

ОГЛАВЛЕНИЕ

От автора	7
Предисловие	8
1. ИНСТАЛЛЯЦИЯ И ЗАПУСК CodeVisionAVR	10
1.1. Инсталляция CodeVisionAVR	10
1.2. Запуск CodeVisionAVR	16
2. ИНТЕГРИРОВАННАЯ СРЕДА РАЗРАБОТКИ	18
2.1. Строка меню	19
2.1.1. Меню File (Файл)	20
2.1.2. Меню Edit (Правка)	30
2.1.3. Меню Project (Проект)	40
2.1.4. Меню Tools (Инструменты)	44
2.1.5. Меню Settings (Настройки)	52
2.1.6. Меню Windows (Окна)	64
2.1.7. Меню Help (Помощь)	67
2.2. Панель инструментов	71
2.3. Строка состояния	73
2.4. Область редактирования	75
2.5. Окно Navigator (Навигатор)	75
2.6. Окно Messages (Сообщения)	80
2.7. Экспорт лицензии на другой компьютер	80
3. РАБОТА В IDE CodeVisionAVR	83
3.1. Работа с файлами	83
3.1.1. Редактирование файла	84
3.2. Работа с проектами	86
3.2.1. Конфигурирование проекта	87
3.2.2. Компиляция проекта	104
3.2.3. Построение проекта	106
3.2.4. Отладка программы	109
3.2.5. Запись программы в чип AVR	119
3.2.6. Закрытие проекта	147
3.2.7. Рекомендации	148

4. ОСНОВЫ ЯЗЫКА СИ	156
4.1. Препроцессор	158
4.1.1. Директива #include	158
4.1.2. Директивы #define, #undef	159
4.1.3. Директивы #if, #ifdef, #ifndef, #else и #endif	162
4.1.4. Директива #line	163
4.1.5. Директива #error	164
4.1.6. Директивы #asm и #endasm	164
4.1.7. Директивы #pragma	165
4.1.8. Встроенные макросы	170
4.2. Зарезервированные ключевые слова	174
4.3. Идентификаторы	174
4.4. Комментарии	175
4.5. Константы	175
4.6. Переменные	178
4.6.1. Массивы	183
4.6.2. Структуры	185
4.6.3. Объединения (смеси)	192
4.6.4. Перечисления	197
4.6.5. Инициализация данных	198
4.6.6. Файл распределения памяти глобальных переменных	199
4.7. Типы данных	200
4.8. Определение типов данных	202
4.9. Преобразования типов	203
4.10. Операнды и операции	206
4.10.1. Унарные операции	206
4.10.2. Бинарные операции	209
4.10.3. Тернарные операции	214
4.10.4. Приоритеты операций и порядок вычислений	215
4.11. Операторы	216
4.11.1. Оператор if-else	217
4.11.2. Оператор switch	217
4.11.3. Оператор for	219
4.11.4. Оператор while	220
4.11.5. Оператор do-while	221
4.11.6. Оператор break	222
4.11.7. Оператор continue	223
4.11.8. Оператор return	224
4.11.9. Оператор goto	226
4.11.10. Оператор-выражение	227
4.11.11. Пустой оператор	227
4.11.12. Составной оператор	228
4.12. Функции	229
4.13. Указатели	232
4.14. Доступ к регистрам ввода/вывода	235
4.14.1. Побитовый доступ к регистрам ввода/вывода	237

4.15. Доступ к EEPROM-памяти	239
4.16. Использование прерываний	241
4.17. Организация памяти SRAM	243
4.18. Использование внешнего файла запуска	246
4.19. Включение в программу ассемблерного кода	248
4.19.1. Вызов ассемблерных функций из Си	248
4.20. Создание библиотек	250
4.21. Рекомендации	253
4.22. Ограничения	253
5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИБЛИОТЕЧНЫХ ФУНКЦИЙ	254
5.1. Функции символьного типа	255
5.2. Стандартные функции ввода/вывода языка Си	256
5.3. Стандартные библиотечные функции	266
5.4. Математические функции	269
5.5. Строковые функции	272
5.6. Макросы списков аргументов переменной длины	275
5.7. Функции нелокальных переходов	277
5.8. Функции двоично-десятичного преобразования	279
5.9. Функции преобразования кода Грея	280
5.10. Функции доступа к памяти	282
5.11. Функции протокола 1-Wire	283
5.11.1. Функции температурного датчика DS1820/DS18S20 от Dallas Semiconductor	287
5.11.2. Функции EEPROM DS2430 от Dallas Semiconductor	291
5.11.3. Функции EEPROM DS2433 от Dallas Semiconductor	296
5.12. Функции SPI	301
5.13. Функции шины I ² C	307
5.13.1. Функции температурного датчика LM75 от National Semiconductor	313
5.13.2. Функции термометра/термостата DS1621 от Dallas Semiconductor	316
5.13.3. Функции часов реального времени PCF8563 от Philips	319
5.13.4. Функции часов реального времени PCF8583 от Philips	324
5.13.5. Функции часов реального времени DS1307 от Dallas Semiconductor	328
5.14. Функции часов реального времени DS1302 от Dallas Semiconductor	332
5.15. LCD-функции	335
5.15.1. LCD-функции для дисплеев до 2×40 символов	342
5.15.2. LCD-функции для дисплеев с 4×40 символов	353
5.15.3. LCD-функции для дисплеев, подключённых в режиме отображения 8-битовой памяти	357
5.16. Функции управления питанием	368
5.17. Функции задержки	370
6. АВТОМАТИЧЕСКИЙ ГЕНЕРАТОР ПРОГРАММ CodeWizardAVR	372
6.1. Строка меню	373
6.1.1. Меню File (Файл)	373
6.1.2. Меню Help (Помощь)	378

