Основы программирования и баз данных

В.Г.Тетерин – Microsoft Solution Developer (Visual C++)

Модуль 2.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ. ПРИНЦИП ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Модуль 2.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ. ПРИНЦИП ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ

- Основы булевой алгебры
- Системы счисления. Связи между системами счисления
- Основы арифметики двоичных чисел
- Принцип программного управления. Базовая архитектура и структура ЭВМ. Принцип фон Неймана

Модуль 2.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ. ПРИНЦИП ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ

(продолжение)

- Представление целых и вещественных чисел в памяти ЭВМ
- Диапазоны представления чисел в двоичной системе счисления
- Понятие типа данных
- Представление символьной информации. Кодовые таблицы
- Единицы измерения ёмкости запоминающих устройств

Основы булевой алгебры

- **Булевый** (логический) тип данных — в информатике является примитивным типом данных имеющим два возможных значения:
  - ***true*** **(***правда***)**
  - ***false*** **(***ложь***)**

- Присутствует в подавляющем большинстве языков программирования как самостоятельная сущность или реализуется через численный тип. Обычно значение ***true*** представляется единицей, а ***false*** - нулем

Основы булевой алгебры (продолжение)

- Таблицы истинности

Отрицание:

a	$\overline{a}$
0	1
1	0

Сложение (дизъюнкция):

a	b	a+b
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Умножение (конъюнкция):

a	b	a*b
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Основы булевой алгебры (продолжение)

- Традиционным применением булевого типа данных **в программировании** являются значения «да»/«нет» в отношении результата более сложных операций.

- Все операции сравнения двух величин (равно, больше, меньше), операции вхождения элемента в множество и проверка на пересечение множеств возвращают в качестве результата булевый тип.

Системы счисления. Связи между системами счисления

- **Система счисления** — способ записи чисел с помощью набора специальных знаков, называемых *цифрами*.

- Системы счисления подразделяются на
  - **позиционные** (например, десятичная)
  - **непозиционные** (например, римская)

- В позиционных системах счисления величина, обозначаемая цифрой в записи числа, зависит от её положения в числе (позиции).
- Количество используемых цифр называется ***основанием системы счисления***

Системы счисления. Связи между системами счисления (продолжение)

1) десятичная

10^3	10^2	10^1	10^0	Значение
1	1	0	9	$1*10^3+1*10^2+0*10^1+9*10^0=1109_{(10)}$

2) двоичная

2^3	2^2	2^1	2^0	Значение
1	1	0	1	$1*2^3+1*2^2+0*2^1+1*2^0=13_{(10)}$

3) восьмеричная

8^3	8^2	8^1	8^0	Значение
1	1	0	7	$1*8^3+1*8^2+0*8^1+7*8^0=583_{(10)}$

4) шестнадцатеричная

16^3	16^2	16^1	16^0	Значение
1	1	0	F	$1*16^3+1*16^2+0*16^1+15*16^0=4367_{(10)}$

Системы счисления. Связи между системами счисления (продолжение)

- **Перевод из двоичной в восьмеричную и шестнадцатеричную системы**

  Для этого типа операций существует упрощенный алгоритм.

- Для восьмеричной — разбиваем число на триады, преобразуем триады по таблице
- Для шестнадцатеричной — разбиваем число на тетрады, преобразуем тетрады по таблице
- Пример:
  - преобразуем 101100_2
  - восьмеричная — 101 100 → 54_8
  - шестнадцатеричная — 0010 1100 → $2C_{16}$

0 0 0 0	0
0 0 0 1	1
0 0 1 0	2
0 0 1 1	3
0 1 0 0	4
0 1 0 1	5
0 1 1 0	6
0 1 1 1	7
1 0 0 0	8
1 0 0 1	9
1 0 1 0	A
1 0 1 1	B
1 1 0 0	C
1 1 0 1	D
1 1 1 0	E
1 1 1 1	F

Системы счисления. Связи между системами счисления (продолжение)

- **Перевод из восьмеричной и шестнадцатеричной систем в двоичную**

  Для этого типа операций тоже существует упрощенный алгоритм.

