

СТАНДАРТ ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ

```
es;  
Ada.Calendar, Ada.Integer_Text_IO;  
xt_IO;  
ndar_Dates is  
Month_IO is new  
Ada.Text_IO.Enumeration_IO;  
with Ada.Text_IO, Calendar_Dates, Ada.Integer_Text_IO;  
use Ada.Integer_Text_IO, Ada.Text_IO, Calendar_Dates;  
procedure Test_Dates is  
D : Date;
```

С. А. Орлов

Теория и практика языков программирования

**ДЛЯ БАКАЛАВРОВ
И МАГИСТРОВ**

2-е издание

РЕКОМЕНДОВАНО РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИЕЙ НАУК

Оглавление

Предисловие ко второму изданию	15
Введение	17
Благодарности	23
Глава 1. Определение и проблемы языков программирования	24
Для чего нужно изучать принципы построения языков программирования	24
Аппарат абстракции-конкретизации	25
Исходное определение языка программирования	26
Практическое определение языка программирования	27
Технологическое определение языка программирования	28
Области применения языков программирования	29
Научные вычисления	29
Обработка деловой информации	30
Искусственный интеллект	30
Системная область	31
Веб-обработка	31
Критерии эффективности языков программирования	www.piter.com
Читабельность	www.piter.com
Легкость создания программ	www.piter.com
Надежность	www.piter.com
Стоимость	www.piter.com
Способы построения критериев эффективности	www.piter.com
Нормализация частных показателей	www.piter.com
Учет приоритета частных показателей	www.piter.com
Заключительные замечания	www.piter.com
Контрольные вопросы и упражнения	32
Глава 2. Виртуальные машины и трансляция языков	34
Аппаратная организация компьютеров	34
Принцип программного управления	35
Структура вычислительной машины	36
Порядок функционирования вычислительной машины	37
Понятие виртуальной машины	38
Трансляторы и интерпретация	39
Иерархия виртуальных машин	43
Этапы трансляции	44
Анализ исходной программы	46
Синтез объектной программы	50
Контрольные вопросы	52

Глава 3. Виды языков программирования	54
Парадигмы программирования.. . . .	54
Императивные языки программирования	55
Язык Fortran	56
Язык C	57
Функциональные языки программирования.. . . .	59
Язык LISP	61
Логические языки программирования	62
Язык Prolog	64
Объектно-ориентированные языки программирования	65
Язык Smalltalk	66
Язык разметки HTML	67
Скриптовые языки	70
Общие характеристики скриптовых языков	72
Язык Perl	74
Язык JavaScript.. . . .	76
Язык PHP	77
Язык Python	78
Язык Ruby	79
Язык Lua	80
Гибридные языки разметки/программирования	www.piter.com
Язык XSLT.. . . .	www.piter.com
Язык JSP	www.piter.com
Новое поколение универсальных языков	84
Язык Scala.	84
Язык Go	89
Язык Swift.. . . .	94
Контрольные вопросы и упражнения	99
Глава 4. Выражения и присваивания в языках программирования . . . 100	
Нотации выражений	100
Префиксная нотация выражения	101
Постфиксная нотация выражения	103
Инфиксная нотация выражения	104
Смешанная нотация	105
Сравнение нотаций для записи выражений	105
Присваивание	105
Порядок вычисления операндов в выражении.. . . .	107
Контрольные вопросы и упражнения	109
Глава 5. Действия и операторы в программах 111	
Базовые операторы	111
Операторы перехода	114
Поток управления	115

Составные операторы	117
Условные операторы	118
Вложенность условных операторов	120
Операторы выбора	123
Организация повторения операторов	127
Операторы цикла с заданным числом повторений	128
Оператор for языка Python	130
Циклы с заданным числом повторений в функциональных языках	131
Операторы цикла без заданного числа повторений	131
Бесконечные циклы и механизмы управления ими	131
Циклы с предусловием	134
Циклы с постусловием	135
Универсальность оператора for в языках C, C++, C# и Java	136
Охраняемые структуры управления Дейкстры	138
Инварианты	140
Программирование с инвариантами	141
Контрольные вопросы и упражнения	143

Глава 6. Средства представления синтаксиса языков

программирования 146

Особенности определения языка программирования	146
Качество синтаксиса языка	148
Легкость чтения	148
Легкость написания	149
Легкость трансляции	149
Отсутствие неоднозначности	150
Синтаксические элементы языка	150
Набор символов	150
Идентификаторы	153
Константы и литералы	154
Символы операций	156
Ключевые и зарезервированные слова	157
Необязательные слова	158
Комментарии	158
Пробелы	158
Разделители и скобки	158
Выражения	159
Операторы	159
Лексемы и лексический синтаксис	159
Абстрактный синтаксис и абстрактные синтаксические деревья	160
Грамматики в языках программирования	163
Контекстно-свободная грамматика	163
Форма Бэкуса—Наура (BNF)	164
Деревья разбора	165

