken detektörler, oluşturdukları elektriksel puls genliklerinin küçük olması nedeniyle oldukça karmaşık ve pahalı elektronik donanıma ihtiyaç duyarlar.

Nükleer elektronik cihazlar parçacık veya elektromanyetik radyasyon akısının şiddetini ölçer ve radyoaktif kaynakların bileşenlerini tipine, enerjisine ve birbirlerine nazaran meydana geliş zamanlarına göre analiz eder. Detektör çıkışında elde edilen işaretin genliği kullanılan detektörün tipine, fiziki büyüklüğüne ve elektrotlara tatbik edilen gerilimin değerine göre mikro volt mertebesinden başlayıp, volt mertebesine kadar uzanır. İşaretin analiz edilebilmesi için tüplü sistemlerde 30-40 volt, transistorlu sistemlerde ise birkaç volt mertebesine yükseltilmesi gerekmektedir. Bu maksat için kullanılan darbe (puls) yükselteçlerinin (amplifikatörler) en önemli özellikleri yapılan ölçünün tipine de bağlı olarak doğrusallık ve kararlılıktır [5]. Yükselteçler, ön-yükselteç (preamplifier) ve ana-yükselteç (amplifier) olarak iki ana başlık altında incelenir.

Puls tipi bütün detektörlerde çıkış sinyali, gelen radyasyonun serbest bıraktığı Q yüküdür. Geiger-Müller (GM) tüpü ve bazı sintilasyon sayıcılarında Q değeri yeteri kadar büyüktür ve bu yükün detektör, bağlayıcı kablo ve kayıt devresi girişinin verdiği toplam kapasitans boyunca integrasyonu ile oldukça büyük voltaj pulsları elde edilir. Ancak birçok farklı detektör için Q miktarı hayli düşüktür ve bir ara yükseltme yapılmadan kullanılamaz. Detektör ve puls işlem elektroniği arasındaki ilk eleman olan ön-yükselteç her zaman detektöre çok yakın tutulur ve ilk ara yükseltme işlemini gerçekleştirir [6].

Detektöre yüklenmenin minimum yapılması için arada uzun kablo kullanmaktan kaçınılmalıdır. Ön-yükseltecin bir fonksiyonu, kapasitansın hızlıca bitirilmesiyle maksimum sinyal/gürültü oranının sağlanmasıdır. Ayrıca, yüklemenin minimum olabilmesi için detektöre yüksek empedans (direnç) vererek, ana yükselteç ile detektör arasında bir empedans

uyumlaştırıcı eleman olarak görev yapar. Önyükselteçler puls şekillendirmesi yapmazlar ve çıkışları doğrusal kuyruklu bir pulstur ve doğuş zamanı detektördeki yük toplanma zamanı ile uygun olacak şekilde mümkün olduğu kadar kısa yapılır. Pulsun azalım zamanı ise hayli uzundur (50–100 μ s) ve detektördeki bütün yük toplanabilir [6 - 8].

Ana yükselteç sistemde esas büyütmenin ve puls şekillendirmenin gerçekleştirildiği birimdir. Yükselteçlerde büyütme işlemi op-amp'lar (operational-amplifier) ile şekillendirme işlemi ise CR (türev devresi) ve RC (integral devresi) devreleri ile gerçekleştirilir. Ana yükselteçler amaca göre doğrusal, beslemeli ve toplam ya da fark yükselteci tiplerinde tasarlanabilir. Doğrusal bir başka deyişle voltaja duyarlı yükselteç, ön yükselteçten gelen pulsarı daha da (birkaç bin kat) büyütür. Diğer önemli fonksiyonu ise önyükselteçten gelen kuyruklu pulsarı daha kısa doğma zamanlı ve çok daha hızlı azalım zamanı olan çok dar bir puls şekline çevirir. Beslemeli yükselteçlerde giriş genelde normal bir doğrusal yükselteç çıkışında elde edilen şekillendirilmiş doğrusal bir pulstur. Beslemeli yükselteç belirli bir besleme seviyesinin altında kalan giriş pulsarı için hiçbir çıkış üretmez. Bu yükselteçlerin çıkış pulsalarının dinamik aralığı besleme seviyesi ile belirli bir maksimum seviye arasındaki giriş pulsalarına karşılık gelmektedir. Toplam yükselteçleri genelde doğrusal yükselteçlerin birçok çıkışını giriş olarak alarak tek bir toplam puls verir. Bu yükselteç toplama öncesinde pulslardan birini ters çevirerek fark yükselteci olarak kullanılabilir [7, 9, 10].

Radyasyon, detektör içinde enerjisini bıraktığında, detektör uçlarında oluşacak elektriksel puls yüksekliği radyasyon enerjisiyle orantılıdır. Eğer doğrusal bir yükselteç devresi kullanılıyorsa, yükseltecin çıkış uçları arasında meydana gelen puls yükseklikleri de enerji ile orantılı olacaktır. Bu pulsaların işlenebilmesi için ise öncelikle şekillendirilmesi ve ardından genliklerine göre sıralanması gerekir. Bu amaç için tek kanallı analizör (SCA) ya da çok kanallı analizör (MCA) kullanılır. Sadece belirli bir radyasyon türünün algılanması istenildiğinde, yükselteç çıkışına bir pencere detektör devresi eklemek yeterli olur. Bu devrelere tek kanallı analizör (SCA) da denmektedir. Eğer amaç farklı enerjilerdeki radyasyonların aynı anda algılanması ya da enerji spektrumu elde etmek ise, birden çok pencere kullanılır ve her bir pencereye denk gelen pulsar sayılır. Böyle devrelere de çok kanallı analizör (MCA) denir.

Radyasyonun tespitinden sonra, detektörün ne kadar sürede ne kadar radyasyona maruz kaldığını belirlemek için bu bilgilerin istenilen şekilde işlenmesi ve depolanması gerekir. Radyasyon hakkında elde edilen bu bilgilerin işlenmesini, depolanmasını ve istenildiğinde aktarılmasını kontrol eden birime mikroişlemci (MCU) denir.

Mikroişlemciler temelde bir programı çalıştırma yeteneğine sahip bir elemandır; ancak bu çalıştırma için çok fazla sayıda yardımcı devre elemanlarına ihtiyaç duyar. Bunlar kısaca hafızalar, osilatör (salıncı) elemanları, besleme elemanları, giriş çıkış elemanları şeklinde

sıralamak mümkündür. Mikroişlemci ile iş gören bir devre yapılmak istendiğinde en çok uğraşılacak bölüm hafıza (RAM, ROM, Adres Decoder) ve Giriş-Çıkış (I/O ve Buffers) elemanlarıdır ki plaket üzerinde mikroişlemcinizin kaplayacağı alandan kat kat fazlasını işgal ederler. Mikroişlemci ve yan birimlerini aynı anda içeren devre elemanları da üretilmektedir ve bunlara mikrokontrolör denir. Günümüzde geliştirilen neredeyse bütün radyasyon sayım sistemlerinde mikrokontrolörler kullanılmaktadır [11].

Radyasyon deteksiyonu için son yıllarda farklı tip ve geometrilerde detektörler ile bu detektörler ve kullanım amaçlarına uygun elektronik sistem ve yazılımlar kullanılmaktadır [9, 12 - 22]. Günden güne gelişen teknoloji ile birlikte deteksiyon sistemlerinin elektronik kısımları da artık daha ergonomik, daha hızlı ve daha verimli hale gelmiştir. Bu çalışmada da ihtiyaçlarımıza en iyi şekilde cevap verebilecek ve en güncel devre elemanları, entegreler ve diğer yan malzemeler temin edilerek kullanılmıştır.

Bu çalışmanın temel amacı α , β ve γ radyasyonlarının nükleer algılayıcılar ile etkileşmesinden elde edilen sinyallerin nükleer elektronik yöntemler yardımıyla, mikroişlemci denetimli ortamda depolanması ve depolanan verilerin analiz edilmesi amacıyla elektronik bir sistemin oluşturulmasıdır. Bunun için detektör, ön-yükselteç ve ana-yükselteç katmanlarının bulunduğu elektronik devre bir silindir boru (prob) içerisine yerleştirilmiştir. Mikroişlemci ve yan birimlerini içeren devre ise kutulanarak prob ile bağlantısı sağlanmıştır. Bu sistemde radyasyon-detektör etkileşmesi sonucu oluşan elektriksel sinyal ön-yükselteç ve ana-yükselteç devresinde şekillendirilip genliği artırılarak mikroişlemcinin bulunduğu cihaz kısmına gönderilmektedir. Cihaz kısmında, süresi kullanıcıya bağlı sayım (manuel count), zaman aralığı belli tek sayım (single count) ve aynı zaman dilimlerinde ardışık sayım (multi count) seçenekleri, mikroişlemciye yüklenen programın özelliği olarak kullanıcıya menü aracılığı ile sunulmaktadır. Ayrıca bu sistemde treshold (eşik gerilimi) değeri ve bias gerilimi (detektör besleme gerilimi) değerleri cihaz üzerinden ayarlanabilmektedir. Bununla birlikte cihaz, istenildiğinde RS-232 seri port aracılığı ile bilgisayar bağlantısı sağlayabilmektedir.

Bu çalışma kısmen Tübitak 104Y158 nolu proje ile kısmen desteklenmiştir.

2.RADYASYON DETEKSİYON METOTLARI

Radyasyon, enerjinin bir noktadan başka bir noktaya parçacık ya da elektromanyetik dalga ile taşınmasıdır. Farklı enerjilerdeki radyasyonlar farklı şekillerde taşındığından maddelerle etkileşimleri de farklılıklar göstermektedir. Radyasyon madde ile etkileştiğinde madde içerisinde hasar oluşumlarına, uyarımalara, elektron-pozitif iyon çifti oluşumuna ya da elektron-deşik çifti oluşumuna neden olur.

İyonize edici radyasyon elle tutulur, gözle görülür bir nesne değildir. Bu kavramı somut ve ölçülebilir hale getirmenin yolu ise radyasyonun madde ile etkileşiminden yararlanarak ölçmektir. Detektörler bu etkileşimlerden yararlanarak radyasyon algılamayı gerçekleştirmek üzere üretilen aygıtlardır [23]. Radyasyonun türünü, enerjisini, birim zamandaki çıkış sayısını ve belirli bir madde miktarı tarafından soğurulan enerjisini ölçmek için yapılan ön işlemlere genel olarak deteksiyon (algılama) adı verilir. Farklı tiplerde radyasyonların bu tip etkileşimlerinden faydalanarak geliştirilmiş farklı tiplerde detektörler ve deteksiyon yöntemleri bulunmaktadır [6].

Radyasyonun, madde içerisinde hasar oluşturmasından faydalanılan detektörler katıhal nükleer iz detektörleri, uyarımalara sebep olmasından faydalanılan detektörler sintilasyon detektörleri, elektron-pozitif iyon çifti oluşturmasından faydalanılan detektörler gaz doldurulmuş tüp detektörler ve elektron-deşik çifti oluşturmasından faydalanılan detektörler ise yarıiletken detektörlerdir. Bu detektör tiplerinin kullanıldığı deteksiyon metotları, aktif ve pasif deteksiyon metotları olarak iki ana başlık altında incelenmektedir [3, 5].

2.1. Pasif Radyasyon Detektörleri (Katıhal Nükleer İz Detektörleri)

Bu detektör tipleri herhangi bir elektronik gereksinimi olmadığından ve online olarak veri alışverişi gerçekleştiremediğinden dolayı pasif detektörler olarak adlandırılırlar. Bu tip detektörler ile bir ortamdaki radyasyonun aktivite yoğunluğu belirlenebilir. Prensip olarak parçacık radyasyonların polimer içerisinde iz bırakması ve bu izlerin sayımı esasına dayanır.

Plastik iz detektörleri pasif araçlardır. Bazı duyarlılıklarda bu özellik kullanışlı iken çoğu detektörün temel sınırlamalarını teşkil eder; şöyle ki kapsamlı alet takımı olmaksızın sonuçlar gerçek zamanda anlık olarak incelenemez. Diğer bir güçlük ise, bazı yarı otomatik ya da tam otomatik metotların bu amaç için geliştirilmiş olmasına rağmen, kazınmış izlerin bir mikroskop altında manüel olarak (insan gözü ile) sayılması yorucu ve zaman alıcıdır [3, 4, 24].

Selüloz asetat, polikarbonat ve allil diglikol karbonat gibi plastik maddelerden yapılmış katı hal nükleer iz detektörleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Katıhal nükleer iz detektörlerinin en yaygın olanı ticari adı CR-39 olan alil diglikol karbonat plastik iz detektörleridir [3, 4, 24 - 26].

Plastik iz detektörü içerisine bir alfa radyasyonu girdiğinde, lineer yolu boyunca enerjisini kaybeder ve vardığı son noktada kalan enerjisinin tamamını bırakır. Bu olay esnasında polimer zincirlerde kopmalar ve hasarlar meydana gelir. Bu hasar izleri nm boyutlarında olduğundan, bu izlerin büyütülüp belirginleştirilmesi gerekir. Bunun için uygun bir kimyasal kazıyıcı ile (NaOH) kazıma işlemi gerçekleştirilir ve sonrasında μm boyutlarına gelen bu izler optik mikroskop altında manüel olarak sayılır. Bulunan sonuç iz/gün cinsindendir. Bu sonucu $\text{kBq/m}^3\text{e}$ çevirmek için ise, kullanılan detektörlerin aktivitesi bilinen bir ortamda gerçekleştirilen kalibrasyonu sonucu hesaplanan kalibrasyon çarpanı ile bulunan sayım sonuçları çarpılır [27 - 29].

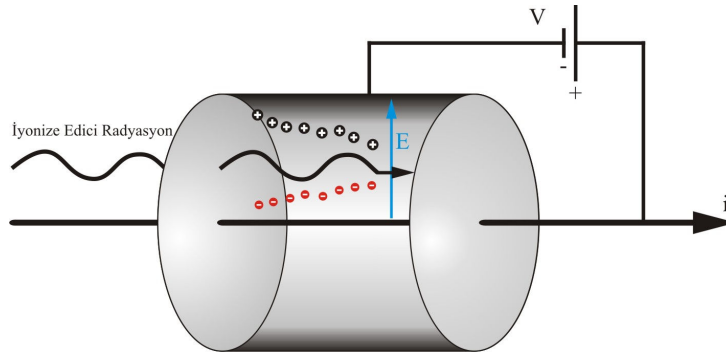
2.2. Aktif Radyasyon Detektörleri

Bu kısımda, radyasyon madde etkileşmelerinin elektriksel sinyallere dönüştürülmesi ve uygun elektronik sistemler yardımıyla bu sinyallerin analiz edilmesi esasına dayanan aktif radyasyon deteksiyon sistemleri anlatılacaktır. Bu deteksiyon metotlarına, elektronik gerektirdiklerinden ve anlık olarak radyasyon sinyallerini analiz ettiklerinden dolayı aktif radyasyon detektörleri denilmektedir. Sinyallerin analizi nükleer elektronik metotlar ile gerçekleştirilir. Nükleer elektronik bir sistemin ana kısımlarını; ön-yükselteç, ana-yükselteç ve dijital analizlerin gerçekleştirildiği sayım-kayıt birimleri oluşturur [5].

Aktif detektörler; gaz doldurulmuş tüp detektörler, sintilasyon detektörleri ve yarıiletken detektörler olmak üzere üç ana başlık altında incelenebilirler.

2.2.1. Gaz Doldurulmuş Tüp Detektörler

Bu detektörler içerisinde gaz bulunan kapalı bir ortam ve bu ortamda bir elektrik alanı oluşturabilecek anot ve katot elektrotlarından oluşur. Bu ortama gelen radyasyon, gaz atomları ile etkileşerek atomik uyarma ve iyonizasyona neden olacaktır. İyonizasyon sonucunda oluşan serbest elektronlar ve pozitif iyonlar, elektrotlar arasında uygulanan elektrik alanının etkisiyle anot ve katoda ulaşarak bir iyon akımı meydana getirirler [5, 6]. Gaz doldurulmuş tüp detektörün şematik gösterimi ve puls oluşumu Şekil 2.1’de verilmiştir.



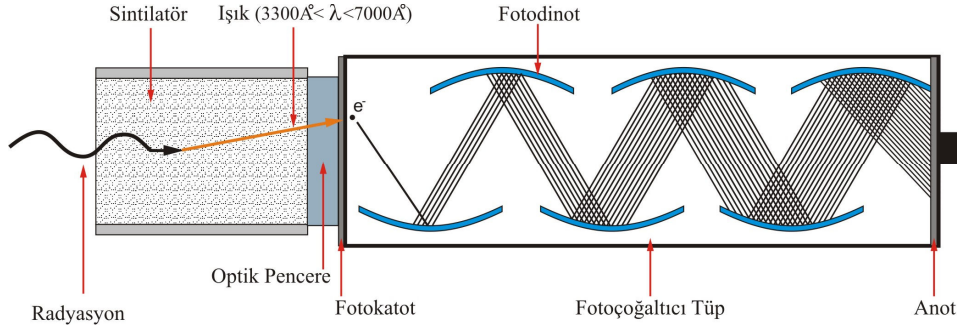
Şekil 2.1. Gaz doldurulmuş tüp detektör ve puls oluşumu [6].

Bu detektörlerin çıkışında, iyonların oluşturduğu bir akım oluşur. Daha sonra bu akım doğrudan bir kondansatöre gönderilebilir ve buradan da ana-yükseltece daha sonra sayım kayıt ünitesine gönderilir. Bu şekilde radyasyon dozu, kondansatörde biriken yük miktarından yola çıkılarak hesaplanabilir. Ya da çıkışta oluşan akım bir direnç üzerinden geçirilir ve bu direnç üzerindeki gerilimin genliği analiz edilerek radyasyonun enerjisi hakkında bilgi edinilebilir. Gaz doldurulmuş tüp detektörlerin çıkışında elde edilen yük miktarı değeri yeterince yüksek olduğundan bir ön-yükselteç devresine ihtiyaç duyulmaz. Radyasyona ait sinyal, doğrudan ana-yükselteç kısmında şekillendirilip büyütülerek dijital kısımda analiz edilir [5].

Gaz doldurulmuş tüp detektörler kendi içinde üç başlıkta incelenir. İyon odaları, orantılı sayaçlar ve Geiger-Müller (G-M) detektörler. İyon odaları ve orantılı sayaçlar birbirine benzemektedir. Orantılı sayaçlar daha yüksek gerilimde çalışırlar ve oluşan sinyali belli oranda yükseltirler. Ancak G-M detektörlerinde çalışma gerilimi çok daha yüksektir ve tüp içerisinde oluşan tek bir iyonlaşma bütün tüpü saran bir iyonlaşma çıkışına sebep olur. Bundan dolayı oluşan bütün pulsların genlikleri eşit olur ki bu sadece radyasyonun basit sayımlarına olanak verir.

2.2.2. Sintilasyon Detektörleri

Radyasyon ile etkileştiğinde farklı dalga boylarında parıltıya yapan maddelere sintilatör denir. Sintilatörde oluşan parıltıdan elektriksel sinyale dönüştürüldüğü sistemlere de sintilasyon detektörleri denir. Çalışma prensibi kısaca; radyasyonun sintilatörde meydana getirdiği atomik uyarma sonucu oluşan parıltının fotokatot üzerinden fotoelektrik olay sonucu elektron koparması, sonrasında bu elektronların artan potansiyel farklarla hızlandırılıp çoğaltılması ile belli oranda büyütülmüş bir sinyal elde edilmesidir. Sintilatör kendi salınımının dalga boyuna geçirendir. Yani oluşan parıltı sintilatör içerisinde ikincil bir parıltı oluşturmaz ki



Şekil 2.2 Sintilasyon detektörü [6].

bu, ideal bir sintilatörde aranan özelliktir. Sintilasyon detektörünün şematik yapısı Şekil 2.2’de verilmiştir.

