

Интеллектуальный детектор газа с интерфейсом X10

Владимир Семёнов (г. Великий Новгород)

В статье описано применение интерфейса X10 для передачи сигнала тревоги детектора газа метана к исполнительному и сигнальному устройству по проводам электрической сети.

ВВЕДЕНИЕ

В начале текущего года произошла целая серия катастроф в результате взрывов бытового газа – за первые две недели года 16 погибших и 19 раненых. По данным ОАО «Росгазификация», ежегодно в жилом секторе происходит порядка 230 происшествий, связанных с использованием топливного газа. При этом в среднем в год погибает 130 человек [1]. И хотя эти цифры несравнимы с потерями страны, например, в автомобильных катастрофах, но и за ними стоят изломанные человеческие судьбы. Кроме того, взрывы бытового газа сопровождаются большим материальным ущербом – разрушение подъездов и даже целых домов не является редкостью.

Для предупреждения о возникновении взрывоопасной ситуации используют газовые детекторы – приборы, измеряющие концентрацию газа и сигнализирующие о превышении некоторого порога. Как правило, этот порог на порядок меньше взрывоопасной концентрации целевого газа детектора (балонного или природного). Так, при взрывоопасной концентрации природного газа метана 5% порог срабатывания детектора выбирают на уровне 0,5%. Это даёт возможность найти источник утечки и предотвратить взрыв.

Наиболее часто в недорогих детекторах используется датчик концентрации газа на основе нагреваемого резистора из диоксида олова SnO₂.

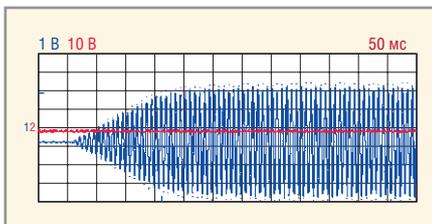


Рис. 1. Оциллограмма вспышки

Однако точность такого датчика в значительной степени зависит от температуры и влажности окружающей среды.

Автором предложен интеллектуальный детектор газа [2], в котором для компенсации неидеальностей датчика используются вычислительные средства микроконтроллера. Порог, с которым в детекторе сравниваются показания датчика концентрации газа, является адаптивным. Он вычисляется процессором микроконтроллера на основании показателей вторичных датчиков температуры и влажности, что и позволяет скорректировать неидеальность первичного датчика газа.

Недостатком этого, как, впрочем, и большинства промышленно выпускаемых газовых детекторов является то, что датчик газа и сигнализатор опасности объединены в одном приборе, в то время как с точки зрения применения их следовало бы разделить. Так, в коттедже с газовым отоплением датчик газа целесообразно разместить в месте расположения газового котла (обычно это подвал), а звуковую и световую сигнализацию об опасности – в жилых помещениях.

Однако в этом случае встает вопрос о способе соединения датчика и сигнализатора. Разумеется, можно соединить их отдельной проводной парой, но это невозможно сделать без ухудшения эстетики интерьера, если только эта пара не была предусмотрена при строительстве коттеджа.

Эффективным решением этой проблемы является применение интерфейса X10, использующего для передачи сигналов провода обычной электрической сети.

Интерфейс X10 был разработан небольшой шотландской фирмой Pico Electronics в конце 70-х годов прош-

лого века [3]. Это была 10-я разработка этой фирмы за время её существования, откуда и пошло название интерфейса *eXperiment #10*. Первые публичные описания интерфейса в инженерной прессе относятся к лету 1979 г. С тех пор интерфейс стал стандартом де-факто для дистанционной передачи информации по проводам электросети. В последнее время новый импульс для развития устройств с таким интерфейсом дала концепция умного дома [4].

ЛОГИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ ИНТЕРФЕЙСА X10

Интерфейс X10 имеет два уровня – логический и физический. Логический уровень определяет протокол передачи информации, и он сравнительно прост.

