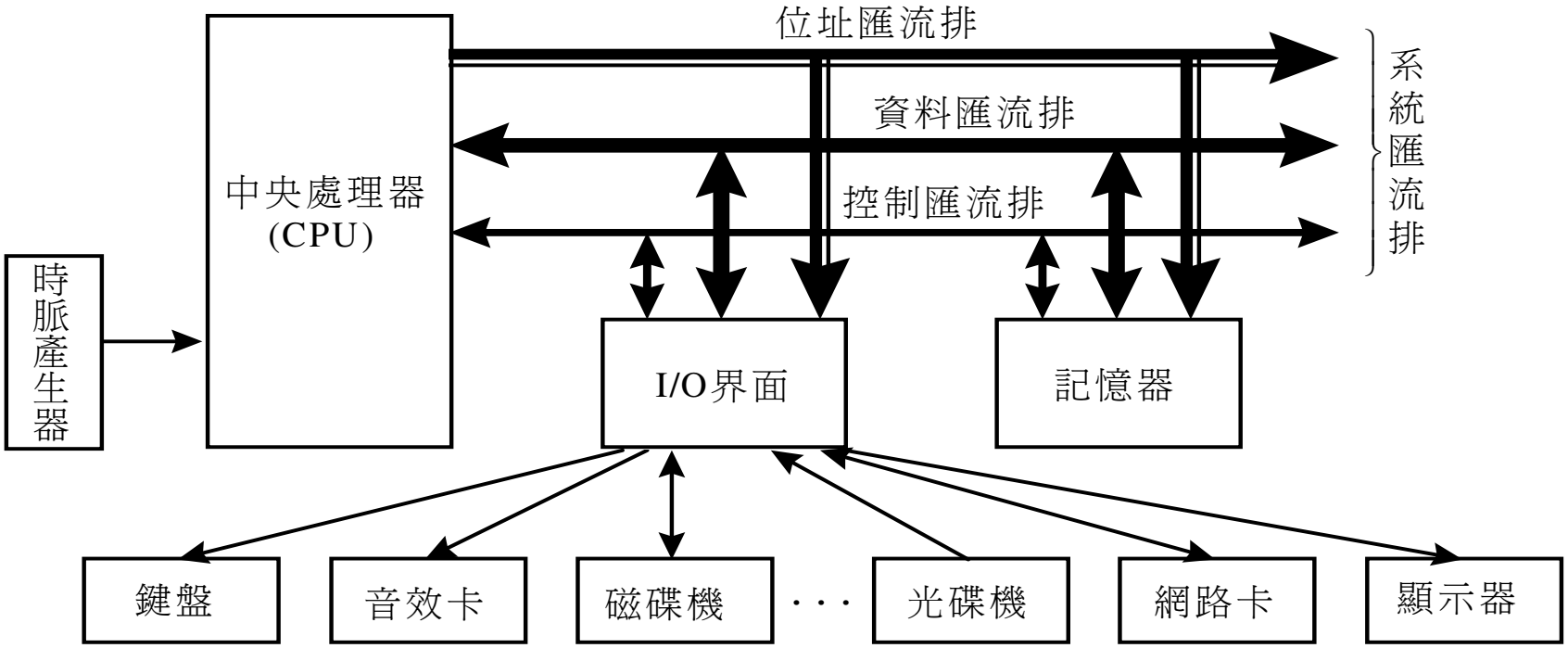
