МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА (МИИТ)»

ЮРИДИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

# А. И. Дмитриев, М. С. Дмитриева

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНФОРМАТИКИ

Практикум

МОСКВА 2017 УДК 004 ББК 32.97 Д53 ISBN 978-5-9500482-0-3

Дмитриев, А. И. Теоретические основы информатики : практикум / А. И. Дмитриев, М. С. Дмитриева. — М.: Юридический институт РУТ (МИИТ), 2017. — 51 с.

Пособие содержит методические указания по выполнению практических (лабораторных) работ для студентов Юридического института РУТ (МИИТ) всех форм обучения по дисциплине «Информатика». Отдельные работы могут выполняться в рамках других учебных дисциплин информационного цикла по решению ведущего преподавателя, согласованному с заведующим кафедрой «Информационноматематические технологии и информационное право» Юридического института РУТ (МИИТ).

Практикум состоит из двух частей. Первая часть охватывает основные разделы классического университетского курса информационных технологий (информатики). Вторая часть выходит за рамки университетского курса и является факультативной. В этой части предложены практические работы, выполнение которых позволит студентам познакомиться с принципами работы и элементной базой вычислительной техники пятого поколения. Сведения, содержащиеся здесь, получены при частичной поддержке РФФИ (проект № 16-07-00863).

> © Юридический институт МИИТ, 2017 © Дмитриев А. И., Дмитриева М. С., 2017

Изд. заказ 28	Подписано в печать 01.11.2017	Тираж 100 экз.
Услпеч. л. 3,2	Учизд. л. 2,0	$\Phi$ ормат 60×90 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>
	127004 Manual 05	0 0

127994, Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9.

# Содержание

Часть І. Классическая теория информатики	4
Работа 1. Расчет энтропии и количества информации в MS Excel.	
Онлайн калькулятор Шеннона	4
Работа 2. Преобразование чисел из одной системы счисления в другую	
в MS Excel. Онлайн калькулятор перевода	9
Работа 3. Логические основы ЭВМ. Онлайн симулятор логических схем	19
Работа 4. Элементы программирования на языке PascalABC.NET	26
Работа 5. Эксперименты в области создания экспертных систем.	
Игровые онлайн системы «Акинатор» и «20q»	33
Часть II. Теоретические основы спиновой информатики	37
Работа 6. Процессы накопления информации. Энергонезависимая	
магниторезистивная оперативная память	
Работа 7. Логические основы ЭВМ. Основы наномагнитной логики	41
Работа 8. Кодирование данных в ЭВМ. Кодирование информации	
с помощью спинов фотонов	46
Рекомендуемая литература	50
Приложение. Форма отчета	51

## Часть I. Классическая теория информатики

#### Работа 1. Расчет энтропии и количества информации в MS Excel. Онлайн калькулятор Шеннона

**Цель работы:** изучить методы и приемы оценки меры неопределенности (энтропии) информационных систем на примере расчета неопределенности появления какого-либо символа русского и английского алфавитов в MS Excel.

#### План работы

- 1. Изучить теоретическую часть.
- 2. Выполнить задания практической части.
- 3. Ответить на контрольные вопросы.
- 4. Представить файл отчета для проверки преподавателю.

Информационная энтропия H — это мера неопределенности информационной системы, в частности неопределенность появления какого-либо символа алфавита. Информационная двоичная энтропия для независимых случайных событий с N возможными состояниями, распределенных с вероятностями  $p_i$  рассчитывается по

Можными состоянными, расприяти  $H = \sum_{i=1}^{N} p_i \cdot \log_2 \left(\frac{1}{p_i}\right)$ формуле Шеннона: потерь энтропия численно равна количеству информации, приходящийся на один символ передаваемого сообщения. Т.е. количество информации *I* в текстовом сообщении определяется как произведение энтропии на количество символов в тексте. Следует заметить, что в последовательности букв, составляющих какое-либо предложение на русском или любом другом языке, разные буквы появляются с разной частотой, поэтому неопределенность появления для некоторых букв меньше, чем для других.

Частным случаем формулы Шеннона является формула Хартли:  $H = \log_2 N$ . Она получается в предположении, что независимые случайные события имеют одинаковые вероятности возможных состояний  $p_i = 1/N$ . Количество информации, приходящейся на один символ (энтропия), вычисляемая по формуле Хартли, является максимально возможным  $I_{max}$ . Избыточность источника (алфавита) R показывает, насколько хорошо используются буквы в данном источнике:  $R = (I_{max} - I)/I_{max}$ . Чем меньше R, тем большее количество информации вырабатывается источником на одну букву. С повышением избыточности повышается помехоустойчивость (надежность) источника. Избыточность некоторых языков достигает десятков процентов. Если бы все буквы имели одинаковую вероятность использования, и можно было бы использовать любые комбинации букв, то среднюю длину слова можно было бы значительно уменьшить. Однако разбираться в этой записи было бы значительно при наличии ошибок.

Относительной мерой количества информации *I* может служить коэффициент содержательности (информативности) *C*, который определяется как отношение ко-

личества информации к объему данных: C = I/V, причем 0 < C < 1. С увеличением C уменьшаются объемы работы по преобразованию информации (данных) в системе. Поэтому стремятся к повышению информативности, для чего разрабатываются специальные методы оптимального кодирования информации. Объем данных вычисляется, как произведение числа бит, приходящихся на один символ, на количество символов в тексте. Например, в одной из первых систем байтового кодирования ASCII на кодирование одного символа отводилось 8 бит. Первая версия современной системы Юникода представляла собой кодировку с фиксированным размером символа в 16 бит.

#### Практическая часть

Выполнение работы начинается с создания файла отчета по форме, представленной в Приложении, и заполнения ее личными данными студента. Именем файла отчета должна быть фамилия студента с его инициалами.

#### 1. Вычисление энтропии ансамбля букв русского алфавита

1. Запустите MS Excel. Сохраните файл. Именем файла отчета должна быть фамилия студента с его инициалами.

2. Создайте таблицу, представленную на рис. 1.1.

	A	В	
1	Буква	Вероятность	
2	пробел	0,174	
3	0	0,09	
4	E	0,072	
5	Α	0,062	
6	И	0,062	
7	Т	0,053	
8	Н	0,053	
9	С	0,045	
10	Р	0,04	
11	В	0,038	
12	л	0,035	
13	К	0,028	
14	М	0,026	
15	д	0,025	
16	п	0,023	
17	У	0,021	
18	Я	0,018	
19	ы	0,016	
20	3	0,016	
21	Ь,Ъ	0,014	
22	Б	0,014	
23	Г	0,013	
24	Ч	0,012	
25	й	0,01	
26	х	0,009	
27	ж	0,007	
28	ю	0,006	
29	ш	0,006	
30	Ц	0,004	
31	Щ	0,003	
32	Э	0,003	
33	Φ	0,002	
_	1		

Рис. 1.1. Таблица вероятностей букв русского алфавита в MS Excel

3. В ячейку C2 введите формулу =B2\*LOG(1/B2;2) и нажмите клавишу Enter.

4. Используя маркер автозаполнения, скопируйте формулу из ячейки С2 в C3:C33. Для этого выделите ячейку C2; установите указатель мыши на маркер автозаполнения; дождитесь, пока он примет вид черного крестика; тащить маркер при нажатой левой кнопке мыши до тех пор, пока внешняя граница выделения не охватит необходимый диапазон.

5. Для нахождения энтропии по формуле Шеннона в ячейку D2 введите формулу = CVMM(C2:C33) и нажмите клавишу *Enter*. Выделите ячейку D2, вызовите контекстное меню и выберите пункт *Формат ячеек*. Установите *Числовой формат*, число десятичных знаков — 2.

6. Для нахождения энтропии по формуле Хартли в ячейку E2 введите формулу = LOG(32;2) и нажмите клавишу *Enter*.

7. Для нахождения избыточности русского алфавита в ячейку F2 введите формулу =(E2-D2)/E2 и нажмите клавишу *Enter*. Выделите ячейку F2, вызовите контекстное меню и выберите пункт *Формат ячеек*. Установите *Процентный формат*, число десятичных знаков — 0.

8. Вычислите энтропию ансамбля букв русского алфавита с помощью калькулятора, размещенного в сети Интернет по ссылке <u>https://planetcalc.ru/2476/</u>. Для добав-

ления события (буквы алфавита) используйте кнопку Добавить . Для удаления события — кнопку . Для редактирования — кнопку . Для заполнения таблицы вероятностей воспользуйтесь данными из таблицы, изображенной на рис. 1.1. На

вероятностей воспользуитесь данными из таолицы, изоораженной на рис. 1.1. на рис. 1.2 приведен фрагмент таблицы вероятностей букв русского алфавита, заполняемой в сети Интернет для расчета энтропии с помощью онлапйн калькулятра Шеннона.

Событие	Вероятность, доли единицы	
Пробел	0.174	<ul><li>✓ ×</li></ul>
0	0.09	8 ×
E	0.072	<ul> <li>✓</li> </ul>
А	0.062	/ ×
И	0.062	/ ×
Т	0.053	& X

Таблица вероятностей событий:

Рис. 1.2. Фрагмент таблицы вероятностей букв русского алфавита

9. После того как таблица вероятностей будет заполнена полностью, необходимо нажать кнопку Рассчитать. Ниже будет выведено значение энтропии. Сравните полученное значение со значением, полученным с помощью расчетов в MS Excel.

10. Вычислите энтропию ансамбля букв русского алфавита с помощью калькулятора, размещенного в сети Интернет по ссылке https://planetcalc.ru/2476/ другим способом. В соответствующее поле (рис. 1.3) введите отрывок из романа «Война и мир» Л.Н. Толстого: «Войдя по ступенькам входа на курган, Пьер взглянул впереди себя и замер от восхищенья перед красотою зрелища. Это была та же панорама, которою он любовался вчера с этого кургана; но теперь вся эта местность была покрыта войсками и дымами выстрелов, и косые лучи яркого солнца, поднимавшегося сзади, левее Пьера, кидали на нее в чистом утреннем воздухе пронизывающий с золотым и розовым оттенком свет и темные, длинные тени. Дальние леса, заканчивающие панораму, точно высеченные из какого-то драгоценного желто-зеленого камня, виднелись своей изогнутой чертой вершин на горизонте, и между ними за Валуевым прорезывалась большая Смоленская дорога, вся покрытая войсками. Ближе блестели золотые поля и перелески. Везде — спереди, справа и слева — виднелись войска. Все это было оживленно, величественно и неожиданно; но то, что более всего поразило Пьера, — это был вид самого поля сражения, Бородина и лощины над Колочею по обеим сторонам ее.

