Александр Ростов (г. Зеленоград), Валерий Гринченко (г. Санкт-Петербург)

Электронные модули холодильников Bosch/Siemens

Копирование, тиражирование и размещение данных материалов на Web-сайтах без письменного разрешения редакции преследуется в административном и уголовном порядке в соответствии с Законом РФ.

В этой статье подробно описывается семейство электронных модулей, применяемых в бытовых холодильных приборах Bosch/Siemens бюджетного класса.

Авторы выражают отдельную благодарность Владимиру Козлову и участникам форума http://remserv-bt.ru за помощь при подготовке этого материала.

Общие сведения

Рассматриваемые в статье электронные модули (ЭМ) применяются в 2-камерных бытовых холодильных приборах (БХП) Bosch/Siemens/PISTOS/NEFF, выполненных по 1-компрессорой схеме. ЭМ имеют несколько разновидностей, незначительно отличающихся друг от друга. Приведем некоторые заказные коды этих ЭМ: 00644470, 00655140, 00642558, 00649116, 0044661, 00645010, 19.20.20.21 и др. Модули применяются более чем в ста моделях БХП, например, «Bosch KGE36AI20Rxx/KGN36X45(47)xx/KGN39A40(72)xx», «Siemens KG39NA92(95)xx/KG49NA90(00)xx» и др.

Основные аппаратные отличия ЭМ указанного семейства следующие:

- цепи управления исполнительными устройствами (клапаны, вентилятор, ТЭН и др.) имеют разное назначение и состав (в зависимости от модели БХП);
- количество входных каналов для подключения кнопочных переключателей дверей и датчиков температуры может варьироваться (переключатели — 1-2, датчики температуры — до 7);
- наличие отдельной микросхемы ЭСППЗУ (см. описание ниже);
- применение интегральных стабилизаторов напряжения в составе ЭМ (см. описание ниже).

В зависимости от модели БХП, версий ЭМ и программного обеспечения (ПО) к одним и тем же соединителям модулей могут подключаться различные внешние узлы, в том числе, разные типы панелей управления (ПУ).

ЭМ поставляются как «чистыми» (без конфигурационной прошивки Flash-памяти микроконтроллера), так и прошитыми под конкретную модель БХП (основное ПО и данные конфигурации). Во Flash-памяти микроконтроллера (МК) в составе ЭМ не активирована опция защиты чтения, поэтому для сервисных специалистов снимается вопрос тиражирования МК — файлы прошивки доступны на многих интернет-ресурсах, а подобрать подходящий программатор не является проблемой.

В этой статье приводится описание так называемой «полной» версии ЭМ, которой на практике не существует. Каждая из существующих версий ЭМ

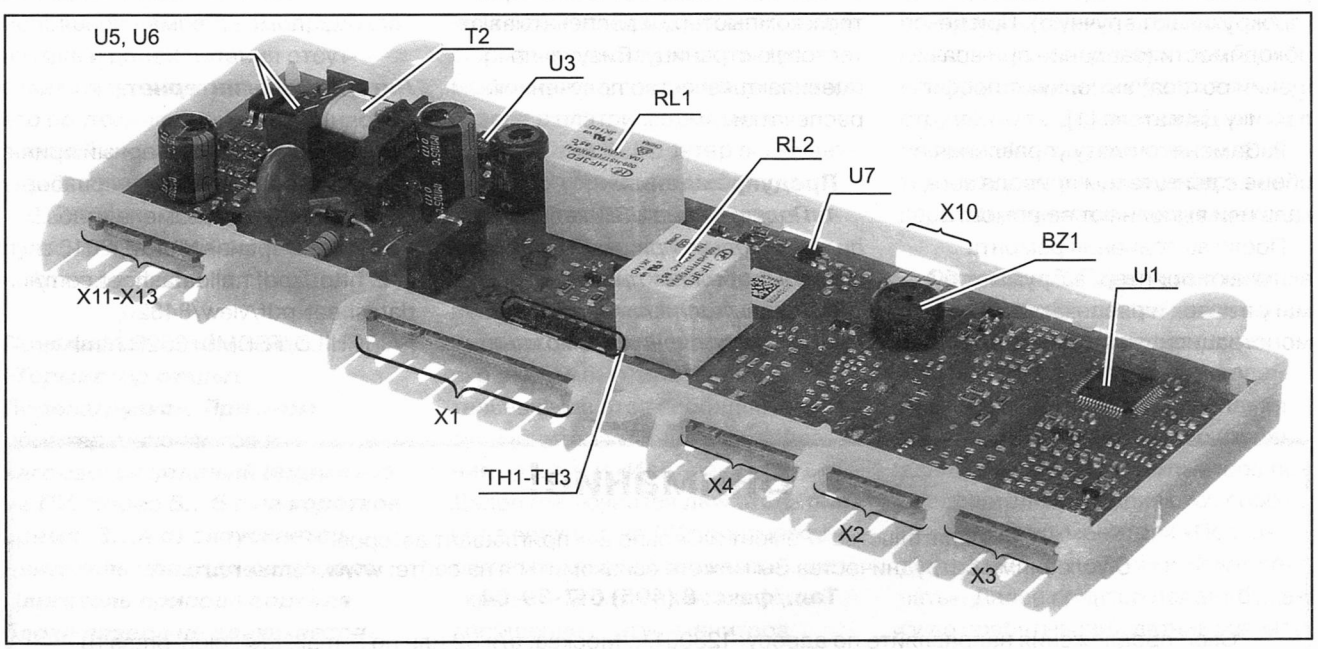


Рис. 1. Внешний вид электронного модуля (заказной код 00649116) и расположение на нем основных компонентов

