中国科学院大学
University of Chinese Academy of Sciences

初识程序设计

基本数据类型
编程入门

zxu@ict.ac.cn
zhangjialin@ict.ac.cn

小调查结果（共330人）

是否拥有笔记本电脑	否	0%	
	是	100%	
是否有程序设计经历	否	73.6%	
	是	学过VB, C, Python, C++, Pascal, 单片机, …	10.9%
		通过学业水平测试	8.2%
		信息学奥赛获奖、写过不错的程序	7.3%

小调查结果（共330人）

x86-Windows	94.3%
x86-Ubuntu	0.3%
x86-Mac	2.4%
M1-Mac	3%

提纲

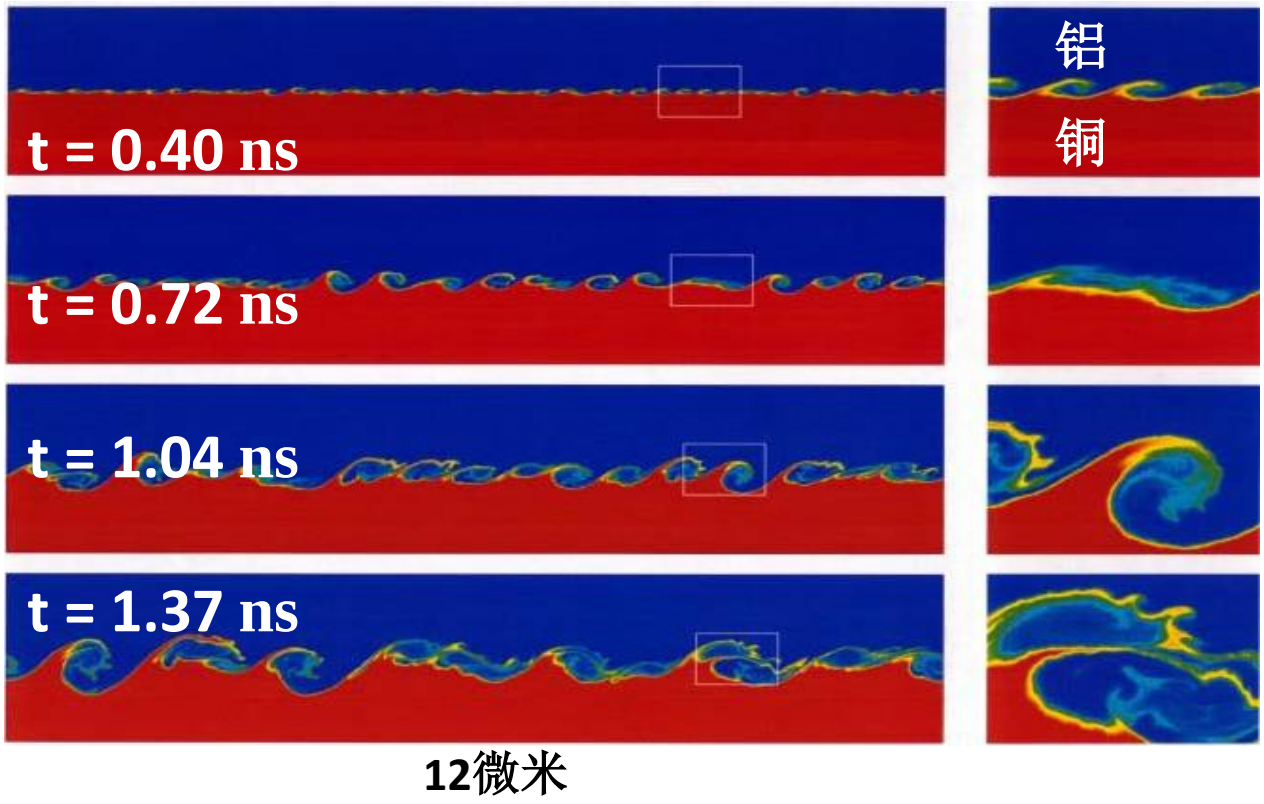
- 复习上周内容
  - 演示几个程序，具象化计算机模拟和计算思维
- 基本数据类型的表示（如何表示数与字符）
  - 二进制、十进制、十六进制的数制转换
  - 整数表示，补码
  - ASCII字符表示
  - 打印格式
- 程序设计（感性认识）
  - Go语言的基本数据类型
  - 从字符串到数的变换（“Xu Zhiwei”变换到861）　　进阶实验：哈希
    - 程序结构、声明、赋值语句、字符串、数组、for循环、打印语句
- 程序执行（感性认识）

课件中包含教科书未包括的素材引用，特此致谢

科学与工程： See the invisible: Atoms in the Surf

使用计算机模拟90亿个原子的行为，重现开尔文-亥姆霍兹不稳定性 (演示)
高温: 2000K; 高速: 2000 m/s；模拟数纳秒行为耗费3600万CPU小时

$A_i(t)$是原子i在t时刻的构象
时间步增量i++为皮秒级或飞秒级




```
for t=0; t<T; t++ {
  for i=0; t<9B; i++ {
    A_i(t+1) = Σ_{j=1}^{9B} f(A_i(t), A_j(t))
  }
}     // 9B=9,000,000,000
```


Richards D F, Krauss L D, Cabot W H, et al. (2008). Atoms in the Surf: Molecular Dynamics Simulation of the Kelvin-Helmholtz Instability Using 9 Billion Atoms. https://arxiv.org/abs/0810.3037 and www.youtube.com/watch?v=Wr7WbKODM2Q.

演示以具象化Acu-Exams
（云计算环境、本机环境）

- fib-12.go计算F(12)，二进制程序在计算机上自动执行
- fib-50.go计算F(50)，极慢，时间复杂度为$O(2^n)$

演示以具象化Acu-Exams（云计算环境、本机环境）

- fib-12.go计算F(12)，二进制程序在计算机上自动执行
- fib-50.go计算F(50)，极慢，时间复杂度为$O(2^n)$
- fib.binet-50.go，很快，但出现舍入误差（截止误差）
  - Fib-50.go　　F(50)=12586269025
  - fib.binet.go　　F(50)=1.258626902499998e+10 = 12586269024.999998

$$F(n) = \frac{\varphi^n - (1-\varphi)^n}{\sqrt{5}},$$

其中 $\varphi = \frac{1+\sqrt{5}}{2} = 1.618\ldots$

演示以具象化Acu-Exams（云计算环境、本机环境）

- fib-12.go计算F(12)，二进制程序在计算机上自动执行
- fib-50.go计算F(50)，极慢，时间复杂度为$O(2^n)$
- fib.binet-50.go，很快，但出现舍入误差（截止误差）
  - fib.go　　F(50)=12586269025
  - fib.binet.go　　F(50)=1.258626902499998e+10 = 12586269024.999998

$$F(n)=\frac{\varphi^n-(1-\varphi)^n}{\sqrt{5}},$$
其中 $\varphi=\frac{1+\sqrt{5}}{2}=1.618\ldots$