Формула Шеннона		١٥
Сообщение:	Войдя по ступенькам входа на курган, Пьер взглянул впереди себя и замер от восхищенья перед красотою зрелища. Это была та же	
🔲 Игнорировать регистр		
🔲 Игнорировать пробел		
Точность вычисления:	0.12345678901234567890	
		Рассчитать
Энтропия, бит:		4.52

Рис. 1.3. Окно расчета энтропии

11. Уберите флажки в разделах Игнорировать регистр и Игнорировать пробел. Нажмите кнопку рассчитать Рассчитать (рис. 1.3). Ниже будет выведено значение энтропии. Сравните полученное значение со значением, полученным с помощью расчетов в MS Excel.

12. Исследуйте, как влияет длина фрагмента текста на значение энтропии.

#### 2. Вычисление энтропии ансамбля букв английского алфавита

Самостоятельно с помощью MS Excel, а также с помощью калькулятора Шеннона, размещенного в сети Интернет по ссылке <u>https://planetcalc.ru/2476/</u>, вычислите энтропию ансамбля букв английского алфавита. Таблица вероятностей (частот) букв английского алфавита приведена на рис. 1.4.

#### Буква Частота Буква Частота Буква Частота Буква Частота 0,130 0,061 0,024 0,004 Е S U Κ 0,105 0,052 0,020 0,0015 Т Н G Х 0,081 0,038 Y 0,0013 Α D 0,019 J 0,079 0,034 Ρ 0,019 0,0011 0 L Q F 0,029 0,015 Ν Ζ 0,0007 0,071 W 0,068 0,027 0,014 R С В Ι 0,063 М 0,025 V 0,009

#### Рис. 1.4. Таблица вероятностей букв английского алфавита

#### Контрольные вопросы

1. Что такое информационная энтропия?

- 2. Что называют количеством информации?
- 3. Чем различаются формулы Шеннона и Хартли?
- 4. Что называют избыточностью источника (алфавита)? Каков ее смысл?

5. Что такое коэффициент содержательности (информативности)? Каков его смысл?

6. Каков коэффициент содержательности (информативности) информационного сообщения на русском языке «Мама мыла раму», записанного в 8-битной кодировке ASCII?

7. Какой алфавит русский или английский менее избыточен? Почему?

## Работа 2. Преобразование чисел из одной системы счисления в другую в MS Excel. Онлайн калькулятор перевода

**Цель работы:** освоить методы преобразование чисел из одной системы счисления в другую в MS Excel, а также с помощью онлайн калькулятора перевода.

#### План работы

- 1. Изучить теоретическую часть.
- 2. Выполнить задания практической части.
- 3. Ответить на контрольные вопросы.
- 4. Представить файл отчета для проверки преподавателю.

Система счисления — это метод представления чисел символическими знаками, в котором для удобной и компактной группировки чисел используется значение, называемое основанием. Наиболее распространенной является десятичная система с основанием 10 и набором знаков 0—9. Однако в определенных случаях использование других систем счисления может быть более целесообразным. Например, в компьютерах, применяющих для выполнения вычислений и логических операций булеву логику, используется двоичная система счисления с основанием 2. Осуществить перевод чисел из разных систем исчисления можно различными способами. С помощью математических формул или с помощью онлайн сервисов. Запоминать возможности преобразования с помощью математических формул имеет смысл только для сдачи экзамена. У онлайн сервисов есть один недостаток в виде постоянного доступа к сети Интернет. Конечно, представить себе место без доступа к сети Интернет сейчас довольно сложно, однако, бывает и такое. Как бы там ни было, имеется способ перевода целых числе из разных систем счисления с помощью табличного процессора MS Excel.

**1. Перевод из восьмеричной системы в двоичную.** Поскольку основание восьмеричной системы является степенью для двоичной, то перевод между этими двумя системами достаточно тривиальная задача. Достаточно осуществить перевод каждой цифры из восьмеричной системы в двоичную справа на лево. Соответствие цифр двух система представлено в таблице на рис. 2.1. Например, 235 в восьмеричной системе равно: 5=101, 3=011, 2=010 и результат равен 010011101 или 10011101 (начальные нули в двоичной системе можно опустить). Для перевода с помощью MS Excel следует воспользоваться функцией ВОСЬМ.В.ДВ.

**2. Перевод из восьмеричной системы в десятичную.** Для перевода из восьмеричной системы в десятичную, число необходимо представить в виде суммы произведений степеней основания восьмеричной системы счисления на соответствующие цифры в разрядах восьмеричного числа. Например, число 235 будет равняться:  $5 \cdot 8^{0} + 3 \cdot 8^{1} + 2 \cdot 8^{2} = 5 \cdot 1 + 3 \cdot 8 + 2 \cdot 64 = 157$ . Для перевода с помощью MS Excel следует воспользоваться функцией ВОСЬМ.В.ДЕС.

Двоичная система	Восьмеричная система
000	0
001	1
010	2
011	3
100	4
101	5
110	6
111	7

Рис. 2.1. Соответствие цифр восьмеричной и двоичной систем счисления

**3.** Перевод из восьмеричной системы в шестнадцатеричную. Наиболее простой способ «ручного» перевода чисел из восьмеричной системы в шестнадцатеричную состоит в том, чтобы с начала перевести число в двоичную, а затем уже в шестнадцатеричную системы счисления. Для перевода с помощью MS Excel следует воспользоваться функцией ВОСЬМ.В.ШЕСТН.

**4.** Перевод из двоичной системы в восьмеричную. Нужно разбить двоичное число на триады начиная справа, если в последней триаде недостает цифр, нужно просто дописать нули. Например, требуется перевести число 1001001. Для удобства представим его как 001 001 001. После перевода триад согласно таблице на рис. 2.1 в восьмеричной системе получается число 111. Для перевода с помощью MS Excel следует воспользоваться функцией ДВ.В.ВОСЬМ.

5. Перевод из двоичной системы в десятичную. Для такого перевода необходимо число в двоичной системе счисления представить в виде суммы произведения степеней основания (начиная с нуля) на соответствующие цифры в разрядах двоичного числа. Переведем число 001001001 в десятичную систему счисления:  $1 \cdot 2^6 + 0 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 64 + 0 + 0 + 8 + 0 + 0 + 1 = 73$ . Для перевода с помощью MS Excel следует воспользоваться функцией ДВ.В.ДЕС.

**6.** Перевод из двоичной системы в шестнадцатеричную. Перевод из двоичной системы счисления в шестнадцатеричную несколько схож из переводом из двоичной в восьмеричную, однако, в этом случае число в двоичной системе счисления необходимо разбивать на тетрады, т.е. кодирование осуществляется четырьмя битами, а не тремя. И перевод производится согласно таблице на рис. 2.2. Для примера переведем число 1001001, предварительно запишем его как: 0100 1001, что равняется 49. Для перевода с помощью MS Excel следует воспользоваться функцией ДВ.В.ШЕСТН.

Двоичная система	Шестнадцатеричная система
0	0
1	1
10	2
11	3
100	4
101	5
110	6
111	7
1000	8
1001	9
1010	А
1011	В
1100	С
1101	D
1110	Е
1111	F

Рис. 2.2. Соответствие цифр шестнадцатеричной и двоичной систем счисления

**7. Перевод из десятичной системы в восьмеричную.** Для осуществления данного перевода необходимо произвести операцию деления и пошагового перевода в соответствии с представленным ниже алгоритмом. Десятичное число делится на 8. Частное от деления остается для следующего шага, а остаток от деления записывается как бит числа в восьмеричной системе счисления (справа на лево). Если частное не равно 0, то повторяется первый шаг, однако в качестве делимого берется уже частное. Новый остаток записывается в число в восьмеричной системе счисления справа на лево. Шаги выполнять до тех пор, пока частное не станет равно 0, а остаток от деления меньше 8. Для примера возьмем число 157. 157/8 = 19 (ост. 5). 19/8 = 2 (ост. 3). 2/8 = 0 (ост. 2). Итого, записав справа налево числа, получаем 235.

Для перевода с помощью MS Excel следует воспользоваться функцией ДЕС.В.ВОСЬМ.

8. Перевод из десятичной системы в двоичную. Перевод осуществляется путем деления числа на 2 и перевода в соответствии с представленным ниже алгоритмом. Десятичное число делится на 2. Частное от деления остается для следующего шага, а остаток от деления записывается как бит числа в двоичной системе счисления (справа на лево). Если частное не равно 0, то повторяется первый шаг, однако в качестве делимого берется уже частное. Новый остаток записывается в двоичное число справа налево. Процедура выполняется до тех пор, пока частное не станет

равно 0, а остаток от деления — 1. Для примера возьмем число 157. 157/2 = 78 (ост. 1). 78/2 = 39 (ост. 0). 39/2 = 19 (ост. 1). 19/2 = 9 (ост. 1). 9/2 = 4 (ост. 1). 4/2 = 2 (ост. 0). 2/2 = 1 (ост. 0). 1/2 = 0 (ост. 1). В итоге получаем: 10011101. Для перевода с помощью MS Excel следует воспользоваться функцией ДЕС.В.ДВ.

**9. Перевод из десятичной системы в шестнадцатеричную.** Алгоритм перевода из десятичной системы в шестнадцатеричную аналогичен уже описанным выше алгоритмам перевода в двоичную или восьмеричную систему, однако в качестве делителя здесь следует брать число 16. Десятичное число делится на 16. Частное от деления остается для следующего шага, а остаток от деления записывается как бит числа в двоичной системе счисления (справа налево). Если частное не равно 0, то повторяется первый шаг, однако в качестве делимого берется уже частное. Новый остаток записывается в шестнадцатеричное число справа налево. Процедура выполняется до тех пор, пока частное не станет равно 0, а остаток от деления — меньше 16. Не лишним будет привести таблицу соответствия цифр в десятичной и шестнадцатеричной системе счисления (рис. 2.3).

Десятичная система	Шестнадцатеричная система
0	0
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	А
11	В
12	С
13	D
14	Е
15	F

# *Рис. 2.3.* Соответствие цифр десятичной и шестнадцатеричной систем счисления

Для примера возьмем число 157. 157/16 = 9 (ост. 13). 9/16 = 0 (ост. 9). В итоге получаем: 9D (поскольку 13 соответствует D). Для перевода с помощью MS Excel следует воспользоваться функцией ДЕС.В.ШЕСТН.

**10. Перевод из шестнадцатеричной системы в восьмеричную.** При «ручном» переводе чисел из шестнадцатеричной системы в восьмеричную число переводят в двоичную систему счисления, а затем уже в восьмеричную в соответствии с описанными выше правилами. Для перевода с помощью MS Excel следует воспользоваться функцией ШЕСТН.В.ВОСЬМ. В формуле числа в шестнадцатеричной системе счисления следует записывать в кавычках, т.к. в противном случае число будет восприниматься как ссылка на ячейку.

