Министерство образования и науки Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

В.Я. Расторгуев

Справочник

РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТОВ УЧЕБНОЙ СИСТЕМЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ. БАЗОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЯЗЫКОВОГО ИНТЕРФЕЙСА МЕЖДУ ЭЛЕМЕНТАМИ СИСТЕМЫ

Санкт-Петербург
2012

АННОТАЦИЯ

Настоящее методическое пособие является справочником, содержащим минимальный набор сведений об языках ПЛ1, АССЕМБЛЕР и регистровой модели целевого процессора IBM 370. Эти сведения могут быть полезные студентам для понимания особенностей как личного задания на выполнение курсовой работы, так и контрольного примера, который является образцом выполнения личного задания.

СОДЕРЖАНИЕ

1. БАЗОВЫЙ НАБОР КОНСТРУКЦИЙ ЯЗЫКА ПЛ1

Макет компилятора с ПЛ1, входящий в состав учебной системы программирования, способен обрабатывать те исходные тексты программ на ПЛ1, которые состоят из языковых конструкций, представленных в следующем примере:

```
EXAMP: PROC OPTIONS (MAIN);
        DCL A BIN FIXED (31) INIT ( 11B );
        DCL B BIN FIXED (31) INIT ( 100B );
        DCL C BIN FIXED (31) INIT ( 101B );
        DCL D BIN FIXED (31);
         D = A + B - C;
END EXAMP;
```

Рассмотрим этот минимальный набор операторов ПЛ1, необходимый для дальнейшего обсуждения и использования в процессе выполнения лабораторных работ.

1.1. Операторы пролога/эпилога программы

1.1.1. О п е р а т о р PROCEDURE

Оператор PROCEDURE или PROC:

- предназначен для обозначения начала процедурного блока,
- имеет формат:

```
имя_прогр: PROCEDURE OPTIONS (MAIN);        /*для головной */
                                            /* программы   */

имя_прогр: PROCEDURE( пар_1, ... , пар_N ); /* для         */
                                            /*подпрограммы */
```

где:

пар_1, ... , пар_N - формальные параметры подпрограммы.

1.1.2. О п е р а т о р END

Оператор END:

- предназначен для обозначения конца процедурного блока,
- имеет формат:

```
END имя_прогр;
```

Имя_прогр должно совпадать с тем, которое было указано в соответствующем операторе PROCEDURE.

1.2. Декларативные конструкции

1.2.1. К о н с т а н т ы языка ПЛ1

Для объявления констант в языке ПЛ1 нет специальных декларативных операторов. Константы объявляются контекстуально следующим образом:

- целые десятичные: 1, +1, 10, -27 и т.д.,
- целые двоичные: 1B, 1011B, -110B и т.д.,
- целые в зонном формате: 1, 3, 7 и т.д.,
- символьные строки: ’ABC’, ’AAAA’, (4)’A’ и т.д.,
- битовые строки: ’101’B, ’1111’B, (4)’1’B и т.д.,
- метки: LABEL: , METKA1: и т.д.

1.2.2. С к а л я р н ы е п е р е м е н н ы е языка ПЛ1

Скалярные переменные объявляются с помощью декларативного оператора DECLARE или DCL следующим образом:

- целые десятичные

```
DCL CELDEC DECIMAL FIXED ( 3 )
    [  INIT (15)  ];
```

метасимволы необязательной языковой конструкции — начальное значение переменной — разрядность мантиссы

- целые двоичные

```
DCL CELDVO BINARY FIXED ( 15 )
    [  INIT (1010B)  ];
```

- целые в зонном формате

```
DCL CELZON PICTURE '99...9'
   [  INIT (187) ];
```

каждый символ ’9’ соответствует одному разрешенному разряду мантиссы переменной CELZON

- метки

```
DCL METKA LABEL
                  ┌──────────────┐
    [  INIIT ( L1 ) ];  метка_константа
```

- символьная строка

```
DCL SYMSTR CHARACTER ( 36 )

     [  INIT  ( (36)'A' )  ];
```

