

Bilgisayar Mühendisliğine Giriş – BLM 101

Hafta 9: Bilgisayar Mimarisi: LC3 Komut Kümesi I



Fenerbahçe Üniversitesi

9. Hafta İçeriği

- Komut Seti Mimarisi (ISA)
 - Bellek Organizasyonu
 - Saklayıcılar
 - Komut Seti
 - Operasyon Kodları
 - Veri Türleri
 - Adresleme Modları
 - Karar Kodları
- Çalışma Komutları
- Veri Hareketi Komutları
 - PC Modu
 - Dolaylı (Indirect) Mod
 - Base+Offset Mod
 - Hemen (Immediate) Mod

Komut Mimarisi (Instruction Set Architecture)

ISA, program yazacak kişiye donanımın desteklediği operasyonların neler olduğunu gösteren mimaridir.

ISA, donanımın aşağıda listelenen özelliklerini gösterir.

- Bellek Organizasyonu
 - Adres uzayı (Address space): Bellekteki kaç lokasyonun erişilebilir olduğunu gösterir.
 - Adreslenilebilirlik (Addressability): Bellekteki bir lokasyonun kaç bit olacağını gösterir.
- Saklayıcılar (registers)
 - Kaç tane, boyutları ve ne amaçla kullanıldıklarını açıklar.

Komut Mimarisi (Instruction Set Architecture)

- Komut Seti (Instruction Set)
 - Operasyon kodu (opcodes): Çalıştırılacak operasyonun ne olduğunu belirten bitlerdir.
 - Veri Türleri (data types): İşlemcinin desteklediği veri türleridir (Veri gösterimi, ikilik tümleyen gibi...).

Verilen ISA ile programcı makine dili ile yazılımlar geliştirebilir. C dili gibi yüksek seviyeli dillerdeki bir uygulamayı makine diline dönüştürebilir.

LC-3: Bellek ve Saklayıcılar

- Bellek (Memory)

- Adres uzayı (address space): 2^{16} lokasyon (16 adet adres biti vardır.)
- Adreslenebilirlik (addressability): Her bir lokasyon 16 bit genişliğindedir.

LC-3: Bellek ve Saklayıcılar

• Saklayıcılar (Registers)

- Sekiz genel amaçlı saklayıcı: R0-R7 olmak üzere her biri 16 bitlik 8 adet saklayıcıdır. Tek bir saat çevriminde (clock cycle)'da erişilir.
- Diğer saklayıcılar
 - Komutlardan tarafından geçici depolama alanı olarak kullanılan saklayıcılardır.
 - PC (program counter): Bellekteki kaçınıcı satırın çalıştırıldığını gösterir.
 - IR (Instruction Register): Çalıştırılan komutu içerir.
 - PSR (Processor Status Register): LC3'ün çalışma modunu gösterir. PSR'in 15. biti 1 olduğunda supervisor modu, 0 olduğunda ise kullanıcı modu'dur.
 - CC (Condition Code): Son çalıştırılan komutun ürettiği değerin Negatif, Sıfır veya Pozitif olup olmadığını belirtir. CC'nin değerini değiştiren komutlar;
 - ADD, AND, LD, LDI, LDR, LEA ve NOT.

LC-3: Komut Seti (Instruction Set)

• Operasyon Kodları (Opcodes)

- 15 tane operasyon kodu vardır.
- *Aritmetik operasyonlar*: ADD, AND, NOT
- *Veri hareketi operasyonları*: LD, LDI, LDR, LEA, ST, STR, STI
- *Kontrol Operasyonları*: BR, JSR/JSRR, JMP, RTI, TRAP
- CC (Condition Codes)'ı sonucuna göre değiştiren operasyonlar vardır:
 - N = negative, Z = zero, P = positive
 - ADD, AND, LD, LDI, LDR, LEA ve NOT.

LC-3: Komut Seti (Instruction Set)

- Veri Türleri (Data types)
 - 16 bitlik 2'lik tümleyen (2's complement) tamsayı formatındadır.

LC-3: Komut Seti (Instruction Set)

•Adresleme Modları (Adressing Modes)

- İşleme sokulacak olan sayı; bellekteki bir adresten, komutun içerisinde veya bir saklayıcıdan alınabilir.

Bellek olmayan adresler

- Komutun içerisinde erişim: immediate komutu ile belleğe gidilmeden komutun içerisindeki sayı direk işleme sokulur.
- Saklayıcılar: R0-R7 saklayıcılarının değerleri kullanılabilir.

Bellek adresleri: *PC*, Dolaylı (*indirect*), *base+offset*

Aritmetik Operasyonlar(Operate Instructions)

- Üç çeşit operasyon vardır: ADD, AND, NOT
- Bu aritmetik operasyonlardaki işlemler saklayıcılar ile yapılır.
- Yani bellekteki bir sayı işleme sokulmak isteniyorsa öncelikle saklayıcıya kaydedilmeli ardından saklayıcının içindeki sayıyla işlem yapılabilir.
 - ADD ve AND operasyonları immediate modda kullanılabilir. Immediate moddayken sayılardan birisi saklayıcılardan alınmaz, doğrudan komutun içerisindeki sayı kullanılır.