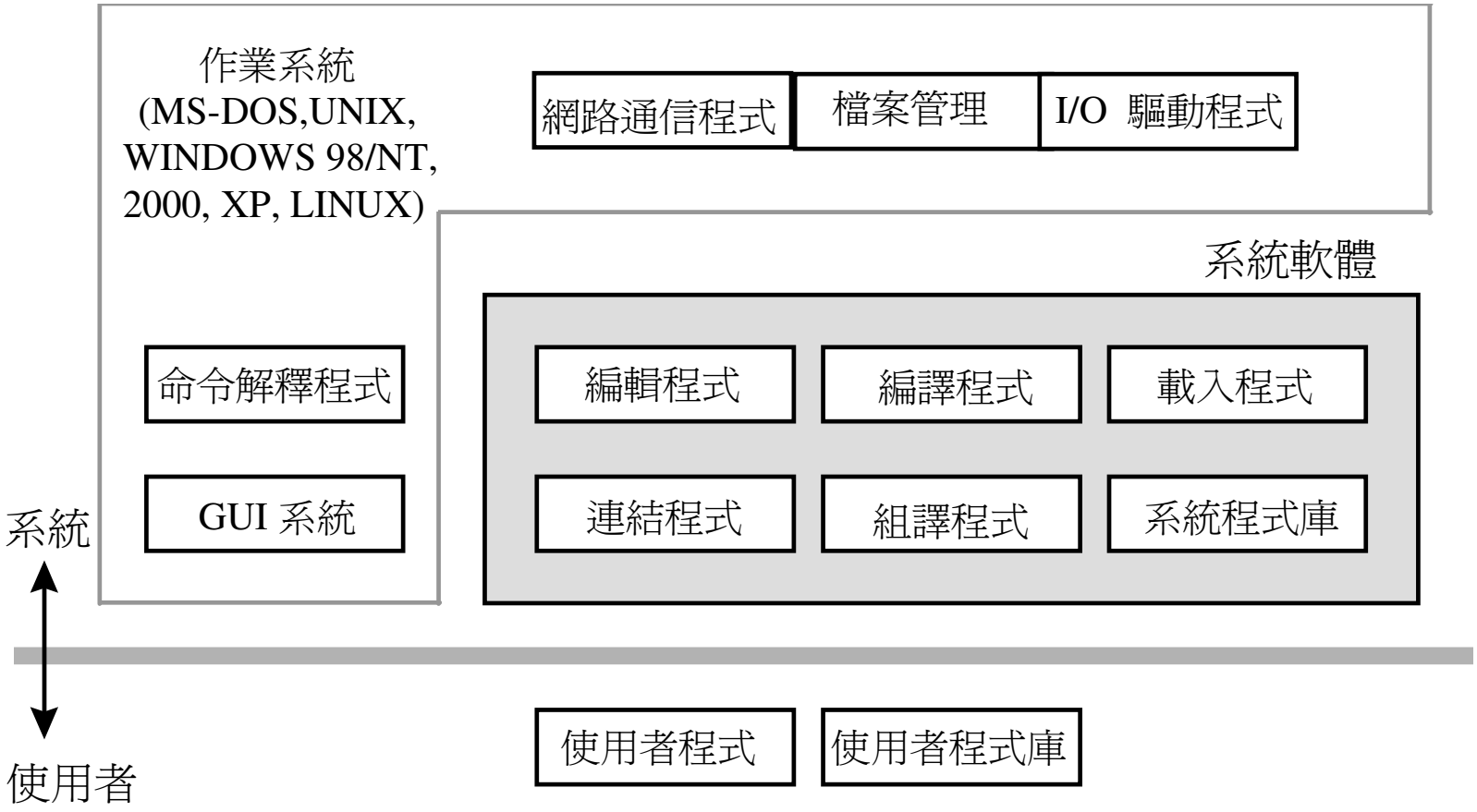
本章目標

