8-Bit Bilgisayar Mimarisi ve Komut Seti Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi

8-Bit Computer Architecture and Instruction Set Desing and Implementation

*Musa Akyüz, Dr. Öğr. Üyesi Ümit Şentürk*

*Özetçe*—Günümüzde, birçok işlemci üreten firma ve bu firmaların arasındaki rekabete baktığımızda hepsinin daha küçük alanda daha hızlı işler yaptıran elektronik devreler üretmeye çalıştığını görüyoruz. Bu çalışmada, nanometreler düzeyinde yapılan yarışın, büyük hale dönüştürülmüş versiyonu tanıtılmaktadır. Bu çalışma, işlemci içerisindeki mantıksal ve aritmatik hesaplama, kaydetme, giriş-çıkış ve kaydırma birimlerinin basit elektronik elemanlar ve tümleşik devreler ile tasarımını ve birimlerin birbirleriyle senkronize şekilde haberleşmesini içermektedir. Ayrıca tasarlanan komut seti sayesinde bu birimlerin bit düzeyindeki işlemleri kontrol edilmektedir. 8 bit veri yollu tek vuruşluk işlemci tasarlanmıştır. Hafıza birimi işlemci içerisinde konumlandırılmıştır. Bu sayede günümüz işlemcilerinin bir dezavantajı olan hafıza biriminden veri işleme süresi ve gecikmesinin önüne geçilmeye çalışılmıştır. Komut setinde her bir komut 24 bit uzunluğunda olup tek tiptir.

Anahtar Kelimeler — bilgisayar mimarisi; komut seti; aritmetik mantık birimi; kaydedici; veri yolu tasarımı;

*Abstract*—This electronic document is a “live” template and already defines the components of your paper [title, text, heads, etc.] in its style sheet. *\*CRITICAL: Do Not Use Symbols, Special Characters, or Math in Paper Title or Abstract*.

Keywords — computer architecture; ınstruction set; arithmetic logic unit; register; bus design

# Giriş

Tasarlanan mimaride Harward mimarisi benimsenmiştir. Harward mimarisi program belleği ile veri belleğinin farklı veri yolları ile merkezi işlem birimine bağlı olduğu mimaridir [1]. Komut ve veri bilgisi aynı anda merkezi işlem birimine gelebildiği için bir komut tek vuruşta işlenebilir [2]. Bu tasarım işlemci içersindeki veri yollarının sayısını arttırır. Bu sayede kontrol ünitesinin çok daha basit bir sistem olmasını sağlamaktadır.Benzer bir araştırmaya [3] kıyasla Tasarlanan komut seti içeriğinde, komutun kendisi ve kontrol ünitesi için kullanılacak bitler, manuel olarak veri girişi için anlık değer bitleri ve kaydediciler için adres bitleri bulunur. Her bir komut 24 bit uzunluğundadır ve tek türdür.

İşlemci üzerindeki birimlerin tasarımı için piyasada kolay bulunan bütünleşmiş devreler kullanılmıştır. Program belleğinin tasarımı için üç adet 8 bitlik bellek kullanılmıştır. 24 bit uzunluğunda olan her komut program belleğine kaydedilirken 8 er bitlik parçalara bölünür ve her biri bir belleğe kaydedilir. Bu belleklerin çıkış uçları ilgili birimlere bağlanır. Her komut tek tür olduğundan bu çıkış uçlarının hangi birimlere gideceği belli olmuş olur.

# Method

Her komut tek tiptir. İlk 7-bit’lik alan hangi komutun geldiğini söyler. Bir başka değişle kontrol ünitesinde tasarlanabilecek olan 27 yani 128 farklı durumdan birinin benzersiz tanımını yapan alandır. Örnek üzerinden anlatacak olursak eğer A komutu ile B komutu işlemci üzerinde çalıştırılmak istenirse ve her iki komutta da ortak veri yolları, ortak seçiciler ve ortak bitler aktif olacak ise bu iki komutun kontrol ünitesindeki karşılığı aynıdır. Dolayısıyla iki komut için de aynı 7-bit’lik benzersiz sayı atanır. Bu 7-bit doğrudan kontrol ünitesine bağlıdır ve 27 adet farklı kombinasyonda işlemci üzerindeki anahtarlar düzenlenebilir.

Sonraki 9-bit’lik alanda kaydedici adresleri belirtilir. Bu alanın ilk 3 biti hedef kaydediciyi, sonraki 3 biti ilk kaynak kaydediciyi ve son 3 biti ise ikinci kaynak kaydediciyi adresler. Gelen komutlara göre bu kaynak kaydedicilerdeki veriler bazen saf veri bazen de bir adres olabilir. Örneğin toplama işlemi için iki kaynak kaydedicideki veri toplayıcı devreye gönderilir ve sonuç hedef kaydediciye yazılır. Bu sırada kullanılacak veri yolları, açık olacak bufferlar kontrol ünitesi tarafından kontrol edilir. Kullanılacak kaydediciler ise bu paragrafta bahsedilen 9 bit ile seçilir. Her biri 3 bit yani 23 farklı kaydedici adreslenebilir dolayısıyla işlemci içerisinde 8 çift kaydedici mevcuttur. Çift olmasının nedenine ilerleyen kısımlarda değinilecektir.

