

# 分子生物计算

## (*Perl* 语言编程)

天津医科大学  
生物医学工程与技术学院

2016-2017 学年上学期 (秋)  
2014 级生信班

## 第四章 序列和字符串

伊现富 (Yi Xianfu)

天津医科大学 (TIJMU)  
生物医学工程与技术学院

2016 年 11 月



# 教学提纲

- 1 引言
- 2 序列数据的表征
- 3 存储 DNA 序列
  - Perl 程序
  - 控制流
  - 注释
  - 命令解释
  - 语句
- 4 拼接 DNA 片段
- 5 DNA 转录成 RNA
- 6 使用 Perl 文档
- 7 序列反向互补
- 8 从文件读取数据
- 9 数组
  - Perl 程序
  - 数组操作
- 10 上下文
- 11 回顾与总结
  - 总结
  - 思考题

## 1 引言

## 2 序列数据的表征

## 3 存储 DNA 序列

- Perl 程序
- 控制流
- 注释
- 命令解释
- 语句

## 4 拼接 DNA 片段

## 5 DNA 转录成 RNA

## 6 使用 Perl 文档

## 7 序列反向互补

## 8 从文件读取数据

## 9 数组

- Perl 程序
- 数组操作

## 10 上下文

## 11 回顾与总结

- 总结
- 思考题



## Perl 语言基础

- 标量变量和数组变量
- 字符串操作（替换、翻译等）
- 从文件中读取数据

## DNA 和蛋白质生物序列数据的处理

- 把 DNA 片段拼接起来
- 把 DNA 转录成 RNA
- 获取反向互补序列
- 从文件中读取序列
- 获取序列信息（碱基数目、GC 含量）



## Perl 语言基础

- 标量变量和数组变量
- 字符串操作（替换、翻译等）
- 从文件中读取数据

## DNA 和蛋白质生物序列数据的处理

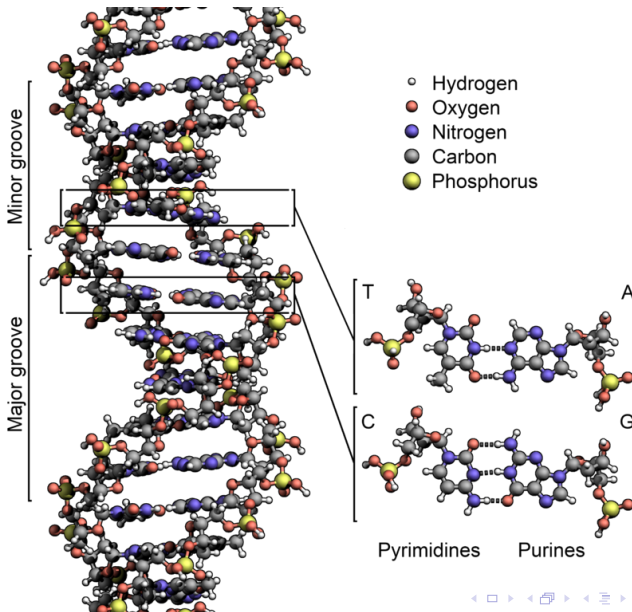
- 把 DNA 片段拼接起来
- 把 DNA 转录成 RNA
- 获取反向互补序列
- 从文件中读取序列
- 获取序列信息（碱基数目、GC 含量）



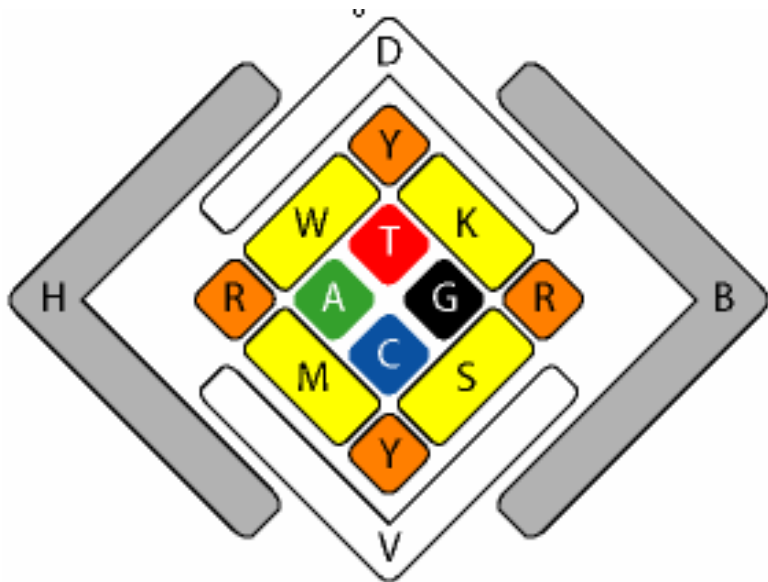
- 1 引言
- 2 序列数据的表征
- 3 存储 DNA 序列
  - Perl 程序
  - 控制流
  - 注释
  - 命令解释
  - 语句
- 4 拼接 DNA 片段
- 5 DNA 转录成 RNA
- 6 使用 Perl 文档
- 7 序列反向互补
- 8 从文件读取数据
- 9 数组
  - Perl 程序
  - 数组操作
- 10 上下文
- 11 回顾与总结
  - 总结
  - 思考题



# 序列和字符串 | 序列表征 | 核酸



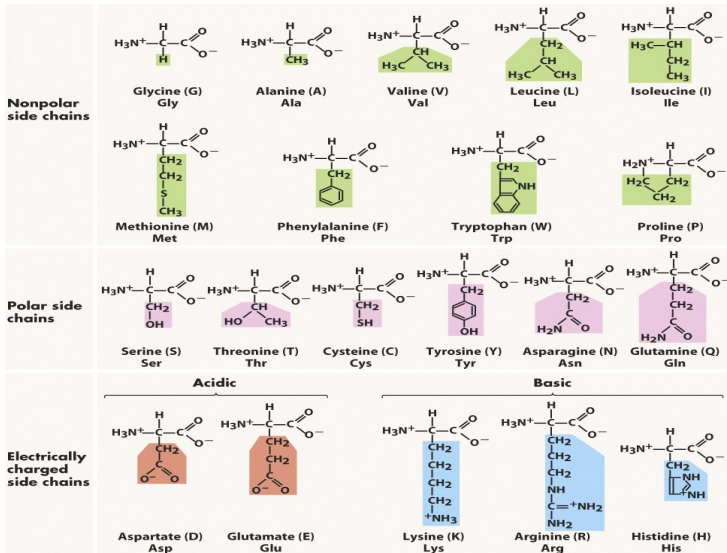




Code	Represents	Complement
A	Adenine	T
G	Guanine	C
C	Cytosine	G
T	Thymine	A
Y	Pyrimidine (C or T)	R
R	Purine (A or G)	Y
W	weak (A or T)	W
S	strong (G or C)	S
K	keto (T or G)	M
M	amino (C or A)	K
D	A, G, T (not C)	H
V	A, C, G (not T)	B
H	A, C, T (not G)	D
B	C, G, T (not A)	V
X/N	any base	X/N
-	Gap	-



# 序列和字符串 | 序列表征 | 氨基酸



## 字符串

字符串 (string)，是由零个或多个字符组成的有限序列，是编程语言中表示文本的数据类型。

## 字符串操作

- 通常以串的整体作为操作对象，如：在串中查找某个子串、求取一个子串、在串的某个位置上插入一个子串以及删除一个子串等。
- 两个字符串相等的充要条件是：长度相等，并且各个对应位置上的字符都相等。
- 设  $p$ 、 $q$  是两个串，求  $q$  在  $p$  中首次出现的位置的运算叫做模式匹配。
- 一个简单的字符串操作是“拼接”：也就是说先写一个字符串  $S$ ，随后在后面再写一个  $T$  得到  $ST$  这样一个过程。
- 其它的常见操作包括在一个长字符串中搜索一个子串，排列一组字符串以及分析一个字符串。

## 字符串

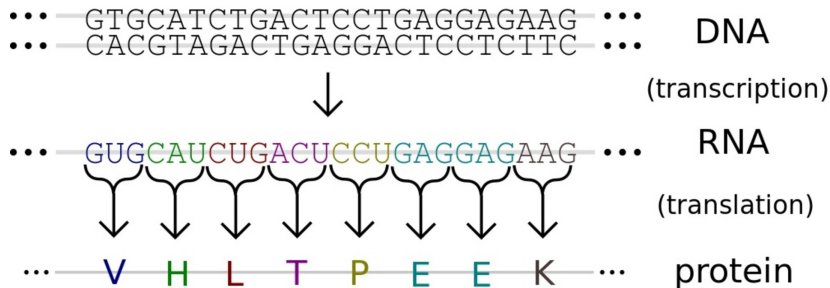
字符串 (string)，是由零个或多个字符组成的有限序列，是编程语言中表示文本的数据类型。

