

УДК 004.052

А.А. БАРКАЛОВ, Р.В. МАЛЬЧЕВА, Г. МАЙЕРЗИ, А.Р. АРУТЮНЯН

*Донецкий национальный технический университет, Украина*

## АЛГОРИТМ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СЕТЯХ

В статье предложена модификация циклов и алгоритмов приема/передачи битового потока информации, позволяющая увеличить дальность, надежность, помехоустойчивость и скорость передачи данных.

**передача, прием, бит, дальность, скорость, надежность**

### Введение

Современные технологии автоматизации, используемые в промышленных и коммерческих структурах, предполагают наличие сложных разнородных сетей передачи данных, сетей сбора технологической информации.

Одним из критериев построения надежной промышленной сети является простота построения, которая выражается в как можно меньшем содержании промежуточных узлов и элементов при построении сети [1]. В настоящее время набирает силу тенденция построения сети сбора информации с использованием промышленных датчиков со встроенным сетевым интерфейсом [1 – 3]. Одной из ведущих фирм в этой области является фирма Dallas, которая выпускает многочисленный ряд датчиков, имеющих встроенный сетевой интерфейс One Wire [2 – 5]. Несмотря на все преимущества интерфейса One wire, он имеет ряд недостатков: низкая помехоустойчивость, большая зависимость скорости передачи данных от параметров кабеля, отсутствие возможности передачи данных через УАПД.

Перечисленные проблемы можно решить, используя более помехоустойчивые и скоростные интерфейсы для передачи данных от датчиков [6]. Но в этом случае каждый узел однопроводной сети или небольшая подсеть должны содержать преобразователь интерфейсов, таким образом, пропадает вся

простота построения распределенной системы построенной на однопроводных устройствах [2 – 5].

**Целью статьи** является представление ряда способов решить описанные проблемы без изменений канала передачи данных.

### Построение математической модели

Передача данных по каналу связи представляет собой прохождение сигнала через линейную систему [1, 7 – 10].

Динамические характеристики линейной системы с постоянными параметрами можно описать с помощью *весовой функции*  $h(t)$ , иногда называемой *импульсной переходной функцией*. Для произвольного входного сигнала  $x(t)$  выход системы  $y(t)$  задается *интегралом свертки* [9]:

$$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} h(\tau)x(t - \tau)d\tau, \quad (1)$$

т.е. значение выходного сигнала  $y(t)$  является взвешенной линейной (бесконечной) суммой по всей реализации входного сигнала  $x(t)$ .

При достаточно малом  $\Delta t$  интеграл свертки можно представить в виде [10]:

$$y(t) = \sum_{i=0}^{\infty} x(t_i) \tilde{h}(t - t_i). \quad (2)$$

Таким образом, если определить функцию  $\tilde{h}(t)$ , мы получим математическую модель канала дан-

ных, которая легко представима в виде удобном для написания моделирующей программы.

Импульсный отклик находится либо экспериментальным путем, либо обратным преобразованием Фурье частотной передаточной функции кабеля  $h(t) \Leftrightarrow K_p(f)$  [11]:

$$h(t) = 2 \int_0^{\infty} K_p(f) \cos(2\pi ft) df. \quad (3)$$

При работе на частотах до 1 МГц масштаб импульсного отклика целесообразно установить в микросекундах и вычислять отклик на единичный входной импульс  $U\Delta t = 1$  (вольт-микросекунда), при этом масштаб значений импульсного отклика на микросекундной временной оси также будет измеряться в вольтах, а площадь импульсного отклика в (вольт-мкс), как и положено при прохождении импульса в пассивной линейной системе с потерями энергии, будет меньше 1.

Рассмотрим эквивалентную схему однопроводной сети рис. 1 [2, 3].