24 bit’lik komutun geriye kalan 8 biti ise anlık değerin verilebileceği kısımdır. Anlık değer programa dışarıdan verilen bir veri veya adres değeri olabilir.

1. 24 bit komut için bit dağılımı

| Komut Seti | Bit dağılımı | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 7-bit | 9-bit (3-3-3) | | | 8-bit |
|  | Kontrol ünitesi – Komut bilgisi | HK | KK1 | KK2 | Anlık değer |

1. HK: Hedef Kaydedici Adresi, KK: Kaynak Kaydedici Adresi

Tablo 1’de de görüleceği üzere 7-bit ile komut tespiti yapılmıştır. Tasarlanan mimaride yani 128 farklı komut çalıştırılabilir. Şimdilik, 28 farklı temel komut oluşturulmuştur.

1. Aritmatik- Mantıksal Komutlar

| Komut Türleri | Komutlar |
| --- | --- |
| **Aritmatik Komutlar** | ADD, ADDIMM, SUB, SUBIMM |
| **Mantıksal Komutlar** | AND ANDIMM, OR, ORIMM |

Tablo 2 de 4 adet aritmatik işlem ve 4 adet de mantıksal işlem komutları bulunmaktadır. Aritmatikler sırasıyla toplama, anlık ile toplama, çıkarma, anlık ile çıkarma, ve işlemidir. Mantıksa komutlar sırasıyla ve, anlık ile ve, veya, anlık ile veya işlemidir.

Örnek olarak; kaynak kaydedi 2 (adresi 010) içerisinde 8 bit uzunluğunda 125 verisini tutsun. Hedef kaydedici 5 (adresi 101) de üzerinde 8 bit ile 12 bilgisini tutsun. Bu iki veriyi aritmatik mantık birimindeki toplayıcı devre üzerinde toplayıp çıkışı 1 nolu kaydediciye (adresi 001) kaydedeceği bir senaryo olsun. Program belleğinden ADD komutu (komut kodu 0000001) bu bilgilerle birlikte şu şekilde gelecektir.

**000000100101010100000000**

Anlık

değer

KY2

KY1

HY

Komut kodu

1. Kaydırma

| Komut Türleri | Komutlar |
| --- | --- |
| **Kaydırma** | SHIFTLEFT, SHIFTRIGHT |

Tablo 3 de birer bit sola ve sağa kaydırma komutları görülür. Tasarlanan komut setinde birden çok kaydırma adımı içiren bir sistem olması durumunda bu komutlar ard arda çalışacaktır.

1. Kaydedici kayıt

| Komut Türleri | Komutlar |
| --- | --- |
| **Anlık değerden alma** | LBFROMIMM |
| **Bellekten alma** | LBFROMMEM |
| **Başka bir kaydediciden alma** | REGTOREG |

Tablo 4 deki komutlar, kaydedicilere ilk değer atanırken veya bellekten çekilen verinin kaydedicilere geçirilmesi esnasında kullanılırlar.

Örnek olarak; 5 nolu kaydediciden (adresi 101) 2 numaralı kaydediciye (adresi 010) içerisindeki veriyi kaydetmek isteyelim. Bu bilgilerle birlikte REGTOREG komutu (komut kodu 0001101) şu şekilde yazılır.

**000110110100001000000000**

1. Hafıza işlemleri

| Komut Türleri | Komutlar |
| --- | --- |
| **Kayıt etme** | SBFROMIMM, SBFROMREG |

Tabla 5 deki komutlar anlık değerden veya kaydediciden aldığı bellekteki adres bilgisine, yine anlık değerden veya kaydediciden aldığı bilgiyi kaydeder.

1. Dallanma komutları

| Komut Türleri | Komutlar |
| --- | --- |
| **Dallanma** | BEQ, BNE, BLT, BGT, BGE, BLE |

Tablo 6 daki komutlar, program devam ederken gelen atlama işlemi komutlarıdır. Bu komutlar iki kaydedicinin verisini karşılaştıraraki büyüklük, küçüklük ve eşitlik durumlarına göre program sayacının akışını değiştirirler. Bu sayede programda döngü yazılabilir hale gelir.

Tablo 7 de ise giriş çıkış için kullanılacak komutlar vardır. Herhangi bir kaydedicideki veya bellekteki bir veriyi, farklı adresleme metodları ile çıkış ünitesine gönderen komutların yanı sıra, giriş olarak işleyen ve kaydeden komutlardır.