## 字符串操作

- 通常以串的整体作为操作对象，如：在串中查找某个子串、求取一个子串、在串的某个位置上插入一个子串以及删除一个子串等。
- 两个字符串相等的充要条件是：长度相等，并且各个对应位置上的字符都相等。
- 设  $p$ 、 $q$  是两个串，求  $q$  在  $p$  中首次出现的位置的运算叫做模式匹配。
- 一个简单的字符串操作是“拼接”：也就是说先写一个字符串  $S$ ，随后在后面再写一个  $T$  得到  $ST$  这样一个过程。
- 其它的常见操作包括在一个长字符串中搜索一个子串，排列一组字符串以及分析一个字符串。

## 序列与字符串 (问题转换)

生物信息学：(生物学) DNA/RNA/蛋白质序列  $\implies$  字符串 (计算机科学)



- 1 引言
- 2 序列数据的表征
- 3 存储 DNA 序列
  - Perl 程序
  - 控制流
  - 注释
  - 命令解释
  - 语句
- 4 拼接 DNA 片段
- 5 DNA 转录成 RNA
- 6 使用 Perl 文档
- 7 序列反向互补
- 8 从文件读取数据
- 9 数组
  - Perl 程序
  - 数组操作
- 10 上下文
- 11 回顾与总结
  - 总结
  - 思考题



- 1 引言
- 2 序列数据的表征
- 3 存储 DNA 序列
  - Perl 程序
  - 控制流
  - 注释
  - 命令解释
  - 语句
- 4 拼接 DNA 片段
- 5 DNA 转录成 RNA
- 6 使用 Perl 文档
- 7 序列反向互补
- 8 从文件读取数据
- 9 数组
  - Perl 程序
  - 数组操作
- 10 上下文
- 11 回顾与总结
  - 总结
  - 思考题





# 序列和字符串 | 存储 DNA | 程序 4.1

```
1 #!/usr/bin/perl -w
2 # Example 4-1    Storing DNA in a variable,
   and printing it out
3
4 # First we store the DNA in a variable called
   $DNA
5 $DNA = 'ACGGGAGGACGGGAAAATTACTACGGCATTAGC';
6
7 # Next, we print the DNA onto the screen
8 print $DNA;
9
10 # Finally, we'll specifically tell the
    program to exit.
11 exit;
```



- 在 Perl 中，变量就是要处理的数据的名称，使用该名称，你可以对数据进行完全的访问。
- 变量起名要清晰易懂；既然是存储 DNA 序列，起名为 `$DNA` 再自然不过了（或者 `$dna`、`$dna_seq`……）。
- 保存程序时一定要保存为 ASCII 或者纯文本格式。
- 运行程序：`perl example4-1.pl`（或者：  
`chmod 755 example4-1.pl; ./example4-1.pl`）。



- 1 引言
- 2 序列数据的表征
- 3 存储 DNA 序列
  - Perl 程序
  - 控制流
  - 注释
  - 命令解释
  - 语句
- 4 拼接 DNA 片段
- 5 DNA 转录成 RNA
- 6 使用 Perl 文档
- 7 序列反向互补
- 8 从文件读取数据
- 9 数组
  - Perl 程序
  - 数组操作
- 10 上下文
- 11 回顾与总结
  - 总结
  - 思考题



所谓控制流，就是计算机是以什么顺序来执行程序中的语句的。

所有的程序都是从第一行开始执行，除非明确指明了其他的运行顺序，否则它将一条一条地按照顺序执行语句，直到程序的最后一行。

可以通过条件流程控制语句（if 等）、循环流程控制语句（while 等）等控制程序的执行顺序。



- 1 引言
- 2 序列数据的表征
- 3 存储 DNA 序列
  - Perl 程序
  - 控制流
  - 注释
  - 命令解释
  - 语句
- 4 拼接 DNA 片段
- 5 DNA 转录成 RNA
- 6 使用 Perl 文档
- 7 序列反向互补
- 8 从文件读取数据
- 9 数组
  - Perl 程序
  - 数组操作
- 10 上下文
- 11 回顾与总结
  - 总结
  - 思考题



- 添加空行使程序更加易读。
- 以 # 起始进行注释。
- Perl 程序运行时，会把空行和注释忽略掉。
- 注释内容：程序的用途、作者及相关信息，代码每一部分的作用，代码的工作原理，……

## 没有注释的、赤裸裸的、完全等价的程序

```
1 #!/usr/bin/perl -w
2 $DNA = 'ACGGGAGGACGGGAAAATTACTACGGCATTAGC';
3 print $DNA;
4 exit;
```



- 添加空行使程序更加易读。
- 以 # 起始进行注释。
- Perl 程序运行时，会把空行和注释忽略掉。
- 注释内容：程序的用途、作者及相关信息，代码每一部分的作用，代码的工作原理，……

## 没有注释的、赤裸裸的、完全等价的程序

```
1 #!/usr/bin/perl -w
2 $DNA = 'ACGGGAGGACGGGAAAATTACTACGGCATTAGC';
3 print $DNA;
4 exit;
```



- 1 引言
- 2 序列数据的表征
- 3 存储 DNA 序列
  - Perl 程序
  - 控制流
  - 注释
  - 命令解释
  - 语句
- 4 拼接 DNA 片段
- 5 DNA 转录成 RNA
- 6 使用 Perl 文档
- 7 序列反向互补
- 8 从文件读取数据
- 9 数组
  - Perl 程序
  - 数组操作
- 10 上下文
- 11 回顾与总结
  - 总结
  - 思考题





```
1 #!/usr/bin/perl -w
```

## 命令解释

- 像是注释，但并不是注释。
- 告诉 Unix/Linux 计算机，这是一个 Perl 程序。
- 本质上是 Perl 语言解释器在文件系统中的绝对路径。
- 标志 `-w`，等同于 `use warnings;`。使 Perl 在遇到错误时打印出相关信息。
- 注意：错误信息中的行号不一定准确，但是可以作为参考（通常错误就在对应行的附近）。



```
1 #!/usr/bin/perl -w
```

## 命令解释

- 像是注释，但并不是注释。
- 告诉 Unix/Linux 计算机，这是一个 Perl 程序。
- 本质上是 Perl 语言解释器在文件系统中的绝对路径。
- 标志 `-w`，等同于 `use warnings;`。使 Perl 在遇到错误时打印出相关信息。
- 注意：错误信息中的行号不一定准确，但是可以作为参考（通常错误就在对应行的附近）。



```
1 #!/usr/bin/perl
2 #!/usr/bin/env perl
3 #!/usr/local/bin/perl
4 #!/bin/perl
5 ...
```



- 1 引言
- 2 序列数据的表征
- 3 存储 DNA 序列
  - Perl 程序
  - 控制流
  - 注释
  - 命令解释
  - 语句
- 4 拼接 DNA 片段
- 5 DNA 转录成 RNA
- 6 使用 Perl 文档
- 7 序列反向互补
- 8 从文件读取数据
- 9 数组
  - Perl 程序
  - 数组操作
- 10 上下文
- 11 回顾与总结
  - 总结
  - 思考题



```
1 $DNA = 'ACGGGAGGACGGGAAAATTACTACGGCATTAGC';
```

## 语句

- 这行代码在 Perl 语言中叫做语句（statement）。
- 在 Perl 中，语句以分号；结尾（类似于英语中以句号．进行结尾）。
- 该行是一个赋值语句：把 DNA 序列存储到 \$DNA 变量中。



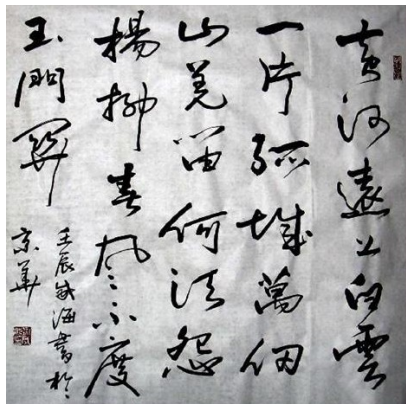
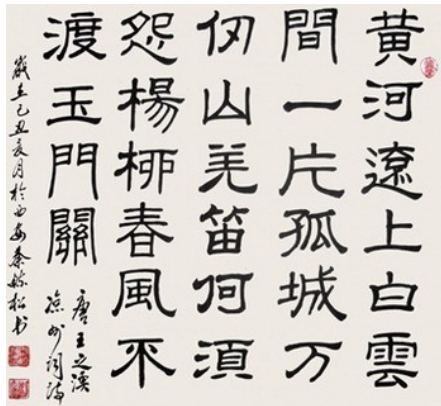
```
1 $DNA = 'ACGGGAGGACGGGAAAATTACTACGGCATTAGC';
```

## 语句

- 这行代码在 Perl 语言中叫做语句（statement）。
- 在 Perl 中，语句以分号；结尾（类似于英语中以句号．进行结尾）。
- 该行是一个赋值语句：把 DNA 序列存储到 \$DNA 变量中。