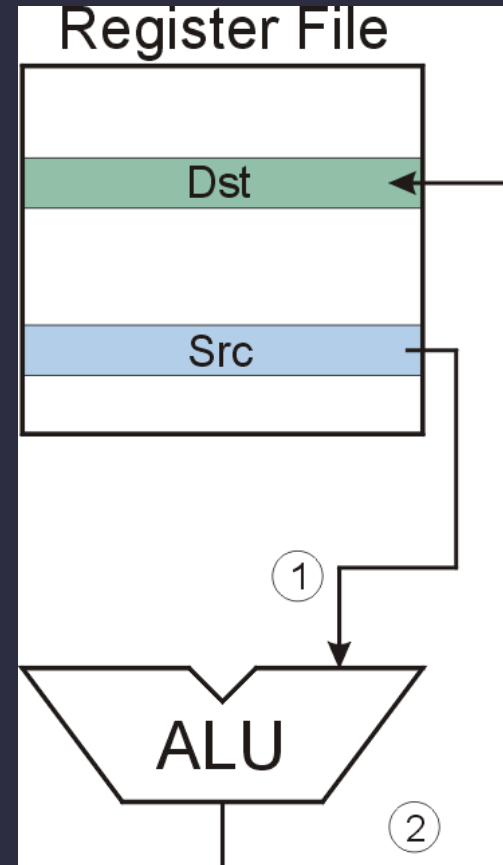
LC-3 ISA

ADD	0001	DR	SR1	0	00	SR2
ADD	0001	DR	SR1	1	imm5	
AND	0101	DR	SR1	0	00	SR2
AND	0101	DR	SR1	1	imm5	
NOT	1001	DR	SR	111111		
BR	0000	n	z	p	PCOffset9	
JMP	1100	0	00	BaseR	000000	
JSR	0100	1	PCOffset11			
JSRR	0100	0	00	BaseR	000000	
RET	1100	0	00	111	000000	

LD	0010	DR	PCOffset9			
LDI	1010	DR	PCOffset9			
LDR	0110	DR	BaseR	offset6		
LEA	1110	DR	PCOffset9			
ST	0011	SR	PCOffset9			
STI	1011	SR	PCOffset9			
STR	0111	SR	BaseR	offset6		
TRAP	1111	0000	trapvect8			
RTI	1000	000000000000				
reserved	1101					

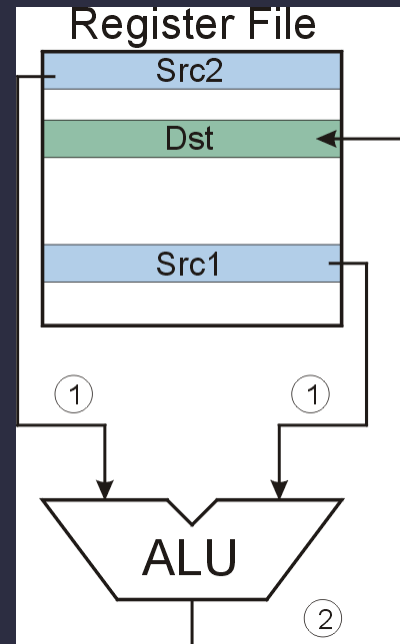
NOT Operasyonu

	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
NOT	1	0	0	1	Dst			Src			1	1	1	1	1	1



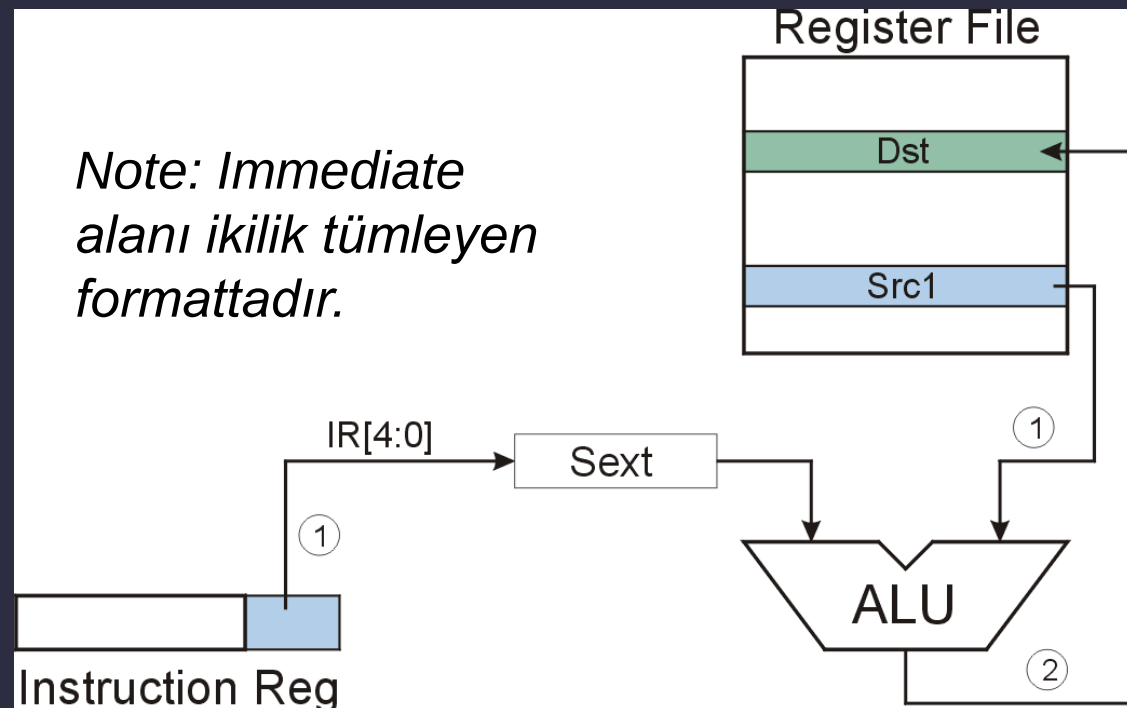
Not: Src ve Dst aynı saklayıcılar olabilir.