- fib.dp-50.go计算F(50)，精确，很快，时间复杂度为$\sim O(n)$
- fib.dp-93.go计算F(93)，出现溢出误差

F(91)= 4660046610375530309

F(92)= 7540113804746346429

F(93)= -6246583658587674878（错误）

= 12200160415121876738 - 2^{64}

- 64比特整数能够表示的最大值是 2^{63}-1 = 9223372036854775807
- F(93) = 12200160415121876738 太大了， 64比特整数类型装不下 **溢出！**

演示以具象化Acu-Exams（云计算环境、本机环境）

- fib-12.go计算F(12)，二进制程序在计算机上自动执行
- fib-50.go计算F(50)，极慢，时间复杂度为$O(2^n)$
- fib.binet-50.go，很快，但出现舍入误差（截止误差）
  - fib.go　　F(50)=12586269025
  - fib.binet.go　　F(50)=1.258626902499998e+10 = 12586269024.999998

$$F(n)=\frac{\varphi^n-(1-\varphi)^n}{\sqrt{5}},$$
其中 $\varphi=\frac{1+\sqrt{5}}{2}=1.618\ldots$

- fib.dp-50.go计算F(50)，精确，很快，时间复杂度为$\sim O(n)$

演示以具象化Acu-Exams（云计算环境、本机环境）

- fib-12.go计算F(12)，二进制程序在计算机上自动执行
- fib-50.go计算F(50)，极慢，时间复杂度为$O(2^n)$
- fib.binet-50.go，很快，但出现截止误差
  - fib.go　　F(50)=12586269025
  - fib.binet.go　　F(50)=1.258626902499998e+10 = 12586269024.999998

$$F(n)=\frac{\varphi^n-(1-\varphi)^n}{\sqrt{5}},$$

其中 $\varphi=\frac{1+\sqrt{5}}{2}=1.618\ldots$

- fib.dp-50.go计算F(50)，很快，时间复杂度为~$O(n)$
- fib.dp-93.go计算F(93)，出现溢出误差

F(91)= 4660046610375530309

F(92)= 7540113804746346429

F(93)= -6246583658587674878（错误）

= 12200160415121876738 - 2^{64}

- 64比特整数能够表示的最大值是 2^{63}-1 = 9223372036854775807
- F(93) = 12200160415121876738 太大了， 64比特整数类型装不下 **溢出！**

进阶实验

- 斐波那契数列习题3（大学）：求F(1,000,000,000)
- 重新建模得到程序fib.matrix.go，利用了斐波那契数列的矩阵性质
  - $\begin{bmatrix}1 & 1\\ 1 & 0\end{bmatrix}^n = \begin{bmatrix}F(n+1) & F(n)\\ F(n) & F(n-1)\end{bmatrix}$ $A^{16} = (((A^2)^2)^2)^2$
  - 通过矩阵平方求矩阵n次方，将计算复杂度从$O(n)$降为~$O(\log n)$
- 利用系统提供的**任意长整数big.Int**抽象，避免了溢出（ **Acu-Exams** ）
  - **计算F(5,000,000)仅需要4秒；计算F(1,000,000,000)需要十多万秒**
    - F(1,000,000,000)是一个很大的正整数，有2000多万个十进制数字
- **进阶实验：十小时内计算出F(1,000,000,000)**

Acu-Exams
构造性（**Effectiveness**）：人们构造出聪明的方法让计算机有效地解决问题
复杂度（Complexity）：这些聪明的方法（算法）具备时间/空间复杂度

求解F(n)的执行时间（秒）

n	fib.go $O(2^n)$	fib.dp.go ~$O(n)$	fib.matrix.go ~$O(\log n)$
50	725	0.059	0.000012
500	出错、极慢	出错	0.000022
5,000,000	出错、极慢	出错	4.13
1,000,000,000	出错、极慢	出错、很慢	187,160

1. 执行几个简单程序

演示：云计算环境、本机环境

```
package main   // The main package
func main() {  // a main function that does nothing
}              // 它的主函数体是空的
```

命令提示符
Command
prompt

```
> code null.go
> go build null.go
> ./null
>
```

编辑命令
编译命令
执行命令

Shell是命令行解释器

光标
cursor

- null.go
  - 程序有两个语句（statement）
  - 同学们写的程序属于主包（main package）
  - 每个主包有一个主函数（main function）
- hello.go
  - fmt是Go语言自带的程序包
    称为库（library）
    - 其他人开发了fmt供用户重用，
      fmt 包含函数fmt.Println
    - 注意：点号标记法（dot notation）
  - 程序中的函数很像数学函数
    - 输入数据→输出数据

  但可包含副作用（side effect）
    - 此例hello.go程序的主函数
      只有副作用，即打印hello!

```
package main   // hello.go程序的主包
import "fmt"   // 该程序导入一个库包fmt
func main() {  // 该程序声明一个主函数
  fmt.Println("hello!")  // 输出语句打印出hello!
}
```

```
> go build hello.go
> ./hello
hello!
>
```

Compile and execute
in two commands

```
> go run hello.go
hello!
>
```

Compile and execute in one command
两个命令可以合并成一个命令

本课程调用fmt软件包中的三个函数

```
package fmt                  // The fmt package，它不是主程序包，而是库包
……
func Println(…) …{           // It contains a function Println which other
      …                      // programs can call by using fmt.Println
}                                              点号标记法（dot notation）
……
func Printf(…) …{            // It contains a function Printf which other
  …                          // programs can call by using fmt.Printf
}
……
func Scanf(…) …{             // It contains a function Scanf which other
     …                       // programs can call by using fmt.Scanf
}
```

两个输出语句 The following two statements do the same thing.

```
fmt.Printf("hello! %d\n",63)
fmt.Println("hello!",63)
```

输出结果

```
> hello! 63
```

Three functions in fmt

```
package fmt                 // It belongs to the fmt package
……
func Println(…) …{          // It contains a function Println which other
      …                     // programs can call by using fmt.Println
}
……
func Printf(…) …{           // It contains a function Printf which other
  …                         // programs can call by using fmt.Printf
}
……
func Scanf(…) …{            // It contains a function Scanf which other
     …                      // programs can call by using fmt.Scanf
}
```

一条输入语句

The following code receives a user-entered integer in variable A.

```
var A int
fmt.Scanf("%d",&A)          // &A indicates the address of A
```

