

ТЕХНОЛОГИЯ x10 – УПРАВЛЕНИЕ "УМНЫМ ДОМОМ"

x10 – это коммуникационный протокол и основанный на нем стандарт, которые применяют в системах домашней автоматизации. В x10 для передачи управляющих сигналов используют силовые электросети. Стандарт этот по меркам современных технологий достаточно старый, ему уже более четверти века, но, тем не менее, он широко применяется и по сей день. Его очевидное преимущество в простоте реализации – не нужно прокладывать новые провода, достаточно подключить нужные приборы к существующей электропроводке. Посмотрим, что представляет собой технология x10 и какие устройства можно использовать для ее применения.

КАК РАБОТАЕТ x10

Итак, технология x10 основана на передаче сигналов по электропроводке квартиры или дома. Для передачи сигналов используются "пакеты" колебаний на частоте 120 кГц длительностью 1 мс, передаваемые по электропроводам [1]. Передача сигнала в x10 синхронизирована с нулевым напряжением в цепи переменного тока (рис.1). Когда напряжение достигает нулевого значения, приемник сигнала x10 (например, встроенный в патрон лампочки) "слушает" сеть в течение 6 мс. Если в это время передатчик сигнала x10 посылает "пакет", приемник воспринимает его как двоичную единицу. Отсутствие "пакета" воспринимается как двоичный ноль. Каждое устройство, управляемое посредством x10, имеет свой адрес, состоящий из двух символов. Первый – код дома, второй – код устройства. Каждый из них может иметь 16 значений, а общее число различных адресов достигает 256. Код дома обозначают латинской буквой (от A до P), а код устройства – числом от 1 до 16. По электропроводке каждый код дома и устройства передается своей последовательностью нулей и единиц – двоичным кодом (см. таблицу). Каждая команда x10 также имеет свой дво-

Н.Елисеев, к.т.н.

ичный код. Последний бит в двоичных кодах устройства и команды служит для различия типа кодов: 0 соответствует коду устройства, 1 – коду команды.

Для того чтобы приемник знал, когда начинается передача полезного сигнала, передатчик сначала посылает так называемый стартовый код – ему соответствует последовательность 1110. За ним следует код дома, а потом – код устройства или команда. Последовательность стартового кода, кода дома и кода устройства или команды называется кадром (или фреймом) x10. Каждый кадр передается два раза подряд – для большей надежности (рис.2а). Каждый информационный бит кадра, за исключением битов стартового кода, сопровождается комплементарным (дополняющим) битом – после 1 идет комплементарный 0, после 0 – единица (рис.2б). Таким образом, для передачи одного кадра необходимо 11 циклов переменного напряжения.

Для передачи команды x10 нужно сначала отправить кадр с кодом устройства, которому предназначена команда, а за ним – кадр с самой командой [2]. Исключение составляют групповые команды, например "All Units Off" – они отправляются всем устройствам, поэтому код устройства перед ними передавать не нужно. При передаче последовательности адресов и/или команд между каждой парой кадров должен быть промежуток в три цикла переменного напряжения – то есть последовательность 000000. Например, адрес устройства и команда для него передаются двумя парами кадров с указанным промежутком (рис.2в). Для передачи такой последовательности необходимо $22+3+22=47$ циклов напряжения. При частоте 50 Гц такая операция занимает примерно одну секун-

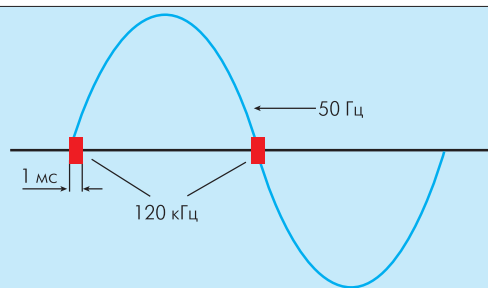


Рис.1. Генерация сигналов x10

Двоичные коды дома, устройства и основных команд x10

| Код дома | Двоичный код дома | | | | Код устройства | Двоичный код устройства | | | | |
|--|-------------------|---|---|---|----------------------|-------------------------|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 1 | 0 | | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 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 |
| Команда | | | | | Двоичный код команды | | | | | |
| All Units Off ("Все выключить") | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| All Lights On ("Весь свет включить") | | | | | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | |
| On ("Включить") | | | | | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| Off ("Выключить") | | | | | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | |
| Dim ("Темнее") | | | | | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | |
| Bright ("Ярче") | | | | | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | |
| All Lights Off ("Весь свет выключить") | | | | | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | |

ду. Отметим, что команды "Bright" ("Ярче") и "Dim" ("Темнее") следуют друг за другом без промежутка между кодами.