- Для восьмеричной — преобразуем цифры числа по таблице в триады
- Для шестнадцатеричной — преобразуем цифры числа по таблице в тетрады
- Пример:
  - преобразуем
  - $54_8 \rightarrow$ 101 100
  - $2C_{16} \rightarrow$ 0010 1100

0 0 0 0	0
0 0 0 1	1
0 0 1 0	2
0 0 1 1	3
0 1 0 0	4
0 1 0 1	5
0 1 1 0	6
0 1 1 1	7
1 0 0 0	8
1 0 0 1	9
1 0 1 0	A
1 0 1 1	B
1 1 0 0	C
1 1 0 1	D
1 1 1 0	E
1 1 1 1	F

Основы арифметики двоичных чисел

Поразрядное сложение с переносом

0	1	1	1	= ?
0	1	1	0	= ?
?	?	?	?	= ?

0	1	1	1	= 7
0	1	1	0	= 6
1	1	0	1	=13

Сдвиг влево

0	0	1	1	= ?
0	1	1	0	= ?
1	1	0	0	= ?

0	0	1	1	= 3
0	1	1	0	= 6
1	1	0	0	=12

Сдвиг вправо

1	1	0	1	= ?
0	1	1	0	= ?
0	0	1	1	= ?

1	1	0	1	= 13
0	1	1	0	= 6
0	0	1	1	= 3

2^3	2^2	2^1	2^0	Значение$_{(10)}$
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	0	0	0	8
1	0	0	1	9
1	0	1	0	10
1	0	1	1	11
1	1	0	0	12
1	1	0	1	13
1	1	1	0	14
1	1	1	1	15

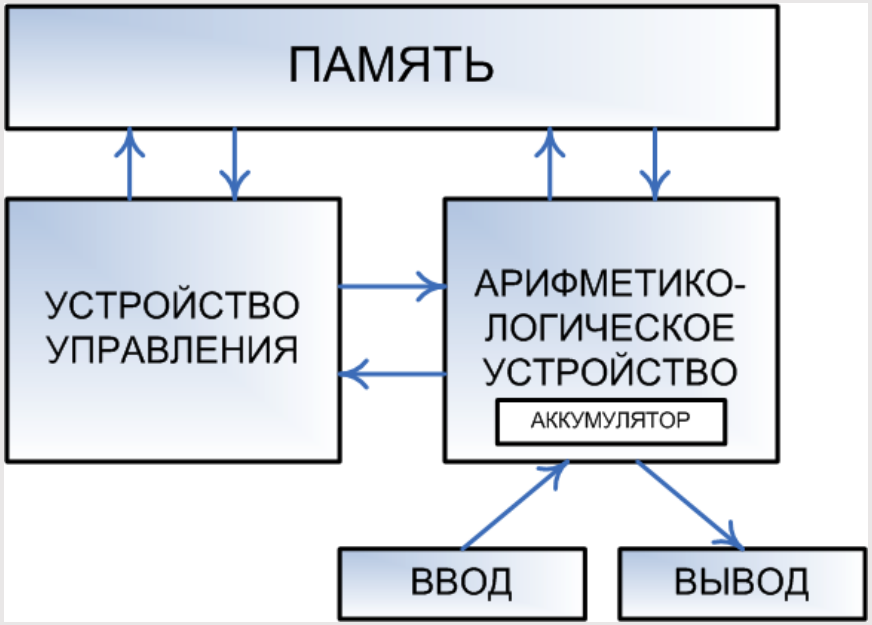
Принцип программного управления.

