

УДК 004.4  
ББК 32.965.7  
С54

### Рецензенты

*Ю.А. Купеев*, кандидат технических наук, профессор  
*Е.Н. Ивашов*, доктор технических наук, профессор

**Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М.**  
С54 Системы числового программного управления: Учеб.  
пособие. – М.: Логос, 2005. – 296 с.

**ISBN 5-98704-012-4**

Представлены архитектурные решения локальных систем числового программного управления, дан анализ вариантов их интеграции на системном и прикладном уровнях. Рассмотрены особенности новейшего поколения систем ЧПУ. Основное внимание уделено модульному построению однокомпьютерной системы ЧПУ и принципам взаимодействия модулей в рамках открытой архитектуры. Представлены все разделы прикладного программного обеспечения систем ЧПУ. Показано, каким образом понятия предметной области (интерпретатор, интерполятор, языковой процессор и др.) соотносятся с понятиями программирования (объектный тип, атрибут, операция и др.). Охарактеризованы функциональные возможности современных систем ЧПУ.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 210200 «Автоматизация технологических процессов и производств», направлению 550200 «Автоматизация и управление» и магистерской программе 550207 «Распределенные компьютерные информационно-управляющие системы». Может быть полезна преподавателям, аспирантам и специалистам.

УДК 004.4  
ББК 32.965.7

ISBN 5-98704-012-4

© Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М., 2005  
© «Логос», 2005  
© Университетская книга, 2005

## Оглавление

Список сокращений .....	10
Предисловие .....	13
Введение .....	14
<b>Глава 1. Классификация систем управления .....</b>	<b>17</b>
1.1. Современный мировой уровень архитектурных решений в области ЧПУ .....	17
1.1.1. Системы CNC и PCNC-1 .....	19
1.1.2. Системы PCNC-2 .....	21
1.1.3. Система PCNC-3 .....	23
1.1.4. Системы PCNC-4 .....	22
1.2. Интеграция на основе открытого управления и стандарта OPC (OLE for Process Control) .....	32
1.2.1. Представление об открытом управлении .....	32
1.2.2. Системы SCADA .....	36
1.2.3. Стандарт OPC .....	38
1.3. Интеграция на основе комплекса производственных стандартов STEP (Standard for the Exchange of Product model data) .....	44
1.3.1. Обзор комплекса производственных стандартов STEP .....	44
1.3.2. STEP-NC .....	46
1.3.3. Использование в интерфейсе систем ЧПУ языков EXPRESS и XML .....	52
<b>Глава 2. Общие принципы построения систем ЧПУ .....</b>	<b>55</b>
2.1. Архитектура систем PCNC .....	55
2.1.1. Признаки нового поколения систем ЧПУ .....	55

---

2.1.2. Модульная архитектура систем ЧПУ на прикладном уровне .....	57
2.1.3. Открытая архитектура систем управления .....	59
2.1.4. Виртуальная модель РС-подсистемы ЧПУ .....	62
2.2. Проблема реального времени в системах управления .....	63
2.2.1. Постановка задачи .....	63
2.2.2. Реальное время в системе управления .....	64
2.2.3. Базовые понятия операционной системы реального времени .....	64
2.2.4. Использование в системах управления операционной системы Windows NT .....	65
2.2.5. Стратегия диспетчеризации на базе расширения RTX .....	66
2.2.6. Принцип разбиения потоков (threads) в системе управления и схема их диспетчеризации .....	68
2.3. Проблемы управления электроавтоматикой .....	71
2.3.1. Классификация систем управления электроавтоматикой .....	71
2.3.2. Система понятий, используемых при организации системы управления .....	72
2.3.3. Структура проекта системы управления электроавтоматикой (клиентская часть) .....	74
2.3.4. Альтернативные структуры проекта в клиентской части .....	76
2.3.5. Работа серверной части программы управления электроавтоматикой .....	78
2.3.6. Объектный подход при управлении электроавтоматикой .....	80
2.3.7. Особенности управления электроавтоматикой станков с ЧПУ .....	83
2.4. Построение межмодульной коммуникационной среды .....	87
2.4.1. Базовые функции коммуникационной среды .....	88
2.4.2. Клиент-серверные транзакции при запросе данных .....	91
2.4.3. Виртуальная структура объектно-ориентированной магистрالی .....	95
2.4.4. Организация коммуникационной среды в виде открытой модульной системы .....	97
2.5. Принципы построения удаленных терминалов ЧПУ .....	99