Мы рассмотрели передачу сигналов на примере однофазной сети. В трехфазных сетях передача сигнала происходит аналогично, но "приурочена" к нулю каждой фазы.

ОСНОВНЫЕ ВИДЫ УСТРОЙСТВ И ПРОИЗВОДИТЕЛИ

Технология x10 помогает решить самые разные задачи домашней автоматизации. Например, можно включать и выключать в заданное время свет, дистанционно изменять яркость освещения, управлять электроприборами с помощью компьютера, раздвигать шторы, включать охранную и пожарную сигнализацию и делать много других полезных вещей. Для этого разработаны различные виды устройств, поддерживающих x10 [3]. Перечислим их.

- Исполнительные модули (приемники) – принимают и выполняют команды x10. Каждый приемник имеет адрес, состоящий из кода дома и кода устройства, например D11. Несколько приемников могут иметь тот же адрес – в этом случае они управляются одновременно. Приемниками могут быть, например, ламповые и приборные розеточные модули, настенные выключатели, светорегуляторы в ламповом патроне, приводы жалюзи, диммерные модули для управления резистивной нагрузкой.
- Трансиверы – принимают сигналы от пультов дистанционного управления (ИК или радио), преобразуют в формат x10 и передают в электросеть.

- Контроллеры (передатчики) – формируют и отправляют команды x10 в электросеть. В роли передатчиков могут выступать: модули управления, выдающие команды вклю-

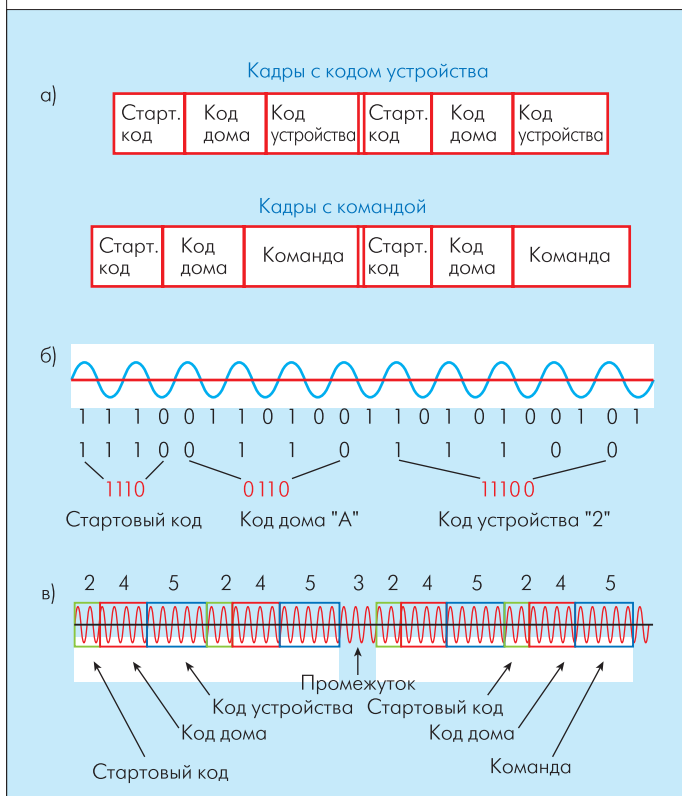


Рис.2. Структура кадров x10: а – последовательность кодов, б – информационные и комплементарные биты, в – передача последовательности адреса и команды

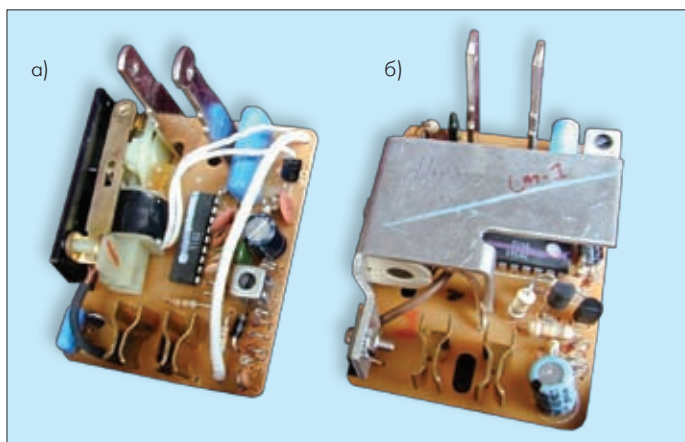


Рис.3. Внутреннее устройство модулей x10: а – приборный модуль, б – ламповый модуль

чения/выключения и регулировки яркости света; программируемые таймеры, посылающие сигналы в заданное время; контроллеры освещенности, включающие или выключающие свет в зависимости от интенсивности солнечного излучения; модули с компьютерным интерфейсом – они управляются с компьютера или автономно введенной в них программой.