- Принцип программного управления:
  - функционирование вычислительной машины определяется заранее составленной и введенной в ее память программой
  - команды программы располагаются в последовательных адресах памяти
  - после исполнения первой команды машина автоматически переходит к выполнению следующей команды и т.д., пока не встретится команда прекратить вычисления
- Команда содержит
  - код операции (сложить, умножить, записать в память, перейти по адресу и т.п.)
  - адреса одного или нескольких операндов или (реже) их значения, а для команды перехода - адрес следующей команды

Базовая архитектура и структура ЭВМ. Принцип фон Неймана (продолжение)

- **Машина фон Неймана** — вычислительная система, построенная на следующих принципах.
  - Основными ее блоками являются:
    - арифметико-логическое устройство,
    - устройство управления,
    - запоминающее устройство,
    - устройства ввода-вывода.
  - Программы и данные хранятся в одной и той же памяти.
  - Устройство управления и арифметико-логическое устройство, объединенные в центральный процессор, определяют действия, подлежащие выполнению, путем считывания команд из оперативной памяти.
- Подавляющее большинство вычислительных машин в настоящее время являются фон-неймановскими машинами.

Базовая архитектура и структура ЭВМ. Принцип фон Неймана (продолжение)



Схематичное изображение машины фон Неймана

Представление целых и вещественных чисел в памяти ЭВМ

Поразрядное сложение с переносом

0	0	1	0	= ?
1	0	1	1	= ?
?	?	?	?	= ?

0	0	1	0	= 2
1	0	1	1	=11
1	1	0	1	=13

1	1	1	1	= ?
0	0	0	1	= ?
?	?	?	?	= ?

1	1	1	1	=15
0	0	0	1	= 1
1	0	0	0	= 0

1	1	1	0	= ?
0	1	0	1	= ?
?	?	?	?	= ?

1	1	1	0	=14
0	1	0	1	= 5
1	0	0	1	= 3

Сдвиг влево (умножение на 2)

0	1	1	0	= ?
1	1	0	0	= ?
?	?	?	?	= ?

0	1	1	0	= 6
1	1	0	0	=12
1	0	0	0	= 8

Переполнение разрядной сетки

2^3	2^2	2^1	2^0	Значение$_{(10)}$
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	0	0	0	8
1	0	0	1	9
1	0	1	0	10
1	0	1	1	11
1	1	0	0	12
1	1	0	1	13
1	1	1	0	14
1	1	1	1	15

Представление целых и вещественных чисел в памяти ЭВМ (продолжение)

Отрицательные числа: -1, -5 и т.д.

Определение: x + (-x) = 0

0	0	0	1	=	1		0	0	0	1	= 1
?	?	?	?	=	-1		1	1	1	1	= -1
0	0	0	0	=	0	~~1~~	0	0	0	0	= 0
0	1	0	1	=	5		0	1	0	1	= 5
?	?	?	?	=	-5		1	0	1	1	= -5
0	0	0	0	=	0	~~1~~	0	0	0	0	= 0

Изменение знака числа:
заменить все 0 на 1, а 1 - на 0 (NOT)
и к результату прибавить 1

0	1	0	1	= 5
1	0	1	0	NOT
0	0	0	1	+1
1	0	1	1	= -5

1	0	1	1	= -5
0	1	0	0	NOT
0	0	0	1	+1
0	1	0	1	= 5

±	2^2	2^1	2^0	Со знаком$_{(10)}$
0	0	0	0	+0
0	0	0	1	+1
0	0	1	0	+2
0	0	1	1	+3
0	1	0	0	+4
0	1	0	1	+5
0	1	1	0	+6
0	1	1	1	+7
1	0	0	0	- 8
1	0	0	1	- 7
1	0	1	0	- 6
1	0	1	1	- 5
1	1	0	0	- 4
1	1	0	1	- 3
1	1	1	0	- 2
1	1	1	1	- 1

Представление целых и вещественных чисел в памяти ЭВМ (продолжение)

Суммирование чисел со знаком:

0	0	1	0	= ?
0	1	0	1	= ?
?	?	?	?	= ?

0	0	1	0	= 2
0	1	0	1	= 5
0	1	1	1	= 7

0	0	1	0	= ?
1	0	1	1	= ?
?	?	?	?	= ?

