



PROGRAM STUDI

S1 SISTEM KOMPUTER

UNIVERSITAS DIPONEGORO



# Aritmatik Komputer

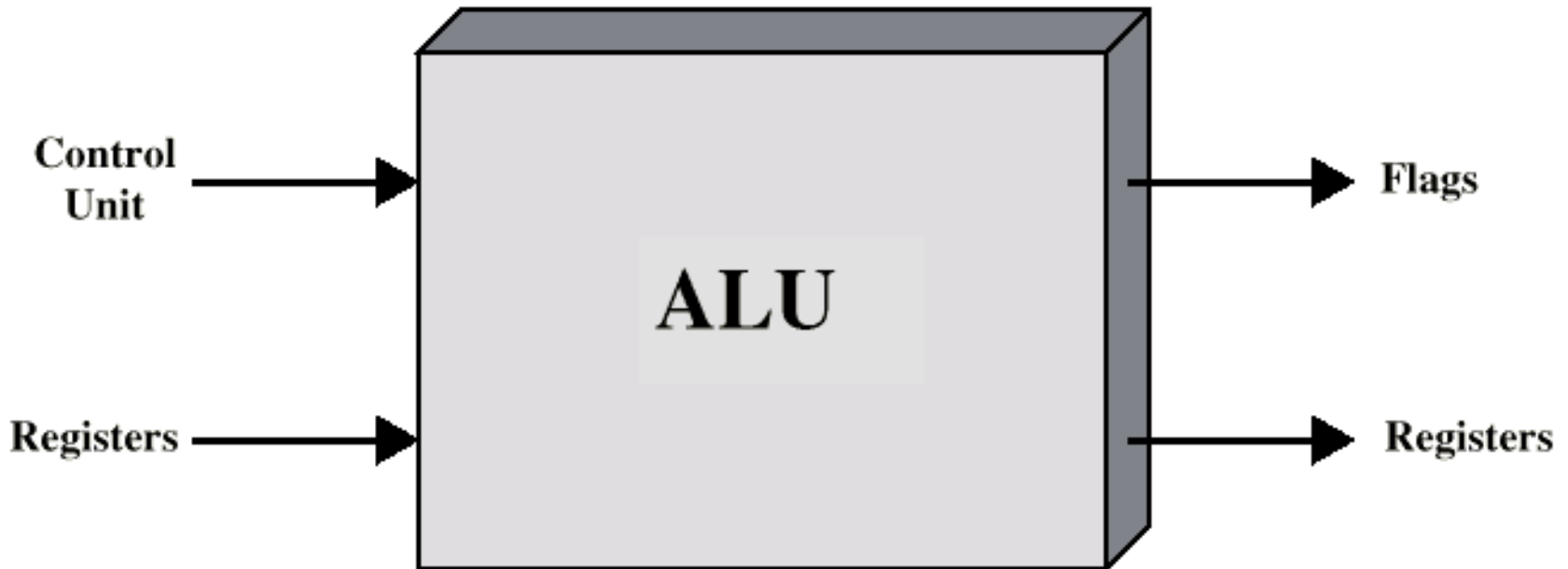
---

Okky Dwi Nurhayati, ST, MT  
email: [okkydn@undip.ac.id](mailto:okkydn@undip.ac.id)



# ALU Inputs and Outputs

---



# Representasi Integer

- Dalam sistem bilangan biner, semua bilangan dapat direpresentasikan dengan hanya menggunakan bil. 0, 1, tanda minus & tanda titik. Misal:  $-1101.0101_2$
- Sebuah word 8-bit dapat digunakan untuk merepresentasikan bilangan 0 hingga 255. Misal:  $00000000=0$
- Rangkaian n-bit bilangan biner akan direpresentasikan sebagai unsigned integer A dengan nilai: 
$$A = \sum_{i=0}^{n-1} 2^i a_i$$

# Representasi Nilai Tanda

- Bentuk paling sederhana yg memakai bit tanda adalah representasi nilai tanda. Pada sebuah word n bit, n-1 bit paling kanan menampung nilai integer. Misal:

$$+18 = 00010010$$

$$-18 = 10010010 \text{ (sign-magnitude/nilai-tanda)}$$

Representasi nilai tanda yang digunakan:

$$A = \begin{cases} \sum_{i=0}^{n-2} 2^i a_i \rightarrow a_{n-1} = 0 \\ - \sum_{i=0}^{n-2} 2^i a_i \rightarrow a_{n-1} = 1 \end{cases}$$