Устройство с однопроводным интерфейсом (ведомый) на эквивалентной схеме представлено своей входной емкостью  $C_{вх}$ , постоянным разрядным током  $I_{РАЗР}$ , цепью пассивного питания ( $D_{пн}$ ,  $C_{пн}$ ,  $R_{пн}$ ) и рабочим током  $I_p$ . Как видно из эквивалентной схемы, однопроводная сеть является также линейной системой. Следовательно, если мы знаем импульсную характеристику канала связи (кабеля)  $h(t)$ , то

после подключения устройства однопроводным интерфейсом импульсная характеристика будет иметь вид  $a(t)h(t)$ .

Функцию  $\tilde{h}(t)$  можно получить либо экспериментальным путем, либо используя выражение (3).

По полученной функции  $\tilde{h}(t)$  уточним значения  $C_{каб}$ ,  $R_{пн}$ ,  $R_{обп}$ ,  $L_{пн}$ ,  $L_{обп}$  относительно справочных данных.

Для однопроводной сети, представленной на рис. 1, функция  $a(t)$  будет иметь вид:

$$a(t) = 1 - e^{-t(R_{пн} + R_{обп} + R_n)C_{ex}}. \quad (4)$$

Функцию  $\tilde{h}(t)$  можно представить в виде:

$$\tilde{h}'(t) = \tilde{h}'(t-1) + \tilde{h}(t) \cdot a(t). \quad (5)$$

Среднеквадратическое расхождение импульсной функции  $\tilde{h}'(t)$ , полученной по формуле (5) и экспериментальным путем, равно

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{K+1} \cdot \sum_{k=0}^K (\tilde{h}'(t) - \tilde{h}'(t)_e)^2} = 0,03,$$

где  $\tilde{h}'(t)$ ,  $\tilde{h}'(t)_e$  – импульсные функция, полученные по формуле (5); и экспериментальным путем соответственно.

Следовательно, математическая модель передачи сигнала по однопроводной сети будет иметь вид

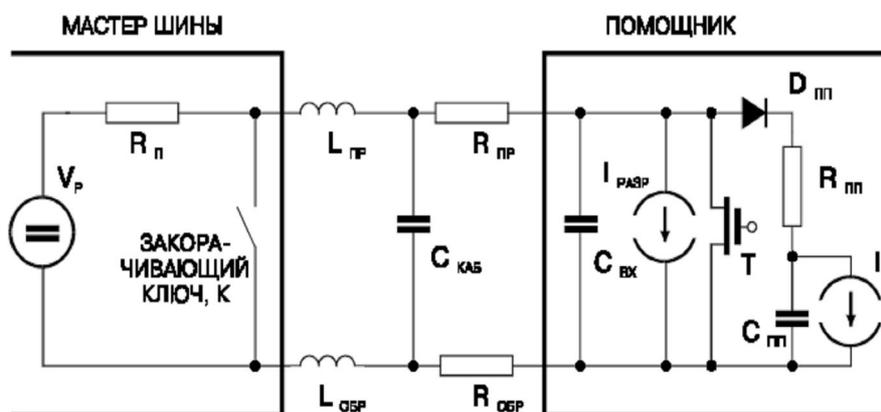


Рис. 1. Эквивалентная схема однопроводной сети

$$y(t) = \sum_{i=0}^{\infty} x(t_i) \tilde{h}'(t - t_i). \quad (6)$$

Полученная модель позволяет разработать рекомендации по повышению надежности однопроводной сети.

### Повышение надежности передачи информации

Повысить надежность передачи данных от ведомых к ведущему можно, если на вход приема информации ведущего поставить инструментальный операционный усилитель и предположить, что общий провод – это инверсная шина, а сигнальный провод – прямая. В такой конфигурации мы защитим принимаемую информацию мастером от синфазной помехи. Также устройствам, которые не являются стандартными, можно добавить на вход приема данных инструментальный усилитель.

Кроме того, надежность передачи информации можно увеличить ведением специальной проверки передаваемого бита. Данная проверка будет завершать цикл передачи и не увеличивает время передачи бита информации. На рис. 2 изображен цикл передачи бита предложенным способом.