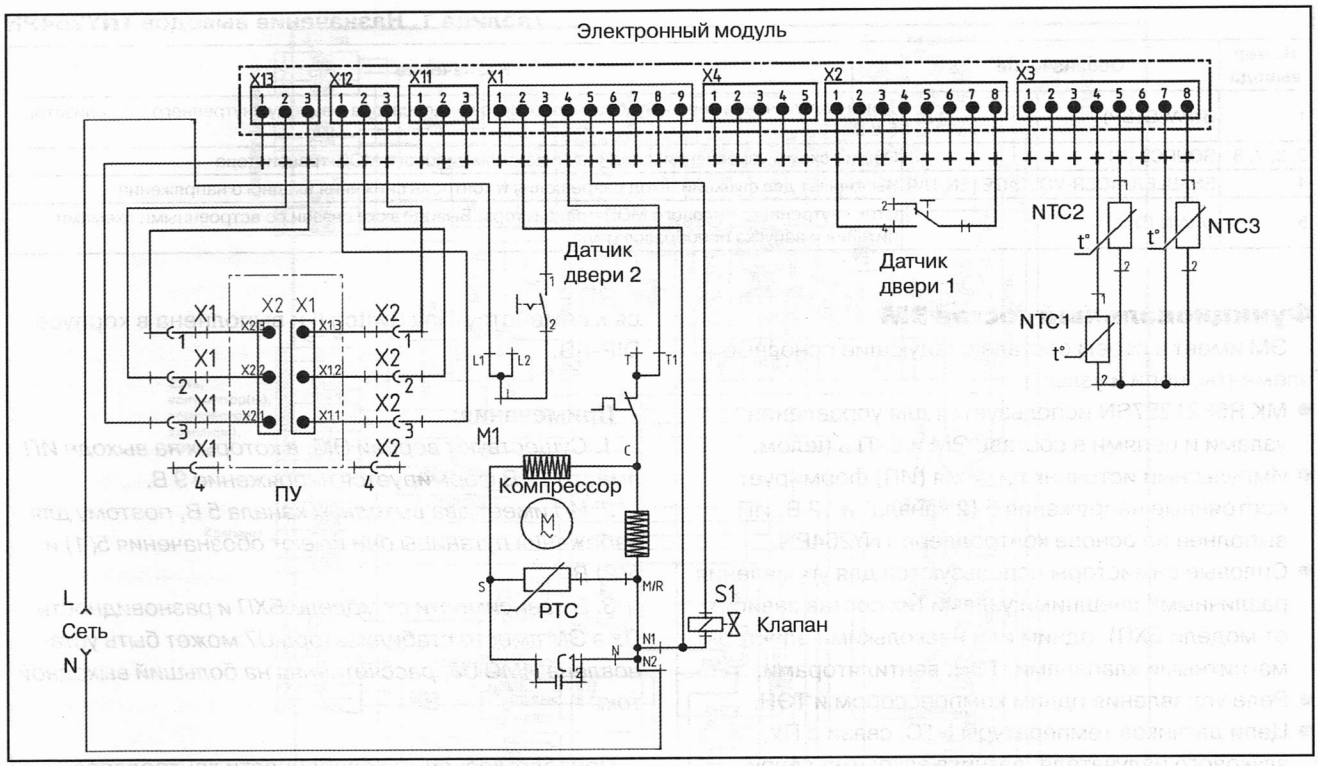


Рис. 2. Схема соединений ЭМ (вариант 1)

рассчитана только на определенную линейку (или несколько линеек) БХП, предусматривающая только вариации усеченных наборов компонентов в составе ЭМ, но не полный набор.

Внешний вид одной из версий ЭМ приведен на рис. 1 (код 00649116).

На рис. 2 и 3 приведены варианты схемы соединений ЭМ (в зависимости от версии ЭМ).

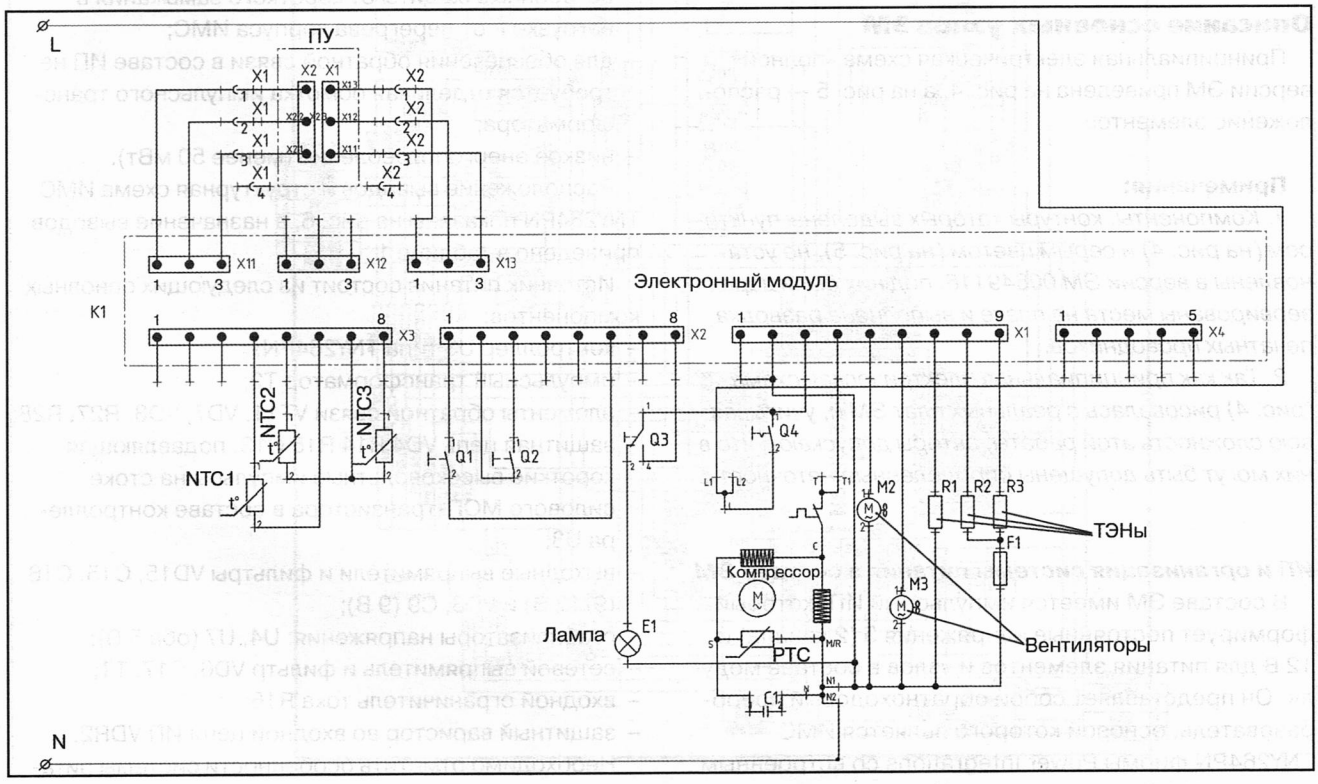


Рис. 3. Схема соединений ЭМ (вариант 2)