Şekilde gösterilen ilk bölge, sintilatörün bulunduğu ve parıldamanın meydana geldiği radyasyon-sintilatör etkileşme bölgesidir. Bu bölgeyi, oluşan parıldamanın fotoelektrik olaya yol açtığı fotokatot bölgesi takip eder. Daha sonra oluşan bu elektronlar artan potansiyel farklara sahip dinotlar yardımıyla çoğaltılır. Bu fotoelektronların çoğaltıldığı bölge, fotoçoğaltıcı tüp bölgesidir [6].

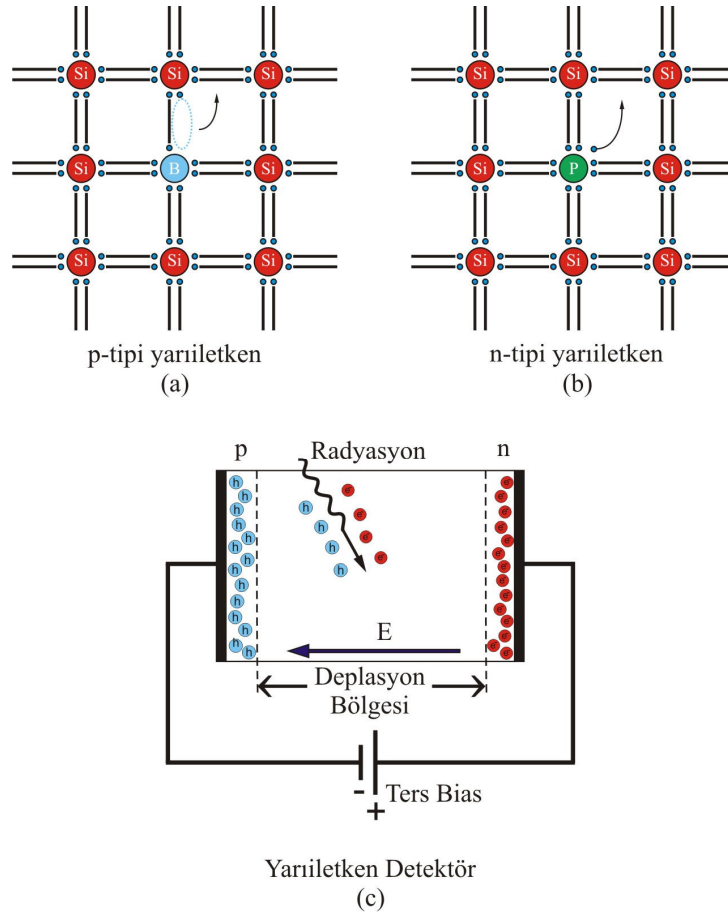
Sintilasyon detektörlerinde oluşan sinyal, orantılı olarak büyütülmüş ve gelen radyasyonun enerjisine bağlı olan bir akım olduğundan radyasyonun enerjisi hakkında bilgi verebilmektedir. Pek çok sintilatör çıkışında elde edilen akım değeri yeterince büyük olduğundan, ön-yükselteç devresine ihtiyaç yoktur. Burada da yine elde edilen akımın nükleer elektronik sistemlerde analizi ile radyasyon deteksiyonu gerçekleştirilir.

Detektör çıkışında elde edilen puls isteğe ve amaca bağlı olarak farklı analiz yöntemleri ile değerlendirilebilir. Örneğin; sadece bir eşik değerinin üzerinde gelen pulsların sayımları yapılabilir, iki eşik değeri kullanılarak bir tek kanallı analizör oluşturulup sadece belirli bir enerji aralığında gelen radyasyonlar sayılabilir veya belirli bir enerji aralığı birden çok kanal ile ayrılarak oluşan çok kanallı analizör ile farklı enerjilerdeki radyasyonların eş zamanlı sayımı gerçekleştirilebilir.

Sintilatörler inorganik (NaI(Tl), CsI(Tl), BaF₂ v.b.) ve organik (antrasen, stilben, sitren v.b.) sintilatörler olmak üzere iki ana başlık altında toplanabilir. Günümüzde en yaygın olarak kullanılan sintilatör, inorganik bir sintilatör olan NaI(Tl) ‘dür.

2.2.3. Yarıiletken Detektörler

Yarıiletken madde, herhangi bir termal uyarılma olmadığı sürece yalıtkan madde özelliği gösteren ve termal uyarılma olduğunda oluşan elektron-deşik çiftleri ile iletken madde özelliği gösteren maddelerdir. Yarıiletkenler p-tipi ve n-tipi olmak üzere ikiye ayrılır. p-tipi yarıiletken, dört değerlikli silisyum kristaline üç değerlikli bir madde eklenmesiyle elde edilir. Bu şekilde p-tipi yarıiletkende iletim deşikler ile sağlanır (Şekil-2.3a). n-tipi yarıiletken, dört değerlikli silisyum kristaline beş değerlikli bir madde ilavesiyle elde edilir. Böylece n-tipi yarıiletkenlerde iletim elektronlar tarafından sağlanır [5] (Şekil-2.3b).



Şekil 2.3 (a) p-tipi yarıiletken, (b) n-tipi yarıiletken, (c) yarıiletken detektör [6].

Yarıiletken detektörler kabaca p-n kontağından ibarettir. Bu kontak bölgesi (deplasyon bölgesi) nötr bir bölgedir ve radyasyon ile etkileşim sonucu elektron-deşik çiftleri oluşur. Yarıiletkenin ters beslenmesi ile oluşturulmuş elektrik alandan faydalanılarak bu elektron ve deşiklerin iletimi ile radyasyon deteksiyonu gerçekleştirilir (Şekil 2.3c).

Detektör olarak kullanılan yarıiletkenler Si (silisyum) ve Ge (germanyum)'dur [12]. Bu iki yarıiletken malzeme içerisinde, oda sıcaklığında bir elektron-deşik oluşturmak için gerekli enerji değerleri Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Si ve Ge detektörlerde bir elektron-deşik çifti oluşturmak için gerekli olan enerji değerleri [30]

Yarıiletken Malzeme	Sıcaklık (K ⁰)	ϵ (eV)
Si (silisyum)	77 - 300	3.71 – 3.62
Ge (germanyum)	77	2.96

Yarıiletken detektör çıkışında elde edilen puls genliği hayli düşük olduğundan, bir ara yükseltme işlemi gerekmektedir. Bunun için ön-yükselteç devreleri bu deteksiyon metodunda kullanılmaktadır. Ön-yükselteç kısmında genlik yükseltmenin yanı sıra puls şekillendirme işlemi de yapılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan detektörlerin hepsi yarıiletken detektörlerdir. Bu nedenle kullanılan nükleer elektronik devreler, sonraki bölümlerde geniş olarak anlatılacaktır.

3. NÜKLEER ELEKTRONİK

Aktif sayım sistemleri, amaca uygun seçilmiş detektörler ile bunların en verimli çalıştırılabileceği bir elektronik sistemle birleştirilmesiyle elde edilir. Aktif sayım sistemleri anlık ya da toplam spektrum elde etmek ya da basit sayımlar yapmak için kullanılmaktadırlar. Ölçülmesi istenilen radyasyona göre detektör seçimi yapılır ve bu oldukça önemlidir. Aynı şekilde belirlenmesi istenilen radyasyona uygun seçilen detektörden en iyi şekilde verim alabilecek elektronik sistemin seçimi ve uygulanması da önemlidir [20]. Algılanacak radyasyonun enerjisine, aktivitesine ve kullanılacak detektörün tipine bağlı olarak farklı şekillerde elektronik tasarım gerçekleştirilebilir [14]. Detektöre farklı enerjilerde gelen radyasyonlar içerisinde detektörün, hangi enerjili radyasyon ile ne kadar etkileştiği ya da istenilen enerjiye sahip radyasyona ne kadar maruz kaldığı belirlenebilir. Bu belirleme işlemi aşağıdaki kısımlarda açıklanacak olan çok kanallı analizör (Multi Channel Analyser-MCA) ve tek kanallı analizörler (Single Channel Analyser-SCA) ile gerçekleştirilir.

Nükleer elektronik sistemler genel olarak; detektör, ön yükselteç, puls şekillendirici, ana yükselteç ve çıkış-gösterge katlarından oluşmaktadırlar. Detektörler, nükleer ışınımın elektriksel pulslara dönüştürülmesini sağlarlar. Yükselteçler, detektörlerden gelen pulsların çıkış ve gösterge aygıtlarınca güvenlikle ve rahatlıkla değerlendirilebilmesini sağlamak amacıyla, arada yükseltme ve şekillendirme işlemini yaparlar. Çıkış ve gösterge katları ise nükleer enerjinin elektriksel pulslara dönüştürülenlerinin sayılmasını, sıralanmasını ve diğer tür işlemleri yaparak kullanmaya sunan, değerlendiren ve bilgi veren bölümleridir [31 - 34].

Nükleer elektronik sistemlerin bu birimlerini en temelde analog ve dijital kısımlar ana başlıkları altında incelemek mümkündür. Analog kısımda sinyalin büyütülmesi ve şekillendirilmesi işlemleri gerçekleştirilir. Dijital kısımda ise, bu sinyaller mantıksal işlemlerden geçerek sıralama ve sayımlar gerçekleştirilir.

3.1. Detektör Sisteminin Analog Birimleri

Detektör çıkışında oluşan sinyal nükleer elektronik sistemin analog kısmında büyütülür ve şekillendirilir. Bu işlemler dizisi sayımın gerçekleştirilebilmesi için gereklidir. Oluşan sinyal şeklinden ve düşük genliğinden dolayı direkt olarak sayılabilir bir sinyal değildir.

Detektör sisteminin analog kısmı genel olarak; ön-yükselteç, puls şekillendirici ve ana-yükselteç alt başlıkları altında incelenebilir.

3.1.1. Ön-Yükselteçler (Preamplifier)

Puls tipi bütün detektörlerde çıkış sinyali, gelen radyasyonun serbest bıraktığı Q yüküdür. Geiger-Müller (GM) tüpü ve bazı sintilasyon sayıcılarında Q değeri yeteri kadar büyüktür ve bu yükün detektör, bağlayıcı kablo ve kayıt devresi girişinin verdiği toplam kapasitans boyunca integrasyonu ile oldukça büyük voltaj pulsları elde edilir. Ancak birçok farklı detektör için Q miktarı hayli düşüktür ve bir ara yükseltme yapılmadan kullanılamaz. Detektör ve puls işlem elektroniği arasındaki ilk eleman olan ön-yükselteç her zaman detektöre çok yakın tutulur ve ilk ara yükseltme işlemini gerçekleştirir [6].

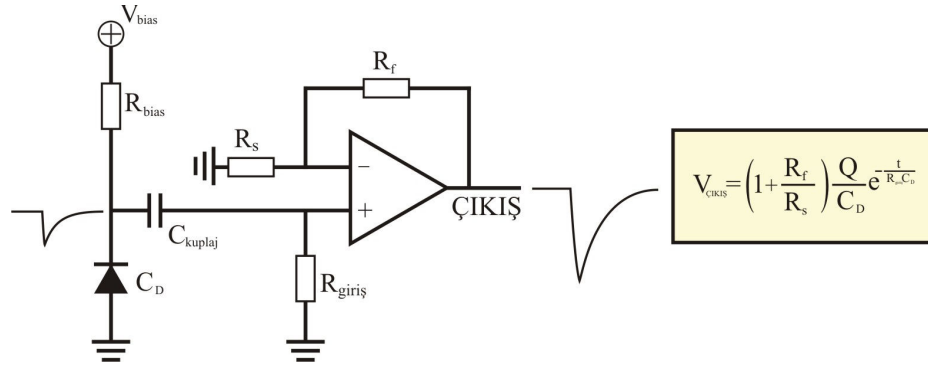
Detektöre yüklenmenin minimum yapılması için arada uzun kablo kullanmaktan kaçınılmalıdır. Ön-yükseltecin bir fonksiyonu, kapasitansın hızlıca bitirilmesiyle maksimum sinyal/gürültü oranının sağlanmasıdır. Ayrıca, yüklemenin minimum olabilmesi için detektöre yüksek empedans (direnç) vererek, esas yükselteç ile detektör arasında bir empedans uyumlaştırıcı eleman olarak görev yapar. Önyükselteçler puls şekillendirmesi yapmazlar ve çıkışları doğrusal kuyruklu bir pulstur ve doğuş zamanı detektördeki yük toplanma zamanı ile uygun olacak şekilde mümkün olduğu kadar kısa yapılır. Pulsun azalım zamanı ise hayli uzundur (50–100 μ s) ve detektördeki bütün yük toplanabilir.

Dijital pulslara dönüştürülecek analog sinyallerin gauss dağılımı eğrisi (gaussian) şeklinde olması gerekir. Ayrıca elektronik sistem içerisinde radyasyon sinyallerinin ayırt edilebilmesi için genlikleri yeteri kadar artırılmalıdır. Ön-yükselteçlerde detektör sinyali ilk şekillendirme ve büyütme işlemlerine tabi tutulur [30].

Önyükselteçler voltaja ve yüke duyarlı olmak üzere iki farklı yöntemde kullanılmak üzere tasarlanabilirler. Bu iki yöntem birbirine çok benzerler, aralarındaki en önemli fark geri besleme elemanının bir kapasitör yerine direnç olmasıdır.

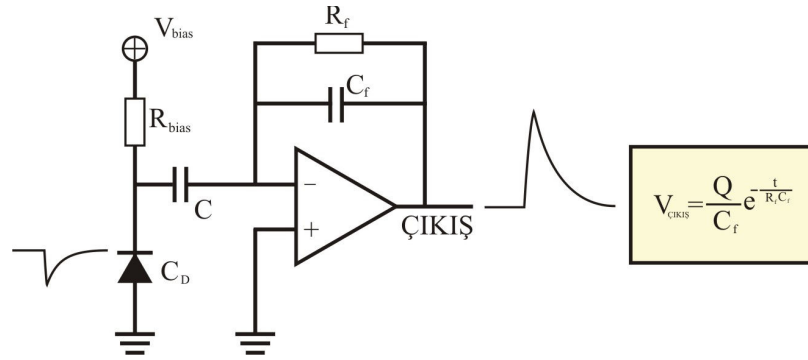
Şekil 3.1’de voltaj duyarlı ön-yükselteçlerin kabaca şeması verilmiştir. Burada dikkat edilirse detektörden gelen sinyal, op-amp (operational-amplifier)’ın pozitif (+) girişine bağlanmış ve op-amp’ın geri beslemesi (feedback) bir direnç ile yapılmıştır.

Voltaj duyarlı ön-yükselteçlerde detektörden gelen puls ve ön-yükselteçten çıkan puls şekil 3.1’deki gibidir. Burada gelen radyasyon detektör ile etkileştiğinde detektör içerisinde elektron-deşik çiftleri oluşacaktır. Bu esnada bias voltajının da etkisiyle detektör içerisinde bir sızıntı akımı meydana gelecektir. Sızıntı akımı da gerilim düşmesine sebep olacaktır ve sonuçta detektör çıkışında aniden düşen bir gerilim sinyali gözlenecektir. Detektör, sızıntı akımı bittikten sonra bir kondansatör gibi davranacak ve çıkışında kondansatörün dolma eğrisine benzer bir sinyal oluşturarak kararlı haline geri dönecektir [8].



Şekil 3.1 Voltaj duyarlı ön-yükseltecin şematik gösterimi [35].

Şekil 3.2’de yük duyarlı ön-yükselteçlerin genel bir şeması verilmiştir. Bu ön-yükselteçlerde detektör sinyali op-amp’ın negatif girişine bağlanmıştır ve geri besleme bir direnç ve bir kondansatör ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.2 Yük duyarlı ön-yükseltecin şematik gösterimi [35].

Yük duyarlı ön-yükselteçlerde detektörden gelen puls şekil 3.2’deki gibidir. Burada gelen radyasyonun oluşturduğu elektron-deşik çiftleri detektör içerisinde ani yük birikimi olarak gözlenecektir. Bu ani yük birikimi bir direnç üzerinden boşaltılarak ön-yükseltece aktarılacaktır.

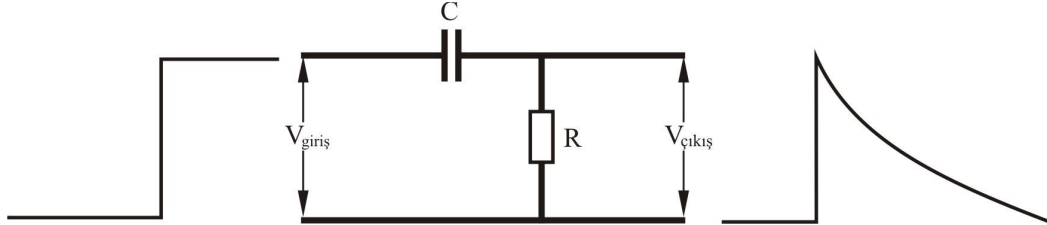
Ön-yükselteçte puls genliği yükseltilirken bir dizi şekillendirme sürecinden de geçer. Puls şekillendirme işlemi duruma göre farklı şekillerde ve elektronik sistemin farklı bölgelerinde gerçekleştirilir. Puls şekillendirme birimi ön-yükseltecin içerisinde, çıkışında ya da ana yükselteç çıkışında bulunabilir.

3.1.2. Puls Şekillendirme

Ön-yükselteçten çıkan pulsların genlikleri büyütülmüştür ancak bu pulsların şekillendirilmesi gereklidir. Bu aşamada puls şekillendirme işlemi gerçekleştirilmelidir. Puls

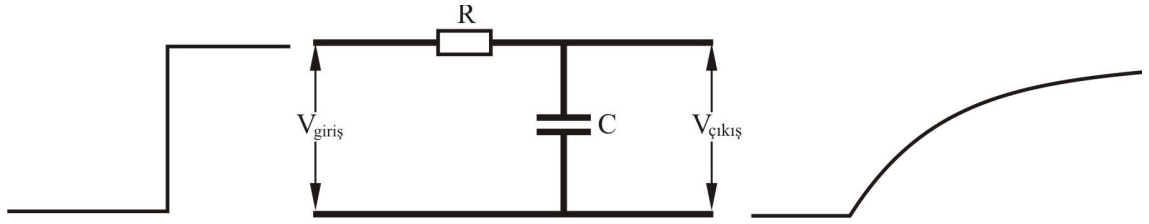
şekillendirmenin en basit şekli, CR yüksek-geçiren filtre ve bunu takip eden RC düşük-geçiren filtresinin kullanımıyla gerçekleştirilir [22].

Ön-yükselteç çıkışındaki puls, ilk olarak CR filtresinden geçer. Bu pek çok gürültüyü ve düşük sinyalleri içeren düşük frekansları azaltır. Bu filtre ile bozunum zamanı kısaltılır ve böylece üst üste yığılma (pile-up) olasılığı azaltılmış olur (şekil 3.3).