- битовая строка

```
DCL BITSTR BIT ( 40 )

    [  INIT  (  '101 ... 1'B  ) ];
```

1.2.3. А г р е г а т и р о в а н н ы е п е р е м е н н ы е языка ПЛ1

```
DCL  1 ANKETA,                    /* Анкета             */
       2 FAMIL  CHAR (20),        /* Фамилия            */
       2 IMJA   CHAR (20),        /* Имя                */
       2 OTCH   CHAR (25),        /* Отчество           */
       2 GODR   DEC FIXED (4),    /* Год рождения       */
       2 BEC    BIN FIXED (15);   /* Вес                */
```

1.2.4. И н д е к с и р о в а н н ы е переменные языка ПЛ1

```
DCL  1 ANKET_S  (25),             /* Анкеты             */
       2 FAMIL  CHAR (20),        /* Фамилия            */
       2 IMJA   CHAR (20),        /* Имя                */
       2 OTCH   CHAR (25),        /* Отчество           */
       2 GODR   DEC FIXED (4),    /* Год рождения       */
       2 BEC    BIN FIXED (15);   /* Вес                */
```

1.2.5. С о в м е щ е н и е переменных в ОЗУ

```
DCL BUF_ANKETA CHAR (70);         /* Буфер чтен._зап.   */
                                  /* анкет              */

DCL  1 ANKETA DEFINED BUF_ANKETA,/* Анкета             */
       2 FAMIL  CHAR (20),        /* Фамилия            */
       2 IMJA   CHAR (20),        /* Имя                */
       2 OTCH   CHAR (25),        /* Отчество           */
       2 GODR   DEC FIXED (4),    /* Год рождения       */
       2 BEC    BIN FIXED (15);   /* Вес                */
```

1.3. Императивные операторы

1.3.1. Оператор п р и с в а и в а н и я (назначения)

Оператор присваивания:

- предназначен для назначения нового значения переменной, идентификатор которой использован в левой части оператора,
- имеет формат:

```
имя_перем = выражение;
```

1.3.2. Оператор у с л о в н о г о р а з в е т в л е н и я

Оператор условного разветвления:

- предназначен для организации разветвления программы в зависимости от истинности или ложности заданного условия,
- имеет формат:

```
IF условие THEN оператор_1; ELSE оператор_2;
```

1.3.3. С о с т а в н о й оператор

Составной оператор:

- предназначен для группирования нескольких операторов с целью обеспечения возможности рассмотрения компилятором всей группы как единого оператора,
- имеет формат:

```
DO;  оператор_1; ... опреатор_N;  END;
```

1.3.4. Оператор б е з у с л о в н о й передачи управления

Оператор безусловной передачи управления:

- предназначен для изменения естественного порядка выбора очередного исполняемого оператора,
- имеет формат:

```
GOTO имя_метки ;
```

1.3.5. Оператор ц и к л а

Оператор цикла:

- предназначен для циклического повторения внутреннего (возможно составного) оператора с регулярным изменением значения переменной цикла на каждом витке цикла,
- имеет формат:

```
DO имя_перем = выражен_1 [ BY выраж_2 ] TO выраж_3;

 оператор;

END;
```

Цикл начинается со стартовым значением переменной цикла имя_перем, равным выражен_1, которое далее на каждом витке цикла будет инкрементироваться на величину выраж_2 (возможно отрицательную). Цикл завершится при равенстве значения переменной цикла имя_перем выражению выраж_3.

1.3.6. Встроенная функция SUBSTR

Встроенная функция SUBSTR:

- применяется в строковых выражениях,
- предназначена для выделения из строки (символов или битов) подстроки заданной длины, начинающейся с заданной позиции строки,
- имеет формат:

SUBSTR (иимя_строки, выражен_1, выражен_2)

Здесь:

- выражен_1 - номер позиции строки, с которого начинается подстрока (нумерация начинается с 1),
- выражен_2 - длина подстроки.