Поскольку передача сигналов осуществляется по одной проводной паре – проводам сети, интерфейс X10 является в принципе последовательным интерфейсом. Синхронизация передачи естественным образом осуществляется с использованием напряжения сети. Передача информации передатчиками привязана к моментам перехода напряжения сети через ноль.

Для передачи информации используются так называемые вспышки импульсов (Carrier Burst) частотой 120 кГц при длительности вспышки 1 мс (см. рис. 1). Следует отметить, что здесь и далее на осциллограммах сигнал пропущен через дифференцирующую цепочку с постоянной времени 4,4 мкс. Наличие вспышки в момент перехода напряжения сети через ноль интерпретируется как логическая единица, отсутствие – как логический ноль. Начало вспышки не должно запаздывать относительно момента перехода более чем на 200 мкс. Вспышка передается три раза за период в моменты, соответствующие переходу через ноль в трёхфазной сети (см. рис. 2).

Информация передается фреймами [5]. Полное время передачи фрейма

составляет 11 периодов сети или 0,22 с при частоте 50 Гц (см. рис. 3 [6]). Сначала передаётся стартовый код (Start Code), что занимает два периода сети. Затем передаётся так называемый код дома (House Code), что занимает ещё 4 периода. Завершает посылку код ключа (Key Code), что занимает 5 периодов. С целью улучшения помехозащищённости фрейм передаётся дважды. Код ключа может содержать информацию о части адреса или команду. В первом случае код ключа представляет собой код номера устройства (Number Code с 1 по 16), а во втором – код функции (Function Code, включить, выключить и т.п.).

Информационные биты передаются внутри периода дополняющим кодом (true compliment form on alternate half cycles of the power line [6]). Это значит, что логическая единица, передаваемая вспышкой при переходе напряжения сети от отрицательных значений к положительным, дополняется отсутствием вспышки при следующем переходе от положительных значений к отрицательным. Аналогично при передаче логического нуля отсутствие вспышки при переходе напряжения сети от отрицательных значений к положительным дополняется вспышкой при следующем переходе от положительных значений к отрицательным.

Полная посылка включает в себя два фрейма адреса и два фрейма команды с разделительным интервалом (Gap) в три периода между ними (об исключении из этого правила будет сказано ниже). Таким образом, время, затрачиваемое на передачу одной команды или квитанции, составляет 47 периодов частоты сети или 0,94 с. Быстрым интерфейс X10 явно не назовёшь.

Код дома и код номера устройства обычно устанавливаются переключателями на передней панели устройства с интерфейсом X10 (см. рис. 4). Код дома позволяет исключить конфликты при использовании устройств с интерфейсом X10 в соседних квартирах или домах, когда посылки от своих передатчиков достигают приёмников соседей. Установка разных кодов дома позволяет разделить информационные сети соседей. Соответствие номера дома и его кода [6] дано в таблице 1.

В таблице 2 дано описание кода ключа [6]. Первые 16 значений представляют собой код номера устрой-

ства. Передача этого кода в первой паре фреймов позволяет устройствам «понимать», какому из них предназначена команда, во второй же посылке этому устройству указывается, что нужно сделать. Как уже было сказано, адресные и командные фреймы разделены защитным интервалом в три периода сети. Исключение здесь сделано для команд плавной регулировки света DIM и BRIGHT, для которых этот интервал отсутствует и которые передаются столь долго, сколько требуется для установки необходимого уровня освещённости.

«Запрос передатчиков» (Nail Request) передаётся контроллером для определения того, находятся ли ещё какие-либо передатчики в зоне действия данного контроллера. При получении данного запроса «чужой» передатчик должен ответить сообщением «Ответ передатчиков» (Nail Acknowledge). При этом в устанавливаемой сети должен быть использован другой код дома.

При использовании команды пред-установки яркости бит D8 (см. табл. 2) представляет старший бит, а биты H1, H2, H4, H8 во фрейме команды представляют младшие биты значения яркости светильника, которое должно быть установлено.