2. 基本数据类型的表示

- 从三个角度理解基本数据（数、字符）的表示
  - 三种基本值
    - 比特（bit）：最小信息单位
    - 字节（byte）：8比特，访问内存的最小单位
    - 字（word）：处理器操作的单位
      - 本课程关注1比特、8比特和64比特的字长
        布尔类型（bool）、字节类型（byte）、整数类型（int）
  - **数制表示与转换**
    - 二进制-十进制-十六进制
    - Binary，decimal，hexadecimal
  - 内存表示与打印格式
    - 在计算机中，任何数都直接表示为二进制数
    - 打印出来时，可看到不同类型
      - 掌握占位符和转义码

2.1 二进制-十进制-十六进制表示与转换

- 关键是正确利用二进制-十进制的对应关系
- 下面两个例子展示了一种转换方法

- **例1：将二进制数转换为十进制数**
- $(110.101)_2$ = (?)

$$= 1\times2^2+1\times2^1+1\times2^{-1}+1\times2^{-3}$$
$$= \quad 4 \quad + \quad 2 \quad + 0.5 \quad + 0.125 = 6.625_{10}$$

2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}	2^{-5}
10000.	1000.	100.	10.	1.	0.1	0.01	0.001	0.0001	0.00001
16	8	4	2	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125

二进制与十进制数制对应表

例2：将十进制数转换为二进制数

- $6.625 = (110.101)_2$
- 分别算出整数部分$6. = (110.)_2$和分数部分$.625 = (.101)_2$

- 第1步：6-4=2；
  够减，记录**1**(2)。

6.625

2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}	2^{-5}
8	4	2	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125
	1 (2)							

2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}	2^{-5}
10000.	1000.	100.	10.	1.	0.1	0.01	0.001	0.0001	0.00001
16	8	4	2	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125

$6.625 = (110.101)_2$

- 第1步：6-4=2；
  够减，记录**1**(2)。
- 第2步：2-2=0；
  够减，记录**1**(0)。
- 第3步：余数是0；终止。
  整数部分是110。

6.625

2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}	2^{-5}
4	2	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125
1 (2)							

2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}	2^{-5}
4	2	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125
1 (2)	**1** (0)						

2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}	2^{-5}
4	2	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125
1 (2)	**1** (0)	**0**					

2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}	2^{-5}
10000.	1000.	100.	10.	1.	0.1	0.01	0.001	0.0001	0.00001
16	8	4	2	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125

$6.625 = (110.101)_2$

6.625

- 第1步：6-4=2；
  够减，记录**1**(2)。

2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}	2^{-5}
4	2	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125
1 (2)							

- 第2步：2-2=0；
  够减，记录**1**(0)。

2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}	2^{-5}
4	2	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125
1 (2)	**1** (0)						

- 第3步：余数是0；终止。
  整数部分是110。

2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}	2^{-5}
4	2	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125
1 (2)	**1** (0)	**0**					

- 第4步：0.625-0.5=0.125；
  够减，记录**1**(.125)。

2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}	2^{-5}
4	2	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125
1 (2)	**1** (0)	**0**	**1** (.125)				

- 第5步： 0.125-0.25；
  不够减，记录**0**(.125)。

2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}	2^{-5}
4	2	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125
1 (2)	**1** (0)	**0**	**1** (.125)	**0** (.125)			

- 第6步：0.125-0.125=0；
  够减，记录**1**(0)。

2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}	2^{-5}
4	2	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125
1 (2)	**1** (0)	**0**	**1** (.125)	**0** (.125)	**1** (0)		

- 第7步：余数是0；终止。
  分数部分是.101。

- 结果是110.101。

2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}	2^{-5}
10000.	1000.	100.	10.	1.	0.1	0.01	0.001	0.0001	0.00001
16	8	4	2	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125

十进制到二进制转换有可能产生无穷数列

- $(11.3)_{10} = (?)_2$
  $= 1011.010011001\ldots$

11.3

2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}	2^{-5}
8	4	2	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125
1 (3)	0 (3)	1 (1)	1 (0)	0 (.3)	1(.05)	0 (.05)	0 (.05)	1 (.01875)

2^{-6}	2^{-7}	2^{-8}	2^{-9}
0.015625	0.0078125	0.00390625	0.001953125
1 (.003125)	0 (.003125)	0 (.003125)	1 (.001171875)

2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}	2^{-5}
10000.	1000.	100.	10.	1.	0.1	0.01	0.001	0.0001	0.00001
16	8	4	2	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125

二进制-十进制-十六进制表示与转换

- 十六进制只需四分之一的数位
  - 常常用在程序中
    - 63 = 111111 = 00111111
      = 0011 1111
      = $3F_{16}$
- 二进制转换到十六进制
  - 用A、B、C、D、E、F指代十进制的10、11、12、13、14、15
    - 避免$63_{10}=3F_{16}$被误写为 $63_{10} = 3(15)_{16} = 315_{16}$
  - 将二进制值从右到左以4比特为单位分组，再将每个4比特组对应到相应的十六进制值
- 程序中记为
  0x3f，0X3F，或 0x3F

二进制 Binary	十进制 Decimal	十六进制 Hexadecimal
$2^3 2^2 2^1 2^0$	$10^1 10^0$	16^0
0000	0	0
0001	1	1
0010	2	2
0011	3	3
0100	4	4
0101	5	5
0110	6	6
0111	7	7
1000	8	8
1001	9	9
1010	10	A
1011	11	B
1100	12	C
1101	13	D
1110	14	E
1111	15	F

2.2 表示整数

- 使用无符号整数（unsigned integers）表示自然数
  - 采用n比特可表示闭区间[0, 2^n -1]内的任意自然数
    - 类型uint8可表示[0, 2^8 -1]（即[0, 255]）内的256个自然数
    - 类型uint64可表示[0, 2^{64} -1] 内的2^{64} 个自然数
  - 超出范围称为**溢出**（overflow）；uint8的溢出条件是: **<0** 或 **>255**
- 假如有负数怎么办？使用带符号整数（signed integers）
  - 最左位表示符号：0 (+) ，1(-)
  - 简单带符号整数 (simple signed integers)：符号位 + 7位绝对值

    不小心会出错误结果
    - 63 = 00111111， 64 = 01000000
    - (-63) = 10111111， (-64) = 11000000
    - 63 + 64 = 00111111 + 01000000 = 01111111 = 127 √
    - (-63) + (-64) = 10111111 + 11000000 = 11111111 = (-127) √
    - 63 + (-63) = 00111111 + 10111111 = 11111110 = (-126) X