- Пульты ДУ – обеспечивают дистанционное управление устройствами x10 по ИК- или радиоканалам. Есть и универсальные пульты ДУ для управления устройствами x10 и аудио/видеоаппаратурой.
- Оборудование для повышения качества и надежности работы систем x10 – усилители и ретрансляторы сигналов, фильтры для подавления электромагнитных помех. В простых системах часто можно обойтись и без этих устройств.
- Измерительное оборудование – предназначено для измерения затухания сигналов x10.

В системах домашней автоматизации на основе стандарта x10 используется также вспомогательное оборудование, которое само не передает и не принимает сигналы по протоколу x10. Это, например, датчики движения, освещенности, разбития стекла, открывания дверей или окон. Они передают информацию по радио или ИК-каналам на трансиверы, а те пересылают ее исполнительным модулям по протоколу x10.

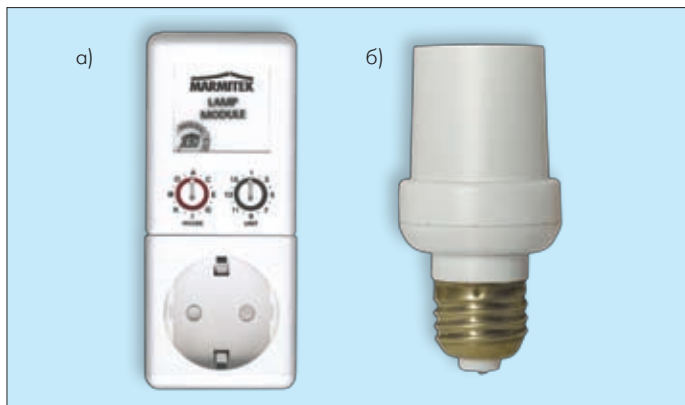


Рис.4. Ламповые модули: а – розеточный, б – в виде патрона

Наиболее широкий ассортимент устройств x10 представлен в продукции, поставляемой фирмами x10 (www.x10.com, бренд PowerHouse), BMB Electronics B.V. (www.bmbelectronics.eu), Marmitek (www.marmitek.com). Отметим, что многие устройства, выпускаемые под различными брендами, сходны по функциональному назначению, внешнему виду и маркировке.

МОДУЛИ x10 – ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА И ГОТОВЫЕ РЕШЕНИЯ

Типичный модуль x10 (рис.3) [4] состоит из программируемого микроконтроллера, управляющего работой устройства, и цепей сопряжения, которые формируют входные сигналы микроконтроллера из сигналов, принимаемых из электросети, и выходные сигналы модуля, передаваемые в электросеть, из сигналов микроконтроллера. В качестве микроконтроллеров можно задействовать микроконтроллеры общего назначения, например типа PIC компании Microchip и типа AVR компании Atmel. Так, в работе [5] подробно описаны



Рис.5. Трансивер TM13

схемы построения устройств x10 на базе микроконтроллеров PIC компании Microchip.

Рассмотрим несколько конкретных модулей x10.

Исполнительные модули. Наиболее распространены модули, предназначенные для подключения ламп накаливания и электроприборов, например ламповый модуль LM12 фирмы Marmitek (рис.4а). Адрес устройства на нем задается двумя круглыми переключателями – один для кода дома, другой – для кода устройства. Для подключения устройства к сети достаточно просто вставить его в электрическую розетку. К LM12 можно подключать лампы мощностью от 40 до 300 Вт. Модуль выполняет групповые команды: "All Lights On", "All Units Off" или индивидуальные команды "On", "Off", "Dim", "Bright".

Другой вариант – ламповый модуль в виде патрона с цоколем – например, LM15 из каталога той же Marmitek (рис.4б). В такой модуль можно вставлять лампы мощностью до 100 Вт. Коды дома и устройства в LM15 могут быть установлены только с помощью контроллера x10.