Таблица 1. Назначение выводов TNY264PN

Номер вывода	Обозначение	Назначение
1	BYPASS (BP)	Точка подключения внешнего блокировочного конденсатора к выходу внутреннего стабилизатора 5,8 В
2, 3, 7, 8	SOURCE (S)	Общий схемы управления, соединен с истоком силового МОП-транзистора
4	ENABLE/UNDER-VOLTAGE (EN/UV)	Выполняет две функции: вход разрешения и контроль снижения входного напряжения
5	DRAIN (D)	Сток внутреннего силового МОП-транзистора. Вывод также связан со встроенными схемами питания и запуска преобразователя

Функциональный состав ЭМ

ЭМ имеет в своем составе следующие основные элементы, цепи и узлы:

- МК R5F21257SN используется для управления узлами и цепями в составе ЭМ и БХП в целом.
- Импульсный источник питания (ИП) формирует постоянные напряжения 5 (2 канала) и 12 В. ИП выполнен на основе контроллера TNY264PN.
- Силовые симисторы используются для управления различными внешними узлами (их состав зависит от модели БХП): одним или несколькими электромагнитными клапанами, ТЭН, вентиляторами.
- Реле управления одним компрессором и ТЭН.
- Цепи датчиков температуры NTC, связи с ПУ, звукового излучателя, датчика закрытия двери.
- ИМС U2 ЭСППЗУ (опция) может использоваться для хранения данных конфигурации и временной информации.

Рассмотрим состав и работу основных узлов ЭМ по принципиальной электрической схеме.

Описание основных узлов ЭМ

Принципиальная электрическая схема «полной» версии ЭМ приведена на рис. 4, а на рис. 5 — расположение элементов.

Примечания:

1. Компоненты, контуры которых выделены пунктиром (на рис. 4) и серым цветом (на рис. 5), не установлены в версии ЭМ 00649116, под них были зарезервированы места на плате и выполнена разводка печатных проводников.

2. Так как принципиальная электрическая схема (рис. 4) рисовалась с реальных плат ЭМ и, учитывая всю сложность этой работы, авторы допускают, что в них могут быть допущены определенные неточности.

ИП и организация системы питания в составе ЭМ

В составе ЭМ имеется импульсный ИП, который формирует постоянные напряжения 5 (2 канала) и 12 В для питания элементов и узлов в составе модуля. Он представляет собой обратноходовый преобразователь, основой которого является ИМС TNY264PN фирмы Power Integrations со встроенным силовым МОП-транзистором. Микросхема относится к семейству Tiny Switch II и выполнена в корпусе DIP-8B.

Примечания:

1. Существуют версии ЭМ, в которых на выходе ИП вместо 12 В формируется напряжение 9 В.

2. ИП имеет два выходных канала 5 В, поэтому для избежания путаницы они имеют обозначения 5(1) и 5(2) В.

3. В зависимости от модели БХП и разновидности ПУ в ЭМ вместо стабилизатора U7 может быть установлена ИМС U8, рассчитанная на больший выходной ток.

Приведем основные особенности контроллера TNY264PN:

- встроенный силовой ключ на N-канальном МОП-транзисторе (V_D = 700 В; I_D = 170 мА);
- частота работы преобразователя 132 кГц;
- функция «мягкого» старта;
- встроенные защиты от короткого замыкания в нагрузке и от перегрева корпуса ИМС;
- для обеспечения обратной связи в составе ИП не требуется отдельная обмотка импульсного трансформатора;
- низкое энергопотребление (менее 50 мВт).

Расположение выводов и структурная схема ИМС TNY264PN показаны на рис. 6, а назначение выводов приведено в таблице 1.

Источник питания состоит из следующих основных компонентов:

- контроллер U3 типа TNY264PN;
- импульсный трансформатор T2;
- элементы обратной связи VT11, VD7, VD8, R27, R28;
- защитная цепь VD4 R14 R15 C13, подавляющая короткие высоковольтные импульсы на стоке силового МОП-транзистора в составе контроллера U3;
- выходные выпрямители и фильтры VD15, C15, C16 (9/12 В) и VD3, C9 (9 В);
- стабилизаторы напряжения: U4, U7 (оба 5 В);
- сетевой выпрямитель и фильтр VD6, C17, T1;
- входной ограничитель тока R16;
- защитный варистор во входной цепи ИП VDR2.

Необходимо отметить особенности системы питания ЭМ:

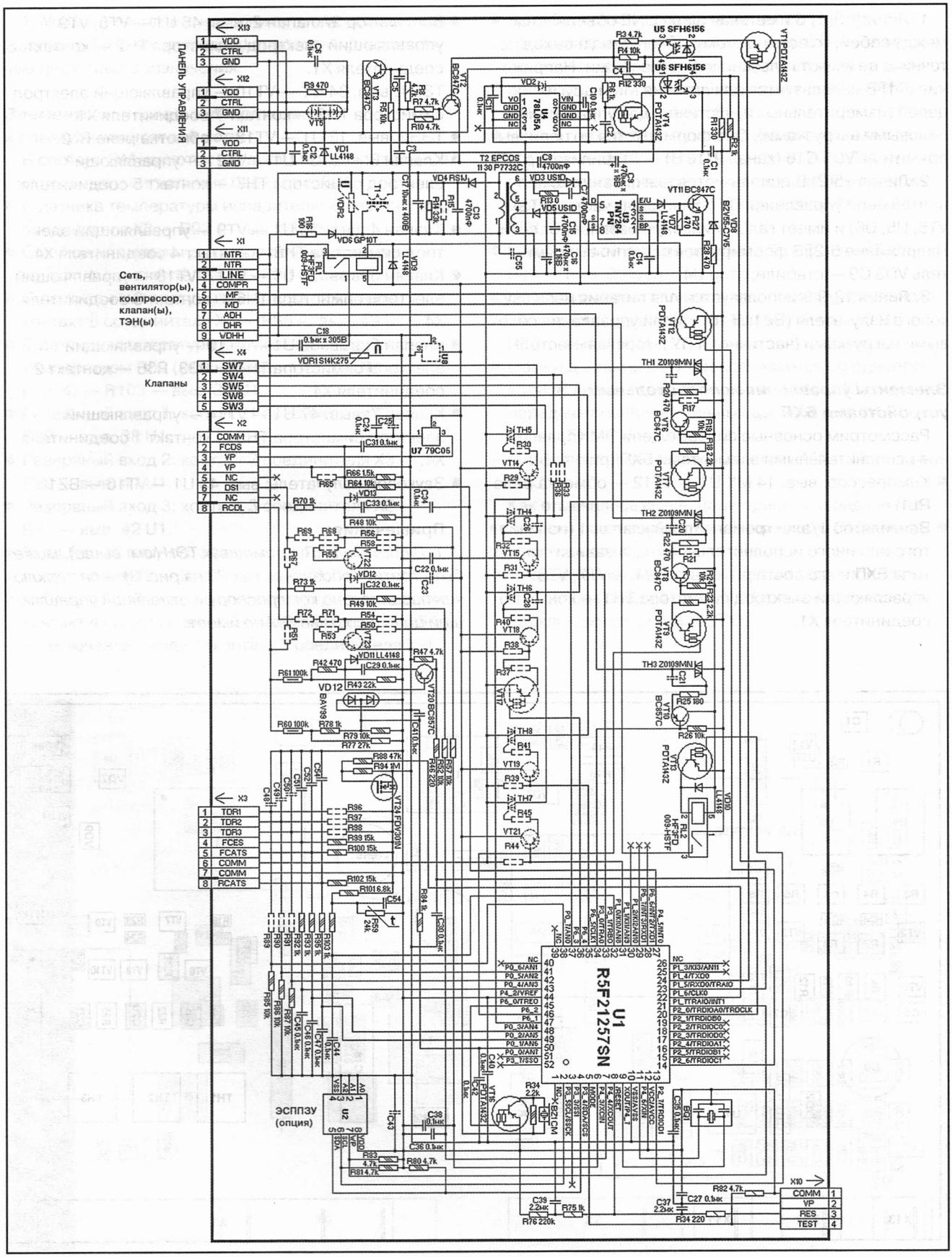


Рис. 4. Принципиальная электрическая схема ЭМ

1. Линия +5(1) В и сетевая шина LINE объединены между собой, то есть по этому каналу вход и выход источника не имеют гальванической развязки. Напряжение 5(1) В используется для питания МК и других цепей (измерительных и, частично, для управления силовыми нагрузками). Оно формируется по цепи: выпрямитель VD5 C16 (канал 9/12 В) — стабилизатор U7.

2. Линия +5(2) В используется для питания компонентов цепи управления ПУ («холодная» часть) (VT2-VT5, U5, U6) и имеет гальваническую развязку от сети. Напряжение 5(2) В формируется по цепи: выпрямитель VD3 C9 — стабилизатор U4.

3. Линия 12/9 В используется для питания цепи звукового излучателя (BZ1 VT16), цепей управления силовыми нагрузками (частично) и ПУ («горячая» часть).

Элементы управления исполнительными устройствами БХП

Рассмотрим основные силовые цепи ЭМ управления исполнительными элементами БХП (рис. 4, 5):

- Компрессор: выв. 14 МК U1 — VT12 — обмотка реле RL1.
- Вентилятор 1/электромагнитный клапан 1 (наличие того или иного исполнительного узла зависит от типа БХП и его состава): выв. 37 U1 — VT7, VT6 — управляющий электрод симистора TH1 — контакт 5 соединителя X1.
- Вентилятор 2/клапан 2: выв. 46 U1 — VT8, VT9 — управляющий электрод симистора TH2 — контакт. 6 соединителя X1.
- ТЭН1: выв. 34 U1 — VT10 — управляющий электрод симистора TH3 — контакт 7 соединителя X1.
- ТЭН2: выв. 13 U1 — VT13 — обмотка реле RL2.
- Клапан 3: выв. 31 U1 — VT21 — управляющий электрод симистора TH7 — контакт 5 соединителя X4.
- Клапан 4: выв. 35 U1 — VT9 — управляющий электрод симистора TH8 — контакт 4 соединителя X4.
- Клапан 5: выв. 36 U1 — VT17, VT18 — управляющий электрод симистора TH6 — контакт 3 соединителя X4.
- Клапан 6: выв. 33 U1 — VT15 — управляющий электрод симистора TH4 — R33, R36 — контакт 2 соединителя X4.
- Клапан 7: выв. 47 U1 — VT14 — управляющий электрод симистора TH5 — контакт 1 соединителя X4.
- Звуковой излучатель: выв. 45 U1 — VT16 — BZ1.

Примечания:

1. В составе БХП, кроме двух ТЭН (см. выше), может быть третий (обозначен как R3 на рис. 3) — он подключен параллельно компрессору и отдельной управляющей цепи в составе ЭМ не имеет.