0	0	1	0	= 2
1	0	1	1	= -5
1	1	0	1	= -3

1	1	1	0	= ?
0	1	0	1	= ?
?	?	?	?	= ?

1	1	1	0	= -2
0	1	0	1	= 5
~~1~~	0	0	1	= 3

1	1	1	0	= ?
1	0	1	1	= ?
?	?	?	?	= ?

1	1	1	0	= -2
1	0	1	1	= -5
~~1~~	1	0	0	1 = -7

±	2^2	2^1	2^0	Со знаком$_{(10)}$
0	0	0	0	+0
0	0	0	1	+1
0	0	1	0	+2
0	0	1	1	+3
0	1	0	0	+4
0	1	0	1	+5
0	1	1	0	+6
0	1	1	1	+7
1	0	0	0	- 8
1	0	0	1	- 7
1	0	1	0	- 6
1	0	1	1	- 5
1	1	0	0	- 4
1	1	0	1	- 3
1	1	1	0	- 2
1	1	1	1	- 1

Представление целых и вещественных чисел в памяти ЭВМ (продолжение)

Сдвиг вправо (деление на 2)

0 1 1 0	= 6
0 0 1 1	= 3
0 0 0 1	= 1

1 0 1 0	=-6
1 1 0 1	=-3
1 1 1 0	=-2

Проблемы со сложением

1 0 1 1	= ?
1 0 1 1	= ?
? ? ? ?	= ?

1 0 1 1	= -5
1 0 1 1	= -5
~~1~~ 0 1 1 0	=+6

0 1 0 1	= ?
0 1 0 1	= ?
? ? ? ?	= ?

0 1 0 1	= 5
0 1 0 1	= 5
1 0 1 0	= -6

Проблемы со сдвигом влево (умн. на 2)

0 1 0 1	= ?
1 0 1 0	= ?
? ? ? ?	= ?

0 1 0 1	=+5
1 0 1 0	= -6
~~1~~ 0 1 0 0	=+4

±	2^2	2^1	2^0	Со знаком$_{(10)}$
0	0	0	0	+0
0	0	0	1	+1
0	0	1	0	+2
0	0	1	1	+3
0	1	0	0	+4
0	1	0	1	+5
0	1	1	0	+6
0	1	1	1	+7
1	0	0	0	- 8
1	0	0	1	- 7
1	0	1	0	- 6
1	0	1	1	- 5
1	1	0	0	- 4
1	1	0	1	- 3
1	1	1	0	- 2
1	1	1	1	- 1

Представление целых и вещественных чисел в памяти ЭВМ (продолжение)

- **Дробные числа**
- Для представления дробной части числа в *b*-ичной системе счисления ее представляют в виде линейной комбинации отрицательных степеней числа *b*:

$$a_2 b^2 + a_1 b^1 + a_0 b^0 + a_{-1} b^{-1} + a_{-2} b^{-2} + \ldots,$$

- Например, в двоичной системе (b = 2) в формате с фиксированной точкой имеем:

0.1 = $0.50_{(10)}$

0.01 = $0.25_{(10)}$

0.11 = $0.75_{(10)}$

1.11 = $1.75_{(10)}$

±	2^0	2^{-1}	2^{-2}	Значение$_{(10)}$
0	0	0	0	+0.00
0	0	0	1	+0.25
0	0	1	0	+0.50
0	0	1	1	+0.75
0	1	0	0	+1.00
0	1	0	1	+1.25
0	1	1	0	+1.50
0	1	1	1	+1.75
1	0	0	0	NAN
1	0	0	1	-0.25
1	0	1	0	-0.50
1	0	1	1	-0.75
1	1	0	0	-1.00
1	1	0	1	-1.25
1	1	1	0	-1.50
1	1	1	1	-1.75

Представление целых и вещественных чисел в памяти ЭВМ (продолжение)

- В формате с плавающей точкой (экспоненциальный формат) возможно многими способами записать одно и то же число:

  - в десятичной системе:

  $$3.14 * 10^0 = 31.4 * 10^{-1} = 314 * 10^{-2}$$
  $$= 0.314 * 10^1 = 0.0314 * 10^2 \text{ и т.д.}$$

  - в двоичной системе:

  $$1.01 * 2^0 = 10.1 * 2^{-1} = 101 * 2^{-2}$$
  $$= 0.101 * 2^1 = 0.0101 * 2^2 \text{ и т.д.}$$

- В памяти компьютера вещественные числа хранятся в нормализованной форме с плавающей точкой (стандарт IEEE 754):

$$\pm 1.m * 2^{\pm p}$$

где **m** - мантисса (дробная часть) числа, а **p** - порядок.

причем, **1** (целая часть числа) не записывается, но подразумевается, а порядок **p** хранится в смещенном формате

Диапазоны представления чисел в двоичной системе счисления

- Целые числа
  - при хранении без знака:
    - обеспечивается диапазон значений от 0 до $2^n - 1$
  - при хранении со знаком:
    - обеспечивается диапазон значений от -2^{n-1} до $2^{n-1} - 1$

- Числа с плавающей точкой имеют два формата:
  - при хранении с одинарной точностью (**32** бита)
    - обеспечивается диапазон значений от $\mathbf{10^{-38}}$ до $\mathbf{10^{+38}}$
    - обеспечивается точность ***6*** верных десятичных цифр
  - при хранении с удвоенной точностью (**64** бита)
    - обеспечивается диапазон значений от $\mathbf{10^{-308}}$ до $\mathbf{10^{+308}}$
    - обеспечивается точность ***15*** верных десятичных цифр

Понятие типа данных

Тип данных определяет:

- объем *блока памяти*, выделяемый для хранения значений:
  - 1 байт для символьного типа
  - 4 байта для целого типа
- *структурную организацию* этого блока памяти:
  - наличие или отсутствие знакового разряда для целого типа
  - наличие знакового разряда, размеры полей порядка и мантиссы для плавающего типа
- *диапазон* возможных значений:
  - от 0 до 255 (от 00 до FF) для символьного типа
  - от -2^{n-1} до $2^{n-1}-1$ для целого типа
- набор возможных *операций*, применяемых к этим значениям:
  - для значений плавающего типа не определена операция вычисления остатка от деления
  - к значениям логического типа применяются операции отрицания, конъюнкции, дизъюнкции

Понятие типа данных (продолжение)

В различных языках программирования реализованы те или иные из перечисленных ниже типов:

- простые (скалярные) типы:
  - логический
  - символьный
  - целый
  - с плавающей точкой
  - строковый
  - перечислимый
  - ссылочный (указатель)
- составные (структурные) типы:
  - массивы
  - записи (структуры)
  - множества
  - списки
- другие типы, определяемые программистом

Понятие типа данных (продолжение)

- Преимуществом использования типов данных является *надёжность*.
- Типы данных защищают от трёх видов ошибок:
  - *Некорректное присваивание*.
    - Попытка присвоить числовой переменной строковое или другое недопустимое значение приведет к ошибке при контроле типов и позволит избежать многих трудностей.
  - *Некорректная операция*.
    - Контроль типов позволяет избежать попыток применения выражений вида «Hello world» + 1. Поскольку переменные в памяти хранятся как наборы битов, то при отсутствии контроля подобная операция была возможна и могла бы дать результат вроде «Hello worle».
  - *Некорректная передача параметров в функцию*.
    - Если функция «квадратный корень» ожидает, что ей будет передан числовой аргумент, то передача ей в качестве параметра строки «Hello world» (без контроля типов) может иметь непредсказуемые последствия.

Итоги

- В этом модуле Вы изучили:
  - **Логический тип** данных и основы булевой алгебры
  - **Системы счисления**, применяемые в программировании, и связи между ними
  - **Принцип программного управления** и базовую архитектуру компьютера
  - **Представление** целых и вещественных **чисел в памяти** компьютера и особенности операций над ними
  - Понятие **типа данных** и его роль в языках программирования

- В.Г.Тетерин – Microsoft Solution Developer (Visual C++)
- teterin@specialist.ru

Вопросы?