# Two's Complement

---

- $+3 = 00000011$
- $+2 = 00000010$
- $+1 = 00000001$
- $+0 = 00000000$
- $-1 = 11111111$
- $-2 = 11111110$
- $-3 = 11111101$



# Sistem Bilangan

---

- Memory komputer terdiri dari sejumlah angka.
- Memory tidak menyimpan angka desimal (base 10).
- Angka yang disimpan berupa bilangan Biner (base 2)
- Dalam memory menggunakan hex (basis 16)



# Desimal

---

- Bilangan basis 10 yang terdiri dari kemungkinan 10 digit (0-9).
- Tiap digit berupa bilangan pangkat 10 yang di asosiasikan berdasarkan posisinya

$$234 = 2 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 4 \times 10^0$$



# Biner

---

- Bilangan basis 2 berupa campuran dari kemungkinan 2 digit (0 dan 1).
- Tiap digit berupa bilangan pangkat 2 yang diasosiasikan berdasarkan posisinya
- BIT= binary Digit

$$\begin{aligned}11001_2 &= 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 \\ &= 16 + 8 + 1 \\ &= 25\end{aligned}$$



# Konversi Biner - Desimal

---

Decimal	Binary		Decimal	Binary
0	0000		8	1000
1	0001		9	1001
2	0010		10	1010
3	0011		11	1011
4	0100		12	1100
5	0101		13	1101
6	0110		14	1110
7	0111		15	1111

Konversi desimal 0-15 ke biner



# Hexadesimal (hex)

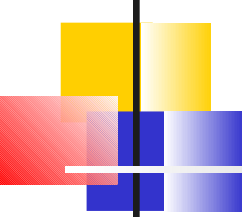
---

- Bilangan basis 16.
- Memiliki 16 kemungkinan digit
- 0-9 dan A-F (untuk merepresentasikan 10 - 15)
- Tiap digit berupa bilangan pangkat 16 yang diasosiasikan berdasarkan posisinya

Konversi Hex - desimal

$$\begin{aligned} 2BD_{16} &= 2 \times 16^2 + 11 \times 16^1 + 13 \times 16^0 \\ &= 512 + 176 + 13 \\ &= 701 \end{aligned}$$

# Konversi Biner dan Hex ke Desimal



---

$$\begin{aligned}8A2Dh &= 8 * 16^3 + A * 16^2 + 2 * 16^1 + D * 16^0 \\ &= 35373d\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}11101b &= 1 * 2^4 + 1 * 2^3 + 1 * 2^2 + 0 * 2^1 + 1 * 2^0 \\ &= 29d\end{aligned}$$

# Konversi Bilangan hex ke Desimal

$$8A2D = 8*16^3 + A*16^2 + 2*16^1 + D*16^0$$

$$= ((8*16 + A)*16 + 2)*16 + D$$

$$= ((8*16 + 10)*16 + 2)*16 + 13$$

$$= 35373d$$

Kalikan digit hex pertama (**8**) dengan **16** dan tambah dengan digit ke dua (**A**). Hasilnya di kalikan dengan **16** dan tambahkan dengan digit ke tiga (**2**). Hasilnya kalikan dengan 16 dan tambahkan dengan digit selanjutnya (**D**)