ADD/AND Operasyonları



Bu sıfır operasyon modunu gösterir, (immediate veya değil)

ADD/AND (Immediate)



1 olduğu için,
immediate modu
açık

Aritmetik Operasyonların Kullanımı(Using Operate Instructions)

- Sadece ADD/AND, NOT ile
 - Çıkartma
 - Veya işlemi
 - Bir saklayıcıdan diğer saklayıcıya kopyalama işlemi
 - Bir saklayıcıya sıfır atama

İşlemleri nasıl yapılır?

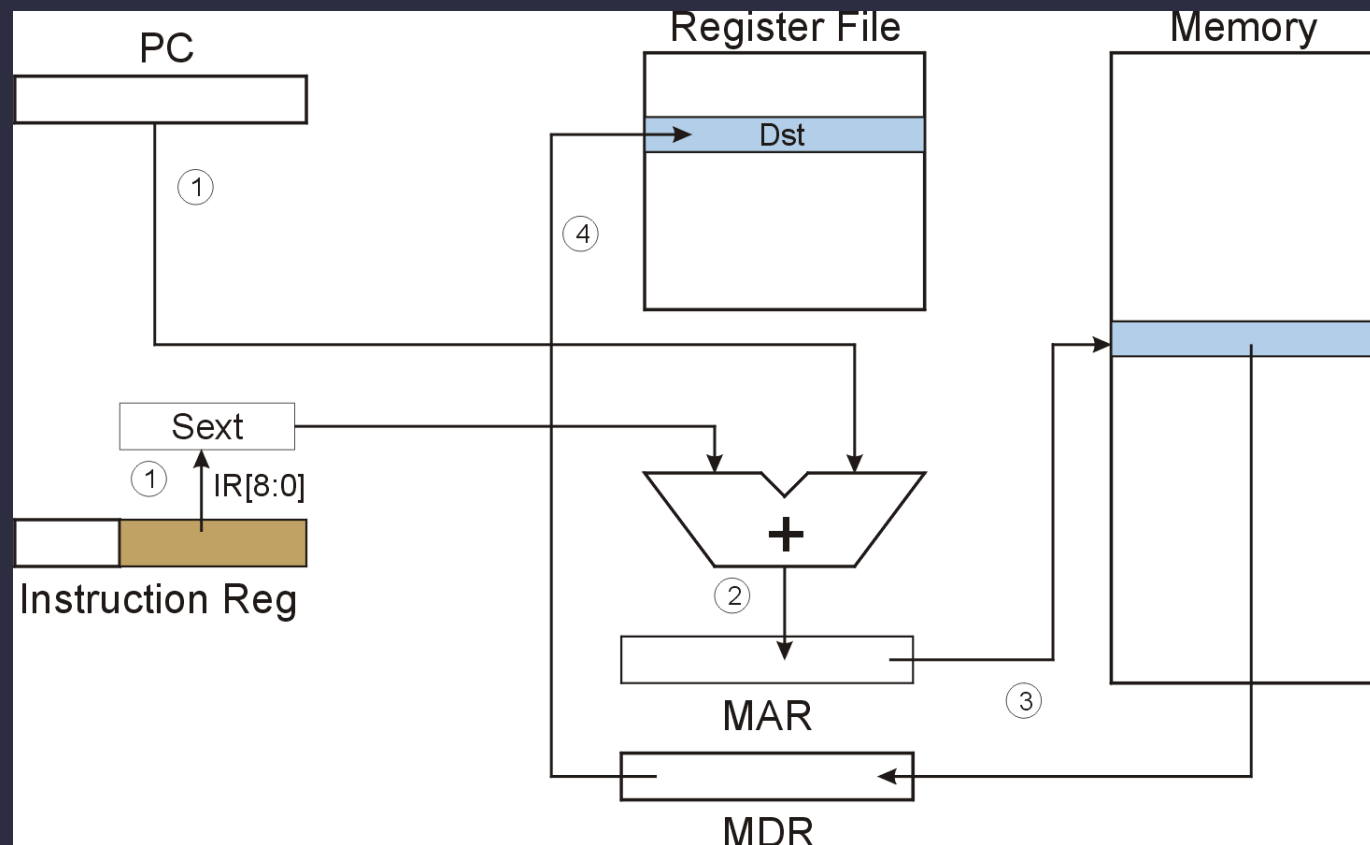
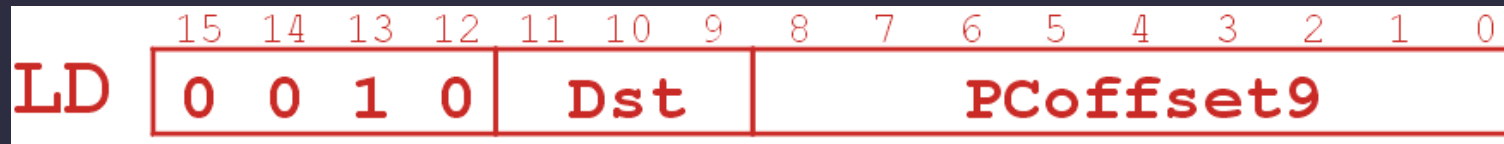
Veri Hareketleri Komutları (Data Movement Instructions)

