

# СЕРИЯ LX — ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ И НАДЕЖНЫЕ ПЛК ДЛЯ АСУ ТП

ИЛЬЯ ИЛМАРИН  
ilmarin-text@ya.ru

После ухода с российского рынка западных производителей ПЛК остро встал вопрос о замене оборудования компаний, ушедших с рынка, — разработке и налаживании производства собственных промышленных микрокомпьютеров и периферии, программного обеспечения. Учитывая огромный опыт ведущих производителей в данной сфере, размещение заказов на производство высокотехнологичной продукции в дружественных странах — наиболее экономически оправданное решение.

В сложившейся ситуации ключевую роль играет не только надежность оборудования и стабильность поставок, но и совместимость с уже использующимися средствами автоматизации. В частности — замена и масштабирование существующего парка программируемых логических контроллеров при помощи плат и модулей расширения. В статье рассмотрим ПЛК, предлагаемые «КЕЛИ ПромКомплект» — дистрибутором KELI Sensing Technology.

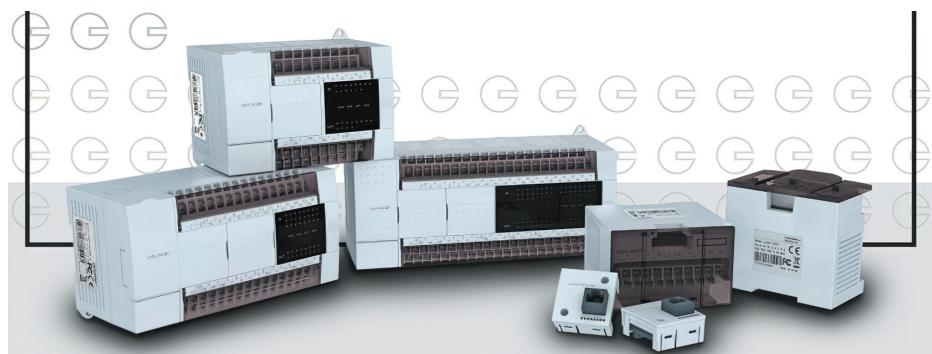


РИС. 1. ▲  
ПЛК серии LX

## ВВЕДЕНИЕ

Программируемые логические контроллеры практически вытеснили релейные схемы управления из промышленных систем автоматизации технологических процессов. ПЛК приме-

няются в тяжелом и легком машиностроении, металлургии, нефтегазодобыче, химическом и пищевом производстве, на предприятиях НПК, в системах пожаротушения, кондиционирования, дымоудаления и вентиляции.

РИС. 2. ▼  
Оборудование для АСУ ТП

Современные ПЛК превосходят электромеханические устройства по всем параметрам: высокая скорость работы, компактные размеры, возможность расширения функций и масштабирования, надежность и устойчивость к вибрациям. Обеспечивают интеграцию в САУ и АИС, что соответствует госпрограмме глобальной цифровизации экономики.

Российская компания «КЕЛИ ПромКомплект» [1] — официальный дилер KELI Sensing Technology, изготавливает под своим брендом на производственных мощностях WECON [2] промышленные логические контроллеры серии LX (рис. 1). Модельный ряд включает ПЛК моделей LX3V, LX5V, LX5S, LX6V, платы и модули расширения (рис. 2).





Завод WECON расположен на территории КНР в городе Фучжоу (провинция Фуцзянь) и специализируется на производстве электронного оборудования для автоматизации — интерфейсов человек-машина (HMI), программируемых логических контроллеров, шлюзов данных, сервоприводов, PID-инверторов. Часть этой продукции уже знакома российским пользователям.

Программируемые логические контроллеры LX3/5/6 (рис. 3) соответствуют ГОСТ Р 51840-2001, МЭК 61131-1,2,3, IEC 61499, СТБ МЭК 61131-1-2004, СТБ IEC 61131-2-2010. Способны работать при стабилизированном напряжении 24 В или в широком диапазоне переменного тока 85–265 В при температурах 0...+55 °C. Поддерживают современные интерфейсы и протоколы RS-422/485, Modbus RTU/TCP, CanOpen, EtherNET/EtherCAT.