# Konversi Bilangan Biner ke Desimal (idem dg hex)

1 1 1 0

$$11101b = 1*2+1 \rightarrow 3*2+1 \rightarrow 7*2+0 \rightarrow 14*2+1 = 29d$$

Hasil  $\Leftarrow$

2 B D 4

$$2BD4h = 2*16+11 \rightarrow 43*16+13 \rightarrow 701*16+4 = 11220d$$

$$8A2D = ((8*16+A)*16+2)*16+D$$

# Konversi Desimal ke hex (Modulo)

$$11172d = 11172 \div 16 = 698 \text{ sisa } \mathbf{4}$$

$$698 \div 16 = 43 \text{ sisa } \mathbf{10} \text{ (A)}$$

$$43 \div 16 = 2 \text{ sisa } \mathbf{11} \text{ (B)}$$

$$2 \div 16 = \mathbf{0} \text{ sisa } 2$$

$$= \mathbf{2BA4}h$$

Atau

$$11172d = \mathbf{698} * 16 + \mathbf{4}$$

$$698d \leftarrow = \mathbf{43} * 16 + \mathbf{10(A)}$$

$$43d \leftarrow = \mathbf{2} * 16 + \mathbf{11(B)}$$

$$2d \leftarrow = \mathbf{0} * 16 + \mathbf{2}$$



# Konversi Desimal ke Biner

---

$$95 = 47 * 2 + \mathbf{1}$$

$$47 = 23 * 2 + \mathbf{1}$$

$$23 = 11 * 2 + \mathbf{1}$$

$$11 = 5 * 2 + \mathbf{1}$$

$$5 = 2 * 2 + \mathbf{1}$$

$$2 = 1 * 2 + \mathbf{0}$$

$$1 = 0 * 2 + \mathbf{1}$$

Diperoleh 101111b

$$95 \div 2 = 47 \text{ sisa } \mathbf{1}$$

$$47 \div 2 = 23 \text{ sisa } \mathbf{1}$$

$$23 \div 2 = 11 \text{ sisa } \mathbf{1}$$

$$11 \div 2 = 5 \text{ sisa } \mathbf{1}$$

$$5 \div 2 = 2 \text{ sisa } \mathbf{1}$$

$$2 \div 2 = 1 \text{ sisa } \mathbf{0}$$

$$1 \div 2 = 0 \text{ sisa } \mathbf{1}$$

modulo

# Konversi

## hex ke biner

2B3Ch

Untuk melakukan konversi

hex ke biner, pisahkan

masing-masing digit menjadi 4 bit

per digit-nya

2 B 3 C

0010 1011 0011 1100

Diperoleh 0010101100111100b=2B3Ch

Biner				Dec
0	0	0	0	<b>0</b>
0	0	0	1	<b>1</b>
0	0	1	0	<b>2</b>
0	0	1	1	<b>3</b>
0	1	0	0	<b>4</b>
0	1	0	1	<b>5</b>
0	1	1	0	<b>6</b>
0	1	0	0	<b>7</b>
1	0	0	0	<b>8</b>
1	0	0	1	<b>9</b>
1	0	1	0	<b>10 (A)</b>
1	0	1	1	<b>11 (B)</b>
1	1	0	0	<b>12 (C)</b>
1	1	0	1	<b>13 (D)</b>
1	1	1	0	<b>14 (E)</b>
1	1	1	1	<b>15 (F)</b>

# Konversi

## Biner ke Hex

■ 1110101010b

3      A      A

11 1010 1010 = 3AAh

Biner				Dec
0	0	0	0	<b>0</b>
0	0	0	1	<b>1</b>
0	0	1	0	<b>2</b>
0	0	1	1	<b>3</b>
0	1	0	0	<b>4</b>
0	1	0	1	<b>5</b>
0	1	1	0	<b>6</b>
0	1	0	0	<b>7</b>
1	0	0	0	<b>8</b>
1	0	0	1	<b>9</b>
1	0	1	0	<b>10 (A)</b>
1	0	1	1	<b>11 (B)</b>
1	1	0	0	<b>12 (C)</b>
1	1	0	1	<b>13 (D)</b>
1	1	1	0	<b>14 (E)</b>
1	1	1	1	<b>15 (F)</b>

