

УДК 004:658.5.011(075.8)

ББК 65.050.2

У67

Авторы:

Н.Л. Прохоров, Г.А. Егоров, В.Е. Красовский,
А.М. Андреев, Я.А. Рейзман

Рецензенты:

академик РАН А.Л. Стемпковский;
д-р техн. наук, проф. Л.Г. Гагарина

**Управляющие вычислительные комплексы для промышленной
У67 автоматизации : учеб. пособие / [Н. Л. Прохоров и др.]; под ред.
Н. Л. Прохорова, В. В. Сюзева. — М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана,
2012. — 372, [4] с. : ил. — (Информатика в техническом университете)**

ISBN 978-5-7038-3521-0

Рассмотрены технические и программные средства управляющей вычислительной техники, широко внедряемые для автоматизации технологических процессов в промышленной и непромышленной среде. Описаны промышленные контроллеры, управляющие вычислительные комплексы и локальные промышленные вычислительные сети, обеспечивающие построение современных многоуровневых распределенных систем управления.

Содержание книги соответствует курсу лекций, читаемых в МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Для студентов, обучающихся по направлению «Информатика и вычислительная техника» и специальностям «Управление и информатика в технических системах», «Автоматизация технологических процессов и производств». Может быть полезно аспирантам и инженерно-техническим работникам, занимающимся автоматизацией технологических процессов и производств.

УДК 004:658.5.011(075.8)

ББК 65.050.2

ISBN 978-5-7038-3521-0

© Оформление. Издательство
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	7
СПИСОК ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ	9
ВВЕДЕНИЕ	15
Глава 1. ВВЕДЕНИЕ В ТЕХНИКУ ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ	19
1.1. Особенности построения промышленных управляющих вычислительных комплексов	19
1.2. Этапы развития технологии промышленной автоматизации	29
1.3. Основные тенденции современной технологии автоматизации	36
Вопросы для самоконтроля	44
Глава 2. ПРОМЫШЛЕННЫЕ КОНТРОЛЛЕРЫ	45
2.1. Общие принципы построения промышленных контроллеров	45
2.2. Основные типы контроллеров	69
2.3. Технологическое программирование промышленных контроллеров	83
2.4. Настройка закона регулирования	91
2.5. Примеры разработок ПЛК	97
Вопросы для самоконтроля	132
Глава 3. УПРАВЛЯЮЩИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ	134
3.1. Общие сведения	134
3.2. Управляющие вычислительные комплексы СМ1820М	137
3.3. Построение систем управления на базе СМ1820М	155
3.4. ВСТ-СКВ-метод проектирования микропроцессорных систем	158
3.5. Управление на основе методов нечеткой логики	168
3.6. Интегрированная технология создания автоматизированных систем контроля и управления	171
Вопросы для самоконтроля	184
Глава 4. ПРОМЫШЛЕННЫЕ СЕТИ	185
4.1. Локальные промышленные сети	185
4.2. Реализация промышленных сетей	192
Вопросы для самоконтроля	205
Глава 5. ОПЕРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ	206
5.1. Классификация систем реального времени	206
5.2. Требования к системам реального времени	209
5.3. Показатели производительности систем реального времени	213
5.4. Архитектура ОСРВ	217
5.5. Функциональные требования к ОСРВ	220
5.6. Стандарты ОСРВ	221
5.7. Процессы и потоки	225

5.8. Планирование задач в ОСРВ	228
5.9. Взаимодействие процессов	232
5.10. Управление памятью	238
5.11. Обзор ОСРВ	239
Вопросы для самоконтроля	259
Глава 6. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ	260
6.1. SCADA-системы	260
6.2. Системы управления базами данных	276
Вопросы для самоконтроля	278
Глава 7. ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ КОНТРОЛЛЕРОВ И УПРАВЛЯЮЩИХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАН- НЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ	279
7.1. Современная концепция АСУ производством	279
7.2. АСУТП «Обжиговая машина»	285
7.3. Автоматизированная система контроля энергоресурсов	302
7.4. АСУ подготовкой газа	305
7.5. АСУ подъемно-транспортным оборудованием на горнодобывающих и обогатительных предприятиях	309
7.6. Принципы построения отказоустойчивых УВК	313
7.7. Ближайшие перспективы совершенствования систем и технологий промышленной автоматизации	317
Вопросы для самоконтроля	323
ЛИТЕРАТУРА	324
ПРИЛОЖЕНИЯ	327
П1. Набор инструкций микроконтроллера SAB-C166	327
П2. Библиотека алгоблоков системы программирования CONField	334
П3. Малоканальные контроллеры CM9107	344
П4. Описание интерфейса CompactPCI	347
П5. Сравнение промышленных сетей	359
П6. Лабораторная работа. Система программирования промышленных контроллеров CONField	365

ПРЕДИСЛОВИЕ

В учебном пособии рассмотрен один из основных классов средств вычислительной техники — управляющие вычислительные комплексы (УВК), изучение которых, как правило, является составной частью учебного плана подготовки студентов по направлениям «Информатика и вычислительная техника» и «Информационные системы». В книге систематизированы сведения о современных разработках отечественной управляющей вычислительной техники, ее аппаратных и программных средствах, а также о ее применении для создания автоматизированных систем управления (АСУ).

Настоящее пособие является дополненным и переработанным изданием учебного пособия «Управляющие вычислительные комплексы» (М.: Финансы и статистика, 2003).

Глава 1 является вводной. В ней изложены общие принципы построения современных УВК.

Глава 2 посвящена микропроцессорным промышленным контроллерам (ПК), которые являются массовой продукцией управляющей вычислительной техники. Рассмотрены их элементная база, схемотехника, системы проектирования и вопросы применения. Приведены примеры разработки программируемых ПК, предназначенных для автоматизации управления технологическими процессами (ТП) и соответствующих современным требованиям к сложным системам промышленной автоматики.

В главе 3 УВК рассмотрены на примере семейства УВК СМ1820М, обеспечивающего построение современных многоуровневых распределенных систем управления для крупных промышленных предприятий.

В главе 4 описаны локальные промышленные вычислительные сети, которые обеспечивают интеграцию различных измерительных, вычислительных и исполнительных устройств в единую систему управления ТП. Приведена специфика и дан обзор промышленных сетей.

В главе 5 рассмотрена специфика операционных систем (ОС) реального времени (РВ), которые управляют событиями и распределяют ресурсы ЭВМ в реальном времени, гарантируя директивное время реакции на события, происходящие на управляемом объекте. Отражены основные принципы построения базовых компонентов ОСРВ. Рассмотрены наиболее распространенные ОСРВ, в частности ОС QNX.

В главе 6 дано описание специализированного программного обеспечения АСУТП (SCADA-системы и системы управления базами данных (БД)), основные функции которого — сбор и хранение информации о ТП, интерфейс с оператором, автоматическое управление процессом. Даны описания основных разработок SCADA-систем.

В главе 7 изложены концепция интегрированной АСУ в современном промышленном производстве и системные применения УВК. Общие положения поясняются примерами современных разработок.

Приложение содержит описание промышленного интерфейса CompactPCI, сведения о библиотеке типовых алгоритмов регулирования АСУТП и другие сведения, полезные при проектировании УВК и ПК. Приведенное описание лабораторной работы поможет практическому освоению материала книги.

Управляющая вычислительная техника развивается бурными темпами, идет непрерывное совершенствование технических характеристик различных аппаратных компонентов УВК, поэтому некоторые сведения через непродолжительное время потребуют корректировки. Однако читатель получит достаточно полное представление как о тенденциях развития управляющей вычислительной техники и общих принципах ее проектирования, так и о современном техническом уровне.