Приложение

Приложение 1. Основы булевой алгебры

.

- Предметом Булевой алгебры являются **высказывания**
- Высказывания – это утверждения, которые можно оценить, т.е. определить их **истинность** или **ложность**.
- Высказывания обозначаются буквами латинского алфавита:
- a, b, c,…
- Над ними определены операции:
  - Отрицание: $\overline{a}$
  - Сложение (дизъюнкция): a+b
  - Умножение (конъюнкция): a*b

Основы булевой алгебры (продолжение)

Вычисление формально-логических выражений

$$F=a*b+\overline{b}$$

a	b	$\overline{b}$	a*b	$a*b+\overline{b}$
0	0	1	0	1
0	1	0	0	0
1	0	1	0	1
1	1	0	1	1

Основы булевой алгебры (продолжение)

Задача про високосный год

- **Високосный год**— год, продолжительность которого равна 366 дням.
- Високосным годом является каждый год, кратный 4, **кроме** годов кратных ста, но не кратных 400.

- Например:
- 1980, 1984, 1988, 1992, 1996, 2000 – високосные.
- 1871, 1889, 1894, 1900 – невисокосные.

Основы булевой алгебры (продолжение)

Определение високосного года через логическую формулу

Обозначения:

Высказывание a = «год делится на 4"

Высказывание b = «год делится на 100"

Высказывание c = «год делится на 400»

$$V=a * \overline{b}+c$$

Год	a	b	c	$\overline{b}$	$a*\overline{b}$	$a*\overline{b}+c$
2012	1	0	0	1	1	1
2011	0	0	0	1	0	0
2000						
1900						

Основы булевой алгебры (продолжение)

- В языках программирования к значениям логического типа чаще всего применяют следующие операции:
  - ***эквивалентность*** (равенство) EQV, =, ==
  - ***отрицание*** (инверсия) NOT, ~, !
  - ***конъюнкция*** (***И,*** логическое умножение) AND, &, *
  - ***дизъюнкция*** (***ИЛИ***, логическое сложение) OR, |, +
  - ***исключающее ИЛИ*** (сложение по модулю 2) NEQV, XOR, ^
- Также существуют и другие операции булевой алгебры

Основы булевой алгебры (продолжение)

Таблица истинности унарных операций

x	false	EQ	NOT	true
0	0	0	1	1
1	0	1	0	1

Таблица истинности бинарных операций

x	y	false	AND					XOR	OR			true
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	...	1
0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	...	1
1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	...	1
1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	...	1

Приложение 2. Системы счисления. Связи между системами счисления

Определение:

***b*-ичная** система счисления определяется натуральным числом $b > 1$, называемым *основанием системы счисления*.

Для представления числа x в b-ичной системе счисления его представляют в виде линейной комбинации степеней числа b:

$$a_n b^n + a_{n-1} b^{n-1} + a_{n-2} b^{n-2} + \ldots + a_2 b^2 + a_1 b^1 + a_0 b^0,$$

где каждая b-ичная цифра удовлетворяет условию $0 \le a_k < b$.

Системы счисления. Связи между системами счисления (продолжение)

- **Перевод произвольной позиционной системы счисления в десятичную:**

  Если число в *b*-ичной системе счисления имеет запись

  $a_n\ a_{n-1}\ a_{n-2}\ ...a_2\ a_1\ a_0$

  то для перевода в десятичную систему вычисляем такую сумму:

  $a_n\ b^n + a_{n-1}\ b^{n-1} + a_{n-2}\ b^{n-2} + ... + a_2\ b^2 + a_1\ b^1 + a_0\ b^0$