11. Перевод из шестнадцатеричной системы в двоичную. В двоичную систему счисления перевод крайне прост и аналогичен переводу в восьмеричную систему счисления, однако, здесь числа переводятся справа налево и дополняются до 4 разрядов в соответствии с таблицей на рис. 2.2. Например, число 9D будет равно: 10011101. Для перевода с помощью MS Excel следует воспользоваться функцией ШЕСТН.В.ДВ.

**12. Перевод из шестнадцатеричной системы в десятичную.** Перевод производится по аналогии с переводами из восьмеричной и двоичной системы, однако, в данном случае для степеней основания будет число 16. Т.е. десятеричное число представляется в виде суммы произведения цифр шестнадцатеричного числа на 16 в степени разряда, начиная с 0. Таблица соответствия чисел десятичной и шестнадцатеричной систем представлена на рис. 2.3. Пример перевод числа 9D:  $9 \cdot 16^1 + 13 \cdot 16^0 = 9 \cdot 16 + 13 \cdot 1 = 157$ . Для перевода с помощью MS Excel следует воспользоваться функцией ШЕСТН.В.ДЕС.

Рассмотрим синтаксис функций MS Excel, используемых для перевода чисел из одной системы счисления в другую. Аргумент функций записывается в круглых скобках сразу после функции (без пробела). Например, для преобразования восьмеричного число в десятичное в ячейке MS Excel следует набрать формулу =BOCbM.B.ДЕС(число). Аргумент число является обязательным. Это есть преобразуемое восьмеричное число. Единственный обязательный аргумент число имеют также функции: ДВ.В.ДЕС и ШЕСТН.В.ДЕС. Все остальные функции имеют два аргумента: обязательный аргумент число и необязательный аргумент разрядность. Например, функция ВОСЬМ.В.ДВ имеет два аргумента, в этом случае формула в ячейке MS Excel выглядит так =BOCbM.В.ДВ (число; разрядность). Аргумент число является обязательным. Это есть преобразуемое восьмеричное число. Аргумент разрядность является необязательным. Это есть количество используемых разрядов. Если этот аргумент опущен, функция ВОСЬМ.В.ДВ использует минимальное необходимое количество разрядов. Аргумент разрядность используется в том случае, если нужно приписать к возвращаемому значению ведущие нули.

В заключение теоретической части укажем на часто встречающиеся ошибки #ЗНАЧ! И #ЧИСЛО!. Функция возвращает значение ошибки #ЧИСЛО! в следующих случаях: значение аргумента число не является допустимым числом в заданной системе счисления, если для выполнения функции требуется больше знаков, чем указанная разрядность, аргумент разрядность имеет отрицательное значение. Функция возвращает значение ошибки #ЗНАЧ! в случае, когда значение аргумента разрядность не является числом.

#### Практическая часть

Выполнение работы начинается с создания файла отчета по форме, представленной в Приложении, и заполнения ее личными данными студента. Именем файла отчета должна быть фамилия студента с его инициалами.

1. Преобразование целых чисел из одной системы счисления в другую в MS Excel.

1. Запустите MS Excel. Сохраните файл. Именем файла отчета должна быть фамилия студента с его инициалами.

2. Переведите восьмеричное число 235 в двоичную систему счисления. Для этого в ячейке A1 введите формулу =BOCьМ.В.ДВ(235) и нажмите клавишу *Enter*. Сверьте полученное значение со значением, приведенным в теоретической части. В ячейке A2 введите формулу =BOCьМ.В.ДВ(235;9) и нажмите клавишу *Enter*. Обратите внимание на различие в записи одного и того же двоичные числа, полученного по формулам в ячейках A1 и A2.

3. В ячейке АЗ введите формулу =ВОСЬМ.В.ДВ(1000) и нажмите клавишу *Enter*. Обратите на то, какое значение возвращает функция ячейке АЗ. Подумайте, почему так происходит.

4. В ячейке А4 введите формулу =ВОСЬМ.В.ДВ(777;8) и нажмите клавишу *Enter*. Обратите внимание на то, какое значение возвращает функция ячейке А4. Подумайте, почему так происходит.

5. Переведите восьмеричное число 235 в десятичную систему счисления. Для этого в ячейке А5 введите формулу =ВОСЬМ.В.ДЕС(235) и нажмите клавишу *Enter*. Сверьте полученное значение со значением, приведенным в теоретической части. В ячейке А6 введите формулу =ВОСЬМ.В.ДЕС(235;3). Прочитайте текст в окне, всплывающем при нажатии клавиши *Enter*.

6. В ячейке А7 введите формулу =ВОСЬМ.В.ДЕС(239) и нажмите клавишу *Enter*. Обратите внимание на то, какое значение возвращает функция ячейке А7. Подумайте, почему так происходит.

7. В ячейке А8 переведите восьмеричное число 777777533 в десятичную систему счисления. Обратите внимание на знак десятичного числа.

8. В ячейке А9 переведите восьмеричное число 100 в шестнадцатеричную систему счисления с разрядностью 4.

9. В ячейке A10 переведите восьмеричное число 777777533 в шестнадцатеричную систему счисления с минимально необходимым количеством разрядов.

10. В ячейке А11 переведите двоичное число 1001001 в восьмеричную систему счисления с минимально необходимым количеством разрядов. Сверьте полученное значение со значением, приведенным в теоретической части.

11. В ячейке A12 переведите двоичное число 1001001 в восьмеричную систему счисления с разрядностью 2. Обратите внимание на то, какое значение возвращает функция ячейке A12. Подумайте, почему так происходит. Определите ошибку и самостоятельно исправьте запись аргумента функции.

12. В ячейке А13 переведите двоичное число 1111111111 в восьмеричную систему счисления с минимально необходимым количеством разрядов.

13. В ячейке А14 переведите двоичное число 11111111111 в восьмеричную систему счисления с минимально необходимым количеством разрядов. Обратите внимание на то, какое значение возвращает функция ячейке А14. Подумайте, почему так происходит.

14. В ячейке А15 переведите двоичное число 1001001 в десятичную систему счисления. Сверьте полученное значение со значением, приведенным в теоретической части.

15. В ячейке А16 переведите двоичное число 1111111111 в десятичную систему счисления. Обратите внимание на знак десятичного числа.

16. В ячейке А17 переведите двоичное число 1001001 в шестнадцатеричную систему счисления с минимально необходимым количеством разрядов. Сверьте полученное значение со значением, приведенным в теоретической части.

17. В ячейке А18 переведите двоичное число 11111011 в шестнадцатеричную систему счисления с разрядностью 4.

18. В ячейке А19 переведите двоичное число 1110 в шестнадцатеричную систему счисления с минимально необходимым количеством разрядов.

19. В ячейке А20 переведите двоичное число 111111111 в шестнадцатеричную систему счисления с минимально необходимым количеством разрядов.

20. В ячейках А21, А22, А23 переведите десятичное число 157 в восьмеричную, двоичную и шестнадцатеричную системы счисления, соответственно. Сверьте полученные значения со значениями, приведенными в теоретической части.

21. В ячейке А24 переведите десятичное число -100 в восьмеричную систему счисления. Обратите внимание на знак перед восьмеричным числом. Подумайте, почему он стал положительным.

22. В ячейке А25 переведите десятичное число 536870911 в восьмеричную систему счисления. В ячейке А26 переведите десятичное число, следующее за числом 536870911, в восьмеричную систему счисления. Обратите внимание на то, какое значение возвращает функция ячейке А26. Подумайте, почему так происходит.

23. В ячейке А27 переведите десятичное число -536870912 в восьмеричную систему счисления. В ячейке А28 переведите десятичное число, предыдущее числу - 536870912, в восьмеричную систему счисления. Обратите внимание на то, какое значение возвращает функция ячейке А28. Подумайте, почему так происходит.

24. В ячейке А29 переведите десятичное число 511 в двоичную систему счисления. В ячейке А30 переведите десятичное число, следующее за числом 511, в восьмеричную систему счисления. Обратите внимание на то, какое значение возвращает функция ячейке А30. Подумайте, почему так происходит.

25. В ячейке А31 переведите десятичное число -512 в восьмеричную систему счисления. В ячейке А32 переведите десятичное число, предыдущее числу -512, в восьмеричную систему счисления. Обратите внимание на то, какое значение возвращает функция ячейке А32. Подумайте, почему так происходит.

26. В ячейке А33 переведите десятичное число -54 в шестнадцатеричную систему счисления. Обратите внимание на знак перед шестнадцатеричным числом. Подумайте, почему он стал положительным. 27. В ячейке А34 переведите десятичное число 64 в шестнадцатеричную систему счисления. Обратите внимание на то, какое значение возвращает функция ячейке А34. Подумайте, почему так происходит.

28. В ячейках А35 и А36 переведите шестнадцатеричное число 9D в двоичную и десятичную системы счисления, соответственно. Сверьте полученные значения со значениями, приведенными в теоретической части.

29. В ячейках А36 и А37 переведите шестнадцатеричные числа А5 и FFFFFF5B, соответственно, десятичную систему счисления. Обратите внимание на различие знаков перед десятичными числами. Подумайте, почему так происходит.

#### 2. Преобразование целых положительных чисел из одной системы счисления в другую с помощью онлайн калькулятора перевода.

1. Запустите браузер. Перейдите по ссылке <u>http://planetcalc.ru/375/</u>. Будет открыт универсальный калькулятор для перевода целых положительных чисел из любой системы счисления в любую (рис. 2.4).

Перевод из одной систе	••	
Исходное число:	FF	
Основание системы счисления исходного числа:	16	
Основание системы счисления переведенного числа:	10	
P PLANETCALC		Рассчитать
Переведенное число:		255

# *Рис. 2.4.* Окно универсального онлайн калькулятора для перевода целых положительных чисел из любой системы счисления в любую

2. Переведите десятичное число 10 в троичную систему счисления. Для этого в соответствующих полях (рис. 2.4) введите число 10, основание системы счисления этого числа — 10 и основание системы счисления, в которую надо преобразовать это число — 3. Нажмите кнопку Рассчитать. Самостоятельно пользуясь правилами перевода «руками» сделайте проверку.

3. С помощью универсального онлайн калькулятора, размещенного по ссылке <u>http://planetcalc.ru/375/</u>, выполните перевод чисел из п. 2, 5, 7, 8—10, 12, 14—20, 28 первого задания практической части. Сравните значения, полученные двумя способами.

#### 3. Преобразование дробных положительных чисел из одной системы счисления в другую с помощью онлайн калькулятора перевода.

1. Перейдите по ссылке <u>http://planetcalc.ru/862/#</u>. Будет открыт универсальный калькулятор для перевода дробных положительных чисел из любой системы счисления в любую (рис. 2.5).