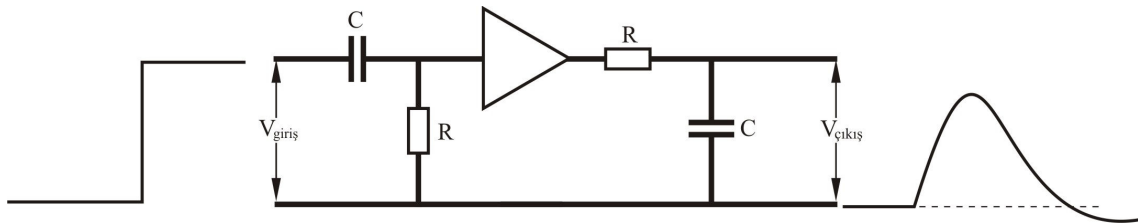


Şekil 3.3 CR (türev devresi) yüksek geçiren filtre şekillendirmesi [35].

Ardından puls yükselteç çıkışına gelir ve RC düşük-geçiren filtreden geçer. Bu kısım azaltılan yüksek frekanslar ile sinyal/gürültü oranını yükseltir (şekil 3.4).



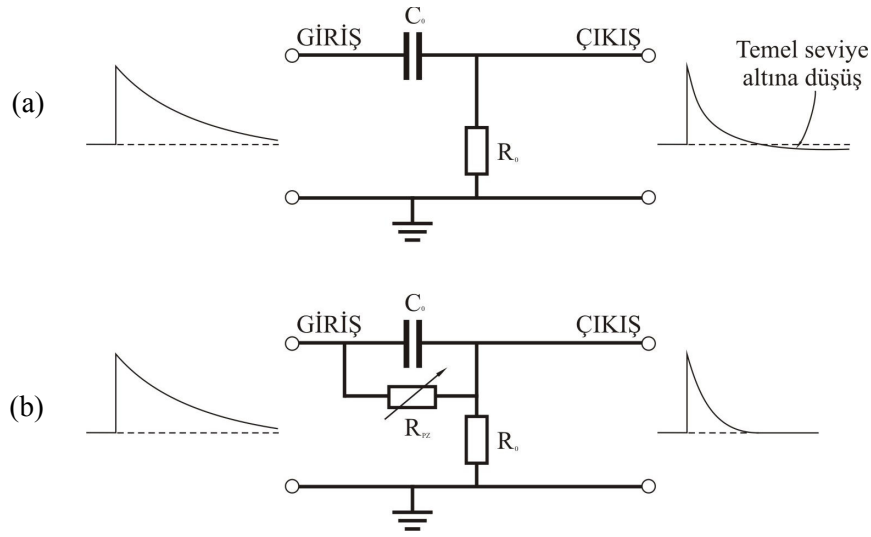
Şekil 3.4 RC (integral devresi) alçak geçiren filtre şekillendirmesi [35].



Şekil 3.5 CR-RC puls şekillendirme ve giriş-çıkış sinyalleri [35].

Radyasyon algılama sistemlerinde bazı özel durumları gidermek için ekstra düzeltme birimleri bulunmaktadır. Bu özel durumları gidermek için kullanılan birimler; sıfır-kutup düzeltmesi (pole-zero cancellation), üst üste yığılma önleyici (pile-up rejection) ve temel seviye düzeltici (baseline restorer) birimleridir. Bu birimler, kullanılmakta olan sistemlerin belirli kısımlarına eklenecek bir ya da birkaç devre elemanı ile oluşturulur. Şimdi bu düzeltme birimlerine neden ihtiyaç olduğunu ve devrede ne şekilde uygulandıklarını açıklayacağız.

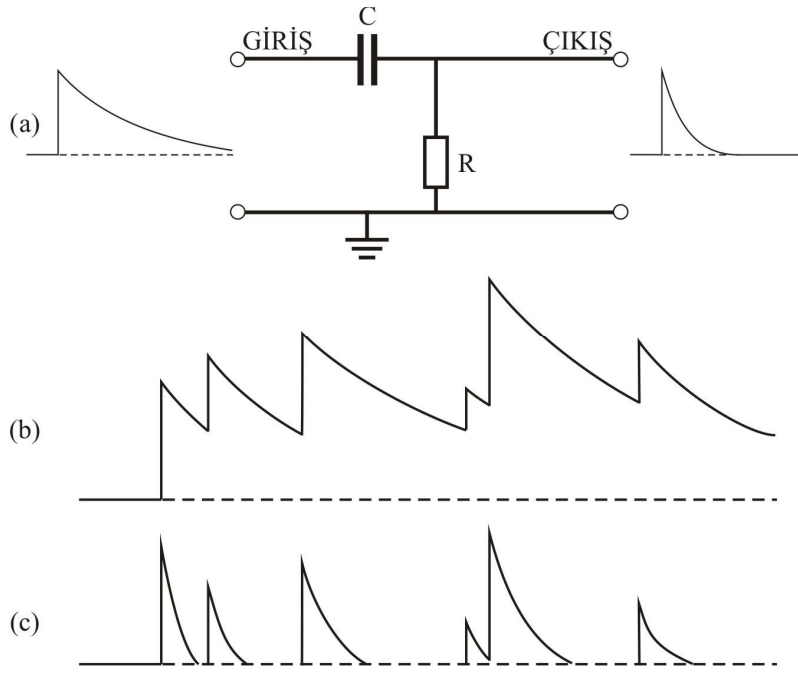
Sıfır kutup düzeltmesi; sinyal başlangıcı referans alındığında, puls azalım kısmının sonunda yatay eksenin altına düşen kuyruğun sıfır seviyesine çekilmesi için gerçekleştirilir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 (a) Sıfır kutup düzeltmesi (pole-zero cancellation) öncesinde puls şekli, **(b)** sıfır kutup düzeltmesi yapıldıktan sonra puls şekli [35].

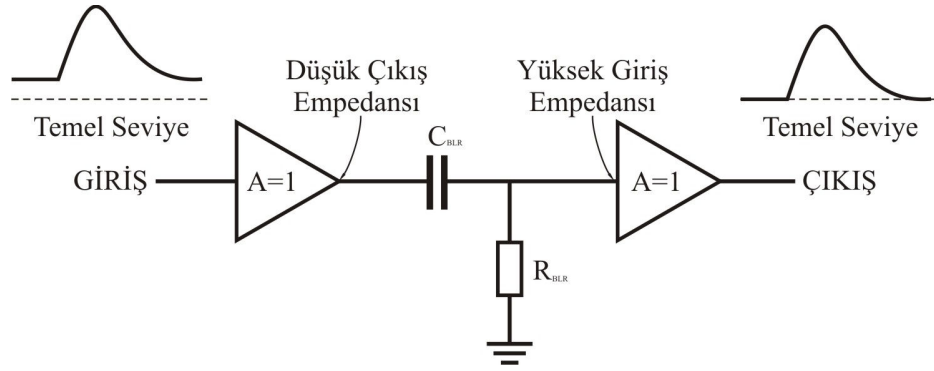
Şekil 3.6a’da görüldüğü gibi sıfır kutup düzeltmesi yapılmadan önce bir CR şekillendirmesinden geçen pulsta hızlı azalım sonucu kuyruk kısmı sıfır seviyesinin altına düşer. Bu olay, yüksek aktiviteli bir ortamda oluşan ilk pulsun sıfır seviye altında kalan kuyruk bölgesinde gelebilecek diğer bir radyasyona ait pulsun genliğinin eksik analiz edilmesine yol açacağından istenmeyen bir durumdur. Bu durumu gidermek için CR şekillendirmenin kondansatörüne bir ayarlı direnç (potansiyometre) paralel bağlanır [10]. Böylece çıkışta sıfır seviye düzeltmesi büyük oranda gerçekleştirilmiş ve puls azalım süresi de kısaltılmış olur.

Üst üste yığılma önleyici; iki pulsun yakın zamanda oluşmasından kaynaklanan üst üste binmesini önlemek amacıyla gerçekleştirilir. Bu olay aktivitesi yüksek bir ortamda detektörde oluşan ilk pulsun azalım bölgesi içerisinde gelen bir diğer sinyalin o anki pozisyonu referans alması sonucu pulsların üst üste binmesi şeklinde gerçekleşir [36, 37]. Bu şekilde doğru sayım sonucu alınamayacağı gibi okunacak genlik değerleri de daima yanlış olacaktır. Buna benzer olarak ilk pulsun temel seviyenin altında kalan bölgesi üzerinde gelecek bir diğer puls, bulunduğu pozisyonu temel seviye olarak alacağından negatif yönde bir üst üste binmeye neden olacaktır. Bu olay da ters üst üste binme olarak adlandırılır.



Şekil 3.7 (a) Üst üste binme önleyici (pile-up rejector) devre şeması ve giriş-çıkış pulsları, **(b)** üst üste binen pulsların görünümü, **(c)** üst üste binme önleyici kullanıldıktan sonra bu pulsların görünümü

Şekil 3.7a’da görüldüğü gibi üst üste binme önleyici, nükleer elektronik sistemde basit bir CR devresi eklenerek gerçekleştirilebilir. Puls azalım süresinin kısalması ile, puls azalımı esnasında gelecek bir diğer pulsun bir önceki puls üzerine binmesi büyük ölçüde önlenecektir. Üst üste binen pulslar (Şekil 3.7b) ve üst üste binme önleyici kullanıldıktan sonraki görüntüleri (Şekil 3.7c) yukarıdaki şekilde verilmiştir.



Şekil 3.8 Temel seviye düzeltici (baseline-restorer) devre şeması ve bu devrenin giriş-çıkış puls şekilleri [35].

Temel seviye düzeltici; ana yükselteç çıkışında temel seviyenin üzerinde olan dijital sinyalleri temel seviyeye getirmek amacıyla ya da ana yükselteç devresi içerisinde temel seviyenin üzerinde olan pulsları temel seviyeye getirmek amacıyla gerçekleştirilir [38].

Şekil 3.8’de görüldüğü gibi, temel seviye düzeltici bir kondansatör ve bir direnç ile gerçekleştirilebilir. Ön-yükselteç çıkışında temel seviyenin üzerinde olan pulslar, CR devresi gibi davranan temel seviye düzeltici aracılığıyla temel seviyeye getirilir. Bu işlem ana yükselteç içerisinde ya da çıkışında gerçekleştirilir. Temel seviye düzeltici devre uygulanmadığında, analiz edilecek genlik değerleri fazla ölçülecektir.

3.1.3 Ana-Yükselteçler (amplifier)

Yükselteçler, ön-yükselteçten gelen genliği artırılmış ve şekillendirilmiş olan pulsların genliklerinin daha artırıldığı, son olarak şekillendirildiği ve analog değerlendirmelerin yapıldığı birimdir. Kullanım amacına göre farklı tiplerde yükselteçler vardır [35, 39]. Bunlar; sadece genliği büyütüp puls süresini kısaltan *doğrusal yükselteçler*, belirli bir eşik (threshold) değerinin üzerindeki pulsların genliğini artıran *beslemeli yükselteçler* ve sinyallerin toplamının tek bir puls olarak verildiği *toplam ya da fark yükselteçleri* şeklinde üç ana başlık altında incelenebilir.

3.1.3.1 Doğrusal Yükselteçler

Voltaja duyarlı ya da bir başka deyişle doğrusal yükselteç, önyükselteçten gelen pulsları daha da büyütür. Büyütme mertebesi birkaç bine çıkabilir. Diğer önemli fonksiyonu ise önyükselteçten gelen kuyruklu pulsları daha kısa doğma zamanlı ve çok daha hızlı azalım zamanı olan çok dar bir puls şekline çevirir.

3.1.3.2 Beslemeli Yükselteçler

Giriş genelde normal bir doğrusal yükselteç çıkışında elde edilen şekillendirilmiş bir doğrusal pulstur. Beslemeli yükselteç belirli bir besleme seviyesinin (treshhold) altında kalan giriş pulsları için hiçbir çıkış üretmez. Bu yükselteçlerin çıkış pulslarının dinamik aralığı besleme seviyesi ile belirli bir maksimum seviye arasındaki giriş pulslarına karşılık gelmektedir.

Sonuçta giriş genliklerinin sınırlı bir aralığı yükseltilecek tüm çıkış aralığına dağılır, böylelikle spektrumun küçük bir bölgesi daha detaylı incelenir.

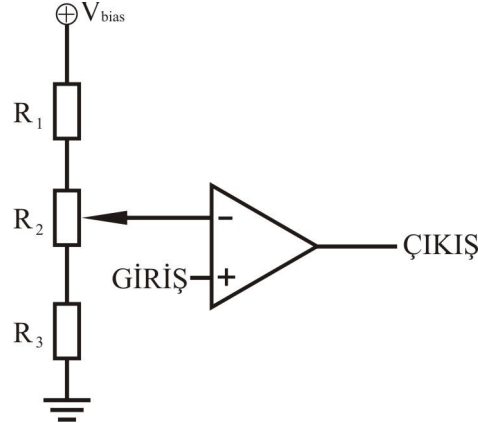
3.1.3.3 Toplam ya da Fark Yükselteçleri

Bazı uygulamalarda birçok detektörün çıkışları toplanarak daha sonraki bir analiz için tek bir puls istenebilir. Toplam yükselteçleri genelde doğrusal yükselteçlerin birçok çıkışını giriş olarak alarak tek bir toplam puls verir. Bu yükselteç toplama öncesinde pulslardan birini ters çevirerek fark yükselteci olarak kullanılabilir.

3.1.4 Eşik (treshhold) Devresi

Bir elektronik sistem çalıştığı anda çıkış sinyali bir osiloskop ekranından izlendiğinde, elektronik sistemin yapısına bağlı olarak içerdiği elemanların ya da çevresel etkilerin yol açtığı gürültü sinyalleri gözlenir. Bu gürültü sinyalleri, tedbiri alınmadığında sistemin güvenilir sonuçlar vermesini engeller. Gürültüyü önlemek için bazı elektronik ve mekanik yöntemler mevcuttur (ekranlama gibi). Bir nükleer sayım sistemi düşünüldüğünde gürültü sinyallerini egale etmenin yanı sıra belli bir enerjiye sahip radyasyonun algılanması da istenilebilir. İşte bu noktada eşik (treshhold) devresi kullanılarak bu ihtiyaçlara çözüm bulunabilir.

Threshold devresi, elektronik sistem içerisinde işleme tabi tutulacak olan sinyalleri ayırt etmek için kullanılır. Bunun için gürültü sinyallerinin ve istenilen radyasyondan düşük enerjili radyasyonların sebep olduğu sinyallerin gerilim değerinden yüksek bir gerilim değerine bir threshhold konulur. Eşik devresi kabaca bir karşılaştırıcı (comparator) ve bir de ayarlı dirençten oluşur. Ayarlı direnç kullanılarak belirlenen gerilim değerinden düşük gelen sinyaller dikkate alınmaz. Böylece hem gürültü sinyallerinden hem de düşük enerjili radyasyonların sebep olduğu sinyallerden arındırılmış bir çıkış sinyali elde edilir.

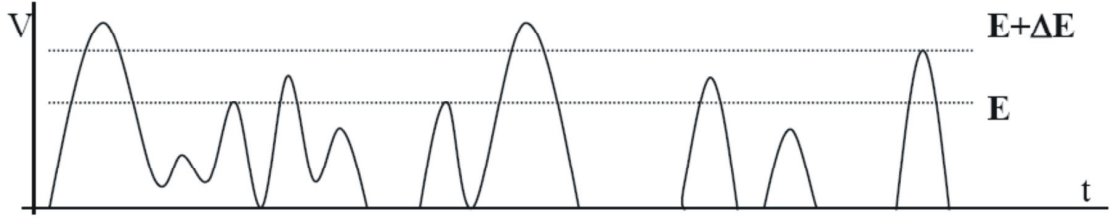


Şekil 3.9 Eşik (Treshold) devresi şematik gösterimi

3.1.5 Tek Kanallı Analizör (Single Channel Analyser-SCA)

Radyasyon, detektör içinde enerjisini bıraktığında, detektör uçlarında oluşacak elektriksel darbe (puls) yüksekliği radyasyon enerjisiyle orantılıdır. Eğer doğrusal bir yükselteç devresi kullanılıyorsa, yükseltecin çıkış uçları arasında meydana gelen puls yükseklikleri de enerji ile orantılı olacaktır. Böylece, yükselteç çıkış uçları arasında oluşan puls yüksekliklerinin analiz edilmesi, detektör içinde bırakılan enerjinin analiz edilmesi anlamına gelir. Sadece belirli bir radyasyon türünün algılanması istendiğinde, yükselteç çıkışına bir pencere detektör devresi eklemek yeterli olur. Bu devrelere tek kanallı analizör (SCA) da denmektedir.

Bu amaçla, iki adet ayırıcı (diskriminatör) kullanılarak, biri enerji aralığının alt sınırını ve diğeri ise enerji üst sınırını belirler. Herhangi bir puls devreye uygulandığında, eğer puls seviyesi bu pencerenin içinde kalıyorsa devre çıkışında lojik (mantıksal) 1 seviyesi görülür. Bu pencerenin altında ve üstünde gelen pulslar dikkate alınmaz. Şekil 3.10'da farklı zaman aralıklarıyla, farklı enerjilerde gelen pulslar ve seçilen E , $E + \Delta E$ seviyeleri görülmektedir. Tek Kanallı Analizör sistemlerinde iki tane fark yükselteci vardır (Op-Amp). Bu fark yükselteçlerinden biri alçak (alt) seviye ayırıcısını (E)(Lower Level Discriminator-LLD) oluşturur ve diğeri ise yüksek seviye ayırıcısını ($E + \Delta E$)(Upper Level Discriminator-ULD) oluşturur. İkisi arasında kalan bölgeyi oluşturmak için ise çakışmazlık kapısı gereklidir. Bunun için üst seviyenin tersi alınarak VE kapısına verilir. Gösterilen E ve $E + \Delta E$ seviyeleri, ΔE genişliğinde bir pencere oluşturulur ve buna da kanal denir. Sistemin hassasiyeti kanal sayısına bağlıdır. Kanal sayısı ne kadar fazla ise genel spektrumdaki maksimum puls seviyesi bu sayıya bölünecek ve her bir kanala düşecek enerji değeri belirlenecektir [7].



Şekil 3.10 Ana yükselteç çıkışındaki pulslar ve seçilen E, E + ΔE seviyeleri [7].

İki ayrı ayırma seviyesi tek kanallı analizör ile gerçekleştirilir ve çıkış mantık pulsu ancak giriş doğrusal pulslarının genliği iki seviye arasında ise oluşturulur. Bu sistemin fonksiyonu bir çıkış pulsunun oluşturulabilmesi için giriş puls genliklerinin içine alınacağı bir pencere ya da genlik bandı seçmesidir. Bazı sistemlerde alçak seviye ayırıcısı (Lower Level Discriminator-LLD) ve yüksek seviye ayırıcı (Upper Level Discriminator-ULD) birbirinden bağımsız olarak ayarlanabilir. Bazılarında ise genlik bandının genişliği sabittir ve seçilen bir alt seviyeden itibaren bu aralık içerisinde gelen sinyalleri ayırt eder.

Uygulamalarda ΔE penceresi, detektörde tüm enerjileri soğurulan olaylara ait pulsların ayırımı yapılacak şekilde ayarlanarak diğerlerinin arasında belirli bir enerjinin algılanması sağlanır. Zamanlama yöntemlerinden bir tanesi analizöre ilave edilerek çıkış mantık pulslarının, olayların gerçek zamanı ile daha iyi uyum içerisinde olması sağlanır.