Готовы к масштабированию — существует режим Master/Slave, в зависимости от модели имеется до 24/24 входов/выходов с расширением модулями до 256/256 и возможность подключать в кластер до 16 модулей.

Краткие технические характеристики контроллеров приведены в таблице 1.

Маркировка ПЛК показана на рис. 4.

### ПРОГРАММИРОВАНИЕ LX

Для конфигурирования 3-й и 5-й модели используется бесплатное ПО — WECON PLC Editor [3]. Версия 1.2.0 поддерживает стандартный язык МЭК 61131-3 — LD. Установочный файл имеет размер всего 28 Мбайт. Подключение к портам USB либо Com 1 (RS-422). Штатно присутствует симулятор и дебагер. Старшая модель работает со всеми основными языками программирования — помимо IL и LD, доступны FB и FC.

Те, кто программирует исключительно на ST, SFC или FBD, в младших линейках могут воспользоваться программным обеспечением Mitsubishi Melsoft GX Works 2. В этом случае

понадобится кабель-переходник с Mini DIN-8 на DB9F [4]. Основной недостаток — по окончании двухмесячного пробного периода (без ограничений функционала) придется заплатить правообладателю софта приличную сумму для продолжения работы. Впрочем, это ограничение решаемо через реестр.

### БАЗОВЫЕ МОДЕЛИ ПЛК

LX3V (рис. 5) — пользователь получает автоматизацию простых одиночных технологических процессов за минимальную цену — управление ЧПУ, раскроечными и обрезными станками, упаковочным и фасовочным оборудованием, кондиционированием, вентиляцией, освещением,

**РИС. 3. ▲**  
ПЛК LX, модули  
и платы расширения

**РИС. 4. ▼**  
Маркировка ПЛК серии LX



**ТАБЛИЦА 1. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛК LX**

Параметр/модель	LX3V	LX5V/S	LX6V		
Архитектура	ARM				
Процессор	Cortex M3				
Память	64 кбайт (32k-step-LD)	512 кбайт (48k-step-LD)	5 Мбайт		
Скорость выполнения команды, мкс	0,06	0,01–0,03	0,01–0,02		
E-CAT (E-gear), EtherNET/EtherCat	нет	есть			
Установка DB-модулей одновременно	2	2	1		
Кол-во каналов высокоскоростного импульсного входа	2 (до 200 кГц)	8 (до 150 кГц)	4 (до 100 кГц)		
Кол-во каналов высокоскоростного импульсного выхода	2 (до 200 кГц)	8 (до 150 кГц)	4 (до 100 кГц)		
Подключаемых модулей расширения	до 16				
Порты	1 RS-422/485 и 1 RS-485	1 RS-422/485 и 2 RS-485	2 RS-485 Ethernet EtherCAT		
Кол-во шагов программы (LD)	32 000	48 000	—		
Системная память	64 кбайт	512 кбайт	5 Мбайт		
Входов/выходов	8–36/6–24	8/8			
Внешние прерывания, каналов	6				
Прерывания по таймеру, каналов	3				
Кол-во дискретных входов (DI)	8–36	14–36	8–16		
Кол-во дискретных выходов (DO)	6–24	12–24	8–16		
Поддерживаемые типы сигналов	NPN, PNP, TTL				
Интерфейсы и протоколы	RS-422/485, Modbus RTU/TCP, CanOpen, Ethernet				
Программирование	PLC editor (LD)	61131-3LD			



пожарной сигнализацией. В основе архитектуры младшего устройства — популярный ПЛК Mitsubishi FX2N.