Учебное пособие написано сотрудниками ОАО «Институт электронных управляющих машин им. И.С. Брука», Московского государственного технического университета радиотехники, электроники и автоматики и Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. В нем отражен многолетний опыт разработки и внедрения УВК, а также опыт преподавания аналогичного курса в МГТУ МИРЭА и МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Авторы выражают благодарность сотрудникам ОАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука» А.Д. Белоногову, В.И. Глухову, М.А. Островскому и другим за предоставленные материалы о современных разработках УВК и полезные обсуждения, а также Т.В. Сафроновой за подготовку рукописи к изданию. Особая благодарность ректору МИРЭА академику РАН А.С. Сигову за внимание и поддержку этой работы.

Представляя книгу, мы рассчитываем, что она будет полезна студентам и интересна инженерно-техническим работникам соответствующего профиля.

СПИСОК ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АРМ	—	автоматизированное рабочее место
АСКУ	—	автоматизированная система контроля и управления
АСУ	—	автоматизированная система управления
АСУП	—	АСУ предприятием
АСУТП	—	АСУ технологическим процессом
АЦП	—	аналого-цифровой преобразователь
БД	—	база данных
ИБП	—	источник бесперебойного электропитания
ИМ	—	исполнительный механизм
ИНЭУМ	—	Институт электронных управляющих машин
ИТ	—	информационные технологии
ИУСО	—	интеллектуальное УСО
КИП	—	контрольно-измерительные приборы
КИПиА	—	КИП и автоматика
КМОП	—	комплементарная (взаимодополняющая) структура металл — окисел — полупроводник
КТС	—	комплекс технических средств
ЛВС	—	локальная вычислительная сеть
ЛПС	—	локальная промышленная сеть
МЭК	—	Международная электротехническая комиссия
НЖМД	—	накопитель на жестком магнитном диске
НЧ-фильтр	—	фильтр низких частот
ОЗУ	—	оперативное запоминающее устройство
ОС	—	операционная система
ОСРВ	—	ОС реального времени
ПЗУ	—	постоянное запоминающее устройство
ПИД	—	пропорциональный + интеграл + производная [алгоритм регулирования]
ПК	—	промышленный контроллер
ПЛИС	—	программируемая логическая интегральная схема
ПЛК	—	программируемый логический контроллер
ПО	—	программное обеспечение
ППЗУ	—	программируемое постоянное запоминающее устройство
ППО	—	прикладное ПО
ПЭВМ	—	персональная ЭВМ
РМОТ	—	рабочее место оператора-технолога
САПР	—	система автоматизированного проектирования

Список основных сокращений

CAR	— система автоматического регулирования
CPV	— система реального времени
СМ ЭВМ	— система малых электронно-вычислительных машин
СУБД	— система управления базами данных
ТЗ	— техническое задание
ТП	— технологический процесс
ТТЛ	— транзисторно-транзисторная логика
УВК	— управляющий вычислительный комплекс
УСО	— устройство связи с объектом
ЦАП	— цифроаналоговый преобразователь
ЦП	— центральный процессор
ЧИМ	— число-импульсная модуляция
ЧМИ	— человекомашинный интерфейс
ШИМ	— широтно-импульсная модуляция
ЭВМ	— электронная вычислительная машина
ADC	— Analog-to-Digital Converter — аналого-цифровой преобразователь
ANSI	— American National Standards Institute — Американский национальный институт стандартов
APEX	— Advanced Processor Extension [bus] — усовершенствованная процессорная шина расширения
API	— Application Programming Interface — интерфейс прикладного программирования [набор стандартных средств, используемых прикладными программами для запроса и получения обслуживания]
ARM	— семейство процессоров фирмы ARM
ASCII	— American Standard Code for Information Interchange — американский стандартный код для обмена информацией
ATA	— Advanced Technology Attachment — интерфейс ATA [известен под названием IDE]
ATM	— Asynchronous Transfer Mode — асинхронный режим передачи данных [технология высокоскоростной передачи трафика всех видов (данные, голос, видео) в сетях с коммутируемыми каналами]
BIOS	— Basic Input/Output System — базовая система ввода-вывода
CASE	— Computer Aided Software Engineering — системы автоматизированной разработки программ
CD-ROM	— Compact Disk Read-Only Memory — компакт-диск
CORBA	— Common Object Request Broker Architecture — общая архитектура брокера (посредника) запросов к объектам [стандарт]
COTS	— Commercial Of The Shelf — индустриальная технология разработки
cPCI	— CompactPCI — стандарт шины
CPU	— Central Processor Unit — центральный процессор
DAC	— Digital-to-Analog Converter — цифроаналоговый преобразователь
DDE	— Dynamic Data Exchange — [протокол] динамического обмена данными [между процессами]

Список основных сокращений

DDR SDRAM	— Double Data Rate SDRAM — SDRAM с удвоенной скоростью обмена
DIN	— Deutsche Institut für Normung — Немецкий институт стандартов
DLL	— Dynamic Link Library — динамически подключаемая библиотека
DMA	— Direct Memory Access — прямой доступ к памяти
DRAM	— Dynamic RAM — динамическая память с произвольным доступом, динамическое ОЗУ
DSP	— Digital Signal Processor — процессор цифровой обработки сигналов
DVD	— Digital Versatile Disk — цифровой многофункциональный диск [стандарт на компакт-диски]
EBX	— Embedded Board, eXpandable — встраиваемый модуль, расширенный [стандарт для встраиваемых решений]
EIA	— Electronics Industries Association — Ассоциация электронной промышленности
EIDE	— Enhanced Integrated Drive Electronics — усовершенствованный дисковод со встроенным контроллером [стандарт интерфейса накопителей]
EPIC	— Embedded Platform for Industrial Computing — стандарт для встраиваемых решений
EPROM	— Electrical Programming Read Only Memory — ПЗУ с электрической перезаписью, ЭППЗУ
FBD	— Functional Block Diagram — функциональные блок-схемы [графический язык программирования ПЛК]
FDDI	— Fiber Distributed Data Interface — интерфейс для передачи распределенных данных по волоконно-оптическим каналам [стандарт FDDI]
FEPRM	— FlashEPROM
FIFO	— First In, First Out — первым вошел, первым обслужен [порядок обслуживания типа «очередь»]
FROM	— FlashROM
GPS	— Global Positioning System — система глобального позиционирования [через спутниковые ретрансляторы]
GUI	— Graphical User Interface — графический интерфейс пользователя [программа, позволяющая осуществлять визуализацию данных]
HA	— High Availability — высокая готовность
IA-32	— Intel Architecture-32 bit — общее обозначение совместимой сверху вниз 32-разрядной архитектуры процессоров 80386, 80486, Pentium, Celeron и Xeon фирмы Intel
IBM	— International Business Machines Corp. — фирма IBM

