

Şekil 2'de bir mikromodülün soğuyan levhasına düşen Joule ve Peltier ısılarını ve bu ısıların toplamının I akım şiddetine göre değişim grafikleri gösterilmiştir. Peltier ve Joule olayları aynı elektrik devrede gerçekleştiğinden dolayı uygulanan herhangi bir I akım şiddeti için bir mikromodülün ısısal dengesi Peltier ve Joule ısılarının cebirsel toplamı olan $Q = Q(I)$ fonksiyonu ile karakterize edilmektedir. Şekil 2'deki $Q = Q(I)$ grafiği bir minimumdan geçmektedir. Toplam ısının minimuma ulaştığı akım şiddetine (I_0) optimum akım denir. Bir mikromodülün veya mikromodüllerden oluşan bir modülün optimum akım şiddetinin değeri mikromodülün üretiminde kullanılan termoelektrik yarıiletkenlerin kalitesine, boyutlarına ve konstrüksiyon özelliklerine göre değişir.

Kıtalar arası kan nakli hava taşımacılığı kullanılarak yapılır. Kanın nakli uçak içerisinde ıslak buz içeren styrofoom kutuları kullanılarak kan nakli sağlanmaktadır. Bu yöntem kullanılarak 72 saat boyunca kanın 1°C ile 10°C arasında muhafaza edilmesi sağlanır. 10°C değeri kanın özelliğini kaybetmeden saklanabileceği maksimum sıcaklık değeri olarak kabul edilir. Diğer bir yöntemde styrofoom deniz nakliye konteyneri kullanılarak kan ve diğer tıbbi ilaç naklini sağlamaktır. Kullanılan yöntemlere bakıldığında hepsinin ortam sıcaklığını belli bir değerde tutabilmek için bir buz kaynağına ihtiyaç duymasıdır. Günümüzde yeni yeni kullanılmaya başlayan termoelektrik yarıiletken soğutucular herhangi bir buz kaynağına ihtiyaç duymadan kan ve diğer tıbbi maddelerin istenilen ısı değerlerinde taşınması sağlayabilmektedir. Ayrıca 110 volt AC, 220 volt AC, akü ve araba çakmak ucunu kullanarak araç içerisinde de ısı değerlerini istenen değerler arasında tutabilmekten dolayı taşınabilir özelliği vardır. Bu özelliğin zor ortam şartları içerisinde çok büyük avantaj olduğu bir gerçektir. Termoelektrik cihazların kompresör sürücülü (gazlı soğutma sistemi) cihazlara göre temel olarak iki avantajı vardır. a) Ağırlıkları azdır. b) Kararlıdır ve hareketli parçaları yoktur. Soğutma için Freon gazına ihtiyaç duymadığı gibi ısı dağıtma fanı hariç yağlanmış motoru yoktur [4].

Günümüzde ıslak buz kullanılarak yapılan kan nakli ve termoelektrik nakil cihazlardaki eksiklikler şöyledir. Islak buz kullanılarak yapılan cihazlarda buz ihtiyacı olması ve termoelektrik teknoloji kullanılarak yapılan cihazların termostatla gerçekleştirilmesi bu cihazların kararlılığının düşük olduğunu göstermiştir. Kararlılığın düşük olmasına bağlı olarak nakil edilen kan ve ilaçların etkin maddelerinin bozulması veya etkinliklerini kaybetmeye başlama riski vardır. Taşınabilir Termoelektrik Tıp Kiti cihazı ile hedeflenen merkezdeki kan ve ilaç stoklarından alınan kan, ilaç ve serumların bozulmadan ve etkin maddelerinde her hangi bir kayba uğramadan hastanın bulunduğu ortama naklini sağlamaktır. Ayrıca kan ve serum hastaya verilmeden önce vücuda

zarar vermeyecek sıcaklığa getirilmesi gerekmektedir. Taşınabilir termoelektrik tıp kiti ısıtma ve soğutma yapabilen mikroişlemci kontrollü sistem tasarımı ile birlikte istenen sıcaklık değerlerini kontrol etmektedir. Tasarlanan sistem yardımı ile kit içerisinde bulunan maddelerin sıcaklık değerleri gözlenmekle beraber ses olarak da kullanıcıyı uyandırabilmektedir. Tasarlanan termoelektrik tıp kitinin taşınabilir özelliği olduğu için bir akü ile de beslenmektedir. Termoelektrik yarıiletkenlerin çalışma süreleri teorik olarak sonsuzdur. Buna göre kitin çalışma süresi besleme kaynağı ile sınırlıdır.