- 了解電腦系統的基本硬體及軟體結構
- 了解各種在電腦中常用的數碼與文數字碼
- 了解各種在電腦中常用的數目系統及其轉換
- 了解電腦如何執行二進制的定點數四則算術運算
- 了解電腦如何執行二進制的浮點數四則算術運算
- 了解IEEE 754浮點數標準格式

個人電腦系統的硬體架構



個人電腦系統軟體架構

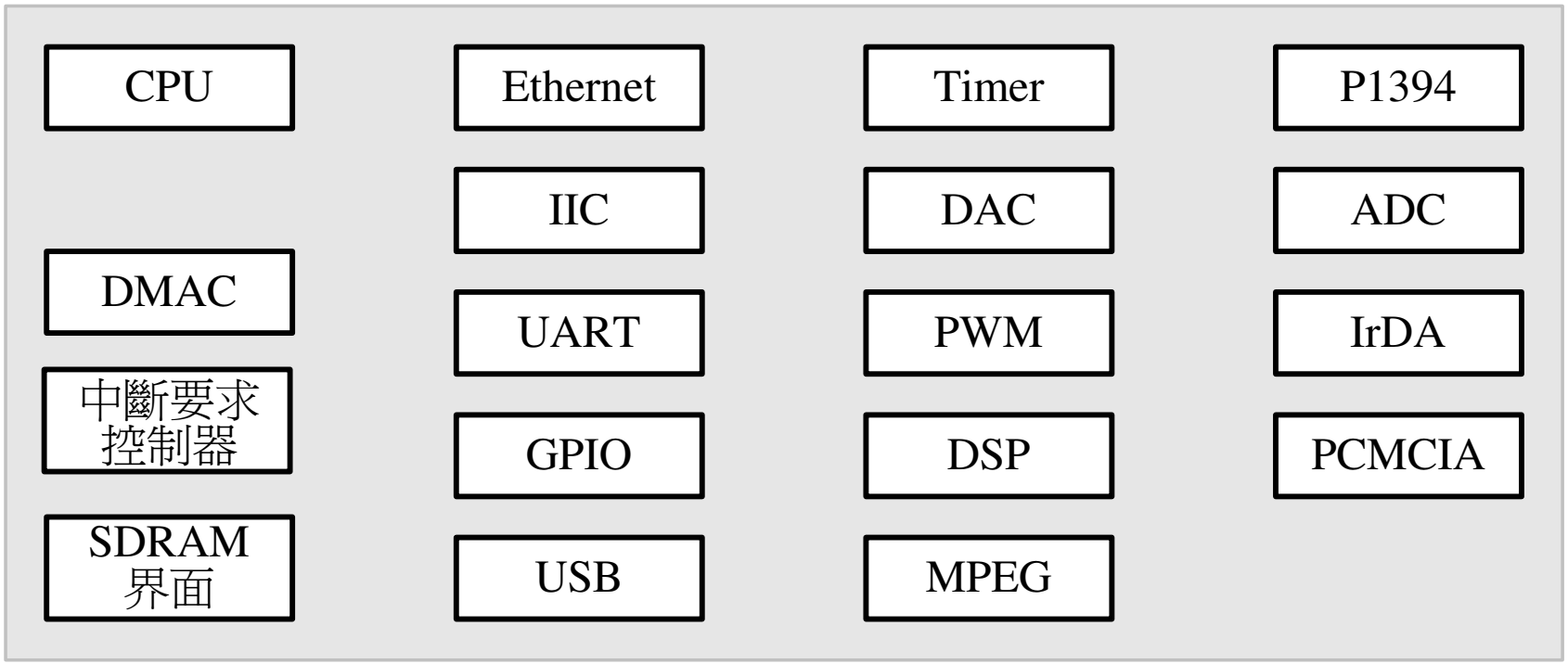

作業系統
(MS-DOS,UNIX,
WINDOWS 98/NT,
2000, XP, LINUX)
網路通信程式
檔案管理
I/O 驅動程式
系統軟體
命令解釋程式
GUI 系統
編輯程式
編譯程式
載入程式
連結程式
組譯程式
系統程式庫
系統
使用者
使用者程式
使用者程式庫

嵌入式微處理器系統

嵌入式微處理器系統的典型應用可以分成五大領域：

1. 消費性產品
2. 汽車控制器
3. 辦公室自動化
4. 工業控制器
5. 通信電子產品

典型的可規劃嵌入式微處理器系統架構



ASCII碼

LSB \ MSB		0 000	1 001	2 010	3 011	4 100	5 101	6 110	7 111
0	0000	NUL	DLE	SP	0	@	P	‘	p
1	0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
2	0010	STX	DC2	“	2	B	R	b	r
3	0011	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
4	0100	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t
5	0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
6	0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
7	0111	BEL	ETB	`	7	G	W	g	w
8	1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
9	1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
A	1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
B	1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
C	1100	FF	FS	,	<	L	\	l	|
D	1101	CR	GS	-	=	M	]	m	}
E	1110	SO	RS	.	>	N	^	n	~
F	1111	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

電腦中常用的數碼

十進制數字	權位式數碼		非權位式數碼	
	8 4 2 1	BCD	加三碼	格雷碼
0	0000	0000	0011	0000
1	0001	0001	0100	0001
2	0010	0010	0101	0011
3	0011	0011	0110	0010
4	0100	0100	0111	0110
5	0101	0101	1000	0111
6	0110	0110	1001	0101
7	0111	0111	1010	0100
8	1000	1000	1011	1100
9	1001	1001	1100	1101
10	1010	0001 0000	0100 0011	1111
11	1011	0001 0001	0100 0100	1110
12	1100	0001 0010	0100 0101	1010
13	1101	0001 0011	0100 0110	1011
14	1110	0001 0100	0100 0111	1001
15	1111	0001 0101	0100 1000	1000