Список основных сокращений

IBM PC	— IBM Personal Computer — персональный компьютер типа IBM
IDE	— Integrated Drive Electronics — встроенный интерфейс накопителей
IEC	— International Electrotechnical Commission — Международная электротехническая комиссия, МЭК
IEEE	— Institute of Electrical and Electronics Engineers — Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике, США
IPC	— Inter-Processor Communications — межпроцессорная связь
IRQ	— Interrupt Request Line — линия запроса прерывания
ISA	— Industry Standard Architecture — архитектура промышленного стандарта [другое название AT-Bus — стандарт шины компьютеров типа PC AT]
ISO	— International Organization for Standardization — Международная организация по стандартизации
ISR	— Interrupt Service Routine — процедура обработки прерывания
IT	— Information Technology — информационные технологии, ИТ
I2C	— Inter integrated Circuit — тип последовательного интерфейса
LAN	— Local Area Network — локальная вычислительная сеть
MFLOPS	— Million Floating-Point Operations Per Second — миллион операций с плавающей точкой в секунду [единица быстродействия процессора]
MIPS	— 1) Million Instruction Per Second — миллион команд в секунду [единица быстродействия процессора] 2) Microprocessor without Interlocked Pipeline Stages — микропроцессор без аппаратных блокировок между ступенями конвейера
MMI	— Man-Machine Interface — человеко-машинный интерфейс [интерфейс оператора]
MMU	— Memory Management Unit — устройство управления памятью
MMX	— MultiMedia eXtension — [набор инструкций для] мультимедиа расширения
MS Windows	— операционная система Windows фирмы Microsoft
NFS	— Network File System — сетевая файловая система [набор протоколов для доступа к файловой системе]
NVRAM	— NonVolatile RAM — энергонезависимая RAM [подпитывается от аккумуляторной батареи]
ODBC	— Open DataBase Connectivity interface — открытый интерфейс взаимодействия с базами данных
OEM	— Original Equipment Manufacturer — компания поставщик ПО

Список основных сокращений

OLE	— Object Linking and Embedding — связывание и встраивание объектов [протокол для обмена данными между отдельными приложениями]
OPC	— OLE for Process Control — OLE для управления процессами [производством]
OSI	— Open Systems Interconnection — взаимодействие открытых систем [эталонная модель протоколов передачи данных]
OS/2	— многозадачная ОС для PC-совместимых компьютеров, разработанная фирмой IBM
PC	— Personal Computer — персональный компьютер, ПЭВМ
PCI	— Peripheral Component Interconnection — межсоединение периферийных компонентов [стандарт шины]
PCMCIA	— Personal Computer Memory Card International Association — Ассоциация производителей плат памяти для персональных компьютеров [внешняя шина компьютеров класса NoteBook]
PID-алгоритм	— Proportional/Integral/Derivative — пропорционально-интегрально-дифференциальный алгоритм [регулирования]
PLC	— Programmable Logic Controller — контроллер с программируемой логикой, ПЛК
POSIX	— Portable Operating System Interface for Computing Environments — интерфейс переносимой операционной системы для компьютерного оборудования [набор стандартов для UNIX, определяющий интерфейсы этой ОС]
PPP	— Point to Point Protocol — протокол точка — точка [протокол канала связи с непосредственным соединением]
QNX	— операционная система канадской фирмы QNX Software Ltd
RAM	— Random Access Memory — память с произвольным доступом, ОЗУ
RISC	— Reduced Instruction Set Computer — компьютер с сокращенным набором команд
ROM	— Read Only Memory — постоянное ЗУ, ПЗУ
RTC	— Real-Time Clock — [системные] часы реального времени
SCADA	— Supervisory for Control and Data Acquisition — сбор данных и диспетчерское управление
SCSI	— Small Computer Systems Interface — интерфейс малых вычислительных систем [тип параллельного интерфейса высокоскоростных периферийных устройств (жестких дисков и др.)]
SDRAM	— Synchronous DRAM — синхронное динамическое ОЗУ
SoC	— System-on-Chip — система на кристалле
SPARC	— Scalable Processor Architecture [of RISC Computers] — масштабируемая архитектура процессоров RISC компьютеров
SPI	— Serial Peripheral Interface — последовательный интерфейс [периферийных устройств]
SRAM	— Static RAM — статическая память с произвольным доступом [статическое ОЗУ]

Список основных сокращений

SVGA	—	Super Video Graphics Array — супермассив графической информации [стандарт и реализующий его тип видеоконтроллера]
SVID	—	System V Interface Definition — стандарт на системные вызовы ОС UNIX System V
SQL	—	Structured Query Language — язык структурированных запросов
TCP/IP	—	Transmission Control Protocol/Internet Protocol — протокол контроля передачи данных / интернет-протокол
TETRA	—	Terrestrial Trunked Radio — наземное транкинговое радио, технология [открытый стандарт наземной цифровой подвижной радиосвязи]
TIC	—	Target Independent Code — прикладной независимый код
TTL	—	Transistor-Transistor Logic — транзисторно-транзисторная логика, ТТЛ
UDP	—	User Datagram Protocol — протокол пользовательских дейтаграмм [протокол транспортного уровня из набора протоколов ICP/IP]
UNIX	—	открытая многопользовательская операционная система, разработанная в AT&T Bell Laboratories, США
USART	—	Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter — универсальный синхронно-асинхронный приемник-передатчик
USB	—	Universal Serial Bus — универсальная последовательная шина [стандарт]
VGA	—	Video Graphics Array — стандарт и реализующий его тип видеоконтроллера
VME	—	VersaModule Europe — стандарт шины
Windows NT	—	Windows New Technology — операционная система «новой технологии» семейства Windows

ВВЕДЕНИЕ

В основе жизнедеятельности любой системы — от живого организма до технологического процесса (ТП), от производственного объединения до государства — лежит управление потоками материальных и энергетических ресурсов. Только знания и профессиональное использование законов управления могут обеспечить успешное функционирование систем. В настоящее время наметилось постепенное преобразование постиндустриального общества в информационное. Этот переход можно назвать второй промышленной революцией — информационной, в процессе которой применение законов управления является важнейшим фактором решения не только промышленно-технологических, но и социально-экономических задач. Владение законами управления становится важной социальной и экономической силой, которая в условиях единого информационного пространства и открытых систем является одним из главных факторов национальной безопасности.

Базовой основой автоматизированного управления являются технические и программные средства вычислительной техники — промышленные управляющие вычислительные комплексы (УВК), описанию которых посвящена данная книга.

Наиболее широко применяемыми отечественными УВК являются УВК системы малых электронно-вычислительных машин (СМ ЭВМ), которая стала стандартом отечественных УВК и получила исключительно широкое распространение в самых различных областях производственной, научной и оборонной деятельности. Система малых ЭВМ как система совместимых технических и программных средств начала разрабатываться с 1974 г. путем интеграции научно-технического и производственного потенциала целого ряда стран. Комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по СМ ЭВМ выполнялся более чем 30 институтами и предприятиями СССР, Болгарии, Венгрии, ГДР, Республики Куба, Польши, Румынии и Чехословакии.

В связи с достижениями в разработке и внедрении УВК Институт электронных управляющих машин (ИНЭУМ, с 2008 г. ИНЭУМ им. И.С. Брука) стал головной организацией по разработке СМ ЭВМ, определяющей научно-техническую и производственную политику в данной области и осуществляющей координацию деятельности вовлеченных организаций.

Система малых ЭВМ включала в себя широкий набор базовых моделей мини- и микроЭВМ, базовый ряд процессоров различной производительности и устройств оперативной памяти, широкую номенклатуру устройств внешней памяти, периферийных устройств, а также устройств отображения информации, связи с объектом, телекоммуникационных средств и средств внутримашинной и межмашинной связи.

Одной из важных отличительных особенностей СМ ЭВМ было то, что система включала также промышленные контроллеры и устройства связи с объектом (УСО). Номенклатура входивших в СМ ЭВМ модулей УСО обеспечивала ввод-вывод сигналов со всех промышленно-используемых типов датчиков (дискретных, аналоговых, частотных и др.) и исполнительных механизмов.