В линейке представлены две модели — LX3VP-1616-M-T-4H-D

**РИС. 5.** ►  
ПЛК LX3



**РИС. 6.** ►  
ПЛК LX5



**РИС. 7.** ►  
ПЛК LX6



с питанием от постоянного напряжения 24 В и LX3VP-1616-M-T-4H-A от сети переменного тока 85–265 В. Микрокомпьютеры этой серии имеют 4 высокоскоростных импульсных входа на 200 кГц и транзисторную коммутацию выходов. Ethernet поддерживается только через BD-модуль расширения ETH-BD.

LX5V (рис. 6) используется для автоматизации управления технологическими процессами средней сложности — на производственных линиях полного цикла, трехосевых станках с ЧПУ. Представлен в двух модификациях, приведенных в табл. 2.

Поддерживает Ethernet для программирования и мониторинга параметров, E-CAM и E-Gear, совместим с ModBus, ПЛК (до 16 шт.) и DB-модулями (до 2 одновременно), обеспечивает пропорциональное интегрально дифференцированное (PID) регулирование, 100-канальный таймер. Порты COM1 — RS-422/485, COM2 — RS-485.

LX6V (рис. 7) — новинка [5] 2023 года, флагман модельного ряда. Является развитием LX5. Способен управлять движением, сложными техпроцессами в конвейерном производстве, четырехкоординатными ЧПУ-станками, САУ, системами технического зрения и развитыми климатическими установками. Поддерживает прерывание и циклическое сканирование. Виброзащита соответствует стандарту JISC 0040.

Поддерживает E-CAM/E-Gear, EtherNET, EtherCAT. За счет последнего имеется возможность обслуживать до 256 исполнительных устройств. Работает с протоколом ModBus ASCII в режиме как Master, так и Slave.

Совместим с ПЛК-модулями ввода/вывода (до 16 шт.) и DB-платой расширения, есть функция ПИД-

регулирования. Имеет встроенный RTC, порты LAN, USB и два последовательных разъема RS-485, программную (EMMC) и теговую память по 5 Мбайт, локальную — 512 кбайт, регистровую — 100 кбайт.

Вход на 4 канала / 100 кГц (AB-фаза) позволяет работать с двухкратным или четырехкратным умножением частоты, присутствует фильтр входных данных. Четырехканальный высокоскоростной импульсный выход 200 кГц организован на транзисторах.

Процессор последнего поколения Cortex M7 с архитектурой ARM обеспечивает тактовую частоту 1,8 ГГц. Это обуславливает время выполнения цикла на уровне лучших мировых образцов до 0,01–0,02 мкс, что позволяет обрабатывать до 170 инструкций приложений и до 29 базовых.

## ПЕРИФЕРИЙНЫЕ УСТРОЙСТВА К ПЛК LX

Помимо программируемых логических контроллеров, производится периферийное оборудование для масштабирования функций ПЛК — модули (PLC expansion module) и платы расширения (BD boards). Это повышает гибкость АСУ ТП и позволяет избежать излишних затрат на оборудование.

### Модули расширения для ПЛК LX

В отличие от плат, взаимодействующих с основным устройством, модули (рис. 8) принимают всю вычислительную работу на себя, тем самым снижая загруженность ПЛК.

Серия LX3V — наиболее эффективный способ расширить возможности ПЛК без дополнительной нагрузки на процессор. Модули расширения предназначены для обработки информации от различных датчиков (табл. 3).

Модули аналоговых сигналов предназначены для их сбора и пере-

**ТАБЛИЦА 2. МОДИФИКАЦИИ ПЛК LX5V**

Модель	Количество входов/выходов	Выход	Размеры, мм	Количество счетчиков импульсов	E-CAM	Импульсные выходы	RS-485	Количество плат расширения	Модуль расширения	Питание	Ethernet
LX5V-1412MT-A (D/AN/DN)	14/12	Транзистор	137×107×87	4	Да	4	2	1	Да	AC(DC)	Опционально
LX5S-1616MT4H-A (D/AN/DN)	16/16	Транзистор	175×107×87	6	Да	4	2	2	Да	AC(DC)	Опционально