3.1.6 Çok Kanallı Analizör (Multi Channel Analyser-MCA)

Çok kanallı analizörler adından da anlaşılacağı gibi, kabaca birden fazla tek kanallı analizörün birleştirilmesinden oluşur. Bu tür sistemler birden fazla enerjinin ayırımını bir kerede yapabilen spektrum sistemleridir. Çok kanallı analizörlerin sahip oldukları kanal sayısı elektronik tasarımına göre değişir. Kanal sayısı arttıkça sistemin enerji çözücülüğü (rezolasyon) artar. Böylece gelen radyasyonun enerjisi hakkında daha kesin bilgiler elde edilebilir.

Çok kanallı analizörün çalışma prensibi; belirli bir gerilim aralığını, sahip olduğu kanal sayısına bölmektir. Her bir kanal aralığında kalan gerilim değerine bir enerji değeri tekabül etmektedir. Bir çok kanallı analizörün sahip olduğu kanal sayısı bünyesindeki sayıcı entegrenin kaç bitlik olduğuyla orantılıdır [13, 14, 19]. Sayıcı entegrenin sahip olduğu bit sayısı n ise, çok kanallı analizörün kanal sayısı 2^n ile verilir. Yani 10 bitlik bir analizörün $2^{10}=1024$ kanalı vardır.

3.2 Detektör Sisteminin Dijital Birimleri

Detektör sisteminin analog kısımlarında işlenen radyasyon pulsu yükselteçlerden geçtikten sonra artık dijital bir sinyal haline gelmiştir. Bundan sonra radyasyonla ilgili bilgileri taşıyan bu sinyallerin amaca uygun işlenmesi, sıralanması ve çıktı olarak kullanıcıya iletilmesi gereklidir. Bu aşamada sinyalleri işlemek için dijital birimlere ihtiyaç duyulmaktadır. Dijital bilgileri derlemek amacıyla günümüzde mikroişlemciler ve mikrokontrolörler kullanılmaktadır [15].

Mikroişlemci, ana işlem biriminin fonksiyonlarını tek bir yarı iletken tümleşik devrede birleştiren programlanabilir bir sayısal elektronik bileşendir.

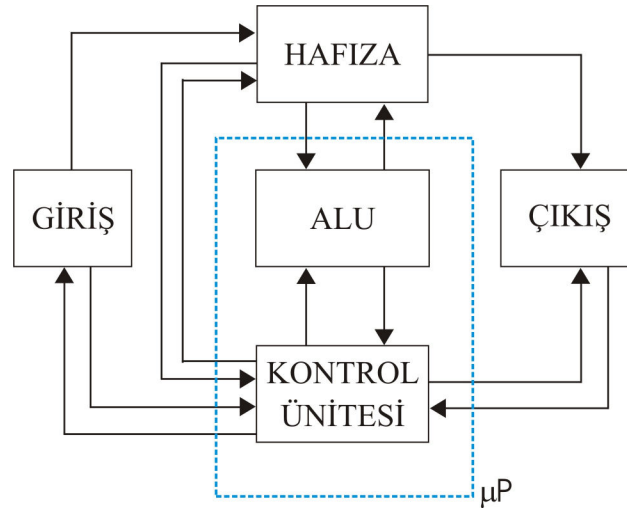
Mikroişlemciler tek başlarına herhangi bir iş yapamazlar. Bunlara bazı çevre birimleri gerekmektedir. Bunlar giriş-çıkış birimleri (I/O), hafıza birimleri (RAM, ROM) ve zamanlayıcılardır (timer). Mikroişlemci üretildiği kılıf içerisinde programların gömüldüğü dahili hafıza birimini ve analog mantık birimini barındırmaktadır.

Bir bilgisayarda bütün işleri yürüten birim Merkezi İşlem Ünitesidir (CPU-Central Processing Unit). Merkezi işlem ünitesinin içinde verilen komutları yorumlayan ve isteğe uygun işaretler üreten bir kontrol ünitesi bulunur. Ayrıca aritmetik ve mantıksal işlemlerin yapıldığı ALU (Arithmetic and Logic Unit) devresi bulunur.

Mikroişlemci ile iletişim kurabilmek için ayrıca giriş çıkış devrelerine ihtiyaç duyulur. Verilen program ve giriş komutları giriş devresi (Input Device) üzerinden mikroişlemciye verilir. Mikroişlemci verilen programa uygun işlemlerini bitirdikten sonra sonucu bir çıkış birimine çıkış devresi (Output Device) üzerinden verir. Mikroişlemci ile birlikte bazı bellek devrelerinin kullanılması gerekir. Öncelikle giriş yapılan programın bir belleğe yazılması gerekir ki; bu işlem için RAM bellekleri kullanılır. Ayrıca CPU'nun çalışmasını düzenleyen monitör programının yazıldığı bir ROM belleği bulunur. Böylece giriş-çıkış ve belleklerin ilavesiyle CPU, mikroişlemci olarak düzenlenmiş olur [40].

Bir mikroşlemcili sistemi meydana getiren temel bileşenlerden mikroşlemci, bellek ve giriş/çıkış birimlerinin, bazı özellikleri kırılarak amaca uygun hale getirilmiş tek bir entegre içerisinde üretilmiş haline mikrodenetleyici (microcontroller) denir. Denetim teknolojisi gerektiren uygulamalarda kullanılmak üzere tasarlanmış olan mikrodenetleyiciler, mikroşlemcilere göre çok daha basit ve ucuzdur.

Bir mikroşlemci görevini yerine getirebilmek için mutlaka, verilerin saklanacağı bellek birimine, dış dünyadan veri alış-verişinin düzenli yapılmasını sağlayan giriş/çıkış birimine ihtiyaç duyar. Bilgisayarlar da birer mikroşlemcili sistemlerdir. Farklı yazılımları çalıştırabilen ve de farklı amaçlara uygun kullanılabilen sistemlerdir.



Şekil 3.11 Mikroişlemcili sistem blok diyagramı [11].

Bilgisayar, bir mikrokontrolör gibi düşünülebilir. Sahip olduğu donanım ile belli miktarda enerji tüketir, belli hızlarda çalışır, belli bir kapasitesi ve gerçekleştirebildiği belirli fonksiyonları vardır. Bu halde bilgisayar işleyeceği bilgileri aldığı giriş ünitelerine ve işlediği bilgileri sunmak için de değişik çıkış birimlerine ihtiyaç duyar. Bir bilgisayarda giriş birimi CD-ROM'lar, disket sürücüler, değişik hafıza birimleri, klavye, amaca uygun farklı bir tuş takımı v.s. olabilir. Çıkış birimi ise monitör, yazıcı, hoparlör v.b. olabilir. Böylelikle bilgisayara girilecek veriler sahip olunan donanım ile işlenecek ve kullanıcıya istenilen şekilde bir çıktı olarak sunulacaktır. İşte mikrokontrolörler de tıpkı bilgisayarlar gibi mikroişlemcili sistemlerdir ve sahip oldukları donanım ile verileri değerlendirir, kendisine yüklenen mantıksal işlemleri yapar ve donanımındaki hafıza birimine kayıt ya da istenilen başka bir çıkış birimi üzerinden çıktı verme işlemlerini gerçekleştirebilir (Şekil 3.11).

Mikrokontrolör denetimli bir radyasyon sayım sisteminde yükselteçlerden gelen dijital sinyaller mikrokontrolörde analiz edilir. Bu sinyaller radyasyonun geliş zamanı ve enerjisi hakkında bilgiler taşımaktadır. Mikrokontrolör bu bilgiler isteğe göre sıralar ve istenilen bölgeye kaydeder. Ya da bir ekran ile sonuçları verebilir ve istenildiğinde bilgisayar ile bağlantı sağlayıp hafızasındaki verileri aktarabilir. Böylece istenilen formatta bir deteksiyon sistemi oluşturulmuş olur.

Bu çalışmada da mikrokontrolörlü bir radyasyon sayım sistemi geliştirilmiştir. Detektörde oluşan pulslar, yükselteçlerde büyütülüp şekillendirildikten sonra dijital kısımda mikrokontrolör denetiminde ve istenilen formatlarda değerlendirilmiş, sıralanmış, kaydedilmiş ve de dijital LCD ekran ile kullanıcıya sunulmuştur.

4. RADYASYON SAYIM SİSTEMİNİN TASARIMI

Bu çalışmada α , β ve γ radyasyonlarını algılayabilen, mikroişlemci destekli bir radyasyon sayım sistemi geliştirilmiştir. Bu sisteme RCS-F1 (Radiation Counting System-F1) adı verilmiştir. RCS-F1, kullanıcıya farklı menü seçenekleri ile radyasyon sayma imkanı sunan bir cihaz olarak yapılmıştır.

Ayrıca bu cihaz; pratik menülü, özellikleri ayarlanabilir ve isteğe bağlı olarak değiştirilebilir, PC bağlantısı sağlanabilir, kullanışlı ve dayanıklı olması düşünülerek tasarlanmıştır. Piyasadaki benzerleri genellikle yurtdışından ithal edildiğinden maliyetleri oldukça yüksektir. Buna ek olarak, dışarıdan alınan sistemleri isteğe bağlı olarak programlamak ya da modifiye etmek mümkün değildir. Bu noktada ihtiyaçları azami oranda karşılayabilecek ve istenildiğinde değişikliklerin yapılabileceği bir sayım sistemi geliştirmek en temel amaçtır.

Sistemin tasarımı ve uygulanması, donanım ve yazılım ana başlıkları altında incelenebilir. Donanım kısmını; elektronik devrelerin tasarımı, uygulaması ve kutulanması oluşturmaktadır. Yazılım kısmında ise cihazın akış diyagramı ve menü işlevleri alt başlıkları bulunmaktadır.

4.1 RCS-F1 Sisteminin Donanımı

RCS-F1 sisteminin donanımı elektronik ve mekanik olmak üzere iki kısımda incelenebilir. Mekanik kısmında cihazın her bir parçasının tasarımı ve uygulanması, elektronik kısmında ise cihazın elektronik katmanlarının tasarım ve uygulaması anlatılmıştır.

4.1.1 Mekanik Tasarım ve Uygulama

Cihaz, temelde aşağıda belirtilen istekleri karşılayacak şekilde tasarlanmıştır.

- Masa tipi olmalı
- Düşük gerilimlerde çalışmalı
- Dayanıklı olmalı
- Kullanımı kolay olmalı
- Bilgisayar ile iletişim kurabilmeli
- Detektör kolayca değiştirilebilmeli
- Gelişmeye müsait olmalı

Buna göre sistem iki ana parçaya bölünmüştür. Bu parçalardan biri detektörün, ön-yükseltecin ve ana-yükseltecin içinde bulunduğu silindir prob, diğeri ise sayımın gerçekleştirildiği MCU'yu, sonuçların kaydedildiği hafıza birimini, sonuçların gösterildiği LCD ekranı ve kullanıcının ayarları yaptığı tuş takımını üzerinde bulunduran cihaz kutusudur. Cihaz kutusu ve prob dayanıklılık, kolay işlenebilirlik ve iletkenlik özelliklerinden dolayı alüminyumdan yapılmıştır.

Prob kısmı iki ana kısımdan oluşmaktadır. İlk kısım elektronik kısmın izolasyonunu gerçekleştiren ve koruyan silindir borudur. Bu kısım birbirine monte edilebilen, dış çapı 4,5 cm, et kalınlığı 3 mm ve uzunlukları 9 cm ile 6 cm olan iki alüminyum silindir borudan oluşmaktadır. İkinci kısım ise bu silindir boruya monte edilebilen, detektörün ve yükselteçlerin elektronik devrelerinin üzerine yerleştirildiği alüminyum şasedir. Prob kısmı Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 RCS-F1 deteksiyon sisteminin prob kısmı.

Şekil 4.1'de görüldüğü gibi silindirin dış kısmı iki parçadan oluşan alüminyum borudur. En arkada ise, ön-yükselteç ve ana-yükselteç katmanlarını üzerinde bulunduran elektronik devrenin monte edildiği alüminyum şase görülmektedir. Alüminyum şasenin iki ucunda bağlantı soketleri bulunmaktadır. Ön kısımda detektör ile bağlantıyı gerçekleştiren dişi BNC soket ve arka kısımda cihaz ile probun bağlantısının sağlandığı 5'li soket bulunmaktadır. Probun bu parçaları bir araya getirildiğinde toplam 16,5 cm uzunluğunda bir silindir boru meydana gelmektedir.

Sistemdeki ikinci kısım mantıksal işlemlerin yapıldığı, istenilen ayarlama ve testlerin gerçekleştirildiği cihaz kısmıdır. Cihaz kısmı, 2 mm kalınlığında alüminyum levhaların birleştirilmesiyle oluşturulmuş 23 cm x 7,4 cm x 15 cm ebatlarında bir kutudur. Cihaz kısmında birçok giriş-çıkış birimleri ve mikrokontrolör elektronik devresi bulunmaktadır.

Şekil 4.2’de görüldüğü gibi alüminyum kutuya bağlantılar yapılarak cihaz oluşturulmuştur. Cihazın iç kısmındaki elektronik devre, kutunun alt yüzüne vidalanarak monte edilmiştir. Cihazın dış bağlantıları ve ayar düğmeleri ise, bu bağlantı soketlerinin ve ayar düğmelerinin ölçülerine göre kutu kesilerek monte edilmiştir. Montaj sonrası kutunun ön ve arka panellerine, üzerlerinde bulundurdıkları bağlantı ve düğmelerin isimleri yazılmıştır. Sonrasında bu bağlantı ve düğmelerin elektronik devre ile bağlantıları kablolu soketler ile sağlanmıştır.



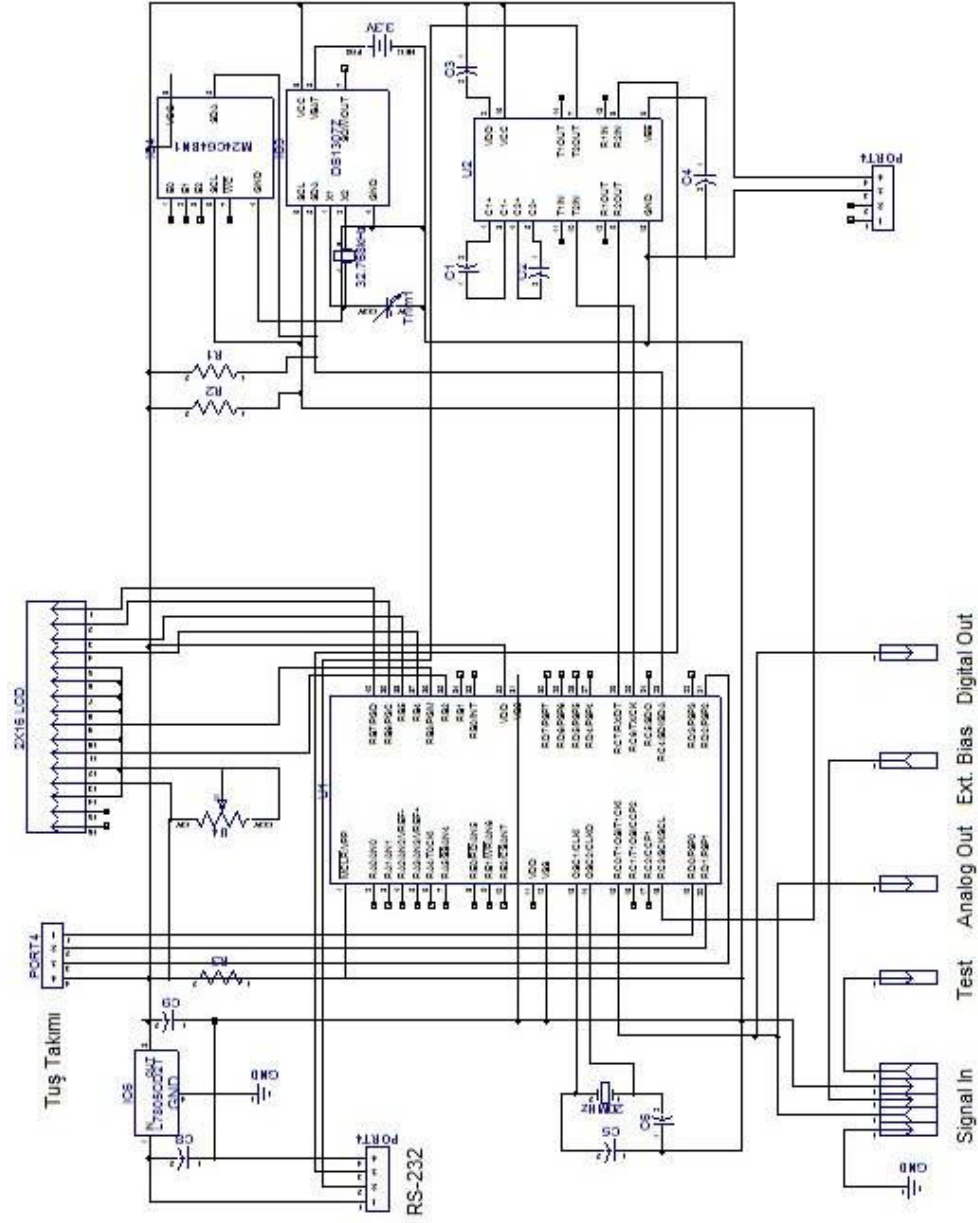
Şekil 4.2 RCS-F1 sisteminin cihaz kısmı

4.1.2 Elektronik Tasarım ve Uygulama

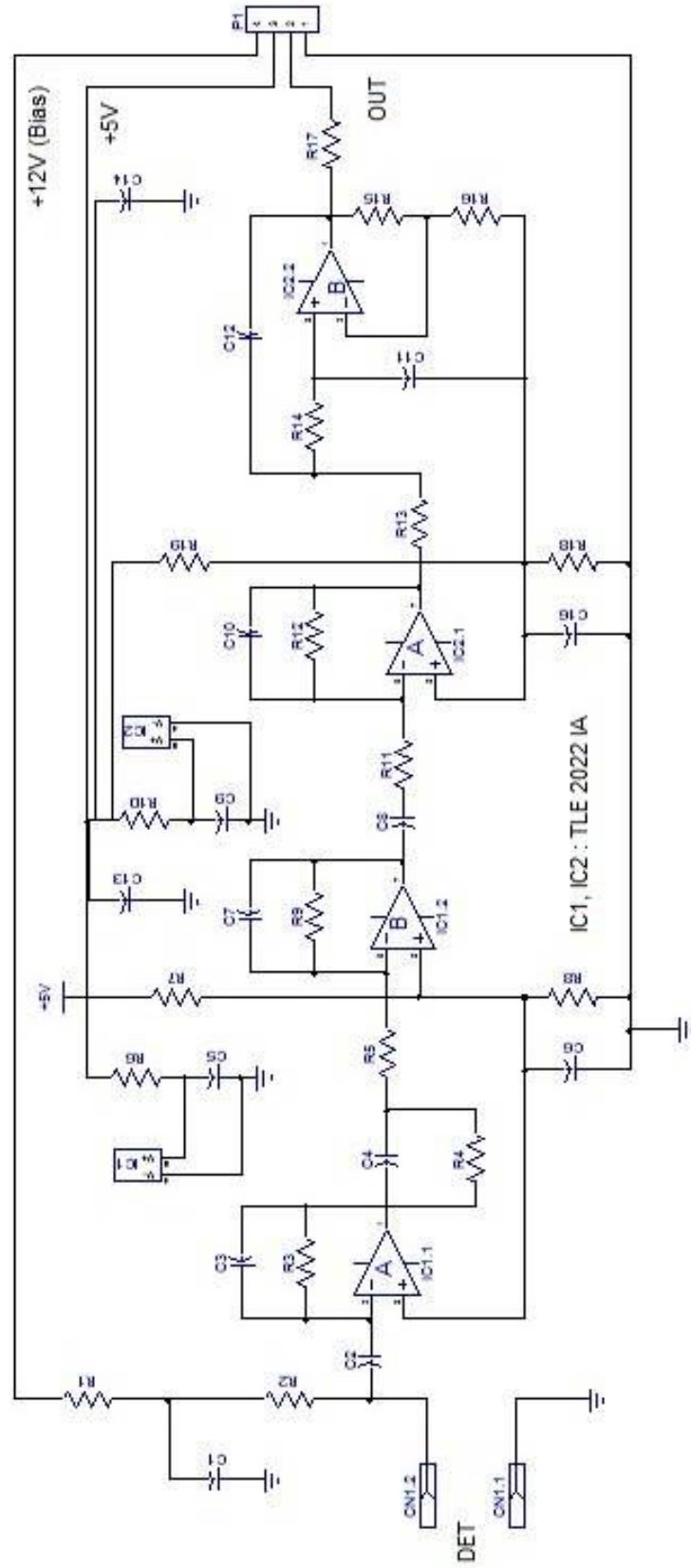
RCS-F1 radyasyon sayım sisteminin elektronik bileşeni üç katmandan oluşmaktadır. Bunlar ön-yükselteç, ana-yükselteç ve sayım-kayıt katmanlarıdır. Ön-yükselteç ve ana-yükselteç katmanları tek bir elektronik devre üzerinde tasarlanarak yükselteç devresi oluşturulmuştur. Oluşturulan bu yükselteç devresi şekil 4.1’de görüldüğü gibi detektörün bulunduğu prob içerisindeki şaseye monte edilmiştir. Ön-yükselteç ile detektör arasındaki bağlantı kablosunu olabildiğince kısa tutmak elektronik gürültüyü azaltacağından dolayı, yükselteç devresi prob içine yerleştirilmiştir. Sayım-kayıt katmanını içeren elektronik devre ise alüminyum kutu içine şekil 4.2’de görüldüğü gibi yerleştirilmiştir.