Система малых ЭВМ была создана и развивалась по модульному принципу, в соответствии с которым каждая ЭВМ представляет собой комплекс, скомпонованный из отдельных унифицированных модулей. Модуль — функционально и конструктивно оформленное изделие, являющееся минимальной компоновочной частью комплексов СМ ЭВМ.

Комплекс СМ ЭВМ — совокупность технических и программных средств, которые объединены набором принятых в СМ ЭВМ интерфейсов, обеспечивающих эффективность компоновочных решений и функционирования комплекса в широком классе применений. Цель комплексирования — создание вычислительных и управляющих комплексов с требуемыми потребительскими характеристиками по функциональным возможностям, производительности и надежности при рациональных затратах. Комплексы СМ ЭВМ являлись вариантными изделиями и могли выступать в виде универсальных ЭВМ типового состава, УВК, рабочих станций, многопользовательских информационно-вычислительных комплексов, серверных узлов и др. При этом обеспечивалась возможность последующего расширения комплекса путем добавления различных модулей:

- процессоров и сопроцессоров, модулей оперативной и постоянной памяти для наращивания вычислительной мощности;
- накопителей на магнитных дисках и лентах для увеличения емкости внешних запоминающих устройств;
- терминалов при необходимости увеличения числа пользователей;
- контроллеров, мультиплексоров и адаптеров для подключения к различным сетевым структурам.

Кроме того, предусматривалась возможность модернизации на основе замены внешнего запоминающего устройства, устройств печати, устройств отображения информации, средств сетевой поддержки и др. Расширение и модернизация могли выполняться введением новых и дополнительных систем программного обеспечения (ПО).

Программное обеспечение СМ ЭВМ характеризовалось следующим:

- наличие развитого базового системного ПО, в состав которого входили операционные системы (ОС) разделения времени и реального времени, исполнительные, многофункциональные и мобильные ОС, тестовые и диагностические ОС;
- наличие инструментальных средств, с помощью которых можно было создавать и отлаживать ПО для проблемно-ориентированных комплексов с учетом квалификации пользователя;
- наличие функционального системного ПО (системы управления базами данных (СУБД), базовых средств машинной графики, ПО распределенной обработки данных, включая многомашинные комплексы и вычислительные сети).

Были разработаны технические и программные средства, обеспечивающие работу СМ ЭВМ в вычислительных сетях. Комплексы СМ ЭВМ предназначены для работы как в локальных, так и в региональных вычислительных сетях. При построении сетевых комплексов применялись такие открытые технологии локальных вычислительных сетей, как Ethernet (ISO 8802.3), Bitbus, ИЛПС-2 и Profibus (EIA RS-485). Для организации сетей разработан ряд соответствующих функциональных устройств: приемопередатчики, повторители сегментов, коммуникационные контроллеры и др.

Сетевое программное обеспечение СМ ЭВМ позволяло решить все основные задачи сетевого взаимодействия:

- доступ к удаленным файлам с видеотерминалов и из пользовательских программ;
- обмен файлами между узлами сети;
- взаимодействие пользовательских программ, выполняемых в различных узлах сети;
- управление, контроль и проверку функционирования сети и т. д.

Конкретная версия ПО формировалась с учетом конфигурации вычислительного комплекса, размерности сети и сферы применения.

В основу создания технических и программных средств СМ ЭВМ были положены следующие актуальные и сегодня принципы:

- требуемая надежность для соответствующего класса систем автоматизации (технологический процесс, проектирование, научные исследования и др.);
- достаточная производительность для соответствующего класса задач;
- функциональная полнота для соответствующего класса задач;
- коммуникативность (возможность взаимодействия) в сетях ЭВМ на базе различных сетевых технологий и в различных конфигурациях;
- полнота системной программной поддержки;
- программная и аппаратная преемственность вновь разрабатываемых средств по отношению к ранее созданным техническим и программным средствам;
- открытость и возможность развития технических и программных средств;
- простота и эффективность диагностики технических средств;
- оперативный и качественный сервис технических средств;
- доступность по цене.

Разработанные принципы построения, технологии и стандарты СМ ЭВМ охватывают все аспекты унификации элементов, узлов и устройств, конструкций, программных средств СМ ЭВМ с учетом технологических возможностей и мощностей отечественной промышленности. Такая унификация позволила организовать крупносерийное производство и масштабное применение СМ ЭВМ.

В части удовлетворения системным требованиям техническая политика развития СМ ЭВМ определялась следующими направлениями применения:

- УВК, ориентированные на распределенную обработку данных, повышенную отказоустойчивость и использование наиболее массовых и применяемых за рубежом микропроцессоров;

- рабочие станции, позволяющие создавать автоматизированные рабочие места (АРМ) для различных областей применения с близкими к оптимальным значениями отношения «производительность/стоимость»;
- многопользовательские (многотерминальные) информационно-вычислительные комплексы для применений, в которых определяющее значение имеет преемственность и совместимость с ранее разработанным программным обеспечением;
- серверные узлы (файловые, принтерные, вычислительные) локальных и региональных вычислительных сетей, для которых характерна интеграция СМ ЭВМ с другими типами ЭВМ.

Система малых ЭВМ характеризовалась совокупностью таких свойств, как невысокая стоимость, небольшая масса и габариты, малое энергопотребление, развитое ПО для решения задач в различных областях, в первую очередь в системах управления ТП, научных исследованиях и управлении производством. От других типов ЭВМ такие системы отличает модульность исполнения, наличие режима работы в реальном времени, а также развитые средства связи с низовыми средствами автоматизации.

Эти свойства позволяли на основе функционально полного набора технических и программных средств СМ ЭВМ создавать различные системы управления, предназначенные для комплексной автоматизации в таких приоритетных отраслях промышленности, как энергетика, машиностроение, химия и нефтехимия, металлургия и аграрно-промышленный комплекс, а также в непромышленной сфере (в частности, в военной).

В 1970—1980-х годах СМ ЭВМ стала массовым средством вычислительной техники. Номенклатура основных устройств СМ ЭВМ составляла свыше 1000 наименований, включая мини- и микроЭВМ, управляющие, информационно-вычислительные и измерительные комплексы.

С 1974 по 1990 г. было выпущено около 80 тыс. управляющих вычислительных комплексов СМ ЭВМ, а также измерительно-вычислительных комплексов (ИВК) и АРМ широкого назначения на их основе. Системы малых ЭВМ стали технической базой для систем автоматизации научных исследований, проектирования и управления ТП, а также базой автоматизации в непромышленной сфере.

Комплексы СМ ЭВМ явились массовой школой компьютерной грамотности для многих десятков тысяч специалистов, которые знакомились с миром информационных технологий.

В 1990-е годы отечественная компьютерная индустрия, особенно микроэлектроника, испытывала определенные трудности. В связи с этим разработки СМ ЭВМ 90-х годов базировались на импортной элементной базе, но при этом оригинальные комплексные решения позволили создать конкурентоспособные программно-технические средства, обеспечивающие высокую надежность, производительность и совместимость с международными стандартами. Разработанные к настоящему времени семейства промышленных контроллеров и УВК применяются в энергетике, ракетно-космической отрасли, машиностроении, нефтехимии, на транспорте, в медицине, образовании, жилищно-коммунальном хозяйстве.

Глава 1

ВВЕДЕНИЕ В ТЕХНИКУ ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ

Применение УВК для управления технологическими процессами выдвигает особые требования к ним. Для непосредственной связи УВК с технологическим оборудованием нужны устройства сопряжения с объектом. Необходимость работы УВК в реальном масштабе времени предполагает наличие механизмов, гарантирующих заданное время реакции на любое событие в управляемом объекте. Эксплуатация УВК в промышленных условиях требует применения специальной конструкции, защищающей от воздействия неблагоприятной окружающей среды. Поскольку отказ УВК может привести к аварии на управляющем объекте, к ним предъявляются повышенные требования по надежности.