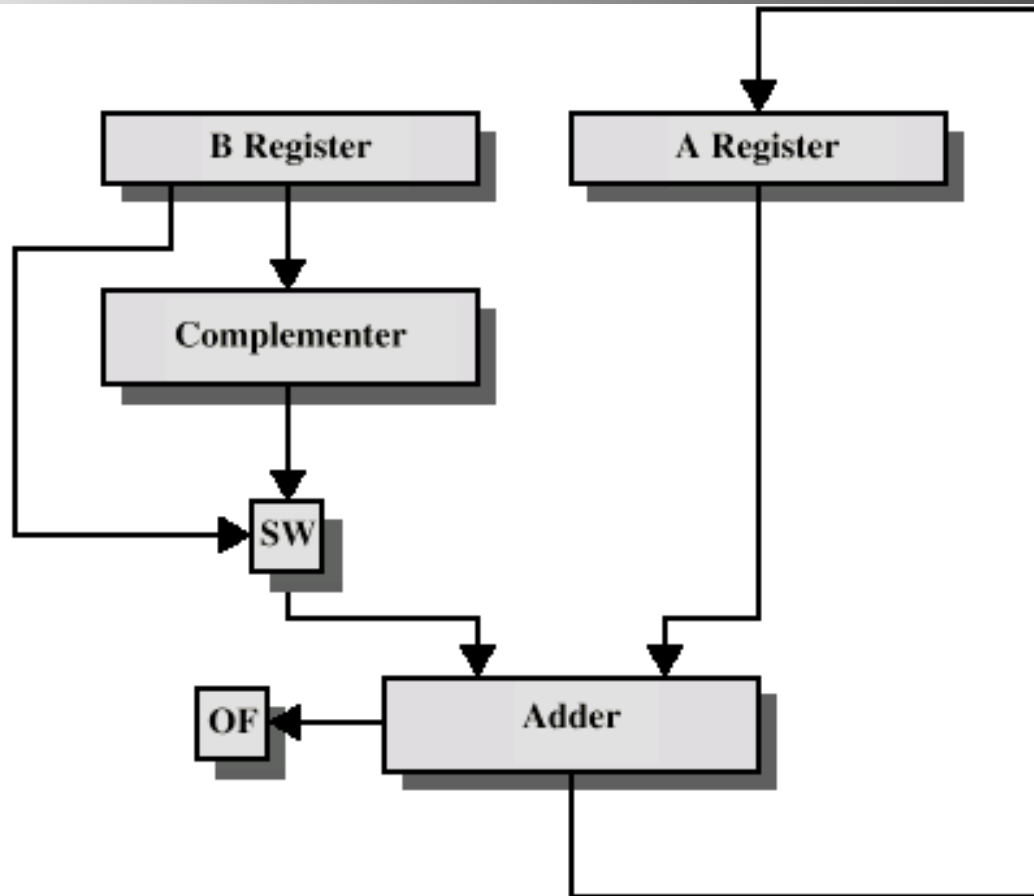


# Penjumlahan dan Pengurangan

---

- Penjumlahan biner normal
- Monitor bit tanda untuk overflow
- Mengambil twos compliment dari nilai dan menjumlahkan dengan nilai minus
  - i.e.  $a - b = a + (-b)$
- Sehingga yang diperlukan hanya penjumlahan dan komplemen rangkaian

# Hardware untuk penjumlahan dan pengurangan



OF = overflow bit

SW = Switch (select addition or subtraction)



# Penjumlahan

---

2546d

$$2+6=8$$

1872d

$$8+3=11,$$

=====+

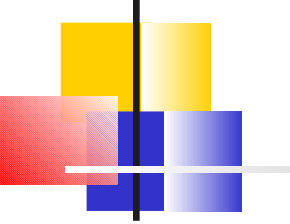
ditulis 1 carry 1

4418d

$$5+8+1= 14$$

Ditulis 4 carry 1

# Tabel penjumlahan Hex



	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10
2	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11
3	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12
4	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13
5	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14
6	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15
7	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16
8	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17
9	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
B	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A
C	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B
D	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C
E	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D
F	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E



# Tabel Penjumlahan Biner

---

	<b>0</b>	<b>1</b>
<b>0</b>	0	1
<b>1</b>	1	10



# Contoh penjumlahan

---

5B39h

7AF4h

=====

D62Dh

9+4=D

3+F=2 carry 1

B+A+1=6 carry 1

5+7+1=D

100101111

110110

=====

101100101

1+0=1

1+1=0 carry 1

1+1+1=1 carry 1

*Dan seterusnya*



# Penjumlahan biner

---

No previous carry				Previous carry			
0	0	1	1	0	0	1	1
+0	+1	+0	+1	+0	+1	+0	+1
<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
0	1	1	0	1	0	0	1
			c		c	c	c

$$\begin{array}{r} 11011_2 \\ +10001_2 \\ \hline 101100_2 \end{array}$$



# Pengurangan

---

pp

9145

7283

===== -

1862

$$5-3=\mathbf{2}$$

$$4-8= 14-8=\mathbf{6}$$

pinjam *1* dr angka ratusan sebelah kiri (1) sehingga menjadi 14.

$$11-2-1=\mathbf{8}$$

pinjam *1* dr angka ribuan sebelah kiri (9) sehingga menjadi 11.

P=pinjam

$$9-7-1=\mathbf{1}$$



# Pengurangan Hex

---

D26F

BA94

== == == == -

17DB

F-4=B

6-9= ?, pinjam 1 dari bilangan di sebelah kiri, sehingga menjadi 16-9, untuk itu lihat tabel pada baris ke 9, dan kolom D, jika  $D+9=16$ , maka  $16-9=\mathbf{D}$ . lalu kita hitung angka selanjutnya 2.., mjd 12...