二进制补码表示带符号整数，8比特例子

- 简单带符号整数
  - 63　　= 00111111，　64　　= 01000000
  - (-63)　= 10111111，　(-64)　= 11000000
  - 63 + 64 = 00111111 + 01000000　　= 01111111 = 127　　√
  - (-63) + (-64) = 10111111 + 11000000　= 11111111 = (-127)　√
  - 63 + (-63) = 00111111 + 10111111　　= 11111110 = (-126)　X
- 补码表示（Two's complement representation）
  - 正整数：按照简单带符号整数表示，例如63 = 00111111
  - 负整数：绝对值按位求非，然后加1（视为无符号数）
    - Bitwise negate absolute(N), and add 00000001
    - (-63) = (00111111)按位求非+ 00000001
      = 11000000　　+ 00000001 = 11000001
  - 补码表示的整数加法：采用无符号整数加法并忽略溢出
  - 63 + (-63) = 00111111 + 11000001 = 00000000 = 0　　√

8比特补码加法的详细步骤

- 63+63 = 00111111+00111111

  00111111

  01111110 = 126

- 63+(-63) = 00111111+11000001

  11000001

  100000000 = 00000000 = 0 (ignore overflowing **1**)

- (-63)+(-63)= 11000001+11000001

  11000001

  110000010 = 10000010 = -126 (ignore overflowing **1**)

- 思考题：如何做减法?
  - 63 – 63 = 0 63 – (-63) = 126
  - (-63) – 63 = -126 (-63) – (-63) = 0

2.3 表示英文字符：ASCII字符集

ASCII encodings for “Alan Turing” = [65, 108, 97, 110, 32, 84, 117, 114, 105, 110, 103]

$D_3D_2D_1D_0$ \ $D_6D_5D_4$	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p
0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC2	”	2	B	R	b	r
0011	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t
0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	’	7	G	W	g	w
1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	FF	FS	,	<	L	\	l	|
1101	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1111	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

Control Characters

Printable Characters

$D_3D_2D_1D_0$ \ $D_6D_5D_4$	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p
0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC2	”	2	B	R	b	r
0011	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t
0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	’	7	G	W	g	w
1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	FF	FS	,	<	L	\	l	|
1101	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1111	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

ASCII control characters (code 0-31, 127)

Decimal	Hexadecimal	Symbol	Description	Chinese
0	0x00	NUL	Null Character	空字符
1	0x01	SOH	Start of Heading	标题开始
2	0x02	STX	Start of Text	正文开始
3	0x03	ETX	End of Text	正文结束
4	0x04	EOT	End of Transmission	传输结束
5	0x05	ENQ	Enquiry	请求
6	0x06	ACK	Acknowledgment	收到通知
7	0x07	BEL	Bell	响铃
8	0x08	BS	Back Space	退格
9	0x09	HT	Horizontal Tab	水平制表符
10	0x0A	LF, NL	Line Feed, New Line	换行键
11	0x0B	VT	Vertical Tab	垂直制表符
12	0x0C	FF, NP	Form Feed, New Page	换页键
13	0x0D	CR	Carriage Return	回车键
14	0x0E	SO	Shift Out	不用切换
15	0x0F	SI	Shift In	启用切换
16	0x10	DLE	Data Line Escape	数据链路转义
17	0x11	DC1	Device Control 1	设备控制1
18	0x12	DC2	Device Control 2	设备控制2
19	0x13	DC3	Device Control 3	设备控制3
20	0x14	DC4	Device Control 4	设备控制4
21	0x15	NAK	Negative Acknowledgement	拒绝接收
22	0x16	SYN	Synchronous Idle	同步空闲
23	0x17	ETB	End of Transmit Block	结束传输块
24	0x18	CAN	Cancel	取消
25	0x19	EM	End of Medium	媒介结束
26	0x1A	SUB	Substitute	代替
27	0x1B	ESC	Escape	换码(溢出)
28	0x1C	FS	File Separator	文件分隔符
29	0x1D	GS	Group Separator	分组符
30	0x1E	RS	Record Separator	记录分隔符
31	0x1F	US	Unit Separator	单元分隔符
127	0x7F	DEL	Delete	删除

ASCII printable characters (code 32-126)

Decimal	Hexadecimal	Symbol	Description	Chinese
32	0x20	SP	Space	空格
33	0x21	!	Exclamation mark	叹号
34	0x22	"	Double quotes	双引号
35	0x23	#	Number, sharp	井号
36	0x24	$	Dollar sign	美元符
37	0x25	%	Percent sign	百分号
38	0x26	&	Ampersand	和号
39	0x27	'	Single quote	闭单引号
40	0x28	(	Open parenthesis (or open bracket)	开括号
41	0x29	)	Close parenthesis (or close bracket)	闭括号
42	0x2A	*	Asterisk, multiply	星号
43	0x2B	+	Plus	加号
44	0x2C	,	Comma	逗号
45	0x2D	-	Hyphen	减号/破折号
46	0x2E	.	Period, dot	句号
47	0x2F	/	Slash, divide	斜杠
48	0x30	0	Zero	字符0
49	0x31	1	One	字符1
57	0x39	9	Nine	字符9
58	0x3A	:	Colon	冒号
59	0x3B	;	Semicolon	分号
60	0x3C	<	Less than (or open angled bracket)	小于
61	0x3D	=	Equals	等号
62	0x3E	>	Greater than (or close angled bracket)	大于
63	0x3F	?	Question mark	问号
64	0x40	@	At symbol	电子邮件符号

Decimal	Hexadecimal	Symbol	Description	Chinese
65	0x41	A	Uppercase A	大写字母A
66	0x42	B	Uppercase B	大写字母B
90	0x5A	Z	Uppercase Z	大写字母Z
91	0x5B	[	Opening bracket	开方括号
92	0x5C	\	Backslash	反斜杠
93	0x5D	]	Closing bracket	闭方括号
94	0x5E	^	Caret	脱字符
95	0x5F	_	Underscore	下划线
96	0x60	`	Grave accent	开单引号
97	0x61	a	Lowercase a	小写字母a
98	0x62	b	Lowercase b	小写字母b
122	0x7A	z	Lowercase z	小写字母z
123	0x7B	{	Opening brace	开花括号
124	0x7C	|	Vertical bar	垂线
125	0x7D	}	Closing brace	闭花括号
126	0x7E	~	Tilde	波浪号

ASCII encodings of English characters

ASCII encoding = $D_7D_6D_5D_4D_3D_2D_1D_0$ = $0D_6D_5D_4D_3D_2D_1D_0$

D_7 is 0

SP= 00100000_2 $=32_{10}$

SP（空格）是ASCII字符

00100000 or 32 是它的ASCII编码也称为ASCII值或ASCII码

$D_3D_2D_1D_0$ \ $D_6D_5D_4$	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p
0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC2	”	2	B	R	b	r
0011	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t
0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	’	7	G	W	g	w
1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	FF	FS	,	<	L	\	l	|
1101	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1111	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

表示ASCII字符例子：加号

在程序中使用单引号括上该字符‘+’

