Лекция 8

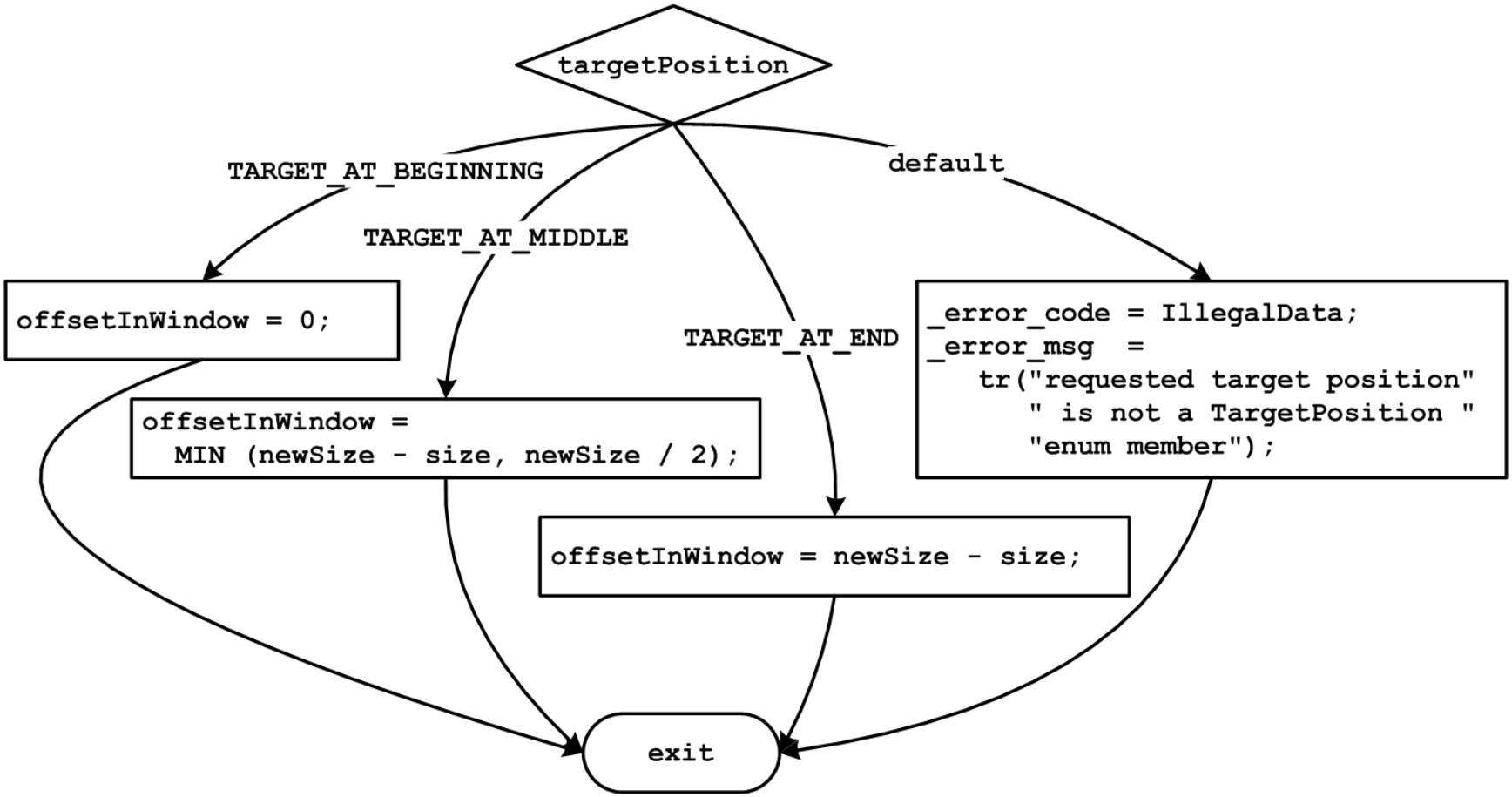
4 марта

Обратная задача

```
f:
    ...
    mov edx, dword [ebp+8] ; (1)
    mov eax, 0             ; (2)
    test edx, edx          ; (3)
    je .L7                 ; (4)
 .L10:                     ;
    xor eax, edx           ; (5)
    shr edx, 1             ; (6)
    jne .L10               ; (7)
 .L7:                      ;
    and eax, 1             ; (8)
    ...
```