Синтаксическая неоднозначность.	167
Неоднозначность повисшего Else	167
Выводы — линейная форма грамматического разбора.	168
Списки в инфиксных выражениях.	169
Переход к конкретному синтаксису	170
Обработка ассоциативности и приоритетности	173
Расширенная BNF	175
Синтаксические схемы.	177
Точки с запятой и пустые операторы	179
Контрольные вопросы и упражнения.	180
Глава 7. Формальная семантика языков программирования	184
Семантика языка программирования.	184
Синтезируемые атрибуты.	185
Порядок вычислений	187
Выводы	187
Атрибутные грамматики.	187
Операционная семантика	190
Аксиоматическая семантика.	191
Аксиома присваивания.	193
Применение аксиомы присваивания	194
Правило консеквенции (упрощения)	194
Правило вывода для последовательности	195
Применение правила вывода для последовательности.	196
Правило вывода для условного оператора	196
Применение правила вывода для условного оператора	196
Вычисление предусловия для цикла FOR.	197
Правило вывода для оператора цикла WHILE.	198
Требования к инварианту цикла	198
Определение инварианта цикла по индукции	198
Пример доказательства цикла.	199
Общий случай определения инварианта цикла	200
Денотационная семантика.	202
Семантическая функция отображения двоичных чисел.	203
Семантическая функция отображения десятичных чисел	203
Состояние программы	204
Выражения	205
Операторы присваивания.	206
Логические циклы с предусловием.	206
Контрольные вопросы и упражнения.	207
Глава 8. Типизация данных	211
Объекты данных	211
Переменные и константы	212

Типы данных	213
Элементарные типы данных	215
Объявления	218
Статический контроль типов	220
Динамический контроль типов	221
Обзор составных типов данных	222
Системы типизации данных	223
Атрибуты переменной	224
Связывание	226
Динамическое связывание типов	227
Время жизни	230
Тип выражения	234
Контрольные вопросы и упражнения	235

Глава 9. Скалярные типы данных 238

Перечисления	238
Целые и вещественные типы	240
Десятичные числа	243
Поддиапазоны	243
Логический тип	244
Символьные типы	245
Стиль программирования в языке C. Преобразование типов	246
Контрольные вопросы и упражнения	246

Глава 10. Составные типы данных 248

Массивы	248
Разновидности массивов	250
Инициализация массива	253
Атрибуты и операции простого массива	254
Операции над массивами в скриптовых языках	255
Прямоугольные массивы и массивы массивов	255
Сечения массивов	258
Статические массивы языка C	261
Ассоциативные массивы	261
Строки символов	263
Записи	267
Записи и массивы со вложенными структурами	270
Сравнение массивов и записей	271
Объединения и вариантные записи	272
Вариантные записи ослабляют надежность типов?	275
Множества	277
Кортежи	278
Списки	279
Контрольные вопросы и упражнения	282

Глава 11. Указатели	284
Основные понятия	284
Операции над указателями в языке Pascal	285
Динамические связанные структуры данных	286
Повисшие указатели и утечки памяти	287
Безопасность указателей в Паскале	288
Указатели как посредники	289
Перестановка указателей и перемещение данных	290
Указатели в языке Ada	290
Массивы и указатели в языках C и C++	293
Динамическое распределение памяти	296
Гибкость указателей в языке C	297
Ссылочный тип	298
Реализация указателей	299
Ссылочный тип <code>rvalue</code> и семантика перемещения в языке C++11	300
Контрольные вопросы и упражнения	303
Глава 12. Преобразования типов данных	305
Эквивалентность типов данных	305
Преобразование типа и явное приведение	311
Явные приведения типа в языке C++	313
Оператор <code>static_cast</code>	314
Оператор <code>const_cast</code>	314
Оператор <code>reinterpret_cast</code>	315
Оператор <code>dynamic_cast</code>	316
Совместимость типов и неявное приведение	316
Уровень типизации языка	320
Контрольные вопросы и упражнения	324
Глава 13. Подпрограммы	325
Разновидности подпрограмм	325
Объявление подпрограммы	327
Вызов подпрограммы	330
Рекурсия — множественные выполнения подпрограммы	333
Преимущества подпрограмм	333
Методы передачи параметров	334
Передача параметров по значению	338
Передача параметров по ссылке	339
Эффект передачи параметров по ссылке с помощью указателей языка C	341
Передача по значению-результату	342
Передача по результату	344
Правила области видимости для имен	345
Статическая область видимости и переименование локальных переменных	347