SP= 00100000_2 $=32_{10}$

SP is the ASCII character

00100000 or 32 Is its ASCII encoding or ASCII value

D_7 is 0

$D_3D_2D_1D_0$ \ $D_6D_5D_4$	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p
0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC2	”	2	B	R	b	r
0011	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t
0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	’	7	G	W	g	w
1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	FF	FS	,	<	L	\	l	|
1101	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1111	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

What is the ASCII value of +

‘+’ 00101011_2 43_{10}

表示ASCII字符例子：转义符、换码

不能用单引号括起来（~~'ESC'~~），直接用ASCII码：27 = 0x1B = 0001 1011

$D_6D_5D_4$ / $D_3D_2D_1D_0$	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p
0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC2	”	2	B	R	b	r
0011	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t
0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	’	7	G	W	g	w
1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	FF	FS	,	<	L	\	l	|
1101	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1111	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

‘+’
00101011_2
43_{10}

Esc
00011011_2
27_{10}

某些人容易搞混三个“空”相关字符
NUL（空字符），SP（空格），0（零，数字0）

SP=
00100000_2
$=32_{10}$

SP is the ASCII character

00100000 or 32 Is its ASCII encoding or ASCII value

$D_3D_2D_1D_0$ \ $D_6D_5D_4$	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p
0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC2	”	2	B	R	b	r
0011	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t
0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	’	7	G	W	g	w
1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	FF	FS	,	<	L	\	l	|
1101	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1111	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

NUL
00000000_2
0_{10}

‘0’
00110000_2
48_{10}

2.4 打印格式——占位符（格式动词）

- 运行symbols.go
- 在fmt.Printf语句中使用5种占位符
- 要打印出由字符‘6‘和‘3’形成的字符串“63”，粗体格式是错误的，下面三种格式都是正确的

  fmt.Printf("%s\n", "63")

  fmt.Printf("%c%c\n", '6', '3')

  fmt.Printf("%c%c\n",6+'0',3+'0')

Verb占位符	含义	例子
%b	Binary 二进制	fmt.Printf("%b",63) 打印出111111 fmt.Printf("%08b",63) 打印出0111111
%c	Character 字符	fmt.Printf("%c",63) outputs ?
%d	Decimal 十进制	fmt.Printf("%d",63) outputs 63
%s	String 字符串	fmt.Printf("%s",string(63)) outputs ?
%x or %X	Hexadecimal 十六进制	fmt.Printf("%X",63) outputs 3F

```
package main   // symbols.go
import "fmt"
func main() {
    fmt.Printf("Decimal: %d\n",63)
    fmt.Printf("Hex: %X\n",63)
    fmt.Printf(“Binary: %b\n",63)
    fmt.Printf("Character: %c\n",63)
    fmt.Printf("String: %c%c\n",63)
    fmt.Printf("String: %c%c\n",6,3)
    fmt.Printf("String: %c%c\n",6+'0',3+'0')
}
```

```
Decimal: 63              ; decimal representation of 63
Hex: 3F                  ; representation of 63
Binary: 111111           ; binary representation of 63
Character: ?             ; 63 is the ASCII code of 63
String: ?%!c(MISSING)    ; explicit Error
String: =╚               ; implicit Error
String: 63               ; Output ‘6’, ‘3’
```

转义码，如何打印出特殊符号
控制字符、已被占用的符号

- 四个特殊符号

转移码值	含义	
\\	Backslash	反斜杠
\t	Tab	制表符
\n	Newline	换行符
\"	Double quote	双引号

- 下列语句有四处使用了转义码

```
fmt.Printf("\t Use \\\" to output %c\n",34)
```

34是双引号的ASCII码

屏幕输出

```
    Use \" to output "
>
```

三种缺省的标准输入输出设备（standard I/O）

- 打印（Printf、Println）并不一定是在打印机上打印
  - 往往是使用**标准输出设备**
- 标准输入Standard Input
  - Keyboard 键盘和鼠标
  - StdIn, stdin
- 标准输出Standard Output
  - Display screen 屏幕
  - StdOut, stdout
- 标准错误输出 Standard Error Output
  - Display screen 屏幕
  - StdErr, stderr

```
package main   // smbols.go
import "fmt"
func main() {
    fmt.Printf("Decimal: %d\n",63)
    fmt.Printf("Hex: %X\n",63)
    fmt.Printf("Binary: %b\n",63)
    fmt.Printf("Character: %c\n",63)
    fmt.Printf("String: %c%c\n",63)
    fmt.Printf("String: %c%c\n",6,3)
    fmt.Printf("String: %c%c\n",6+'0',3+'0')
}
```

正常输出和错误输出都意味着在屏幕上显示出来

```
Decimal: 63                ; binary representation of 63
Hex: 3F                    ; representation of 63
Binary: 111111             ; binary representation of 63
Character: ?               ; 63 is the ASCII code of 63
String: ?%!c(MISSING)      ; explicit Error
String: ═╚                 ; implicit Error
String: 63                 ; Output '6', '3'
```

3. Go程序的基本结构

主包声明语句	package main	// 定义主包
导入语句	import …	// 导入其他人写的包，如不调用则不出现
常量声明语句	const …	// 声明全局常量，可不出现
变量声明语句	var …	// 声明全局变量，可不出现
函数声明语句	func X(…) …{…}	// 声明程序员自定义的函数，可不出现
主函数声明语句	func main() {	// 声明主包中必须有的主函数
	…	// 主函数的函数体
	}	
	main()	**// 缺省的主函数调用，不出现**

```
func X(…) …{                    // 如函数体等括起来的{…}称为一个代码块（code block）
   常量声明语句                  // 局部常量，作用域是本函数
   变量声明语句                  // 局部变量，作用域是本函数
   赋值语句
   循环语句
   条件判断语句
   函数调用语句，如打印语句
}
```

3.1 Go语言中的五种基本数据类型

- 变量声明语句 var sum int = 1 // 常常可写为 sum := 1
  - 变量有三个属性：名字（sum），值（初始值为1），类型（int）
  - 类型包括允许的操作（如下表的规定）以及表示
  - 表示： sum的值是1，在内存中的格式 0x0000000000000001
    - 00000000000000000000000000000000000000000000000000000001

Logic →
Character →
Integer →
Real number →

数据类型 Type	大小 Size	字面量 Literals	值 Values	操作 Operations
布尔类型 bool	1 bit	true, false	true, false	&&, ||, !
字节类型 byte, uint8	1 byte 8比特	63, ‘?’	[0, 255]	+, -, *, /, %; ++, --; >>, <<; &, |, ^
带符号整数 int	8 bytes 64比特	-12345, 69	$[-2^{63}, 2^{63}-1]$	
无符号整数 uint64	8 bytes	51234	$[0, 2^{64}-1]$	
浮点数 float64	8 bytes	3.14159	IEEE 754	+, -, *, /