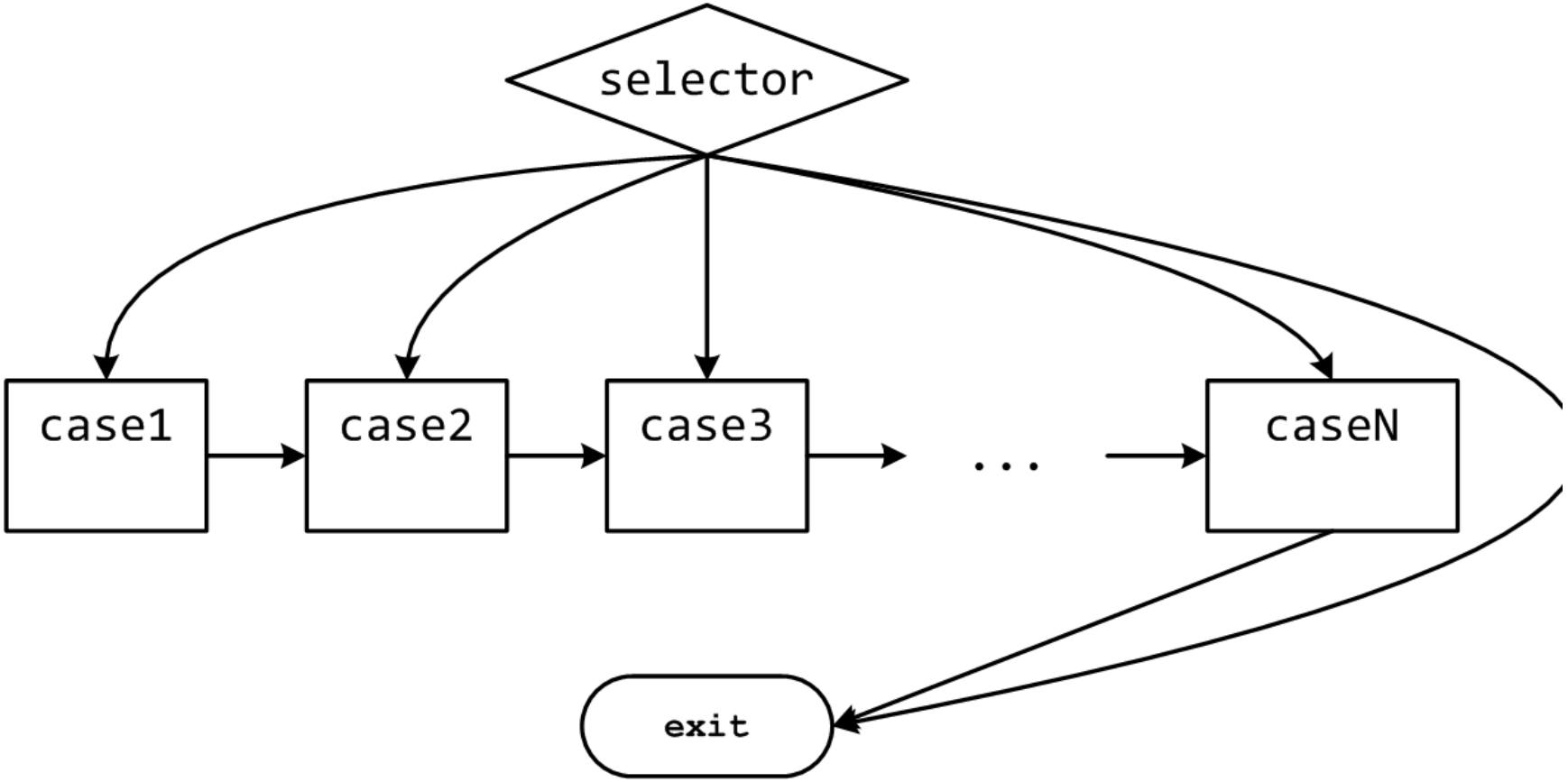
```
int f(unsigned x) {
    int val = 0;
    while (________) {
        _____________;
        _____________;
    }
    return ________;
}
```

```
enum TargetPosition {
    TARGET_AT_BEGINNING,
    TARGET_AT_MIDDLE,
    TARGET_AT_END
};

switch (targetPosition){

case TARGET_AT_BEGINNING:
    offsetInWindow = 0;
    break;
case TARGET_AT_MIDDLE:
    offsetInWindow = MIN (newSize - size, newSize / 2);
    break;
case TARGET_AT_END:
    offsetInWindow = newSize - size;
    break;
default:
    _error_code = IllegalData;
    _error_msg  = tr("requested target position"
                     " is not a TargetPosition enum member");
}
```

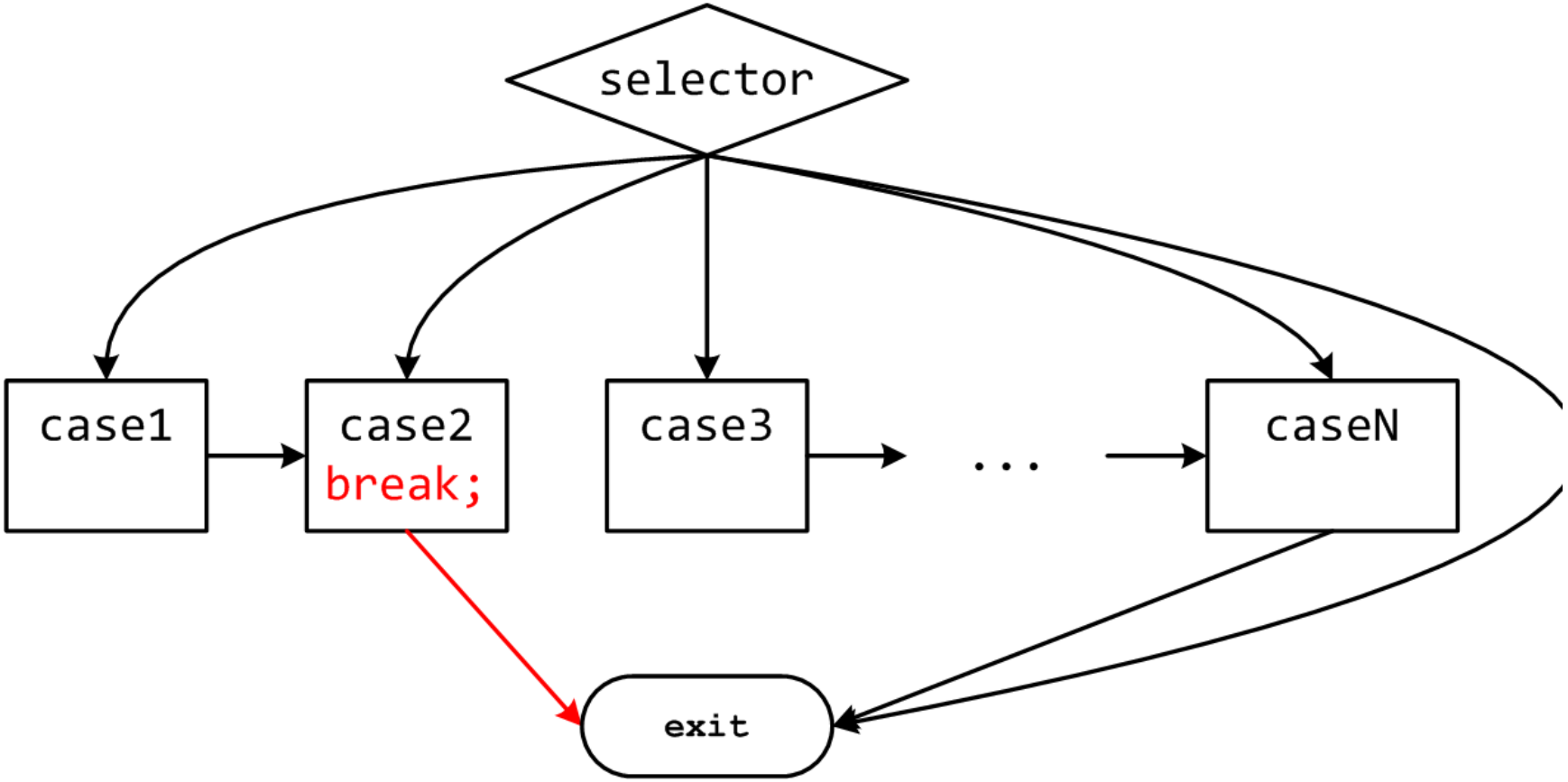


```
enum TargetPosition {
   TARGET_AT_BEGINNING,
   TARGET_AT_MIDDLE,
   TARGET_AT_END
};

if (TARGET_AT_BEGINNING == targetPosition) {
   offsetInWindow = 0;
} else if (TARGET_AT_MIDDLE == targetPosition) {
   offsetInWindow = MIN (newSize - size, newSize / 2);
} else if (TARGET_AT_END == targetPosition) {
   offsetInWindow = newSize - size;
} else {
   _error_code = IllegalData;
   _error_msg  = tr("requested target position"
                    " is not a TargetPosition "
                                          " enum member");
}
```

```
; в edx помещено значение управляющего выражения
; т.е. targetPosition

 cmp  edx, TARGET_AT_BEGINNING
 jne  .comp2
; код для case TARGET_AT_BEGINNING:
 jmp .switch_exit

.comp2:
 cmp  edx, TARGET_AT_MIDDLE
 jne  .comp3
; код для case TARGET_AT_MIDDLE:
 jmp .switch_exit

.comp3:
 cmp  edx, TARGET_AT_END
 jne  .default
; код для case TARGET_AT_END:
 jmp .switch_exit

.default:
; код для default:
.switch_exit:
```