6.2. Закладки	379
6.2.1. Закладка Chip (Чип)	379
6.2.2. Закладка External SRAM (Внешнее SRAM)	380
6.2.3. Закладка Ports (Порты)	382
6.2.4. Закладка External IRQ (Внешнее прерывание)	383
6.2.5. Закладка Timers (Таймеры)	384
6.2.6. Закладка UART или USART	398
6.2.7. Закладка Analog Comparator (Аналоговый компаратор)	404
6.2.8. Закладка ADC	406
6.2.9. Закладка SPI	410
6.2.10. Закладка USI	412
6.2.11. Закладка I2C	414
6.2.12. Закладка 1 Wire	420
6.2.13. Закладка 2 Wire (I ² C)	422
6.2.14. Закладка LCD Controller (Контроллер LCD) ATmega169	423
6.2.15. Закладка LCD	426
6.2.16. Закладка Bit-Banged	427
6.2.17. Закладка Project Information (Информация проекта)	428
6.3. Пример использования CodeWizardAVR	429
7. ПРИМЕРЫ ПРОЕКТОВ	453
7.1. Проект «Led»	453
7.2. Проект «ADC8535»	462
7.3. Проект «C_asm»	468
7.4. Проект «Multfile»	471
7.5. Проект «EEPROM»	476
7.6. Проект «Lcddemo»	481
7.7. Проект «Lcdchar»	484
7.8. Проект «Keypad»	488
7.9. Проект «Ds1820»	513
7.10. Проект «ThermIcd»	525
7.11. Проект «Therm75»	532
7.12. Проект «SPI»	548
7.13. Проект «Max1241»	557
7.14. Проект «AVR134»	570
Источники информации	590

ОТ АВТОРА

Программа CodeVisionAVR рассматривается на примере версии 1.24.1x Standart. Автор постарался сделать описание программы CodeVisionAVR максимально понятным: приводятся переводы всех меню и команд меню, диалоговых окон, а также различного рода предупреждений. Кроме того, для облегчения восприятия материала книга богато иллюстрирована.

В книге приводятся приёмы работы с той или иной частью программы. Рассмотрены некоторые скрытые возможности CodeVisionAVR (например, директива **#pragma ruslcd**).

Автор постарался написать книгу так, чтобы её можно было читать с любого места. Для этого текст обильно снабжён перекрёстными ссылками. Например, разбирая примеры проектов в конце книги, можно в любой момент посмотреть более подробную информацию по соответствующей ссылке.

Все примеры, приведённые в книге, опробованы автором.

Автор надеется, что данная книга не только поможет начинающим русскоязычным пользователям в освоении микропроцессорной техники, но и опытные пользователи найдут в ней для себя много интересного.

Все материалы, программы и схемы, приведённые в книге, представлены «как есть», без каких-либо гарантий соответствия фирменным описаниям. Автор не несёт никакой ответственности по материальному или другому виду ущерба, причинённому в результате использования информации, приведённой в настоящей книге.

Все отзывы, замечания, предложения, замеченные ошибки и опечатки просьба отправлять по электронному адресу автора: mihleb@pochta.ru с пометкой в графе «Тема» — книга.

Автор выражает большую благодарность В.В. Кошкину за консультации и большую помощь, оказанную при написании этой книги.

С уважением, М.Б. Лебедев.

ПРЕДИСЛОВИЕ

CodeVisionAVR — это кросс-компилятор Си, Интегрированная среда разработки (**IDE** — Integrated Development Environment) и Автоматический генератор программ (**CodeWizardAVR**), разработанные для семейства AVR-микроконтроллеров фирмы Atmel.

Программа является 32-битовым приложением, которое работает под операционными системами Windows 95, 98, NT 4, 2000 и XP.

CodeVisionAVR обеспечивает выполнение почти всех элементов языка Си, которые разрешены архитектурой AVR, с некоторыми добавленными характеристиками, которые реализуют преимущество специфики архитектуры AVR.

Компилятор предназначен для использования вместе с отладчиком **AVR Studio** от Atmel версии 4.06 или более поздней. **AVR Studio** можно бесплатно загрузить с веб-сайта: www.atmel.com.

IDE имеет программное обеспечение встроенного внутрисхемного программатора чипов AVR, который позволяет автоматически передавать программы в микроконтроллерный чип после успешной компиляции. Программное обеспечение внутрисхемного программатора может работать совместно с Atmel STK500/AVRISP/AVRProg (прикладное описание AVR910 от Atmel), Kanda Systems STK200+/300, Dontronics DT006, Vogel Elektronik VTEC-ISP, Futurlec JRAVR и платой разработчика MicroTronics ATCPU/Mega2000.

Для отладки разрабатываемых систем, которые применяют последовательную связь, IDE имеет встроенный терминал.