操作和溢出条件（标红），以字节类型为例

- **加减乘除求余操作**
  - 63-64 = -1（<0）； 64*64 =4096（>255）；两者皆产生**溢出**（overflow）
  - 63 / 2 = 31（不是31.5）； 63 % 2 = 1（63除2的余数为1）

	数据类型 Type	大小 Size	字面量 Literals	值 Values	操作 Operations
Logic →	布尔类型 bool	1 bit	true, false	true, false	&&, ||, !
Character →	字节类型 byte, uint8	1 byte 8比特	63, '?'	[0, 255] **< 0; >255=2^8-1**	**+, -, *, /, %;** ++, --; >>, <<; &, |, ^
Integer →	带符号整数 int	8 bytes 64比特	-12345, 69	[-2^{63}, 2^{63}-1] **< -2^{63}; > 2^{63}-1**	
Integer →	无符号整数 uint64	8 bytes	51234	[0, 2^{64}-1] **< 0; > 2^{64}-1**	
Real number →	浮点数 float64	8 bytes	3.14159	IEEE 754	+, -, *, /

8比特整数int8的溢出条件是什么？

- int = int64的取值范围是[-2^{63}, $2^{63}-1$]
- int8的取值范围是[-2^{7}, $2^{7}-1$] = [-128, 127]
- -128 = 10000000, 127 = 01111111
- int8的溢出条件是：<(-128)，即<=(-129)；>127，即>=128

Logic →
Character →
Integer
Real number →

数据类型 Type	大小 Size	字面量 Literals	值 Values	操作 Operations
布尔类型 bool	1 bit	true, false	true, false	&&, ||, !
字节类型 byte, uint8	1 byte 8比特	63, '?'	[0, 255]	+, -, *, /, %; ++, --; >>, <<; &, |, ^
带符号整数 int	8 bytes 64比特	-12345, 69	[-2^{63}, $2^{63}-1$] **< -2^{63}; > $2^{63}-1$**	
无符号整数 uint64	8 bytes	51234	[0, $2^{64}-1$]	
浮点数 float64	8 bytes	3.14159	IEEE 754	+, -, *, /

操作和溢出条件，以字节类型为例

- 移位操作
  - 63 >> 2 = 00111111右移2比特 = 00001111 = 15；注意，左边填充0
    - 右移2比特相当于除4，右移1比特相当于除2
  - 63 << 2 = 00111111左移2比特 = 11111100 = 252；注意，右边填充0
    - 左移2比特相当于乘4，左移1比特相当于乘2
  - 63 << 3 = 00111111左移3比特 = **1**11111000 = 248（溢出）

	数据类型 Type	大小 Size	字面量 Literals	值 Values	操作 Operations
Logic →	布尔类型 bool	1 bit	true, false	true, false	&&, ||, !
Character →	字节类型 byte, uint8	1 byte 8比特	63, '?'	[0, 255] **< 0; >255=2^8-1**	+, -, *, /, %; ++, --; >>, <<; &, |, ^
Integer →	带符号整数 int	8 bytes 64比特	-12345, 69	[-2^{63}, 2^{63}-1] **< -2^{63}; > 2^{63}-1**	
	无符号整数 uint64	8 bytes	51234	[0, 2^{64}-1] **< 0; > 2^{64}-1**	
Real number →	浮点数 float64	8 bytes	3.14159	IEEE 754	+, -, *, /

移位操作：字节类型 vs. 整数类型

- 字节类型移位操作
  - 63 >> 2 = 00111111右移2比特 = 00001111 = 15；注意，左边填充0
  - 63 << 2 = 00111111左移2比特 = 11111100 = 252；注意，右边填充0

负整数右移左边填充1： (-63)>>2 = 1…11000001>>2 = 1…111110000 = -16
“右移2比特”与“除4”有细微差别：(-63)>>2 = -16, (-63)/4 = -15
负整数左移右边填充0： (-63)<<2 = 1…11000001<<2 = 1…100000100= -252

	数据类型 Type	大小 Size	字面量 Literals	值 Values	操作 Operations
Logic →	布尔类型 bool	1 bit	true, false	true, false	&&, ||, !
Character →	字节类型 byte, uint8	1 byte 8比特	63, ‘?’	[0, 255]	+, -, *, /, %; ++, --; >>, <<; &, |, ^
Integer	**带符号整数 int**	8 bytes 64比特	-12345, 69	$[-2^{63}, 2^{63}-1]$	
Integer	无符号整数 uint64	8 bytes	51234	$[0, 2^{64}-1]$	
Real number →	浮点数 float64	8 bytes	3.14159	IEEE 754	+, -, *, /

按位逻辑操作，以字节类型为例

- 按位与： 62 & 15 = 0011**1110** & 00001111 = 0000**1110** （保留最右4比特）
- 按位与： 0xAB & 0xF0 = **1010**1011 & 11110000 = **1010**0000 （清零最右4比特）
- 按位或： **1010**0000 | 0000**1110** = 10101110 （合并两个中间结果）
- 按位异或： 10101110 ^ 0xFF = 01010001（按位取非）

Logic →
Character →
Integer →
Real number →

数据类型 Type	大小 Size	字面量 Literals	值 Values	操作 Operations
布尔类型 bool	1 bit	true, false	true, false	&&, ||, !
字节类型 byte, uint8	1 byte 8比特	63, '?'	[0, 255]	+, -, *, /, %; ++, --; >>, <<; &, |, ^
带符号整数 int	8 bytes 64比特	-12345, 69	$[-2^{63}, 2^{63}-1]$	
无符号整数 uint64	8 bytes	51234	$[0, 2^{64}-1]$	
浮点数 float64	8 bytes	3.14159	IEEE 754	+, -, *, /

3.2 从字符串到数的变换

- 两个程序例子："Alan Turing"变换到1045
  - 使用%d的简版程序　　name_to_number-0.go
  - 使用%c的程序　　name_to_number.go
  - 哈希进阶实验，实时查找10亿人（如微信登录）
    - O(N) → O(logN) → O(1)　10亿步 → 30步 → 1步

- 新出现的变量类型与语句
  - 变量类型
    - 整数：int
    - 符号串：string
      - 字符数组
  - 变量类型
    - 赋值语句
    - 循环语句（for loop）

```
package main     //name_to_number-0.go
import "fmt"
func main() {
        var name string = "Alan Turing"
        sum := 0
        for i := 0; i < len(name); i++ {
                sum = sum + int(name[i])
        }
        fmt.Printf("%d\n", sum)
}
```

ASCII encodings for "Alan Turing"

= [65, 108, 97, 110, 32, 84, 117, 114, 105, 110, 103]