二進制數目系統

$$N_2 = a_{q-1}2^{q-1} + \cdots\cdots + a_0 2^0 + a_{-1}2^{-1} + \cdots\cdots + a_{-p}2^{-p}$$

$$= \sum_{i=-p}^{q-1} a_i 2^i$$

$$(a_{q-1}a_{q-2}\cdots\cdots a_0.a_{-1}a_{-2}\cdots\cdots a_{-p})_2$$

$$1101_2 = 1\times 2^3 + 1\times 2^2 + 1\times 2^0$$

轉換二進制爲十進制

$$
\begin{aligned}
11010.01101_2 &= 1\times 2^5 + 1\times 2^4 + 1\times 2^2 + 1\times 2^0 + 1\times 2^{-2} + 1\times 2^{-3} + 1\times 2^{-5} \\
&= 32 + 16 + 4 + 1 + 0.25 + 0.125 + 0.03125 \\
&= 53.40625_{10}
\end{aligned}
$$

轉換十進制爲二進制

$$13_{10} = 8 + 4 + 1 = 2^3 + 2^2 + 0 + 2^0 = 1101_2$$

轉換十進制爲二進制

$$
\begin{array}{rl}
109 \div 2 = 54 \cdots\cdots & 1 \leftarrow \text{LSB} \\
54 \div 2 = 27 \cdots\cdots & 0 \\
27 \div 2 = 13 \cdots\cdots & 1 \\
13 \div 2 = 6 \cdots\cdots & 1 \\
6 \div 2 = 3 \cdots\cdots & 0 \\
3 \div 2 = 1 \cdots\cdots & 1 \\
1 \div 2 = 0 \cdots\cdots & 1 \leftarrow \text{MSB}
\end{array}
$$

轉換十進制為二進制

整數

$$0.78125 \times 2 = 1.56250 = 1 + 0.56250$$
$$0.56250 \times 2 = 1.1250 = 1 + 0.1250$$
$$0.1250 \times 2 = 0.250 = 0 + 0.250$$
$$0.250 \times 2 = 0.500 = 0 + 0.500$$
$$0.500 \times 2 = 1.000 = 1 + 0.000$$

轉換十進制爲二進制

整數

$$0.43 \times 2 = 0.86 = 0 + 0.86$$
$$0.86 \times 2 = 1.72 = 1 + 0.72$$
$$0.72 \times 2 = 1.44 = 1 + 0.44$$
$$0.44 \times 2 = 0.88 = 0 + 0.88$$

整數

$$0.88 \times 2 = 1.76 = 1 + 0.76$$
$$0.76 \times 2 = 1.52 = 1 + 0.52$$
$$0.52 \times 2 = 1.04 = 1 + 0.04$$

十六進制數目系統

$$N_{16} = a_{q-1}16^{q-1} + \cdots\cdots + a_0 16^0 + a_{-1}16^{-1} + \cdots\cdots + a_{-p}16^{-p}$$
$$= \sum_{i=-p}^{q-1} a_i 16^i$$

$$(a_{q-1}a_{q-2}\cdots\cdots a_0.a_{-1}a_{-2}\cdots\cdots a_{-p})_{16}$$

$$123\text{F.E3}_{16} = 1\times16^3 + 2\times16^2 + 3\times16^1 + \text{F}\times16^0 + \text{E}\times16^{-1} + 3\times16^{-2}$$

十進制、二進制、與十六進制之間的關係

十進制	二進制	十六進制		十進制	二進制	十六進制
0	0000	0		8	1000	8
1	0001	1		9	1001	9
2	0010	2		10	1010	A(a)
3	0011	3		11	1011	B(b)
4	0100	4		12	1100	C(c)
5	0101	5		13	1101	D(d)
6	0110	6		14	1110	E(e)
7	0111	7		15	1111	F(f)

二進制轉換爲十六進制

$$\underbrace{0101}_{\downarrow}\ \underbrace{1101}_{\downarrow}\ \underbrace{1001}_{\downarrow}.\underbrace{1011}_{\downarrow}\ \underbrace{0100}_{\downarrow}\ \underbrace{1110}_{\downarrow}$$

5 D 9 . B 4 E

轉換十六進制爲二進制

$$\begin{array}{ccccccc} 3 & 7 & C & . & B & 8 & 6 \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ \overbrace{0011} & \overbrace{0111} & \overbrace{1100}. & & \overbrace{1011} & \overbrace{1000} & \overbrace{0110} \end{array}$$

轉換十六進制爲十進制

$$
\begin{aligned}
\mathrm{AED.BF}_{16} &= \mathrm{A}\times 16^{2} + \mathrm{E}\times 16^{1} + \mathrm{D}\times 16^{0} + \mathrm{B}\times 16^{-1} + \mathrm{F}\times 16^{-2} \\
&= 10\times 256 + 14\times 16 + 13\times 1 + 11\times 0.0625 + 15\times 0.00390625 \\
&= 2797.74609375_{10}
\end{aligned}
$$