Кроме стандартных библиотек Си, компилятор Си CodeVisionAVR имеет библиотеки для:

- алфавитно-цифровых LCD-модулей;
- шины I²C от Philips;
- температурного датчика LM75 от National Semiconductor;
- часов реального времени PCF8563, PCF8583 от Philips и DS1302, DS1307 от Dallas Semiconductor;
- протокола **1-Wire** от Dallas Semiconductor;
- температурного датчика DS1820/DS18S20 от Dallas Semiconductor;
- термометра/термостата DS1621 от Dallas Semiconductor;
- EEPROM DS2430 и DS2433 от Dallas Semiconductor;
- **SPI**;

- управления питанием;
- задержек;
- преобразования кода Грея.

CodeVisionAVR также содержит Автоматический генератор программ — **CodeWizardAVR**, который позволяет написать за несколько минут весь код, необходимый для выполнения следующих функций:

- установка доступа к внешней памяти;
- идентификация источника сброса чипа;
- инициализация порта ввода/вывода;
- инициализация внешних прерываний;
- инициализация таймеров/счётчиков;
- инициализация сторожевого таймера;
- инициализация **UART** и прерываний, управляющих буфером последовательной связи;
- инициализация аналогового компаратора;
- инициализация АЦП;
- инициализация интерфейса **SPI**;
- инициализация шины **I²C**, температурного датчика LM75, термометра/термостата DS1621 и часов реального времени PCF8563, PCF8583, DS1302, DS1307;
- инициализация шины **1-Wire** и температурного датчика DS1820/DS18S20;
- инициализация LCD-модуля.

ИНСТАЛЛЯЦИЯ И ЗАПУСК CodeVisionAVR

1.1. Инсталляция CodeVisionAVR

Для инсталляции с сайта разработчика <http://www.hpinfotech.ro> следует загрузить установочный файл программы CodeVisionAVR.

Если CodeVisionAVR устанавливается под Windows NT4, 2000 или XP, то требуется иметь права администратора. После установки программы в первый раз её следует запустить от имени администратора. После этого можно запускать CodeVisionAVR от имени любого другого пользователя.

Для инсталляции следует запустить файл **CodeVisionAVR 1.24.1x.exe**, дважды щёлкнув по нему левой кнопкой мыши в проводнике, или запустить его из командной строки DOS. При этом появится окно **Welcome** (Добро пожаловать), показанное на **Рис. 1.1**.



Скриншоты могут немного отличаться.

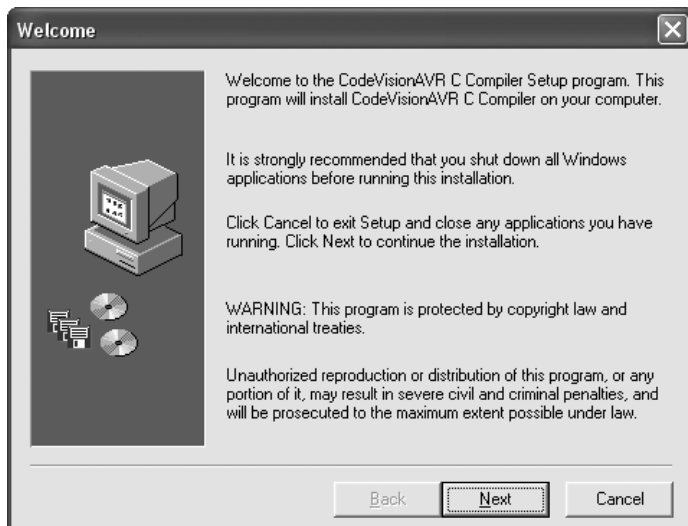


Рис. 1.1. Приглашение в программу установки компилятора Си CodeVisionAVR.

Если в процессе инсталляции щёлкнуть по кнопке **Cancel** (Отменить) в любом из появляющихся далее окон, то инсталляцию можно в любой момент прекратить. Чтобы продолжить инсталляцию, следует щёлкнуть по кнопке **Next** (Далее). Появится окно **Software License Agreement** (Лицензионное соглашение программы) (Рис. 1.2).

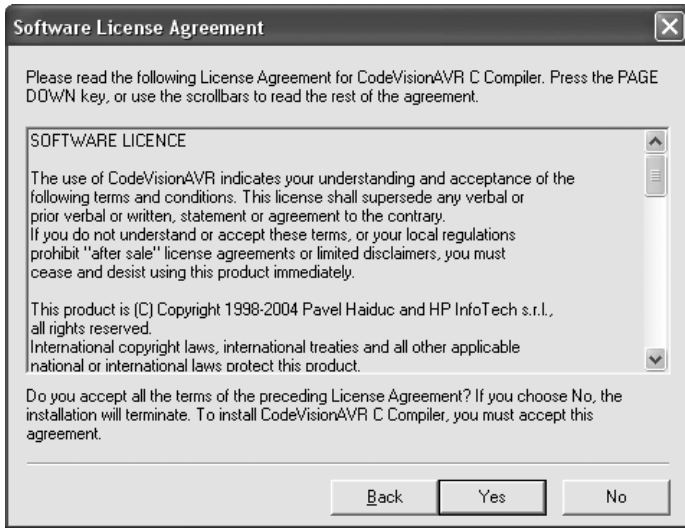


Рис. 1.2. Лицензионное соглашение.