ТАБЛИЦА 3. МОДУЛИ РАСШИРЕНИЯ СЕРИИ LX3V

Входные данные	Модели MP LX3V	Модели MP LCM
Полевые (аналог) сигналы	4AD, 4DA	
ШИМ-сигналы	4PGA, 4PGB	
Дискретные сигналы (I/O)	8EX, 8EYR, 8EYT, 16EX, 16EYR, 16EYT	16EX, 16EYR
Сигналы тензодатчика	1WT, 2WT, 1WT-L, 2WT-L	2WT
Термодатчики	4PT, 4TC, 4LTC, 8TC	4TC

ТАБЛИЦА 4. ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДУЛЕЙ ЦАП И АЦП

Параметр	LX3V 4AD	LX3V 4DA
Тип конвертера	ADC (АЦП) — аналого-цифровой преобразователь	DAC (ЦАП) — цифро-аналоговый преобразователь
Место установки в ПЛК	вход	выход
Назначение в САУ	Получение сигналов от внешних датчиков (давления, уровня, тензометрических, влажности и др.), анализ и передача их в ПЛК по внутренней шине	передача выходного сигнала от ПЛК исполнительным устройствам, управляемым сигналом 4–20 мА/0–10 В (ПИД-автоматика, вибробистотные погружчики)
Разрешение/напряжение/ток	16 бит/0–10 В/4–20 мА	
Диапазон/шаг токового сигнала		–20 ~ 20 мА/20 мкА
Диапазон/шаг потенциального сигнала		–10...+10 В / 5 мВ

дачи через цифровое преобразование (рис. 9). Устанавливаются на входную/выходную группу. В зависимости от задач выбирается любой канал передачи с независимой покадальной настройкой типа сигнала.

Преобразование рассчитывается по масштабированию шкал через формулу

$$Sig_{4-20} = \frac{Y_2 - Y_1}{I_2 - I_1} \times I + \frac{I_2 \times Y_1 - I_1 \times Y_2}{I_2 - I_1}$$

Линейка представлена модулями ЦАП и АЦП (табл. 4).

Выходные модули ШИМ-сигнала 4PG используются для одно-, двух- и переменно-скоростного управления шаговыми и коллекторными электродвигателями методом импульсной модуляции — ускорением, торможением, скоростью вращения, а также контролируют параметры электромоторов. Имеется две версии — базовая (4PGA) и расширенная (4PGB).

Устройства работают по принципу генератора импульсов — получают цифровые данные от ПЛК и формируют на их основе команды скорости и направления, которые далее преобра-

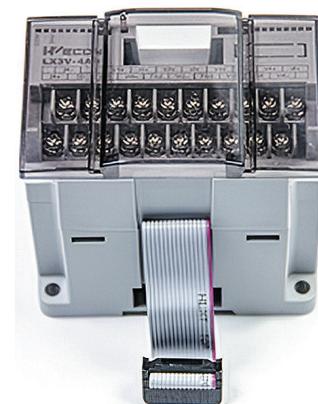


РИС. 8. ◀  
Модуль расширения  
для ПЛК LX

зываются в ШИМ-сигнал для управления двигателями. По необходимости используется прерывание и выполнение запрограммированной функции.

Модули дискретного сигнала применяются для создания условий и реагирования на них устройств, имеющих только два состояния (вкл./выкл.) — кнопок, датчиков, световой и звуковой сигнализации и т. д. Работают по бинарной логике TRUE/FALSE (1/0 — есть сигнал/отсутствует). Входные сигналы замыкают затвор транзистора, который формирует цифровой сигнал одного из двух возможных состояний (открыт/закрыт).

- На дискретном входе используются модели LX3V 8EX, LX3V 16EX, LCM 16EX.
- Для дискретных выходов предназначены модели LX3V 8EYR, 8EYT, 16EYR, 16EYT, LCM 16EYR.

Выход организован на реле или транзисторах. Принцип действия, преимущества и недостатки этих схем указаны в таблице 5.