2. TAŞINABİLİR TERMoeLEKTRİK TIP KİTİ DONANIMI

2.1 Sistemin Genel Yapısı

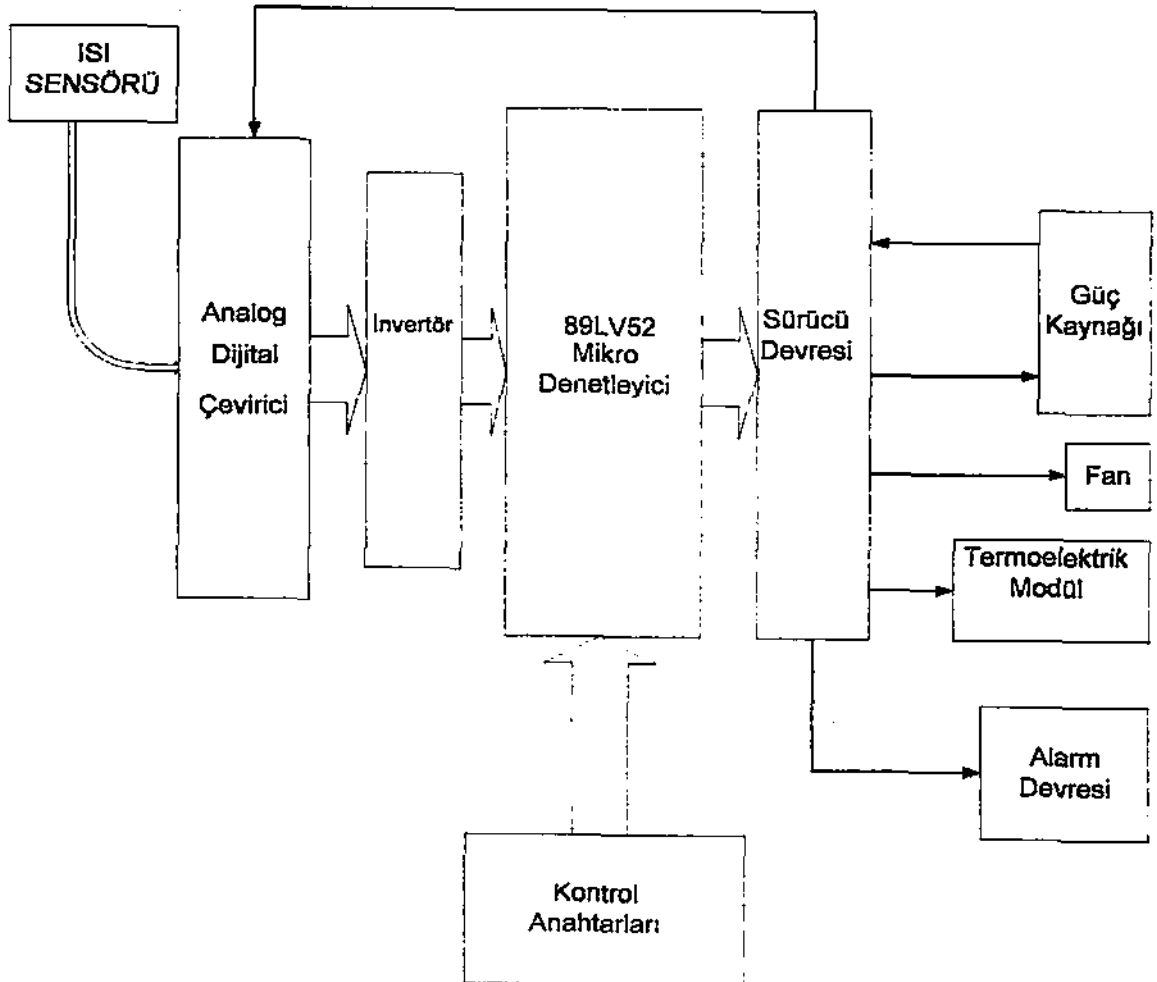
Taşınabilir termoelektrik tıp kiti kan, serum ve aşılarda istenilen sıcaklık koşullarında taşınmasını sağlayan ve bu maddeleri hastaya vermeden önce istenilen sıcaklık değerine çıkartabilen bir cihazdır. İnsan sağlığı ile bu kadar yakın olan bir konuda sistemin çalışmasındaki tolerans payı oldukça azdır. Bu amaçla Şekil 3'de blok şeması görülen mikroişlemci sistem gerçekleştirilmiştir.