Перевод дробных чисел и	в одной системы счисления в другую	•@
Исходное число:	6.1	
Основание системы счисления исходного числа:	10	
Основание системы счисления переведенного числа:	2	
Число знаков после запятой (точность):	8	
Точность вычисления:	0.12345678901234567890	
		Рассчитать
Переведенное число:		110.00011010
Детали перевода:		
Исходное число в десятичной		6.1
системе счисления:		
Переведенное число в		6.1015625
десятичной системе счисления:		
Погрешность перевода (в		0.00156250
десятичном выражении):		
Максимальная погрешность		0.00195313
перевода (в десятичном		
выражении):		

# *Рис. 2.5.* Окно универсального онлайн калькулятора для перевода дробных положительных чисел из любой системы счисления в любую

2. В соответствующих полях (рис. 2.5) введите число 5124,23, основание системы счисления этого числа — 10 и основание системы счисления, в которую надо преобразовать это число — 2. Задайте число знаков после запятой и точность вы-

числения по своему смотрению. Нажмите кнопку

3. В соответствующих полях (рис. 2.5) введите число 327,14, основание системы счисления этого числа — 8 и основание системы счисления, в которую надо преобразовать это число — 16. Задайте число знаков после запятой и точность вычисле-

ния по своему смотрению. Нажмите кнопку

#### Контрольные вопросы

1. Что называется системой счисления?

2. Какие бывают виды системы счисления?

3. Что называется основанием системы счисления?

4. Как происходит перевод числа из восьмеричной системы счисления в двоичную, десятичную, шестнадцатеричную системы?

5. Как происходит перевод числа из двоичной системы счисления в восьмеричную, десятичную, шестнадцатеричную системы?

6. Как происходит перевод числа из десятичной системы счисления в двоичную, восьмеричную, шестнадцатеричную системы?

7. Как происходит перевод числа из шестнадцатеричной системы счисления в двоичную, десятичную, восьмеричную системы?

8. Какие аргументы имеют функции MS Excel для перевода чисел?

9. Какие функции MS Excel имеют единственный обязательный аргумент число?

10. Какие функции MS Excel два аргумента: обязательный аргумент **число** и необязательный аргумент **разрядность**?

11. Чему соответствуют аргументы число и разрядность?

12. В каких случаях используется аргумент разрядность?

13. Какое количество разрядов используется в том случае, если аргумент разрядность опущен?

14. В каких случаях функция возвращает значение ошибки #ЧИСЛО!?

15. В каких случаях функция возвращает значение ошибки #ЗНАЧ!?

**Цель работы:** ознакомиться с логическими основами ЭВМ и принципами функционирования логических схем.

#### План работы

- 1. Изучить теоретическую часть.
- 2. Выполнить задания практической части.
- 3. Ответить на контрольные вопросы.
- 4. Представить файл отчета для проверки преподавателю.

Обработка информации в ЭВМ происходит путем последовательного выполнения элементарных операций. Для выполнения каждой из них сконструированы электронные узлы — вентили. Из этих узлов строятся интегральные микросхемы: микропроцессоры, модули ОЗУ, контроллеры внешних устройств и т.д. Сами указанные узлы собираются из основных базовых логических элементов — как простейших, реализующих логические функции И, ИЛИ, НЕ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ. Логический элемент компьютера — это часть электронной логической схемы, которая реализует элементарную логическую операцию (булеву функцию). Логические операции (булевы функции) свое теоретическое обоснование получили в алгебре логики. Другими словами, логические элементы — устройства, предназначенные для обработки информации в цифровой форме (последовательности сигналов высокого — «1» и низкого — «0» уровней в двоичной логике). Каждый логический элемент имеет свое условное обозначение (табл. 3.1), которое выражает его логическую функцию, но не указывает на то, какая именно электронная схема в нем реализована. Это упрощает запись и понимание сложных логических схем. Логические элементы можно реализовать аппаратно. Это означает, что можно создать электронные устройства на транзисторах, резисторах и т.д., каждое из которых имеет один или два входа для подачи управляющих напряжений и один выход, напряжение на котором определяется соответствующей таблицей истинности. На практике логическому «да» соответствует наличие напряжения, логическому «нет» — его отсутствие.

Вентиль — это устройство, которое выдает результат булевой операции от введенных в него данных (сигналов). Простейший вентиль представляет собой транзисторный инвертор, который преобразует низкое напряжение в высокое или наоборот (высокое в низкое). Это можно представить как преобразование логического «0» в логическую «1» или наоборот. Т.е. получается вентиль НЕ. Соединив пару транзисторов различным способом, получают вентили ИЛИ-НЕ и И-НЕ. Эти вентили принимают уже не один, а два и более входных сигнала. Выходной сигнал всегда один и зависит (выдает высокое или низкое напряжение) от входных сигналов. В случае вентиля ИЛИ-НЕ получить высокое напряжение (логическую «1») можно только при условии низкого напряжении на всех входах. В случае вентиля И-НЕ все наоборот: логическая «1» получается, если все входные сигналы будут нулевыми. Как видно, это обратно таким привычным логическим операциям как И и ИЛИ. Однако обычно используются вентили И-НЕ и ИЛИ-НЕ, т.к. их реализация проще: И-НЕ и ИЛИ-НЕ реализуются двумя транзисторами, тогда как логические И и ИЛИ тремя.

Таблица 3.1

Логические в	вентили
--------------	---------

Логический элемент (вентиль)	Таблица истинности	Мнемониче- ское правило	Обозначение на схемах. Стандарт IEC <sup>1</sup>	Обозначение на схемах. Стандарт ANSI <sup>2</sup> /IEEE <sup>3</sup>
Отрицание, инвертор, НЕ, NOT	A         −A           0         1           1         0	«1» тогда и только тогда, когда на входе «0», «0» тогда и только тогда, когда на входе «1»	AY	$\overset{\flat}{\sim}$
Повторитель (буфер)	A     A       0     0       1     1	«1» тогда и только тогда, когда на входе «1», «0» тогда и только тогда, когда на входе «0»		$\downarrow$
Конъюнкция, логическое умножение, И, AND	$A$ $B$ $A \land B$ 0       0       0         0       1       0         1       0       0         1       1       1	«1» тогда и только тогда, когда на всех входах дей- ствуют «1», «0» тогда и только тогда, когда хотя бы на одном вхо- де действует «0»	A — & B — Y	Η

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Международная электротехническая комиссия (англ. International Electrotechnical Commission, IEC).

 $<sup>^2</sup>$  Американский национальный институт стандартов (англ. American national standards institute, ANSI).

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Институт инженеров электротехники и электроники (англ. Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE).

Дизъюнкция, логическое сложение, ИЛИ, OR	$A$ $B$ $B \lor A$ 0001101111	«1» тогда и только тогда, когда хотя бы на одном вхо- де действует «1», «0» тогда и только тогда, когда на всех входах дей- ствуют «0»	A-1 B	
Инверсия конъюнкции, штрих Шеф- фера, И-НЕ, NAND	A     B     A B       0     0     1       0     1     1       1     0     1       1     1     0	«1» тогда и только тогда, когда хотя бы на одном вхо- де действует «0», «0» тогда и только тогда, когда на всех входах дей- ствуют «1»	A— & B— →—Y	⊐D~-
Инверсия дизъюнкции, стрелка Пирса, ИЛИ-НЕ, NOR	$A$ $B$ $A \downarrow B$ 001010100110	«1» тогда и только тогда, когда на всех входах дей- ствуют «0», «0» тогда и только тогда, когда хотя бы на одном вхо- де действует «1»	A-1 B-Y	
Эквивалент- ность, равно- значность, ИСКЛЮЧАЮ ЩЕЕ ИЛИ- НЕ, XNOR	$A$ $B$ $A \leftrightarrow B$ 0       0       1         0       1       0         1       0       0         1       1       1	«1» тогда и только тогда, когда на входе действует чет- ное количе- ство, «0» тогда и только тогда, когда на входе действует не- четное коли- чество	A- =1 B- Y	



#### Практическая часть

Выполнение работы начинается с создания файла отчета по форме, представленной в Приложении, и заполнения ее личными данными студента. Именем файла отчета должна быть фамилия студента с его инициалами.

#### 1. Знакомство с онлайн симулятором логических схем Logicly.

1. Запустите браузер и откройте ссылку <u>https://logic.ly/demo/</u>. При этом будет открыто окно веб-среды для разработки и тестирования логических схем (рис. 3.2).



#### Рис. 3.2. Окно веб-среды для разработки и тестирования логических схем

2. Рассматриваемая веб-среда для разработки и тестирования логических схем имеет англоязычный интерфейс. Русскоязычных аналогов не существует. Поэтому, если ваших знаний английского языка недостаточно, чтобы продолжить работу,

воспользуйтесь веб-службой компании Google, предназначенной для автоматического перевода на другой язык <u>https://translate.google.ru/</u>.

3. Ознакомьтесь с набором доступных компонент логических схем в левой части экрана. Logicly предлагает множество логических элементов, триггеров и других компонентов для использования при проектировании логических схем. Объекты, которые можно добавить в схему, делятся на несколько разных категорий в зависимости от их функционала.

Сначала идут входные элементы управления (Input Controls):

• генератор тактовых импульсов (Clock), который вырабатывает электрические импульсы прямоугольной формы заданной частоты;

• источники высокого (High Constant) — «1» и низкого (Low Constant) — «0» уровней сигналов;

• нефиксирующаяся кнопка (Push Button) — устройство для ввода сигнала, срабатывающее при нажатии и возвращающееся в исходное состояние после снятия приложенного усилия;

• кнопка-переключатель (Toggle Button) — устройство для ввода сигнала, находящееся в одном из двух состояний: включено/выключено.

Затем расположены элементы управления выводом, которые могут быть подключены к выходному выводу для отображения текущего состояния. Таких устройств два:

• Лампа (Light Bulb), которая начинается светиться (полость колбы окрашивается голубым цветом), если на ее вход подан высокий уровень сигнала.

• Цифровой модуль (Digit), который отображает шестнадцатеричное число, полученное из четырех значения сигналов, поданных на его входы. Так, если на все четыре входа подать низкий уровень сигнала, то отображаемое значение будет «О». Если на все четыре входа подать высокий уровень сигнала, то отображаемое значение будет «F» (шестнадцатеричное представление двоичного числа 1111).

Также имеется большой набор триггеров (Flip-Flops) и логических элементов (Logic Gates).

4. Создайте простейшую логическую схему (рис. 3.3).



#### Рис. 3.3. Простейшая схема, состоящая из нефиксирующейся кнопки и лампы

Логические элементы можно перетаскивать в рабочую область и манипулировать ими с помощью мыши. Добавьте нефиксирующуюся кнопку (Push Button) в рабочую область, для этого перетащите этот элементе из набора компонентов в левой части окна в правую. Оставьте его в любом месте области редактирования, отпустив левую кнопку мыши. Аналогичным образом добавьте лампу (Light Bulb). Теперь следует обеспечить передачу сигнала от кнопки к лампе, создав электрическую цепь путем соединения компонентов «проводами». Чтобы создать соединение, щелкните выходной вывод компонента (круглый разъем), и перетащите провод на несвязанный входной контакт. Совместимые контакты будут подсвечены синим цветом. Входные контакты могут быть подключены только к одному выходному выводу. Выходной штырь может быть подключен ко многим входным. Нажмите на кнопку, при этом должна загораться лампа. Добавьте на схему между кнопкой и лампой инвертор. При этом лампа будет гореть, когда кнопка не нажата, и тухнуть, когда кнопка нажата (рис. 3.4). Логические схема схемы, какой угодно сложности, составляются аналогичным способом.