Модули сигнала тензодатчика WT (табл. 6) применяются в весовых системах. Измеряют сигналы с весовых датчиков путем аналого-цифрового преобразования показаний напряжения тензорезисторного моста. Работают с 6- и 4-проводными (требуются перемычки) сенсорами.

РИС. 9. ▼  
Схема формирования  
сигнала модулем и платой  
расширения LX

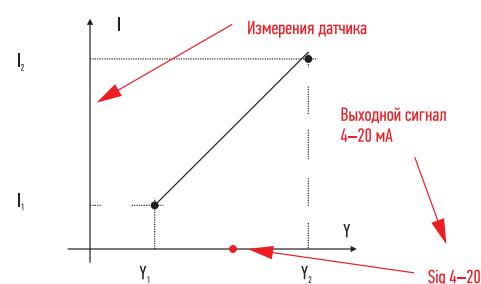


ТАБЛИЦА 5. РЕЛЕ И ТРАНЗИСТОРЫ

	Выход реле	Выход транзистора
Алгоритм работы	Управление силовыми цепями осуществляется слабой логической коммутацией — замыкание вторичной цепи замыкает первичную цепь.	Замыкание затвора транзистора через логическую коммутацию замыкает первичную цепь.
Устойчивость к высокой нагрузке	+	-
Быстродействие	-	+
Надежность	-	+

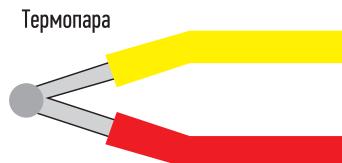


Модули термопреобразователя представлены термосопротивлением LX3V4PT и термопарами LX3V4TC, 4LTC, 8iTC и LCM 4TC (рис. 10, 11). Применяются для контроля температуры агрегатов и процессов, в холодильном и отопительном оборудовании, в системах кондиционирования. Модули термосопротивления

(терморезисторы) измеряют изменение сопротивления пропорционально температуре объекта. Модули термопары измеряют изменение термо-ЭДС биметаллического проводника.

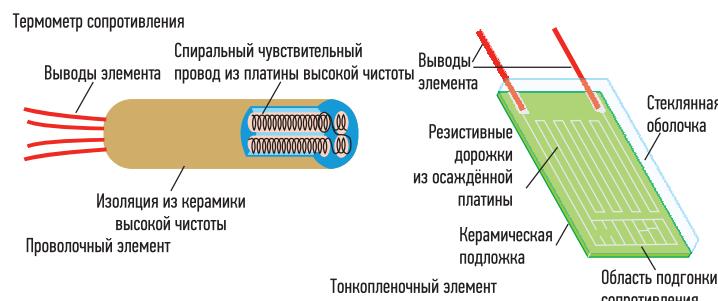
Преимущества и недостатки способов термоконтроля приведены в таблице 7.

**РИС. 10.** ►  
Схема термопары



**ТАБЛИЦА 6. ВАРИАНТЫ ИСПОЛНЕНИЯ ТЕНЗОДАТЧИКА**

Каналы/ Разрешение	18 бит	24 бит (точнее)	Внешний вид
Одноканальный	LX3V 1WT-L	LX3V 1WT	
Двухканальный	LX3V 2WT-L	LX3V 2WT LCM 2WT	



**РИС. 11.** ►  
Схема терморезисторов

ности ПЛК, а не собственный процессор. Также есть ограничения по масштабированию (максимум возможно подключить только две платы), по взаимозаменяемости — совместимость только с аналогичным индексом контроллера (LX3V-/-BD → LX3V; LX5V-/-BD → LX5V) и по ассортименту (отсутствуют BD-Board для ШИМ-сигналов и тензодатчиков).

Поэтому ПР (BD Boards) применяются в случаях, когда функции модулей избыточны для решения инженерных задач, а бюджет ограничен.

