

Домашняя автоматизация, X-10

Александр Торрес, Харьков

Различные электронные и электрические устройства все больше входят в повседневную жизнь, и рано или поздно возникают вопросы их взаимодействия между собой, централизованного управления ими или наоборот сбор информации.

Существует много подходов и способов решения этих задач, отличающиеся своими возможностями, скоростью обмена информацией и сложностью реализации и, соответственно методами передачи сигналов. Наиболее современным, но и самым сложным, является метод, который иногда называют "**кофемолка, подключенная к Интернету**". На самом деле под этим подразумевают, что устройство имеет некоторый канал связи, в котором реализован протокол tcp/ip, а для управления в самом устройстве реализован telnet или что самое-самое-современное - **Web Server**. И это действительно удобно - для управления достаточно соединения всех устройств (каждая "кофемолка" при этом имеет собственный IP-адрес) в локальную сеть, в т.ч. конечно и домашнего компьютера, и использование для управления обычного www-браузера (Netscape Commander, Internet Explorer, etc.). Сам канал связи может быть обычным Ethernet, RS232, i2c, радиоканал, или любой другой, в том числе и с передачей данных по электропроводке.

Но все это как говорится "высший пилотаж", и о кофеварке, которую Вы можете включить заранее, выходя с работы домой, или о холодильнике, который сам делает заказ продуктов в ближайшем супермаркете по Интернету, мы поговорим в другой раз. А сейчас рассмотрим одну из наиболее старых систем домашней автоматизации, с передачей данных по электропроводке - **X-10**, которая, несмотря на все ее недостатки (малая скорость и отсутствие секретности) тем не менее, очень широко распространена и для которой выпускается масса устройств.

Следует сразу заметить, что название "**X-10**" имеет три значения - это метод модуляции, это протокол передачи сообщений и это название компании-патентодержателя, разработавшей и внедрившей этот метод.

Все X-10 приборы можно условно разделить на 3 категории:

1. **Активные** - они являются генераторами сообщений X-10;
2. **Пассивные** - они могут только выполнять команды X-10;
3. **Активно-пассивные** - они могут выполнять команды X-10, отвечать на запросы других устройств, а также иногда и сами подавать команды другим устройствам.

Примером активного устройства может являться X10-таймер, программируемый вручную с его пульта, и подающий в нужное время команды на другие устройства, или X10-кнопка, размещенная на калитке Вашего загородного дома. Пассивным устройством может быть, например X10-розетка, в которую Вы на ночь включаете обычный электрический чайник, который закипит, когда Вы проснетесь, или же сам X10-чайник, это может быть X10-выключатель, при помощи которого можно дистанционно включать и выключать свет и т.п.

Активно-пассивным устройством может быть персональный компьютер с модулем X-10, управляющий другими устройствами и получающий от них подтверждения или собирающий данные, это может быть датчик температуры воздуха за окном или почвы на ферме, который по запросам выдает свое значение. Это может быть также более интеллектуальный таймер или устройство централизованного управления квартирой (для того, чтобы Вы не отвлекали свой PC на такую "низкую" работу, и могли продолжать спокойно DOOMать). В общем, примеров устройств можно привести массу, необходимо только учитывать ограничение системы X-10 на скорость передачи данных. В этой статье мы кратко опишем суть протокола X-10 и формат сообщений.

Передача сигналов X-10 осуществляется импульсами длительностью 1мс. с частотой заполнения 120 кГц. Начало передачи импульса привязано к моменту прохождения через нуль силового напряжения. В 3-х фазной сети, каждый импульс передается трижды, в момент пересечения нуля каждой фазой. Задержка начала импульса относительно момента перехода через ноль - не более 200 мкс.

Наличие импульса в нужный момент, соответствует передаче единицы, отсутствие - нуля. Структура X-10 сообщений такова, что в ней отсутствуют последовательности одинаковых битов во всех случаях кроме одного.

Сообщение X-10 имеет следующий формат:

<start> <housecode> <function>

где <start> - четыре бита 1110 (это и есть единственный случай, когда три единицы передаются подряд), <housecode> - четыре бита кода квартиры (т.е. группы устройств), <function> - пять бит управления.