1. Giriş – Çıkış komutları

| Komut Türleri | Komutlar |
| --- | --- |
| **Çıkış** | PRINTREG, PRINTREGANDLOAD, PRINTMEMFROMREG, PRINTMEMFROMIMM |
| **Giriş** | WRITETOREG, WRITETIMEMFROMREG, WRITETIMEMFROMIMM |

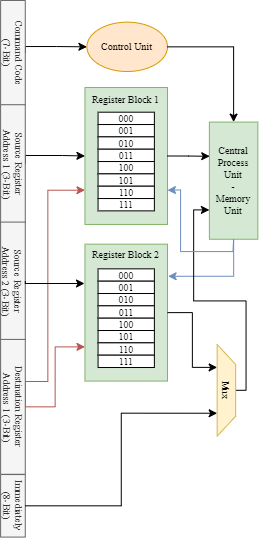


Figure. 1. Advanced diagram to design

Kaydediciler farklı şekilde adreslenebilir. Dolayısıyla 8 farklı kaydedici bulunabilir. Komut seti tasarımında yapılan iki kaynak kaydedici için de iki adet kaydedici bloğu bulunur. Her blok tamamen birbiriyle aynı bilgileri tutar. İlk kaydedici bloğunda bulunan veriler her zaman merkezi işlem birimine gönderilir. Gelen komuta göre anlık değer ile ikinci kaydedici bloğundan gelen veriler seçilir ve merkezi işlem birimine gönderilir [Bkz Figure 1]. Komut bilgisi ve kaydedici adresleme için kullanılan toplam 16 bit kontrol ünitesindeki çözücü devreler vasıtasıyla merkezi işlem birimindeki seçiciler ve kontrol pinleri ve aktifleştirme pinleri *(örneğin kaydedicilerdeki enable pini)* ile eşlenir. Anlık değer bilgisi ise doğrudan merkezi işlem birimindeki ortak veri yoluna bağlanmıştır. Mimaride, veri yolları, seçilen bellek mimarisi, kaydediciler ve hesaplama birimleri de 8 bit olduğundan herhangi bir anlık değer dönüştürme birimi kullanılmamıştır. Anlık değer bilgisi, gelen komuta göre istenirse doğrudan bir veri olarak istenirse de bellek adreslemek için kullanılabilir.

Program sayıcıda hesaplanan komut adresi, komut belleğinde bulunan 3 farklı 8 bit adreslenebilir belleklerin adres seçim pinleri ile bağlanır. Burada 3 farklı bellek kullanımının amacı, paralel veri yolu sistemini korumak ve kontrol unitesinin karmaşıklığını azaltmaktır (Bkz Figure 2).

Diagram

Description automatically generated

Figure. 2. Program Memory Split Structure Basic Schema

Bu [4] yazıda bahsi geçen Single Instruction Multiple Data Stream yaklaşımı gibi program sayacı ile birden çok bellekden *(SIMD)* veri çıkışı kontrol edilmiştir.

Timeline

Description automatically generated

Figure. 3. Input-Output design

Figure 3 deki resimde görüleceği üzere, giriş çıkış ünitesi doğrudan tasarlanan işlemcinin içindeki ortak veri yoluna bağlıdır. Kontrol ünitesinden gelen giriş veya çıkış işlemleri sırasında bu veri yollarından veri çekere veya veriyi aktarır.

##### Sonuç ve tartışma

Bu proje bilgisayar mimarileri kapsamı içinde araştırmaların sonucu olarak bilinen teknikleri kullanarak komut seti ve mimari tasarlamaya yöneliktir. Kontrol ünitesinin karmaşıklığını azaltmak, tüm veri yollarına farklı birimleri bağlarken, birbirleriyle senkronize ve çakışmadan, tek çevrimde çalıştırmak ana hedefidir. Ayrıca tasarlanan komut setinin ve mimaride kullanılan modüllerin, tümleşik devre birimlerinin ve elektronik devrelerin önce Proteus gibi çalışma alanlarında simülasyonları yapılarak test edilmesini daha sonra fiziksel anlamda üretilmesi kapsar.

##### Bilgilendirme

*Bilgilendirmeler gizlenmiştir.*

##### Kaynaklar

1. Pizhou Ye and Chaodong Ling, "A RISC CPU IP core," *2008 2nd International Conference on Anti-counterfeiting, Security and Identification*, 2008, pp. 356-359, doi: 10.1109/IWASID.2008.4688427.
2. Reaz, M. I., Jalil, J., & Rahman, L. F. (2012). Single core hardware modeling of 32-bit MIPS RISC processor with a single clock. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 4(7), 825-832.
3. Özkurt, N. E. & Gündüzalp, M. (2000). 8 BİT GENEL AMAÇLI BİR MİKRODENETLEYİCİNİN ÇOK BÜYÜK ÖLÇEKLİ TÜMLEŞİK DEVRE TEKNOLOJİSİ İLE TASARIMI . Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi , 2 (2) , 1-14 . Retrieved from https://dergipark.org.tr/tr/pub/deumffmd/issue/40893/493747
4. Flynn, Michael J., and Kevin W. Rudd. "Parallel architectures." *ACM computing surveys (CSUR)* 28.1 (1996): 67-70.