Isı sensörlü termoelektrik tıp kitinin içerisine yerleştirilmiştir. Isı sensörü olarak kullanılan LM 35DZ her 1°C lik ısı artışı için 10mV 'luk gerilim üretmektedir. Analog Dijital Dönüştürücü (ADC) (ADC0804N) ısı sensörü tarafından elektriksel sinyallere dönüştürülen ısı değerlerini mikrodenetleyicide kullanmak üzere 8 bitlik dijital bilgiye dönüştürür. ADC ayarlanan referans gerilimine bağlı olarak her 5mV 'luk gerilim değişimine bağlı olarak 1 bitlik değişim gösterir. Her 1°C 'lik ısı değişimine bağlı olarak 2 bitlik değişim meydana gelmektedir. Bu şekilde cihazın duyarlılığı artırılmış olur. Bu şekilde kitin sıcaklığı dijital dönüştürülür ve sıcaklık, kitin çalıştığı süre boyunca kontrol edilmek üzere mikrodenetleyiciye uygulanır. Mikrodenetleyici ile ADC arasında bulunan invertör devresi 8 bitlik veriyi iki defa invert etmektedir. Bu devrenin kullanılmasının amacı ADC 0804'ün çıkış empadansı ile mikrodenetleyicinin giriş empadansının uyumlaştırılmasıdır. İşlemciden önce böyle bir devre kurulmadığı takdirde işlemci verinin 0 veya 1 olup olmadığını anlayamamaktadır. Bundan dolayı da termoelektrik tıp kitinin çalışmasında bir takım problemlere neden olmaktadır. Şekil 3'deki mikrodenetleyici bloğunda 8051 ailesinden olan 89LV52 mikrodenetleyicisi kullanılmıştır. 89LV52 8K'lık EEPROM hafızaya sahiptir. Elektriksel olarak yazılıp silinebilen bu devre ile kitin kalibrasyonunun ayarlarını, yazılımı değiştirerek yapmak daha kolay hale getirilmiştir. Taşınabilir termoelektrik tıp kitine enerji uygulandığında sistemin çalışabilmesi için başla butonuna basılması gerekir. Ayrıca sistemin ısıtma mı yoksa soğutma mı yapacağı kullanıcının insiyatiline