*Рис. 3.4.* Простейшая схема, состоящая из нефиксирующейся кнопки, лампы и инвертора

5. С помощью веб-среды для разработки и тестирования логических схем Logicly создайте логическую схему, изображенную на рис. 3.5. Какова будет комбинация значений на выходе логический схемы, если на ее входы подана следующая комбинация входных параметров: A = 0, B = 1?



# *Рис. 3.5.* Пример логической схемы, составленной с помощью графического редактора текстового процессора MS Word 2010

6. С помощью веб-среды для разработки и тестирования логических схем Logicly создайте логическую схему, изображенную на рис. 3.6. Задавая всевозможные комбинации сигналов на входе логической схемы, отследите значения сигнала на выходе, и составьте таблицу истинности.



# *Рис. 3.6.* Пример логической схемы, составленной с помощью графического редактора текстового процессора MS Word 2010

#### Контрольные вопросы

1. Что такое логический элемент?

- 2. Что такое вентиль?
- 3. Какие стандарты обозначений логических элементов на схемах известны?
- 4. Что понимается под логическим высказыванием?

5. Что понимается под конъюнкцией? Изобразите соответствующий логический элемент на схеме.

6. Что понимается под дизъюнкцией? Изобразите соответствующий логический элемент на схеме.

## Работа 4. Элементы программирования на языке PascalABC.NET

**Цель работы:** освоить основные приемы и методы программирования на примере языка PascalABC.NET.

#### План работы

- 1. Изучить теоретическую часть.
- 2. Выполнить задания практической части.
- 3. Ответить на контрольные вопросы.
- 4. Представить файл отчета для проверки преподавателю.

Программирование — процесс создания компьютерных программ. Программирование основывается на использовании языков программирования, на которых записываются инструкции для компьютера. Программист производит набор и редактирование текста создаваемой программы (исходный код) с помощью текстового редактора среды программирования. Язык программирования определяет синтаксис и изначальную семантику исходного кода. Большая часть работы программистов связана с написанием исходного кода, тестированием и отладкой программ на одном из языков программирования. Единственный язык, напрямую выполняемый ЭВМ — это машинный язык (также называемый машинным кодом и языком машинных команд). Изначально все программы писались в машинном коде, но сейчас этого практически уже не делается. Вместо этого программисты пишут исходный код на том или ином языке программирования, затем, используя компилятор, транслируют его в один или несколько этапов в машинный код, готовый к исполнению.

Паскаль (Pascal) — один из наиболее известных языков программирования, являющийся базой для ряда других языков. Язык Паскаль был создан Никлаусом Виртом в 1968—1969 гг. Язык назван в честь французского математика, физика, литератора и философа Блеза Паскаля, который создал первую в мире механическую машину, складывающую два числа. Программы на Паскале начинаются с ключевого слова **Program** и следующего за ним имени программы с точкой с запятой, за именем может в скобках следовать список внешних файловых дескрипторов («окружение») в качестве параметров; за ним следует тело программы, состоящее из секций описания констант (**Const**), типов (**Туре**), переменных (**Var**), объявлений процедур (**Procedure**) и функций (**Function**) и следующего за ними блока операторов, являющегося точкой входа в программу. В языке Паскаль блок ограничивается ключевыми словами **begin** и **end**. Операторы разделяются точками с запятой, после тела помещается точка, служащая признаком конца программы (табл. 4.1). На рис. 4.1 приведен пример программы на языке Паскаль, выводящей строку «Hello, World!».

# begin writeln('Hello, World!'); end.

# *Рис. 4.1.* Пример программы на языке Паскаль, выводящей строку «Hello, World!»

PascalABC.NET — это язык программирования Паскаль нового поколения, включающий классический Паскаль, большинство возможностей языка Delphi, а также ряд собственных расширений. Он реализован на платформе Microsoft.NET и содержит все современные языковые средства. PascalABC.NET является мультипарадигменным языком: на нём можно программировать в структурном, объектноориентированном и функциональном стилях.

Таблица 4.1

Тип оператора	Обозначение	Описание оператора		
Присваивание	переменная := выражение;	Оператор присваивания заменяет те- кущее значение переменной значени- ем выражения.		
Составной оператор (блок)	begin onepamopы; end.	Предназначен для объединения не- скольких операторов в один.		
Оператор опи- сания пере- менной	<b>var</b> список имен: тип;	Включает в себя указание типа, а так- же других аспектов элементов языка, например, переменных и функций. Объявление используется, чтобы уве- домить компилятор о существовании элемента.		
Операторы цикла	while условие do onepamop; repeat onepamopы until условие;	Предназначен для организации мно- гократного исполнения набора ин- струкций.		
Условный опе- ратор	<b>if</b> условие <b>then</b> onepamop1 <b>else</b> onepamop2;	Обеспечивает выполнение определён- ной команды (набора команд) только при условии истинности некоторого логического выражения, либо выпол- нение одной из нескольких команд (наборов команд) в зависимости от значения некоторого выражения.		

#### Набор базовых операторов, используемых в языке PascalABC.NET

#### Практическая часть

Выполнение работы начинается с создания файла отчета по форме, представленной в Приложении, и заполнения ее личными данными студента. Именем файла отчета должна быть фамилия студента с его инициалами.

#### 1. Работа с программой «Таблица Пифагора»

1. Запустите браузер и откройте ссылку <u>http://primat.org/index/0-128</u> или <u>http://wde.pascalabc.net/</u>. При этом будет открыто окно веб-среды для разработки и выполнения программ на языке PascalABC.NET (рис. 4.2). Она основана на современном языке PascalABC.NET (версия 3.2, сборка 1386), совместимом с Delphi Object Pascal. Программа запускается на сервере, ввод-вывод передается по сети. Программу можно опубликовать и ссылаться на нее в сети Интернет в виде <u>http://pascalabc.net/WDE/?file=имя\_опубликованного\_файла.pas</u>. Зарегистрированные пользователи получают дополнительные возможности: долговременное хранение своих программ, возможность работы с папками.



# *Рис. 4.2.* Окно веб-среды для разработки и выполнения программ на языке PascalABC.NET

2. По умолчанию в веб-среде записана программа для составления таблицы Пифагора (таблицы умножения чисел от 1 до 9). Выполните эту программу, для этого нажмите кнопку Выполнить. Ознакомьтесь с результатом, который будет находиться ниже в соответствующем поле (рис. 4.3).

Табли	ца П	ифаг	opa					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	4	6	8	10	12	14	16	18
3	6	9	12	15	18	21	24	27
4	8	12	16	20	24	28	32	36
5	10	15	20	25	30	35	40	45
6	12	18	24	30	36	42	48	54
7	14	21	28	35	42	49	56	63
8	16	24	32	40	48	56	64	72
9	18	27	36	45	54	63	72	81

Рис. 4.3. Результат выполнения программы «Таблица Пифагора»

3. Модифицируйте программу, чтобы она выводила таблицу умножения чисел от 1 до 20. Для этого измените диапазон варьирования переменных *i* и *j* от 1 до 20 (рис. 4.4). Выполните этого программу, ознакомьтесь с результатом.

```
begin
  writeln('Таблица Пифагора');
  for var i:=1 to 20 do
  begin
    for var j:=1 to 20 do
    write(i*j:4);
    writeln;
  end;
end.
```

# *Рис. 4.4.* Модифицированная программа для составления таблицы умножения чисел от 1 до 20

2. Работа с программами для нахождения площади круга и длины окружности

1. В веб-среде PascalABC.NET запишите программу для вычисления площади круга (рис. 4.5).

```
const Pi = 3.1415;
var
  r: real; // радиус круга
  S: real; // площадь круга
begin
  write('Введите радиус круга: ');
  readln(r);
  S := Pi*r*r;
  writeln('Площадь круга равна ',S);
end.
```

#### Рис. 4.5. Программа для нахождения площади круга

2. Выполните эту программу. После нажатия кнопки Выполнить в нижней части экрана появится поле для ввода данных — радиуса круга (рис. 4.6).

Ввод данных:

Рис. 4.6. Поле «Ввод данных» программы для нахождения площади круга

3. Введите в поле «Ввод данных» произвольное значение радиуса круга, например, 3, и нажмите кнопку Ввести. Ознакомьтесь с результатом (рис. 4.7).

> Введите радиус круга: 3 Площадь круга равна 28.2735

#### Рис. 4.7. Результат выполнения программы для нахождения площади круга

4. Самостоятельно модифицируйте программу так, чтобы она вычисляла длину окружности.

#### 3. Работа с программой для вычисления гипотенузы по катетам

1. В веб-среде PascalABC.NET запишите программу для вычисления гипотенузы по катетам.

2. В 1-3 строках программы с помощью оператора **var** опишите переменные — два катета *a,b* и гипотенузу *c*. Все три переменные вещественного типа (**real**). Обратите внимание, что после указания типа переменных следует ставить точку с запятой.

3. В четвертой строке следует тело программы, оно начинается с зарезервированного слова **begin**. После него не ставится точка с запятой.

4. В пятой строке запишите первый оператор write, который будет выполнять программа. Оператор write служит для вывода на экран какого-либо сообщения. Текст этого сообщения записывается после слова write, заключается в круглые

скобки и в апострофы. В конце обязательна точка с запятой (все операторы в программе должны отделяться друг от друга точкой с запятой). Таким образом, в результате работы оператора **write** на экран должно выводится сообщение «Введите катеты прямоугольного треугольника: «.

5. В шестой строке запишите оператор **readln**. Этот оператор служит для задержки экрана, чтобы можно было увидеть результаты выполнения программы на экране. В этой же строке после оператора **readln** в круглых скобках через запятую следует перечислить переменные *a*,*b*. В конце строки ставится точка с запятой.

6. В седьмой стоке с помощью оператора присваивания необходимо записать выражение для вычисления значений переменной *с* (используется теорема Пифагора). Для вычисления квадратного корня используется функция **sqrt**. Для умножения и сложения используются привычные символы «\*» и «+», соответственно. В конце строки ставится точка с запятой.

7. В восьмой строке находится процедура writeln. Отличие процедуры writeln от оператора write заключается в том, что writeln после вывода сообщения на экран переводит курсор на другую строку. В результате работы процедуры writeln на экран должно выводиться сообщение «Гипотенуза = «. Для этого после процедуры writeln в круглых скобках должен следовать текст выводимого сообщения, заключенный в апострофы, а через запятую — переменная c. В конце строки ставится точка с запятой.