1.1. Особенности построения промышленных управляющих вычислительных комплексов

Основные задачи и функциональные узлы

Управление является необходимой функцией большинства технологических процессов (ТП), в результате которых из сырья под действием энергии различных видов (механической, электрической и др.) получается целевой продукт. На ранних стадиях развития производства работник, исходя из своего опыта, принимал решения по управлению и регулировал подачу сырья и энергии. Он был замыкающим звеном контура управления. По мере усложнения ТП (увеличения числа параметров состояния процесса и темпов их изменения) возможностей работника становилось недостаточно, и он оказывался все менее способным справиться с задачей управления. Существует две общие для ТП задачи, потребовавшие более надежного решения, чем те, что обеспечивали средние человеческие способности:

1) противоаварийная защита (оборудования, источников энергии, используемых материалов, персонала, окружающей среды) — предотвращение выхода контролируемых параметров состояния процесса за допустимые пределы;

2) задача регулирования — поддержание параметров состояния процесса в пределах, обеспечивающих ожидаемый эффект.

Идея использования вычислительной техники для целей управления ТП возникла еще в 1950-е годы. Для управления производственными процессами стали использовать управляющие вычислительные комплексы (УВК). УВК

Вопросы для самоконтроля

1. Какие преимущества дает использование вычислительной техники для управления ТП?
2. Чем отличается состав аппаратных средств УВК от состава аппаратных средств универсальных ЭВМ?
3. Каковы особенности программного обеспечения УВК?
4. Где применяют УВК?
5. Назовите основные этапы развития технологии автоматизации.
6. Рассмотрите типовую конфигурацию ПЛК на ранних этапах их внедрения.
7. Какие преимущества в технологии автоматизации обеспечивает применение полевых шин?
8. Сформулируйте типовые задачи, решаемые системами цеховой автоматизации.
9. Дайте определение понятию «индустриальная технология».
10. Какими средствами достигается высокая готовность системы?

Глава 2

ПРОМЫШЛЕННЫЕ КОНТРОЛЛЕРЫ

Рассмотрены базовые функции промышленного контроллера как устройства управления и его основные компоненты: процессорные модули, модули ввода и вывода аналоговых и дискретных сигналов, средства коммуникации, а также конструкция, обеспечивающая его защиту от воздействий окружающей среды. Даны рекомендации по выбору микроконтроллеров — специальной элементной базы ПК. Приведены сведения об основных языках технологического программирования по стандарту IEC 61131-3. Для определения типовых решений приведены примеры разработок промышленных контроллеров, представленных продукцией основных производителей. Этот круг вопросов является наиболее существенным для разработчика ПК.

2.1. Общие принципы построения промышленных контроллеров

Контроллер (controller) — устройство управления, является автономным программируемым устройством, предназначенным для сбора, обработки, хранения информации и выработки команд управления. В настоящее время контроллеры реализуются на базе микропроцессорной техники. Они заменили релейно-контакторные контроллеры первых поколений и электронные контроллеры на жесткой логике. Их принципиальное отличие состоит в том, что функции контроллера могут программироваться под задачу при унифицированном аппаратном решении.

Функционально контроллер аналогичен УВК. Отличие заключается в том, что УВК имеют большое количество каналов ввода-вывода (десятки тысяч) и большую вычислительную мощность, что определяет соответствующее конструктивное решение: как правило, шкаф, стойка и место размещения — машинный зал. Контроллер рассчитан на значительно меньшее число каналов (порядка сотни) и имеет компактное исполнение, допускающее размещение как в шкафах, стойках в машинном зале, так и на цеховой площадке непосредственно вблизи управляемых агрегатов (по месту), или даже встраивание в управляемое оборудование. Отметим, что, аналогично УВК, контроллеры также могут иметь модульную структуру на базе ЦП и набора УСО. Промышленный контроллер (ПК) применяется в условиях индустриальной среды при значительных колебаниях температуры, вибрациях, электромагнитных помехах, запыленности и т. п.

В рамках данного перечня работ техническая составляющая КТС СИКОН предоставляет достаточно удобные и гибкие средства построения управляющего микропроцессорного комплекса, который может удовлетворить структурным, функциональным, топологическим, технологическим требованиям проектируемой АСУТП. Заложенные в КТС СИКОН технические параметры позволяют оперативно вносить изменения, выполнять переконфигурацию, уточнение, расширение состава управляющего комплекса практически на любой стадии разработки, изготовления, внедрения и эксплуатации каждой конкретной АСУТП.

Программное обеспечение КТС СИКОН, в свою очередь, предоставляет специалистам в области АСУТП обязательные в наше время возможности:

- современный многофункциональный инструментарий организации информационных потоков АСУТП; этот инструментарий доступен инженерно-технологическому персоналу АСУТП и предоставляет возможность достаточно оперативно осуществлять визуализацию информации, ее документирование, создание активных экранных страниц технологических мнемосхем, средств вмешательства в технологический процесс при возникновении внештатных ситуаций. По сути дела, это своеобразный интерфейс между разработчиком-программистом и специалистами по разработке и эксплуатации АСУТП;

- возможность создания надежной, устойчивой исполнительской программной системы, обеспеченной необходимыми средствами диагностики и мониторинга как собственно АСУТП, так и управляемого ТП в целом.

Работы по созданию системы управления стендами для испытаний мощных энергетических установок и автоматизированной системы крупного предприятия по производству химических удобрений наглядно демонстрируют эффективность научно-технических решений, положенных в основу КТС СИКОН. Они имеют принципиальные отличия по технологическим параметрам и задачам автоматического управления. Общим является гарантированная безотказность в заданном интервале времени, четкий мониторинг быстропротекающих процессов, обеспечение безопасной стыковки со взрывоопасными технологиями.

Вопросы для самоконтроля

1. Есть ли разница между микропроцессором и микроконтроллером?
2. Перечислите базовые функции промышленного контроллера.
3. Каковы функции устройств связи с объектом?
4. Назовите типовой состав модулей УСО для УВК СМ1820М.
5. Что входит в состав ПО промышленного контроллера СИКОН?
6. Опишите типовую структуру аппаратных средств модуля ввода аналоговых сигналов.
7. Какие технические характеристики имеют модули ввода аналоговых сигналов для рассмотренных промышленных контроллеров?
8. Перечислите основные особенности архитектуры интеллектуального контроллера МИК СМ9107.

Вопросы для самоконтроля

9. В чем состоит преимущество программирования промышленных контроллеров с использованием алгоблоков?
10. Поясните особенности технологии softPLC и softlogic.
11. Сравните языки программирования ПЛК, стандартизированные МЭК.
12. Какие принципы программирования ПЛК реализует CASE-система ISaGraf?
13. Рассмотрите основные законы регулирования.
14. Как настраивается ПИД-регулятор?
15. Перечислите компоновочные параметры модулей стандарта микроРС.
16. Приведите пример технических параметров серийного ПЛК.

Глава 3

УПРАВЛЯЮЩИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

Системы управления имеют, как правило, иерархическую структуру. Нижний уровень — промышленные контроллеры, связанные с датчиками и исполнительными механизмами; верхний уровень — УВК с рабочими станциями операторов. В данной главе сформулированы основные требования к техническим характеристикам УВК на основе анализа областей применения.