12-A-1 pinjam 1 dari sebelah kiri lalu, dikurangi satu karena sudah di pinjam oleh angka sebelumnya, jadi  $12-A-1=11-A$ . lihat baris A yang bernilai 11, maka berada pada kolom 7, sehingga  $11-A=7$ . lalu hitung angka selanjutnya, yang tadinya D-1 menjadi C.

C-B=1 mudah

**Cara lain untuk 6-9 pinjam 1 dr angka sebelah, karena basis 16, maka 1 bernilai 16 sehingga  $16+6-9=22-9=13=Dh$ .**

**Untuk angka selanjutnya, karena 2 sudah di pinjam 1 oleh 6, maka tinggal 1, jadi  $1-A=1+16-A=17-A=7$**



# Pengurangan Biner

---

1001	1-1=0
0111	0-1, kita pinjam 1 dari kiri, jadi 10-1=1
0111	0-1, idem 10-1-1=0
====-	0-0=0
0010	



# Perkalian dan Pembagian

---

## Perkalian

- kompleks
- Mengalikan masing-masing digit secara partial
- Menjumlah nilai yang sudah dikalikan

## Pembagian

- Lebih kompleks dari operasi perkalian
- Angka negatif memberi hasil yang buruk



# Contoh Perkalian

---

- 1011 Multiplicand (11 dec)
- x 1101 Multiplier (13 dec)
- 1011 Partial products
- 0000 Note: if multiplier bit is 1 copy
- 1011 multiplicand (place value)
- 1011 otherwise zero
- 10001111 Product (143 dec)
- Note: need double length result