$D_3D_2D_1D_0$ \ $D_6D_5D_4$	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p
0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC2	”	2	B	R	b	r
0011	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t
0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	’	7	G	W	g	w
1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	FF	FS	,	<	L	\	l	|
1101	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1111	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

name_to_number-0.go

- 符号串string是字符数组
- 声明变量的两种方式

```
var name string
name = "Alan Turing"
```

等价于

```
var name string = "Alan Turing"
```

基本等价于

```
name := "Alan Turing"
```

```
package main    // name_to_number-0.go
import "fmt"
func main() {
        var name string = "Alan Turing"
        sum := 0
        for i := 0; i < len(name); i++ {
                sum = sum + int(name[i])
        }
        fmt.Printf("%d\n", sum)
}
```

注意：name[4] 是空格' ' =32

A	l	a	n		T	u	r	i	n	g
65	108	97	110	32	84	117	114	105	110	103
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

name = [65 108 97 110 32 84 117 114 105 110 103]

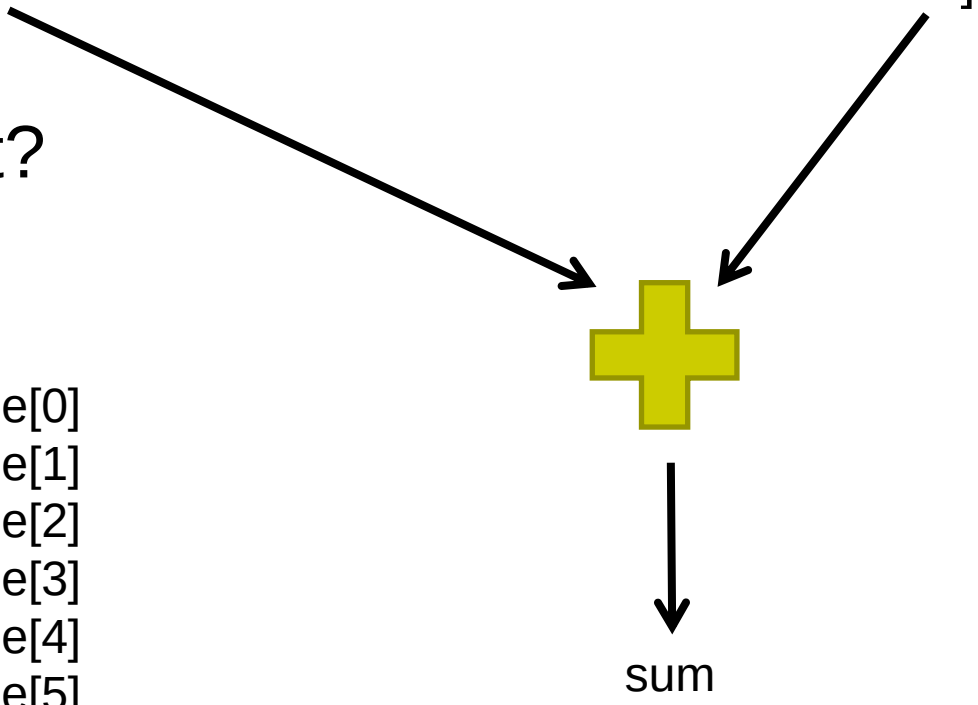
index →

len(name) is 11

name[0]='A'=65, name[1]='l'=108, name[2]='a'=97,
name[3]='n'=110, name[4]=' '=32, name[5]='T'=84,
name[6]='u'=117, name[7]='r'=114, name[8]='i'=105,
name[9]='n'=110, name[10]='g'=103.

How to add up elements of an array?

- Problem: add up the 11 elements of name[i]
  - name = [65 108 97 110 32 84 117 114 105 110 103]



- How to do it?
  - Solution 1

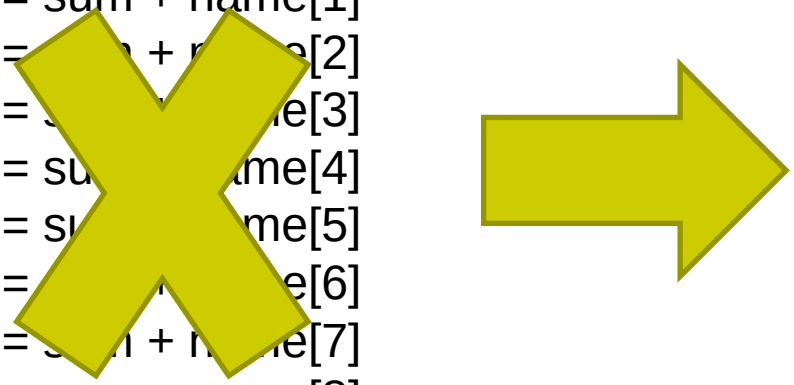
```
sum := 0
sum = sum + name[0]
sum = sum + name[1]
sum = sum + name[2]
sum = sum + name[3]
sum = sum + name[4]
sum = sum + name[5]
sum = sum + name[6]
sum = sum + name[7]
sum = sum + name[8]
sum = sum + name[9]
sum = sum + name[10]
```

How to add up elements of an array?

- Problem: add up the 11 elements of name[i]
  - name = [65 108 97 110 32 84 117 114 105 110 103]

- How to do it?
  - Solution 1

```
sum := 0
sum = sum + name[0]
sum = sum + name[1]
sum = sum + name[2]
sum = sum + name[3]
sum = sum + name[4]
sum = sum + name[5]
sum = sum + name[6]
sum = sum + name[7]
sum = sum + name[8]
sum = sum + name[9]
sum = sum + name[10]
```



  - Solution 2 Why?

```
sum := 0
sum = sum + int(name[0])
sum = sum + int(name[1])
sum = sum + int(name[2])
sum = sum + int(name[3])
sum = sum + int(name[4])
sum = sum + int(name[5])
sum = sum + int(name[6])
sum = sum + int(name[7])
sum = sum + int(name[8])
sum = sum + int(name[9])
sum = sum + int(name[10])
```

Add up [65 108 97 110 32 84 117 114 105 110 103]

name[0] = 65 = 01000001

Value Name	Binary representation
sum (right-side)	0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
name[0]	01000001
int(name[0])	0000000000000000000000000000000000000000000000000000000001000001
sum (left-side)	0000000000000000000000000000000000000000000000000000000001000001

var name string = "Alan Turing"
var sum int = 0

Type of name: an array of byte, i.e., uint8
Type of sum: 64-bit integer

```
sum := 0
sum = sum + name[0]
sum = sum + name[1]
…
sum = sum + name[10]
```

Solution 1

```
sum := 0
sum = sum + int(name[0])
sum = sum + int(name[1])
…
sum = sum + int(name[10])
```

Solution 2

Add up [65 108 97 110 32 84 117 114 105 110 103]

name[0] = 65 = 01000001

Value Name	Binary representation
sum (right-side)	00000000000000000000000000000000000000000000000000000000
name[0]	01000001
int(name[0])	00000000000000000000000000000000000000000000000001000001
sum (left-side)	00000000000000000000000000000000000000000000000001000001