轉換十進制爲十六進制

整數部分　　餘數

$167 \div 16 = 10 \cdots\cdots 7$ ← LSD

$10 \div 16 = 0 \cdots\cdots 10$ ← MSD

$167_{10} = A7_{16}$

小數部分　　整數

$0.45 \times 16 = 7.2 \quad = 7 + 0.2$

$0.2 \times 16 = 3.2 \quad = 3 + 0.2$

$0.2 \times 16 = 3.2 \quad = 3 + 0.2$

$0.45_{10} = 0.7\overline{3}_{16}$

二進制加法運算

	(1)	(1)	(1)	(0)	← 進位
		1	0	1	0 ← 被加數
+		1	1	1	0 ← 加數
		3	2	2	0
		(-2)	(-2)	(-2)	(-0)
		1	0	0	0
	1	1	0	0	0

二進制減法運算

	(2)	(2)	(0)	(0)	← 借位
	1	0	1	0	← 被減數
(-1)	(-1)	(-0)	(-0)	0	
	2	2	1	0	
-	1	1	1	0	← 減數
(1)	1	1	0	0	

二進制乘法運算

					1	1	0	1	← 乘數
				×	1	0	0	1	← 被乘數
					1	1	0	1	
			0		0	0	0		
		0	0		0	0			
+	1	1	0		1				
	1	1	1		0	1	0	1	← 乘積

二進制除法運算

```
                    1 1 0 1   ← 商數
除數 → 1 0 1 1 ) 1 0 0 0 1 1 1 1   ← 被除數
                 - 1 0 1 1
                     1 1 0 1
                   - 1 0 1 1
                         1 0 1 1
                       - 1 0 1 1
                             0   ← 餘數
```

數目表示法

$$N_2 = (0a_{n-2}\cdots\cdots a_1 a_0 . a_{-1} a_{-2}\cdots\cdots a_{-m})_2$$

$$|N_2| = \sum_{i=-m}^{n-2} a_i \times 2^i$$

$$\overline{N_2} = 2^n - N_2$$

2補數算術運算---兩數均爲正數

(a)

$$\begin{array}{r} 0011 \\ +\ 0010 \\ \hline 0101 \end{array} \qquad \begin{array}{r} +3 \\ +\ +2 \\ \hline +5 \end{array}$$

↑
沒有溢位，結果正確

(b)

$$\begin{array}{r} 0110 \\ +\ 0100 \\ \hline 1010 \end{array} \qquad \begin{array}{r} +6 \\ +\ +4 \\ \hline +10 \end{array}$$

↑
溢位發生，結果錯誤

2補數算術運算---兩數均為負數

(a)

1101	-3
+ 1100	+ -4
11001	-7

捨除 ↑↑ 符號位元為1，結果正確

(b)

1100	-4
+ 1001	+ -7
10101	-11

捨除 ↑↑ 符號位元為0，表示溢位，結果錯誤

2補數算術運算---兩異號數

(a)

0111	+7
+ 1100	+ -4
10011	+3

↑↑└ 符號位元爲0，結果正確

捨除

(b)

0110	+6
+ 1001	+ -7
1111	-1

↑↑└ 符號位元爲1，結果正確

沒有進位

浮點數表示方法

指數(e)	假數(m)