Продукция СМ ЭВМ покрывает большую часть потребностей промышленности в средствах автоматизации. Особенности построения УВК рассмотрены на примере средств СМ 1820М. Приведена методика выбора аппаратных, программных и сетевых средств для компоновки конкретной системы управления, в основе которой лежит математический аппарат нечетких множеств. Рассмотрена интегрированная технология, основанная на инструментальной среде CONField, предназначенная для выполнения ряда важных этапов при разработке проекта АСУ: создания технологических алгоритмов контроллера, программного обеспечения операторских станций, разработки проектной документации.

3.1. Общие сведения

Как отмечалось ранее, области применения УВК — это, как правило, иерархические многоуровневые автоматизированные системы управления производством в реальном времени с распределенной обработкой данных на нижнем уровне и с многотерминальным доступом пользователей на средних и верхних уровнях. Сфера применения УВК охватывает следующие области:

- атомную промышленность и атомную энергетику;
- энергосистемы;
- транспорт (железнодорожный, автомобильный, авиация);
- связь (телефонная, телеграфная, радио, телевидение, спутниковая);
- нефтяную и газовую промышленность (от добычи, транспортирования и переработки до распределения готовой продукции потребителям);
- оборонную промышленность и вооруженные силы;
- охранные системы МВД всех видов и для любых типов объектов;
- медицину (круглосуточное компьютерное наблюдение в стационарах) и телемедицину (оперативная диагностика и консультирование через телекоммуникации);

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите основные требования к УВК для АСУТП.
2. Из каких основных модулей состоит вычислительный блок СМ1820М?
3. Какие ОС могут использовать УВК СМ1820М?
4. Перечислите отличительные особенности и преимущества интерфейса CompactPCI.
Назовите наиболее важные технические характеристики этого интерфейса.
5. В чем суть ВСТ-СКВ-метода проектирования микропроцессорных систем?
6. Какова емкость постоянной программируемой флэш-памяти, используемой в модуле процессора СМ1820М, и для какой цели эта память необходима?
7. Перечислите основные технические характеристики УВК СМ1820М.
8. В чем преимущество управления на основе методов нечеткой логики?

Глава 4

ПРОМЫШЛЕННЫЕ СЕТИ

Рассмотрены локальные промышленные сети, которые обеспечивают интеграцию измерительных, вычислительных и исполнительных устройств в единую систему управления.

Приведена семиуровневая модель взаимосвязи открытых систем – стандарт, на основе которого выполняется интеграция сетевого оборудования и программных средств. Промышленные сети реализуют физический, канальный и прикладной уровни модели. Рассмотрены топология сетей, каналы передачи данных и сетевые устройства, а также методы доступа к среде передачи данных: доступ по расписанию и событийный доступ.

Представлен обзор наиболее распространенных промышленных сетей, таких как ASI, Profibus, CAN, Ethernet и др.; даны их технические характеристики: топология, физическая среда передачи данных, количество узлов и максимальная длина сети, скорость передачи данных и т.д.

4.1. Локальные промышленные сети

Информационный обмен между различными уровнями управления, элементами одного уровня и их интеграция в единую систему осуществляются посредством локальных вычислительных сетей (ЛВС) — систем распределенной обработки данных, охватывающих относительно небольшие территории (до 5...10 км) внутри отдельных предприятий и объединяющих с помощью общего канала связи сотни абонентских узлов. Локальные вычислительные сети (Local Area Network — LAN) можно подключать к другим локальным, а также региональным и глобальным сетям ЭВМ.

Локальные вычислительные сети, обеспечивающие физическую и логическую связь между распределенными промышленными контроллерами, измерительными преобразователями и исполнительными механизмами и их интеграцию в единую систему управления технологическим процессом, называются *локальными промышленными сетями* (Fieldbus — полевая шина).

Семиуровневая эталонная модель взаимосвязи открытых систем

При проектировании современных вычислительных сетей стандарты играют первостепенную роль. Без стандартов пользователи были бы вынуждены покупать все сетевое оборудование от одного производителя, так как оборудование разных производителей могло быть несовместимым. Стандарты

Аппаратные средства для Ethernet очень дешевы и широко доступны. В Ethernet может использоваться множество протоколов передачи, однако самым популярным из них (с которым работает World Wide Web) является TCP/IP. Считают, что в принципе Ethernet в состоянии удовлетворить до 70 % всех потребностей сетевых производственных систем.

Распространению Ethernet как промышленной шины в настоящее время препятствуют, в частности, следующие обстоятельства: обычная сеть Ethernet не обладает такими свойствами, как детерминизм и стабильность электрических характеристик (repeatability); иными словами, гарантия своевременной доставки в традиционной Ethernet отсутствует. Кроме того, необходима разработка надежного разъема в промышленном исполнении.

Во встроенных системах Ethernet обходится значительно дороже, чем, например, CAN. Микросхемы для CAN стоят в среднем не более 1 долл., микросхемы для Ethernet значительно больше. Необходимо учесть еще и тот факт, что поддержка набора протоколов TCP/IP требует значительно больших вычислительных мощностей, так что процессоры тоже должны быть дорогими.

Завершая обзор промышленных сетей, отметим, что одной шины, способной удовлетворить все требования, не существует. Ни одна из шин не может стать доминирующей, поскольку не в состоянии решить всех проблем.

На практике приходится выбирать из нескольких приемлемых вариантов, основываясь на технических требованиях к реализуемой системе автоматизации, на сравнении характеристик устройств и изучении сведений о поставщиках.

Система управления производством реализуется в общем случае на основе иерархии промышленных сетей. На данный момент, как правило, целесообразно использовать комбинированный вариант, где сетью уровня устройств ввода-вывода является, например, CAN, а уровень диспетчерского контроля реализован на Ethernet.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите основные требования к промышленным сетям.
2. В чем отличие модели Fieldbus-систем от универсальной OSI-модели?
3. Поясните работу канала связи в соответствии с дисциплиной «Доступ по расписанию».
4. В чем преимущества произвольного (событийного) доступа?
5. Дайте сравнительную характеристику шин CAN, Modbus, Profibus.
6. Какова типовая структура пакета, передаваемого по ЛПС?
7. Поясните назначение специализированных сетевых устройств.

Глава 5

ОПЕРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

В УВК используются специализированные операционные системы — операционные системы реального времени (ОСРВ). Принципиальным требованием к ОСРВ является гарантированное время реакции на внешние события, происходящие на управляемом объекте.

В главе рассмотрены основные особенности ОСРВ, отличающие их от ОС общего назначения, сформулированы функциональные требования к ОСРВ. Рассмотрены наиболее важные параметры, характеризующие реактивность ОС, такие как время задержки прерывания, время переключения задач и др.

Важной особенностью современных ОСРВ является микроядерная архитектура. В микроядро включаются только самые необходимые функции по управлению памятью и по взаимодействию процессов. Рассмотрены такие вопросы, как планирование задач в ОСРВ, организация взаимодействия процессов, управление памятью. Приведены стандарты, которым соответствуют ОСРВ. Описаны наиболее распространенные ОСРВ: QNX, Lynx OS, VxWorks, OS-9, а также расширения реального времени для ОС Linux и Windows NT.

5.1. Классификация систем реального времени

Вычислительная система реального времени (СРВ) может быть определена как аппаратно-программный комплекс, выполняющий свои функции и реагирующий на внешние события в пределах предсказуемого (гарантированного) времени. В общем случае СРВ должна обеспечивать управление ТП или объектами управления с возможностью реагирования на внешние события при обработке больших объемов информации, поступающей от объекта управления.