1.4. Правила преобразования данных назначением

При написании оператора присваивания допускается различие типов переменной, указанной в левой, и выражения в правой частях оператора. Кроме того допускается неоднородность типов переменных, являющихся элементами выражения. Т.к. любое выражение м.б. представлено как суперпозиция элементарных одноместных и (или) двухместных операций, операндами которых м.б. разнотипные данные, то для выполнения каждой такой операции необходимо выполнить выравнивание типов. В ПЛ1 такие преобразования выполняются согласно следующих правил:

типы операндов операции	тип операции
строковые и арифметические	арифметические
комплексные и вещественные	комплексные
с фиксированнной и плавающей точкой	с плавающей точкой
двоичные и десятичные	двоичные
битовые и символьные	символьные

После вычисления значения и типа выражения в случае использования такого выражения в качестве правой части оператора присваивания может возникнуть необходимость в выравнивании типов левой и правой частей. Это выравнивание в общем случае может оказаться сложным и выполнимым за несколько последовательных элементарных этапов, примеры которых приведены ниже.

1.4.1. Преобразование символьной строки в битовую строку

```
...
DCL A BIT  (n);
DCL B CHAR (m);
...
A = B;
```

Данное преобразование возможно только, если B состоит из литер ’0’ или ’1’.

При выполнении этого условия i-й бит в A устанавливается в:

- '0’B, если i-й байт в B равен ’0’,
- ’1’B, если i-й байт в B равен ’1’.

1.4.2. Преобразование битовой строки в символьную строку

```
...
DCL B BIT  (n);
DCL A CHAR (m);
...
A = B;
```

Данное преобразование возможно всегда. При выполнении оператора присваивания i-й байт в A устанавливается в:

- '0’, если i-й бит в B равен ’0’B,
- ’1’, если i-й бит в B равен ’1’B.

1.4.3. Преобразование битовой строки в двоичное целое с фиксированной точкой

```
...
DCL B BIT  (n);
DCL A BIN FIXED (n-1);
...
A = B;
```

где n = 16 или 32.

Данное преобразование возможно всегда. При выполнении оператора присваивания i-й бит в A приравнивается к i-му биту и полученная в A комбинация битов воспринимается далее как целое с фиксированной точкой. Например, если B равно ’1011’B, то A примет значение 1011B.

Этот вид преобразования играет роль шлюза при переходе от строковых величин (непосредственно от типа BIT и транзитивно от типа CHAR) к арифметическим (непосредственно к типу BIN FIXED и транзитивно к типам DEC FIXED и PIC или DEC FLOAT).

1.4.4. Преобразование двоичного целого с фиксированной точкой в битовую строку

```
...
DCL A BIT  (n);
DCL B BIN FIXED (n-1);
...
A = B;
```

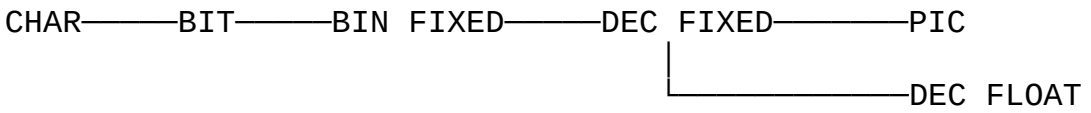
где n = 16 или 32.

Данное преобразование возможно всегда. При выполнении оператора присваивания i-й бит в A приравнивается к i-му биту и полученная в A комбинация битов воспринимается далее битовая строка. Например, если B равно 1011B, то A примет значение ’1011’B.

Этот вид преобразования играет роль шлюза при переходе от арифметических величин (непосредственно от типа BIN FIXED и транзитивно от типов DEC FIXED и PIC или DEC FLOAT) к строковым величинам (непосредственно к типу BIT и транзитивно к типу CHAR).

