

## CHAPTER 4: DSP YAZILIMI

DSP uygulamaları genellikle C, BASIC ve assembly gibi diğer bilim ve mühendislik görevleriyle aynı dillerde programlanır. C'nin gücü ve çok yönlülüğü, onu bilgisayar bilimcileri ve diğer profesyonel programcılar için tercih edilen dil yapar. BASIC'in basitliği, programlama dünyasını yalnızca ara sıra ziyaret eden bilim adamları ve mühendisler için idealdir. Dil ne olursa olsun, DSP yazılım sorunlarının çoğu, dönen birler ve sıfırlar aleminde çok aşağıda gömülüdür. Bu, sayıların bit desenleriyle nasıl temsil edildiği, bilgisayar aritmetiğindeki yuvarlama hatası, farklı işlemci türlerinin hesaplama hızı gibi konuları içerir. Bu bölüm, çığnemekten kaçınmak için yüksek düzeyde yapabileceğiniz şeyler hakkındadır.

### Bilgisayar Numaraları

Dijital bilgisayarlar, sayıları saklama ve geri çağırma konusunda çok yeteneklidir; maalesef bu süreç hatasız değildir. Bazı durumlarda bu hata oldukça önemsizdir, diğer durumlarda ise felakettir. Bilgisayarların sayıları nasıl sakladığını ve işlediğini anlamak, programınız anlamsız veriler tükenmeden önce bu sorunları düzeltmenize olanak tanır. Bu sorunlar, her bir sayıyı saklamak için sabit sayıda bit tahsis edildiği için ortaya çıkar. En basit durumlarda, 256 bit desenler 0 ila 255, 1 ila 256, -127 ila 128, vb. Arasındaki tam sayıları temsil edebilir. Daha alışılmadık bir şemada, 256 bit desenler 256 üssel olarak ilişkili sayıyı temsil edebilir: 1, 10, 100, 1000, ..., 10 254, 10 255. Verilere erişen herkes, her bit modelinin hangi değeri temsil ettiğini anlamalıdır. Birçok kodlama şeması mümkün olsa da yalnızca iki genel format ortak hale gelmiştir, sabit nokta (tamsayı sayıları olarak da adlandırılır) ve kayan nokta (gerçek sayılar olarak da adlandırılır).

### Sabit Nokta (Tamsayılar)

Sabit nokta temsili tam sayıları, pozitif ve negatif tam sayıları saklamak için kullanılır. C ve BASIC gibi yüksek seviyeli programlar genellikle her bir tamsayıyı saklamak için 16 bit ayırır. En basit durumda, 2 16 = 65,536 olası bit örüntüsü 0 ila 65,535 arasındaki sayılara atanır. Buna işaretli tamsayı formatı denir. Ofset ikilisinin en önemli kullanımı ADC ve DAC'dadır. İşaret ve büyüklük, negatif tam sayıları temsil etmenin başka bir basit yoludur. En soldaki bit denir işaret biti ve bir yapılı sıfır pozitif sayılar için ve bir tek negatif sayılar için. Diğer bitler, sayının mutlak değerinin standart bir ikili gösterimidir. Sıfır, 0000 (pozitif sıfır) ve 1000 (negatif sıfır) için iki temsil olduğundan bu, boş harcanan bir bit modeliyle sonuçlanır. İkinci tamamlayıcısı, donanım mühendisleri tarafından sevilen formattır ve tam sayıların genellikle bilgisayarlarda temsil edilme şeklidir. 16 bit kullanarak, ikinin tamamlayıcısı-32.768 ile 32.767 arasındaki sayıları temsil edebilir. En soldaki bit, sayı pozitif veya sıfırsa 0 ve sayı negatifse 1'dir. Sonuç olarak, en soldaki bit, işaret ve büyüklük gösteriminde olduğu gibi işaret biti olarak adlandırılır. Ondalık ve ikinin tamamlayıcısı arasında dönüştürme, pozitif sayılar için basit, negatif sayılar için, bir algoritma vardır: Ondalık sayının mutlak değeri alınıp ikili sayıya çevrilir. Daha sonra tüm bitler complement edilir ve 1 eklenir.

### Kayan Nokta (Gerçek Sayılar)

Kayan nokta numaraları için kodlama şeması, sabit noktadan daha karmaşıktır. Kayan nokta gösterimi bilimsel gösterime benzer ancak her şey on tabanından ziyade iki temelde gerçekleştirilir. Birkaç benzer format kullanımdayken, en yaygın olanı ANSI / IEEE Std. 754-1985. Bu standart, tek duyarlılık olarak adlandırılan 32 bit sayıların biçimini ve ayrıca çift duyarlılık olarak adlandırılan 64 bit sayıları tanımlar. (-1) S terimi, basitçe işaret biti S'nin pozitif bir sayı için 0 ve negatif bir sayı için 1 olduğu anlamına gelir. Değişken, E, sekiz üs biti ile temsil edilen 0 ile 255 arasındaki sayıdır. Bu sayıdan 127'nin çıkarılması, üslü terimin şuna kadar çalışmasına izin verir. Başka bir deyişle, üs, 127'lik bir ofset ile ofset ikili olarak depolanır. M mantisi, ikili kesir olarak 23 bitten oluşur. Diğer bir deyişle,  $M = 1 + m \cdot 2^{-1} + m \cdot 2^{-2} + m \cdot 2^{-3} \dots$  0 ile 22 arasındaki bitlerin tümü sıfırsa, M birin değerini alır. Çifte hassasiyet için IEEE standardı, tek hassas formata daha fazla bit ekler. Çift kesinlikli bir sayıyı saklamak için kullanılan 64 bitten 0 ila 51 arasındaki bitler mantis, 52 ila 62 arasındaki bitler üs ve 63 biti işaret bitidir.