Вспоминаем пример из курса «АиАЯ»:
подсчет количества дней, прошедших с первого января.



Duff's Device

```
void duffs_device(char *to, char *from, int count) {

   register n = (count + 7) / 8; /* count > 0 assumed */

   switch (count % 8) {
      case 0:   do {  *to = *from++;
      case 7:         *to = *from++;
      case 6:         *to = *from++;
      case 5:         *to = *from++;
      case 4:         *to = *from++;
      case 3:         *to = *from++;
      case 2:         *to = *from++;
      case 1:         *to = *from++;
                  } while (--n > 0);
   }
}
```

```
long switch_eg
   (long x, long y, long z)
{
    long w = 1;
    switch (x) {
    case 1:
        w = y*z;
        break;
    case 2:
        w = y/z;
        /* «проваливаемся» */
    case 3:
        w += z;
        break;
    case 5:
    case 6:
        w -= z;
        break;
    default:
        w = 2;
    }
    return w;
}
```

- Допустимо использовать несколько меток для одного блока
  - cases 5 и 6
- В отсутствии break управление «проваливается» в следующий блок кода
  - case 2
- Некоторые значения могут быть пропущены
  - case 4

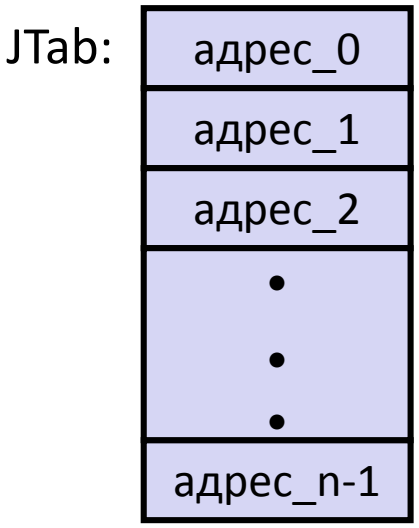
Исходный оператор `switch`

```
switch (x) {
  case val_0:
    Блок 0
  case val_1:
    Блок 1
    • • •
  case val_n-1:
    Блок n–1
}
```

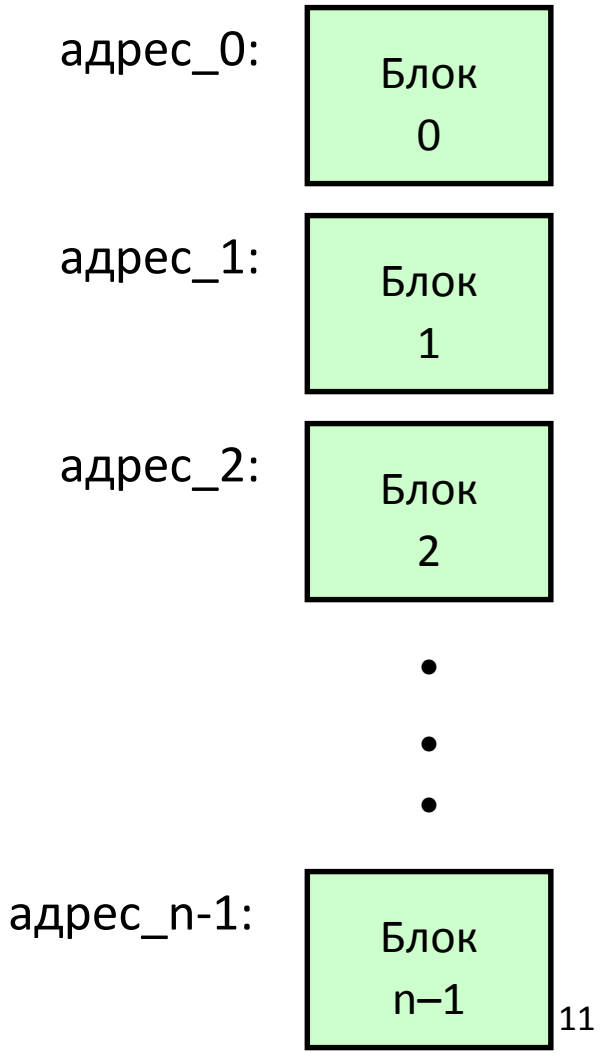
Упрощенное отображение

```
target = JTab[x];
goto *target;
```