Следует прочесть лицензионное соглашение и в случае его непринятия щёлкнуть по кнопке **No** (Нет), чтобы прекратить инсталляцию. В случае принятия лицензионного соглашения следует щёлкнуть по кнопке **Yes** (Да). При этом появится окно **Product Information** (Информация о продукте) (Рис. 1.3).

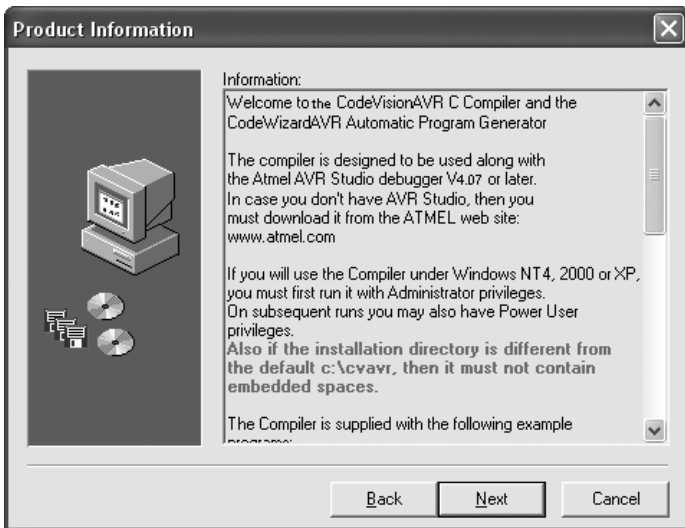


Рис. 1.3. Информация о продукте.

Эта информация будет установлена как файл **readme.txt** в директории программы. После прочтения информации следует щёлкнуть по кнопке **Next** (Далее). Появится окно **Choose Destination Directory** (Выбор директории для установки) (Рис. 1.4).

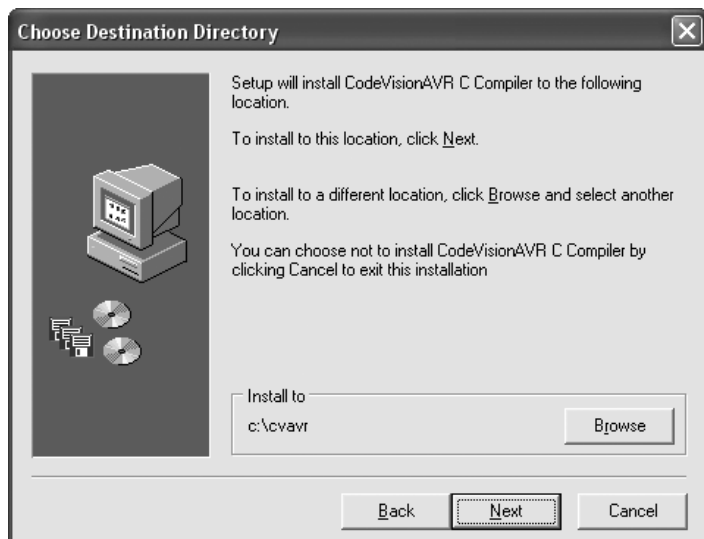


Рис. 1.4. Назначение директории для установки программы.

В этом окне следует выбрать директорию, в которую будет установлена программа CodeVisionAVR. По умолчанию CodeVisionAVR будет установлена в каталог: **C:\cvavr**.

Если требуется изменить местоположение и имя каталога, следует щёлкнуть по кнопке **Browse** (Обзор). Появится окно **Select Directory** (Выбор директории) (Рис. 1.5).

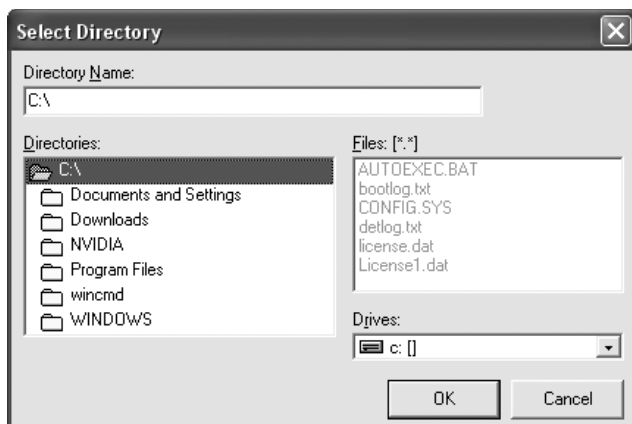


Рис. 1.5. Выбор директории.

В этом окне следует выбрать каталог для установки или ввести непосредственно путь к нему. Например: `D:\AVRTools\CodeVision` (Рис. 1.6).



Следует избегать того, чтобы в названиях каталогов был знак «.». Причина этого будет объяснена ниже (см. Команда `File` → `Save As...` (Файл → Сохранить как...)).