Модельный ряд плат расширения для ПЛК LX представлен следующими устройствами:

- для полевых (анalogовых) сигналов — 4ADV-BD, 4ADI-BD, 2DAV-BD, 2DAI-BD, 2ADV2DAV-BD;
- для расширения коммуникационного интерфейса — 2RS-485-BD, LX3VP-ETH-BD, LX5-ETH-BD;
- для обработки данных с температурных датчиков (термопар, терморезисторов) — 2TC-BD, 2PTS-DB.

Платы аналогового сигнала (рис. 12) выпускаются в двух модификациях (DAC/ADC) и с различным количеством (1/2/4) входов/выходов: 4ADV(I)-BD — 4 входа, 2DAV(I)-BD — 2 выхода, 2ADV(I)2DAV(I)-BD 2 входа/2 выхода.

- AD — для получения входящего сигнала (0–10 В или 4–20 мА) от аналоговых датчиков (давления, влаж-

**ТАБЛИЦА 7. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ СПОСОБОВ ТЕРМОКОНТРОЛЯ**

Параметр/Выход	Термосопротивление	Термопара
Диапазон измерения, °C	Узкий: -200...+850	Широкий: -270...+2300
Точность	Высокая. Класс А: ±[0,15+0,002] °C Класс В: ±[0,30+0,005] °C Взаимозаменяемость по стандарту IEC 60751	Низкая. Обычно ±1,1 °C или ±0,4% от измеренного диапазона температур (большее из значений). Зависит от типа ТП и диапазона измерения. Снижается при удлинении провода.
Устойчивость сигнала, стабильность показаний	Устойчивый, высокая. ±0,05 °C по истечении 1000 с работы при $t < +300$ °C. Отклонения повышаются с увеличением температуры. ТС проволочной конструкции стабильнее тонкопленочного	Неустойчивый, низкая. Сильная зависимость от типа термопары, качества кабеля и температуры. Типичное отклонение ±(2–10) °C на 1000 ч работы
Скорость измерения	Ниже	Выше
Скорость реакции при установке в термокармане с погружением в жидкость	Скорость реакции 6-мм датчика прибл. равна скорости реакции термопары	Скорость реакции 6-мм датчика примерно равна скорости реакции терморезистора. Для 3-мм датчика — немного выше
Необходимость калибровки	Не требуется. При необходимости повторно калибруется. Макс. точность — при подгонке датчика и передатчика	Частая калибровка сравнением со стандартной термопарой на месте измерений
Высокое R на 1 °C	Да	Нет
Срок службы (сокращается при высоких температурах)	Многие годы	Частая замена ТП из-за снижения чувствительности
Цена и стоимость эксплуатации	Ниже	Выше

ности, силы, уровня и т. д.) и передачи в ПЛК по внутренней шине.

- DA — для преобразования из «цифры» и передачи аналоговых команд на исполнительное оборудование, управляемое по сигналам в диапазоне 4–20 мА/0–10 В.

Плата расширения интерфейса ETH-BD (рис. 13) предназначены в двух вариантах — для программируемых логических контроллеров LX3 (LX3VP-ETH-BD) и LX5 (LX5-ETH-BD).

- Добавляет интерфейс коммуникации с ПЛК по Ethernet.
- Устанавливается в верхнюю панель ПЛК.
- Поддерживает только протокол MODBUS-TCP.
- Максимальное количество подключений: 8 (независимо от Master/Slave). 2RS485-BD (рис. 14) расширяет интерфейс коммуникации с ПЛК по RS-485.
- Передает данные без протокола (по адресу регистра RS) либо по собственному протоколу, который прописывается в ПЛК.
- Имеет два независимых канала.
- Выпускается в двух модификациях — для LX3 и LX5.

Плата дискретного сигнала LX5V-8Bxx-BD (рис. 15) предназначена для работы с дискретными сигналами по входу или выходу. В зависимости от модификации включает/выключает реле либо формирует выходящие сигналы замыканием затвора транзистора (в цифровой форме он принимает одно из двух состояний: открыт или закрыт). Используется для включения/выключения оборудования (на выходе) с кнопки «старт/стоп» либо датчика О/И (на входе) и аварийной сигнализации.