## Sayı Kesinliđi

Sayı gösterimi ile ilgili hatalar, ADC sırasındaki niceleme hatalarına çok benzer. İstenilen değeri sürekli bir dizide saklamak için; ancak, yalnızca sınırlı sayıda nicelenmiş düzeyi temsil edebilir. Bazı programlama dilleri, 32 bit, sabit nokta ve ikinin gümleyicisi olarak saklanan uzun tamsayı olarak adlandırılan bir değışkene izin verir. Sabit nokta değışkenlerinde, bitişik sayılar arasındaki boşluklar her zaman tam olarak birdir. Kayan noktalı gösterimde, bitişik sayılar arasındaki boşluklar temsil edilen sayı aralığında değışir. Rastgele bir kayan nokta sayısı seçersek, bu sayının yanındaki boşluk, sayının kendisinden yaklaşık on milyon kat daha küçüktür ve aritmetik işlemlerin her birindeki yuvarlama hatası, X değeri, başlangıç değeri kademeli olarak uzaklaşmasına neden olur. Bu sapma, hataların nasıl bir araya geldiğine bağlı olarak iki şekilde olabilir. Yuvarlama hataları rastgele pozitif ve negatif ise, değışkenin değeri rastgele artacak ve azalacaktır. Hatalar ağırlıklı olarak aynı işarete sahipse, değışkenin değeri çok daha hızlı ve tekdüze bir şekilde uzaklaşacaktır. Ek hata, kabaca tek bir işlemin yuvarlama hatasına eşittir ve toplam işlem sayısı ile çarpılır. Karşılaştırıldığında, rastgele hata yalnızca işlem sayısının kareköküyle orantılı olarak artar. Belirli bir algoritmanın bu iki davranıştan hangisinin yaşayacağını kontrol etmek veya tahmin etmek neredeyse imkansızdır.

## Yürütme Hızı: Programlama Dili

DSP programlama gevşek bir şekilde üç karmaşıklıkta oluşur: Montaj, Derlenmiş ve Uygulamaya Özel. İkili sistemde çalışmak zor olduğundan bu birler ve sıfırlara gerçekleştirdikleri işleve göre adlar atanır. Bu programlama seviyesine assembly adı verilir. Çalıştırılabilir kod doğrudan mikroişlemci üzerinde çalıştırılabilir. Bir sonraki karmaşıklık düzeyi, belirli donanıma herhangi bir referans olmaksızın soyut değışkenleri işleyebilir. Bunlara derlenmiş veya yüksek seviyeli diller denir. C, BASIC, FORTRAN, PASCAL, APL, COBOL, LISP. Gibi bir düzine kadar yaygın kullanımdadır. Derleyici üst düzey kaynak kodunu doğrudan makine koduna dönüştürmek için kullanılır. Bu, derleyicinin başvurulmuş soyut değışkenlerin her birine donanım belleği konumları atamasını gerektirir. Derleyici karmaşık matematiksel ifadeleri daha temel aritmetiğe böler. Mikroişlemciler yalnızca toplama, çıkarma, çarpma ve bölme işlemlerini bilir. Daha karmaşık olan her şey, bu temel işlemlerin bir dizisi olarak yapılmalıdır. Üst düzey diller, programcıyı donanımdan ayırır. Bu, programlamayı çok daha kolay hale getirir ve kaynak kodunun farklı mikroişlemciler arasında taşınmasına izin verir. En önemlisi, derlenmiş bir dil kullanan programcının bilgisayarın iç işleyişi hakkında hiçbir şey bilmesine gerek yoktur. Mevcut projenize eklemek için yeni geliştirilmiş bir DSP mikroişlemci satın aldığınız varsayalım. Bu cihazlar genellikle DSP için birçok yerleşik özelliğe sahiptir: analog girişler, analog çıkışlar, dijital G / Ç, kenar yumuşatma ve yeniden yapılandırma filtreleri. Kişisel bilgisayarların hızı her yıl yaklaşık %40 arttığından, montajda bir rutin yazmak, donanım teknolojisinde yaklaşık iki yıllık bir sıçramaya eşdeğerdur. DSP uygulamasını C dışında bir dille programlamanın 3 nedeni vardır: Birincisi, DSP o kadar hızlı büyüdü ki, bazı kuruluşlar ve bireyler FORTRAN ve PASCAL gibi diğer dillerde sıkışıp kaldılar. İkinci olarak, bazı uygulamalar yalnızca montaj programlamasıyla elde edilebilen en yüksek verimliliği gerektirir. Üçüncüsü, C, özellikle yarı zamanlı programcılar için öğrenmesi kolay bir dil değildir.