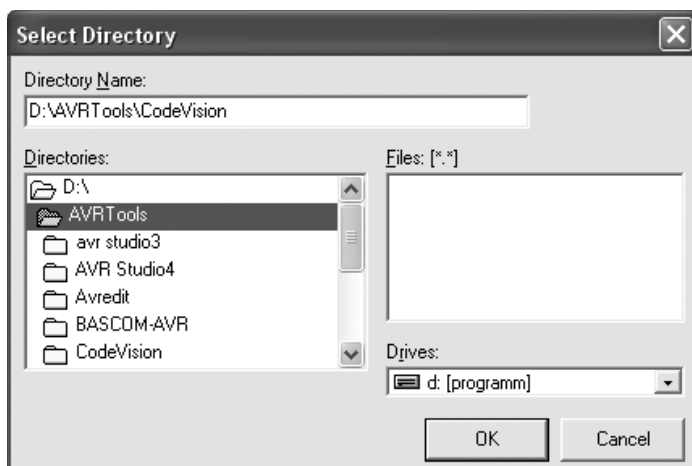


Рис. 1.6. Указание пути для установки программы.

После выбора каталога для установки следует щёлкнуть по кнопке **ОК**. Если данной директории не существует, то будет запрошено подтверждение на её создание (Рис. 1.7).

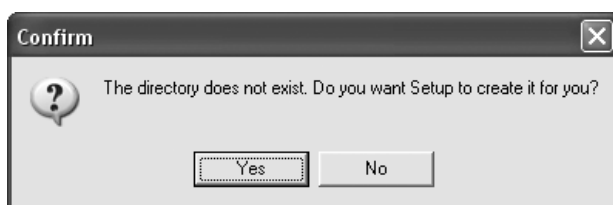


Рис. 1.7. Запрос подтверждения на создание новой директории.

В случае согласия следует щёлкнуть по кнопке **Yes**. Теперь путь для установки будет изменён (Рис. 1.8). После этого следует щёлкнуть по кнопке **Next**. Теперь в появившемся окне **Select Program Folder** (Выбор программной папки) следует выбрать группу программ, в которую должна быть помещена CodeVisionAVR (Рис. 1.9).



Рис. 1.8. Выбор группы программ.

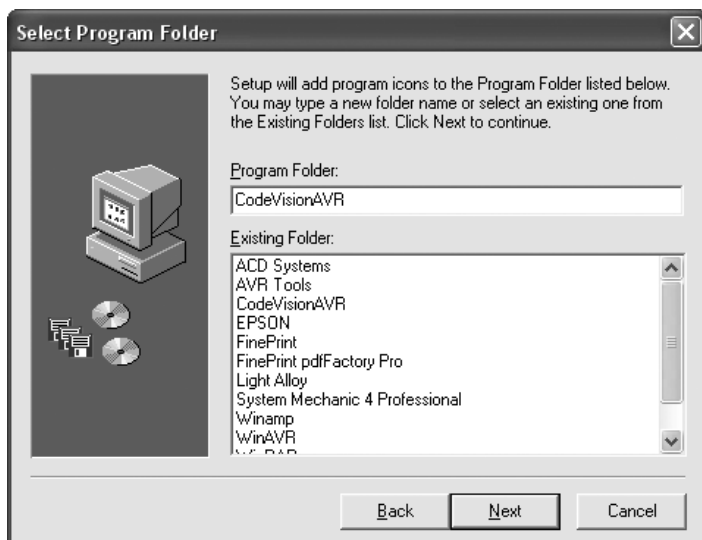


Рис. 1.9. Назначение новой директории для установки программы.

По умолчанию будет создана новая группа программ с именем CodeVisionAVR. Если требуется, можно поместить CodeVisionAVR в другую группу программ, например так, как показано на **Рис. 1.10**.

После выбора группы следует щёлкнуть по кнопке **Next**, чтобы продолжить. В появившемся окне **Start Copying Files** (Начало копирования файлов) будет показан результат ваших действий (**Рис. 1.11**).

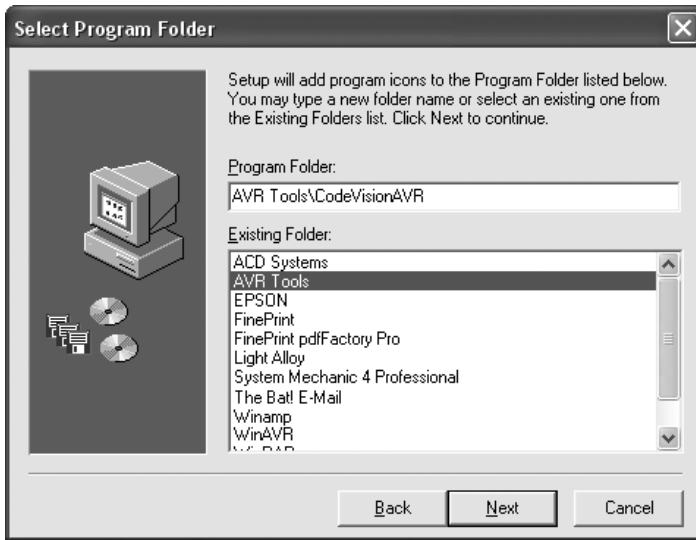


Рис. 1.10. Выбор группы программ.



Рис. 1.11. Текущие настройки для инсталляции программы.

Можно вернуться и изменить установочные параметры, щёлкнув по кнопке **Back** (Назад). Чтобы завершить инсталляцию CodeVisionAVR, следует щёлкнуть по кнопке **Next**. После этого появится окно **Setup Complete** (Завершение установки) (Рис. 1.12). Если требуется сразу после инсталляции запустить программу, то следует поставить «галочку» в окошке **Run CodeVisionAVR C Compiler now** (Запустить компилятор Си CodeVisionAVR сейчас), как показано на Рис. 1.12.