В отличие от стартовой последовательности, housecode и function для повышения надежности передаются с большой избыточностью. Каждый бит передается дважды - один раз истинное значение, второй раз инверсное. Например, код 1110 фактически передается как восемь битов 10101001.

Таким образом, передача сообщения занимает $4+2*4+2*5=22$ бита, которые занимают 11 периодов силового напряжения. После передачи сообщения следует пауза в 6 бит (3 периода), за исключением функций DIM, BRIGHT и EXTENDED DATA (см. ниже).

Соответствие housecode и передаваемых битов показано в таблице 1.

Таблица 1

Bits	digit	bits	digit	bits	digit	bits	digit
0110	A	0001	E	0111	I	0000	M
1110	B	1001	F	1111	J	1000	N
0010	C	0101	G	0011	K	0100	O
1010	D	1101	H	1011	L	1100	P

Такой способ кодирования с одной стороны похож на обычный двоичный код (с лидирующим младшим битом), с другой стороны - на код Грея, но на самом деле не является ни тем ни другим. Видимо инженерам компании X10 виднее.

Функции адресации X-10 показаны в таблице 2.

Таблица 2

bits	Command	bits	Command	bits	Command	bits	Command
01100	1	00010	5	01110	9	00000	13
11100	2	10010	6	11110	10	10000	14
00100	3	01010	7	00110	11	01000	15
10100	4	11010	8	10110	12	11000	16

Функции управления показаны в таблице 3

Таблица 3

bits	Command	bits	Command	bits	Command	bits	Command
00101	ON	00011	ALL LIGHTS ON	10001	HAIL REQUEST	11011	STATUS is ON
00111	OFF	00001	ALL UNITS OFF	10011	HAIL ACK	11101	STATUS is OFF
01001	DIM	01101	ALL LIGHTS OFF	101x1	Pre-Set DIM	11111	STATUS REQUEST
01011	BRIGHT	01111	EXTENDED CODE	11001	EXTENDED DATA		

Nail Request передается для того, чтобы узнать есть ли какие-либо X-10 устройства в пределах досягаемости. Найденные активные устройства отвечают передачей команды Nail Acknowledge.

В функции Pre-Set DIM, бит D1 представляет собой старший бит уровня, а 4 бита housecode представляют собой 4 младших бита. На сегодняшний день не известно X-10 устройств, воспринимающих эту команду.

После функций EXTENDED DATA и EXTENDED CODE передаются 8-битные байты данных, между функцией и данными не должно быть никаких пауз.

Разница между функциями CODE и DATA заключается в их интерпретации - в первом случае передаются дополнительные байты команд, во втором - данные, например с аналого-цифрового преобразователя это может быть датчик температуры или подобное устройство.

Для повышения надежности, каждое сообщение передается дважды, с интервалом 6 бит (3 периода), кроме функций BRIGHT и DIM, которые должны передавать слитно.

- a) start-housecode-function-pause-start-housecode-function
- b) start-housecode-DIM-start-housecode-DIM-start-housecode-DIM
- c) start-housecode-ExData-D1-D2-D3-pause

Пример передачи сообщения "включить устройство 5" при housecode="K":

```
1110          start code
01011010     housecode 0011, K
0101011001   функция 00010, выбор устройства 5
000000       пауза 6 бит

1110          повтор start code
01011010     повтор housecode K
0101011001   повтор выбора устройства 5
000000       пауза

1110          start code
01011010     housecode 0011, K
0101100110   функция 00101, ON (включить выбранное устройство)
000000       пауза
1110          start code
01011010     повтор housecode K
0101100110   повтор функции ON
```

В результате, включение устройства 5 занимает 106 бит, или 53 периода, что при частоте 50 Гц составляет чуть больше секунды.

Некоторые команды воздействуют на все устройства:

```
00001 All units off
00011 All lights on
01101 All lights off
```

Технические данные:

Частота несущей	120 кГц, +/- 5%
Точность определения пересечения нуля	100 мкс, +/- 100 мкс.
Длительность передачи бита	1 мс, +/- 50 мкс.
Мощность передатчика	60 мВт, (5 V p-p, на нагрузке 5 Ом.)