Код (команда) расширенных данных (Extended Data) позволяет передать информацию об аналоговой величине, преобразованной в двоичный код посредством аналого-цифрового преобразователя. За этим кодом передаются дополнительные байты, причём байт, следующий непосредствен-

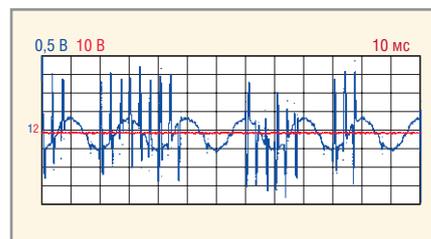


Рис. 2. Осциллограмма начальной части посылки

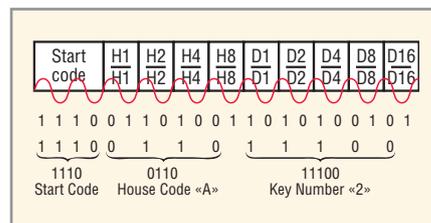


Рис. 3. Структура фрейма



Рис. 4. Внешний вид модуля с интерфейсом X10

но за кодом, содержит информацию о числе дополнительных передаваемых байтов. Разделительные интервалы между кодом расширенных данных и дополнительными байтами отсутствуют; наличие таких интервалов может привести к неверной работе других модулей в сети.

Таблица 1. Адресные коды

	Код дома					Код устройства				
	H1	H2	H4	H8		D1	D2	D4	D8	D16
A	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0
B	1	1	1	0	2	1	1	1	0	0
C	0	0	1	0	3	0	0	1	0	0
D	1	0	1	0	4	1	0	1	0	0
E	0	0	0	1	5	0	0	0	1	0
F	1	0	0	1	6	1	0	0	1	0
G	0	1	0	1	7	0	1	0	1	0
H	1	1	0	1	8	1	1	0	1	0
I	0	1	1	1	9	0	1	1	1	0
J	1	1	1	1	10	1	1	1	1	0
K	0	0	1	1	11	0	0	1	1	0
L	1	0	1	1	12	1	0	1	1	0
M	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0
N	1	0	0	0	14	1	0	0	0	0
O	0	1	0	0	15	0	1	0	0	0
P	1	1	0	0	16	1	1	0	0	0