birakılmıştır. Kontrol anahtarları bloğunda bulunan ve çalışma rejimini seçmeye yarayan anahtar yardımı ile kullanıcı kiti istediği çalışma rejiminde kullanabilir. Kullanıcı bu işlemleri yaptıktan sonra cihaz soğutma rejiminde sıcaklığı 2°C ile 8°C arasında tutmaktadır. Şayet herhangi bir nedenden dolayı sıcaklık belirtilen ısı değerlerinin dışına çıkarsa mikrodeneleyici alarm devresini çalıştırarak durum hakkında kullanıcıyı uyarmaktadır. Tasarlanan kit taşınabilir özelliğe sahip olduğu için enerji kaynağı tasarruflu kullanılmalıdır. Bu amaçla tasarlanan devre güç kaynağını tam güç, yarım güç ve sıfır güç de çalıştırabilmektedir. Soğutma rejiminde güç tüketimi şu şekilde gerçekleşmektedir. 8°C üzerinde cihaz tam güçte çalışmakta ve alarm aktif haldedir. 6°C ile 8°C arasında tam güç çalışmakta fakat alarm kapalı durumdadır. 2°C ile 6°C arasında yarım güç, 0°C ile 2°C arasında ise sıfır güç konumuna geçerek modül ve fanın çalışmasını durdurmaktadır. Güvenlik amacı ile herhangi bir nedenden dolayı kitin iç sıcaklığı 0°C altına düşerse mikrodeneleyici, kiti ısıtma rejimine getirmekte ve alarm vermektedir. Isıtma 4°C 'ye kadar sürmektedir. Cihaz bu ısı değerine ulaştıktan sonra

tekrar soğutma rejimine dönmektedir. Böylece kan, serum ve aşılarda istenilen ısı değerinde hastaların veya kazazedelerin bulunduğu yere intikal ettirilmektedir [3].

Tıbbi kaynaklara göre kan, aşı ve serumların insana verilebilmesi için en az ortam sıcaklığına kadar çıkarılması gerekmektedir. Bu amaçla kullanıcı çalışma rejimini belirleyen anahtarı ısıtma konumuna almalıdır. Mikrodeneleyici modülden geçen akımın yönünü değiştirerek termoelektrik modülün kitin iç kısmını ısıtmasını sağlar. Kitin içinde bulunan ısı sensörü yardımı ile kan, serum ve aşılarda sıcaklığı 37°C 'ye gelinceye kadar ısıtılır. 37°C 'ye gelince kitin enerjisi kesilerek ısıtma durdurulur ve kullanıcı sesli uyarı ile ilaçların kullanılabilir ısı değerine geldiğini belirtmek için uyarılır. Şayet kitin sıcaklığı 37°C altına düşerse cihaz tekrardan ısıtma yaparak ilaçların sıcaklığını istenilen değerde sabit tutacaktır.