8. Заканчивается программа зарезервированным словом end. После слова end ставится точка. Конструкция begin...end является разделом операторов. Внутри этого раздела находятся операторы, которые будут выполняться программой. В любой программе должны присутствовать слова begin...end.

9. Выполните программу, введя произвольные значения переменных.

#### 4. Самостоятельная работа с программами

1. На страничке <u>http://pascalabc.net/primeri-programm</u> содержатся примеры программ на языке PascalABC.NET от самых элементарных до сложных. Перейдите по указанной ссылке.

2. Выберите по одной понравившейся программе из разделов Условный оператор и оператор выбора, Циклы, Процедуры и функции, Массивы, Матрицы, Записи, Строки и символы, запишите и выполните их в веб-среде PascalABC.NET.

#### Контрольные вопросы

- 1. Что называют языком программирования?
- 2. Что такое машинный язык?
- 3. Перечислите основные операторы языка программирования Паскаль.
- 4. Что значит мультипарадигменный язык?
- 5. Какую задачу решает представленная ниже программа?

```
const n = 25;
var
 a,b,c: integer;
 i: integer;
begin
 a := 1;
 b := 1;
 write(a,' ',b,' ');
 for i := 3 to n do
 begin
   c := a + b;
   write(c,' ');
   a := b;
   b := c;
 end;
end.
```

## Работа 5. Эксперименты в области создания экспертных систем. Игровые онлайн системы «Акинатор» и «20q»

**Цель работы:** на примере игровых сервисов с элементами искусственного интеллекта «Акинатор» и «20q» познакомиться с принципами построения и функционирования самообучающихся экспертных систем.

#### План работы

- 1. Изучить теоретическую часть.
- 2. Выполнить задания практической части.
- 3. Ответить на контрольные вопросы.
- 4. Представить файл отчета для проверки преподавателю.

Экспертная система — компьютерная система, способная частично заменить специалиста-эксперта в разрешении проблемной ситуации. Экспертные системы начали разрабатываться исследователями искусственного интеллекта в 1970-х годах. Искусственный интеллект — свойство или способность технических систем (вычислительных машин, компьютерных программ) выполнять творческие функции, которые традиционно считаются прерогативой человека. Фундаментом экспертной системы любого типа является база знаний, которая составляется на основе экспертных знаний специалистов. База знаний — база данных, содержащая правила вывода и информацию о человеческом опыте и знаниях в некоторой предметной области. Экспертное знание — это сочетание теоретического понимания проблемы и практических навыков ее решения, эффективность которых доказана в результате практической деятельности экспертов в данной области. Во многих случаях для обеспечения достаточного уровня достоверности принимаемых экспертными системами решений становится недостаточно даже объединения в одной базе знаний опыта нескольких профессионалов-экспертов. В таких ситуациях оптимальным решением представляется создание самообучающихся экспертных систем, способных реагировать на изменения, происходящие в предметной области, а также непрерывно, в процессе функционирования, накапливать и обрабатывать знания, полученные от пользователей.

В данной работе рассматриваются теоретические аспекты построения самообучающихся экспертных систем на примере игровых сервисов «Акинатор» и «20q». Выбранные системы, несмотря на игровой характер, являются достаточно сложными в организации экспертными системами, имеющими веб-интерфейс и доступными любому пользователю Интернета.

Идея создания подобных игр восходит к давно известным офлайн играм. Их суть заключается в следующем. Игрок загадывает понятие (персонаж, предмет, место), второй игрок последовательно задает ряд простых вопросов, предполагающих ответы вида только «да», «нет», «не знаю». В зависимости от разновидности игры число вопросов может быть ограничено. Получив ответы на поставленные вопросы, угадывающий игрок должен сделать предположение о загаданном объекте. С развитием веб-технологий указанные популярные игры обрели реализацию в виде веб-страниц и целых онлайн-порталов. Наиболее известным в последнее время стал «Акинатор» (http://ru.akinator.com/). Особенностью этой системы является специализация на персонажах (как реальных — политиков, актеров, звезд шоу-бизнеса, так и вымышленных — героев книг, кино), красочный интерфейс и проработанная игровая легенда. Так, пользователю предлагается играть против таинственного джинна. Росту популярности данного сервиса способствовала достаточно высокая точность решений, принимаемых экспертной системой. Это означает, что джинн практически в 95% случаев угадывает задуманного пользователем персонажа. Подобный показатель является следствием общирной, полной и точной базой знаний.

Менее известным в России, однако, ранее запатентованным является алгоритм работы игры «20q» (<u>http://www.20q.net/</u>). Фактически, данный сервис использует технологии искусственных нейронных сетей, предлагая прочитать мысли пользователя, а именно угадать задуманное понятие из той или иной категории. Искусственная нейронная сеть — это математическая модель, а также ее программное или аппаратное воплощение, построенная по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей. Искусственная нейронная сеть представляют собой систему соединенных и взаимодействующих между собой простых процессоров. Такие процессоры обычно довольно просты (особенно в сравнении с процессорами, используемыми в персональных компьютерах). Каждый процессор подобной сети имеет дело только с сигналами, которые он периодически получает, и сигналами, которые он периодически получает, и сигналами, такие по отдельности простые процессоры вместе способны выполнять довольно сложные задачи.

Все данные системы объединяет способность к постоянному обучению в процессе взаимодействия с пользователями. Все данные ответы на тот или иной вопрос учитываются в последующих играх. Таким образом, база знаний экспертной системы постоянно уточняется и расширяется. Соответственно, чем больше посетителей веб-сервиса (пользователей системы), тем больше возможностей для обучения получает система.

#### Практическая часть

Выполнение работы начинается с создания файла отчета по форме, представленной в Приложении, и заполнения ее личными данными студента. Именем файла отчета должна быть фамилия студента с его инициалами.

1. Самообучающаяся игровая экспертная система «Акинатор»

3. Запустите браузер и откройте ссылку <u>http://ru.akinator.com/</u>.

4. Чтобы начать игру нажмите кнопку Играть в центре страницы.

5. Задумайте реального или вымышленного персонажа (политика, актера, звезду шоу-бизнеса, героя книги, кино и т.п.).

6. В соответствующем поле введите информацию об игроке — возраст и нажмите кнопку играть.

7. Далее последовательно отвечайте на вопросы джинна, щелкая мышью по наиболее подходящему варианту ответу (рис. 5.1). На каждый вопрос предлагается выбрать один из пяти вариантов ответа по степени соответствия: «Да», «Нет», «Я не знаю», «Возможно, частично», «Скорее нет, не совсем».



*Рис. 5.1.* Фрагмент веб-интерфейса самообучающейся игровой экспертной системы «Акинатор»

8. После того, как будет дан ответ на вопрос, Акинатор задаст следующий. Ответьте на него. Акинатор начинает с более общих вопросов, и каждый последующий вопрос носит уточняющий характер. Таким образом, он фильтрует подходящих и неподходящих персонажей. Примеры вопросов Акинатора: «Ваш персонаж существует на самом деле?», «Ваш персонаж женщина?», «Ваш персонаж носит усы?», «Ваш персонаж герой мультфильма?».

9. Игроку предстоит ответить на 40 вопросов Акинатора. При этом у Акинатора есть две дополнительные попытки (в каждой из которых несколько дополнительных вопросов) на тот случай, если он не смог отгадать загаданного персонажа за отведенные 40 вопросов. Или же, наоборот, он может задать меньше вопросов, если смог отгадать персонажа быстрее.

10. Акинатор запоминает, как игроки отвечали на тот или иной вопрос при загадывании того или иного персонажа, и таким образом на каждого персонажа создается некий реестр о том, как отвечали игроки на вопросы о нем, и если данный игрок ответит на вопросы так же, то Акинатор отгадает загаданного игроком персонажа. Если Акинатор не смог отгадать персонажа, то он предлагает ввести имя, после чего запоминает его и все ответы, которые давал данный игрок на вопросы об этом персонаже. И если другой игрок загадает этого же персонажа, то Акинатор сможет уже его отгадать. Таким образом, количество персонажей, известных Акинатору, постоянно увеличивается. В случае если Акинатор не отгадал персонажа, то добавьте его в реестр.

#### 2. Самообучающаяся игровая экспертная система «20q»

1. Запустите браузер и откройте ссылку <u>http://www.20q.net/</u>.

2. К сожалению, игра не поддерживает русский язык, поэтому выберите, например, английский, нажав кнопку **Think in British**. Если ваших знаний английского языка недостаточно, чтобы играть, воспользуйтесь веб-службой компании Google, предназначенной для автоматического перевода на другой язык <u>https://translate.google.ru/</u>.

3. Загадайте какой-нибудь объект. Это может быть животное (любое живое существо, включая одноклеточные организмы, обладающее способностью к самопроизвольному передвижению). Это может быть растение (любое живое существо из царства растений, как правило, лишенное способности к самопроизвольному передвижению и не имеющее нервной системы). Это может что-то неживое (минералы, вещества, абстрактные понятия и пр.).

4. В соответствующих полях введите информацию об игроке — пол (Gender),

возраст (Age), местонахождении (Location) и нажмите кнопку *Play* 

5. Далее последовательно отвечайте на вопросы, щелкая мышью по наиболее подходящему варианту ответу (рис. 5.2). Первым всегда является вопрос: «Это животное, растение или нечто неживое?». Обратите внимание, что в процессе можно изменять ответы на последние несколько вопросов, нажав на ответ, который хотите изменить.

## Q1. Is it classified as Animal, Vegetable or Mineral? Animal, Vegetable, Mineral, Other, Unknown

# *Рис. 5.2.* Фрагмент веб-интерфейса самообучающейся игровой экспертной системы «20q»

11. Игроку предстоит ответить на 20 вопросов. При этом если система не отгадала задуманный объект, она задаст еще несколько вопросов. Как правило, требуется выбрать варианты ответов «Yes» or «No» («Да» или «Нет»). Если вопрос окажется неподходящим к задуманному объекту, выберите вариант «Irrelevant». Если не знаете правильного ответа, выберите «Unknown» и т.д. Есть также варианты ответов «Sometimes»,» Maybe»,» Probably»,»Doubtful»,»Usually»,»Depends», «Rarely», «Partly».

#### Контрольные вопросы

- 1. Что такое экспертная система?
- 2. Что такое искусственный интеллект?
- 3. Что такое база знаний?
- 4. Что такое экспертное знание?
- 5. В чем состоит особенность самообучающейся экспертной системы?
- 6. Что такое нейронная сеть?

## Часть II. Теоретические основы спиновой информатики

## Работа б. Процессы накопления информации. Энергонезависимая магниторезистивная оперативная память

**Цель работы:** знакомство с физическими принципами функционирования и устройством магниторезистивной оперативной памяти.