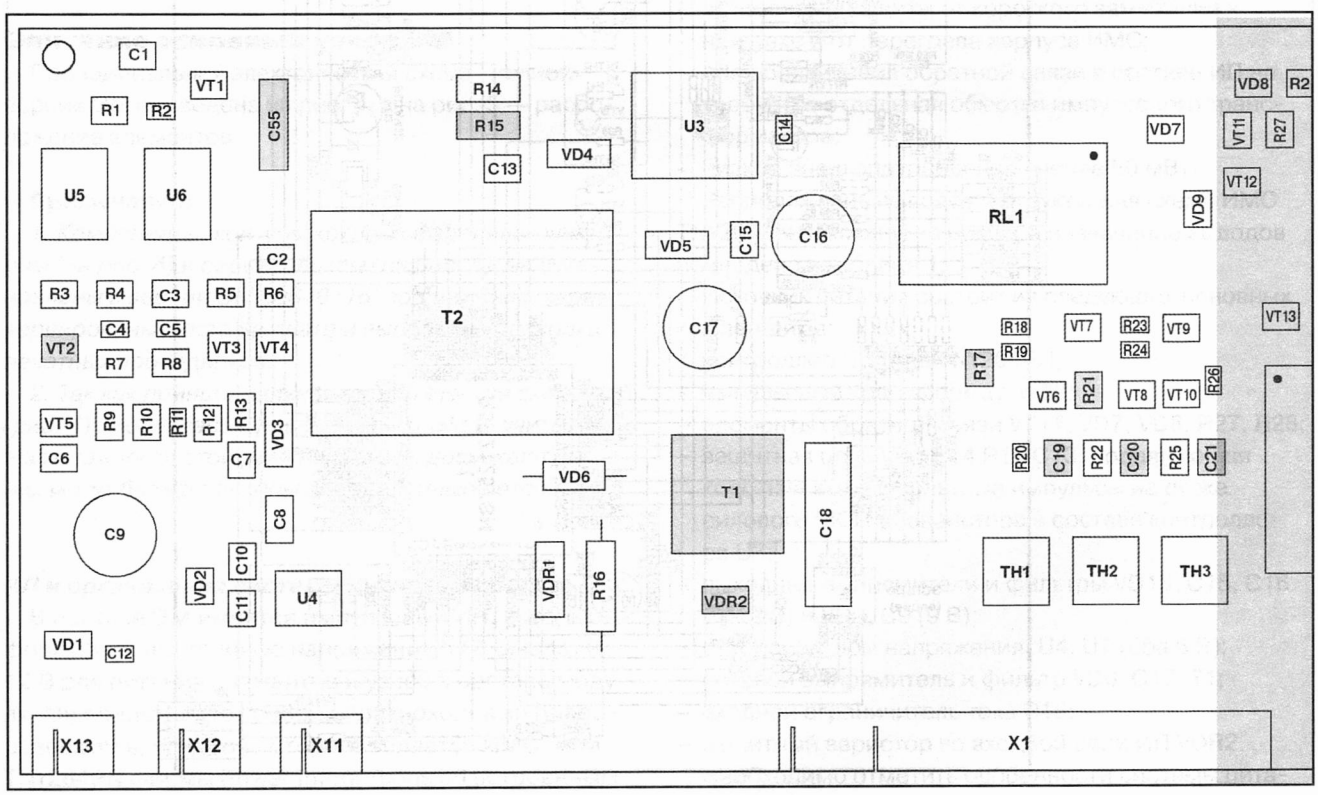


Рис. 5. Расположение

2. Упомянутым выше исполнительным устройствам (клапаны, ТЭН, вентиляторы) присвоены произвольные цифровые обозначения.

Элементы контроля, измерительные и коммуникационные цепи

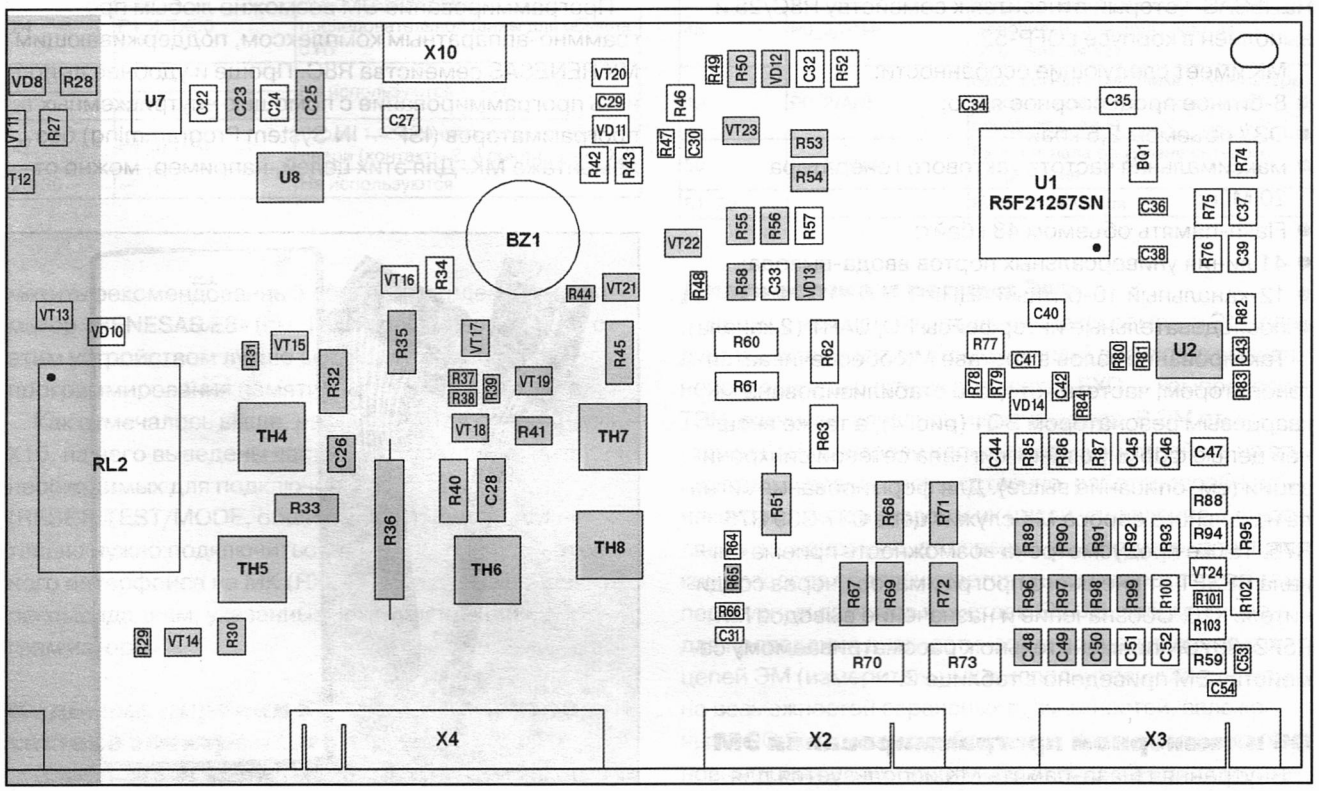
В составе ЭМ имеются следующие измерительные, контрольные и сигнальные цепи (рис. 3, 4):