# 序列和字符串 | 存储 DNA | 语句 | 断句



## 中国重名最多的姓名

张伟	299025	1
王伟	290619	2
王芳	277293	3
李伟	269453	4
李娜	258581	5
张敏	245553	6
李静	243644	7
王静	243339	8
刘伟	241621	9
王秀英	241189	10

## 中国重名最多的名

英	41000153	1
华	35266889	2
玉	34243152	3
秀	32120854	4
文	29623154	5
明	28531253	6
兰	25703851	7
金	22224840	8
国	22112399	9
存	22103501	10

## 2010后最热的30个名字 你家娃中了没?



子涵 欣怡 梓涵 晨曦 紫涵 诗涵  
梦琪 嘉怡 子萱 雨涵 可馨 梓萱  
思涵 思彤 心怡 雨萱 可欣 雨欣  
涵 雨彤 雨轩 佳怡 梦瑶 诗琪  
萱 雨馨 思琪 静怡 佳琪 一诺



子轩 浩宇 浩然 博文 宇轩 子涵  
雨泽 皓轩 浩轩 俊杰 文博 浩  
峻熙 子豪 天佑 俊熙 明轩 致远  
睿 宇航 泽宇 鑫 一鸣 俊宇  
硕 文轩 俊豪 子墨





## 变量名

- Perl 中变量名的规范：只能由大小写字母、数字和下划线 \_ 组成，且第一个字符不能是数字。
- 只要合法，什么样的变量名对于计算机来说都无所谓，都是一样的。
- 有意义的变量名可以清晰地表明程序中变量的作用，使程序易读、易理解。
- 精心选择有意义的变量名是一个好习惯。

## 标量变量

- 标量变量 (scalar variable)：存储单个数据项目的变量，在 Perl 中以美元符号 \$ 起始。
- 一个标量变量一次只能存储数据中的一个项目。
- 使用标量变量存储字符串或者数字（比如：hello, 25、6.234、3.5E10、-0.8373）。

### 变量名

- Perl 中变量名的规范：只能由大小写字母、数字和下划线 \_ 组成，且第一个字符不能是数字。
- 只要合法，什么样的变量名对于计算机来说都无所谓，都是一样的。
- 有意义的变量名可以清晰地表明程序中变量的作用，使程序易读、易理解。
- 精心选择有意义的变量名是一个好习惯。

### 标量变量

- 标量变量 (scalar variable)：存储单个数据项目的变量，在 Perl 中以美元符号 \$ 起始。
- 一个标量变量一次只能存储数据中的一个项目。
- 使用标量变量存储字符串或者数字（比如：hello, 25、6.234、3.5E10、-0.8373）。

## 变量

- Perl 语言从 C 那里继承了一部分命名约定。局部变量与子例程通常使用用下划线分隔开的小写单词来命名；如果是私有变量或子例程，则在前面加一个下划线以表明其私有性；Perl 包中的变量命名则采用单词首字母大写的方式（像英文标题那样）；如果是声明的常量，需要全部大写；Perl 包的名字，除了 pragmata（如 strict），则一律采用“CamelCase”的方式。
- Naming convention (programming)

## 缩进与大括号

- K&R style, Allman style, Whitesmiths style, GNU style
- indent style

## perlstyle

- perldoc perlstyle
- perlstyle - Perl style guide

## 变量

- Perl 语言从 C 那里继承了一部分命名约定。局部变量与子例程通常使用用下划线分隔开的小写单词来命名；如果是私有变量或子例程，则在前面加一个下划线以表明其私有性；Perl 包中的变量命名则采用单词首字母大写的方式（像英文标题那样）；如果是声明的常量，需要全部大写；Perl 包的名字，除了 pragmata（如 strict），则一律采用“CamelCase”的方式。
- Naming convention (programming)

## 缩进与大括号

- K&R style, Allman style, Whitesmiths style, GNU style
- indent style

## perlstyle

- perldoc perlstyle
- perlstyle - Perl style guide

## 变量

- Perl 语言从 C 那里继承了一部分命名约定。局部变量与子例程通常使用用下划线分隔开的小写单词来命名；如果是私有变量或子例程，则在前面加一个下划线以表明其私有性；Perl 包中的变量命名则采用单词首字母大写的方式（像英文标题那样）；如果是声明的常量，需要全部大写；Perl 包的名字，除了 `pragmata`（如 `strict`），则一律采用“CamelCase”的方式。
- [Naming convention \(programming\)](#)

## 缩进与大括号

- K&R style, Allman style, Whitesmiths style, GNU style
- [indent style](#)

## perlstyle

- `perldoc perlstyle`
- [perlstyle - Perl style guide](#)

## 字符串

- 在 Perl 中，把序列等放在引号（单引号或者双引号）中表明它是字符串。
- 单引号（' '）不会进行变量内插。
- 双引号（" "）能够进行变量内插，可以使用转义字符。

```
1 # 此处两者完全等价
2 $DNA = 'ACGGGAGGACGGGAAAATTACTACGGCATTAGC';
3 $DNA = "ACGGGAGGACGGGAAAATTACTACGGCATTAGC";
4
5 # 此处结果完全不同（变量内插）
6 print '$DNA';
7 print "$DNA";
```



## 字符串

- 在 Perl 中，把序列等放在引号（单引号或者双引号）中表明它是字符串。
- 单引号（' '）不会进行变量内插。
- 双引号（" "）能够进行变量内插，可以使用转义字符。

```
1 # 此处两者完全等价
2 $DNA = 'ACGGGAGGACGGGAAAATTACTACGGCATTAGC';
3 $DNA = "ACGGGAGGACGGGAAAATTACTACGGCATTAGC";
4
5 # 此处结果完全不同（变量内插）
6 print '$DNA';
7 print "$DNA";
```



## 赋值

- 使用等号 = 来把一个变量设成特定的值。
- = 叫做赋值操作符 (assignment operator) 。
- 赋值后就可以通过变量名来获取它的值了。
- 注意赋值语句中项目的顺序：变量在左边 (lvalue) ，要赋给变量的值在右边 (rvalue) 。
- 牢记在 Perl 中 = 不表示相等 (数学) ，而是进行赋值。





## 打印输出

- 使用 `print` 函数，它会把变量的值直接打印输出出来。
- `print` 处理的是标量变量。
- 默认是输出到计算机屏幕（标准输出设备，`STDOUT`）上。

```
1 # 两者效果相同
2 print $DNA;
3 print "$DNA";
4
5 # 不会输出序列
6 print '$DNA';
```



## 打印输出

- 使用 `print` 函数，它会把变量的值直接打印输出出来。
- `print` 处理的是标量变量。
- 默认是输出到计算机屏幕（标准输出设备，`STDOUT`）上。

```
1 # 两者效果相同
2 print $DNA;
3 print "$DNA";
4
5 # 不会输出序列
6 print '$DNA';
```



## 退出

- 使用 `exit`; 语句明确告诉计算机退出程序。
- 在 Perl 中, 程序末尾的 `exit`; 并不是必需的。
- Perl 程序一旦运行到末尾, 就会自动退出。



# 序列和字符串 | 存储 DNA | 程序 4.1

```
1 #!/usr/bin/perl -w
2
3 $DNA = 'ACGGGAGGACGGGAAAATTACTACGGCATTAGC';
4
5 print $DNA;
6
7 exit;
```



- 1 引言
- 2 序列数据的表征
- 3 存储 DNA 序列
  - Perl 程序
  - 控制流
  - 注释
  - 命令解释
  - 语句
- 4 拼接 DNA 片段
- 5 DNA 转录成 RNA
- 6 使用 Perl 文档
- 7 序列反向互补
- 8 从文件读取数据
- 9 数组
  - Perl 程序
  - 数组操作
- 10 上下文
- 11 回顾与总结
  - 总结
  - 思考题



## 拼接 (concatenate)

- 把一个字符串附加到另一个字符串的末尾。
- 把 AT 和 GC 拼接起来, 得到 ATGC。

## 生物学中的应用

- 把克隆插入到细胞载体中
- 把剪切后的外显子拼接起来 ( “剪接” 中的 “接” )
- .....



## 拼接 (concatenate)

- 把一个字符串附加到另一个字符串的末尾。
- 把 AT 和 GC 拼接起来，得到 ATGC。

## 生物学中的应用

- 把克隆插入到细胞载体中
- 把剪切后的外显子拼接起来（“剪接”中的“接”）
- .....



