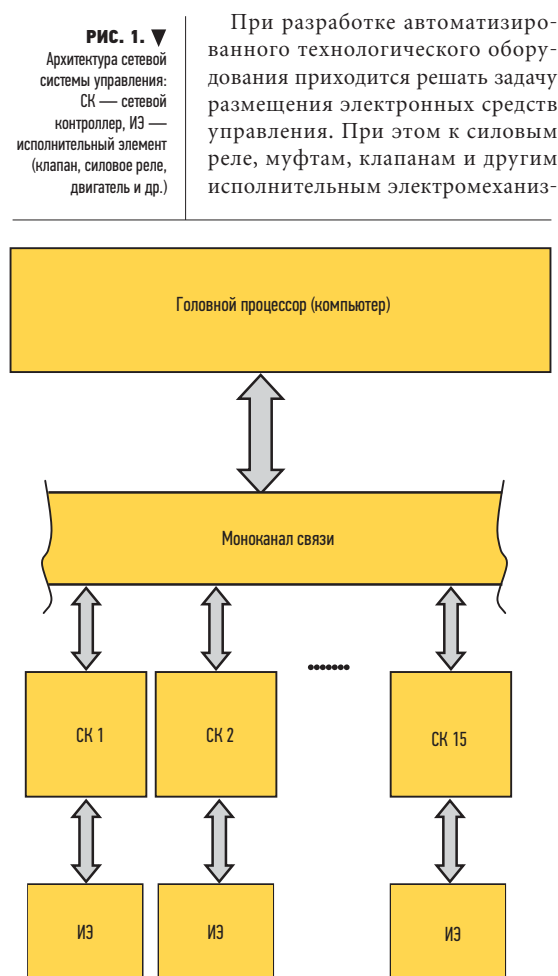


# СЕТЕВЫЕ КОНТРОЛЛЕРЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ

АНДРЕЙ БЕЗЛЮДОВ  
НИКОЛАЙ ГАЙКОВ  
ВЛАДИМИР ЛАНИН  
ВИКТОР ОГЕР  
ГЕОРГИЙ ТРАПАШКО

Для управления шаговыми двигателями в технологическом оборудовании для производства изделий микроэлектроники разработана линейка сетевых контроллеров, которая отличается компактностью, помехозащищенностью, низким энергопотреблением и гибкостью внесения изменений в программное обеспечение нижнего уровня.



мамам зачастую приходится прокладывать силовые кабели. При значительных протяженностях силовых интерфейсов растет их сопротивление, индуктивность и емкость, что накладывает ограничения на частоту изменения управляющего воздействия, так как при высоких частотах управляющие токи в фазах шагового двигателя не успевают достигать номинальных величин. Это ведет к потере тягового усилия, скорости перемещения. Данную проблему можно решить созданием сетевых систем управления, в которых автономные контроллеры управления размещаются вблизи или прямо в конструкциях электромеханических механизмов и с верхним уровнем управления связаны логическими интерфейсами (рис. 1).

## ВЫБОР СЕТЕВОГО КОНТРОЛЛЕРА

Для управления шаговыми двигателями в технологическом оборудовании микроэлектроники разработан ряд контроллеров, имеющих характеристики, указанные в таблице 1.

Дополнительные характеристики контроллера PCI-8102:

- 30 каналов аналогового ввода;
- гальваническая изоляция 2500 В;
- по 16 каналов дискретного ввода и вывода;
- коммутируемый ток 20 мА;

- коммутируемое напряжение 30 В. Важно понимать, что на структурном уровне управление шаговыми двигателями обычно состоит из:

- логической части, обеспечивающей обмен с устройством управления верхнего уровня (например, ПК) и формирование закона движения (например, T- или S-профиль скорости);
- силовой части, обеспечивающей подачу токов в обмотки ШД.

Обычно эти две части разграничены интерфейсом STEP, DIR, представляющим собой две линии дискретного вывода: например, смена состояния из «0» в «1» на линии STEP означает «выполнить шаг», а состояние линии DIR в этот момент определяет направление движения («+» или «-»). В качестве логической части из готовых решений на рынке можно применить, например, PCI-8102. В качестве силовой части из готовых решений на рынке можно использовать TA8435, SMD-1.8 или PSD6056-2p 2-Phase Electric Stepper Motor. Обе части интегрированы в OSM-17RA.

Особенностью применения контроллеров в современных условиях является то, что при реализации новых проектов зачастую необходимо вносить изменения в программное обеспечение (ПО) нижнего уровня. Например, после выхода шагового двигателя на участок линейной скорости необ-

**ТАБЛИЦА 1. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕТЕВЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ**

Модель	PCI-8102	TA8435	SMD-1.8	PSD6056-2p 2-Phase Electric Stepper Motor Driver	OSM-17RA
Производитель	ADLINK Technology (Тайвань)	AVAGO Technologies (США)	НПФ «Электропривод» (РФ)	Shenzhen Just Motion Control Electromechanics (Китай)	ООО «Онитекс» (РФ)
Ток фазы, А		1,5 (средн.), 2,5 (макс.)	0,2–1,8		
Максимальный выходной ток, А				1,4–5,6	1,7
Напряжение питания, В	5; 24	Vcc: 5 (5,5 макс.); Vm: 24 (40 макс.)	12–30	24–50	
Коэффициенты дробления шага		1/1, 1/2, 1/4, 1/8	1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16	1, 1/2, 1/4 и до 1/640	1, 1/2, 1/4, 1/16
Режим удержания, % от макс. тока		100 или 60			
Интерфейс управления		STEP, DIR			STEP, DIR или RS-232, RS-485 — протокол управления Modbus RTU
Габариты, мм		60×45×20	22×55×88	112×79×35	108×73×20



**РИС. 2.** ◀ Линейка контроллеров сетевых систем управления: а) MSCD-64D — контроллер микрошаговый двухфазный двухосный; б) MSCD-256 — контроллер микрошаговый двухфазный; в) CSTL-035 — контроллер периферийных устройств

ходимо выдать на отдельную линию дискретного вывода определенное количество импульсов с определенной частотой. Очевидно, что приведенный пример требует синхронизации с процессом движения, и его проще реализовать тем же контроллером, что управляет движением ШД.