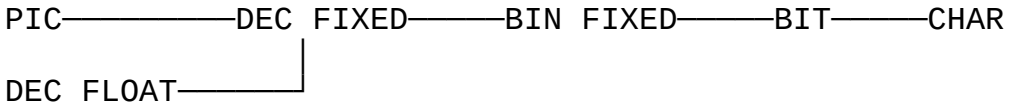
1.4.5. Технологическая цепочка элементарных преобразований при переходе от строковых данных к арифметическим

При построении арифметических эквивалентов строковых данных допускается следующая последовательность элементарных преобразований (читаемая слева направо):



1.4.6. Технологическая цепочка элементарных преобразований при переходе от арифметических данных к строковым

При построении строковых эквивалентов арифметических данных допускается следующая последовательность элементарных преобразований (читаемая слева направо):



2. БАЗОВЫЙ НАБОР КОНСТРУКЦИЙ ЯЗЫКА АССЕМБЛЕР

Макет компилятора с АССЕМБЛЕРА, входящий в состав учебной системы программирования, способен обрабатывать те исходные тексты программ на АССЕМБЛЕРЕ, которые состоят из языковых конструкций, представленных в следующем примере:

МЕТКА	КОП	ОП-НД	ПОЯСНЕНИЯ
EXAMP	START	0	Начало программы
	BALR	RBASE,0	Загрузить регистр базы
	USING	*,RBASE	Назначить регистр базой
	L	RRAB,A	Загрузка переменной в регистр
	A	RRAB,B	Формирование промежуточного значения
	S	RRAB,C	Формирование промежуточного значения
	ST	RRAB,D	Формирование значения арифм.выражения
	BCR	15,14	Выход из программы
A	DC	F’3’	Определение переменной
B	DC	F’4’	Определение переменной
C	DC	F’5’	Определение переменной
D	DC	F’0’	Определение переменной
RBASE	EQU	15	
RRAB	EQU	5	
	END	EXAMP	Конец программы

Рассмотрим этот минимальный набор операторов АССЕМБЛЕРА, необходимый для дальнейшего обсуждения и использования в процессе выполнения лабораторных работ.

З а м е ч а н и е

Все операторы языка АССЕМБЛЕРА делятся на две группы:

1. Команды.
2. Псевдокоманды.

Вторая группа (т.е. псевдокоманды) делятся, в свою очередь, на:

- псевдокоманды, влияющие на размер компилируемой программы,
- псевдокоманды, невлияющие на размер компилируемой программы.

2.1. П с е в д о к о м а н д ы START и END

Каждая компилируемая программа, написанная на АССЕМБЛЕРЕ, должна иметь начало (пролог) и конец (эпилог), которые определяются соответственно псевдокомандами START и END, имеющими следующие форматы:

МЕТКА	МНЕМОКОД	ОПЕРАНДЫ
имя или пробел	START	самоопределенный терм или пробел
---"---	END	перемещаемое выражение или пробел

П р и м е ч а н и е:

Перемещаемым является выражение, значение которого зависит от начального адреса данной программы в зоне загрузки ОЗУ. Иначе выражение называется абсолютным.

С помощью этих псевдокоманд (невлияющих на длину компилируемой программы) можно составить простейшую синтаксически-правильную, программу, лишенную, однако, практического смысла из-за отсутствия в ней семантики:

МЕТКА	МНЕМОКОД	ОПЕРАНДЫ
EXAMPL	START END	0

2.2. П с е в д о к о м а н д а USING

Псевдокоманда USING:

- не изменяет длину компилируемой программы,
- используется для передачи компилятору как номера РОН, который должен быть использован в качестве базового (первый операнд псевдокоманды), так и относительного адреса компилируемой программы, который соответствует адресу, полученному с помощью нулевого смещения относительно выбранной базы (второй операнд псевдокоманды),
- имеет следующий формат:

МЕТКА	МНЕМОКОД	ОПЕРАНДЫ	Пояснения
метка или пробел	USING	v,r	выбор базового РОН

где:

v - абсолютное или перемещаемое выражение,
r - номер РОН, содержимое которого сопоставляется значению выражения v.

Применение здесь термина "сопоставляется", а не "равно" не случайно, т.к. ответственность за правильную загрузку РОН r возлагается на программиста, а псевдокоманда USING лишь информирует компилятор о необходимости безусловного учета указанного сопоставления при дальнейшей обработке программы.