# 序列和字符串 | 拼接 DNA | 程序 4.2.1

```
1 #!/usr/bin/perl -w
2 # Example 4-2    Concatenating DNA
3
4 # Store two DNA fragments into two variables
   called $DNA1 and $DNA2
5 $DNA1 = 'ACGGGAGGACGGGAAAATTACTACGGCATTAGC';
6 $DNA2 = 'ATAGTGCCGTGAGAGTGATGTAGTA';
7
8 # Print the DNA onto the screen
9 print "Here are the original two DNA
   fragments:\n\n";
10
11 print $DNA1, "\n";
12
13 print $DNA2, "\n\n";
```





## 序列和字符串 | 拼接 DNA | 程序 4.2.2

```
15 # Concatenate the DNA fragments into a third
    variable and print them
16 # Using "string interpolation"
17 $DNA3 = "$DNA1$DNA2";
18
19 print "Here is the concatenation of the first
    two fragments (version 1):\n\n";
20
21 print "$DNA3\n\n";
```



```
23 # An alternative way using the "dot operator  
   #:  
24 # Concatenate the DNA fragments into a third  
   # variable and print them  
25 $DNA3 = $DNA1 . $DNA2;  
26  
27 print "Here is the concatenation of the first  
   # two fragments (version 2):\n\n";  
28  
29 print "$DNA3\n\n";
```



```
31 # Print the same thing without using the  
    variable $DNA3  
32 print "Here is the concatenation of the first  
    two fragments (version 3):\n\n";  
33  
34 print $DNA1, $DNA2, "\n";  
35  
36 exit;
```



# 序列和字符串 | 拼接 DNA | 程序 4.2 | 输出

```
1 Here are the original two DNA fragments:
2
3 ACGGGAGGACGGGAAAATTACTACGGCATTAGC
4 ATAGTGCCGTGAGAGTGATGTAGTA
5
6 Here is the concatenation of the first two fragments (version 1)
7 :
8 ACGGGAGGACGGGAAAATTACTACGGCATTAGCATAGTGCCGTGAGAGTGATGTAGTA
9
10 Here is the concatenation of the first two fragments (version 2)
11 :
12 ACGGGAGGACGGGAAAATTACTACGGCATTAGCATAGTGCCGTGAGAGTGATGTAGTA
13
14 Here is the concatenation of the first two fragments (version 3)
15 :
16 ACGGGAGGACGGGAAAATTACTACGGCATTAGCATAGTGCCGTGAGAGTGATGTAGTA
```



```
1 print $DNA1, "\n";  
2 print $DNA2, "\n\n";
```

## 说明

- \n: 换行符, 定位到下一行的开头
- \n\n: 两个新行 (中间添加一个空行)
- 空行: 没有任何打印输出的行 (取决于操作系统)
- 包裹在双引号中的换行符表示它们是字符串的一部分
- "\n" 会输出换行符, '\n' 输出 \n 本身
- 逗号分隔列表中的项目, print 语句会输出列表中的所有项目



```
1 print $DNA1, "\n";  
2 print $DNA2, "\n\n";
```

## 说明

- \n: 换行符, 定位到下一行的开头
- \n\n: 两个新行 (中间添加一个空行)
- 空行: 没有任何打印输出的行 (取决于操作系统)
- 包裹在双引号中的换行符表示它们是字符串的一部分
- "\n" 会输出换行符, '\n' 输出 \n 本身
- 逗号分隔列表中的项目, print 语句会输出列表中的所有项目



```
1 $DNA3 = "$DNA1$DNA2"; print "$DNA3\n\n";
2 $DNA3 = $DNA1 . $DNA2; print "$DNA3\n\n";
3 print $DNA1, $DNA2, "\n";
4 print "$DNA1$DNA2\n";
5 ...
```

## 说明

- 字符串内插 (string interpolation) / 变量替换：双引号会把字符串中的变量替换成变量的值（必要时可以使用大括号来保护变量）
- 点操作符：拼接字符串
- 使用 print 语句
- There's more than one way to do it.
- There are more than two ways to do it.

## 标量变量

- 标量变量可以存储字符串、整数、浮点数、布尔值等
- Perl 能够“智能”判断存储的是哪种类型的数据

```
1 $number = 17;  
2 print $number, "\n";
```





## 标量变量

- 标量变量可以存储字符串、整数、浮点数、布尔值等
- Perl 能够“智能”判断存储的是哪种类型的数据

```
1 $number = 17;  
2 print $number, "\n";
```



## 序列和字符串 | 拼接 DNA | 程序 4.2

```
1 #!/usr/bin/perl -w
2
3 $DNA1 = 'ACGGGAGGACGGGAAAATTACTACGGCATTAGC';
4 $DNA2 = 'ATAGTGCCGTGAGAGTGATGTAGTA';
5
6 print $DNA1, "\n";
7 print $DNA2, "\n\n";
8
9 $DNA3 = "$DNA1$DNA2";
10 print "$DNA3\n\n";
11
12 $DNA3 = $DNA1 . $DNA2;
13 print "$DNA3\n\n";
14
15 print $DNA1, $DNA2, "\n";
16
17 exit;
```

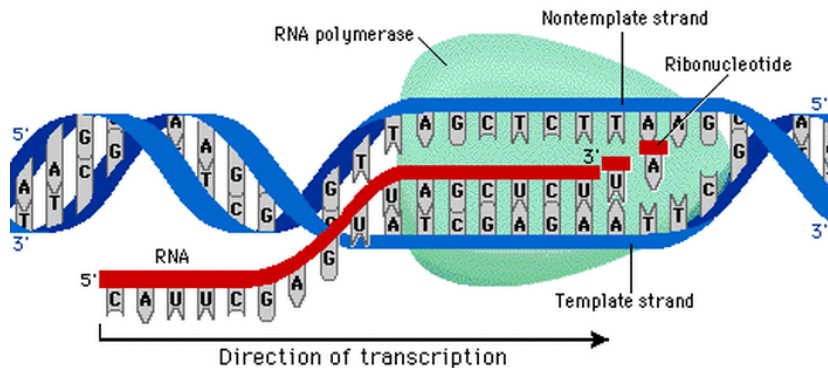


- 1 引言
- 2 序列数据的表征
- 3 存储 DNA 序列
  - Perl 程序
  - 控制流
  - 注释
  - 命令解释
  - 语句
- 4 拼接 DNA 片段
- 5 DNA 转录成 RNA

- 6 使用 Perl 文档
- 7 序列反向互补
- 8 从文件读取数据
- 9 数组
  - Perl 程序
  - 数组操作
- 10 上下文
- 11 回顾与总结
  - 总结
  - 思考题



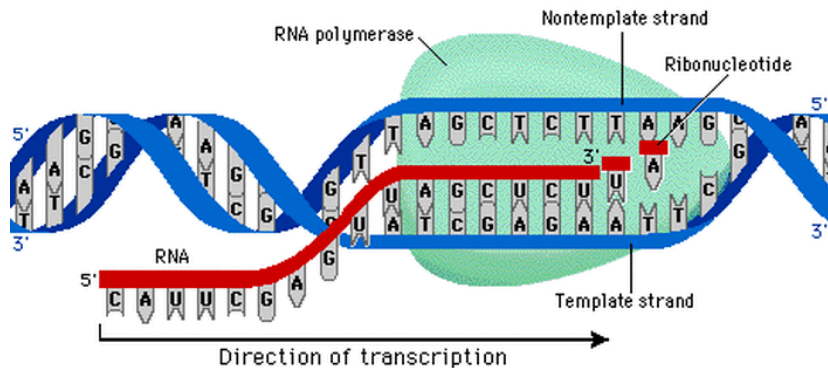
# 序列和字符串 | 转录



## 问题简化

DNA 转录成 RNA  $\implies$  把 DNA 中所有的 T 替换成 U

# 序列和字符串 | 转录



## 问题简化

DNA 转录成 RNA  $\implies$  把 DNA 中所有的 T 替换成 U

```
1 #!/usr/bin/perl -w
2 # Example 4-3    Transcribing DNA into RNA
3
4 # The DNA
5 $DNA = 'ACGGGAGGACGGGAAAATTACTACGGCATTAGC';
6
7 # Print the DNA onto the screen
8 print "Here is the starting DNA:\n\n";
9
10 print "$DNA\n\n";
```



```
12 # Transcribe the DNA to RNA by substituting
    all T's with U's.
13 $RNA = $DNA;
14
15 $RNA =~ s/T/U/g;
16
17 # Print the RNA onto the screen
18 print "Here is the result of transcribing the
    DNA to RNA:\n\n";
19
20 print "$RNA\n";
21
22 # Exit the program.
23 exit;
```



```
1 Here is the starting DNA:
2
3 ACGGGAGGACGGGAAAATTACTACGGCATTAGC
4
5 Here is the result of transcribing the DNA to
   RNA:
6
7 ACGGGAGGACGGGAAA AUUACUACGGCAUUAGC
```