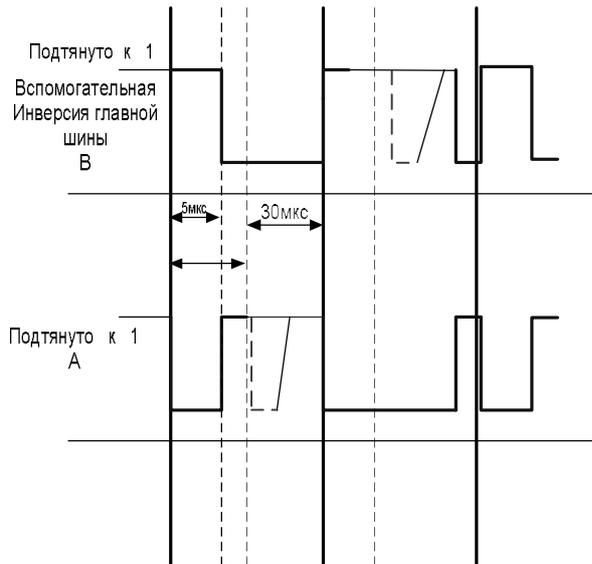


Рис. 2. Цикл передачи бита с проверкой корректности

Приведем блок-схему передачи бита (рис. 3).

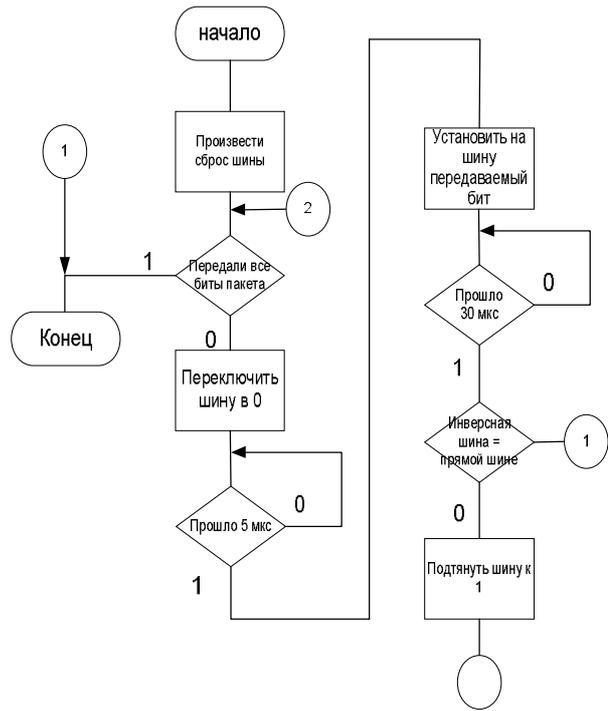


Рис. 3. Блок-схема передачи бита

На корректность проверяется только высокий уровень, так как он наиболее подвержен помехе и его фронт зависит сильно от параметров линии передачи данных – канала. Для проверки передачи как высокого, так и низкого уровня сигнала можно ввести дополнительную инверсную шину.

Скорость передачи можно повысить, если убрать перезаряд шины в единицу, в конце каждого цикла передачи. Цикл передачи изображен на рис. 4.

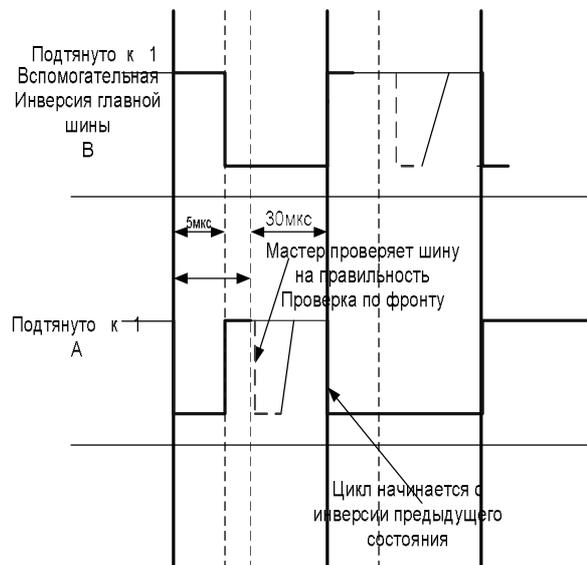


Рис. 4. Передача бита без перезаряда шины

Опишем доработанную блок-схему передачи бита (рис. 5).