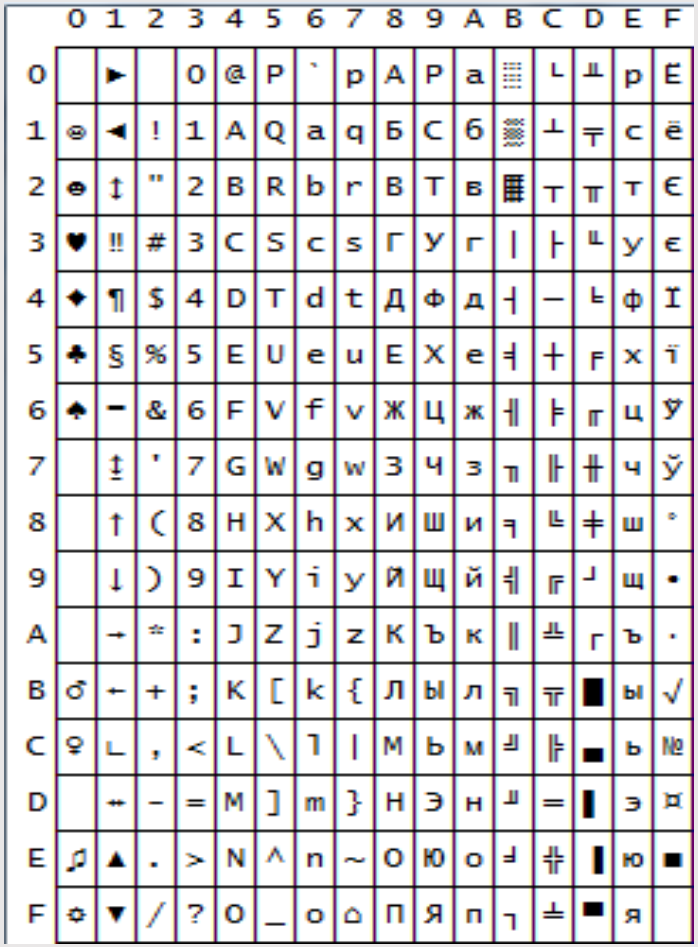
- **Пример:**

$$101100_2 = 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0$$
$$= 1 \cdot 32 + 0 \cdot 16 + 1 \cdot 8 + 1 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 0 \cdot 1$$
$$= 32 + 8 + 4$$
$$= 44_{10}$$

Системы счисления. Связи между системами счисления (продолжение)

- **Перевод из десятичной в произвольную позиционную систему счисления:**
  Для перевода необходимо делить с остатком искомое число на основание системы счисления до тех пор, пока частное больше нуля, и записать цифры всех остатков в обратном порядке.
- **Пример:**
  - 44_{10} переведём в двоичную систему:
  - 44 делим на 2. частное 22, остаток 0
  - 22 делим на 2. частное 11, остаток 0
  - 11 делим на 2. частное 5, остаток 1
  - 5 делим на 2. частное 2, остаток 1
  - 2 делим на 2. частное 1, остаток 0
  - 1 делим на 2. частное 0, остаток 1
- Теперь, записав цифры всех остатков в обратном порядке, получим число $\mathbf{101100_2}$

Приложение 3. Представление символьной информации. Кодовые таблицы



- Однобайтные таблицы (ASCII, ANSI, KOI-8R)
  - для представления символов используются 8-битные числовые коды
  - кодовая таблица позволяет закодировать 256 различных символов
- Двухбайтная таблица (UNICODE)
  - для представления символов используются 16-битные числовые коды
  - кодовая таблица позволяет закодировать 65536 различных символов

Приложение 4. Единицы измерения ёмкости запоминающих устройств

- 1 бит = двоичная цифра /логическое значение
- 8 бит = 1 байт = символ (ASCII)
- 1 Кб = 1024 б = 2^{10} байт - килобайт
- 1 Мб = 1024 Кб = 2^{20} байт - мегабайт
- 1 Гб = 1024 Мб = 2^{30} байт - гигабайт
- 1 Тб = 1024 Гб = 2^{40} байт - терабайт
- 1 Пб = 1024 Тб = 2^{50} байт - петабайт
- 1 Эб = 1024 Пб = 2^{60} байт - эксабайт