Таблица переходов



Размещение кода



```
long switch_eg(long x, long y, long z) {
    long w = 1;
    switch (x) {
      . . .
    }
    return w;
}
```

```
switch_eg:
   push   ebp                          ;
   mov    ebp, esp                     ;

   mov    edx, dword [ebp + 8]         ; edx = x
   mov    eax, dword [ebp + 12]        ; eax = y
   mov    ecx, dword [ebp + 16]        ; ecx = z

   dec    edx
   cmp    edx, 5                       ; сравниваем (x-1) и 5
   ja     .L8                          ; если >u goto default
   jmp    [.L4 + 4*edx]                ; goto *JTab[x]
```

Инициализацию переменной **w** отложили на потом …

```
long switch_eg(long x, long y, long z) {
    long w = 1;
    switch (x) {
      . . .
    }
    return w;
}
```

Таблица переходов

```
section .rodata align=4
.L4:
    dd .L3 ; x = 1
    dd .L5 ; x = 2
    dd .L9 ; x = 3
    dd .L8 ; x = 4
    dd .L7 ; x = 5
    dd .L7 ; x = 6
```

1. Вычисление индекса в таблице переходов
2. Переход по адресу, взятому из таблицы

```
switch_eg:
   push    ebp                          ;
   mov     ebp, esp                     ;

   mov     edx, dword [ebp + 8]     ; edx = x
   mov     eax, dword [ebp + 12]    ; eax = y
   mov     ecx, dword [ebp + 16]    ; ecx = z

   dec     edx
   cmp     edx, 5                       ; сравниваем (x-1) и 5
   ja      .L8                          ; если >u goto default
   jmp     [.L4 + 4*edx]                ; goto *JTab[x]
```

Косвенный переход

- Организация таблицы переходов
  - Каждый элемент занимает 4 байта
  - Базовый адрес - `.L4`

Таблица переходов

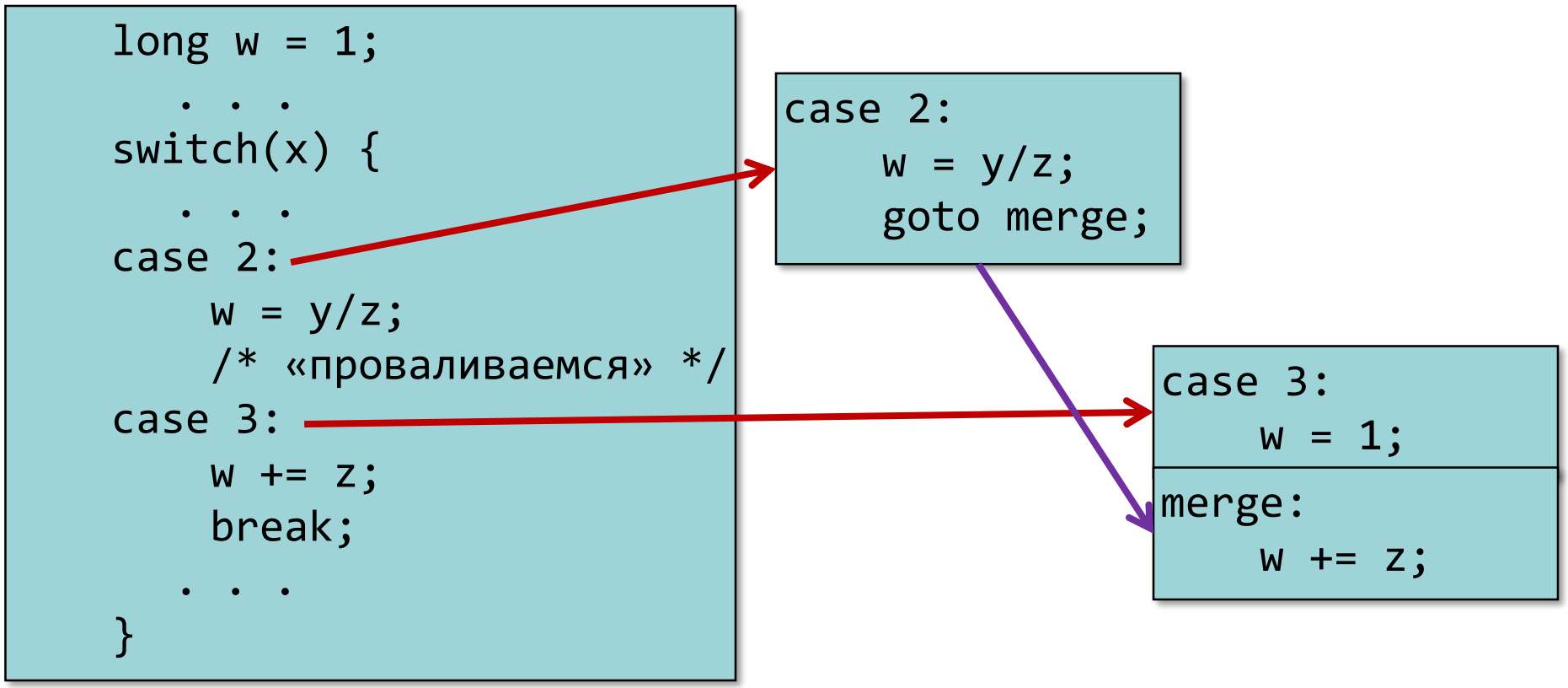
```
section .rodata align=4
.L4:
   dd .L3 ; x = 1
   dd .L5 ; x = 2
   dd .L9 ; x = 3
   dd .L8 ; x = 4
   dd .L7 ; x = 5
   dd .L7 ; x = 6
```