Правильность функционирования СРВ зависит не только от логической корректности вычислений, но и от времени, за которое эти вычисления выполняются. Эти системы должны в предсказуемое время обеспечивать реакцию на любые непредсказуемые по времени внешние события. Отсюда вытекает главное свойство СРВ — предсказуемость. Для событий, происходящих в таких системах, важно время, когда эти события происходят, и их логическая корректность.

Система работает в реальном времени, если ее быстродействие адекватно скорости протекания физических процессов на объектах контроля или управления (имеются в виду процессы, непосредственно связанные с функциями, выполняемыми конкретной СРВ). Система управления должна собрать данные, выполнить их обработку по заданным алгоритмам и выдать управляющее воздействие за такой промежуток времени, который обеспечивает успешное выполнение поставленных задач.

Время реакции и требуемая пропускная способность СРВ определяются спецификой приложений реального времени.

Вопросы для самоконтроля

- указатель на хранилище файлов (чаще всего, это просто локальный каталог, но может быть и сетевым ресурсом);
- принадлежность к группе для упрощения обращения сразу к нескольким компонентам как к целому.

Сама БД управляется СУБД MS SQL Server и может быть расположена как локально на компьютере разработчика, так и на сервере.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем отличие ОСРВ от ОС общего назначения?
2. Что такое время обслуживания прерывания и время переключения задач?
3. Какие специальные механизмы реального времени используют ОСРВ?
4. В чем состоят преимущества построения ОСРВ на основе архитектуры микроядра?
5. Перечислите особенности ОСРВ QNX.
6. Каковы расширения реального времени для ОС Linux?
7. Назовите основные принципы построения ОСРВ VxWorks.
8. Какие возможности предусмотрены в Windows NT для поддержки реального времени?
9. Каким основным международным стандартам должна удовлетворять ОСРВ?

Глава 6

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Основные функции такого ПО — сбор и хранение информации о технологическом процессе, интерфейс с оператором, автоматическое управление процессом. Показаны характерные особенности SCADA-систем на основании обобщения сведений о наиболее распространенных системах: Genesis 32, In Touch, Trace Mode и др. Рассматриваются такие функции SCADA-систем, как отображение объектов, обработка особых состояний, построение трендов, управление переменными и др. Обсуждается стандарт OPC — технология интеграции SCADA-системы и промышленных контроллеров. Рассматривается взаимодействие SCADA-системы и СУБД, а также особенности СУБД, связанных с процессами реального времени.

6.1. SCADA-системы

Основные понятия

При построении АСУТП выделяют два самостоятельных уровня:

- 1) промышленных контроллеров (непосредственное управление), на котором замыкаются самые «короткие» контуры управления производством с гарантированным временем реакции порядка 100 мс и меньше;
- 2) автоматизированных рабочих мест (уровень диспетчерского управления), на котором осуществляется оперативное управление ТП с временем реакции от 1 с.

Технические средства (а соответственно, и программирование) уровня непосредственного управления с самого начала не отличались единообразием. В настоящее время номенклатура аппаратных средств не уменьшается, но в отношении их программирования проводится некоторая унификация (см. разд. 2.3).

На уровне диспетчерского управления аппаратные средства с самого начала базировались (и продолжают базироваться) в основном на ПЭВМ класса IBM PC. Однако в программной поддержке этого уровня не было единообразия, как и на уровне контроллеров. По мере накопления опыта разработок оказалось, что задачи, стоящие перед создателями уровня диспетчерского управления АСУТП, имеют много общего во всех областях деятельности и легко поддаются унификации.

Используемый алгоритм упаковки информации является алгоритмом сжатия без потерь, сохраняющим высокое разрешение и качество данных;

- *SQL с поддержкой временных параметров.* Обычный язык SQL не поддерживает временные характеристики данных. В нем нет никаких средств контроля времени поступления данных. IndustrialSQL расширяет возможности SQL, обеспечивая, например, основу таким временным функциям, как частота изменения и интегральные вычисления на сервере;

- *открытая и гибкая БД.* Мощная и гибкая БД IndustrialSQL Server поддерживает доступ к информации реального времени и архивным данным любыми программными средствами.

IndustrialSQL Server использует все возможности Microsoft SQL Server, в том числе и такие, как интерфейсы для обмена электронной почтой, публикации данных в Internet, репликация и служба дистрибуции для распространения информации в другие приложения БД Microsoft SQL Server и Oracle.

Системные требования приведены ниже:

Общее количество тэгов (50 % аналоговых, 45 % дискретных, 5 % строковых)	Конфигурация IndustrialSQL Server
---	--------------------------------------

500	Pentium II 400 МГц, 256 Мбайт RAM
5 000	Pentium III 866 МГц, 256 Мбайт RAM
25 000	Pentium III 933 МГц, 2 × 1 Гбайт RAM
100 000	Pentium III 733 МГц, 4 × 1 Гбайт RAM

Вопросы для самоконтроля

1. Какие основные функции реализуются ПО операторских станций АСУТП?
2. Что означает термин SCADA?
3. Какие средства имеют SCADA-системы для отображения объектов ТП?
4. Что такое особые состояния и как происходит их обработка?
5. Рассмотрите работу с переменными (тэгами).
6. Поясните назначение OPC-сервера.
7. Каковы требования к СУБД, которые применяются в АСУТП?

Глава 7

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ КОНТРОЛЛЕРОВ И УПРАВЛЯЮЩИХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Рассмотрена концепция интегрированной АСУ в современном промышленном производстве. Общепринятая модель АСУ предприятия включает пять уровней управления. Основные задачи управления решаются на трех нижних уровнях, составляющих АСУТП: уровень датчиков и исполнительных механизмов (нулевой), уровень контроллеров (первый) и уровень диспетчерского управления (второй).

Тенденция в области промышленной автоматизации направлена на приближение интеллекта к низовому технологическому оборудованию. Основой интеллекта, встраиваемого в датчики, приводы и т. п., является микроконтроллер. Перспективные системы автоматизации цехового уровня — распределенная среда на основе интеллектуальных устройств и объединяющая их полевая шина. Современной стратегией построения информационной среды предприятия является стратегия «прозрачного производства» с использованием Web-технологий — получение данных со встроенных в контроллеры Web-серверов.

Приведены примеры автоматизированных систем управления современными промышленными предприятиями.

7.1. Современная концепция АСУ производством

В современном промышленном производстве все большее значение приобретает возможность оперативного доступа к достоверной и точной информации из любой точки управления производством, поскольку это определяющим образом влияет на эффективность работы предприятия, включая производительность труда, качество и конкурентоспособность выпускаемой продукции. Данная проблема решается, как отмечалось в подразд. 2.1, путем создания интегрированной многоуровневой распределенной АСУ. Рассмотрим современную концепцию АСУ производством подробнее.

Несмотря на значительное разнообразие конфигураций реальных систем автоматизации, создающихся в рамках задач различного масштаба с уникальными техническими, экономическими и организационными ограничениями и требованиями, существует единая общепринятая модель их организации.

Интегрированная система автоматизации предприятия может быть представлена в виде пятиуровневой пирамиды (рис. 7.1).

Вопросы для самоконтроля

1. Опишите современную модель иерархической структуры АСУТП.
2. Назовите набор сигналов ввода-вывода поста автоматики дымососа.
3. В чем заключаются преимущества программирования с использованием алго-блоков?
4. Какие алгоблоки используются для контура стабилизации параметра?
5. Каков должен быть, на ваш взгляд, состав инструментальной среды для программирования ПЛК?
6. Как работает автоматизированная система управления объектом энергоснабжения на базе СМ1820М?
7. Какие характеристики надежности имеет дублированный УВК на базе СМ1820М?
8. В чем преимущества троированной структуры?
9. Как вы представляете перспективы развития технологий автоматизации?