Однако все производители в мире предпочитают отдавать только ПО (драйверы), которое управляет их контроллером, и не рассматривают возможность модификации ПО нижнего уровня самим потребителем. И вариант № 5 здесь не исклю-

чение. При изменении ПО нижнего уровня изделие из серийного превращается в единичное с увеличением стоимости.

Поэтому, используя свой контроллер, можно обеспечить большую гибкость за счет использования собственных интеллектуальных ресурсов при разработке ПО нижнего уровня. В ОАО «КБТЭМ-ОМО» разработана линейка контроллеров для управления шаговыми двигателями (рис. 2). Контроллер микрошаговый двухфазный двухосного привода MSCD-64D показан на рис. 3,



**РИС. 3.** ◀ Селектор адреса



**РИС. 4.** ► Установка автоматизированного контроля дефектности пластин и шаблонов ЭМ-6015М



а технические характеристики контроллеров приведены в табл. 2.

### ПРИМЕНЕНИЕ КОНТРОЛЛЕРОВ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ОБОРУДОВАНИИ

Рассматриваемая линейка контроллеров сетевых систем управления успешно применяется в ОАО «КБТЭМ-ОМО» в установках:

- Автоматизированного контроля дефектности пластин и шаблонов ЭМ-6015М (рис. 4). Данная установка предназначена для автоматизированного обнаружения дефектов и загрязнений на поверхности фотошаблонов, в том числе защищенных с двух сторон пелликлами. Контроль проводится с использованием комбинаций режимов освещения: светлое и темное поле отраженного и проходящего света. Сетевая система управления обеспечивает программное управление работой установки, возможность программирования пользователем маршрута контроля, программную обработку данных о дефектах (изображение, координаты, размеры) с сохранением в базе данных, автофокусировку и ввод с touch-screen дисплея.
- Автоматизированного контроля микроразмеров ЭМ-6239 (рис. 5). Эта установка предназначена для измерения критических размеров (до 0,5 мк) и оценки размеров (до 0,35 мкм) в ультрафиолетовом диапазоне 365 нм (i-линия) на фотошаблонах, защищенных пелликлами с обеих сторон на рамке высотой до 6,5 мм.
- Формирования знаков совмещения на нижнюю сторону пластины ЭМ-5186 (рис. 6). Установка позволяет изготавливать пластины с двухсторонней литографией на традиционном фотолитографическом оборудовании, а также формировать знаки на прозрачных подложках при изготовлении гибридных, оптических и оптоэлектронных приборов, МЭМС и МОЭМС.

Разработанная линейка контроллеров обладает следующими достоинствами:

- компактность расположения внутри механических узлов рядом с исполнительными элементами (двигателями);
- помехозащищенный интерфейс связи RS-485, обеспечивающий

**РИС. 5.** ► Установка автоматизированного контроля микроразмеров ЭМ-6239



**РИС. 6.** ► Установка формирования знаков совмещения на нижнюю сторону пластины ЭМ-5186



**ТАБЛИЦА 2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕТЕВЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ**

Технические параметры		MSCD -64D	MSDC-256	CSTL-035
Габаритные размеры, мм		90×80×30		
Интерфейс последовательной связи		RS-485		
Количество аналоговых входов		4	8	4
Количество каналов управления ШД		2	1	2
Количество микрошагов на период		32	256	32 и 8
Количество входов для датчиков		4	2	2
Внешние входы управления перемещением		4	2	
Количество каналов ШИМ-стабилизации		–	–	4
Тип внешних соединителей	силового питания	WAGO 236-402		
	сетевого интерфейса	RS-485		
	аналоговых и дискретных входов	WF-4R	WF-4R	
	входов для датчиков	IDC-16	IDC-120	AMPMODU 5-103168-4
	ограничения и управления перемещением	PF-50-8	MTA-100/WF-8	MTA100-4
силовых выходов фаз		WF-5R	WF-8R	WF-5R
Напряжение питания, В		12–24		
Ток потребления, А		4		

двусторонний обмен данными всего по одной витой паре проводов, работу с несколькими трансиверами, подключенными к одной и той же линии, большую длину линии связи, достаточно высокую скорость передачи;

- низкое энергопотребление за счет режима импульсного

управления токами в обмотках шагового двигателя и режимов пониженного тока в моменты позиционирования. ●

**ЛИТЕРАТУРА**

- Кенно Т. Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления (DCR). Пер. с англ. М.: Энергоатомиздат. 1987.
- Дж. Смит. Сопряжение компьютеров с внешними устройствами. М.: Мир. 2000.
- Кузьминов А. Ю. Интерфейс RS232: связь между компьютером и микроконтроллером. М.: Радио и связь. 2004.
- Петрунин В. В. Построение автоматизированных систем на основе персонального компьютера для тестирования, настройки, ремонта радиоэлектронной техники // Международный симпозиум «Надежность и качество». Т. 1. Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та. 2005.