- С датчика температуры испарителя: контакт 4 соединителя X3 — R92 — выв. 43 МК U1.
- С датчика температуры морозильной камеры: контакт 5 соединителя X3 — R93 — выв. 48 U1.
- С датчика температуры холодильной камеры: контакт 8 соединителя X3 — R95 — выв. 49 U1.
- С датчика температуры окружающей среды: датчик температуры R59 (установлен на плате ЭМ, см. рис. 4) — R103 — выв. 32 U1.
- Резервный вход 1: контакт 1 соединителя X3 — R89 — выв. 38 U1.
- Резервный вход 2: контакт 2 соединителя X3 — R90 — выв. 41 U1.
- Резервный вход 3: контакт 3 соединителя X3 — R91 — выв. 42 U1.
- Вход 1 с контактного датчика двери: контакт 2 соединителя X2 — R64 — выв. 27 U1.
- Дублирующий вход 2 с контактного датчика двери: контакт 4 соединителя X2 — через резистор R65 подключен ко входу 1 (контакт 2 соединителя X2).
- Вход 3 с контактного датчика двери: контакт 6 соединителя X2 — R70, R57 — выв. 6 U1. Также опционально предусмотрена другая цепь прохождения сигнала: контакт 6 соединителя X2 — R68, R69, R55 — VT22 — выв. 6 U1.
- Вход 4 с контактного датчика двери: контакт 8 соединителя X2 — R73, R52 — выв. 7 U1. Также опционально предусмотрена другая цепь прохождения сигнала: контакт 8 соединителя X2 — R71, R72, R53 — VT23 — выв. 7 U1.
- Цепь сетевой синхронизации МК: VD11 — VT20 — R46 — выв. 20 U1.
- Цепь формирователя сигнала, пропорционального уровню сетевого напряжения: R77-R80 — VD12 — R84 — выв. 50 U1.
- Обмен данными с ПУ обеспечивается по однопроводной линии через соединители X11-X13 по цепям:

– передача последовательных данных: выв. 24 U1 — VT1 — U5 — VT2, VT3;
– прием последовательных данных: VT4 — U6 — выв. 23 U1.

Как отмечалось выше, цепи приема/передачи гальванически развязаны от основной схемы ЭМ с помощью оптронов U5, U6.

- Подключение внешнего программатора обеспечивают через соединитель X10 (дополнительно к МК подключаются линии RX/TX).



элементов на плате ЭМ

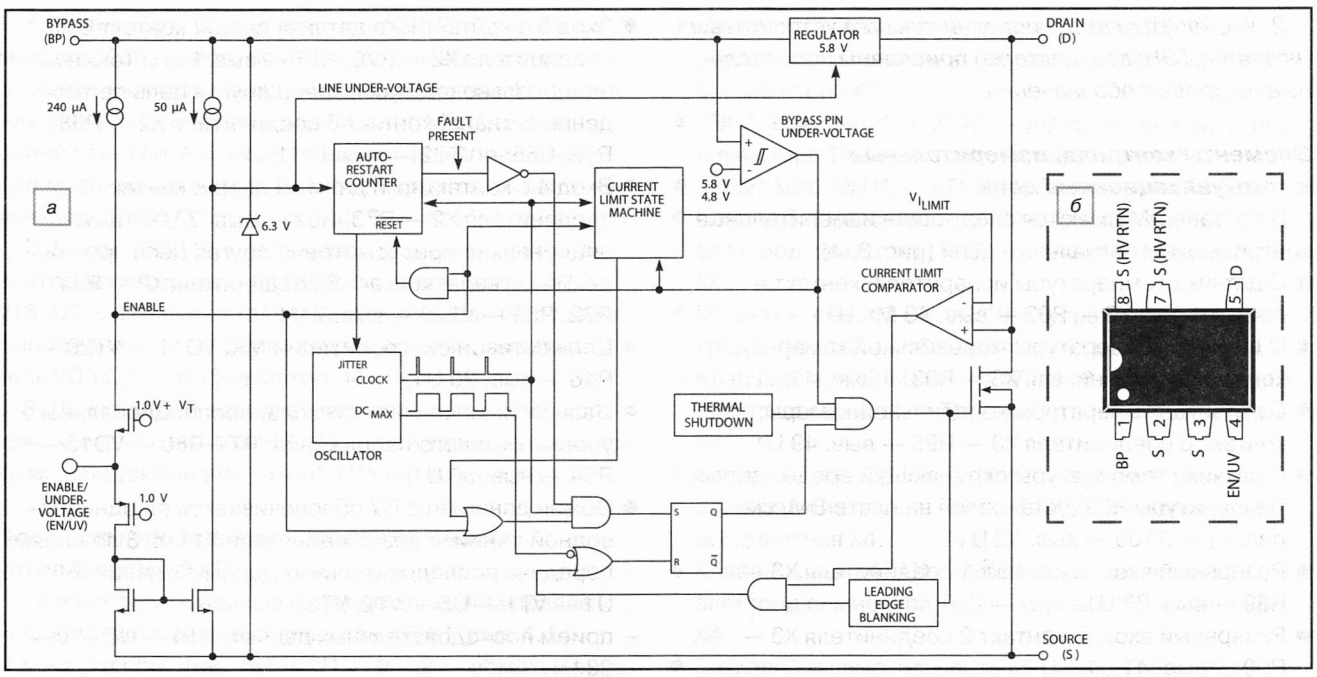


Рис. 6. Структурная схема (а) и расположение выводов (б) микросхемы TNY264PN

Для подключения датчиков температуры ко входам АЦП в составе МК в ЭМ существует ключ на МОП-транзисторе VT24, который управляется с выв. 22 U1.