Elektronik katmanların tasarımı Dip-Trace elektronik tasarım programında gerçekleştirilmiştir. Hem devre şemaları, hem de devre elemanlarının yerlerinin ve bağlantılarının bulunduğu devre çizimleri bu programda yapılmıştır.

Şekil 4.3'te sayım-kayıt devresinin şematik gösterimi verilmiştir. Şekil 4.4'te ise ön-yükselteç ve ana-yükselteç katmanlarının şematik gösterimi verilmiştir. Şekil 4.3'te bütün giriş-çıkışlar ve bağlantılar gösterilmiştir. Şekildeki U1 bloğu, PIC18F452 mikrokontrolör entegre devresidir. Bu entegre devrede sayım, kayıt, çevre birimlerle iletişim, tuş takımı kontrolü ve



Şekil 4.3 Sayım-kayıt devresi şematik gösterimi.

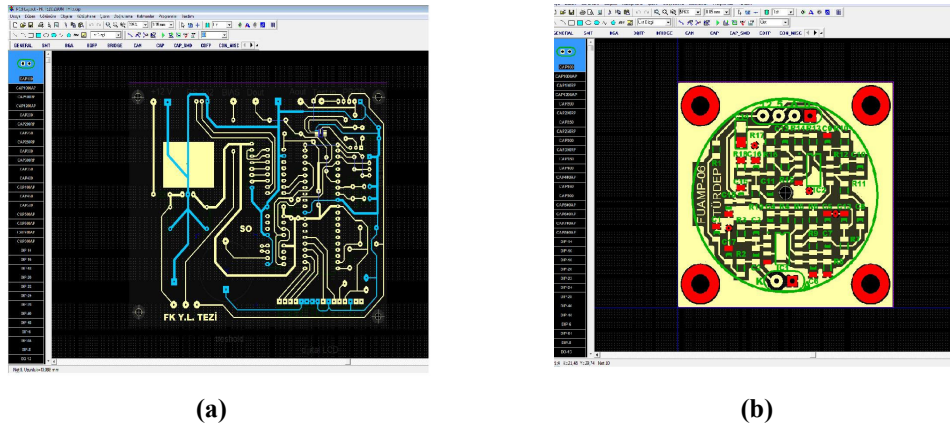


Şekil 4.4 Ön-yükselteç, ana-yükselteç devresi şematik gösterimi.

LCD ekran yönetimi işlemlerini gerçekleştirmektedir. Şekilde IC4 bloğu, 24C256 hafıza (memory) entegre devresidir ve mikrokontrolör denetiminde kayıt işlemlerinin gerçekleştirildiği birimdir. Şekildeki IC3 bloğu, DS1307 zamanlayıcı entegre devresidir. Bu entegre cihazın bütün birimlerinin eşzamanlı çalışabilmeleri için gerekli olan zaman sinyallerini üretir. Şekildeki U2 bloğu ise, sistemin RS-232 port aracılığıyla PC ile iletişimini sağlayan MAX232 entegre devresidir. Son olarak IC6 bloğu, cihaza gelen gerilimi sabit 5 V olarak belirleyen L7805 regülatör entegresidir.

Şekil 4.4'te görüldüğü üzere en solda detektör girişi ve en sağda ise giriş ve çıkışların bulunduğu 4'lü soket bulunmaktadır. Bu 4'lü soket ile; detektörün +12 V bias gerilimi girişi, op-amp'ların referans gerilimleri için +5 V girişi, (-) eksi kutup girişi ve sinyal çıkışı sağlanmaktadır. Ön-yükselteç ve ana-yükselteç katmanlarında ikişer adet op-amp bulunmaktadır. Bu devrede aynı kılıf içerisinde iki adet op-amp bulunduran TLE2022AI entegreleri kullanılmıştır. Şemada görüldüğü gibi detektör çıkışındaki ilk op-amp yük duyarlı eviren bir ön-yükselteçtir. İkinci op-amp a geçiş yapılırken CR puls şekillendirmesi ve bir direnç ile sıfır kutup düzeltilmesi yapılmıştır. Daha sonra ikinci op-amp yine eviren bir yükselteç olarak kullanılmıştır. İkinci op-amp çıkışında yine CR türev devresi ile sinyallerin üst-üste binmesi önlenmiş ve ardından üçüncü op-amp ile tekrar eviren yükseltme gerçekleştirilmiştir. Son yükselteçte ise evirmeyen yükseltme işlemi gerçekleştirilerek sinyal çıkışa yönlendirilmiştir. Yükseltme süreci böylece tamamlanmıştır.

Şekil 4.5'te Dip-Trace programının bir alt yazılımı olan ve plaket tasarımının gerçekleştirildiği PCB Layout programında, yükselteç ve sayım-kayıt devrelerinin tasarım ekranları görülmektedir. Şekil 4.5.a'da sayım-kayıt devresi görülmektedir. Sayım-kayıt devresi şekilde de görüldüğü gibi delikli montaj ile devre elemanlarını yerleştirmek üzere tasarlanmıştır.



Şekil 4.5 (a) Sayım-kayıt devresi ve (b) yükselteç devresinin PCB Layout programında tasarımı.

Sayım-kayıt devresi 10x12 cm ebatlarında tasarlanmıştır ve elektronik devre üzerinde bağlantıları ve devre elemanlarını yerleştirmek üzere toplam 187 delik bulundurmaktadır.

Şekil 4.5.b’de ise yükselteç devresi görülmektedir. Yükselteç devresinin prob içerisine sığdırılması gerektiğinden dolayı devre elemanlarının montajı, yüzey montaj metodu ile gerçekleştirmek üzere tasarlanmıştır. Yükselteç devresi 3,5x3,5 cm ebatlarında tasarlanmıştır ve bağlantıları gerçekleştirmek üzere toplam 14 delik ile devre elemanlarını yerleştirmek üzere toplam 90 ped bulundurmaktadır.

Delikli montaj için kullanılan devre elemanları hacim olarak büyük yer kaplamaktadır. Ayrıca elektronik devre üzerinde birçok delik delmeyi gerektirmektedir. Bu nedenle büyük yüzey alanına sahip elektronik devreler oluşturabilirler. Yüzey montajı için kullanılan devre elemanları ise çok küçük hacimlere sahiptirler. Bu montaj şeklinde daha fazla teçhizat gereklidir ve küçük ebatlarda çalışıldığından dolayı tasarım ve montaj aşamaları delikli montaja oranla oldukça zordur.

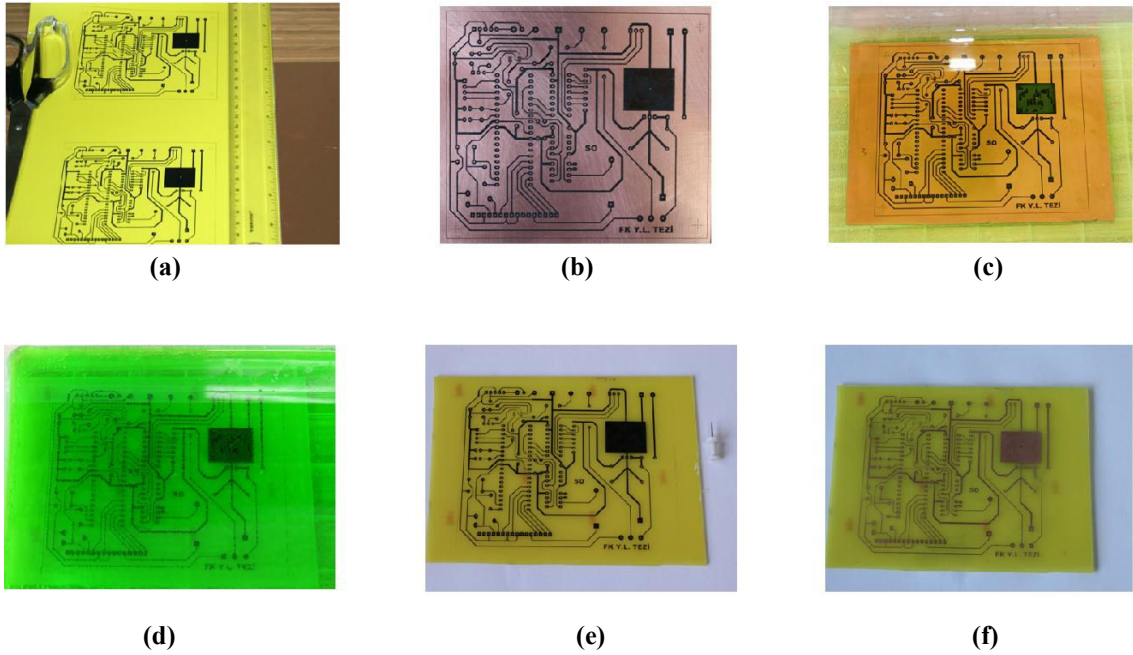
Elektronik sistem bilgisayar ortamında tasarlandıktan sonra elektronik devrenin plaketine bu tasarımı aktarmak gerekir. Bu aktarım işlemi baskılı devre metodu ile gerçekleştirilir. Baskılı devre metodunda devre tasarımı öncelikle bakır plaket üzerine aktarılır. Daha sonra plaket, asit çözeltisine bırakılarak çizilen yollar dışında kalan bakır alanların çözünmesi sağlanır. Böylece çizilen şekil, bakır plaket üzerine aktarılmış olur.

Baskılı devre metodunda ilk olarak bakır plaket istenilen ölçüde kesilerek temizlenir. Buradaki bakır plaket, 1.4 mm kalınlığındaki plastik tabakanın 0,2 mm kalınlığında bakır ile kaplanmasından elde edilmiştir. Daha sonra bilgisayarda gerçekleştirilen tasarımın çizimi transfer kağıdı, serigrafi baskı, el ile çizim v.b. yöntemlerden biri aracılığı ile bakır plaket üzerine aktarılır. Bu çalışmada transfer kağıdı kullanılmıştır. Şekil 4.6a’da görüldüğü gibi tasarımın çıktısı transfer kağıdı üzerine alınır. Sonrasında transfer kağıdı düzgün bir şekilde bakır plaket üzerine yerleştirilerek ısıtılır. Bu sayede transfer kağıdı yüzeyindeki yazıcı toneri, bakır plaket üzerine geçmiş olur.

Bakır plaket daha sonra asit banyosuna konulur (şekil 4.6c). Asit banyosunda %20’lik hidrojen peroksit ve %5’lik sodyum hidroksit karışımından elde edilen asit çözeltisi bulunmaktadır. Asit banyosunda bakır bölgeler çözünerek, plastik tabaka üzerinde sadece çizimi yapılan şekil kalır (şekil 4.6e). Bu yüzey aseton ile temizlendiğinde ise tasarlanan devrenin bakır yolları ortaya çıkar (şekil 4.6f). Bu haliyle plaket, üzerine devre elemanlarının yerleştirilmesine hazır hale gelmiştir.

Elektronik devrelerin üzerinde çapları 0,3 mm ile 3 mm arasında değişen delikler bulunmaktadır. Bu amaçla kullanılan özel mini matkaplar ile bu delikler delindikten sonra devre elemanları yerleştirilir. Bu çalışmada sayım-kayıt devresi delikli montaj şeklinde tasarlanmıştır ve lehimlenerek bütün elemanlarının montajları gerçekleştirilmiştir. Ykset devresi ise yüzey montaj olarak tasarlanmıştır ve devre elemanları sıvı lehim metodu ile yerleştirilmiştir.

Bütün devre elemanları ve bağlantı soketlerinin montajı gerçekleştirildikten sonra elektronik devrelerin testleri başarıyla tamamlanmıştır. Testler sonucunda ykset devresinin veriminin oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Sayım-kayıt devresi ise sorunsuz bir şekilde çalışmaktadır. Sonraki adımda ise cihazın çalışma şeklini anlatan akış diyagramı çizilmiş ve buna uygun yazılım hazırlanmıştır.



şekil 4.6 Baskılı devre metodunun aşamaları. **(a)** Transfer kağına çıktı alınması, **(b)** tasarımın bakır plakaya aktarılması, **(c)** bakır plaketin asit banyosuna bırakılması, **(d)** bakır alanların asitte çözülmesi, **(e)** plaketin asit banyosundan çıkarılması, **(f)** tasarımda çizilen bakır yolların plaket üzerindeki görünümü.

4.2 RCS-F1 Cihazının Menü Özellikleri ve Akış Diyagramı

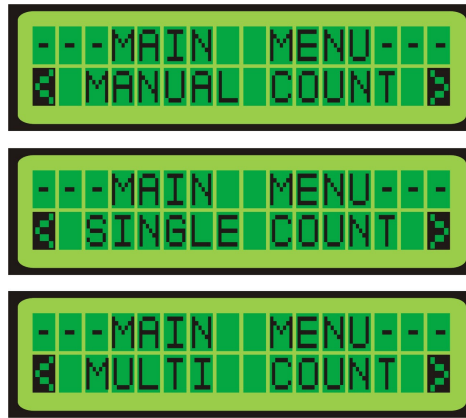
Bu cihaz yarıiletken detektör, yük duyarlı ön-yükselteç, puls şekillendiriciler, ana-yükselteç ve mikrokontrolör katmanlarından oluşan bir sayım sistemidir. Bu sistem ile manüel olarak basit sayım, zaman aralığı değiştirilebilen tekli sayım ya da zaman aralığı ve örnekleme sayısı ayarlanabilen ardışık çoklu sayımlar gerçekleştirilebilir. Bu kısımda oluşturulan RCS-F1 cihazının çalışma şekli, akış diyagramıyla birlikte detaylı olarak anlatılacaktır.

4.2.1 Ana Menü

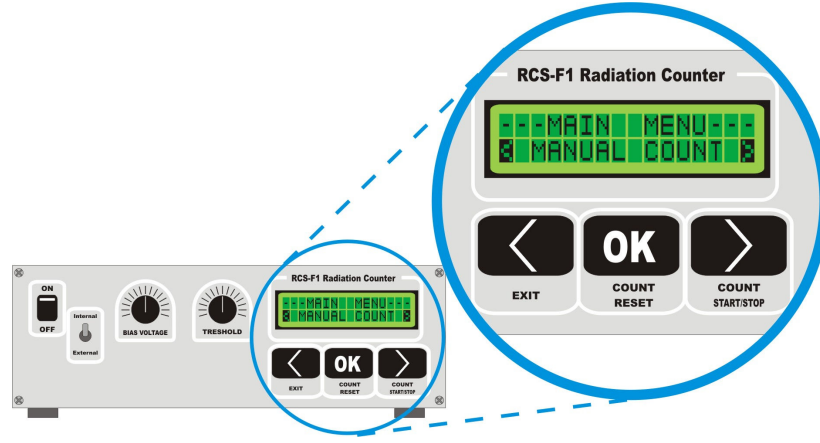
Sistem “ON” tuşuna basıldığında otomatik olarak kendini denetler ve sorunsuz ise dijital LCD ekranda Main Menu (ana menü) görünür. Bu ana menüde üç alt menü bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla,

- Manual Counting (manüel sayım)
- Single Counting (tekli sayım)
- Multi Counting (çoklu sayım)

Bu menünün dijital ekrandan alınan görüntüsü şekil 4.7’de gösterilmiştir. Bu menü ekranın hemen altındaki üçlü buton seti ile yönetilir. Bu butonlar seçim yapılan menülerde işlem yaparken sırasıyla < (sol yöne ilerleme), **OK** (onaylama) ve > (sağ yöne ilerleme) şeklinde çalışır. Sayım ekranı geldiğinde ise sırasıyla **Exit** (çıkış), **Reset** (ekranı sıfırlama) ve **Start/Stop** (sayımı başlat/bitir) işlevlerini gerçekleştirirler. Tuş takımının cihaz üzerindeki görüntüsü şekil 4.8’de gösterilmiştir.