ЛИТЕРАТУРА

1. Анашкин А.С., Кадыров Э.Д., Харазов В.Г. Техническое и программное обеспечение распределенных систем управления. СПб., 2004.
2. Андреев Е.Б., Куцевич Н.А., Синенко О.В. SCADA-системы: взгляд изнутри. М.: РТ Софт, 2004.
3. Анзимиров Л.В. Тенденции мирового рынка промышленной автоматизации // Автоматизация в промышленности. 2003. № 4.
4. Аристова Н.И., Корнева А.И. Промышленные программно-аппаратные средства на отечественном рынке АСУТП. М.: ООО Изд-во «Научтехлитиздат», 2001.
5. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. М.: Наука, 1966.
6. Глухов А.В. Использование SCADA-технологий в АСУТП на базе ПТК СМ1820М // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Электронная вычислительная техника. 2005. Вып. 2.
7. Глухов А.В., Павловский В.Е., Красовский В.Е. Проектирование структур программно-технических комплексов с использованием аппарата нечетких множеств // Датчики и системы. 2007. № 7.
8. Горин А.Е., Каневский А.Ф. Базы данных реального времени в системах автоматизации производства // Промышленные АСУ и контроллеры. 2003. № 12.
9. Гусев С.А. История развития промышленных сетей // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2001. № 2.
10. Дейтел Х.М., Дейтел П.Дж., Чофнес Д.Р. Операционные системы. Основы и принципы: Пер. с англ. М.: ООО «Бином-Пресс», 2006.
11. Деменков Н.П. Языки программирования промышленных контроллеров. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004.
12. Деревяго Е.В. Инструментальные средства создания компьютеризированных систем высокой готовности // Промышленные АСУ и контроллеры. 2001. № 12.
13. Десять главных тенденций в области управления технологическими процессами (дайджест) // Приборы и системы управления. 1999. № 5.
14. Дрейзин В.Э., Шишков И.Н. Проблемы создания АСУТП на базе современных программно-технических комплексов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2002. № 12.
15. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений: Пер. с англ. М.: Мир, 1976. 165 с.
16. Идеи открытых систем в разработках промышленных контроллеров / О.В. Сердюков, А.Н. Тимошин, С.А. Кулагин и др. // Промышленные АСУ и контроллеры. 2002. № 11.

17. *Ицкович Э.Л.* Методика достижения рационального уровня автоматизации производства // Автоматизация в промышленности. 2008. № 3.
18. *Каманцев А.В., Иванова О.П.* PC-совместимые контроллеры: плюсы и минусы // Автоматизация в промышленности. 2003. № 4.
19. *Каманцев А.В., Конкин В.Б., Иванова О.П.* Процессорные платы для промышленных и встраиваемых систем: решения на базе Intel Celeron и Via EDEN // Автоматизация в промышленности. 2003. № 10.
20. *Кангин В.В., Козлов В.Н.* Аппаратные и программные средства систем управления. Промышленные сети и контроллеры. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.
21. Комплекс аппаратно-программных средств для управления технологическими процессами. Семейство СМ СИКОН / Н.С. Данилов, В.Л. Зиновьев, Н.Д. Кабанов и др. // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Электронная вычислительная техника. 2005. Вып. 2.
22. *Красовский В.Е., Прохоров Н.Л., Тювин Ю.Д.* Надежность управляющих ЭВМ. М.: МИРЭА, 2002.
23. *Кругляк К.В.* Промышленные сети: цели и средства // Автоматизация в промышленности. 2003. № 11.
24. *Матвейкин В.Г., Фролов С.В., Шехтман М.Б.* Применение SCADA-систем для автоматизации технологических процессов. М.: Машиностроение, 2000.
25. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления / Под ред. Н.Д. Егупова. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.
26. Новый комплекс технических и программных средств СМ1820М для АСУТП / Н.Л. Прохоров, А.В. Глухов, И.И. Бабанов и др. // Приборы. 2006. № 3.
27. *Островский М.А., Рейзман Я.А., Красовский В.Е.* Промышленные контроллеры МИК СМ9107 — единый подход к решению широкого спектра задач автоматизации // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Электронная вычислительная техника. 2005. Вып. 2.
28. *Потапова Т.Б.* «Аксиомы» интеграции АСУТП // Автоматизация в промышленности. 2003. № 9.
29. *Пройдаков Э., Теплицкий Л.* Англо-русский толковый словарь по вычислительной технике, Интернету и программированию. М.: Русская редакция, 2004.
30. *Пятницкий А.В.* Выбор решений в формате PC/104 // Автоматизация в промышленности. 2008. № 3.
31. *Рейзман Я.А.* Новая методология и технология разработки компонентов для задач автоматизации цеховой площадки // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Электронная вычислительная техника. 2005. Вып. 2.
32. СМ ЭВМ: комплексирование и применение / Г.А. Егоров, В.В. Родионов, М.А. Островский и др.; Под ред. Н.Л. Прохорова. М.: Финансы и статистика, 1986.
33. *Станковский Д.П.* Построение эффективных промышленных АСУТП по принципу детского конструктора // Автоматизация в промышленности. 2003. № 2.
34. *Страшун Ю.П.* Основы сетевых технологий для автоматизации и управления. М.: МГТУ, 2003.
35. Управляющие вычислительные комплексы / Н.Л. Прохоров, Г.А. Егоров, В.Е. Красовский и др. М.: Финансы и статистика, 2003.

Литература

36. Управляющие вычислительные машины в АСУ технологическими процессами: В 2 т. / Под ред. Т. Харрисона: Пер. с англ. М.: Мир. Т. 1. 1975; Т. 2. 1976.
37. Управляющие системы и автоматика / Д. Шмид, А. Бауман, Х. Кауфман и др. М.: Техносфера, 2007.
38. *Фельдман В.М.* Вычислительный модуль для встроенных и мобильных средств на базе микропроцессора 1891ВМ3 // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Электронная вычислительная техника. 2009. Вып. 3.
39. *Чадаев В.М.* Стратегия автоматизации // Автоматизация в промышленности. 2003. № 1–3.
40. *Шагурин И.И., Бердышев Е.М.* Процессоры семейства Intel P6. М.: Изд-во «Горячая линия — Телеком», 2000.

Учебное издание

Информатика в техническом университете

Прохоров Николай Леонидович
Егоров Геннадий Алексеевич
Красовский Виктор Евгеньевич
Андреев Арк Михайлович
Рейзман Яков Александрович

**УПРАВЛЯЮЩИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ
ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ**

Редактор *Н.Е. Овчеренко*
Технический редактор *Э.А. Кулакова*
Художник *Н.Г. Столярова*
Корректор *О.В. Калашикова*
Компьютерная графика *О.В. Левашовой*
Компьютерная верстка *О.В. Беляевой*

Оригинал-макет подготовлен
в Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Сертификат соответствия № РОСС RU. АЕ51. Н 16228 от 18.06.2012

Подписано в печать 29.06.2012. Формат 70×100 1/16.
Усл. печ. л. 30,55. Тираж 500 экз. (1-й з-д 1—150).
Заказ

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана.
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5, стр. 1.
E-mail: press@bmstu.ru
<http://www.baumanpress.ru>

Отпечатано в типографии МГТУ им. Н.Э. Баумана.
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5, стр. 1.
E-mail: baumanprint@gmail.com