- Yükleme (Load) – Bellekten saklayıcıya veri aktarımı
 - LD: PC-İlişkili modu
 - LDR: base+offset modu
 - LDI: Dolaylı (indirect) modu
- Saklama (Store) – Saklayıcıdan belleğe yazılma
 - ST: PC-İlişkili modu
 - STR: base+offset modu
 - STI: Dolaylı (indirect) modu
- Çalışan Adresin Kaydedilmesi
 - LEA: Hemen (immediate) modu

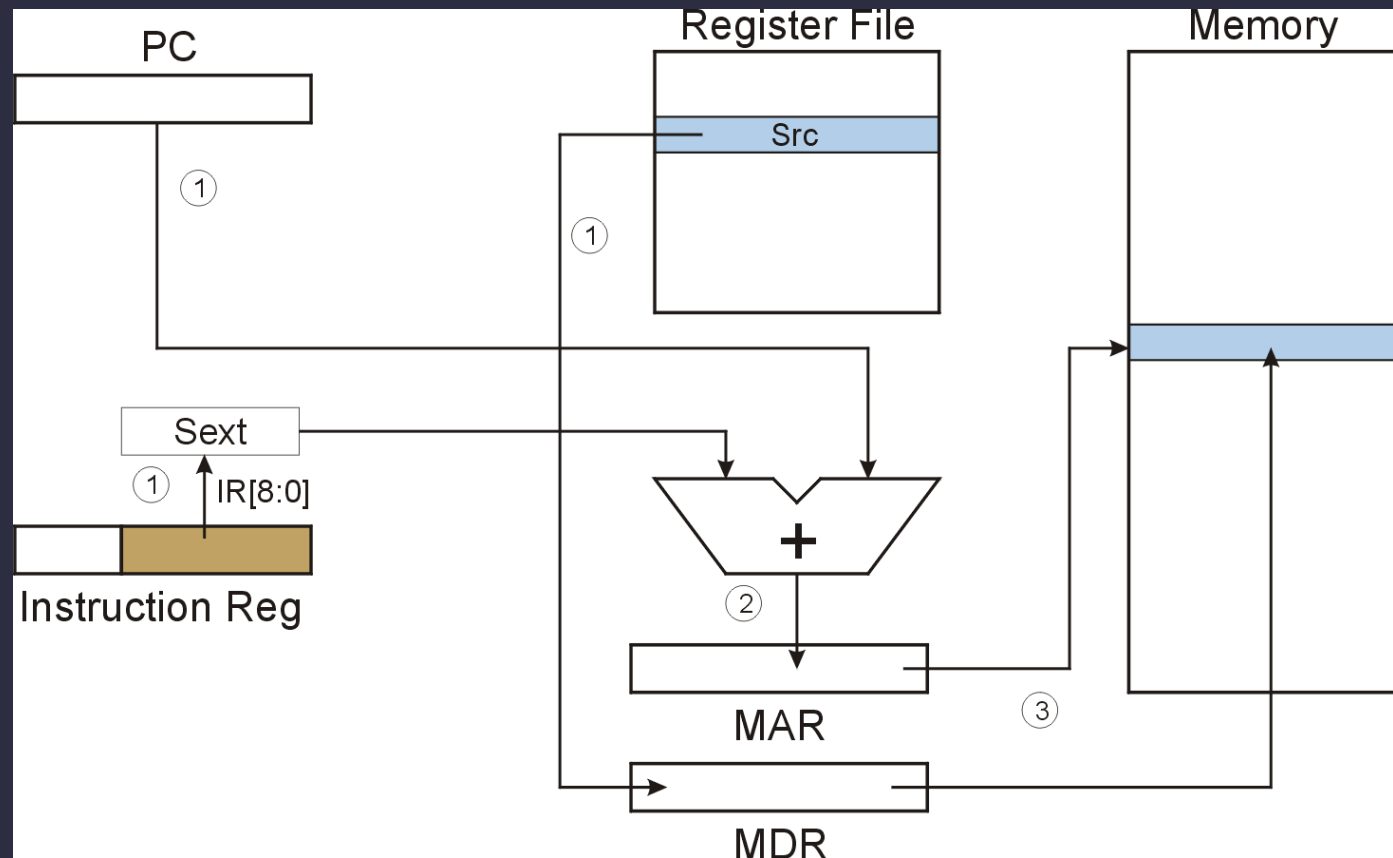
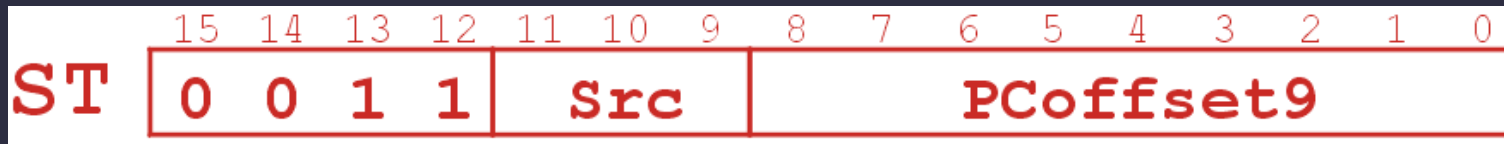
PC-İlişkili Adresleme Modu