#### План работы

- 1. Изучить теоретическую часть.
- 2. Выполнить задания практической части.
- 3. Ответить на контрольные вопросы.
- 4. Представить файл отчета для проверки преподавателю.

Исследование магниторезистивных структур как энергонезависимых элементов для хранения информации ведется уже не один десяток лет. В результате в 2006 г. был представлен законченный коммерческий продукт, использующий технологию MRAM (Magnetoresistive Random Access Memory, магниторезистивная оперативная память), — модуль памяти MR2A16A с объемом 4 Мбит. Технология MRAM отличается целым рядом преимуществ перед другими известными видами компьютерной памяти, такими как SRAM (Static Random Access Memory, статическая оперативная память), DRAM (Dynamic Random Access Memory, динамическая оперативная память), FLASH (флеш-память) и др.

Память типа MRAM состоит из массива ячеек, каждая из которых содержит один транзистор и один магнитный туннельный переход. Магнитный туннельный переход (MTJ — Magnetic Tunnel Junction) является основой битовой ячейки MRAM. Он состоит из очень тонкого диэлектрического слоя оксида алюминия, помещенного между двумя магнитными слоями (рис. 6.1). Каждый из магнитных слоев имеет свой вектор магнитного момента. Верхний магнитный слой называют свободным слоем, он может изменять вектор магнитного момента. Магнитный слой основания называют фиксированным слоем, вектор его магнитного момента заблокирован и не изменяется.



#### Рис. 6.1. Схема магнитного туннельного перехода

Взаимное направление векторов магнитного момента свободного и фиксированного слоев определяет состояние бита как логического нуля — «0» или единицы — «1». Если векторы магнитного момента обоих слоев параллельны, электрическое сопротивление структуры МТЈ низкое, что соответствует «1» (рис. 6.1). Если векторы магнитного момента обоих слоев антипараллельны, электрическое сопротивление структуры МТЈ высокое, что соответствует «0» (рис. 6.1).

Во время работы MRAM запись бита состоит в манипулировании вектором магнитного момента свободного слоя, направление которого задается с помощью магнитного поля, создаваемого электрическим током, протекающим по внутренним медным проводникам, расположенным в перпендикулярных направлениях относительно друг друга на вершине и в основании структуры MTJ (рис. 6.2).



Рис. 6.2. Схема битовой ячейки MRAM

Уже в ближайшие несколько лет возможно появление персональных компьютеров с магниторезистивной памятью. На первоначальной стадии начнется производство ПК, в которых память для хранения базовой системы ввода/вывода (BIOS) будет заменена на память MRAM. В дальнейшем по мере увеличения объемов и скоростей работы MRAM начнется постепенная замена оперативной и кэш-памяти в ПК.

#### Практическая часть

1. Запустите браузер. Пользуясь источниками сети Интернет, составьте таблицу сравнительных характеристик основных типов памяти (табл. 6.1). Для этого запустите MS Word. С помощью меню *Вставка* → *Таблица* (рис. 6.3) создайте таблицу по образцу (табл. 6.1).



Рис. 6.3. Фрагмент панели инструментов MS Word с открытым меню Вставка

Таблица 6.1

#### Сравнительные характеристики основных типов памяти

	MRAM	SRAM	DRAM	FLASH	FRAM
Скорость чтения					
Скорость записи					
Масштабируемость					
Плотность ячеек					
Энергонезависимость					
Число циклов стирания/записи					
Ток утечки ячеек					
Возможность работы при					
низких напряжениях					
Сложность производства					

2. Пользуясь источниками сети Интернет, укажите основных производителей модулей памяти MRAM, название модуля, его основные характеристики (объем, размеры, число выводов и т.д.). Отчет представьте в виде таблицы.

3. Пользуясь источниками сети Интернет, укажите основных продавцов модулей памяти MRAM, сравните ценовую политику фирм-поставщиков, сроки поставки, количество товара, имеющегося в наличии, регионы поставки. Отчет представьте в виде таблицы.

4. Зайдите на сайте магазина электронных компонентов и приборов «ЧИП и ДИП». Найдите в каталоге модули памяти MRAM фирмы Everspin Technologies. Составьте таблицу сравнительных характеристик модулей памяти (см. табл. 6.2).

5. Запустите MS Excel. Постройте графики зависимости стоимости модулей памяти MRAM фирмы Everspin Technologies от их емкости. Какие дополнительные факторы, помимо емкости, влияют на стоимость модуля (значения рабочих токов, напряжений, температур и т.д.)?

# Сравнительные характеристики модулей памяти MRAM фирмы Everspin Technologies

Momun novaru	Емкость,	Максимальное время	Число	Цена,
тодуль памяти	Мбит	доступа, нс	выводов	руб.
MR4A16BMA35				
MR4A08BYS35				
MR2A16AVYS35				
MR2A16AMA35				
MR2A08ACMA35				
MR25H10MDC				
MR25H10CDFR				2
MR0A16ACYS35				
MR10Q010SC				
MR256A08BYS35				

## Контрольные вопросы

- 1. Что такое оперативная память?
- 2. В чем состоит технология MRAM?
- 3. Что представляет собой основной элемент MRAM?
- 4. Что такое транзистор?
- 5. Что такое SRAM и DRAM?

## Работа 7. Логические основы ЭВМ. Основы наномагнитной логики

Цель работы: знакомство с принципами работы и элементной базой наномагнитной логики.

#### План работы

- 1. Изучить теоретическую часть.
- 2. Выполнить задания практической части.
- 3. Ответить на контрольные вопросы.
- 4. Представить файл отчета для проверки преподавателю.

Наномагнитные логические устройства создаются на основе *ферромагнитных наночастиц*, имеющих значительную *одноосную магнитную анизотропию* и находящихся в *однодоменном состоянии*, что делает их бистабильной системой, пригодной для двоичного кодирования информации. Намагниченности вниз соответствует логический «0», намагниченности «вверх» — «1» (рис. 7.1). Эти два состояния отделены энергетическим барьером, высотой равной *энергии магнитной анизотропии*.



#### *Puc. 7.1.* Схема кодирования информации в однодоменных наночастицах: намагниченности вниз соответствует логический «0», намагниченности «вверх» — «1». Синусоида соответствует зависимости энергии магнитной анизотропии от ориентации вектора намагниченности относительно оси легкого намагничивания

Взаимная ориентация намагниченностей двух соседних наночастиц определяется *магнитным диполь-дипольным взаимодействием*, а значит, зависит от взаимной ориентации наночастиц. Энергия диполь-дипольного взаимодействия  $W_{ij}$  зависит от взаимного расположения диполей:  $W_{ij} = -p_i p_j (\cos \theta_{ij} - 3\cos \theta_i \cos \theta_j)/r_{ij}^3$ , где p — дипольный момент;  $r_i$  и  $r_j$  — радиус-векторы диполей с моментами  $p_i$  и  $p_j$ , соответственно;  $r_{ij} = r_i - r_j$ ,  $\theta_{ij}$  — угол между векторами  $p_i$  и  $p_j$ ;  $\theta_i$  и  $\theta_j$  — углы между векторами  $p_i$  и  $p_j$  и вектором  $r_{ij}$ . Из формулы видно, что для пары диполей с одинаковыми дипольными моментами p при «горизонтальной» ориентации дипольных моментов (рис. 7.2a) эта энергия минимальна ( $W = -2p^2/r^3$ ), когда дипольные моменты параллельны; при «вертикальной» ориентации дипольных моментов (рис. 7.2, б) энергия диполь-дипольного взаимодействия минимальна (W =  $-p^2/r^3$ ), когда дипольные моменты антипараллельны.



*Рис.* 7.2. Схема взаимной ориентации намагниченностей двух соседних наночастиц в зависимости от их взаимной ориентации

На рис. 7.3 приведена схема преобразования информации в простейшей одномерной цепочке однодоменных наночастиц.

На «входе» магнитной цепи имеется наночастица с фиксированным направлением намагниченности (с высокой энергией магнитной анизотропии). Магнитная анизотропия наночастиц, следующих за ней, ниже. Приложение внешнего магнитного поля ориентирует магнитные моменты слабо анизотропных наночастиц вдоль осей трудного намагничивания, оставляя направление магнитного момента наночастицы на «входе» неизменным (рис. 7.3а). После отключения магнитного поля термические флуктуации возвращают магнитные моменты слабо анизотропных частиц в цепочке к прежнему направлению — вдоль осей легкого намагничивания (рис. 7.3б). Конкретное направление намагниченности — «вверх» («1») или вниз («0»), которое будут принимать магнитные моменты, регулируется диполь-дипольным взаимодействием. В рассматриваемой схеме они будут располагаться антипараллельно, начиная от частицы на «входе» (рис.7.3в). Таким образом, направление намагниченности наночастицы на «выходе» (а значит и логическое состояние) является функцией состояния входного наномагнетика.



*Рис.* 7.3. Схема преобразования информации в простейшей одномерной цепочке однодоменных наночастиц

Рассмотрим принципы функционирования устройств наномагнитной логики на примере мажоритарного логического элемента. Такой элемент работает по «принципу большинства», т.е. если на большинстве его входов будет логическая «1», то и на выходе схемы установится «1»; и наоборот, если на большинстве входов будет логический «0», то и на выходе установится «0». Пусть логическая схема состоит из шести наночастиц, расположенных друг относительно друга как показано на рис. 7.4. Каждая из наночастиц может быть намагничена либо вниз (такая ориентация намагниченности соответствует логической «1»). Наночастицы, обозначенные на рис. 7.4 буквами **A**, **B**, **C**, являются входами логической схемы. Наночастица, обозначенная на рис. 7.4 буквой **M**, является выходом логической схемы. Ориентация вектора намагниченности наночастиц **A**, **B**, **C** управляется с помощью внешнего воздействия, например наложением внешнего магнитного поля. Ориентация вектора намагниченности всех остальных наночастиц, включая наночастицу **M**, определяется диполь-дипольным взаимодействием.

На рис. 7.4а входные наночастицы внешними силами переведены в конкретные состояния намагниченности:  $\mathbf{A} = 1$ ,  $\mathbf{B} = 0$ ,  $\mathbf{C} = 0$ . На центральную наночастицу, окруженную наночастицами  $\mathbf{A}$ ,  $\mathbf{B}$ ,  $\mathbf{C}$ , со стороны  $\mathbf{B}$  и  $\mathbf{C}$  действуют силы, стремящиеся развернуть ее намагниченность вниз, а со стороны  $\mathbf{A}$  действует сила, стремящаяся развернуть его намагниченность вверх. Суммарное действие двух первых сил преобладает, и намагниченность центрального элемента разворачивается вниз. За счет диполь-дипольного взаимодействия намагниченность наночастицы, расположенной справа от центральной, устанавливается антипараллельно, что в свою очередь приводит к намагниченности наночастицы  $\mathbf{M}$  вниз. Это означает, что на выходе устанавливается логический «0» (рис. 7.4a). На рис. 7.4б показана другая конфигурация входных сигналов:  $\mathbf{A} = 1$ ,  $\mathbf{B} = 0$ ,  $\mathbf{C} = 1$ . Рассуждая аналогичным образом, приходим к тому, что на выходе устанавливается логическая «1» (рис. 7.4б). Легко видеть, что рассматриваемая комбинация наночастиц, управляемая внешним магнитным полем в сочетании с диполь-дипольным взаимодействием между отдельными наночастицами выполняет мажоритарную логическую операцию.