Макрорасширение и динамическая область видимости	347
Конфликты именования	348
Передача параметров — текстуальная подстановка	348
Передача параметров по имени и статическая область видимости	349
Реализация методов передачи параметров	350
Методы передачи параметров в популярных языках программирования	351
Проверка типов параметров	354
Массивы в качестве параметров	355
Подпрограммы в качестве параметров	357
Проверка типов параметров при вызовах подпрограммы	357
Организация области видимости для выполнения переданной подпрограммы	359
Типы возвращаемых значений	360
Количество возвращаемых значений	361
Побочные эффекты функций	361
Блоки в Ruby	361
Лямбда-выражения в C++	364
Полиморфизм в языках программирования	365
Параметрический полиморфизм	366
Полиморфизм включения или полиморфизм подтипов	367
Перегрузка и неявное приведение	368
Реализация полиморфизма	369
Перегруженные подпрограммы	370
Родовые подпрограммы	371
Родовые подпрограммы в языке Ada	372
Родовые подпрограммы в языке C++	376
Родовые методы в языке Java	378
Родовые методы в языке C#	379
Родовые функции в языке F#	380
Классификация величин в языках программирования	381
Замыкания	381
Контрольные вопросы и упражнения	383

Глава 14. Управление подпрограммами 386

Вложенные области видимости объявлений	386
Связывания при выполнении подпрограмм	391
Поток управления между активациями подпрограмм	391
Деревья активации	392
Формат записи активации	393
Размещение и освобождение в куче	395
Повторное использование свободного пространства	396
Уплотнение свободного пространства	397
Фрагментация памяти в куче	397
Размещение и освобождение в стеке	398

Размещение статических переменных в период компиляции.	399
Управление подпрограммами в языке C	399
Управление подпрограммами в языке Pascal	401
Дисплеи для быстрого доступа к информации	405
Контрольные вопросы и упражнения	407

Глава 15. Абстрактные типы данных 410

Абстракция процесса	410
Инкапсуляция и абстракция данных.	411
Абстрактные типы данных.	413
АТД в языке Ada.	415
АТД в языке C++	418
АТД в языке Java	420
АТД в языке C#	421
АТД в языке Ruby.	423
Параметрический полиморфизм в АТД	426
Родовые АТД в языке Ada	426
Классы-шаблоны в языке C++	428
Родовые классы в языке Java	430
Родовые классы в языке C#	432
Синтаксические контейнеры для множества типов	432
Контейнеры в языке C	433
Контейнеры в языке C++	433
Пакеты языка Ada.	434
Сборки языка C#	436
Пространства имен.	437
Пространства имен в языке C++	437
Пакеты в языке Java	438
Пространства имен в языке Ada	439
Модули в языке Ruby	440
Контрольные вопросы и упражнения	440

Глава 16. Объектно-ориентированное и аспектно-ориентированное программирование 442

Основные понятия объектно-ориентированного подхода к программированию	442
Классы	443
Отношения между классами	446
Деревья наследования классов.	452
Объекты	453
Отношения между объектами.	456
Возможности наследования и полиморфизм	458
Природа наследования	460
Иерархия наследования в различных языках.	462
Принцип подстановки Барбары Лисков.	462

Корректность наследования	463
Переопределение и виртуальные методы	464
Интерфейсы и абстрактные классы	465
Формы наследования	466
Вариации на тему наследования	470
Сообщения и объекты	472
Синтаксис пересылки сообщений	472
Сообщения в языках со статической и динамической типизацией	473
Доступ к получателю внутри метода	474
Создание объектов и конструкторы	476
Связывание сообщения и метода	478
Переопределение методов	482
Замещение методов	482
Уточнение методов	485
ООП на языке C++	487
Единичное наследование	488
Множественное наследование	491
Динамическое связывание	492
ООП на языке Ада	www.piter.com
Расширяемые типы	www.piter.com
Классы	www.piter.com
Абстрактные классы и интерфейсы	www.piter.com
Надклассовые типы	www.piter.com
Наследование от родового класса	www.piter.com
ООП на языке Java	494
Единичное наследование	494
Смешанное наследование	495
Вложенные классы	497
ООП на языке C#	497
Наследование	497
Динамическое связывание	498
Вложенные классы	499
Родовые интерфейсы и вариантность	499
ООП на языке Ruby	503
Единичное наследование	504
Смешанное наследование	506
Динамическое связывание	507
Неявная типизация	507
Реализация объектно-ориентированных классов и объектов	508
Организация памяти для сохранения объекта	508
Динамическое связывание сообщений с методами	508
Особенности аспектно-ориентированного подхода	511
Базовые понятия АОП	515