- Erişilmek istenen adresi doğrudan verilmesidir.
 - Bir komut 16 bitten oluşmaktadır.
 - 4 bit operasyon kodu
3 bit saklayıcılar için kullanılmaktadır.
 - $16 - 4 - 3 = 9$ bit adres için kullanılmaktadır.
- 9 bits: $-256 \leq \text{offset} \leq +255$
- PC'den erişim: $\text{PC} - 256 \leq X \leq \text{PC} + 255$

LD (PC-Relative)



ST (PC-Relative)



Dolaylı (Indirect) Adresleme Modu

- PC-Relative mod ile sadece bellekteki

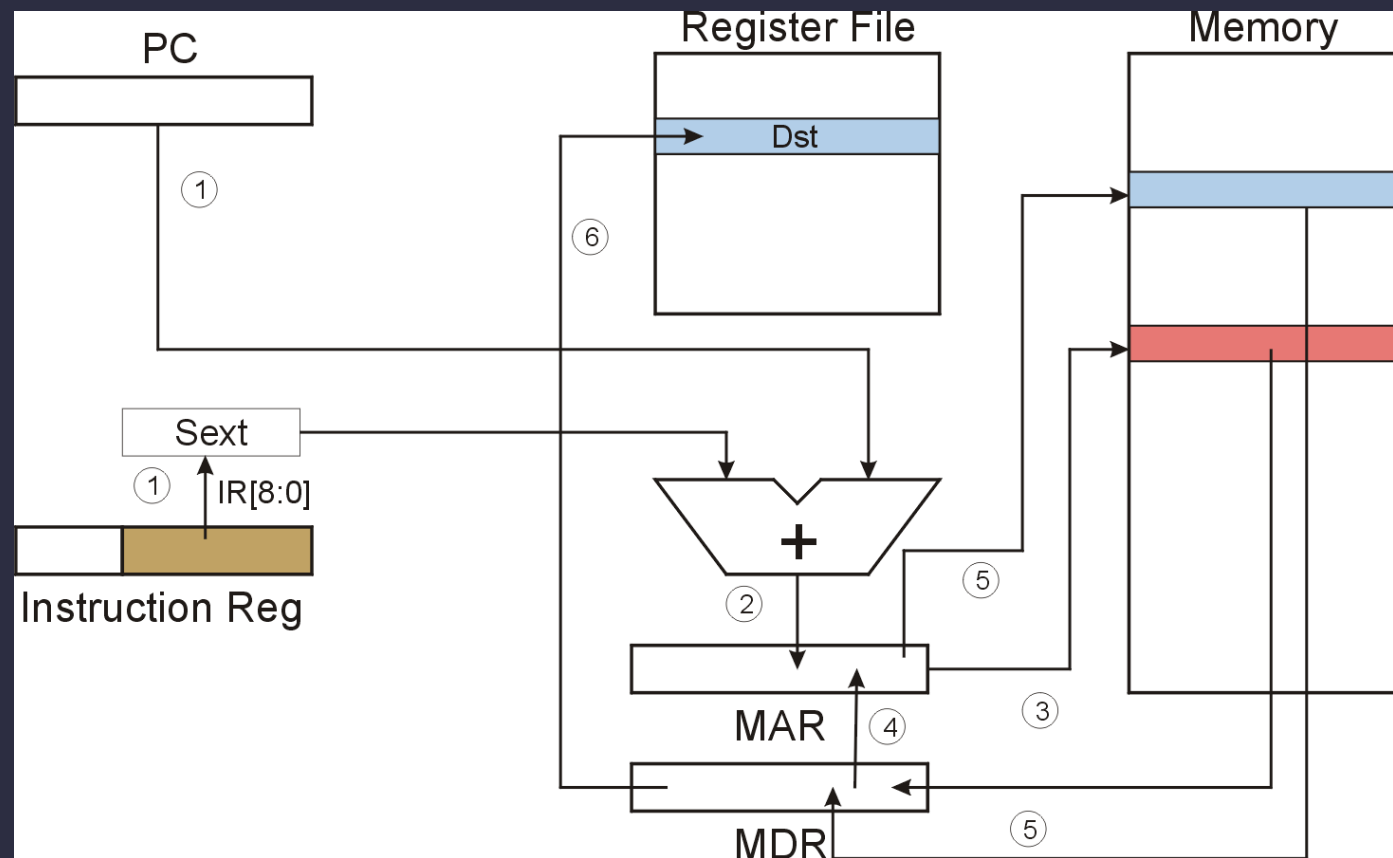
$$PC - 256 \leq X \leq PC + 255$$

- Adreslerine erişilebilir. Büyük belleklerde bu bazı bölgelere erişim sorunu doğurabilir.

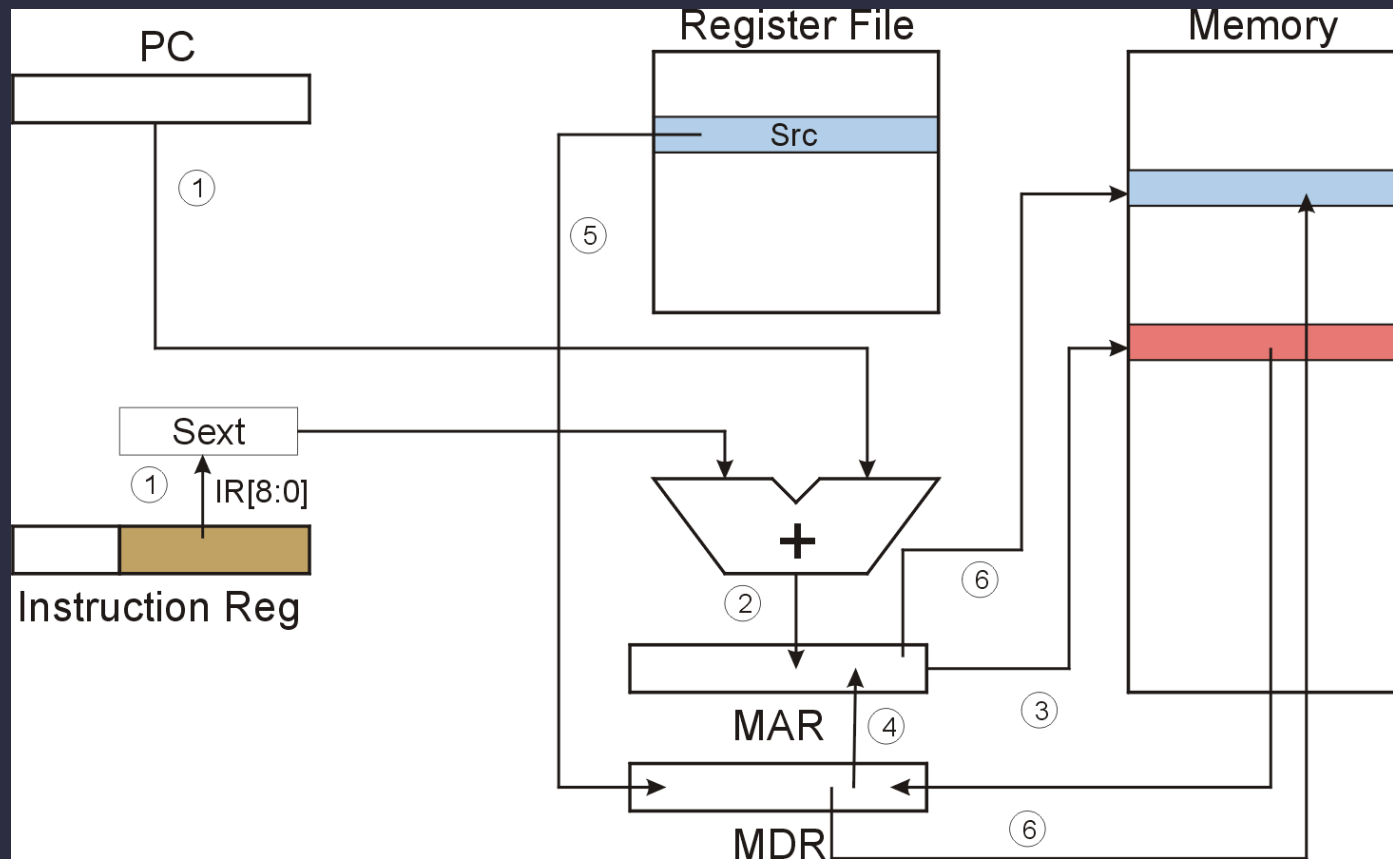
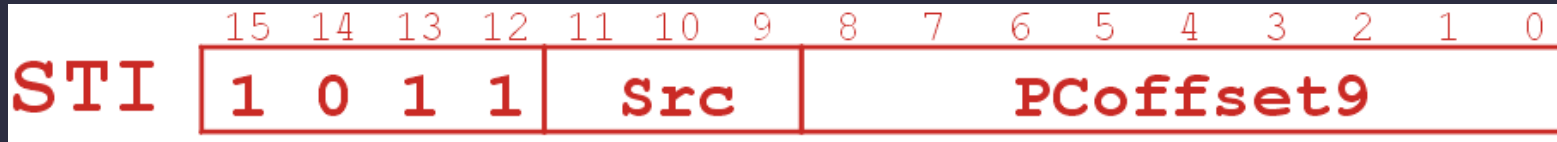
- Çözüm 1:

- Bellekten bir adresin içeriğini oku,
okunan adresin içindeki sayı ile adrese eriş.

LDI (Indirect)



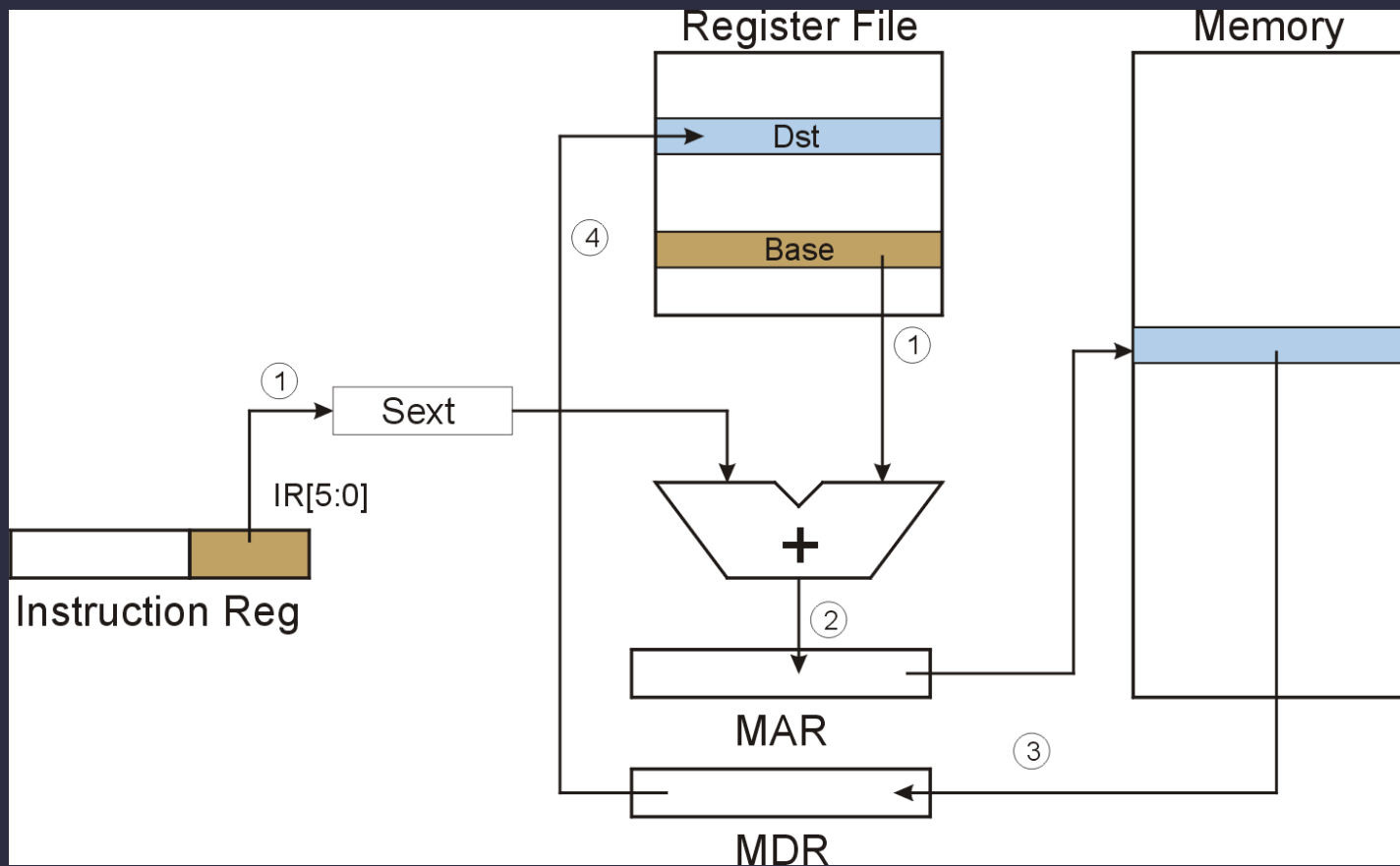
STI (Indirect)