- Переходы
  - Прямые: `jmp .L2`
  - Для обозначения цели перехода используется метка `.L2`
  - Косвенные: `jmp [.L4 + 4*edx]`
  - Начало таблицы переходов `.L4`
  - Коэффициент масштабирования должен быть 4 (в IA-32 метка содержит 32 бита = 4 байта)
  - Выбираем цель перехода через исполнительный адрес `.L4 + edx*4`
    - Только для x: $0 \le x-1 \le 5$

Таблица переходов

```
section .rodata align=4
.L4:
   dd .L3 ; x = 1
   dd .L5 ; x = 2
   dd .L9 ; x = 3
   dd .L8 ; x = 4
   dd .L7 ; x = 5
   dd .L7 ; x = 6
```

```
switch(x) {
case 1:       // .L3
    w = y*z;
    break;
case 2:       // .L5
    w = y/z;
    /* «проваливаемся» */
case 3:       // .L9
    w += z;
    break;
case 5:
case 6:       // .L7
    w -= z;
    break;
default:      // .L8
    w = 2;
}
```



Начало оператора switch

```
switch(x) {
case 1:       // .L3
  w = y*z;
  break;

 . . .

case 5:
case 6:       // .L7
  w -= z;
  break;
default:      // .L8
  w = 2;
}
```

```
.L3:                ; x == 1
  imul eax, ecx     ; w = y*z;
  jmp  .L2          ; goto switch_end
```

Продолжение оператора switch

```
switch(x) {
  . . .
  case 2:     // .L5
     w = y/z;
  /* «проваливаемся»
     на точку слияния
     .L6 */
  case 3:     // .L9
     w += z;
     break;
  . . .
}
```

```
.L5:                ; x == 2
  cdq               ;
  idiv ecx          ; w = y/z;
  jmp  .L6          ; goto merge (.L6)
.L9:                ; x == 3
  mov  eax, 1       ; w = 1;
.L6:                ; точка слияния
  add  eax, ecx     ; w += z;
  jmp  .L2          ; goto switch_end
```

Окончание оператора switch

```
switch(x) {
case 1:         // .L3
  w = y*z;
  break;

 . . .

case 5:
case 6:         // .L7
  w -= z;
  break;
default:        // .L8
  w = 2;
}
```

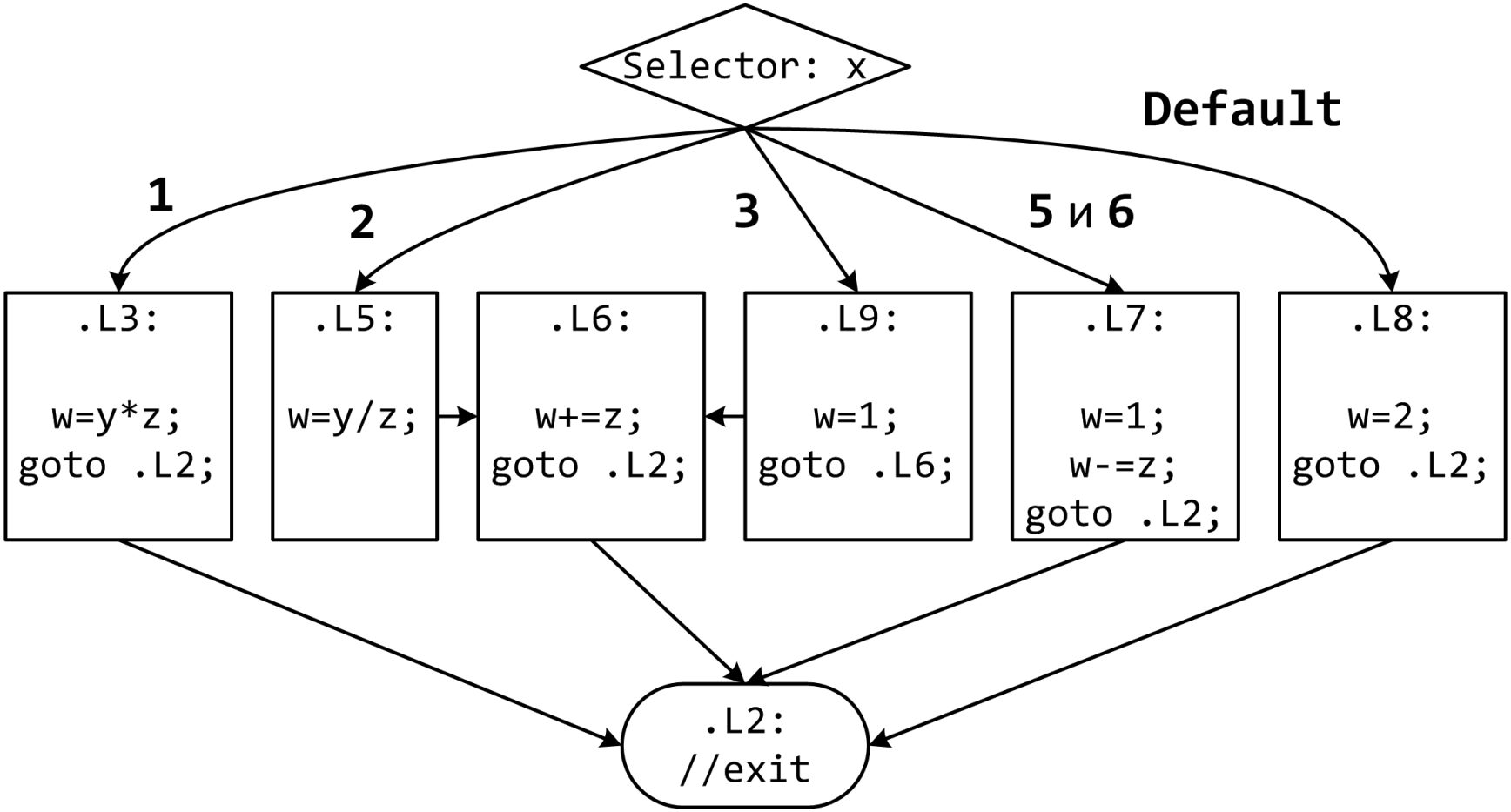
```
.L7:                ; x == 5 или x == 6
  mov   eax, 1      ; w = 1;
  sub   eax, ecx    ; w -= z;
  jmp   .L2         ; goto switch_end
.L8:                ; default
  mov   eax, 2      ; w = 2
.L2:                ; выход из switch
```