Şekil 3. Taşınabilir Termoelektrik Tıp Kitinin Donanımın Blok Diyagramı

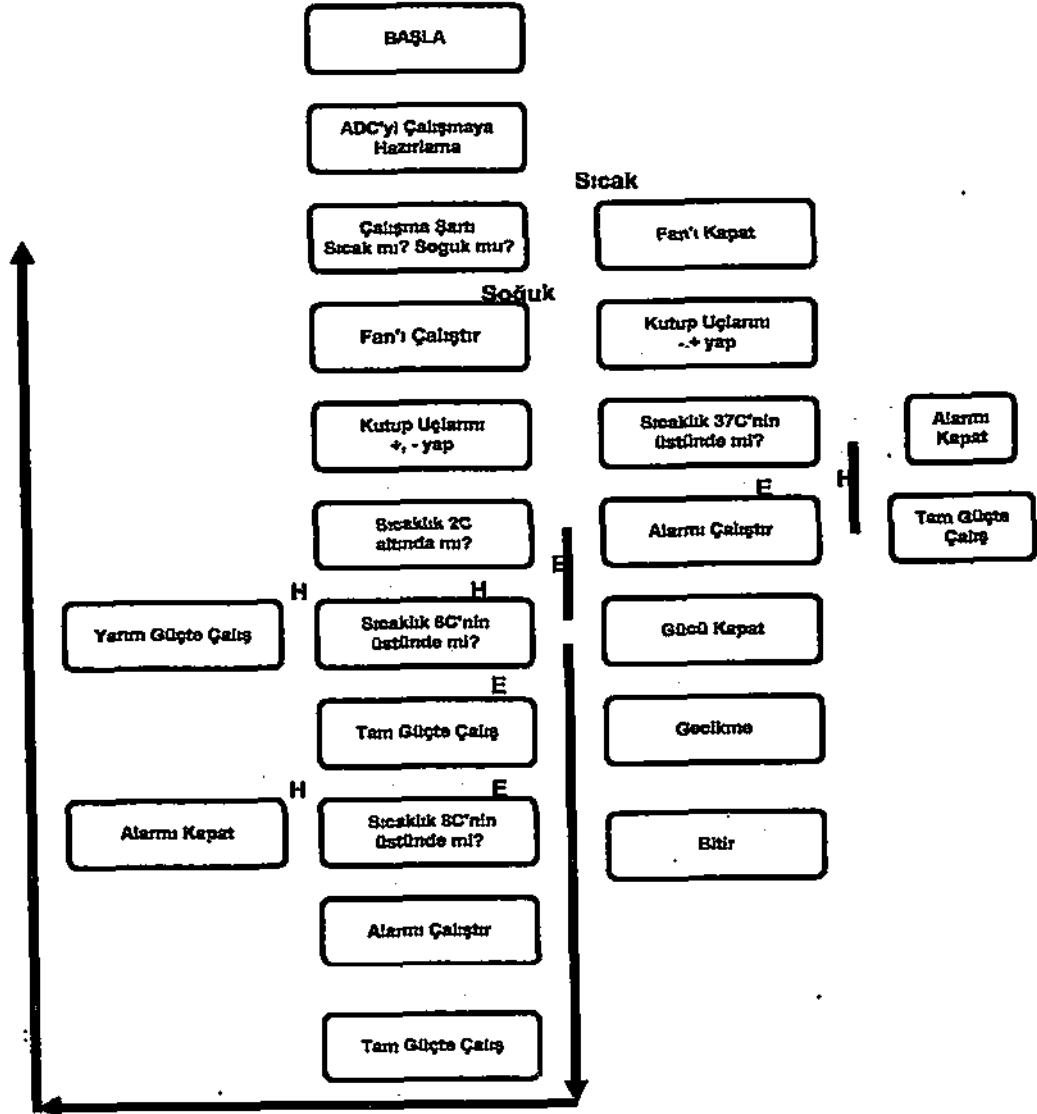
2.2 Taşınabilir Termoelektrik Tıp Kiti Yazılımı

Şekil 4'de Taşınabilir Termoelektrik Tıp Kitine ait mikrodeneleyici programının akış diyagramı görülmektedir. Mikrodeneleyici sıfırlandığı anda başlangıç adresi olan 40H nolu adrese dallanır ve RAM bölgesinde yer alan adresler sıfırlanır.

Daha sonra mikrodeneleyicinin giriş ve çıkış portları sıfırlanır ve ADC devresi çalışmaya hazır hale getirilir. Kitin soğutucu olarak kullanıldığına programın diğer adımları fanı çalıştırılmasıdır. Fan çalıştırıldıktan sonra modülün soğutucu olarak kullanılması için modül üzerinden geçen akımın yönü belirlenir. İşlemci, ADC'den ilk sıcaklık değerini okur. Sıcaklık değeri cihazın çalışmasını yönlendirmek amacı ile sorgulanır. Sorgulama düşük sıcaklıktan yüksek sıcaklığa doğru yapılır. Taşınabilir termoelektrik tıp kitinin soğuk rejimde çalışmasında

2°C altında kitin güç tüketimi sıfırdır. 2 °C ile 6 °C arasında yarım güçte çalışarak istenen güç tasarrufu sağlanır. 6 °C ile 8 °C arasında tam güçte çalışmaktadır. Sıcaklığın 8 °C üzerine çıkması durumunda tam güçte soğutma ile birlikte alarm vererek kullanıcıyı uyarmaktadır. Bu şekilde kan, ilaç ve serumların taşınması için Dünya Sağlık Örgütü tarafından belirlenmiş olan 1 °C ile 10 °C arasında ısı ortamı sağlanmış olmaktadır.

Taşınabilir termoelektrik tıp kiti bir ısıtıcı olarak kullanmak için seçildiğinde modülden geçecek akımın yönü değiştirilerek kitin bir ısıtıcı olarak çalışması sağlanır. Analog dijital dönüştürücüden okunan sıcaklık değeri kitin çalışmasını yönlendirmek amacı ile sorgulanarak istenen sıcaklık değerine gelmesi sağlanır [3].