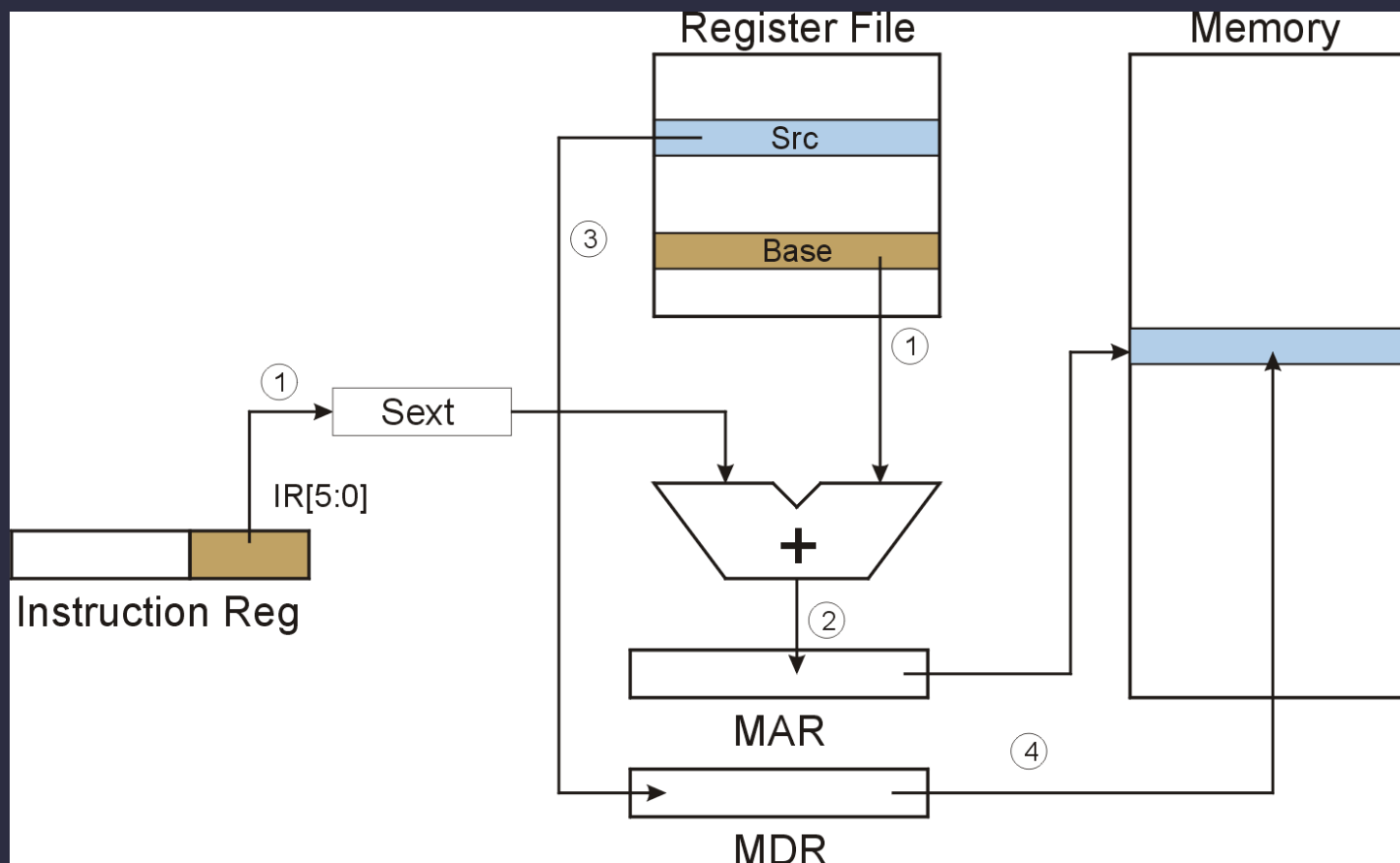
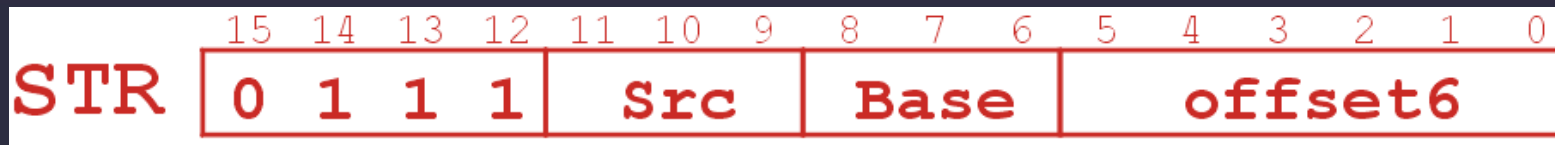
Base + Offset Adresleme Modu

- PC-Relative mod ile sadece bellekteki
 - Adreslerine erişilebilir. Büyük belleklerde bu bazı bölgelere erişim sorunu doğurabilir.
- Çözüm #2:
 - Bir saklayıcıyı ile erişim.
- 4 bits operasyon kodu, 3 bit saklayıcı adresi, 3 bit *base saklayıcısı* – kalan 6 bit ise offset olarak kullanılır.

LDR (Base+Offset)



STR (Base+Offset)



Çalışan Adresin Saklanması

- PC adresinin bir saklayıcıya kaydedilmesidir.

LEA (Immediate)