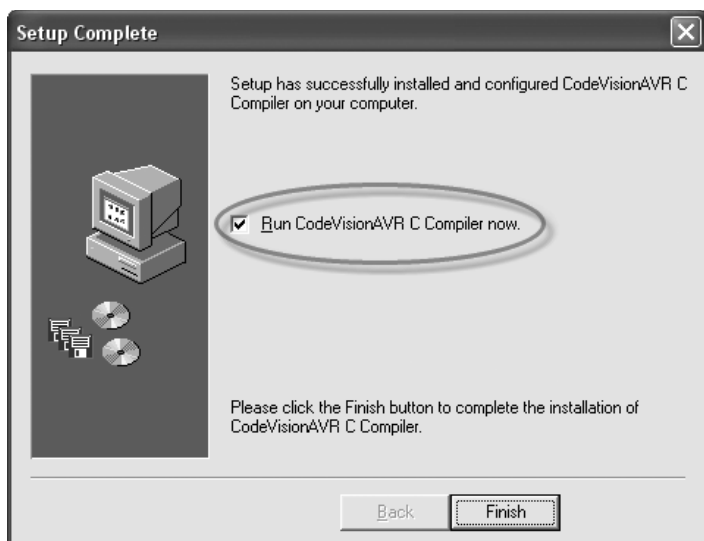


Рис. 1.12. Завершение инсталляции программы.

В заключение следует щёлкнуть по кнопке **Finish** (Конец). На рабочем столе появится значок программы CodeVisionAVR.

В меню **Пуск** в разделе **Все программы** в группе **AVR Tools** появится подгруппа **CodeVisionAVR**.

В директории, куда установлена программа CodeVisionAVR, подкаталог с именем **Examples** (Примеры) содержит примеры проектов CodeVisionAVR; подкаталог с именем **lib** (библиотека) содержит библиотечные файлы.

1.2. Запуск CodeVisionAVR

При первом запуске появится окно, призывающее зарегистрировать программу (Рис. 1.13).



Рис. 1.13. Регистрация программы CodeVisionAVR.

Следует скопировать серийный номер (выделен красным цветом) в буфер обмена. Чтобы приобрести лицензию, следует послать этот серийный номер по электронному адресу: office@hpinfotech.ro. Если программа уже куплена, то следует импортировать лицензию. Для этого следует щёлкнуть по кнопке **Import** (Импорт). Появится окно, в котором следует указать путь к файлу лицензии (Рис. 1.14).

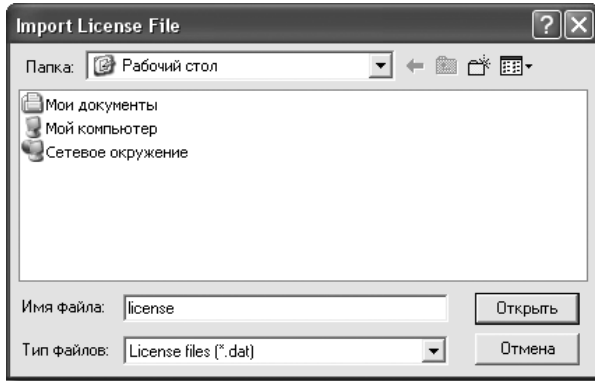


Рис. 1.14. Импорт лицензионного файла.

Подробнее о приобретении лицензии см. файл **License.txt**, находящийся в директории программы.

После успешной регистрации появится окно программы (Рис. 1.15).

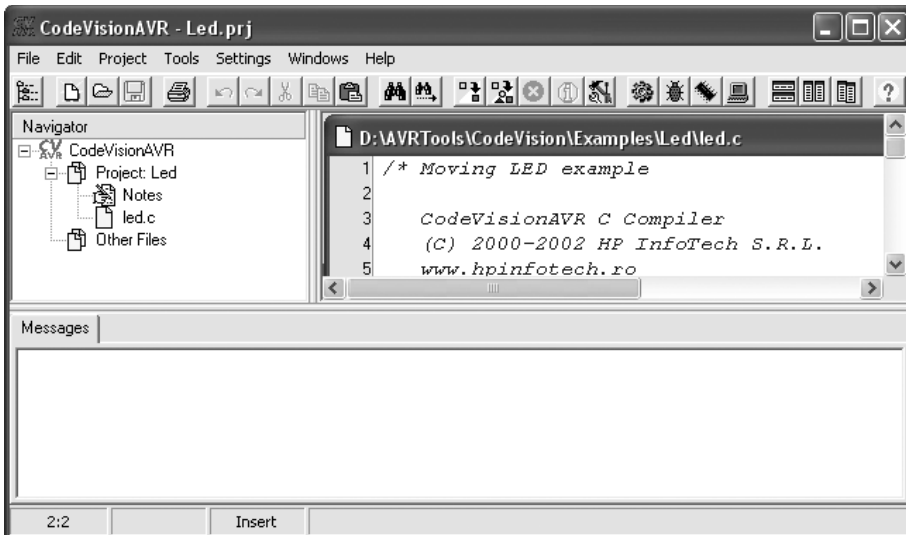


Рис. 1.15. Окно программы CodeVisionAVR с загруженным проектом.