Маркировка расшифровывается следующим образом (рис. 16):

В моделях с выходом реле первичная цепь включает силовую коммутацию высокой мощности при замыкании первичной. Преимущества такой схемы — в возможности напрямую подключать значительную нагрузку. Недостатки — в сравнительно низком быстродействии и надежности.

С транзисторным выходом первичная цепь коммутации замыкается закорачиванием затвора вторичной. Эта реализация дает высокое быстродействие и надежность, однако проигрывает в мощности подключаемой нагрузки.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛК СЕРИИ LX

Программируемые логические контроллеры серии LX зарекомендовали

себя как быстрые, надежные и удобные в работе ПЛК по доступной цене (20 000–50 000 руб. по состоянию на июль 2023 года) для автоматизированных систем управления технологическими процессами. Эти микрокомпьютеры успешно работают в металлургии, сельском хозяйстве, автомобильной, пищевой и фармацевтической промышленности.

Достаточный выбор периферии расширения дает возможность построить развитую систему цифрового управления процессами (ACY), SCADA и мониторинга, интегрированную в единое информационное пространство объекта.

Доступное конфигурирование как в штатной среде PLC editor, так и стандартными языками программирования позволяет обойтись в настройке собственными силами без привлечения сторонних специалистов.

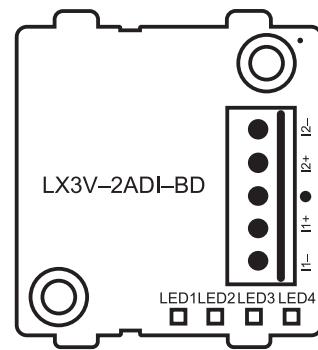
Для тех, кто пишет программы для ПЛК самостоятельно, программисты КЕЛИ ПромКомплект создали обучающее видео по программированию ПЛК серии LX.

Вместе с тем инженеры компании предлагают не только компоненты, но и поддержку своего продукта — монтаж, шефмонтаж, настройку оборудования и обучение персонала клиентов.

Таким образом, практика показала, что использование программируемых логических контроллеров LX не только решает проблему замены электронного оборудования ушедших с российского рынка зарубежных производителей благодаря полной совместимости, но и существенно сокращает бюджет на закупку ПЛК для вводимых в эксплуатацию объектов. ■

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сайт поставщика: [www.plc-keli.ru/](http://www.plc-keli.ru/)
2. Сайт производителя: [www.we-con.com.cn/en/product/3.html](http://www.we-con.com.cn/en/product/3.html)
3. Документация производителя: [www.docs.we-con.com.cn/bin/view/PLC%20Editor/](http://www.docs.we-con.com.cn/bin/view/PLC%20Editor/)
4. Тест на Хабре: [www.habr.com/ru/articles/304752/](http://www.habr.com/ru/articles/304752/)
5. Новостная статья на Прософт. [www.prosoft.ru/news/1797940.html](http://www.prosoft.ru/news/1797940.html)



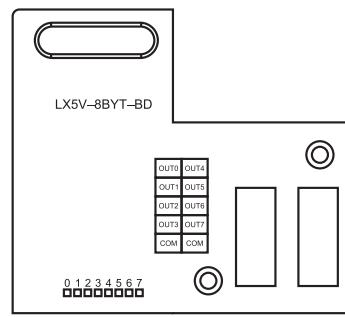
**РИС. 12.** ▲  
Плата аналогового сигнала LX



**РИС. 13.** ▲  
Плата расширения интерфейса ETH-BD



**РИС. 14.** ▲  
Плата расширения интерфейса 2RS485-BD



**РИС. 15.** ▲  
Плата расширения дискретного сигнала LX5

**РИС. 16.** ▼  
Маркировка платы LX5V

## LX5V-8BYT-BD

Model	Numbers of channel	Module type	I/O type	Output type	Product model
LX5V	8 channels	B	Y: Output X: Input	R: Relay T: Transistor	BD board