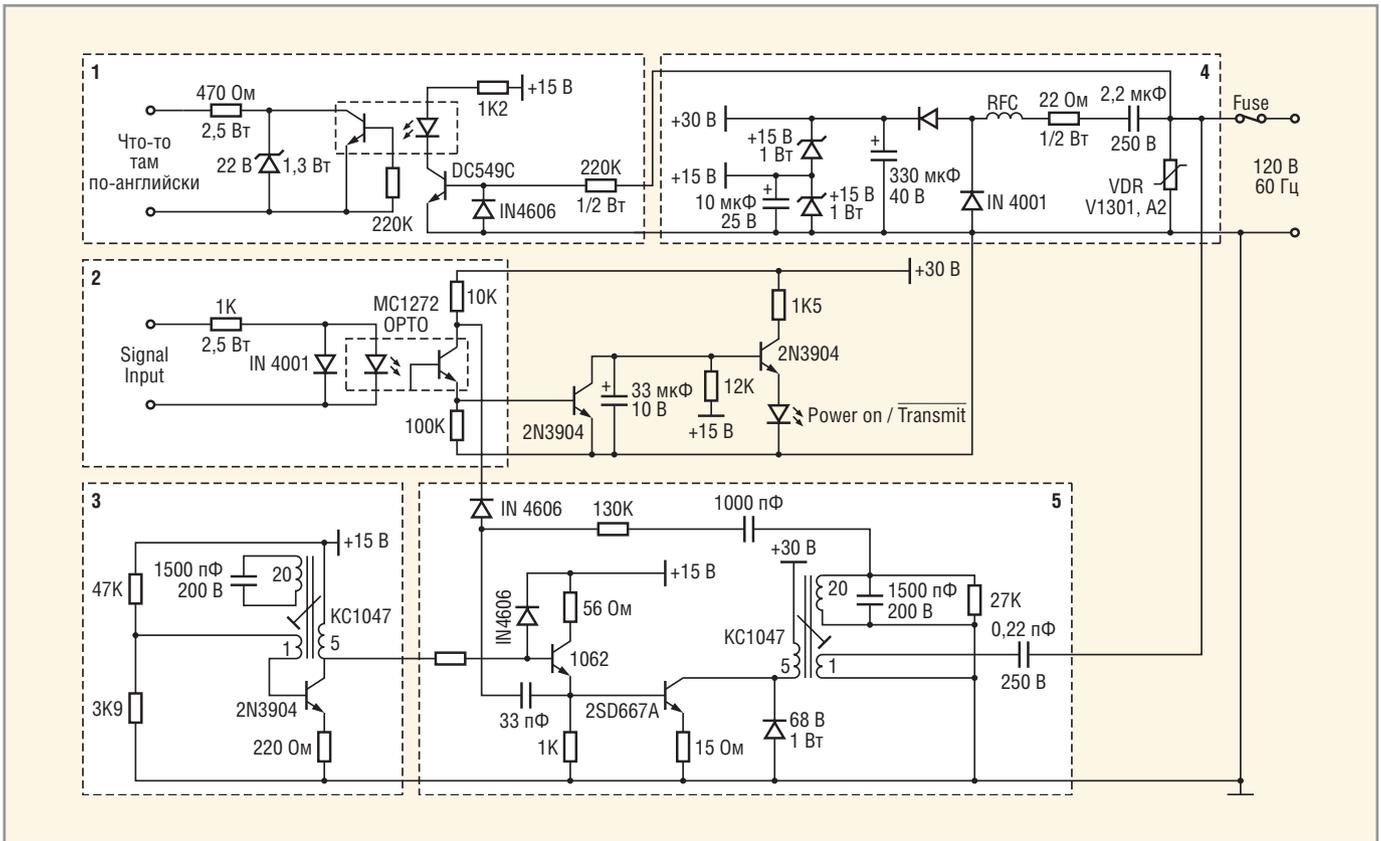


Рис. 5. Принципиальная схема модуля PL513

Аналогично расширенный код (Extended Code) позволяет вводить в систему дополнительные команды. Байт, следующий непосредственно за фреймом с командой расширенного кода, содержит информацию о числе дополнительных байтов, а разделительные интервалы между дополнительными байтами отсутствуют.

ФИЗИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ ИНТЕРФЕЙСА X10

Физический уровень интерфейса X10 достаточно сложен. Это связано с необходимостью передачи сигнальных посылок по проводам сети, которые изначально для этого не предназначались. Погонная ёмкость проводов домашней электрической сети может быть оценена с использовани-

ем таблиц из [7], это порядка 50 пФ/м. Включённые в сеть электроприборы часто представляют комплексную (со значительной реактивной составляющей) и низкоомную нагрузку для передатчиков системы X10.

В качестве примера приведём принципиальную схему физического интерфейса модуля PL513 [8], предлагаемого фирмой X10 в качестве готового однонаправленного интерфейсного модуля для создания законченных устройств с интерфейсом X10 (см. рис. 5). Он включает в себя:

- источник питания с гасящим конденсатором 4, обеспечивающий модуль напряжениями 15 и 30 В;
- детектор пересечения нуля (Zero Crossing Detector) 1;
- синусоидальный генератор 3 частотой 120 кГц;
- ключевой каскад 2, который коммутирует выходной усилитель 5, передающий посылки в линию.

Связь модуля с контроллером осуществляется через оптоизоляторы.