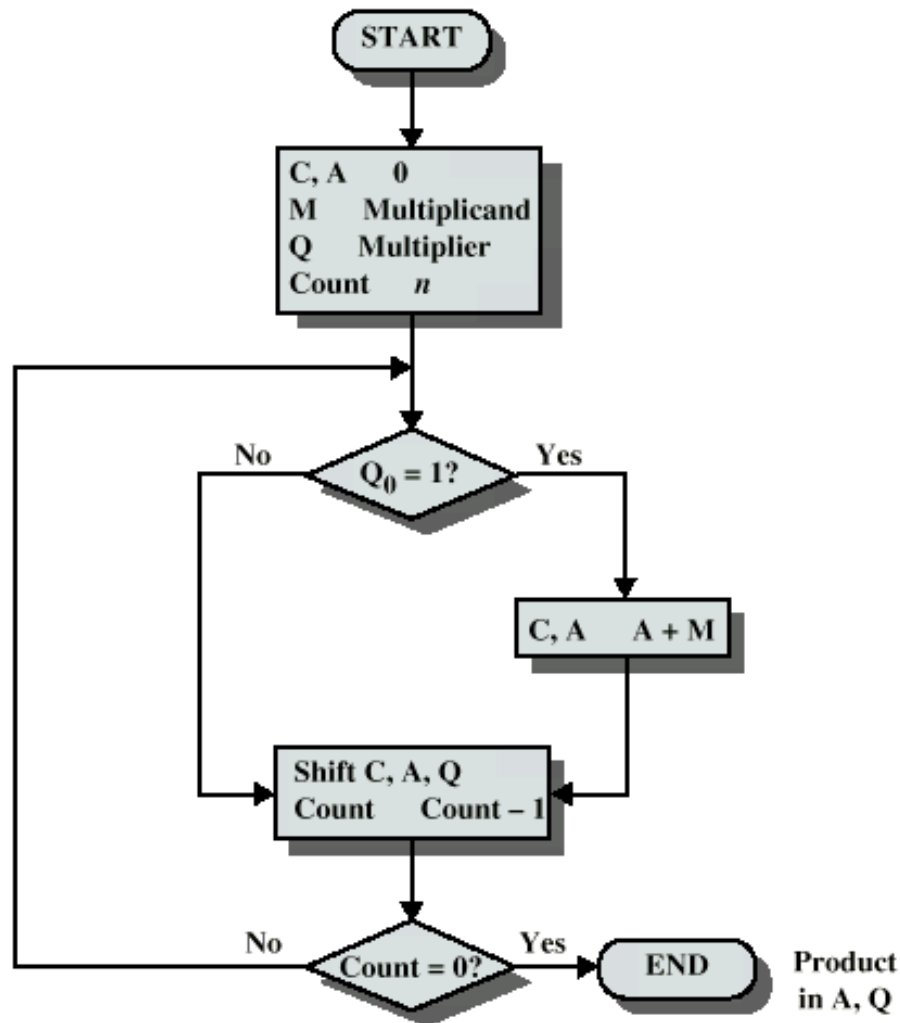


# Contoh Eksekusi

---

C	A	Q	M		
0	0000	1101	1011	Initial Values	
0	1011	1101	1011	Add	} First Cycle
0	0101	1110	1011	Shift	
0	0010	1111	1011	Shift	} Second Cycle
0	1101	1111	1011	Add	} Third Cycle
0	0110	1111	1011	Shift	
1	0001	1111	1011	Add	} Fourth Cycle
0	1000	1111	1011	Shift	

# Flowchart untuk Perkalian biner tak bertanda



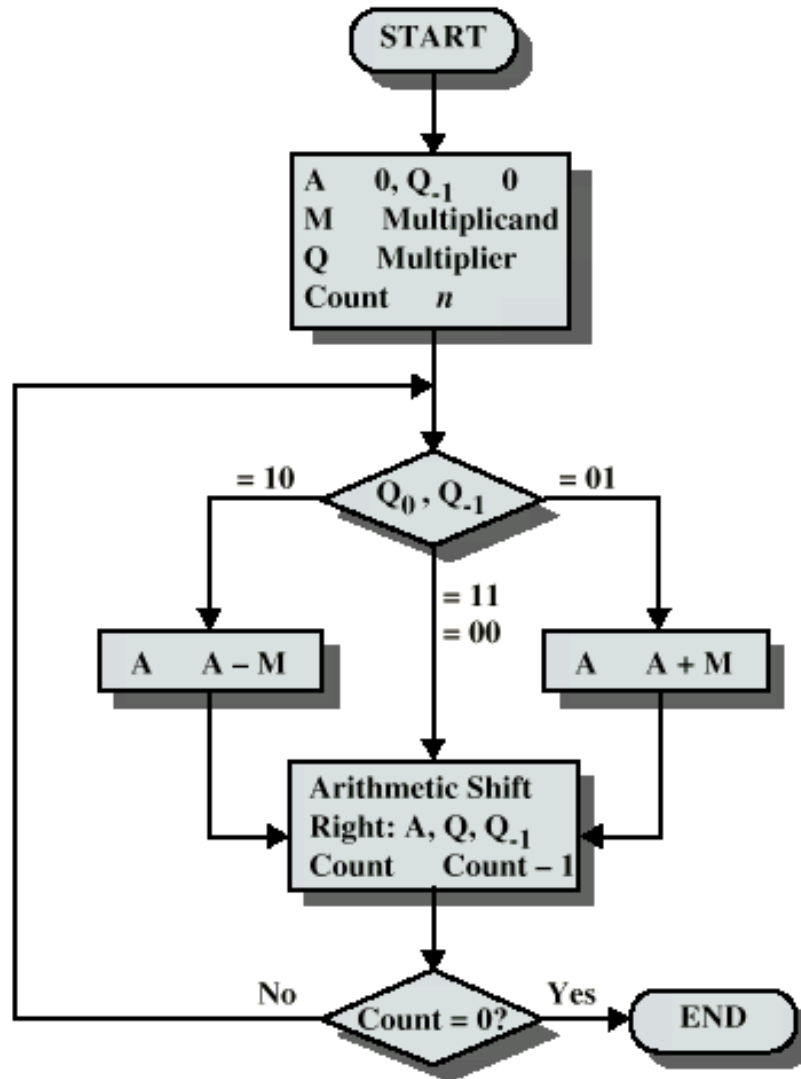


# Perkalian dengan Bilangan negatif

---

- This does not work!
- Solution 1
  - Convert to positive if required
  - Multiply as above
  - If signs were different, negate answer
- Solution 2
  - Booth's algorithm

# Booth's Algorithm



# Contoh Algoritma Booth

A	Q	Q <sub>-1</sub>	M	
0000	0011	0	0111	Initial Values
1001	0011	0	0111	A    A - M } First
1100	1001	1	0111	Shift } Cycle
1110	0100	1	0111	Shift } Second
0101	0100	1	0111	A    A + M } Third
0010	1010	0	0111	Shift } Cycle
0001	0101	0	0111	Shift } Fourth
				Cycle