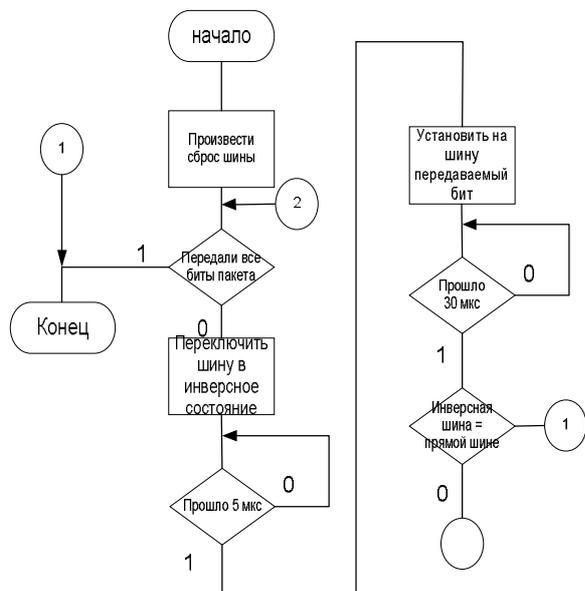


Рис. 5. Блок-схема передачи бита без перезаряда шины

Для модернизации стандартных однопроводных устройств передачи битового потока информации вышеуказанным образом необходимо установить в подсети, содержащей однопроводные компоненты, повторитель, в котором реализованы доработки интерфейса, и который будет также выполнять функции однопроводного ключа.

Для анализа эффективности предлагаемых способов повышения надежности использовалась описанная выше математическая модель передачи сигнала в однопроводной сети. На вход модели подавался импульсно модулированный сигнал с интерфейсом MicroLAN.

На выходе математической модели получался сигнал, прошедший через канал передачи информации. Таким образом, получалась последовательность бит, составляющая пакет в соответствии с протоколом MicroLAN. Далее последовательность бит обрабатывалась программой, моделирующей работу однопроводного узла. В табл. 1 приведены результаты моделирования.

В качестве 1-го теста была взята линия длиной 40м, фронты передаваемых импульсов были практически без задержек (рис. 6).

Второй тест проводился в среде, содержащей помехи терристорных преобразователей (рис. 7), в модели помеха представлялась как наложение на сигнал помехи, имеющей форму, как показано на рис. 7.

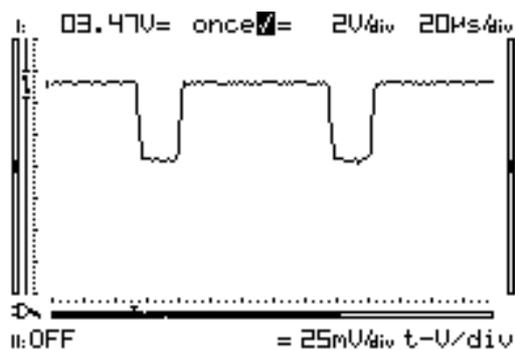


Рис. 6. Передача бита информации при длине шины 40м

Третий тест проводился на линии с длиной 300м и  $R_p$  выбирался таким образом, чтобы в момент чтения высокого уровня шина была на границе между низким и высоким уровнем. Временная диаграмма нарастания фронта приведена на рис. 8.