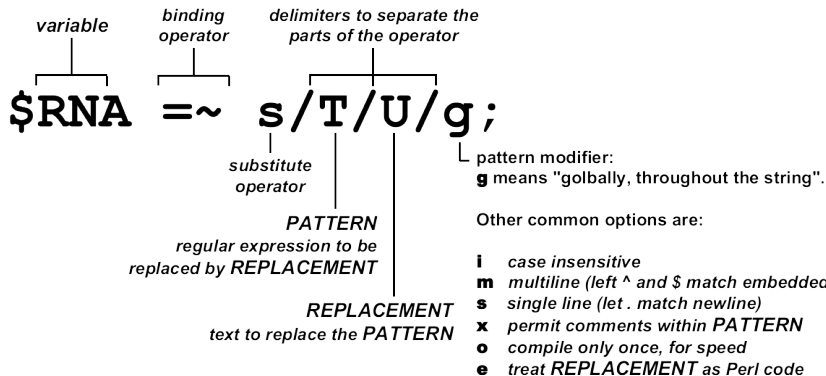
- Perl 能够轻松处理 DNA 字符串等文本数据
- 常见操作：翻译、反转、替换、删除、排序等
- Perl 在生物信息学领域独领风骚的主要原因（之一）



```
1 # $RNA开始存储的其实是DNA
2 $RNA = $DNA;
3 # 替换后，$RNA存储的才是RNA
4 $RNA =~ s/T/U/g;
5
6 # 完全等价的语句
7 # $RNA存储的就真的只是RNA了
8 ($RNA = $DNA) =~ s/T/U/g;
```



# 序列和字符串 | 转录 | 绑定操作符和替换



## 序列和字符串 | 转录 | 程序 4.3

```
1 #!/usr/bin/perl -w
2
3 $DNA = 'ACGGGAGGACGGGAAAATTACTACGGCATTAGC';
4
5 print "Here is the starting DNA:\n\n";
6 print "$DNA\n\n";
7
8 $RNA = $DNA;
9 $RNA =~ s/T/U/g;
10
11 print "Here is the result of transcribing the
      DNA to RNA:\n\n";
12 print "$RNA\n";
13
14 exit;
```



- 1 引言
- 2 序列数据的表征
- 3 存储 DNA 序列
  - Perl 程序
  - 控制流
  - 注释
  - 命令解释
  - 语句
- 4 拼接 DNA 片段
- 5 DNA 转录成 RNA
- 6 使用 Perl 文档
- 7 序列反向互补
- 8 从文件读取数据
- 9 数组
  - Perl 程序
  - 数组操作
- 10 上下文
- 11 回顾与总结
  - 总结
  - 思考题



- <http://www.perl.com/>
- `perldoc -f print` (perldoc 手册: `man perldoc`)
- 文档太全, 直接忽略掉对你来说毫无意义的内容吧
- 翻阅文档是学习 Perl 的绝佳途径 (不要“骑着驴找驴”)



- 1 引言
- 2 序列数据的表征
- 3 存储 DNA 序列
  - Perl 程序
  - 控制流
  - 注释
  - 命令解释
  - 语句
- 4 拼接 DNA 片段
- 5 DNA 转录成 RNA

- 6 使用 Perl 文档
- 7 序列反向互补
- 8 从文件读取数据
- 9 数组
  - Perl 程序
  - 数组操作
- 10 上下文
- 11 回顾与总结
  - 总结
  - 思考题



## 应用

- 给出一条链，输出另一条链
- 在查询 DNA 时，自动查询其反向互补序列
- 从基因的负链得到正链
- .....





# 序列和字符串 | 反向互补 | 程序 4.4.1

```
1 #!/usr/bin/perl -w
2 # Example 4-4    Calculating the reverse
   complement of a strand of DNA
3
4 # The DNA
5 $DNA = 'ACGGGAGGACGGGAAAATTACTACGGCATTAGC';
6
7 # Print the DNA onto the screen
8 print "Here is the starting DNA:\n\n";
9
10 print "$DNA\n\n";
```



## 序列和字符串 | 反向互补 | 程序 4.4.2

```
12 # Calculate the reverse complement
13 #   Warning: this attempt will fail!
14 #
15 # First, copy the DNA into new variable $revcom
16 # (short for REVerse COMplement)
17 # Notice that variable names can use lowercase letters
   like
18 # "revcom" as well as uppercase like "DNA".  In fact,
19 # lowercase is more common.
20 #
21 # It doesn't matter if we first reverse the string and
   then
22 # do the complementation; or if we first do the
   complementation
23 # and then reverse the string.  Same result each time.
24 # So when we make the copy we'll do the reverse in the
   same statement.
```



## 序列和字符串 | 反向互补 | 程序 4.4.3

```
27 $revcom = reverse $DNA;
28
29 #
30 # Next substitute all bases by their complements,
31 # A->T, T->A, G->C, C->G
32 #
33
34 $revcom =~ s/A/T/g;
35 $revcom =~ s/T/A/g;
36 $revcom =~ s/G/C/g;
37 $revcom =~ s/C/G/g;
38
39 # Print the reverse complement DNA onto the screen
40 print "Here is the reverse complement DNA:\n\n";
41
42 print "$revcom\n";
```



# 序列和字符串 | 反向互补 | 程序 4.4.4

```
45 # Oh-oh, that didn't work right!
46 # Our reverse complement should have all the bases in it, since
   the
47 # original DNA had all the bases-but ours only has A and G!
48 #
49 # Do you see why?
50 #
51 # The problem is that the first two substitute commands above
   change
52 # all the A's to T's (so there are no A's) and then all the
53 # T's to A's (so all the original A's and T's are all now A's).
54 # Same thing happens to the G's and C's all turning into G's.
55 #
56
57 print "\nThat was a bad algorithm, and the reverse complement
   was wrong!\n";
58 print "Try again ... \n\n";
```



# 序列和字符串 | 反向互补 | 程序 4.4.5

```
60 # Make a new copy of the DNA (see why we saved the
    original?)
61 $revcom = reverse $DNA;
62
63 # See the text for a discussion of tr///
64 $revcom =~ tr/ACGTacgt/TGCAtgca/;
65
66 # Print the reverse complement DNA onto the screen
67 print "Here is the reverse complement DNA:\n\n";
68
69 print "$revcom\n";
70
71 print "\nThis time it worked!\n\n";
72
73 exit;
```



```
1 Here is the starting DNA:
2
3 ACGGGAGGACGGGAAAATTACTACGGCATTAGC
4
5 Here is the reverse complement DNA:
6
7 GGAAAAGGGGAAGAAAAAAGGGGAGGAGGGGA
8
9 That was a bad algorithm, and the reverse
  complement was wrong!
10 Try again ...
11
12 Here is the reverse complement DNA:
13
14 GCTAATGCCGTAGTAATTTTCCCGTCCTCCCGT
15
16 This time it worked!
```



## 相似的经历

- 1 编写代码
- 2 代码不工作
- 3 解决问题（修正语法，重新思考、设计新的方法，……）

## 解决策略

- 检查代码的细节
- 查阅文档
- 检索（特性，模块，……）



## 相似的经历

- 1 编写代码
- 2 代码不工作
- 3 解决问题（修正语法，重新思考、设计新的方法，……）

## 解决策略

- 检查代码的细节
- 查阅文档
- 检索（特性，模块，……）





- reverse 函数：反转字符串等元素的顺序
- tr 函数：一次性把一个字符集翻译成新的字符

`$revcom =~ tr/ACGT/TGCA/;`



The diagram illustrates the mapping of bases A, C, G, T to their complementary bases T, G, C, A respectively. It shows four pairs of bases connected by dotted arrows, with the text "maps to" above the first pair. Above the code line, there is a circular diagram with four nodes representing the bases A, C, G, and T. Dashed arrows show the mapping: A to T, T to A, C to G, and G to C, forming a cycle.