Модуль имеет следующие характеристики физического интерфейса:

- средняя выходная мощность в электрическую сеть: 60 мВт на нагрузке 5 Ом;
- пиковое напряжение посылки в электрической сети: 5 В;

Таблица 2. Функциональные коды

Функция	Код функции				
	D1	D2	D4	D8	D16
Выключить все устройства (All Units Off)	0	0	0	0	1
Включить все светильники (All Lights On)	0	0	0	1	1
Включить устройство (On)	0	0	1	0	1
Выключить устройство (Off)	0	0	1	1	1
Уменьшить яркость светильника	0	1	0	0	1
Увеличить яркость светильника	0	1	0	1	1
Выключить все светильники (All Lights Off)	0	1	1	0	1
Расширенный код	0	1	1	1	1
Запрос передатчиков (Hail Request)	1	0	0	0	1
Ответ передатчиков (Hail Acknowledge)	1	0	0	1	1
Предустановка яркости (Pre-Set Dim)	1	0	1	X	1
Расширенные данные	1	1	0	0	1
Состояние – включено (Status = On)	1	1	0	1	1
Состояние – выключено (Status = Off)	1	1	1	0	1
Запрос состояния (Status Request)	1	1	1	1	1

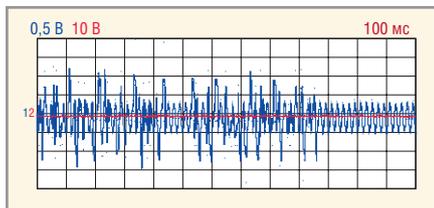


Рис. 8. Осциллограмма кодовой посылки

пользуются для улучшения читаемости нотации. Квадратные скобки выделяют структурные составляющие посылки – стартовый код, адрес дома и т.д. Круглые скобки показывают биты информационного кода. Такая запись удобна в качестве исходной информации для программирования микроконтроллера.

Схема физического интерфейса макета показана на рис. 7. Структурно он соответствует интерфейсу модуля PL513 и включает в себя детектор нуля, генератор импульсов 120 кГц, усилитель импульсов. Однако при построении схемы использован трансформаторный источник напряжения 12 В, уже имеющийся в составе интеллектуального детектора газа, что несколько её упростило.

Микроконтроллер uPD78F9222, входящий в состав интеллектуального детектора газа, управляет работой генератора, формируя огибающую (envelope) частоты 120 кГц. Выход детектора нуля присоединён к входу прерывания микроконтроллера, и в соответствии с кодом, прописанным выше, микроконтроллер включает генератор на 1 мс в соответствующие моменты времени.

Первоначально предполагалось использовать для определения нуля сетевого напряжения напряжение вторичной обмотки трансформатора источника питания интеллектуального детектора. Однако задержка нуля напряжения вторичной обмотки относительно первичного напряжения оказалась значительно больше требуемых 100 мкс. Поэтому от этой идеи пришлось отказаться и выполнить детектор нуля на базе транзисторного оптрона 4N37 (D2). Для формирования несущей 120 кГц использован таймер IМC7555 (D1) в автоколебательном режиме. Для включения и выключения генератора используется вход сброса таймера

RES. Импульсное напряжение с выхода таймера подаётся через избирательную цепь L1, C3 на первичную обмотку трансформатора Т с коэффициентом трансформации 2. Обмотки трансформатора намотаны на кольце METGLAS 2714R 32 × 22 × 10.

Осциллограмма посылки макета приведена на рис. 8.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Заритовский А., Строительева Е.* Почему в жилых домах взрывается газ. Известия, 17.01.2008.
2. *Семёнов В.* Интеллектуальный детектор газа. Современная электроника. 2007. № 9.
3. www.hometoys.com/htinews/feb99/articles/kingery/kingery13.htm.
4. www.smartrussia.ru.
5. www.x10.ru.
6. www.smarthomeusa.com/info/x10theory/#theory.
7. *Волин М.Л.* Паразитные процессы в радиоэлектронной аппаратуре. М.: Советское радио. 1972.
8. X10, Inc. Technical Note. The X10 POWERHOUSE Power Line Interface Model PL-513 and Two Way Power Line Interface Model TW-523.