2.3. К о м а н д а BALR

Команда BALR:

- увеличивает длину компилируемой программы на два байта,
- в общем случае используется для организации передачи управления подпрограмме с последующим возвратом в вызвавшую программу,
- имеет следующий формат:

МЕТКА	МНЕМОКОД	ОПЕРАНДЫ	Пояснения
метка или пробел	BALR	R1,R2	передача управления на подпрограмму с последующим возвратом

где:

R1 - номер РОН, содержащий адрес возврата;
R2 - номер РОН, содержащий адрес передачи управления (в случае, если R2=0, то передача будет выполняться на команду, следующую за данной командой BALR).

2.4. П с е в д о к о м а н д а EQU

Псевдокоманда EQU:

- не изменяет длину компилируемой программы,
- используется для передачи компилятору указания об отождествлении во всем последующем тексте компилируемой программы идентификатора, указанного в поле МЕТКА, с абсолютным или перемещаемым выражением, записанным в поле ОПЕРАНДЫ,
- имеет следующий формат:

МЕТКА	МНЕМОКОД	ОПЕРАНДЫ	Пояснения
метка или пробел	EQU	v	установление эквивалентности между левой и правой частями псевдооперации EQU

где:

v - абсолютное или перемещаемое выражение.

2.5. К о м а н д а BR

Команда BR:

- увеличивает длину компилируемой программы на два байта,
- используется для организации безусловной передачи управления по адресу, указанному в РОН, выбранном единственным параметром,
- имеет следующий формат:

МЕТКА	МНЕМОКОД	ОПЕРАНДЫ	Пояснения
метка или пробел	BR	R	безусловная передача управления

где:

R - номер РОН, содержащий адрес передачи управления.

2.6. К о м а н д а L

Команда L:

- увеличивает длину компилируемой программы на четыре байта,
- используется для загрузки из помеченной области ОЗУ нового четырехбайтового значения (слова) в РОН с заданным номером,
- имеет следующий формат:

МЕТКА	МНЕМОКОД	ОПЕРАНДЫ	Пояснения
метка или пробел	L	R,m	загрузка в РОН R нового значения

где:

R - номер РОН, в который загружается новое значение,
M - метка, соответствующая области ОЗУ, из которой выбирается новое значение для последующей загрузки в РОН R.

2.7. К о м а н д а ST

Команда ST:

- увеличивает длину компилируемой программы на четыре байта,
- используется для разгрузки четырехбайтового содержимого РОН с заданным номером (слова) в помеченную область ОЗУ,
- имеет следующий формат:

МЕТКА	МНЕМОКОД	ОПЕРАНДЫ	Пояснения
метка или пробел	ST	R,m	разгрузка значения РОН R в ОЗУ

где:

R - номер разгружаемого РОН,
m - метка, соответствующая области ОЗУ, в которую запоминается содержимое РОН с номером R.

2.8. К о м а н д а A

Команда A:

- увеличивает длину компилируемой программы на четыре байта,
- используется для сложения четырехбайтового содержимого РОН с заданным номером (слова) со словом, расположенным в помеченной области ОЗУ, с записью результата в РОН, выбранный для хранения первого операнда сложения,
- имеет следующий формат:

МЕТКА	МНЕМОКОД	ОПЕРАНДЫ	Пояснения
метка или пробел	A	R,m	сложение содержимого РОН R со словом из ОЗУ с меткой m

где:

R - номер РОН, содержащий первый операнд сложения,

m - метка, соответствующая области ОЗУ, содержащей второй операнд сложения.

2.9. К о м а н д а S

Команда S:

- увеличивает длину компилируемой программы на четыре байта,
- используется для вычитания из четырехбайтового содержимого РОН с заданным номером (слова) второго слова, расположенного в помеченной области ОЗУ с записью результата в РОН, выбранный для хранения первого операнда вычитания,
- имеет следующий формат:

МЕТКА	МНЕМОКОД	ОПЕРАНДЫ	Пояснения
метка или пробел	S	R,m	вычитание из содержимого РОН R слова из ОЗУ с меткой m

где:

R - номер РОН, содержащий первый операнд вычитания,
m - метка, соответствующая области ОЗУ, содержащей второй операнд сложения.