<i>base</i>		<i>base</i>
<b>A</b>	<i>maps to</i>	<b>T</b>
<b>C</b>		<b>G</b>
<b>G</b>		<b>C</b>
<b>T</b>		<b>A</b>



## 序列和字符串 | 反向互补 | 程序 4.4

```
1 #!/usr/bin/perl -w
2
3 $DNA = 'ACGGGAGGACGGGAAAATTACTACGGCATTAGC';
4
5 print "Here is the starting DNA:\n\n";
6 print "$DNA\n\n";
7
8 $revcom = reverse $DNA;
9 $revcom =~ tr/ACGTacgt/TGCAtgca/;
10
11 print "Here is the reverse complement DNA:\n\n";
12 print "$revcom\n";
13
14 exit;
```



## 已经学习

- 存储 DNA 序列
- 把 DNA 片段拼接起来
- 把 DNA 转录成 RNA
- 获取反向互补序列

## 即将学习

- 在 Perl 中使用蛋白质序列数据
- 从文件读取蛋白质序列数据
- Perl 语言中的数组
- Perl 语言中的上下文



## 已经学习

- 存储 DNA 序列
- 把 DNA 片段拼接起来
- 把 DNA 转录成 RNA
- 获取反向互补序列

## 即将学习

- 在 Perl 中使用蛋白质序列数据
- 从文件读取蛋白质序列数据
- Perl 语言中的数组
- Perl 语言中的上下文



- 1 引言
- 2 序列数据的表征
- 3 存储 DNA 序列
  - Perl 程序
  - 控制流
  - 注释
  - 命令解释
  - 语句
- 4 拼接 DNA 片段
- 5 DNA 转录成 RNA
- 6 使用 Perl 文档
- 7 序列反向互补
- 8 从文件读取数据
- 9 数组
  - Perl 程序
  - 数组操作
- 10 上下文
- 11 回顾与总结
  - 总结
  - 思考题



```
1 MNIDDKLEGLFLKCGGIDEMQSSRTMVVMGGVSGQSTVSGELQD
2 SVLQDRSMPHQEILAADEV LQESEM RQQDMISHDEL MVHEETVKNDEEQMETHERLPQ
3 GLQYALNVPI SVKQEITFTDVSEQLMRDKKQIR
```

## 补充说明

- 认真组织文件和文件夹
- 仔细考虑文件和文件夹的命名
- 尽量仅通过文件名、而不需要打开文件就可以对文件保存的数据有所了解
- 比如：NM\_021964fragment.pep



```
1 MNIDDKLEGLFLKCGGIDEMQSSRTMVMGGVSGQSTVSGELQD
2 SVLQDRSMPHQEILAADEVLQESEMRRQQDMISHDELMVHEETVKNDEEQMETHERLPQ
3 GLQYALNVPISVKQEITFTDVSEQLMRDKKQIR
```

## 补充说明

- 认真组织文件和文件夹
- 仔细考虑文件和文件夹的命名
- 尽量仅通过文件名、而不需要打开文件就可以对文件保存的数据有所了解
- 比如：NM\_021964fragment.pep



# 序列和字符串 | 读取文件 | 程序 4.5.1

```
1 #!/usr/bin/perl -w
2 # Example 4-5    Reading protein sequence data
   from a file
3
4 # The filename of the file containing the
   protein sequence data
5 $proteinfilename = 'NM_021964fragment.pep';
6
7 # First we have to "open" the file, and
   associate
8 # a "filehandle" with it.  We choose the
   filehandle
9 # PROTEINFILE for readability.
```





## 序列和字符串 | 读取文件 | 程序 4.5.2

```
10 open( PROTEINFILE, $proteinfilename );
11
12 # Now we do the actual reading of the protein sequence
   data from the file,
13 # by using the angle brackets < and > to get the input
   from the
14 # filehandle. We store the data into our variable
   $protein.
15 $protein = <PROTEINFILE>;
16
17 # Now that we've got our data, we can close the file.
18 close PROTEINFILE;
19
20 # Print the protein onto the screen
21 print "Here is the protein:\n\n";
22
23 print $protein;
24
25 exit;
```



```
1 Here is the protein:  
2  
3 MNIDDKLEGLFLKCGGIDEMQSSRTMVVMGGVSGQSTVSGELQD
```



```
1 # 第一步： 把文件和文件句柄关联起来，之后对文件的操作  
  都通过文件句柄来进行  
2 open( PROTEINFILE, $proteinfilename );  
3 # 第二步：读取文件中的数据  
4 $protein = <PROTEINFILE>;  
5 # 第三步：把文件和文件句柄解关联  
6 close PROTEINFILE;
```

## 补充说明

- open 函数还有很多选项，用于精确指定如何使用文件
- 文件句柄通常使用大写字母
- < >：输入操作符，从文件中读取数据
- 好习惯：有 open 就有 close

```
1 # 第一步： 把文件和文件句柄关联起来，之后对文件的操作  
  都通过文件句柄来进行  
2 open( PROTEINFILE, $proteinfilename );  
3 # 第二步：读取文件中的数据  
4 $protein = <PROTEINFILE>;  
5 # 第三步：把文件和文件句柄解关联  
6 close PROTEINFILE;
```

## 补充说明

- open 函数还有很多选项，用于精确指定如何使用文件
- 文件句柄通常使用大写字母
- < >：输入操作符，从文件中读取数据
- 好习惯：有 open 就有 close

```
1 # 读取文件
2 open my $PROTEINFILE, '<', $proteinfilename
3     or die "$0 : failed to open input file '
4         $proteinfilename' : $!\n";
5 ...
6 close $PROTEINFILE
7     or warn "$0 : failed to close input file '
8         $proteinfilename' : $!\n";
9 # 写入文件
10 open my $FH_OUT, '>', $fn_out
11     or die "$0 : failed to open output file '
12         $fn_out' : $!\n";
13 ...
14 close $FH_OUT
15     or warn "$0 : failed to close output file '
16         $fn_out' : $!\n";
```



# 序列和字符串 | 读取文件 | 程序 4.6.1

```
1 #!/usr/bin/perl -w
2 # Example 4-6    Reading protein sequence data
   from a file, take 2
3
4 # The filename of the file containing the
   protein sequence data
5 $proteinfilename = 'NM_021964fragment.pep';
6
7 # First we have to "open" the file, and
   associate
8 # a "filehandle" with it.  We choose the
   filehandle
9 # PROTEINFILE for readability.
10 open( PROTEINFILE, $proteinfilename );
```



```
12 # Now we do the actual reading of the protein  
    sequence data from the file,  
13 # by using the angle brackets < and > to get  
    the input from the  
14 # filehandle. We store the data into our  
    variable $protein.  
15 #  
16 # Since the file has three lines, and since  
    the read only is  
17 # returning one line, we'll read a line and  
    print it, three times.
```



## 序列和字符串 | 读取文件 | 程序 4.6.3

```
19 # First line
20 $protein = <PROTEINFILE>;
21
22 # Print the protein onto the screen
23 print "\nHere is the first line of the protein
    file:\n\n";
24
25 print $protein;
26
27 # Second line
28 $protein = <PROTEINFILE>;
29
30 # Print the protein onto the screen
31 print "\nHere is the second line of the protein
    file:\n\n";
32
33 print $protein;
```





```
35 # Third line
36 $protein = <PROTEINFILE>;
37
38 # Print the protein onto the screen
39 print "\nHere is the third line of the
    protein file:\n\n";
40
41 print $protein;
42
43 # Now that we've got our data, we can close
    the file.
44 close PROTEINFILE;
45
46 exit;
```



```
1 Here is the first line of the protein file:
2
3 MNIDDKLEGLFLKCGGIDEMQSSRTMVVMGGVSGQSTVSGELQD
4
5 Here is the second line of the protein file:
6
7 SVLQDRSMPHQEILAADEVLQESEMRRQDMISHDELMVHEETVKNDEEQMETHERLPQ
8
9 Here is the third line of the protein file:
10
11 GLQYALNVPISVKQEITFTDVSEQLMRDKKQIR
```



```
1 #!/usr/bin/perl -w
2
3 $proteinfilename = 'NM_021964fragment.pep';
4
5 open( PROTEINFILE, $proteinfilename );
6
7 $protein = <PROTEINFILE>;
8 print $protein;
9 $protein = <PROTEINFILE>;
10 print $protein;
11 $protein = <PROTEINFILE>;
12 print $protein;
13
14 close PROTEINFILE;
15
16 exit;
```



## 便捷之处

- 自动读取文件的下一行
- 程序记录读取到哪儿，需要读取哪一行

## 繁琐之处

- 一次只能读取输入文件的一行
- 如果一个文件有成千上万行怎么办？
- 解决办法
  - 数组
  - 循环



## 便捷之处

- 自动读取文件的下一行
- 程序记录读取到哪儿，需要读取哪一行

## 繁琐之处

- 一次只能读取输入文件的一行
- 如果一个文件有成千上万行怎么办？
- 解决办法
  - 数组
  - 循环



- 1 引言
- 2 序列数据的表征
- 3 存储 DNA 序列
  - Perl 程序
  - 控制流
  - 注释
  - 命令解释
  - 语句
- 4 拼接 DNA 片段
- 5 DNA 转录成 RNA
- 6 使用 Perl 文档
- 7 序列反向互补
- 8 从文件读取数据
- 9 数组
  - Perl 程序
  - 数组操作
- 10 上下文
- 11 回顾与总结
  - 总结
  - 思考题