Аспекты..	517
Жизнь без аспектов ..	518
Жизнь с аспектами ..	518
Программирование на аспектно-ориентированном языке AspectJ..	523
Конструкции пересечения языка AspectJ ..	524
Альтернативный синтаксис @AspectJ ..	528
Контрольные вопросы и упражнения ..	529
Глава 17. Аппарат исключений и событий..	531
Характеристика исключений..	531
Этапы работы с определяемыми исключениями ..	534
Потоки управления при обработке исключений ..	536
Многоуровневая система исключений ..	537
Обработка исключений в языке C++ ..	539
Связывание исключений с обработчиками ..	539
Оформление функций в C++ ..	540
Обработка исключений в языке Java ..	541
Классы исключений ..	541
Обработчики исключений ..	541
Связывание исключений с обработчиками ..	542
Секция finally ..	543
Обработка исключений в языке C# ..	544
Введение в обработку событий ..	544
Модель событий ..	545
Разработка программы, основанной на событиях ..	547
Контрольные вопросы и упражнения ..	549
Глава 18. Ввод-вывод и файлы ..	550
Характеристика аппарата ввода-вывода ..	551
Пакеты ввода-вывода языка Ада ..	www.piter.com
Процедуры ввода языка Ада ..	www.piter.com
Процедуры вывода языка Ада ..	www.piter.com
Организация файлов и средства управления ими ..	www.piter.com
Текстовые файлы ..	www.piter.com
Двоичные файлы последовательного доступа ..	www.piter.com
Двоичные файлы прямого доступа ..	www.piter.com
Потоки ввода-вывода ..	www.piter.com
Объектно-ориентированный ввод-вывод в языке C++ ..	552
Потоковая библиотека ввода-вывода ..	553
Стандартные потоки ..	555
Форматирование потоков ..	557
Ошибки потоков ..	560
Файловые потоки ..	561
Строковые потоки ..	567
Контрольные вопросы и упражнения ..	569

Глава 19. Основные понятия параллельного программирования . . . 570

Процессы и потоки	570
Задачи языка Ада.	574
Синхронизация процессов на основе разделяемых переменных.	577
Семафоры	578
Мониторы	580
Защищенные объекты.	581
Синхронизация процессов на основе сообщений.	584
«Развязка» взаимодействия задач при randevu	588
Селективный прием selective accept	588
Временной вызов входа.	593
Условный вызов входа.	593
Асинхронный отбор	593
Потоки языка Java	594
Класс Thread	594
Приоритеты	596
Семафоры	596
Синхронизация конкуренции	597
Синхронизация взаимодействия	598
Неблокирующая синхронизация	600
Явная блокировка	601
Потоки в C#	602
Основные операции над потоками	602
Синхронизация потоков	605
Контрольные вопросы и упражнения.	606

Глава 20. Функциональное программирование 607

Особенности функциональных языков программирования	607
Выводы	610
Язык Scheme — классический функциональный подход	611
Выражения языка Scheme.	611
Специальные формы.	613
Создание функций.	615
Динамическая проверка типа	616
Хвостовая и не хвостовая рекурсия	617
Структуры данных в языке Scheme	618
Программирование в языке Scheme	619
Функции высшего порядка.	620
Статическая область видимости	622
Настройка — специализация языка Scheme	623
Язык ML — функциональный подход со статической типизацией.	624
Функции и величины языка ML	625
Списки в языке ML	626
Проверка типов в языке ML	628

Ввод и вывод в языке ML	629
Типы данных	630
Функции высшего порядка и карризация	631
Отложенные вычисления.	634
Нестрогие функции.	634
Специальные формы для отложенных вычислений	635
Ленивые вычисления.	637
Поддержка функционального программирования в скриптовых и объектно-ориентированных языках	638
Контрольные вопросы и упражнения	643
Глава 21. Логическое программирование	645
Исчисление предикатов	645
Компоненты исчисления предикатов первого порядка	646
Запись утверждений в исчислении предикатов	647
Правила вывода исчисления предикатов первого порядка	648
Специфика логического программирования	649
Формулы Хорна.	649
Резолюция и унификация	653
Язык Prolog	656
Нотация и структуры данных.	656
Выполнение в среде языка Prolog	657
Арифметика.	658
Унификация.	659
Стратегия поиска в языке Prolog	661
Циклы и структуры управления	662
Проблемы языка Prolog	666
Проблема проверки вхождения при унификации	666
Проблема замкнутого мира	666
Проблема логического отрицания	667
Формулы Хорна не выражают всю логику утверждений.	668
Информация управления в логическом программировании	669
Контрольные вопросы и упражнения	670
Заключение	672
Список литературы	674
Алфавитный указатель	680