$$m \times 2^{e}$$

IEEE 754浮點數標準格式

$$x = (-1)^s \times 2^{e-bias} \times 1.m$$

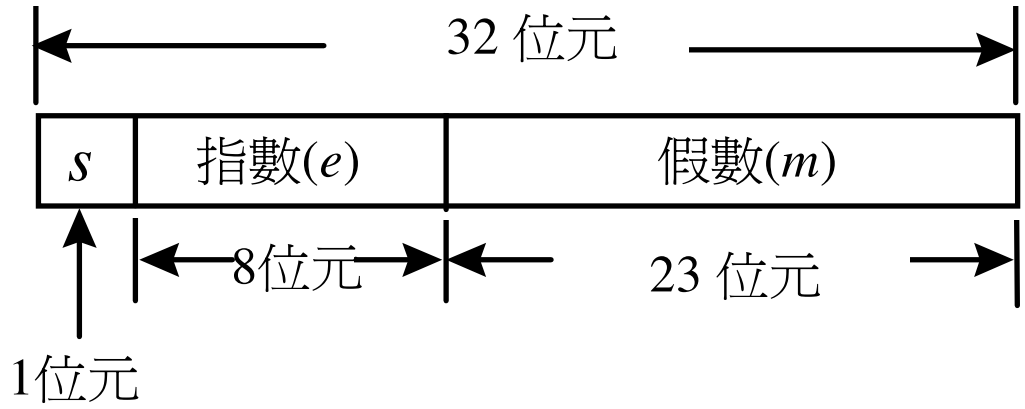
s爲符號位元：0爲正數；1爲負數
e爲指數；bias爲偏移量

m爲假數

IEEE 754標準格式

類型	單精確制	雙精確制	四倍精確制
符號位元(s)	1	1	1
指數(e)位元數目	8	11	15
假數(m)位元數目	23	52	112
語句全部長度	32	64	128
指數偏移量(bias)	127	1023	16383
最大指數值	255	2047	32767
最小指數值	0	0	0

IEEE 754單精確制格式



IEEE 754單精確制格式的指數意義

偏移指數	數目符號	真實指數	假數	類別
0000 0000	+ – 	---- ---- 	00…00 00…00 11…11 到 00…01	正 0 負 0 去標準化的數
0000 0001 到 0111 1111	---	–126 到 0	00…00 到 11…11	標準化的數
1000 0000 到 1111 1110	---	1 到 127	00…00 到 11…11	標準化的數
1111 1111	+ – – –	---- ---- ---- ----	00…00 00…00 10…00 00…01 到 11…11	正∞ 負∞ 未定值 不成立的數

浮點數的四則運算

$$x + y = \left((-1)^{x_s} m_x 2^{x_e - y_e} + (-1)^{y_s} m_y\right) 2^{y_e}$$

$$x - y = \left((-1)^{x_s} m_x 2^{x_e - y_e} - (-1)^{y_s} m_y\right) 2^{y_e}$$

$$x \times y = \left((-1)^{x_s} m_x \times (-1)^{y_s} m_y\right) 2^{x_e + y_e}$$

$$x \div y = \left((-1)^{x_s} m_x \div (-1)^{y_s} m_y\right) 2^{x_e - y_e}$$

早期的IA-32微處理器重要特性

微處理器	出廠年	操作頻率	電晶體數目	暫存器	資料匯流排寬度	位址空間	快取記憶器
8086	1978	8 MHz	29 k	16 GP	16	1 MB	
286	1982	12.5 MHz	134 k	16 GP	16	16 MB	
386 DX	1985	20 MHz	275 k	32 GP	32	4 GB	
486 DX	1989	25 MHz	1.2 M	32 GP, 80 FPU	32	4 GB	L1:8 kB
Pentium	1993	60 MHz	3.1 M	32 GP, 80 FPU	64	4 GB	L1:16 kB
Pentium Pro	1995	200 MHz	5.5 M	32 GP, 80 FPU	64	64 GB	L1: 16 kB L2: 256/512 kB
Pentium II	1997	266 MHz	7 M	32 GP, 80 FPU, 64 MMX	64	64 GB	L1: 32 kB L2: 256/512 kB
Pentium III	1999	500 MHz	8.2 M	32 GP, 80 FPU 64 MMX, 128 XMM	64	64 GB	L1: 32 kB L2: 512 kB

近期的IA-32微處理器重要特性

微處理器	出廠年	架構類型	操作頻率	電晶體數目	暫存器	資料匯流排頻寬	位址空間	快取記憶器
P III P III Xeon	1999	P 6	700 MHz	28 M	32 GP 80 FPU 64 MMX 128 XMM	1.06 GB/s	64 GB	L1: 3 kB L2: 256 kB
P 4	2000	NetBurst	1.50 GHz	42 M		3.2 GB/s	64 GB	L1: 8 kB L2: 256 kB µop Trace: 12 k
Xeon	2001	NetBurst	1.70 GHz	42 M		3.2 GB/s	64 GB	L1: 8 kB L2: 256 kB µop Trace: 12 k
Xeon	2002	NetBurst; Hyper-threading	2.20 GHz	55 M		3.2 GB/s	64 GB	L1: 8 kB L2: 512 kB µop Trace: 12 k
Xeon MP	2002	NetBurst; Hyper-threading	1.60 GHz	108 M		3.2 GB/s	64 GB	L1: 8 kB L2: 256 kB L3: 1 MB µop Trace: 12 k