Завершение функции

```
return w;
```

```
pop ebp
ret     ; возвращаемое
        ; значение уже
        ; размещено в EAX
```

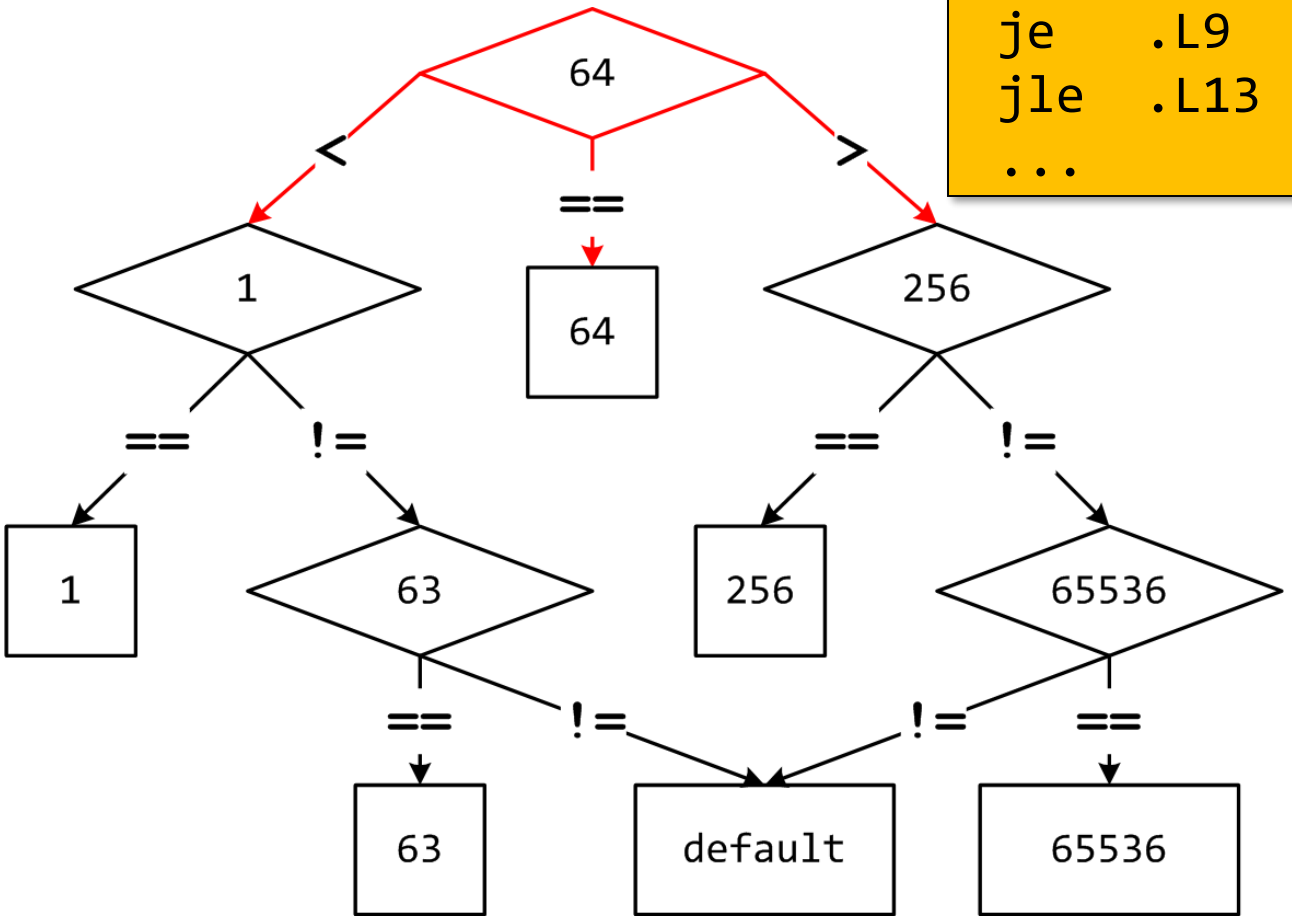
- Преимущества таблицы переходов
  - Применение таблицы переходов позволяет избежать последовательного перебора значений меток
    - Фиксированное время работы
  - Позволяет учитывать «дыры» и повторяющиеся метки
  - Код располагается упорядоченно, удобно обрабатывать «пропуски»
  - Инициализация w = 1 не проводилась до тех пор пока не потребовалась
- В качестве меток используем значения типа enum



```
int f(int n, int *p) {
   int _res;
   switch (n) {
   default:
      _res = 0;
   /* «проваливаемся» */
   case 1:
      *p = _res;
      break;
   case 64:
      _res = 1;
      break;
   case 63:
      _res = 2;
      *p = _res;
    /* «проваливаемся» */
   case 256:
      _res = 3;
      break;
   case 65536:
      _res = 4;
   }
   return _res;
}
```