- 1 引言
- 2 序列数据的表征
- 3 存储 DNA 序列
  - Perl 程序
  - 控制流
  - 注释
  - 命令解释
  - 语句
- 4 拼接 DNA 片段
- 5 DNA 转录成 RNA
- 6 使用 Perl 文档
- 7 序列反向互补
- 8 从文件读取数据
- 9 数组
  - Perl 程序
  - 数组操作
- 10 上下文
- 11 回顾与总结
  - 总结
  - 思考题



```
1 #!/usr/bin/perl -w
2 # Example 4-7    Reading protein sequence data
   from a file, take 3
3
4 # The filename of the file containing the
   protein sequence data
5 $proteinfilename = 'NM_021964fragment.pep';
6
7 # First we have to "open" the file
8 open( PROTEINFILE, $proteinfilename );
```





```
10 # Read the protein sequence data from the
    file, and store it
11 # into the array variable @protein
12 @protein = <PROTEINFILE>;
13
14 # Print the protein onto the screen
15 print @protein;
16
17 # Close the file.
18 close PROTEINFILE;
19
20 exit;
```



```
1 MNIDDKLEGLFLKCGGIDEMQSSRTMVVMGGVSGQSTVSGELQD
2 SVLQDRSMPHQEILAADEVLQESEMRRQQDMISHDELMVHEETVKNDEEQMETHERLPQ
3 GLQYALNVPISVKQEITFTDVSEQLMRDKKQIR
```



```
1 #!/usr/bin/perl -w
2
3 $proteinfilename = 'NM_021964fragment.pep';
4
5 open( PROTEINFILE, $proteinfilename );
6
7 @protein = <PROTEINFILE>;
8 print @protein;
9
10 close PROTEINFILE;
11
12 exit;
```



# 教学提纲

- 1 引言
- 2 序列数据的表征
- 3 存储 DNA 序列
  - Perl 程序
  - 控制流
  - 注释
  - 命令解释
  - 语句
- 4 拼接 DNA 片段
- 5 DNA 转录成 RNA
- 6 使用 Perl 文档
- 7 序列反向互补
- 8 从文件读取数据
- 9 数组
  - Perl 程序
  - 数组操作
- 10 上下文
- 11 回顾与总结
  - 总结
  - 思考题



## 数组 (array)

- 存储多个标量值的变量
- 变量的值可以是数字、字符串等

## 标量 vs. 数组

- 标量：单数，以 \$ 起始 (scalar)
- 数组：复数，以 @ 起始 (array)
- print 函数不仅可以处理标量变量，也可以处理数组变量
- 数组中的每一个元素都是标量值
- 通过索引/下标/偏移量/位置（从 0 开始）对数组中的元素进行访问



## 数组 (array)

- 存储多个标量值的变量
- 变量的值可以是数字、字符串等

## 标量 vs. 数组

- 标量：单数，以 \$ 起始 (scalar)
- 数组：复数，以 @ 起始 (array)
- print 函数不仅可以处理标量变量，也可以处理数组变量
- 数组中的每一个元素都是标量值
- 通过索引/下标/偏移量/位置（从 0 开始）对数组中的元素进行访问



# 序列和字符串 | 数组 | 初始化和元素访问

```
1 # Here's one way to declare an array,  
  initialized with a list of four scalar  
  values.  
2 @bases = ('A', 'C', 'G', 'T');  
3  
4 # Now we'll print each element of the array  
5 print "Here are the array elements:";  
6 print "\nFirst element: ";  
7 print $bases[0];  
8 print "\nSecond element: ";  
9 print $bases[1];  
10 print "\nThird element: ";  
11 print $bases[2];  
12 print "\nFourth element: ";  
13 print $bases[3];
```



```
1 Here are the array elements:  
2 First element: A  
3 Second element: C  
4 Third element: G  
5 Fourth element: T
```





```
1 @bases = ('A', 'C', 'G', 'T');
2 print "\n\nHere are the array elements: ";
3
4 # 元素肩并肩地输出
5 print @bases;
6 #Here are the array elements: ACGT
7
8 # 输出用空格分隔的元素 (注意print语句中的双引号)
9 print "@bases";
10 #Here are the array elements: A C G T
```



```
1 # pop: 从数组的末尾拿掉一个元素
2 @bases = ('A', 'C', 'G', 'T');
3 $base1 = pop @bases;
4 print "Here's the element removed from the
   end: ";
5 print $base1, "\n\n";
6 print "Here's the remaining array of bases: "
   ;
7 print "@bases";
```

```
1 Here's the element removed from the end: T
2
3 Here's the remaining array of bases: A C G
```



```
1 # pop: 从数组的末尾拿掉一个元素
2 @bases = ('A', 'C', 'G', 'T');
3 $base1 = pop @bases;
4 print "Here's the element removed from the
   end: ";
5 print $base1, "\n\n";
6 print "Here's the remaining array of bases: "
   ;
7 print "@bases";
```

```
1 Here's the element removed from the end: T
2
3 Here's the remaining array of bases: A C G
```



# 序列和字符串 | 数组 | shift

```
1 # shift: 从数组的开头拿掉一个元素
2 @bases = ('A', 'C', 'G', 'T');
3 $base2 = shift @bases;
4 print "Here's an element removed from the
   beginning: ";
5 print $base2, "\n\n";
6 print "Here's the remaining array of bases: "
   ;
7 print "@bases";
```

```
1 Here's an element removed from the beginning:
   A
2
3 Here's the remaining array of bases: C G T
```



# 序列和字符串 | 数组 | shift

```
1 # shift: 从数组的开头拿掉一个元素
2 @bases = ('A', 'C', 'G', 'T');
3 $base2 = shift @bases;
4 print "Here's an element removed from the
   beginning: ";
5 print $base2, "\n\n";
6 print "Here's the remaining array of bases: "
   ;
7 print "@bases";
```

```
1 Here's an element removed from the beginning:
   A
2
3 Here's the remaining array of bases: C G T
```



```
1 # unshift: 把一个元素添加到数组的开头
2 @bases = ('A', 'C', 'G', 'T');
3 $base1 = pop @bases;
4 unshift (@bases, $base1);
5 print "Here's the element from the end put on
   the beginning: ";
6 print "@bases\n\n";
```

```
1 Here's the element from the end put on the
   beginning: T A C G
```



```
1 # unshift: 把一个元素添加到数组的开头
2 @bases = ('A', 'C', 'G', 'T');
3 $base1 = pop @bases;
4 unshift (@bases, $base1);
5 print "Here's the element from the end put on
   the beginning: ";
6 print "@bases\n\n";
```

```
1 Here's the element from the end put on the
   beginning: T A C G
```



```
1 # push: 把一个元素添加到数组的末尾
2 @bases = ('A', 'C', 'G', 'T');
3 $base2 = shift @bases;
4 push (@bases, $base2);
5 print "Here's the element from the beginning
   put on the end: ";
6 print "@bases\n\n";
```

```
1 Here's the element from the beginning put on
  the end: C G T A
```





```
1 # push: 把一个元素添加到数组的末尾
2 @bases = ('A', 'C', 'G', 'T');
3 $base2 = shift @bases;
4 push (@bases, $base2);
5 print "Here's the element from the beginning
   put on the end: ";
6 print "@bases\n\n";
```

```
1 Here's the element from the beginning put on
  the end: C G T A
```



```
1 # reverse: 反转数组
2 @bases = ('A', 'C', 'G', 'T');
3 @reverse = reverse @bases;
4 print "Here's the array in reverse: ";
5 print "@reverse\n";
```

```
1 Here's the array in reverse: T G C A
```



```
1 # reverse: 反转数组
2 @bases = ('A', 'C', 'G', 'T');
3 @reverse = reverse @bases;
4 print "Here's the array in reverse: ";
5 print "@reverse\n";
```

```
1 Here's the array in reverse: T G C A
```



```
1 # scalar @array: 获取数组的长度 (数组中元素的个数)
2 @bases = ('A', 'C', 'G', 'T');
3 print "Here's the length of the array: ";
4 print scalar @bases, "\n";
```

```
1 Here's the length of the array: 4
```



```
1 # scalar @array: 获取数组的长度 (数组中元素的个数)
2 @bases = ('A', 'C', 'G', 'T');
3 print "Here's the length of the array: ";
4 print scalar @bases, "\n";
```

```
1 Here's the length of the array: 4
```



```
1 # splice: 在数组的任意一个位置插入一个元素（或者删除  
   任意一个或多个元素）  
2 @bases = ('A', 'C', 'G', 'T');  
3 splice ( @bases, 2, 0, 'X' );  
4 print "Here's the array with an element  
   inserted after the 2nd element:  
5 ";  
6 print "@bases\n";
```

```
1 Here's the array with an element inserted  
   after the 2nd element: A C X G T
```



```
1 # splice: 在数组的任意一个位置插入一个元素（或者删除  
   任意一个或多个元素）  
2 @bases = ('A', 'C', 'G', 'T');  
3 splice ( @bases, 2, 0, 'X' );  
4 print "Here's the array with an element  
   inserted after the 2nd element:  
5 ";  
6 print "@bases\n";
```

```
1 Here's the array with an element inserted  
   after the 2nd element: A C X G T
```



# 序列和字符串 | 数组 | splice

```
1 my @bases = ( "A", "C", "G", "T" );
2
3 splice ( @bases, 4, 0, "U" );
4 print "@bases\n"; # A C G T U
5
6 splice ( @bases, 3, 1, "U" );
7 print "@bases\n"; # A C G U U
8
9 splice ( @bases, 3, 1 );
10 print "@bases\n"; # A C G U
11
12 splice ( @bases, 2 );
13 print "@bases\n"; # A C
14
15 splice (@bases); # 清空数组, 等同于:
16 undef (@bases); 或 @bases=();
```