Таблица 1

Сравнительная характеристика доработанного и недоработанного интерфейса  
(С – стандартный протокол, Д – доработанный протокол)

Тесты	1		2		3	
	С	Д	С	Д	С	Д
Протокол	С	Д	С	Д	С	Д
Количество посылок пакетов в 1сек (длина пакета = 16 бит)	587	642	587	642	587	642
Принято	583	637	492	623	198	345
Скорость, бит/с	9392	10192	7872	9968	3168	5520
Добротность %	99,3	99,2	83,8	97,0	33,7	53,7

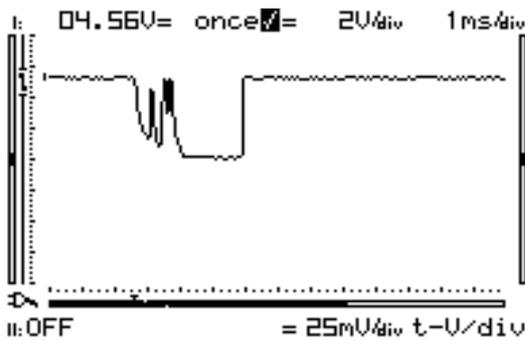


Рис. 7. Влияние тиристорных преобразователей на передачу бита информации

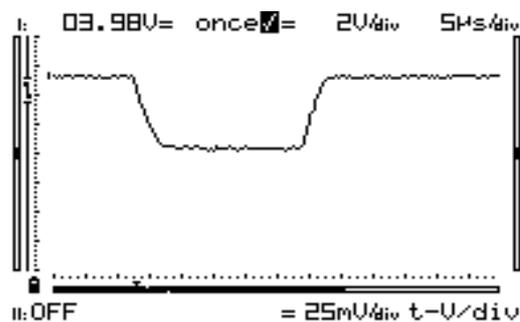


Рис. 8. Скорость нарастания фронтов при передаче бита «0»

### Выводы

В статье предложена модель однопроводной сети, с помощью которой можно проанализировать и исследовать сегмент сети. Анализ сегмента сети необходим для выбора типа кабеля, нагрузочного резистора и количества устройств в сегменте сети. Предложенная модель была экспериментально опробована при построении небольшой сети из 16 узлов диаметром в 250 м.

Также в работе представлен метод повышения надежности передачи информации за счет введения контрольного чтения шины. Предложен вариант ускорения процесса передачи посредством устранения лишних перезарядов шины.

Для модернизации стандартных однопроводных устройств передачи битового потока информации вышеуказанным образом необходимо установить в

подсети, содержащей однопроводные компоненты, повторитель, в котором реализованы доработки интерфейса и который будет также выполнять функции однопроводного ключа.

### Литература

1. Николайчук О. Системы малой автоматизации. – М.: САЛОН-Пресс, 2003. – 256 с.
2. Петров М. Сети MicroLAN. Изд. 2. – М.: Додэка, 1996. – 654 с.
3. Карначев А., Белошенко В., Титиевский В. Микрлокальные сети. – Донецк, 2000. – 382 с.
4. Гусев С. Краткий экскурс в историю промышленных сетей // Компоненты и технологии. – 2000. – № 10. – С. 54-61.
5. Третьяков С.А. Локальные сети микроконтроллеров // Электроника. – 1999. – № 9, 10.
6. Локотков А. Интерфейсы последовательной передачи данных. Стандарты EIA RS-422A/RS-485, СТА // В записную книжку инженера. – 1997. – № 3. – С. 110-119.
7. Shannon C. E. A Mathematical Theory of Communication // The Bell System Technical Journal. – 1948. – Vol. 27. – P. 379-423, 623-656.
8. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. – С.-Пб.: Питер, 2002. – 608 с.
9. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных. – М.: Мир, 1989. – 554 с.
10. Юкио Сато. Обработка сигналов. Первое знакомство. – М.: Додэка-XXI, 2002. – 320 с.
11. Сиберт У.М. Цепи, сигналы, системы. Ч. 2. – М.: Мир, 1988. – 360 с.

Поступила в редакцию 14.03.2006

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.С. Харченко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Харьков.