Şekil 4. Taşınabilir Termoelektrik Tıp Kiti Programının Akış Diyagramı

3. SONUÇ

Taşınabilir Termoelektrik Tıp Kiti termoelektrik yarıiletken teknolojisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yarıiletken teknolojinin sağladığı avantajlar kitin taşınabilir özelliğinin temelini oluşturmaktadır. Kit ısıtma ve soğutma için ıslak buz, freon gazı gibi herhangi bir ısı kaynağına gereksinim duymamaktadır. Ayrıca içerisinde bulunan fan haricinde herhangi bir hareketli parçası olmaması da cihazın bakım ihtiyacını en aza indirmektedir. Bu özelliklerin zorlu ortam koşullarında ne kadar önemli olduğu oldukça açıktır. *Termoelektrik yarıiletkenlerin ömrü teorik olarak sonsuz olmakla birlikte pratikte yaklaşık 40 ile 50 yıl arasında değişmektedir.* Kitin çalışmasında DC gerilim kaynağına ihtiyaç vardır. Taşınabilir Termoelektrik Tıp Kiti içerisinde bulunan dahili akü, araç aktüsü ve ayarlı güç kaynağından herhangi birisi ile çalışabilecek şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca zorlu ortam koşullarının ne olacağı belirli olmadığı için cihazın güç tüketimi tasarruflu kullanılması için mikroişlemci ile kontrol edilmektedir. Sistemin mikroişlemci ile kontrol edilmesi cihazın çalışması üzerinde yapılabilecek değişikliklerde de esneklik sağlamaktadır. Tıp kiti tam güç, yarım güç ve sıfır güç tüketimi olmak üzere 3 ayrı konumda çalışabilmektedir. İnsan ve toplum sağlığı açısından bu kadar önemli olan Taşınabilir Termoelektrik Tıp Kiti ile daha fazla kan, serum, aşı ve ilaç taşımak için daha büyük hacimlere sahip kitler kullanılmalıdır. Daha büyük hacimlere sahip kitler üretmek için daha güçlü termoelektrik yarıiletken modüller kullanılmalıdır. Termoelektrik Tıp Kiti içerisinde bulunan fan haricinde hiçbir hareketli parçası yoktur. Ayrıca değişik ısı dağıtım sistemleri kullanarak cihaz içerisinde hiçbir hareketli parça bırakmadan tıp kitini yapmak mümkündür. Cihazın içerisinde hareketli parça olmaması cihazın mekanik dayanımını artırmakla beraber bakım masraflarını da azaltmaktadır.

Gazi Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından 07/2000-09 nolu projesi olarak desteklenen Taşınabilir Termoelektrik Tıp Kiti ister aşılari isterse kanı Dünya Sağlık Örgütü ve UNICEF' in belirlemiş olduğu 2°C ile 8 °C sıcaklık aralığında sürekli tutabilmektedir. UNICEF ve Dünya Sağlık Örgütü' nün yayınlamış olduğu kataloglarında günümüze kadar termoelektrik soğuk zincir sisteminin olmayışı yapılan çalışmanın sadece Türkiye için değil dünya içinde önemli olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada elde edilen sonuçların kısa sürede sanayiye aktarılacağı ve başta Türk insanı olmak üzere insanlığın hizmetine sunulabileceği tartışılmazdır.

KAYNAKLAR

1. Product Information Sheets, 1997, World Health Organization (WHO) UNICEF Catalogue
2. Ahıska R., Güler N.F., Savaş Y.: Termoelektrik Soğutucusunun Özelliklerinin Araştırılması. Politeknik Dergisi 3: 89-94, 1999
3. Fidan U. Mikrodenetleyici Kontrollü Taşınabilir Termoelektrik Tıp Kiti, Yüksek Lisans Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 2000.
4. Smith, D.A. ve Monaghan, W.P.: Sea Transport for Blood with Full Cooling , Milit. Med. 147: 809-817, 1982