- Случай default расположен первым
- Управление «проваливается» в случаях default и 63
- Таблица переходов получается неприемлемо большой

```
...
push ebp
mov  ebp, esp
mov  eax, 1
mov  edx, dword [ebp+8] ; n
cmp  edx, 64
je   .L9
jle  .L13
...
```



Обратная задача

```
int switchMeOnce(int x) {
   int result = 0;

   switch (x) {
   . . .
   }

   return result;
}
```

```
section .text
   . . .
   mov eax, dword [ebp-8]
   add eax, 2
   cmp eax, 6
   ja  .L2
   jmp [.L8 + 4*eax]
   . . .

section .rodata
  .L8 dd .L3, .L2, .L4, .L5, .L6, .L6, .L7
```

1. Сколько раз было использовано ключевое слово case?
2. Какие константы использовались?
3. Какие ветки выполнения были объединены?
4. Что помечено .L2?

Промежуточные итоги: передача управления

- Язык Си
  - if, if-else
  - do-while
  - while, for
  - switch
- Язык ассемблера
  - Условная передача управления
  - Условная передача данных
  - Косвенные переходы
- Стандартные приемы
  - Преобразования циклов к виду do-while
  - Использование таблицы переходов для операторов switch
  - Операторы switch с «разреженным» набором значений меток реализуются деревом решений
- Следующая тема: указатели и агрегатные типы данных

Типы данных языка Си

- `char`
- Стандартные знаковые целочисленные типы
  - `signed char`
  - `short int`
  - `int`
  - `long int`
  - `long long int`
- Стандартные беззнаковые целочисленные типы
  - `_Bool`
- Перечисление
- Типы чисел с плавающей точкой
  - `float`
  - `double`
  - `long double`
  - `_Complex`
- Производные типы
  - **Массивы**
  - **Структуры**
  - **Объединения**
  - **Указатели**
  - Указатели на функции

Регистры и типы данных

- Целые числа
  - Размещаются и обрабатываются в регистрах общего назначения
  - Знаковые/беззнаковые числа

Intel	**Асм.**	**байты**	**Си**
byte	b	1	[unsigned] char
word	w	2	[unsigned] short
double word	d	4	[unsigned] int
quad word	q	8	[unsigned] long long int

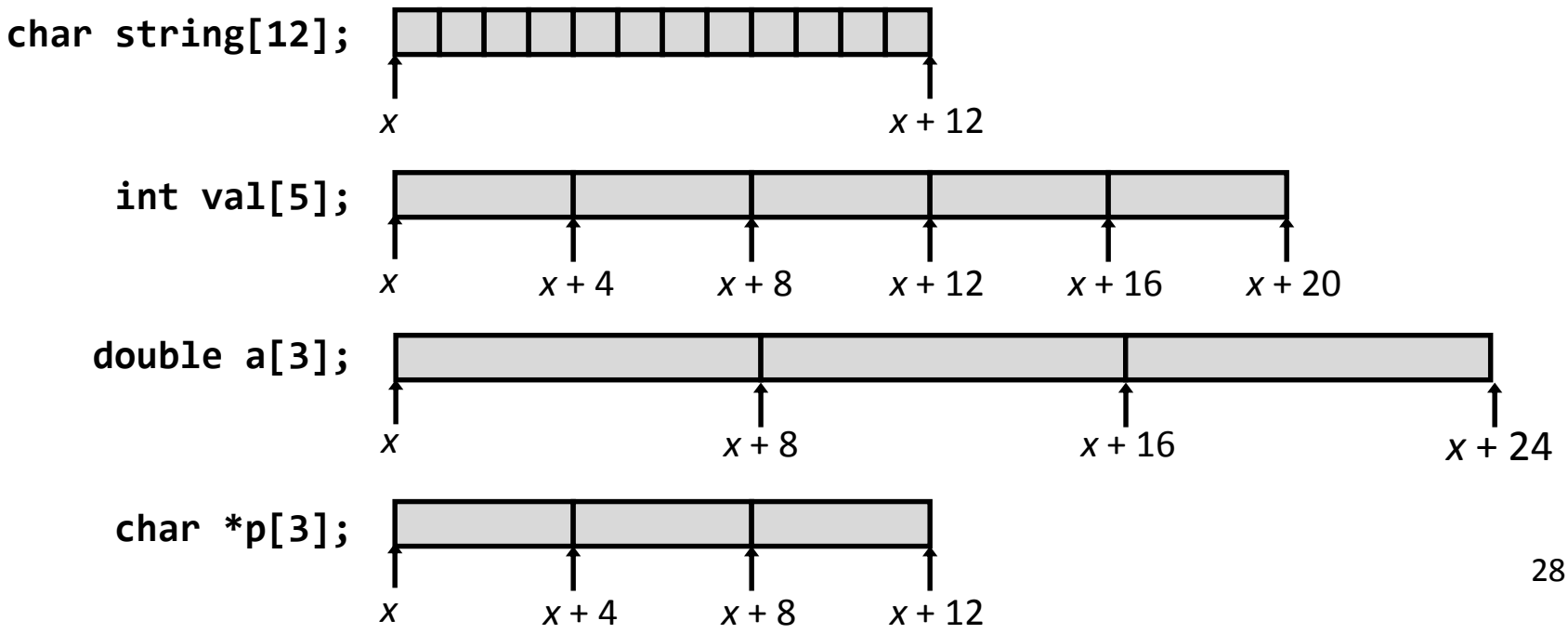
- Указатели
- Числа с плавающей точкой
  - Размещаются и обрабатываются в специализированных регистрах для чисел с плавающей точкой