Микроконтроллер

В ЭМ применяется МК типа R5F21257SN фирмы RENESAS, который относится к семейству R8C/25 и выполнен в корпусе LQFP-52.

МК имеет следующие особенности:

- 8-битное процессорное ядро;
- ОЗУ объемом 2,5 кбайт;
- максимальная частота тактового генератора 20 МГц;
- Flash-память объемом 48 кбайт;
- 41 линия универсальных портов ввода-вывода;
- 12-канальный 10-битный АЦП;
- последовательные интерфейсы I^2C, UART (2 канала).

Тактирование узлов в составе МК обеспечивается генератором, частота которого стабилизирована кварцевым резонатором BQ1 (рис. 4), а также внешней цепью формирования сигнала сетевой синхронизации (см. описание выше). Для формирования сигнала начального сброса МК служит цепь C37 C39 R75 R76. Также предусмотрена возможность приема сигнала RESET от внешнего программатора через соединитель X10. Обозначение и назначение выводов МК R5F21257SN применительно к рассматриваемому семейству ЭМ приведено в таблице 2.

Об инженерном программировании ЭМ

Внутренняя Flash-память МК используется для хранения ПО, данных конфигурации БХП, временных данных, а также начального загрузчика. В настоящее время для сервисных специалистов доступны файлы ПО и конфигурации, записанные в память МК — эта область не имеет блокировки по чтению. В связи с этим не существует проблем при тиражировании МК.

Программирование ЭМ возможно любым программно-аппаратным комплексом, поддерживающим МК RENESAS семейства R8C. Проще и удобнее выполнять программирование с помощью внутрисхемных программаторов (ISP — IN System Programming) без демонтажа МК. Для этих целей, например, можно от-

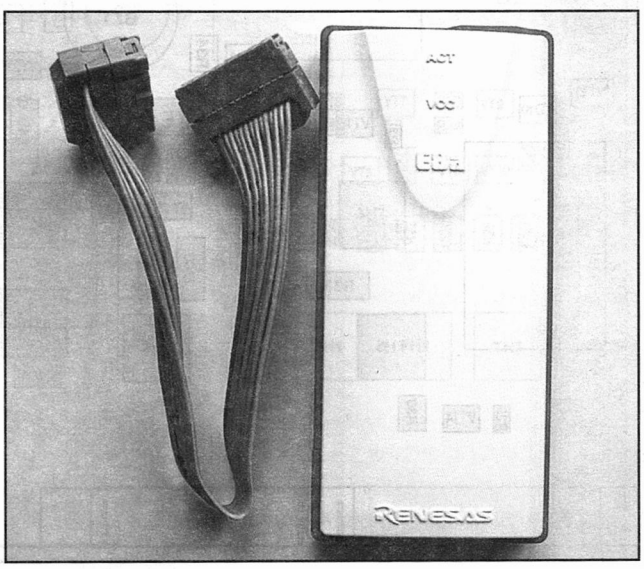


Рис. 7. Внешний вид программатора «RENESAS E8»

Номер вывода	Обозначение	Назначение применительно к ЭМ
1	NC	Не используется
2	P3_5/SCL/SSCK	Линия SCL интерфейса I²C (соединена с выв. 6 ЭСППЗУ U2)
3	P3_3/SSI	Не используется
4	P3_4/SDA/SCS	Линия SDA интерфейса I²C (соединена с выв. 5 ЭСППЗУ U2)
5	MODE	Соединен с контактом 4 соединителя X10 (TEST). Используется при работе программатора
6	P4_3	Вход 3 с контактного датчика двери (контакт 6 соединителя X2)
7	P4_4/XCOUT	Вход 4 с контактного датчика двери (контакт 8 соединителя X2)
8	/RESET	Вход начального сброса
9	XOUT/P4_7	Соединен с внешним кварцевым резонатором BQ1
10	VSS/AVSS	Общий провод
11	P4_6/XIN	Соединен с внешним кварцевым резонатором BQ1
12	VCC/AVCC	Напряжение питания +5(1) В
13	P2_7/TRDIOD1	Выход управления реле RL2 (ТЭН2)
14	P2_6/TRDIOC1	Выход управления реле RL1 (компрессор)
15-19	—	Не используются
20	P2_0/TRDIOA0/ TRDCLK	Вход сигнала сетевой синхронизации
21	P1_7/TRAIO/INT1	Выход разрешения записи ЭСППЗУ на U2 (WP выв. 7)
22	P1_6/CLK0	Выход управления ключом VT24 для подключения датчиков температуры ко входам АЦП в составе МК
23	P1_5/RXD0	Вход приемника последовательной шины для обмена с ПУ
24	P1_4/TXD0	Выход передатчика последовательной шины для обмена с ПУ
25, 26	—	Не используются
26	NC	
27	P4_5/INT0	Входы 1, 2 с контактного датчика двери (контакты 2, 4 соединителя X2)
28-30	—	Не используются

Таблица 2. Назначение выводов МК R5F21257SN

Номер вывода	Обозначение	Назначение применительно к ЭМ
31	P1_1/KI1/AN9	Выход управления симистора TH7 клапана 3 (контакт 5 соединителя X4)
32	P1_0/KI0/AN8	Вход сигнала с датчика температуры окружающей среды R59
33	P3_1/TRBO	Выход управления симистора TH4 клапана 6 (контакт 2 соединителя X4)
34	P3_0/TRAO	Выход управления симистора TH3 ТЭН1 (контакт 7 соединителя X1)
35	P6_5/CLK1	Выход управления симистором TH8 клапана 7 (контакт 4 соединителя X4)
36	P6_4	Выход управления симистором TH6 клапана 5 (контакт 3 соединителя X4)
37	P6_3	Выход управления симистором TH1 вентилятора 1/клапана 1 (контакт 5 соединителя X1)
38	P0_7/AN0	Резервный вход 1 с внешнего датчика (контакт 1 соединителя X3)
39, 40	NC	Не используются
41	P0_6/AN1	Резервный вход 2 с внешнего датчика (контакт 2 соединителя X3)
42	P0_5/AN2	Резервный вход 3 с внешнего датчика (контакт 3 соединителя X3)
43	P0_4/AN3	Вход сигнала с датчика температуры испарителя морозильной камеры (контакт 4 соединителя X3)
44	P4_2/VREF	Соединен с шиной питания +5(1) В
45	P6_0/TREO	Выход управления звуковым излучателем BZ1
46	P6_2	Выход управления симистором TH2 вентилятора 2/клапана 2 (контакт. 6 соединителя X1)
47	P6_1	Выход управления симистором TH5 клапана 7 (контакт. 1 соединителя X4)
48	P0_3/AN4	Вход сигнала с датчика температуры морозильной камеры (контакт 5 соединителя X3)
49	P0_2/AN5	Вход сигнала с датчика температуры холодильной камеры (контакт 8 соединителя X3)
50	P0_1/AN6	Вход сигнала об уровне сетевого напряжения
51, 52	—	Не используются