Приборный розеточный модуль AM12, также производства Marmitek, внешне выглядит так же, как LM12. Его отличие в том, что он может управлять не только лампами накаливания мощностью до 500 Вт, но и электроприборами и газоразрядными энергосберегающими лампами. В то же время, AM12 не поддерживает специфичные для ламповых модулей команды,



Рис.6. Контроллеры: а – МТ10, б – СМ11

например "All Lights On". Это сделано для того, чтобы не допустить включения электроприборов, например кофеварки, одновременно с включением света во всем доме.

Модули, аналогичные по функциям LM12 и AM12, выпускаются для монтажа на рейки DIN и осветительную арматуру.

Трансиверы. В качестве примера можно привести модуль TM13 (рис.5) производства Marmitek – одно из наиболее распространенных устройств данного типа. Он принимает команды по радиоканалу на частоте 433,92 МГц от пультов ДУ, беспроводных контроллеров или датчиков, преобразует их в сигналы x10 и передает в электросеть. TM13 может также управлять электроприбором, подключенным непосредственно к нему. Этот трансивер поддерживает команды "On", "Off", "All Units Off".

Контроллеры. Несколько контроллеров различного типа и назначения представлено в ассортименте Marmitek. С помощью контроллера МТ10 (рис.6а) можно управлять устройствами x10 как вручную, так и в режиме таймера. В режиме таймера можно запрограммировать включение или выключение до четырех устройств. Например, МТ10 удобен для имитации

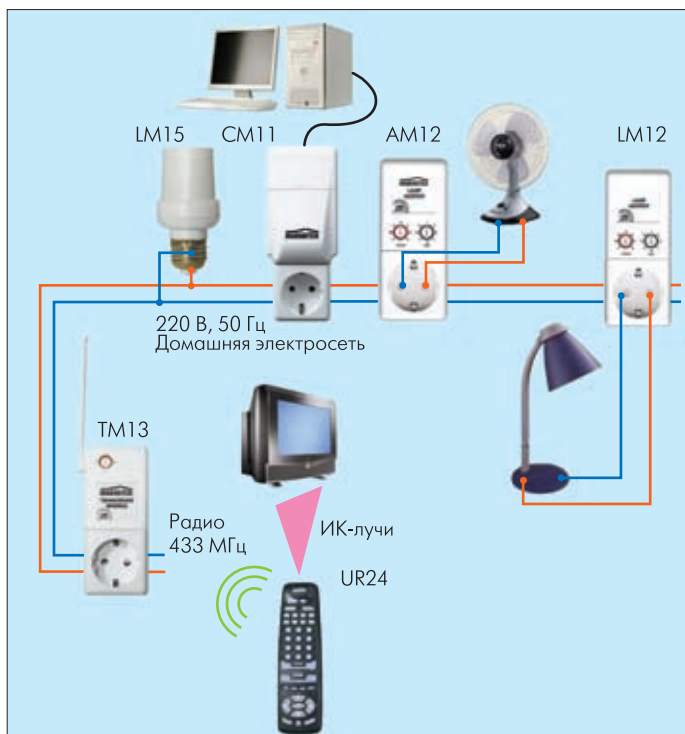


Рис.7. Схема подключения модулей

тации присутствия жильцов в квартире. Он применим и в качестве будильника – в заданное время МТ10 включит свет в помещении. При ручном управлении МТ10 позволяет контролировать до 8 приборов с применением команд "On", "Off", "Dim", "All Lights On", "All Units Off".

Другой контроллер – СМ11 (рис.6б) – управляется через компьютерный интерфейс. Он подключается к компьютеру через USB- или COM-порт. СМ11 способен работать как непосредственно под управлением ПК, так и в автономном режиме, выполняя запрограммированные макросы.

Все вышеперечисленные устройства являются готовыми решениями – пользователю достаточно вставить соответствующие модули в электрические розетки, задать адреса устройств и подключить эти устройства к модулям x10 (например, так, как показано на рис.7 [6]).