Если программа уже запускалась ранее, то будет загружен файл, который открывался последним.

Если это первый запуск программы, то окно редактирования будет пустым (Рис. 2.1).

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СРЕДА РАЗРАБОТКИ

Окно IDE CodeVisionAVR (**Рис. 2.1**) содержит много стандартных элементов Windows, включая **строку заголовка** (1), где выводятся названия программы и открытого в данный момент файла проекта; **кнопку минимизации** (2), позволяющую временно свернуть окно программы; **кнопку разворачивания** (3), позволяющую развернуть окно программы на весь экран и/или вернуть в первоначальное состояние; **кнопку закрытия** (4), позволяющую закрыть окно программы (выйти из программы); **строку меню** (5), позволяющую выбирать команды из различных меню; **панель инструментов** (6), состоящую из кнопок, с помощью которых легко задавать разнообразные команды, и **строку состояния** (7) для вывода информации о текущем состоянии программы. Окно программы разделено на три области: **область редактирования** (8), предназначенная для просмотра и редактирования файлов проекта; окно **Navigator** (9), с помощью которого осуществляется удобная навигация по всему проекту, и окно **Messages** (10), в котором выводятся различные сообщения об ошибках и предупреждения.

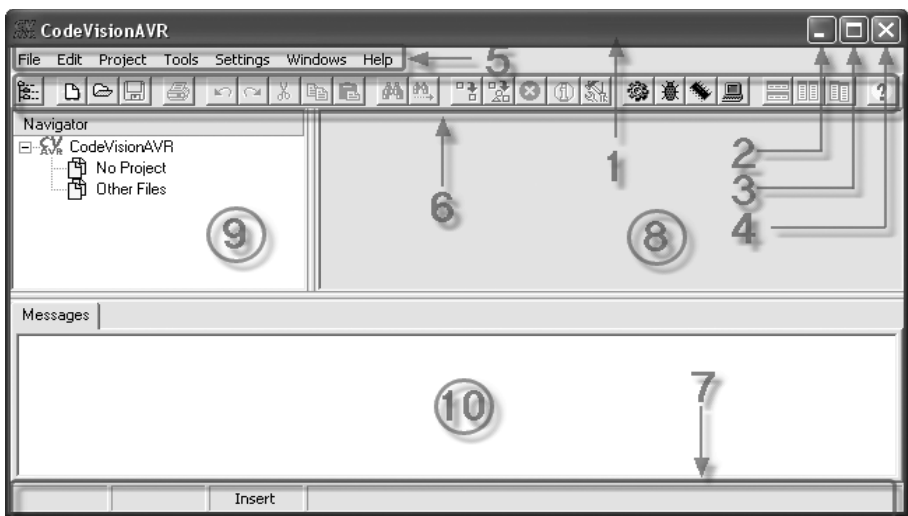


Рис. 2.1. Окно IDE CodeVisionAVR.

Строка заголовка, а также кнопки минимизации, разворачивания и закрытия аналогичны стандартным окнам Windows-программ и здесь подробно рассматриваться не будут.

2.1. Строка меню

В этой строке выведены названия меню, которые предоставляют доступ к их командам (Рис. 2.2).

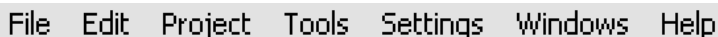


Рис. 2.2. Строка меню.

При работе с программой следует использовать команды, которые сообщают CodeVisionAVR, что именно требуется сделать. Команды CodeVisionAVR можно найти в меню, а многие из них можно вызвать с помощью кнопок панели инструментов. Выбор способа доступа зависит только от пользователя. Для того чтобы выбрать команду меню, следует:

- открыть меню, щёлкнув на его названии в строке меню;
- в открытом меню щёлкнуть по названию требуемой команды.



В этой книге для обозначения команд меню будут использованы сокращения. Например, если написано File → Open (Файл → Открыть), значит, следует открыть меню File (Файл), а затем выбрать команду Open (Открыть).

С помощью нескольких элементов, используемых в меню, CodeVisionAVR обеспечивает пользователя дополнительной информацией. В Табл. 2.1 даётся описание этих элементов.

Чтобы выполнить некоторые команды, не используя меню вообще, следует использовать комбинацию клавиш. Эти клавиши записываются в меню справа от соответствующей команды.

Таблица 2.1. Элементы меню

Элемент меню	Назначение
Кнопка	Если для команды меню предусмотрена соответствующая кнопка панели инструментов, она выводится рядом с командой
Многоточие	Показывает, что при выборе этой команды меню появится диалоговое окно
Стрелка подменю	Показывает, что при выборе этой команды появится другое меню (оно называется подменю)
Комбинация клавиш	Указывает клавиши, с помощью которых можно вызвать команду меню, используя клавиатуру

Многие команды CodeVisionAVR используют диалоговые окна. CodeVisionAVR использует эти окна для получения дополнительной информации, необходимой для выполнения команды. Все диалоговые окна различны, но в каждом из них есть одни и те же основные элементы.

2.1.1. Меню File (Файл)

В состав меню **File** (Файл) входит несколько команд. В Табл. 2.2 даётся краткое описание этих команд.