*Puc. 7.4.* Схема наномагнитного мажоритарного логического элемента. Буквами А, В, С обозначены входы схема, буквой М — выход

#### Практическая часть

1. Запустите любой из установленных на компьютере браузеров. Откройте страницу любой из русскоязычных поисковых систем (Yandex, Google и т.д.). Найдите определения терминов, выделенных курсивом в теоретической части: ферромагнитная наночастица, одноосная магнитная анизотропия, однодоменное состояние, энергия магнитной анизотропии, магнитное диполь-дипольным взаимодействие, энергия диполь-дипольного взаимодействия.

2. Запустите MS Word. С помощью меню *Вставка*  $\rightarrow \Phi$ *игуры* (рис. 7.4) изобразите схему наномагнитного мажоритарного логического элемента, подобную той, которая изображена на рис. 7.5. Конфигурация входных сигналов: **A** = 1, **B** = 1, **C** = 1. Какой сигнал будет установлен на выходе **M** при данной конфигурации входных сигналов?

3. Запустите MS Word. С помощью меню *Вставка*  $\rightarrow$  *Таблица* (рис. 7.5) составьте таблицу истинности мажоритарного логического элемента с тремя входами. Напомним, что мажоритарный элемент — логический элемент с несколькими входами и одним выходным сигналом, значение которого совпадает со значением на большинстве входов. Таким образом, элемент работает по «принципу большинства»: если на большинстве входов будет сигнал «1», то и на выходе схемы установится сигнал «1»; и наоборот, если на большинстве входов будет сигнал «0», то и на выходе установится «0». Таблицу следует создать и заполнить с помощью меню *Вставка*  $\rightarrow$  *Таблица* MS Office (рис. 7.5).



#### Рис. 7.5. Фрагмент панели инструментов MS Word с открытым меню Вставка

4. Описанный выше мажоритарный элемент может выполнять бинарные логические операции (**ИЛИ**, **И**). Для этого значение сигнала на одном из входов оставляют фиксированным. Покажите с помощью таблиц истинности, что если на одном из входов будет зафиксирован сигнал «1», то мажоритарный элемент будет выполнять бинарную логическую операцию **ИЛИ**. Если же на одном из входов будет зафиксирован сигнал «0», то мажоритарный элемент будет выполнять бинарную логическую операцию **И**. Таблицу следует создать и заполнить с помощью меню *Вставка*  $\rightarrow$  *Таблица* MS Word (рис. 7.5).

#### Контрольные вопросы

1. Что называют наномагнитной логикой?

2. Что является базовыми элементами наномагнитной логики?

3. Каковы физические принципы функционирования наномагнитных логических элементов?

4. Что такое мажоритарный логический элемент?

5. Назовите унарные и бинарные логические операции.

6. При каких условиях мажоритарный элемент выполняет бинарные логические операции? Приведите примеры.

## Работа 8. Кодирование данных в ЭВМ. Кодирование информации с помощью спинов фотонов

Цель работы: знакомство с принципами кодирования информации с помощью спинов фотонов.

#### План работы

- 1. Изучить теоретическую часть.
- 2. Выполнить задания практической части.
- 3. Ответить на контрольные вопросы.
- 4. Представить файл отчета для проверки преподавателю.

В настоящее время одной из основных задач технологии элементов вычислительной электроники является увеличение скорости передачи данных. Пропускная способность современных каналов передачи данных, работающих на традиционных принципах, таких как передача радиочастотных импульсов или электромагнитных волн, сейчас достигает своего теоретического предела. Выходом из сложившейся ситуации является создание каналов передачи данных, основанных на новых принципах, использующих спиновую степень свободы. Одним из решений этой проблемы является создание приборов спинтроники, в которых для управления их свойствами помимо заряда электрона используется его спин. В основе спиновых светодиодов могут быть гетероструктуры, содержащие квантовую яму (люминесцируферромагнитный слой. В спиновом светодиоде ющий слой) И спинполяризованные носители заряда инжектируются из ферромагнитного контакта, объединенного с квантовой ямой. Квантовые правила отбора, описывающие рекомбинацию, а также закон сохранения момента импульса устанавливают связь между циркулярной (круговой) поляризацией света, испускаемого вдоль нормали к поверхности, и спиновой поляризацией электронов. В условиях поляризованного излучения кодирование информации можно осуществлять не за счет модуляции интенсивности излучения, а модулируя оптическую поляризацию. При этом σ<sup>+</sup>поляризованному излучению ставится в соответствие «1», о - поляризованному излучению — «1».

*Гетероструктуры* для поляризационных спиновых кодирующих устройств выращивают методом ступенчатого эпитаксиального роста. На рис. 8.1 для примера изображена схема гетероструктуры InGaAs/GaAs/GaAs/GaMnAs. Ключевыми здесь являются квантовая яма InGaAs/GaAs — светоизлучающий слой и ферромагнитный слой GaMnAs, индуцирующий спиновую поляризацию.



#### Рис. 8.1. Схематическое изображение гетероструктуры InGaAs/GaAs/GaMnAs

#### Практическая часть

1. Запустите любой из установленных на компьютере браузеров. Откройте страницу любой из русскоязычных поисковых систем (Yandex, Google и т.д.). Найдите определения терминов, выделенных курсивом в теоретической части: спинтроника, спин, квантовая яма, люминесценция, ферромагнитик, спиновый светодиод, рекомбинация носителей заряда, циркулярная (круговая) поляризация света, гетеро-структура, температура Кюри.

2. Одним из ключевых слоев гетероструктуры InGaAs/GaAs является ферромагнитный слой GaMnAs, индуцирующий спиновую поляризацию. Его функциональность сохраняется только при температурах ниже температуры Кюри  $T_C = 35$  K, потому что при более высоких температурах его намагниченность обращается в нуль (рис. 8.2).



*Puc.* 8.2. Температурная зависимость магнитного момента гетероструктуры InGaAs/GaAs/GaAnAs

Температурная зависимость намагниченности *M* слоя GaMnAs, показанная на рис. 8.2, описывается формулой Блоха:

$$M = M_0 \left[ 1 - B \left( \frac{T}{T_c} \right)^{\frac{3}{2}} \right]$$

здесь  $M_0$  — намагниченность при температуре  $T \rightarrow 0$  К, T — температура, B — постоянная, характерная для данного вещества. Запустите MS Word. С помощью меню *Вставка*  $\rightarrow \Phi opmyna$  и *Вставка*  $\rightarrow O \delta b e \kappa m \rightarrow Microsoft Equation (рис. 8.3) наберите формулу Блоха.$ 



#### Рис. 8.3. Фрагмент панели инструментов MS Word с открытым меню Вставка

Запустите MS Excel. Заполните первый столбец, используя маркер автозаполнения так, чтобы в нем содержалась последовательность чисел от 2 до 50 с шагом 2. В первой ячейке второго столбца введите формулу =1\*(1-0,1\*(RC[-1]/35)^(3/2)) и нажмите клавишу *Enter*. Используя маркер автозаполнения, скопируйте формулу из ячейки первой ячейке второго столбца во все ячейки этого столбца до двадцать пятой строки. Постройте график температурной зависимости намагниченности, используя меню *Вставка*  $\rightarrow$  *Диаграммы* (рис. 8.4).



Рис. 8.4. Фрагмент панели инструментов MS Excel с открытым меню Вставка

Постройте набор графиков температурной зависимости намагниченности для различных значений постоянной *B*, изменяющейся в диапазоне 0.05 — 0.2 с шагом 0.05, и температуры Кюри *T<sub>C</sub>*, изменяющейся в диапазоне 20 — 50 с шагом 5.

3. На рис. 8.5 представлены спектры фотолюминесценции гетероструктуры In-GaAs/GaAs/GaMnAs. Обычно спектры люминесценции описываются функциями Лоренца или Гаусса.



Рис. 8.5. Спектры фотолюминесценции гетероструктуры InGaAs/GaAs/GaMnAs

Функция Гаусса задается выражением:

$$G(x) = A \cdot e^{-\frac{(x-a)^2}{w^2}}$$

Функция Лоренца задается выражением:

$$L(x) = \frac{A \cdot w^2}{w^2 + (x - a)^2}$$

В этих формулах А — амплитуда, w — ширина, а — положение максимума. С помощью меню *Вставка*  $\rightarrow$  *Формула* и *Вставка*  $\rightarrow$  *Объект*  $\rightarrow$  *Мicrosoft Equation* (рис. 8.3) наберите функции Лоренца или Гаусса в MS Word. Перейдите к MS Excel, в программе перейдите ко второму листу. Постройте графики функций Гаусса и Лоренца, используя меню Вставка  $\rightarrow$  *Диаграммы* (рис. 8.4).

#### Контрольные вопросы

1. Что такое спинтроника?

2. Какое свойство (характеристика) электронов используется в приборах спинтроники?

3. Каким образом происходит кодирование информации в спиновых светодиодах?

#### Основная литература

Дмитриев, А. И. Теоретические основы современных информационных технологий : учебно-метод. пособие / А. И. Дмитриев. — М. : Юридический институт РУТ (МИИТ), 2017.

Груздева, Л. М. Информатика : практикум / Л. М. Груздева, А. И. Дмитриев, С. Л. Лобачев. — М. : Юридический институт МИИТ, 2014.

Дополнительная литература

Поднебесова, Г. Б. Теоретические основы информатики : практикум / Г. Б. Поднебесова. — Челябинск : Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та, 2015.

Астахова, Е. В. Теоретические основы информатики : учеб. пособие / Е. В. Астахова. — Барнаул : Алт. госуд. технич. ун-т им. И. И. Ползунова, 2010.

Луковкин, С. Б. Теоретические основы информатики: учеб. пособие / С. Б. Луковкин. — Мурманск : Изд-во МГТУ, 2008.

Стариченко, Б. Е. Теоретические основы информатики : учеб. пособие для вузов / Б. Е. Стариченко. — М. : Горячая линия — Телеком, 2003.

## Приложение

## Форма отчета

ОТЧЕТ						
о выполнении практической работы						
Студент	Группа	Дата	Операционная система			
	• • • • • • • • • • • • • • •					
Номер	Сопоржания					
пункта ра-	Содержание	Результат выполнения пункта работы (копии экрана)				
боты						
1						
2						
3						
4						