Şekil 4.7 LCD ekranda ana menü seçeneklerinin görünümü



Şekil 4.8 Tuş Takımı ve dijital LCD ekranın cihaz üzerindeki görüntüsü

4.2.2 Manüel Sayım (Manual Counting)

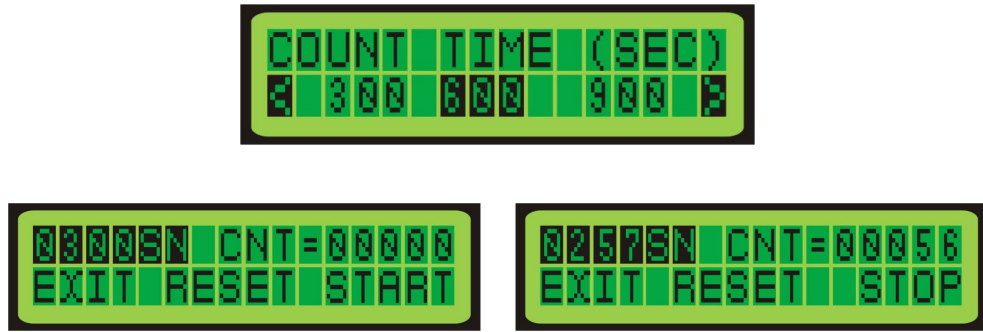
Menüden bu kısım seçildiğinde cihaz, sayım başlangıcı ve bitişi için tamamıyla kullanıcıya bağlıdır. Bu seçenekte sistem ekranının ilk satırında zaman sayacı ve sayım sonucu, alt satırda ise tuş takımının fonksiyonları sırasıyla yazılmaktadır (Exit, Reset, Start). Bu halde “start” butonuna basıldığında cihaz sayım yapmaya başlayacaktır. Sayım, ekranın ilk satırının sağ tarafında anlık olarak görülebilmektedir. Ekranın ilk satırının sol tarafında ise sayım başladığı andan itibaren saniye sayacı çalışır. Ekranın alt satırının sonundaki “start” yazısı ise sayım başladığı anda “stop” olarak değişir. İstenilen zamanda sayım sonucunu kaydetmek için sistemin durdurulması istenirse “stop” butonuna basmak yeterli olacaktır. “stop” butonuna basıldığında ekrandaki sayım sonucu hemen hafızaya kaydedilir ve ekran 5 saniye boyunca bu şekilde sabit kalır. Bu 5 saniye içerisinde reset butonuna basılmazsa cihaz otomatik olarak kendini sıfırlayarak yeni bir sayım için kullanıcının talimatını bekleyecektir. Sayım esnasında “exit” butonuna basıldığında cihaz kayıt yapmadan Main Menu’ye geçer. Sayım esnasında “reset” butonuna basılırsa cihaz kayıt yapmadan ekranı sıfırlar ve yine kullanıcının talimatını bekler. Bu alt menünün sayım öncesi ve sayım esnasındaki ekran görüntüsü Şekil 4.9’da verilmiştir. Bu modda cihaz en fazla 9999 saniyelik zaman diliminde ve en fazla 65535 sayım yapabilecek şekilde çalışabilir.



Şekil 4.9 (a) Cihaz sayım yapmaya hazırlarken, (b) cihaz sayım yaparken ekran görüntüleri

4.2.3 Tekli Sayım (Single Counting)

Main Menu'den bu alt menü seçildiğinde ekranda count time (sayım süresi) alt menüsü görülür. Bu menüden aşağıda belirtilen zaman dilimi seçeneklerinden biri seçildiğinde ekran yine bir önceki bölümde anlatılan sayım moduna geçer. Buradaki sayım modunun bir önceki sayım modundan tek farkı zaman sayacının, belirlenen zaman diliminden başlayarak geriye doğru saymasıdır. Bu sayım modunun zaman aralığı seçim menüsünün ve sayım menüsünün görüntüsü Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.10 Sayım süresi seçim menüsü ve single count modunda sayım ekranı görüntüsü

Bu sayım modunda sayım esnasında “exit” butonuna basıldığında sistem Main Menu’ye geçer. Reset butonuna basıldığında zaman aralığı seçim menüsüne gidilir. “stop” butonuna basıldığında ise sistem beklemeye geçer ve tekrar “start” butonuna basıldığında sayıma kaldığı yerden devam eder. Hiçbir butona basılmazsa belirlenen süre sonunda sayım durur ve sonuç hafızaya kaydedilir. Ekranda en son sonuç kalır ve kullanıcının talimatı beklenir. Kullanıcı “exit” butonuna basarsa Main Menu’ye gidilir, “reset” butonuna basarsa ekran temizlenir ve kullanıcı beklenir, “start” butonuna basıldığında ise ekran sayaçları sıfırlanıp sayım tekrar aynı sayım modunda sayım yapmaya başlar.

Bu sayım modunda seçilebilecek zaman aralıkları aşağıda verilmiştir.

- 10 sn
- 30 sn
- 60 sn (1 dk)
- 300 sn (5 dk)
- 600 sn (10 dk)
- 900 sn (15 dk)
- 1800 sn (30 dk)
- 3600 sn (60 dk, 1 saat)

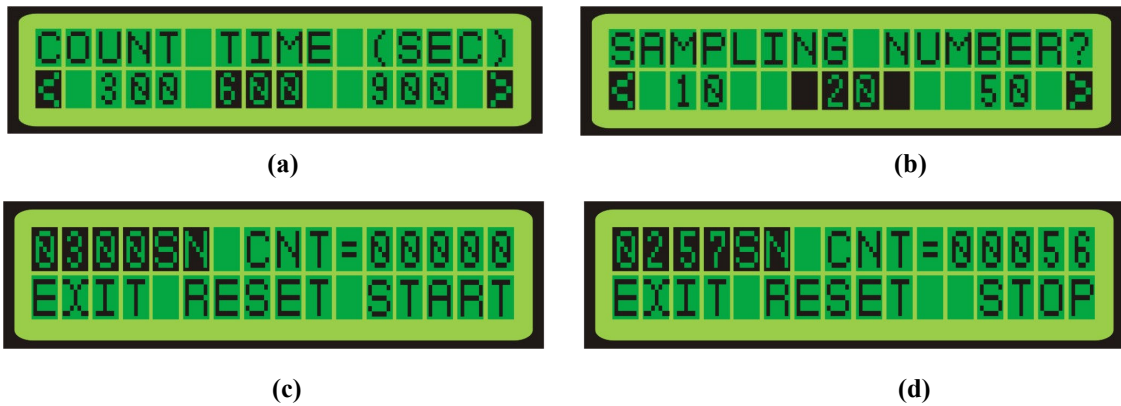
4.2.4 Çoklu Sayım (Multi Counting)

Bu seçenekte cihazın belirlenen zaman aralıklarında ardışık sayımlar yapması sağlanabilir. Ana menüden bu alt menüye girildiğinde ekrana bir önceki modda olduğu gibi count time (sayım süresi) alt menüsü gelir. Buradan sayım süresi belirlendikten sonra ekrana sampling number (örnekleme sayısı) alt menüsü gelir. Bu alt menüdeki örnekleme sayılarından biri seçildikten sonra, ekrana bir önceki modda anlatılan sayım ekranı gelir. Bu ekranda yine zaman sayacı belirlenen süreden geriye doğru sayar, radyasyon sayacı ise normal sayım işlemine devam eder.

Bu sayım modunda kullanılabilecek zaman dilimi seçenekleri bir önceki sayım modunda verildiği gibidir. Örnekleme sayısı seçenekleri ise aşağıda verildiği gibidir.

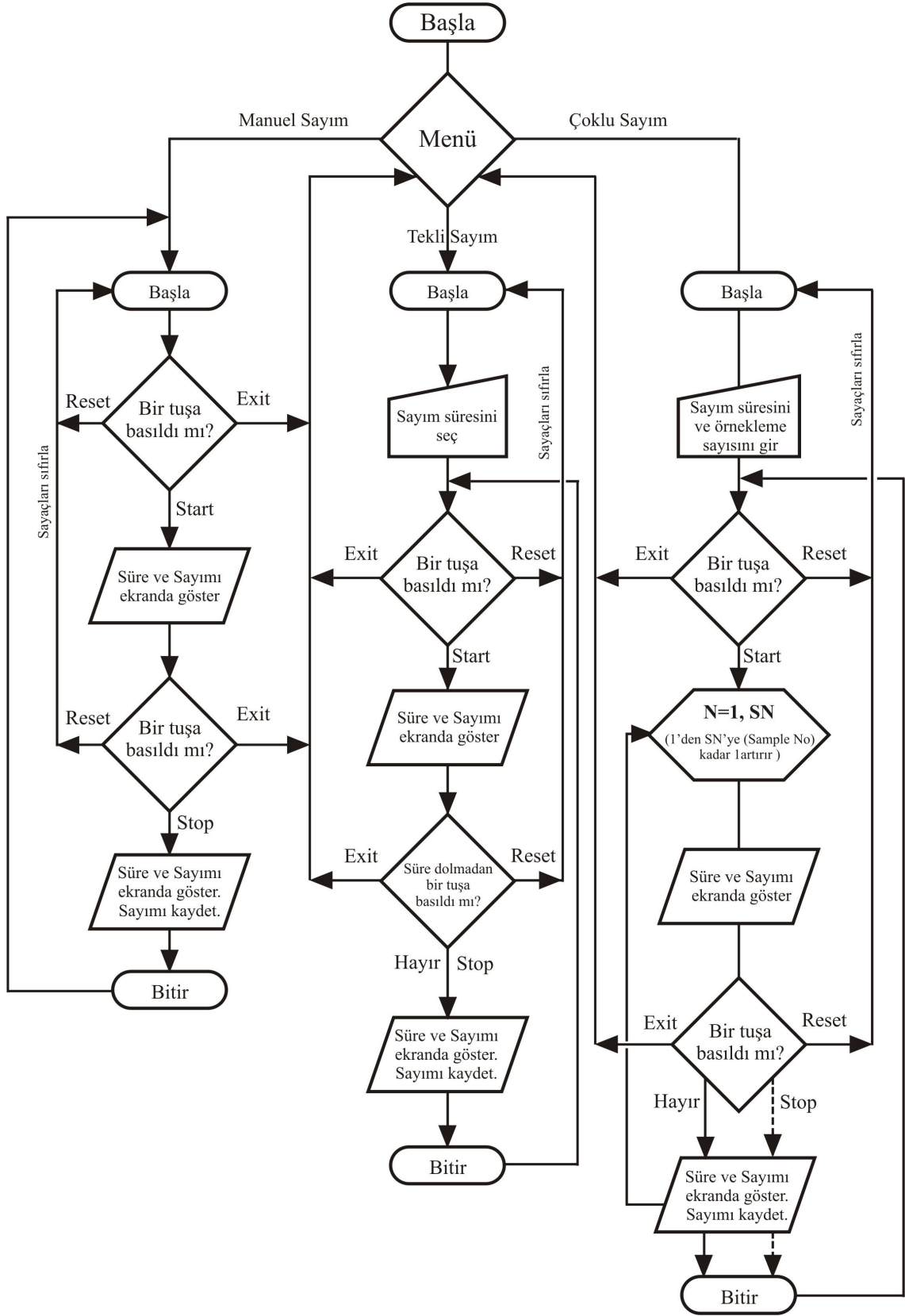
- 5 örnekleme
- 10 örnekleme
- 20 örnekleme
- 50 örnekleme
- 100 örnekleme

Cihaz bu modda çalıştırılırken karşılaşılabilecek menü ve ekran görüntüleri Şekil 4.11’de verilmiştir.



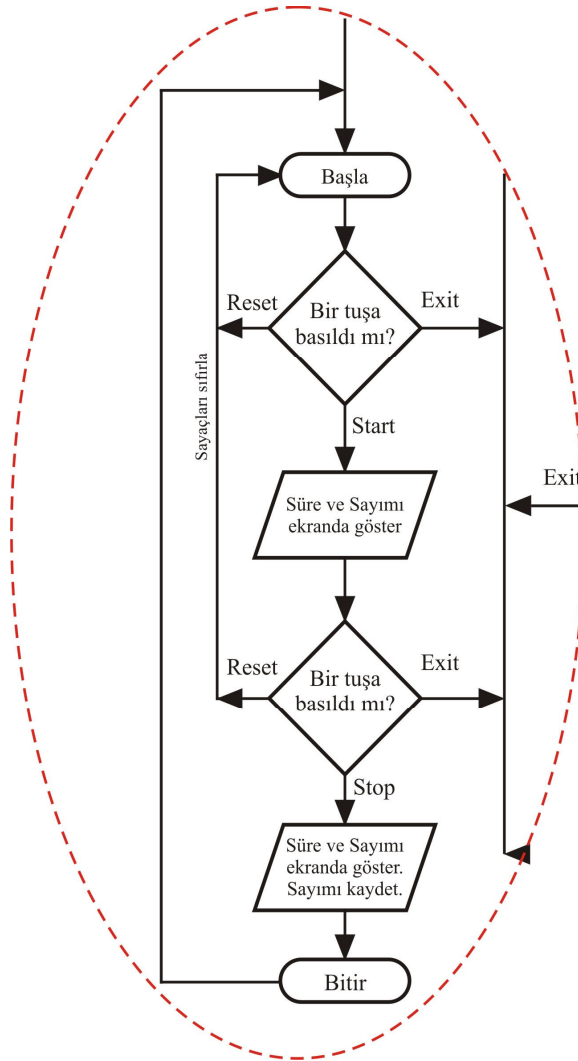
Şekil 4.11 (a) Multi count menüsü seçildiğinde ilk ekran count time (sayım süresi) alt menüsü, (b) ikinci alt menü olan sampling number (örnekleme sayısı), (c) sayıma başlamadan önceki sayım ekranı, (d) cihaz sayım yaparken görülen sayım ekranı.

Şekil 4.12’de verilen akış diyagramı ile cihazın gerçekleştireceği bütün mantıksal işlemler gösterilmiştir. Akış diyagramı üç ana bloktan oluşmaktadır. Bu bloklar, cihazın sayım modlarındaki çalışma şekillerini izah etmektedir. Şimdi bu üç ana bloğun akış şemasını inceleyelim.



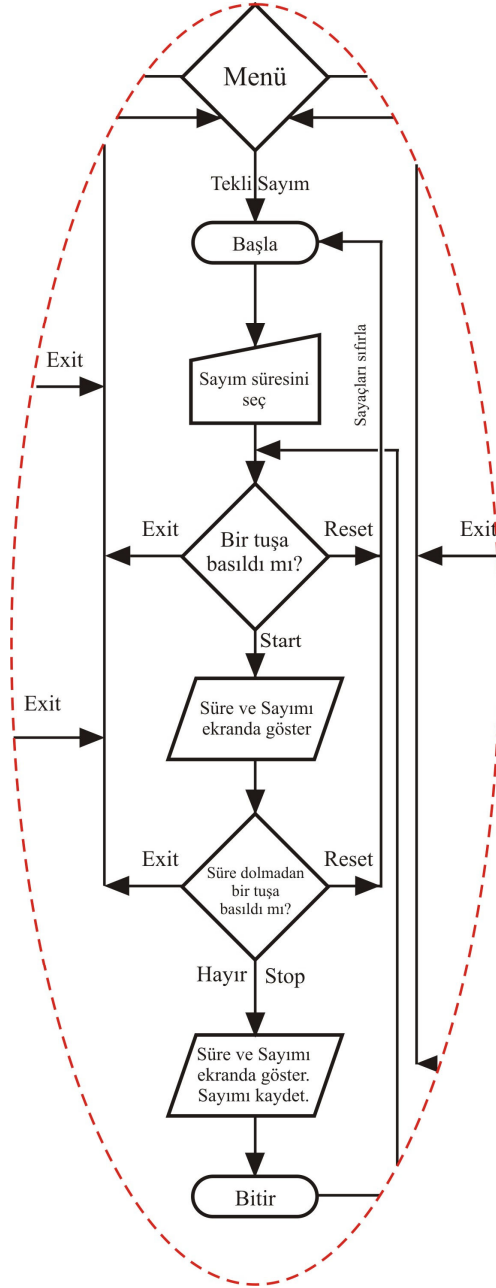
Şekil 4.12 RCS-F1 cihazının akış diyagramı

Şekil 4.13’de akış diyagramının ilk bloğu olan manüel sayım modunun cihaz içerisindeki mantıksal döngüsü verilmiştir. Şekil 4.14’te tekli sayım menüsünün akış diyagramı verilmiştir. Ana menüden manüel sayım alt menüsüne giriş yapıldığında, öncelikle sistem kullanıcının herhangi bir tuşa basıp basmadığını sorgulayacaktır. Basılan tuş “exit” ise sistem ana menüye dönecektir. “reset” tuşuna basılmış ise sistem o anda ekrandaki sayaçlarını sıfırlayarak bu sayım modunun başlangıcına dönecektir. Eğer “start” tuşuna basılmış ise sistem sayım yapmaya başlayacak ve saydığı değerler ile geçen süreyi ekranda anlık verecektir. Sayım halinde sistem sürekli olarak bir tuşa basılıp basılmadığını sorgulayacaktır. Burada sistem dışarıdan durdurulmadığı takdirde sayabileceği maksimum değer olan 65535 değerinde, ya da sayım yapabileceği maksimum süre olan 9999 saniyeye ulaşıldığında kendiliğinden duracaktır.



Şekil 4.13 Akış diyagramının manüel sayım bloğu.

Sayım halinde iken “exit” tuşuna basıldığında yine kayıt yapmadan ana menüye gidecektir. "reset" tuşuna basılırsa kayıt yapılmaksızın ekrandaki bütün sayaçlar sıfırlanarak yine bu sayım modunun başlangıcına gidilecektir. Eğer “stop” tuşuna basılmış ise sistem sayımı durdurur ve ekrandaki süre ve sayım değerlerini hafızasına kaydeder. Daha sonra bu sayım modunun başlangıcına giderek tekrar kullanıcının talimatını bekler.



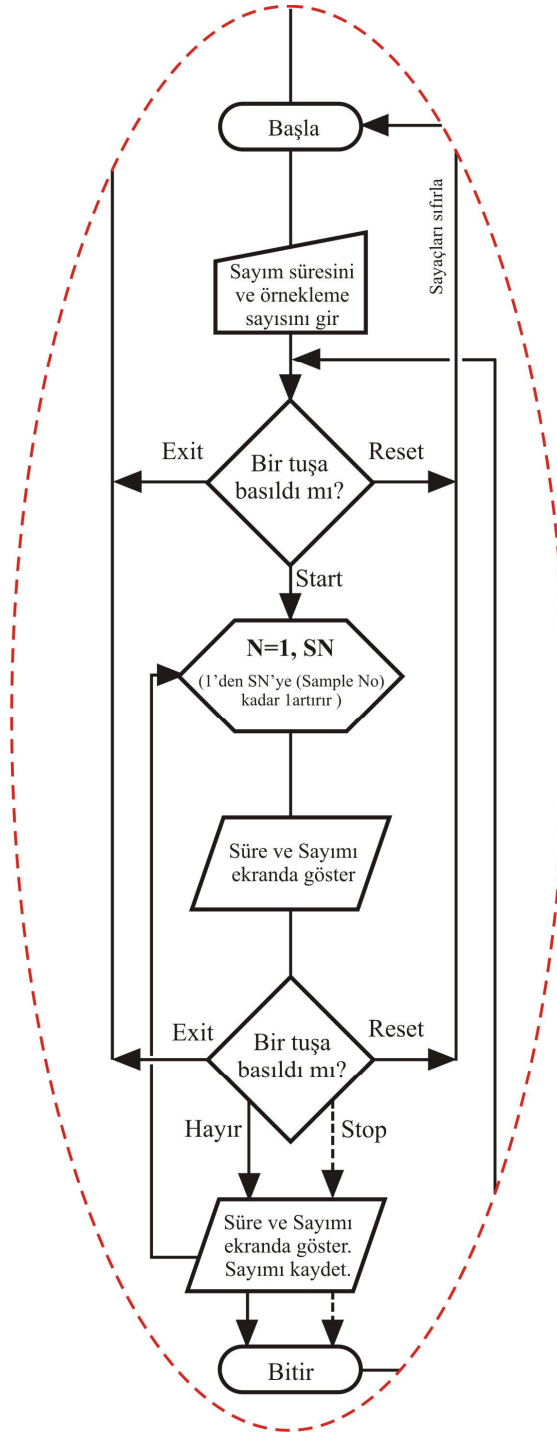
Şekil 4.14 Akış diyagramının tekli sayım bloğu

Şekil 4.14'te tekli sayım menüsünün akış diyagramı verilmiştir. Ana menüden bu seçenек tercih edildiğinde sistem kullanıcıya, tekli sayımın ne kadar süre içerisinde gerçekleştirileceğinin belirleneceğі sayım süresi alt menüsünü sunar. Bu alt menüden istenilen zaman aralığı seçeneğі belirlendikten, sonra sistem tekrar manüel sayımda olduğu gibi sayım ekranına geçerek kullanıcının bir tuşa basmasını sorgular. Basılan tuş “exit” ise ana menüye, “reset” ise zaman aralığı seçim alt menüsüne gidilir, “start” tuşuna basıldığında ise sayım başlar. Sayım başladıktan sonra “exit” veya “reset” tuşlarına basıldığında yukarıda anlatıldığı gibi kayıt yapılmadan sayımdan çıkılır. “pause” tuşuna basıldığında ise sayım kullanıcıya bağılı olarak durdurulur. Sistem tekrar tuşa basılıp basılmadığını sorgular. Sayım başladıktan sonra herhangi bir tuşa basılmamış ise, sistem belirlenen süre tamamlandıktan sonra ekranda görülen sayım sonucunu uygun format ile hafızasına aktaracaktır. Böylelikle sayım tamamlanmış olur ve tekrar kullanıcının talimatı beklenir.