# 序列和字符串 | 数组 | splice | 等价命令

```
1 push (@a, $x, $y)
2 splice (@a, @a, 0, $x, $y)
3
4 pop (@a)
5 splice (@a, -1)
6
7 shift (@a)
8 splice (@a, 0, 1)
9
10 unshift (@a, $x, $y)
11 splice (@a, 0, 0, $x, $y)
12
13 $a[$i] = $y
14 splice (@a, $i, 1, $y)
```



# 教学提纲

- 1 引言
- 2 序列数据的表征
- 3 存储 DNA 序列
  - Perl 程序
  - 控制流
  - 注释
  - 命令解释
  - 语句
- 4 拼接 DNA 片段
- 5 DNA 转录成 RNA
- 6 使用 Perl 文档
- 7 序列反向互补
- 8 从文件读取数据
- 9 数组
  - Perl 程序
  - 数组操作
- 10 上下文
- 11 回顾与总结
  - 总结
  - 思考题



## 笑话

- 小刘喜欢讲笑话，他的笑话说不完。
- 小刘老是闹笑话，他的笑话说不完。

## 难吃

- 一点盐都没放，鱼太难吃了。
- 全都是毛毛刺，鱼太难吃了。

## 谁也赢不了

- 中国乒乓球谁也赢不了！
- 中国足球谁也赢不了！

## 笑话

- 小刘喜欢讲笑话，他的笑话说不完。
- 小刘老是闹笑话，他的笑话说不完。

## 难吃

- 一点盐都没放，鱼太难吃了。
- 全都是毛毛刺，鱼太难吃了。

## 谁也赢不了

- 中国乒乓球谁也赢不了！
- 中国足球谁也赢不了！

## 笑话

- 小刘喜欢讲笑话，他的笑话说不完。
- 小刘老是闹笑话，他的笑话说不完。

## 难吃

- 一点盐都没放，鱼太难吃了。
- 全都是毛毛刺，鱼太难吃了。

## 谁也赢不了

- 中国乒乓球谁也赢不了！
- 中国足球谁也赢不了！

## 意思

小明送给领导红包。

领导：“你这是什么意思？”

小明：“没什么意思，意思意思。”

领导：“你这就不够意思了。”

小明：“小意思，小意思。”

领导：“你这人真有意思。”

小明：“其实也没有别的意思。”

领导：“那我就不好意思了。”

小明：“是我不好意思。”



## 上下文环境

- Perl 语言中的上下文环境类似于自然语言中的语境。
- Perl 语言中有两种上下文环境：标量上下文和列表上下文。
- Perl 语言中许多操作符的表现依赖于它所处的上下文环境。



# 序列和字符串 | 上下文 | 程序 4.8

```
1 #!/usr/bin/perl -w
2 # Example 4-8   Demonstration of "scalar context"
   and "list context"
3
4 @bases = ( 'A', 'C', 'G', 'T' );
5 print "@bases\n";
6 #A C G T
7
8 $a = @bases;
9 print $a, "\n";
10 #4
11
12 ($a) = @bases;
13 print $a, "\n";
14 #A
15
16 exit;
```





```
1 $a = @bases;
```

## 说明

- 数组是一种列表
- 语句的左边是一个标量变量，表明这是一个标量上下文（scalar context）
- 在标量上下文中，数组会对其大小进行求值（即获得数组中的元素个数）

## 获取数组元素个数

```
1 $number = @array;  
2 #明确指定是标量上下文  
3 $number = scalar @array;
```

```
1 $a = @bases;
```

## 说明

- 数组是一种列表
- 语句的左边是一个标量变量，表明这是一个标量上下文 (scalar context)
- 在标量上下文中，数组会对其大小进行求值（即获得数组中的元素个数）

## 获取数组元素个数

```
1 $number = @array;  
2 # 明确指定是标量上下文  
3 $number = scalar @array;
```

```
1 $a = @bases;
```

## 说明

- 数组是一种列表
- 语句的左边是一个标量变量，表明这是一个标量上下文 (scalar context)
- 在标量上下文中，数组会对其大小进行求值（即获得数组中的元素个数）

## 获取数组元素个数

```
1 $number = @array;  
2 # 明确指定是标量上下文  
3 $number = scalar @array;
```

```
1 ($a) = @bases;
```

## 说明

- 数组是一种列表
- 语句的左边是一个列表（该列表仅有 `$a` 一个变量），表明这是一个列表上下文（list context）
- 在列表上下文中，数组会把它的元素展开成一个列表
- 如果左边没有足够的变量用来赋值，那么就只有数组中的部分元素会被赋值给变量
- 如果左边变量的个数多于数组中的元素，多出来的变量将不会被赋值，处于未初始化状态



```
1 ($a) = @bases;
```

## 说明

- 数组是一种列表
- 语句的左边是一个列表（该列表仅有 `$a` 一个变量），表明这是一个列表上下文（list context）
- 在列表上下文中，数组会把它的元素展开成一个列表
- 如果左边没有足够的变量用来赋值，那么就只有数组中的部分元素会被赋值给变量
- 如果左边变量的个数多于数组中的元素，多出来的变量将不会被赋值，处于未初始化状态



- 1 引言
- 2 序列数据的表征
- 3 存储 DNA 序列
  - Perl 程序
  - 控制流
  - 注释
  - 命令解释
  - 语句
- 4 拼接 DNA 片段
- 5 DNA 转录成 RNA
- 6 使用 Perl 文档
- 7 序列反向互补
- 8 从文件读取数据
- 9 数组
  - Perl 程序
  - 数组操作
- 10 上下文
- 11 回顾与总结
  - 总结
  - 思考题



# 教学提纲

- 1 引言
- 2 序列数据的表征
- 3 存储 DNA 序列
  - Perl 程序
  - 控制流
  - 注释
  - 命令解释
  - 语句
- 4 拼接 DNA 片段
- 5 DNA 转录成 RNA
- 6 使用 Perl 文档
- 7 序列反向互补
- 8 从文件读取数据
- 9 数组
  - Perl 程序
  - 数组操作
- 10 上下文
- 11 回顾与总结
  - 总结
  - 思考题



## 知识点

- Perl 语言基础：命令解释，注释，语句，运行，单引号与双引号，赋值，文档，读取文件，……
- 变量：标量，数组
- 字符串操作：拼接，替换，翻译，反转
- 数组：初始化，索引，常见操作
- 上下文：标量上下文，列表上下文

## 技能

- 能够编写 Perl 程序：存储 DNA 序列、拼接 DNA 片段、把 DNA 转录成 RNA、获取 DNA 的反向互补序列。
- 能够编写 Perl 程序：从文件中读取所需数据。
- 掌握 Perl 语言中数组的常见操作。
- 理解并能熟练应用标量上下文和列表上下文。



## 知识点

- Perl 语言基础：命令解释，注释，语句，运行，单引号与双引号，赋值，文档，读取文件，……
- 变量：标量，数组
- 字符串操作：拼接，替换，翻译，反转
- 数组：初始化，索引，常见操作
- 上下文：标量上下文，列表上下文

## 技能

- 能够编写 Perl 程序：存储 DNA 序列、拼接 DNA 片段、把 DNA 转录成 RNA、获取 DNA 的反向互补序列。
- 能够编写 Perl 程序：从文件中读取所需数据。
- 掌握 Perl 语言中数组的常见操作。
- 理解并能熟练应用标量上下文和列表上下文。

# 教学提纲

- 1 引言
- 2 序列数据的表征
- 3 存储 DNA 序列
  - Perl 程序
  - 控制流
  - 注释
  - 命令解释
  - 语句
- 4 拼接 DNA 片段
- 5 DNA 转录成 RNA
- 6 使用 Perl 文档
- 7 序列反向互补
- 8 从文件读取数据
- 9 数组
  - Perl 程序
  - 数组操作
- 10 上下文
- 11 回顾与总结
  - 总结
  - 思考题



- 1 举例说明拼接 DNA 片段的不同方法。
- 2 举例说明 Perl 语言中双引号和单引号的异同。
- 3 举例说明 Perl 语言中替换和翻译的函数及其语法。
- 4 在 Perl 语言中如何从文件读取数据？
- 5 举例说明数组的常见操作：初始化，头尾操作，反转，获取元素个数，等。
- 6 举例说明 Perl 语言中的标量上下文和列表上下文。



# 下节预告

- 回顾 shell 的条件流程控制和迭代流程控制。
- 已经学习了读取文件，那么怎样写入文件呢？
- 回顾正则表达式的基本知识点。
- 如何在序列中查找基序？
- 如何计算序列中的核苷酸频率？





TEX

LATEX

X<sub>Y</sub>TEX

Beamer