Таблица 2.2. Команды меню **File** (Файл)

Команда	Назначение
New (Новый)	Позволяет создать новый исходный файл или новый проект
Open (Открыть)	Позволяет открыть ранее созданный файл или проект
Reopen (Открыть заново)	Позволяет открыть файл или проект, который ранее уже открывался
Save (Сохранить)	Сохраняет файл, находящийся в активном окне, под тем же именем
Save As (Сохранить как)	Позволяет сохранить файл, находящийся в активном окне, под новым именем
Save All (Сохранить всё)	Сохраняет все открытые файлы и открытый проект под теми же именами
Close (Закреть)	Закрывает файл, находящийся в активном окне. При этом проект остаётся открытым
Close Project (Закреть проект)	Закрывает проект
Convert to Library (Преобразовать в библиотеку)	Позволяет преобразовать файл с расширением .c , находящийся в активном окне, в библиотечный файл с расширением .lib
Page Setup (Параметры страницы)	Позволяет настроить параметры страницы и принтера для вывода на печать
Print (Печать)	Печатает файл, находящийся в активном окне
Exit (Выход)	Осуществляет выход из программы

Команда File → New (Файл → Новый)

Эта команда позволяет создать новый исходный файл или новый проект.

Кнопка на панели инструментов .

После выбора этой команды появится диалоговое окно **Create New File** (Создать новый файл), показанное на Рис. 2.3.

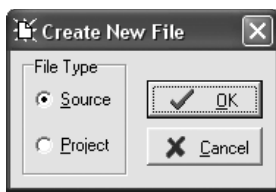


Рис. 2.3. Диалоговое окно **Create New File** (Создать новый файл).

В этом окне следует выбрать тип создаваемого файла (**File Type**): **Source** (Исходник) или **Project** (Проект). После выбора следует щёлкнуть по кнопке **OK**.

Если выбрать **Source** (Исходник), то в области редактирования появится новое окно редактора для вновь создаваемого файла (Рис. 2.4). В этом окне можно писать программу пользователя. Курсор устанавливается в новом окне.

Новый файл имеет имя **untitled.c**. Его название также появляется в окне **Navigator** (Навигатор). Можно сохранить этот файл под новым именем (см. *Команда File* → *Save As...* (*Файл* → *Сохранить как...*)).



Обратите внимание, что, пока файл не включён в проект, его нельзя откомпилировать. т. е. для отдельного файла IDE CodeVisionAVR представляет собой не более чем текстовый редактор с подсветкой синтаксиса.

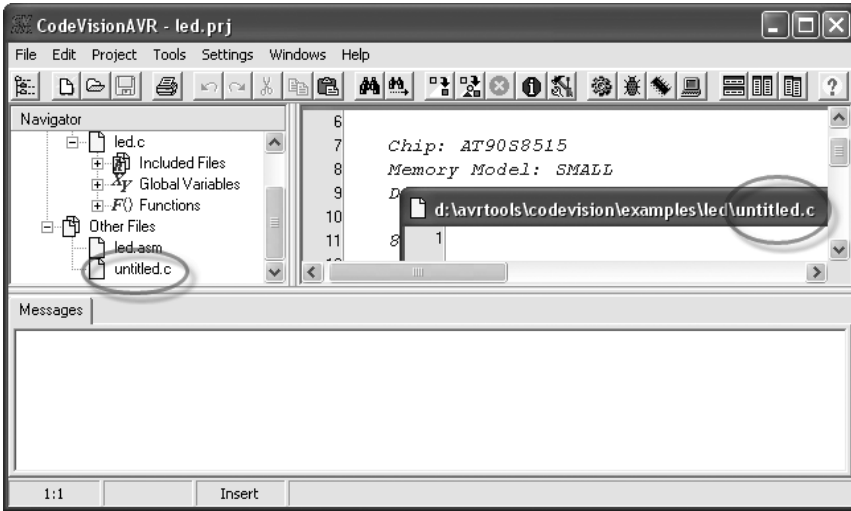


Рис. 2.4. Новое окно редактора для файла **untitled.c**.

Если в диалоговом окне **Create New File** (Создать новый файл) выбрать **Project** (Проект), как показано на **Рис. 2.5**, то появится диалоговое окно **Confirm** (Подтверждение), в котором будет спрошено, следует ли для создания нового проекта использовать **CodeWizardAVR** (Автоматический генератор программ) (**Рис. 2.6**).

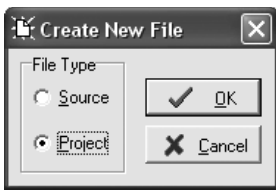


Рис. 2.5. Создание нового проекта.

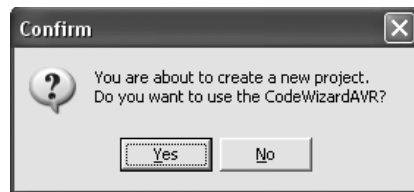


Рис. 2.6. Диалоговое окно **Confirm**.

Если выбрать **Yes**, то будет запущен **CodeWizardAVR** (см. *Автоматический генератор программ Code WizardAVR*).

Если выбрать **No**, то откроется диалоговое окно **Create New Project** (Создание нового проекта) (**Рис. 2.7**), где следует определить файловое имя нового проекта и его местоположение.