类型转换操作
Type casting operation int(name[0]) converts byte type to int type
By padding 56 0's

```
sum := 0
sum = sum + name[0]
sum = sum + name[1]
…
sum = sum + name[10]
```

Solution 1

```
sum := 0
sum = sum + int(name[0])
sum = sum + int(name[1])
…
sum = sum + int(name[10])
```

Solution 2

Add up [65 108 97 110 32 84 117 114 105 110 103]

name[1] = 108 = 01101100

Value Name	Binary representation
sum (right-side)	00000000000000000000000000000000000000000000000000000001000001
name[1]	01101100
int(name[1])	00000000000000000000000000000000000000000000000000000001101100
sum (left-side)	00000000000000000000000000000000000000000000000000000010101101

sum := 0
sum = sum + int(name[0])
= 0 + 65 = 65
= 00000000000000000000000000000000000000000000000000000001000001
sum = sum + int(name[1])
= 65 + 108 = 173
= 00000000000000000000000000000000000000000000000000000010101101

Code for solution 2 still has problems

1. Tied to particular students 绑定了学生姓名
   - Does not work for students with len(name) != 11
2. Tedious, repetitive code 重复代码
3. The length of code is proportional to the problem size! 直线程序
   - **A sign of possible bad design**
     - What if len(name) == 1 million?
   - 违反了程序有限性原则

- Project 1: Turing Adder
  - We don't want the size of transition table of Turing machine to be proportional to input length N

```
sum := 0
sum = sum + int(name[0])
sum = sum + int(name[1])
sum = sum + int(name[2])
sum = sum + int(name[3])
sum = sum + int(name[4])
sum = sum + int(name[5])
sum = sum + int(name[6])
sum = sum + int(name[7])
sum = sum + int(name[8])
sum = sum + int(name[9])
sum = sum + int(name[10])
```

幸好Go语言提供了for loop循环抽象

- 初始化: 数组索引从零开始 i = 0
- 重复执行循环体，每次迭代索引加1，直到i≥11

```
package main
import "fmt"
func main() {
   var name string = "Alan Turing"
   sum := 0
   sum = sum + int(name[0])
   sum = sum + int(name[1])
   sum = sum + int(name[2])
   sum = sum + int(name[3])
   sum = sum + int(name[4])
   sum = sum + int(name[5])
   sum = sum + int(name[6])
   sum = sum + int(name[7])
   sum = sum + int(name[8])
   sum = sum + int(name[9])
   sum = sum + int(name[10])
   fmt.Printf("%d\n", sum)
}
```

```
package main
import "fmt"
func main() {
   var name string = "Alan Turing"
   sum := 0
   for i := 0; i < 11; i++ {
      sum = sum + int(name[i])
   }
   fmt.Printf("%d\n", sum)
}
```

循环抽象的诀窍：综合变与不变
不变：for循环结构不变
变：索引值变化，累加值sum变化

3.3 采用占位符%c实现格式动词%d

name_to_number-0.go
对比
name_to_number.go

```
package main //name_to_number-0.go
import "fmt"
func main() {
        var name string = "Alan Turing"
        sum := 0
        for i := 0; i < 11; i++ {
                sum = sum + int(name[i])
        }
        fmt.Printf("%d\n", sum)
}
```

```
> ./name_to_number-0
> 1045
>
```

```
package main  // name_to_number.go
import "fmt"
func main() {
   var name string = "Alan Turing"
   sum := 0
   for i := 0; i < 11; i++ {
      sum = sum + int(name[i])
   }
   var sum_bytes [4]byte
   var j int
   for j = 3; sum != 0; j-- {
      sum_bytes[j] = byte(sum%10) + '0'
      sum = sum / 10
   }
   fmt.Printf("%c", sum_bytes[0])
   fmt.Printf("%c", sum_bytes[1])
   fmt.Printf("%c", sum_bytes[2])
   fmt.Printf("%c", sum_bytes[3])
   fmt.Printf("\n")
}
```

```
> ./name_to_number
> 1045
>
```

如何用%c实现%d?

```
package main
import "fmt"
func main() {
   var name string = "Alan Turing"
   sum := 0
   for i := 0; i < 11; i++ {
      sum = sum + int(name[i])
   }
   var sum_bytes [4]byte
   var j int
   for j = 3; sum!= 0; j-- {
      sum_bytes[j] = byte(sum%10) + '0'
      sum = sum / 10
   }
   fmt.Printf("%c", sum_bytes[0])
   fmt.Printf("%c", sum_bytes[1])
   fmt.Printf("%c", sum_bytes[2])
   fmt.Printf("%c", sum_bytes[3])
   fmt.Printf("\n")
}
```

使用整数除法 / 和求余 % 操作，
从数值1045依次摘取出数字5, 4, 0, 1

```
sum % 10
sum = sum / 10
```

sum_bytes[3]	1045 % 10 = 5
sum	1045 / 10 = 104
sum_bytes[2]	104 % 10 = 4
sum	104 / 10 = 10
sum_bytes[1]	10 % 10 = 0
sum	10 / 10 = 1
sum_byte[0]	1 % 10 = 1
sum	1 / 10 = 0

sum_bytes = [‘1’, ‘0’, ‘4’, ‘5’]
数组索引 0 1 2 3

用字符占位符%c实现十进制占位符 %d
fmt.Printf("%d\n", sum)

四个打印语句fmt.Printf(“%c”, …)
依次打印出1, 0, 4, 5四个字符

为什么要做类型转换

sum_bytes[j] = byte(sum%10) + ‘0’
而不是sum_bytes[j] = sum % 10

```
package main
import "fmt"
func main() {
   var name string = "Alan Turing"
   sum := 0
   for i := 0; i < 11; i++ {
      sum = sum + int(name[i])
   }
                  // 此时，sum == 1045
   var sum_bytes [4]byte
   var j int
   for j = 3; sum != 0; j-- {
      sum_bytes[j] = byte(sum%10) + '0'
      sum = sum / 10
   }
   fmt.Printf("%c", sum_bytes[0])
   fmt.Printf("%c", sum_bytes[1])
   fmt.Printf("%c", sum_bytes[2])
   fmt.Printf("%c", sum_bytes[3])
   fmt.Printf("\n")
}
```

sum_bytes is a uint8 array
sum_byte[j] has type byte
However, sum is type int

Suppose j=3 (initially)
sum is 1045, and
sum%10 is
1045%10 = 5, a 64-bit int value
00000000……00000101

byte(sum%10), i.e., byte(5)
converts this 64-bit value
to a number of type uint8 and value
00000101

byte(5)+ ‘0’ evaluates to
= 5 + 48
= 00000101+00110000
= 00110101 = 53 = ‘5’

Thus, sum_bytes[3] holds ‘5’