Intel	**Асм.**	**байты**	**Си**
Single	d	4	float
Double	q	8	double

Массивы – размещение в памяти

`T A[L];`

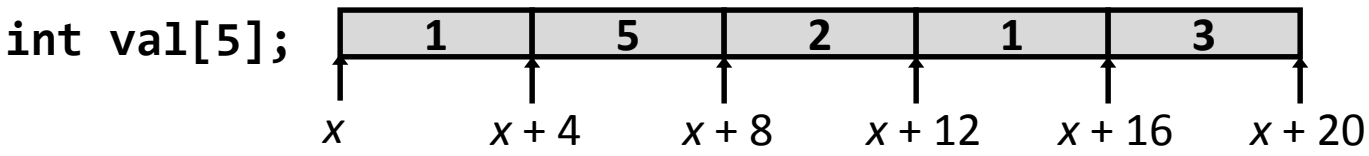
- Массив элементов типа **`T`**, размер массива – **`L`**
- Массив располагается в непрерывном блоке памяти размером **`L * sizeof(T)`** байт



Доступ к элементам массива

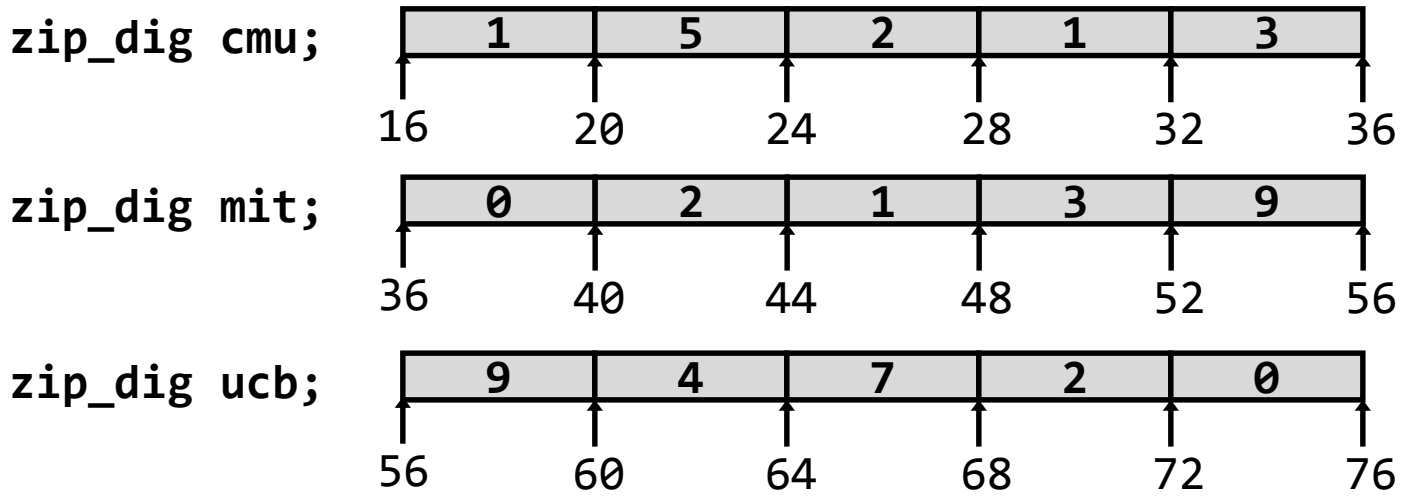
`T A[L];`

- Массив элементов типа **`T`**, размер массива – **`L`**
- Идентификатор **`A`** может использоваться как указатель на элемент массива с индексом **`0`**. Тип указателя – **`T*`**



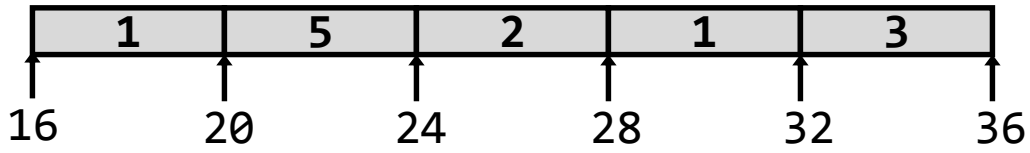
- Задачи …

```
#define ZLEN 5
typedef int zip_dig[ZLEN];

zip_dig cmu = { 1, 5, 2, 1, 3 };
zip_dig mit = { 0, 2, 1, 3, 9 };
zip_dig ucb = { 9, 4, 7, 2, 0 };
```



- Объявление переменной “**zip_dig cmu**” эквивалентно “**int cmu[5]**”
- Массивы были размещены в последовательно идущих блоках памяти размером 20 байт каждый
  - В общем случае не гарантируется, что массивы будут размещены непрерывно

```
zip_dig cmu;
```




```
int get_digit (zip_dig z, int dig) {
   return z[dig];
}
```

```
; edx = z
; eax = dig
mov eax, dword [edx+4*eax] ; z[dig]
```

- Регистр edx содержит начальный (базовый) адрес массива
- Регистр eax содержит индекс элемента в массиве
- Адрес элемента edx + 4 * eax

```
void zincr(zip_dig z) {
  int i;
  for (i = 0; i < ZLEN; i++)
    z[i]++;
}
```

```
void zincr_v(zip_dig z) {
  void *vz = z;
  int i = 0;
  do {
    (*((int *) (vz + i))) += 1;
    i += ISIZE;
  } while (i != ISIZE * ZLEN);
}
```

```
                                ;   edx = z
   mov eax, 0                   ;   eax = i
.L4:                            ; loop:
   add dword [edx + 4 * eax], 1 ;   z[i]++
   add eax, 1                   ;   i++
   cmp eax, 5                   ;   i vs. 5
   jne .L4                      ;   if (!=) goto loop
```