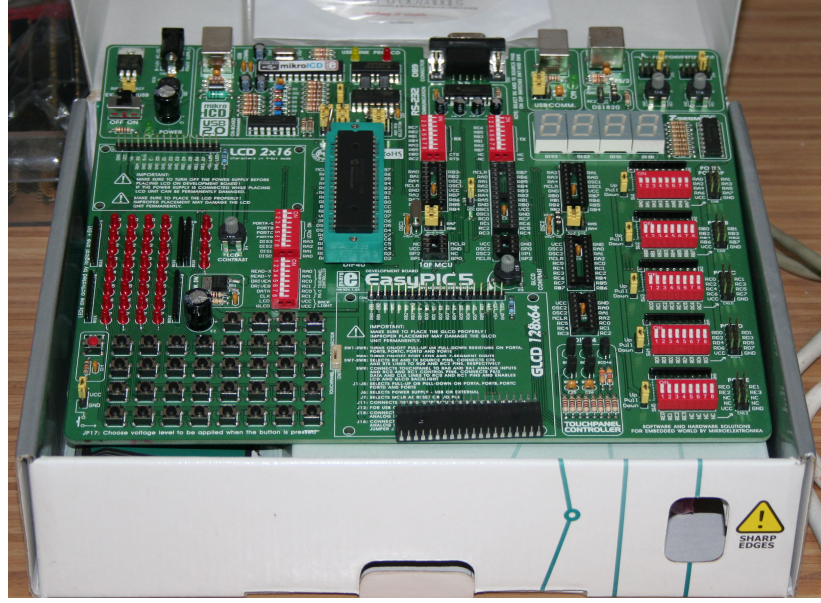
Şekil 4.15'te ise çoklu sayım menüsünün akış diyagramı gösterilmiştir. Bu menüde de bir önceki sayım modunda anlatılan zaman seçim alt menüsü ve sayım ekranları bulunmaktadır. Bu menü seçeneğinde zaman seçimi gerçekleştirildikten sonra örnekleme sayısının belirlendiğі alt menü ekranda görülür. Bu menüde aslında sayım döngü sayısı belirlenmektedir. Şekilden de görüleceğі üzere döngü sayısı (SN-Sampling Number) kullanıcı tarafından belirlenmiş bir döngü bulunmaktadır. Bu döngü esnasında sistem yine tuşlara basılıp basılmadığını sürekli sorgulayacaktır. “exit” ya da “reset” tuşlarına basıldığında daha önce anlatılan işlemler gerçekleşir. “pause” tuşuna basıldığında ise sistem duracak ve kullanıcının talimatını bekleyecektir. Herhangi bir butona basılmaz ve sayımın belirlenen sürelerde belirlenen örnekleme sayısında sayım gerçekleştirilmesi beklenirse, sistem ekrana örneklemelerin ortalama sonucunu yansıtacaktır. Sayım değerleri ise hafızaya belirlenmiş formatta kaydedilecektir. Bu işlemler tamamlandıktan sonra sistem yine kullanıcı talimatını bekleme haline geçecektir.

4.2.5 Mikrokontrolörün Programlanması

Yukarıda anlatılan işlemler dizisini gerçekleştirmek üzere bu çalışmada kullanılacak olan PIC18F452 mikrokontrolörün programlanması gerekmektedir. Mikrokontrolörlerin programlanması için piyasada satılmakta olan programlama ve test setleri bulunmaktadır. Bu çalışmada mikrokontrolörün programlanmasında mikroelektronika firmasının ürettiğі EasyPic5 programlama ve test sistemi kullanılmıştır (Şekil 4.16). Tamamlanan sistemin görüntüsü ise Şekil 4.17'de verilmiştir.



Şekil 4.15 Akış diyagramının çoklu sayım bloğu



Şekil 4.16 EasyPic5 programlama ve test sistemi

Mikroişlemci ve mikrokontrolörlerin programlamasında C⁺⁺, C[#] ve microC gibi yazılımlar kullanılmaktadır. Bu çalışmada mikroC yazılımı kullanılarak programla işlemi gerçekleştirilmiştir. EasyPic5 aracılığı ile mikroC'de yazılan program mikrokontrolöre yüklenir ve burada mikrokontrolörün doğru çalışıp çalışmadığı ya da programın doğru yazılıp yazılmadığı test edilir. Bu test sisteminde, mikrokontrolörün her bir portu (byte) ya da her bir pini (bit) sistemin üzerindeki ledler ve butonlar ile ayrı ayrı test edilebilmektedir.



Şekil 4.17 RCS-F1 cihazının sayıma hazır tamamlanmış görünümü.

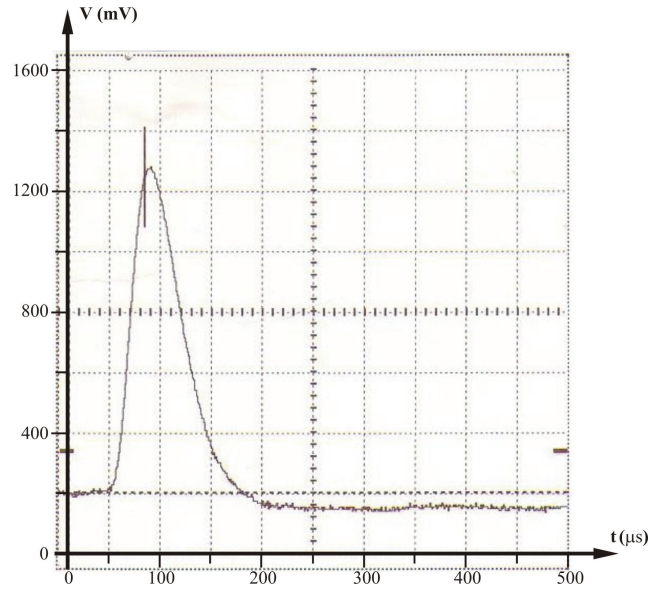
5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu kısımda geliştirilen radyasyon sayım sisteminin amaca uygun olarak kullanımına yönelik yapılan test sonuçları tartışılacaktır. Ayrıca elde edilen test sonuçlarına bağlı olarak sistemin kullanılabilirliği ve sistemin ticari olarak kullanılan benzerleri ile karşılaştırılacaktır.

5.1 RCS-F1 Sisteminin Testleri

RCS-F1 sisteminin analog ve dijital birimleri, aktivitesi bilinen kalibrasyonlu radyasyon ortamlarında test edilmiştir. Analog birim olan yükselteç katmanından dijital birim olan sayım-kayıt katmanına gelen radyasyona ait sinyaller osiloskop ekranında gözlemlenmiş ve ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sayım-kayıt katmanının testleri ise yüklenen deneme programı ile test edilmiştir.

Şekil 5.1’de, yükselteç devresi çıkışında radyasyona ait analog sinyal görülmektedir. Buna göre yükselteç çıkışında yükseltilmiş olan sinyal 1,08 V’luk bir genliğe sahiptir. Yükselteç katmanı çıkışında 40 mV’luk gürültü sinyali olduğundan sinyal / gürültü oranı 27 olarak bulunur. Buna göre yükselteç katmanının genlik çözücülüğünün yüksek olduğunu söylemek mümkündür. Şekle dikkat edildiğinde tetikleme seviyesi (treshold) 140 mV civarındadır.



Şekil 5.1 Yükselteç devresine ait osiloskop çıktısı.

Şekil 5.1’de görülen sinyal Am-241 radyoizotopuna ait 5,49 MeV enerjili alfa parçacıklarına aittir. Buna göre sistemin 80 mV civarında tetiklendiği düşünülürse, algılayabileceği en düşük radyasyon enerjisi yaklaşık olarak 0,4 MeV’dir. Bunların yanı sıra yükselteç devresi çıkışında sinyalin temel seviyenin altına düşen kısmı gürültü sinyalinin büyük bir bölümünü teşkil etmektedir. Bu durumda yükselteç devresinin çok daha hassas çalışabilmesi için temel seviye düzeltmeye yönelik elektronik müdahale yapılması mümkündür.

Şekil 5.1’de tek bir radyasyona ait puls zamanının 125 μ s civarında olduğu görülmektedir. Buna göre detektör ve yükselteç devresinin oluşturduğu analog sistemin ölü zamanının 125 μ s olduğu söylenebilir. Sistemin zaman çözücülüğünü artırmak için puls gevşeme zamanını azaltmaya yönelik elektronik müdahaleler gerçekleştirilebilir.

Dijital kısım olan sayım-kayıt devresi ise mikrokontrolöre tuş takımı fonksiyonu benzer olan bir deneme programı yüklenerek denenmiştir. Burada amaçlanan, sistemin bu kısmının bütün elemanlarının sağlıklı çalışıp çalışmadığını görmektir. Buna göre sisteme gerilim uygulanıp cihaz çalıştırıldığında sistemin bütün elektronik birimlerinin sorunsuz çalıştığı gözlenmiştir. Mikrokontrolör ile dijital LCD ekranın ve kullanılan tuş takımının uyum içerisinde çalıştığı tespit edilmiştir.

Sistem farklı detektörler ile aktivitesi bilinen kalibrasyonlu radyasyon kaynakları kullanılarak test edilmiştir. Sistemin öncelikle elektronik ve daha sonra radyoaktif ortamda kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir. Elektronik kalibrasyonda değeri ayarlı düğme ile yapılan eşik gerilimi ölçeklendirilmiştir. Burada sistemin kararlı bir şekilde doğrusal olduğu görülmüştür. Daha sonra yaydıkları radyasyonların enerjileri bilinen Am-241 (5,49 MeV enerjili α -radyasyonu) ve Ra-226 (4,78 MeV enerjili α -radyasyonu) radyoaktif kaynakları kullanılarak sistemin radyasyon enerjisi kalibrasyonu yapılmıştır. Radyasyon enerjisi kalibrasyonu ve deneme sayımları vakum odasında gerçekleştirilmiştir. Buna göre cihaz üzerindeki eşik gerilimi (eşik enerjisi) ayarlama düğmesinin ölçekleri ve bunlara karşılık gelen gerilim değerleri Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1 Eşik ölçeğine karşılık ölçülen eşik gerilimleri.

Ölçek	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Eşik Gerilimi (V)	0,175	0,270	0,365	0,460	0,555	0,650	0,745	0,840	0,935	1,030

Ölçek	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
Eşik Gerilimi (V)	1,125	1,230	1,325	1,420	1,515	1,615	1,710	1,805	1,900	1,990

Sistemin eşik gerilimi ayar düğmesindeki ölçeğin her bir birimine karşılık gelen enerji değeri, yaydığı radyasyonun enerjisi bilinen Am-241 ve Ra-226 radyoaktif kaynakları kullanılarak belirlenmiştir. Buna göre ayar düğmesinin üzerindeki 10 birimlik bir ölçek yaklaşık olarak 1,375 MeV'lik bir enerjiye karşılık gelmektedir.

RCS-F1 radyasyon sayım sisteminin manüel sayım, tekli sayım ve çoklu sayım menüleri kullanılarak sistemin zaman kararlılığı test edilmiştir. Sistemin zaman kararlılığının testi Ortec firmasının ürettiği vakum odasında (ORTEC 808 Vacuum Chamber) Am-241 radyoaktif kaynağı ile 0,27 V'luk eşik gerilimi değerinde (yaklaşık 0,7 MeV'lik eşik enerjisi) ve kaynak ile detektör arasında 2,3 cm'lik bir mesafe bırakılarak yapılmıştır. Farklı zaman aralıklarında gerçekleştirilen sayımlar ve sayım sonuçları Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2 RCS-F1 sisteminin zaman kararlılığı testi

Cihazın Zaman Kararlılığı					
Zaman (s)	N₁	N₂	N₃	N_{ort}	A (Bq)
10	2129	2147	2124	2133	213
20	4254	4385	4220	4286	214
30	6401	6426	6380	6402	213
40	8515	8496	8421	8477	212
50	10708	10754	10773	10745	215
60	12933	12971	12968	12957	216

Çizelge 5.2'ye bakıldığında aynı zaman aralıklarında üç defa sayımlar gerçekleştirilmiş ve ortalamaları alınarak aktivite değeri Becquerel (sayım/saniye) cinsinden hesaplanmıştır. Aynı zaman aralıklarında alınan sayımlar radyoaktivitenin istatistiksel doğasına uygun olarak ve kalibrasyonlu radyasyon kaynağı kullanıldığından birbirine yakın sonuçlar vermiştir. Bütün zaman aralıklarında değerlerin yakınlığı çizelgede açık olarak görülmektedir. Bunun yanında farklı zaman aralıklarında yapılan sayımlar sonucu hesaplanan aktivite değerlerinin de neredeyse aynı olması, RCS-F1 sisteminin kararlı ve doğrusal çalıştığını ortaya koymaktadır.

Eşik gerilimindeki değişime karşılık sayım sonuçlarında ne gibi değişiklikler olduğunu gözlemlemek amacıyla, vakum odası içerisinde Am-241 Radyoaktif kaynağı ile detektör arasında önce 0 cm daha sonra 1 cm mesafe bırakılarak sayımlar gerçekleştirilmiştir. 10 saniyelik çoklu sayımlar ile 10 örnekleme alınmış ve ortalamaları değerlendirilmiştir. Uygulama esnasında eşik gerilimi değeri, ayarlı düğme üzerinden okunan değerlerin onar onar artırılması ile değiştirilerek sayımlar gerçekleştirilmiştir. Sayım sonuçları Çizelge 5.3'te verilmiştir.

Şekil 5.2’de radyoaktif kaynak ile detektör arasında 0,1 ve 1,0 cm mesafe var iken gerçekleştirilen sayım sonuçlarının doğrusal ve yarı logaritmik grafikleri görülmektedir. Her iki grafikte de sayım sonuçlarındaki keskin azalış 20 – 40 değerleri arasındadır. Kullanılan radyoaktif kaynağın 5,49 MeV enerjili alfa bozunumları yapan Am-241 olduğu düşünülürse, eşik gerilimi ölçek değerlerinde 30 ile 40 arasındaki bir değer 5,49 MeV’lik bir enerjiye tekabül ettiği söylenebilir. Buna göre sistemde eşik seviyesini belirlemek için kullanılan karşılaştırmacı devresinin de kararlı olduğunu ve doğru bir şekilde çalıştığını söylemek mümkündür.

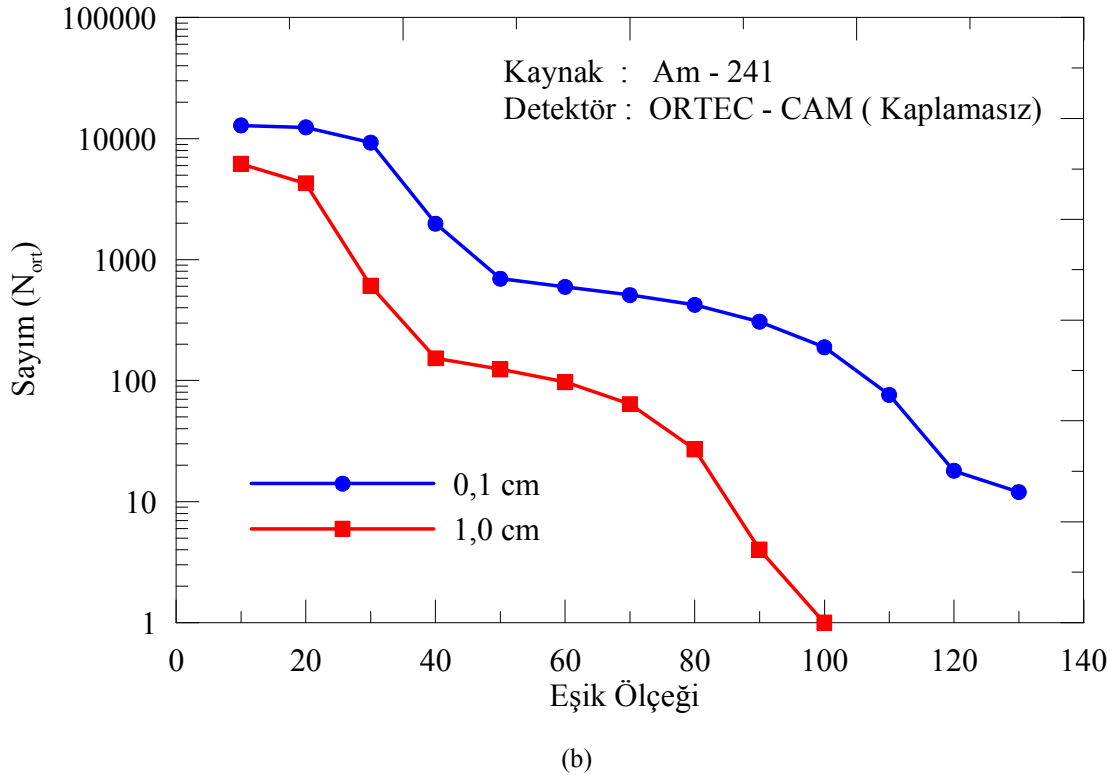
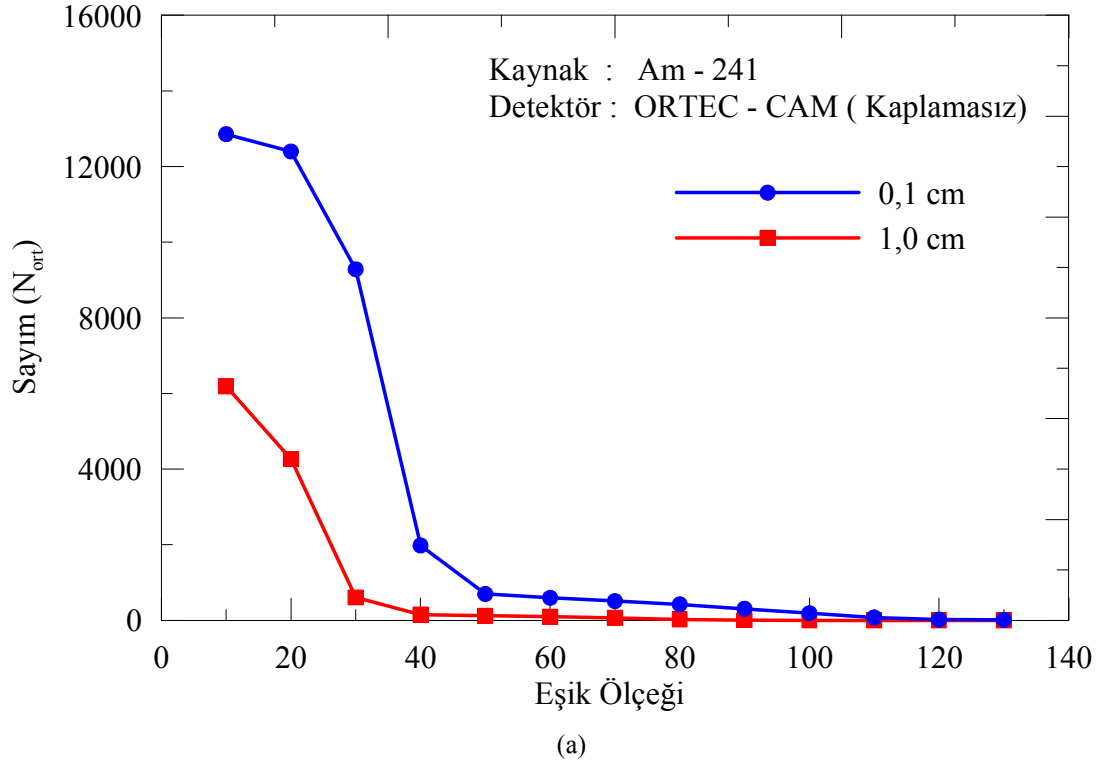
Çizelge 5.3 Eşik gerilimi değişimine karşılık sayım sonuçları.