---

2.5.1. Удаленный терминал в системе управления .....	100
2.5.2. Информационные технологии, используемые при создании удаленного терминала .....	100
2.5.3. Библиотеки классов Java, используемые при создании апплетов .....	102
2.5.4. Инструментарий разработки удаленного терминала .....	105
2.5.5. Специфика удаленного терминала системы управления .....	106
2.6. Особенности архитектуры систем ЧПУ, поддерживающих стандарт ISO 14649 STEP-NC .....	107
2.6.1. Традиционное программирование станков с ЧПУ и стандарт STEP-NC .....	108
2.6.2. Язык EXPRESS .....	111
2.6.3. Процессы и ресурсы в STEP-NC .....	113
2.6.4. Смешанная архитектура .....	118
<b>Глава 3. Задачи управления .....</b>	<b>121</b>
3.1. Реализация геометрической задачи .....	121
3.1.1. Интерпретатор управляющих программ .....	122
3.1.2. Интерполятор .....	127
3.2. Реализация логической задачи управления .....	134
3.2.1. Формализм описания циклов электроавтоматики .....	135
3.2.2. Инструментальная поддержка визуального программирования циклов электроавтоматики .....	140
3.2.3. Генерация инструментальной системой C++ кодов исполняемых модулей циклов электроавтоматики .....	140
3.3. Управление электроавтоматикой станков с ЧПУ по типу виртуальных контроллеров SoftPLC .....	142
3.3.1. Объектно-ориентированный подход при организации математического обеспечения виртуальных контроллеров .....	142
3.3.2. Архитектура виртуального контроллера .....	143
3.3.3. Программная реализация виртуального контроллера .....	147
3.3.4. CAN- интерфейс .....	151
3.4. Реализация терминальной задачи .....	155
3.4.1. Интерпретатор диалога оператора в Windows-интерфейсе ...	155

3.4.2. Специфика построения редактора управляющих программ в коде ISO-7bit (в составе терминальной задачи) .....	161
3.4.3. Редактор-отладчик управляющих программ на языке высокого уровня (в составе терминальной задачи) .....	165
3.5. Реализация диагностической задачи управления .....	168
3.5.1. Понятийный аппарат диагностического процесса .....	168
3.5.2. Структура подсистемы диагностики .....	169
3.5.3. Реализация логического анализатора .....	172
3.5.4. Реализация осциллографа .....	174
<b>Глава 4. Технологии разработки программного обеспечения систем управления .....</b>	<b>178</b>
4.1. Технология объектно-ориентированного программирования .....	178
4.1.1. Сравнение технологий программирования .....	179
4.1.2. Базовые понятия объектно-ориентированного подхода .....	180
4.1.3. Методические рекомендации по выбору объектов в системе управления .....	184
4.1.4. Структура программного обеспечения системы управления .....	185
4.1.5. Инструментальная поддержка объектно-ориентированного проектирования и формализм Буча .....	186
4.2. Специфика объектно-ориентированного программирования .....	188
4.2.1. Элементы абстрактной модели системы PCNC .....	189
4.2.2. Объектно-ориентированная модель модуля системы PCNC .....	191
4.2.3. Объектно-ориентированная модель отображения данных .....	193
4.3. Методологические аспекты построения открытых систем ЧПУ .....	197
4.3.1. Понятийный аппарат открытых систем ЧПУ .....	199
4.3.2. Представление о системе PCNC как об открытой системе управления .....	200

---

4.3.3. Построение систем ЧПУ по типу открытого языкового процессора .....	201
4.3.4. Стандартные средства поддержания открытой архитектуры .....	204
4.3.5. Использование стандартных инструментальных средств поддержания открытой архитектуры .....	208
4.3.6. Использование оригинальных инструментальных средств поддержания открытой архитектуры системы ЧПУ .....	213
4.3.7. Формирование окружения разработки .....	215
4.4. Технология компонентной организации программного обеспечения .....	217
4.4.1. Базовые понятия .....	218
4.4.2. Иллюстрация компонентного подхода на примере контроллера привода подачи .....	221
4.4.3. Классификация СОМ-интерфейсов и СОМ-серверов .....	223
4.4.4. Область использования СОМ .....	226
4.4.5. Инструментальная поддержка компонентного проектирования .....	227
4.4.6. Пример реализации ATL СОМ-сервера .....	229
<b>Глава 5. Документы пользователя систем ЧПУ .....</b>	<b>231</b>
5.1. Структура руководства по программированию .....	231
5.1.1. Фазовое пространство технологической машины .....	232
5.1.2. Повышение языкового уровня управляющих программ .....	236
5.1.3. Функциональные возможности системы управления, отражаемые в версии управляющей программы .....	238
5.2. Конфигурация систем ЧПУ .....	246
5.2.1. Представление параметров конфигурации в системе ЧПУ .....	246
5.3. Методика программирования станков с ЧПУ .....	252
5.3.1. Базовые понятия .....	252
5.3.2. Координатные оси и координатные системы .....	254
5.3.3. Траектории движения (типы интерполяции) .....	263

---

5.3.4. Группирование координатных осей (G581, G580) .....	270
5.3.5. Управление шпинделем .....	273
5.4. Методика разработки управляющей программы ЧПУ соответственно стандарту ISO 14649 STEP-NC .....	274
5.4.1. Инструментальная система XML Spy .....	275
5.4.2. Схемы управляющей программы в стандарте STEP-NC .....	276
<b>Список литературы .....</b>	<b>287</b>