## Yürütme Hızı: Donanım

Orijinal IBM PC, 4.77 MHz saat hızı ve 8 bit veri yoluna sahip 8088 mikroişlemciye dayanan 1981'de tanıtıldı. Bunu her 3-4 yılda bir tanıtılan yeni nesil kişisel bilgisayarlar izledi: 8088 → 80286 → 80386 → 80486 → 80586 (Pentium). Bu yeni sistemlerin her biri, bilgi işlem hızını önceki teknolojiye göre yaklaşık beş kat artırdı. 1996'da saat hızı 200 MHz'e ve veri yolu 32 bite yükseldi. Diğer iyileştirmelerle, bu, yalnızca 15 yılda bilgi işlem gücünde yaklaşık binlik bir artışla sonuçlandı. Bilgisayarlar birçok alt sistemden oluştuğundan, belirli bir görevi yürütmek için gereken süre iki ana faktöre bağlı olacaktır: 1) bireysel alt sistemlerin hızı ve 2) bu bloklar arasında veri aktarımı için geçen süre. Merkezi İşlem Birimi (CPU) sistemin kalbidir her biri 32 bit tutabilen bir düzine kadar kayıttan oluşur. CPU'ya ayrıca, bitlerin etrafında hareket ettirilmesi ve sabit nokta aritmetiği gibi temel işlemler için gerekli olan dijital elektronikler dahildir. Karmaşık matematik, verilerin matematik işlemcisi olan aritmetik mantık birimi veya ALU olarak da adlandırılan özel bir donanım devresine aktarılmasıyla ele alınır. Matematik yardımcı işlemci, CPU ile aynı çipte bulunabilir veya ayrı bir elektronik cihaz olabilir.

Çoğu kişisel bilgisayar yazılımı, bir matematik işlemcisi ile veya onsuz kullanılabilir. Bu, derleyicinin her iki durumu da işlemek için makine kodu üretmesini sağlayarak gerçekleştirilir ve bunların tümü son çalıştırılabilir programda depolanır. Verilerin alt sistemler arasında aktarılabilmesi hız, sağlanan paralel veri hatlarının sayısına ve her bir hat boyunca iletilebilen dijital sinyallerin maksimum hızına bağlıdır. Çipler arasında veri aktarımına kıyasla dijital veriler genellikle tek bir yonga içinde çok daha yüksek bir hızda aktarılabilir. Bir ardışık düzen mimarisi, belirli bir görev için gerekli donanımı birbirini takip eden birkaç aşamaya böler. Artan hızı elde etmek için kullanılan dahili mimari şunları içerir: 1) çipte bulunan çok sayıda çok hızlı önbellek, 2) program ve veriler için ayrı veri yolları, bu ikisine aynı anda erişilmesine izin verir (Harvard Mimarisi olarak adlandırılır), 3) doğrudan mikroişlemcide bulunan matematik hesaplamaları için hızlı donanım ve 4) bir boru hattı tasarımı.

### **Yürütme Hızı: Programlama İpuçları**

Bilgisayar donanımı ve programlama dilleri, yürütme hızını en üst düzeye çıkarmak için önemli olsa da bunlar günlük olarak değişen bir şey değildir. Buna karşılık, nasıl programlandığı herhangi bir zamanda değiştirilebilir ve programın ne kadar süre çalıştırılacağını büyük ölçüde etkiler. 3 önemli öneri verilebilir. İlk olarak, mümkün olduğunda kayan noktalı değişkenler yerine tamsayılar kullanılır. Kişisel bilgisayarlarda kullanılanlar gibi geleneksel mikroişlemciler, tam sayıları kayan noktalı sayılardan 10 ila 20 kat daha hızlı işler. Matematik işlemcisi olmayan sistemlerde, fark 200'e 1 olabilir. Bunun bir istisnası, genellikle değerleri kayan noktaya dönüştürerek gerçekleştirilen tamsayı bölmesidir. Bu, işlemi diğer tamsayı hesaplamalarıyla karşılaştırıldığında çok yavaş hale getirir. İkinci olarak, karmaşık işlemleri kullanmaktan kaçının. Üçüncüsü, bilgisayar sisteminde neyin hızlı neyin yavaş olduğunu öğrenin. Bu deneyim ve testlerle birlikte gelir ve her zaman sürprizler olacaktır. Grafik komutlarına ve G / Ç'ye özellikle dikkat edin. Bu gereksinimleri karşılamanın genellikle birkaç yolu vardır ve hızlar çok farklı olabilir. İşlevler bir dizi toplama, çıkarma ve çarpma olarak hesaplanır.