Eşik Ölçeği	Sayım (N)	
	0,1 cm	1,0 cm
0	13275	6320
10	12859	6188
20	12404	4270
30	9285	607
40	1976	153
50	695	124
60	595	97
70	509	64
80	423	27
90	307	4
100	189	1
110	76	0
120	18	0
130	12	0

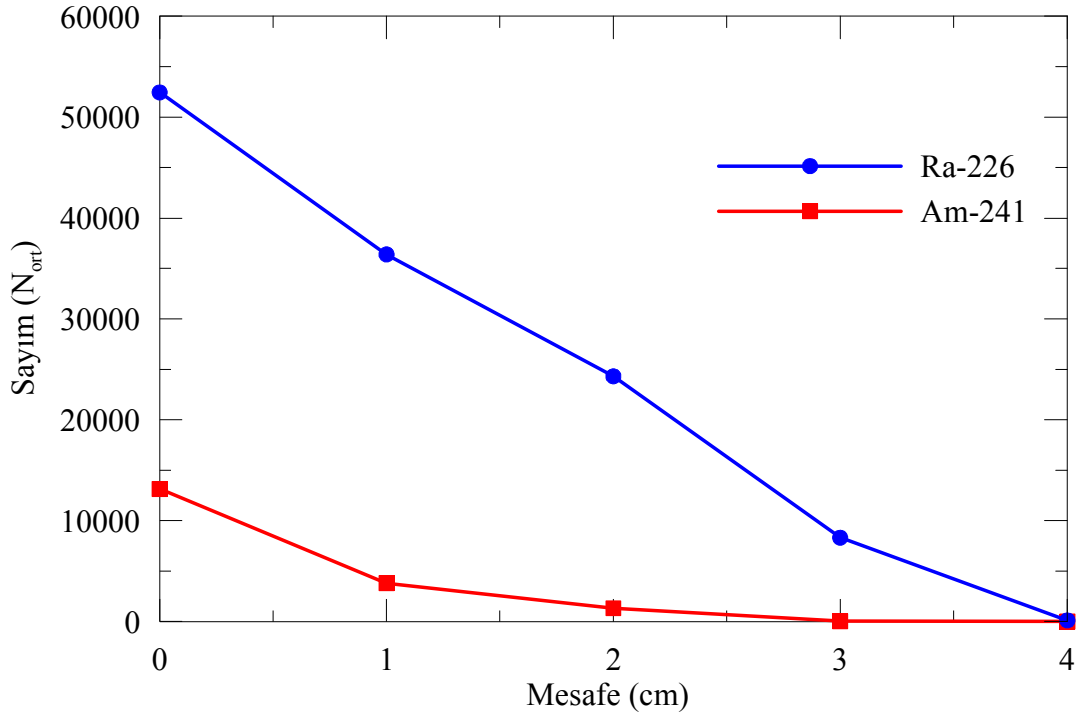
Mesafeye bağlı olarak sayım sonuçlarındaki değişimi görmek amacıyla farklı enerjilerde alfa radyasyonu yayan Am-241 ve Ra-226 radyoaktif kaynakları detektör ile farklı mesafelere konularak sayımlar gerçekleştirilmiştir. Sayım yapılan mesafeler ve ortalama sayım değerleri Çizelge 5.4’te verilmiştir. Bu çizelge ışığında Şekil 5.3’deki grafik çizilmiştir.

Çizelge 5.4 Mesafeye bağlı olarak Am-241 ve Ra-226 kaynakları ile yapılan sayım sonuçları

		Mesafe (cm)				
		0	1	2	3	4
N_{ort}	Ra-226	52447	36371	24315	8298	106
	Am-241	12398	3793	1317	34	1



Şekil 5.2 Detektör ile kaynak arasında 0,1 cm ve 1,0 cm mesafe varken eşik gerilimi değişimine karşı sayım sonuçlarının değişiminin (a) doğrusal eksen grafiği, (b) yarı logaritmik eksen grafiği.



Şekil 5.3 Detektör - kaynak mesafesine bağlı sayım değişimi.

Şekil 5.3'te Am-241 ve Ra-226 radyoaktif kaynakları ile mesafeye bağlı olarak sayım sonuçlarının grafiği görülmektedir. Mesafe arttıkça sayım sonuçlarındaki doğrusal azalma net bir şekilde grafikten gözlenmektedir. Kullanılan Am-241 radyoaktif kaynağının aktivitesi 0,1 μCi (3700 Bq) ve Ra-226 radyoaktif kaynağının aktivitesi ise 10 μCi (370,000 Bq)'dir. Ra-226 kaynağının aktivitesi Am-241 kaynağından 100 kat daha fazladır. Ancak Ra-226 hem alfa hem de gama radyasyonu yaymaktadır. Bu nedenle Ra-226 kaynağına ait eğri grafikte üstte yer almaktadır.

5.2. Sistemin Genel Değerlendirmesi

RCS-F1 radyasyon sayım sisteminin maliyeti, ticari olarak kullanılan benzerlerinin maliyetlerine oranla oldukça düşüktür. Ticari ve geliştirilen sistemin fiyatları arasındaki oran en iyimser tahminle yaklaşık olarak 1/8 oranındadır. Bu prototip tam olarak geliştirilip profesyonel olarak tasarlandığında birden fazla üretildiği takdirde maliyeti daha da aşağıya düşecektir.

RCS-F1 sisteminin benzerlerine göre önemli bir avantajı düşük enerji tüketimidir. Bu sistem uzun süreli sayım modunda +12 V gerilim altında mikroamper mertebesinde akım çekerek çalışabilmektedir. Ayrıca, bu özelliğinden dolayı RCS-F1 sistemi taşınabilir olarak değiştirilebilir ya da farklı şartlarda uzun süreli sayımlar gerçekleştirmek üzere kullanılabilir.

Bundan dolayı sistem kutusunda daha sonra istenildiğinde pil kullanımına yönelik alan boş bırakılmıştır.

Geliştirilen sayım sisteminin en önemli avantajı, istenildiği takdirde yeniden programlanabilmesi ve üzerinde değişiklik yapılabilmesidir. Hâlihazırda kullanılmakta olan ticari cihazları programlamak ya da üzerinde değişiklikler yapmak yapıları gereği mümkün değildir. Bundan dolayı dışarıdan temin edilen cihazların çalışma şekillerini isteğe bağlı olarak değiştirmek ya da sisteme eklemeler yapmak ayrı maliyetleri de beraberinde getirecektir. Bu anlamda RCS-F1 cihazı farklı menülerle kullanıcıya radyasyon sayma imkânı sunmasıyla birlikte, bir takım eklemelerle tek kanallı analizör ya da çok kanallı analizör olarak da değiştirilebilir niteliktedir. Bu durum ek bir maliyet gerektirmeyecektir.

RCS-F1 sisteminin yazılımı geliştirilerek menü seçeneklerini değiştirmek mümkündür. RCS-F1 sistemini, cihazı açıp mikrokontrolörünü çıkartmaya gerek kalmadan kutunun arkasında bulunan programlama girişi sayesinde devre üzerinde programlamak mümkündür. Bunun yanı sıra sistemin hafızasını büyütüp sistem kapasitesi de arttırılabilir niteliktedir. Ayrıca cihaz kutusuna rakam tuşları yerleştirilebilir ya da dijital LCD yerine grafik LCD ekran ya da dokunmatik LCD ekran yerleştirilebilir. Böylece cihaz ekranından daha fazla veriyi görmek, enerji spektrumu almak ya da grafik çizdirmek gibi işlemleri gerçekleştirmek mümkün olacaktır.

Geliştirilen sistemin ticari olarak kullanılan benzerlerine nazaran başta maliyeti olmak üzere özellikle düşük enerji tüketiminin olması ve benzeri birçok avantajı bulunmaktadır. Sistemin bu avantajlarından dolayı sistem gerek araştırma laboratuvarlarında gerekse öğrenci uygulama laboratuvarında rahatlıkla tercih edilebilir niteliktedir. Sistemin geliştirmeye açık olması onun tercih edilebilirliğini arttırmaktadır. Bunun yanı sıra sistemin dış mekâna yönelik (çevresel araştırmalar) olarak da kullanılabilir olması onun uygulama alanlarını genişletmektedir. Bu durum geliştirilen sisteme ticari olarak kullanılan benzerlerine göre önemli bir avantaj sağlamaktadır.

Sonuç olarak; sistem, uygulamalı nükleer fizik alanı başta olmak üzere sağlık, çevre ve uygulamalı diğer alanlarda düşük maliyetli, düşük enerji tüketimine sahip ve tamamen kendi tasarımıımız olması nedeniyle tercih edilebilir niteliktedir.

KAYNAKLAR

1. **Görür Ş.**; 2006; Çevresel Radyoaktivite ile Bu Çevrede Yaşayanlara Ait Diş Örneklerindeki Radyoaktivite Arasındaki İlişkinin Araştırılması; Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
2. **Togay Y. E.**; 2002; Radyasyon ve Biz; Radyasyon Sağlığı ve Güvenliği Dairesi; Ankara.
3. **Durrani, S. A. and Bull R.K.**; 1987; Solid State Nuclear Track Detection: Principles, Method and Applications; Pergamon Pres, Oxford.
4. **Durrani, S. A. and Hiç, R.**; 1997; Radon Measurements by Etched Track Detectors: Applications in Radiation Protection, Earth Sciences and the Environment, World Scientific, New Jersey, U.S.A., 387p.
5. **Yazgan E.**; Nükleer Elektronikte Genel Bir Bakış; Elektrik Mühendisliği (UDK:839.1:621.88); 165-166.
6. **Bor D.**; 2001; Radyasyon Deteksiyonu ve Ölçüm Yöntemleri; Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fizik Mühendisliği.
7. **Bayburt S., Bayburt M., Akdurak S.**; 2005; Eurocrate Sistemler İçin Bilgisayar Kontrollü SCA Modülü Geliştirilmesi; Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen Ve Mühendislik Dergisi; Cilt 7, Sayı 3, 70-71.
8. **Alessandrello A., Brofferio C. v.d.**; 1996; Differential, Voltage Sensitive Pre-Amplifiers For Bolometric Detectors; Nuclear Instruments And Methods In Physics Research A; 370, 220-222.
9. **Cardoso J.M., Basilio Simoes J., Carlos M. B. A. Correia**; 1999; Optimized Linear Pulse Amplifier Circuit Based On A Composite Op-Amp Configuration; Nuclear Science Symposium; Vol. 2, p: 754-756.
10. **Grybos P.**; 2006; Pole-Zero Cancellation Circuit For Charge Sensitive Amplifier With Pile-Up Pulses Tracking System; Nuclear Science Symposium Conference; N 13-4; 226.
11. **Akbay S., Çetin K.**; 1993; Mikroişlemciler-1; Birsen Yayınevi; 175-195.
12. **Bruyneel B. v.d., Reiter P., Wiens A. v.d.**; 2009; Crosstalk Properties Of 36-Fold Segmented Symmetric hexagonal HPGe Detectors; Nuclear Instruments and Methods In Physics Research A; 599, 196-208.

- 13. Cromaz M., Riot V. J. v.d.;** 2008; A Digital Signal Processing Module For Gamma-Ray Tracking Detectors; Nuclear Instruments And Methods In Physics Research A; 597, 233-237.
- 14. Delagnes E. Breton D, Lugiez F., Rahmanifard R.;** 2007; A Low Power Multi-Channel Single Ramp ADC With Up To 3,2 GHz Virtual Clock; Nuclear Instruments and Methods In Physics Research A; 54, 1735-1742.
- 15. Flaska M., Pozzi S. A.;** 2009; Digital Pulse Shape Analysis For The Capture-Gated Liquid Scintillator BC-523A; Nuclear Instruments and Methods In Physics Research A; 599, 221-225.
- 16. Genat J.F., Varner G., Tang F., Frisch H.;** 2009; Signal Processing For Picosecond Resolution Timing Measurements; Nuclear Instruments and Methods In Physics Research A; Accepted Manuscript.
- 17. Helt-Hansen J., Larsen H.E., Christensen P.;** 1999; Portable Triple Silicon Detector Telescope Spectrometer For Skin Dosimetry; Nuclear Instruments and Methods In Physics Research A; 438, 523-539.
- 18. Higueret S., Husson D., Le T.D., Nourreddine A., Micheilsen N.;** 2008; Electronic Radon Monitoring With The CMOS System-On-Chip Alpharad; Nuclear Instruments and Methods In Physics Research A; 584, 412-417.
- 19. Karabıdak S. M., Çevik U., Kaya S.;** 2009; A New Method To Compansate For Counting Losses Due To System Dead Time; Nuclear Instruments and Methods In Physics Research A; 603, 363.
- 20. Pennicard D.;** 2009; Design, Simulation, Production And Initial Characterisation Of 3D Silicon Detectors; Nuclear Instruments and Methods In Physics Research A; 598, 67-70.
- 21. Yang H., Wehe D. K., Bartels D. M.;** 2009; Spectroscopy Of High Rate Events During Active İntegration; Nuclear Instruments and Methods In Physics Research A; 598, 779-787.
- 22. Yousefi S., Lucchese L.;** 2009; A Wavelet-Based Pulse Shape Discrimination Method For Simultaneous Beta And Gamma Spectroscopy; Nuclear Instruments and Methods In Physics Research A; 599, 66-73.
- 23. Özgüven M. A.;** 2008; Radyasyon Ölçümleri Ve Hasta Triyajı; Bilimsel Tıp Yayınevi; 135-153 (ISBN 978-975-6058-51-0).
- 24. Özgen S.;** 1992; Radyasyon Sayıcı Geliştirilmesi Ve Çeşitli Ortamlarda Radyasyon Ölçümü; Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi); 1-69.

- 25. Evans, R. D.** ;1968; Engineers' Guide to The Elementary Behavior of Radon Daughters. *Health Physics*, Vol. 38, pp. 1173-1197.
- 26. Fişne A., Ökten G., Çelebi N.**; 2004; Investigation into the Radon Gas Emanation in TTK Underground Mines in Turkey; Proceeding of the 14th Turkey Coal Congress.
- 27. Kumbur H., Zeren O.**; 1997; An Investigation on Radon Levels at Houses in İçel (Mersin); ÇEV-KOR 7-25 , 25-31.
- 28. Jong-Man L., Ahn K.H., Chai H.S., Park T.S.**; 2004; Development of Radon Calibration Chamber at KRISS; Applied Radiation and Isotopes; 61, 237-241
- 29. Lopez-Coto L., Bolivar J.P., Mas J.L., Garcia-Tenorio R., Vargas A.**; 2007; Development and operational performance of a single calibration chamber for radon detectors; Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A; 579, 1135-1140.
- 30. Shweikani R., Raja G.**; 2005; Design, construct and test of a calibration radon chamber; Radiation Measurements; 40, 316-319.
- 31. ORTEC**; Preamplifiers Introduction; www.ortec-online.com.
- 32. Anghinolfi F.**; 2005; Analog Signal Processing Of Particle Detector Signals; Electronics in High Energy Physics ELEC-2005.
- 33. Bolic M., Drndarevic V.**; 2002; Digital Gamma-Ray Spectroscopy Based On FPGA Technology; Nuclear Instruments and Methods In Physics Research A; 482, 761-766.
- 34. Runkle C., Myjak M.J., Kiff S.D. v.d.**; 2009; An Unattended Sensor System For Detection Of Gamma-Ray And Neutron Emissions From Special Nuclear Materials; Nuclear Instruments and Methods In Physics Research A; 598, 815-825.
- 35. Tsoulfanidis N.**; 1983; Hemisphere Publishing Corporation; Radiation Detection and Measurement ch.14; New York, London.
- 36. ORTEC**; Amplifiers Introduction; www.ortec-online.com.
- 37. Bastia P., Bertuccio G., Borghetti F. V.d.**; 2006; An Integrated Reset/Pulse Pile-Up Rejection Circuit For Pixel Readout ASICs; Transactions On Nuclear Science; 33, 414-417.

38. Noras J. M.; 2003; Pile-Up Free Parameter Estimation And Digital Online Peak Localization Algorithms For Gamma-Ray Spectroscopy; 10th Annual IEEE Technical Exchange Meeting.

39. Arnaboldi C., Pessina G.; 2003; A Very Simple Baseline Restorer For Nuclear Applications; Nuclear Instruments and Methods In Physics Research A; 512, 129-135.

40. Kishislita T.; 2009; Development Of A Low Noise, Two-Dimensional Amplifier Array; Nuclear Instruments and Methods In Physics Research A; 598, 591-597.

41. Milli Eğitim Bakanlığı ; 2007, **MEGEP** (Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi); Mikroişlemci ve Mikrodenetleyiciler; 8-13.

42. Fuochi P. G., Lavallo M., Corda U., Kovacs A., Peimel-Stuglik Z., Gombia E.; 2009; Characterization Of Power Transistors As High Dose Dosimeters; Nuclear Instruments and Methods In Physics Research A; 599, 284-288.

43. Microchip; PIC18F452 Datasheet; www.microchip.com.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Muhammed Fatih KULUÖZTÜRK

Doğum Yeri-Tarihi : Elazığ – 21.09.1979

Adres : Cumhuriyet Mah. Gaziosmanpaşa Sok. No: 10/16 ELAZIĞ

Tel. : 0539 240 34 94

Öğrenim Gördüğü Okullar ve Mezuniyet Tarihleri

İlköğretim : Elazığ Namık Kemal İlköğretim Okulu – 1990

Ortaöğretim : Elazığ Mezre Ortaokulu – 1993

Lise : Elazığ Balakgazi Lisesi – 1996

Üniversite : Fırat Üniversitesi, Fizik Bölümü – 2007, Elazığ.

Nisan 2009 tarihi itibarı ile Bitlis Eren Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü’nde Araştırma Görevlisi olarak atandım.