# Pembagian

---

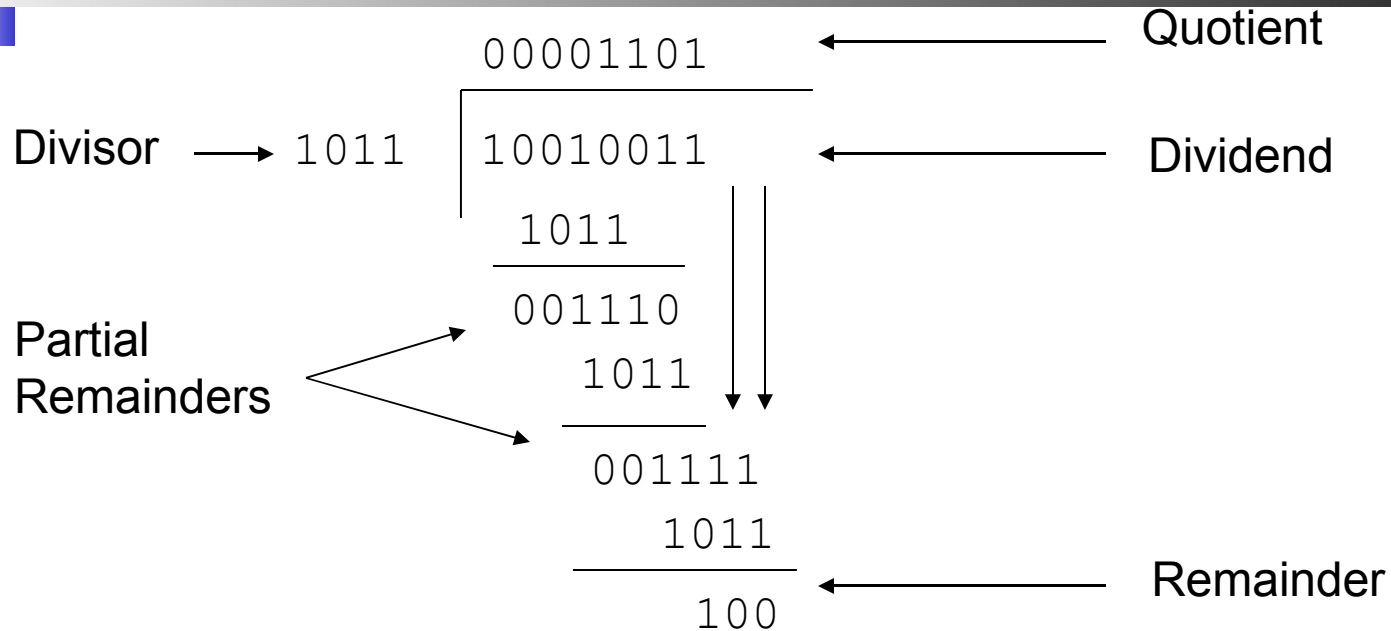
$$1234 \div 10 = 123 \text{ r } 4$$

- Hasil pembagian desimalnya 123 sisa 4

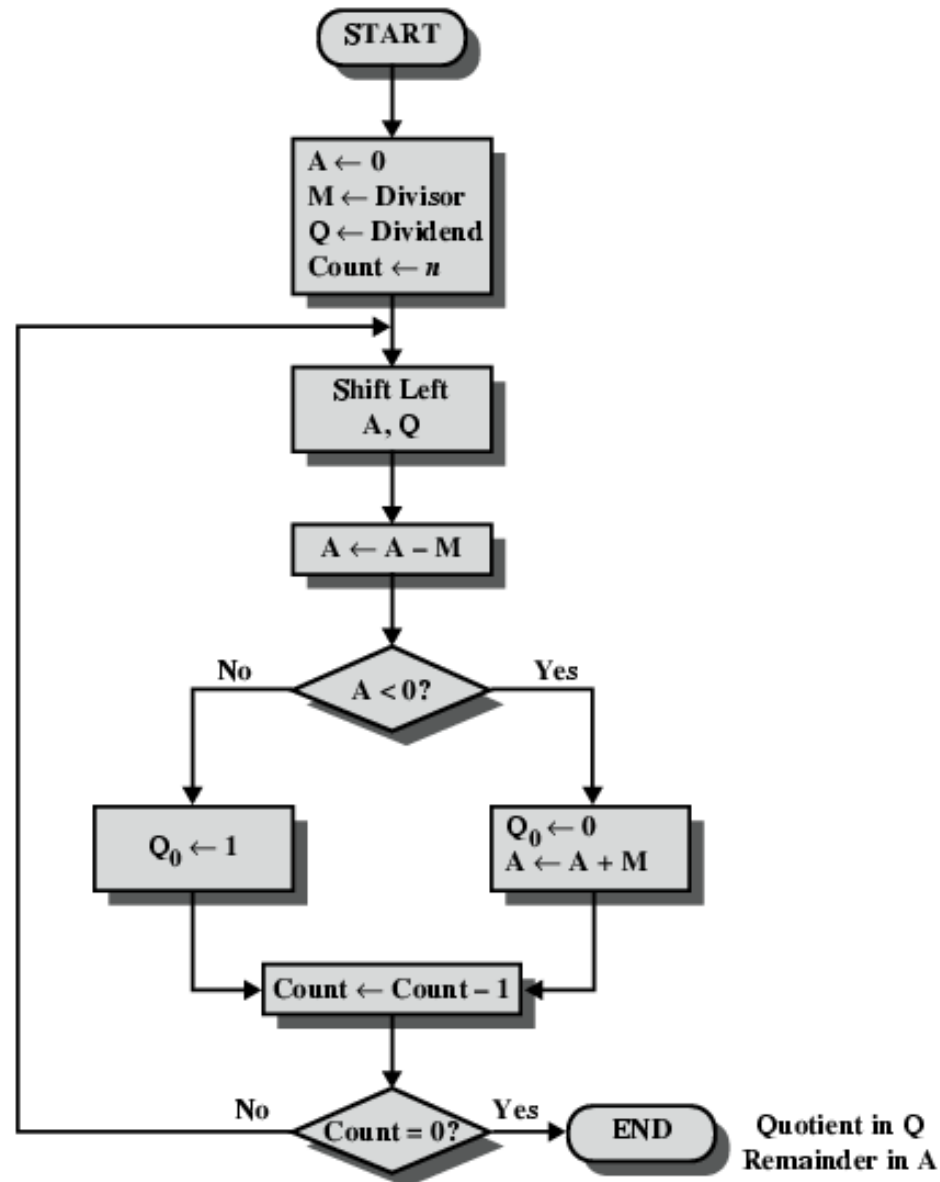
$$1101_2 \div 10_2 = 110_2 \text{ r } 1$$

- Hasil pembagian binernya 110 sisa 1

# Pembagian dengan Integer biner tak bertanda



# Flowchart Integer biner tak bertanda



# Computer Organization

## -Memory-

---

- Memory di ukur dalam unit :
  - kilobytes (  $2^{10} = 1,024$  bytes),
  - Megabytes (  $2^{20} = 1,048,576$  bytes)
  - gigabytes (  $2^{30} = 1,073,741,824$  bytes).



# Alamat Memory

---

- Unit dasar dari memori adalah byte.
- Suatu komputer dengan 32 megabytes memori dapat menangani hingga 32 juta bytes informasi.
- Tiap byte dalam memory di labeli dengan angka unik yang di kenal sebagai "address"

Address	0	1	2	3	4	5	6	7
Memory	2A	45	B8	20	8F	CD	12	2E



# Alamat memory

---

- Seluruh data dalam memory dalam bentuk numerik
- Characters disimpan dengan menggunakan kode karakter yang di petakan pada suatu bilangan
  - ASCII (American Standard Code for Information Interchange).
  - Unicode.

word	2 bytes
double word	4 bytes
quad word	8 bytes
paragraph	16 bytes



# CPU

---

GHz = gigahertz atau satu milyar cycles per detik.

1.5 GHz CPU memiliki 1.5 milyar clock pulses per detik.

- Pelaksana Instruksi
- Instruksi biasanya simpel (ADD, MOV, dll)
- Instruksi memerlukan data yang di simpan dalam register
- Register lebih cepat dari memory, tetapi jumlahnya terbatas
- Komputer menggunakan clock untuk mensinkronkan eksekusi instruksi.
- Pulsa clock merupakan frekuensi yang tetap (dikenal sbg clock speed).
  - Komputer 1.5 GHz, berarti komputer tersebut memiliki frekuensi 1.5 GHz pada clock-nya.