метить рекомендованный производителем программатор «RENESAS E8» (см. [1] и рис. 7). При работе с этим устройством лучше всего подойдет пакет для программирования памяти Flash Development Toolkit.

Как отмечалось выше, на ЭМ имеется соединитель X10, на него выведены часть сигналов/линий питания, необходимых для подключения программатора (RESET, TEST/MODE, общий и +5 В). Еще дополнительно нужно подключиться к линиям последовательного интерфейса на МК (RXD/TXD) и далее следовать рекомендациям, указанным в документации на программатор.

Коды маркировки SMD-компонентов в составе электронного модуля

В таблице 3 приведены коды маркировки некоторых SMD-компонентов в составе ЭМ.

Диагностика и ремонт ЭМ

Прежде чем принимать решение по ремонту ЭМ, следует убедиться в том, что возникший дефект не вызван неисправностью других элементов БХП — компрессора, ТЭН, датчиков, клапанов и других узлов. В ЭМ отсутствуют цепи контроля исполнительных устройств на аппаратном уровне, соответственно, работоспособность некоторых из этих узлов и их цепей управления определяется не напрямую, а косвенно — например, проверка компрессора обеспечивается на основе показаний температурных датчиков в составе БХП. В любом случае для проведения диагностических процедур основных цепей ЭМ (измерительных и исполнительных) достаточно возможностей сервисных возможностей, заложенных в ПО БХП (коды ошибок и др.). Учитывая то, что основные цепи и узлы модуля были подробно рассмотрены в этой статье, можно с высокой вероятностью лока-

Таблица 3. Коды маркировки и основные характеристики полупроводниковых SMD-компонентов в составе ЭМ

Код маркировки	Тип элемента	Основные параметры
A7	Сборка из двух последовательно включенных диодов BAW99, корпус SOT-23-3	$U_{обр}$=75 В; $I_{пр}$=200 мА
W19	«Цифровой» биполярный транзистор PDTA143Z со встроенными резисторами (R1=4,7 кОм, R2=47 кОм), корпус SOT-23-3	p-n-p, $U_{кэ}$=50 В, $I_к$=100 мА,
3GW	Биполярный транзистор BC857C корпус SOT-23-3	p-n-p, $U_{кэ}$=65 В, $I_к$=100 мА
1GW	Биполярный транзистор BC847C, корпус SOT-23-3	n-p-n, $U_{кэ}$=50 В, $I_к$=100 мА,
UD	Быстродействующий выпрямительный диод US1D, корпус DO-214AC	$U_{обр}$=200 В; $I_{пр}$=1 А

лизовать и устранить большинство возможных неисправностей данного типа ЭМ. Чаще всего в составе ЭМ выходят из строя симисторы и их цепи, а также ИП. Что же касается программных неисправностей, то они случаются реже аппаратных и чаще всего проявляются в некорректной работе отдельных исполнительных узлов или нарушения общей логики работы БХП.

Литература

1. Сайт ECU SOFT STORE. Программатор «RENESAS E8».
http://www.ecusoft.ru/index.php?main_page=product_info&products_id=72

Издательство «СОЛОН-ПРЕСС» представляет

Сделан обзор основных типов систем фиксированной и мобильной связи и показана важность характеристик радиотракта приемника и способов его построения. Проведен анализ помех, действующих в сетях различных стандартов, и описаны способы снижения их влияния. Рассмотрен широкий круг вопросов от теоретических основ кодирования сообщений и распространения радиоволн до построения и взаимодействия открытых систем. Основное внимание уделено вопросам оптимального приема сигналов и особенностям построения приемных трактов терминалов систем мобильной связи третьего (3G) и четвертого (4G) поколений и систем широкополосного радиодоступа, а также особенности применения адаптивных антенн (технология MIMO) для борьбы с многолучевостью.



Цена наложенным платежом — 350 руб.

Как купить книгу

Заказ оформляется одним из двух способов:
1. Пошлите открытку или письмо по адресу: 123001, Москва, а/я 82.
2. Оформите заказ на сайте www.solon-press.ru в разделе «Книга-почтой» или «Интернет-магазин».
Бесплатно высылается каталог издательства по почте.
При оформлении заказа полностью укажите адрес, фамилию, имя и отчество получателя.
Желательно указать дополнительно телефон и адрес электронной почты. С полным перечнем и описанием книг можно ознакомиться на сайте **www.solon-press.ru**
Телефон: 8 (495) 617-39-64, 8 (495) 617-39-65.
Цены для оплаты по почте наложенным платежом действительны до 31.08.2016.



Сеть магазинов «ЗАПЧАСТИ ДЛЯ БЫТОВОЙ ТЕХНИКИ»

ПОЛНЫЙ АССОРТИМЕНТ ЗАПЧАСТЕЙ И АКСЕССУАРОВ
к бытовой технике — ведущих мировых производителей

ЗИП-М

ARDO ARISTON Candy Electrolux Whirlpool AEG gorenje Hansa Zerowat INDESIT ZANUSSI STINOL

ПРОДАЖА, СЕРВИС, ДОСТАВКА

Москва и МО: +7 (495) 229-39-40
Регионы: +7 (800) 333-29-89 (*звонок бесплатный*)
Интернет-форум, онлайн заказ на **www.zipm.ru**