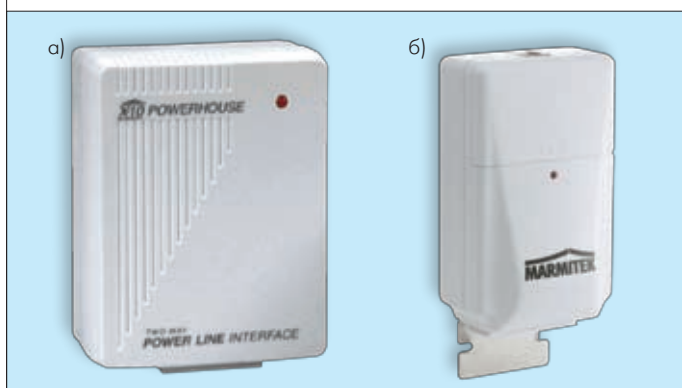


Рис.8. Интерфейсные модули: а – ТW523, б – ХМ10

Отдельное направление развития технологий x10 – создание сторонними разработчиками и OEM-производителями собственных устройств (микрокомпьютерных систем) для управления модулями x10. Такие устройства подключаются к системам x10 с помощью специальных интерфейсных модулей. Пример такого модуля – TW523 [7] (рис.8а). TW523 вставляется в обычную электророзетку, а внешние устройства подключаются к нему через оптически развязанный интерфейс с разъемом RJ11. Модуль TW523 преобразует генерируемые управляющим устройством команды в сигналы, передаваемые по электропроводке к модулям x10. Этот модуль может передавать сигналы и в обратном направлении – от устройств x10 к управляющим компьютерам.

Аналогичный TW523 модуль XM10 (рис.8б) для европейского рынка (электросетей 220 В, 50 Гц) выпускает фирма Marmitek.

В качестве примера устройств, которые можно использовать для управления системами x10 через TW523, можно привести модули, выпускаемые компанией BiPOM Electronics – OEM-партнером фирмы Atmel. Это микрокомпьютерные системы серии MINI-MAX/51 (рис.9) [8] на основе микроконтроллера 8051 производства Atmel. Такие системы могут подключаться к TW523 через периферийную плату X10-1 производства той же BiPOM.

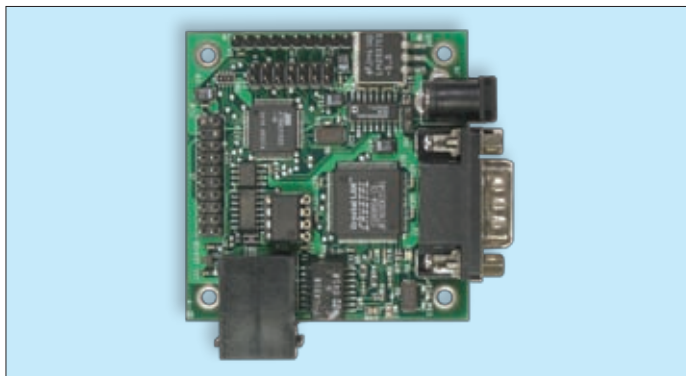


Рис.9. Микрокомпьютерная система MINI-MAX/51-E

Еще одно решение для разработчиков аппаратуры x10 предлагает фирма Micromint. Она выпускает модуль PLIX (Power Line Interface for X-10) [9], который берет на себя ряд функций управления модулями TW523. Дело в том, что TW523 реализует лишь основные функции по обеспечению интерфейса с управляющими компьютерами. Значительную же часть операций по синхронизации, кодированию и декодированию сигналов x10 выполняет центральный микропроцессор. Модуль PLIX отвечает за сложную синхронизацию, связанную с отправкой сигналов в электросеть и их приемом из сети.

В заключение отметим, что, несмотря на свою относительную простоту (скорее даже благодаря ей), x10 является наиболее распространенным стандартом управления "умным

домом" по сетям электропроводки. Отсутствие дополнительных проводов, удобство монтажа, настройки и управления, доступные цены – все это делает x10 пригодным для решения множества задач домашней автоматизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. X10 Powerline Carrier (PLC) Technology. – www.x10.com/support/technology1.htm.
2. Теория передачи данных по электропроводке по протоколу x10. – www.x10.ru.
3. Технология X10. – www.i-home.ru.
4. X10 (industry standard). – [en.wikipedia.org/wiki/X10_\(industry_standard\)](http://en.wikipedia.org/wiki/X10_(industry_standard)).
5. X-10 Home Automation Using the PIC16F877A. – www1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00236a.pdf.
6. Комплект для управления четырьмя нагрузками с персонального компьютера или с универсального пульта. – www.i-home.ru.
7. The X-10 POWERHOUSE Power Line Interface Model #PL513 and Two-way Power Line Interface Model #TW523. Technical note. – <ftp://ftp.x10.com/pub/manuals/technicalnote.pdf>.
8. Controlling and monitoring X10 devices with MINI-MAX and PRO-MAX. – www.bipom.com/documents/peripherals/x10.pdf.
9. Power Line Interface for X-10. – www.micromint.com/datasheets/plix.pdf.