2.10. П с е в д о к о м а н д а DC

Псевдокоманда DC:

- увеличивает длину компилируемой программы на длину константы, определяемой с помощью данной псевдокоманды,
- используется для резервирования и инициализации начальным значением области памяти, отводимой для хранения константы, определяемой данной псевдокомандой,
- имеет следующий формат:

МЕТКА	МНЕМОКОД	ОПЕРАНДЫ	Пояснения
метка или пробел	DC	TV	определить константу

где:

T - тип константы (например: F - двоичное слово, X - шестнадцатеричный байт и т.п.),

V - начальное значение константы (например: ’3’, ’F3’, и т.п.).

2.11. П с е в д о к о м а н д а DS

Псевдокоманда DS:

- увеличивает длину компилируемой программы на длину поля ОЗУ, определяемого с помощью данной псевдокоманды;
- используется для резервирования области памяти, отводимой для хранения константы, определяемой данной псевдокомандой,
- имеет следующий формат:

МЕТКА	МНЕМОКОД	ОПЕРАНДЫ	Пояснения
метка или пробел	DS	T	определить поле для хранения константы

где:

T - тип константы (например: F - двоичное слово, X - шестнадцатиричный байт и т.п.).

3. Характеристики эмулируемой ЭВМ

Исполняемый код, формируемый учебной системой программирования, предназначен для выполнения на целевой ЭВМ из системы IBM-370. Ниже приведены некоторые характеристики этой ЭВМ, которые должны быть учтены при ее эмуляции на технологической ЭВМ IBM PC.

3.1. Память

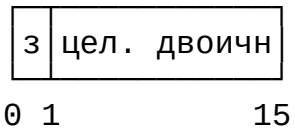
Адресуемая единица	Длина в байтах	Длина в битах	Особенности
Байт	1	8	нет
Полуслово	2	16	адрес кратен 2
Слово	4	32	адрес кратен 4
Двойное слово	8	64	адрес кратен 8

Диаппазон адресации: от 0 до 2**24-1, т.е. предельный размер ОЗУ равен 16 мб.

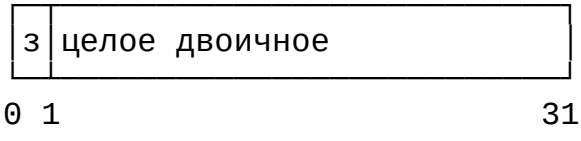
3.2. Регистры

В ЭВМ имеются 16 тридцатидвухразрядных регистров общего назначения (РОН), которые м.б. использованы программистами в качестве быстрой памяти для хранения промежуточных результатов, а также в качестве базы и (или) индекса при вычислении абсолютных адресов операндов.

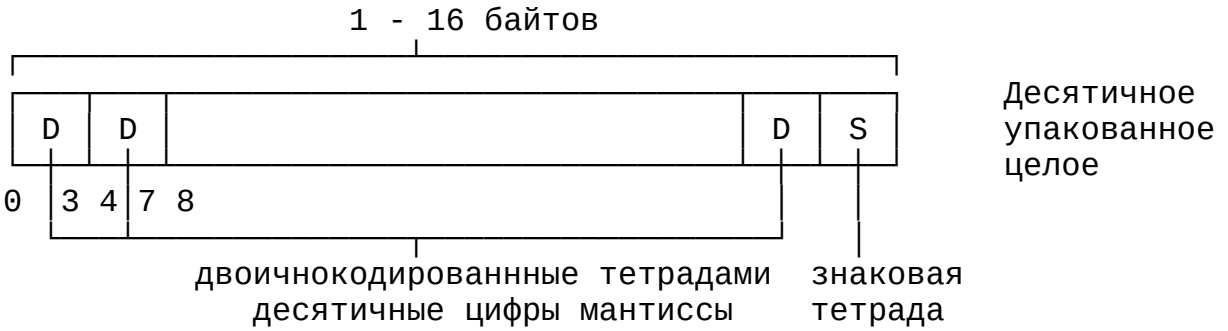
3.3. Допустимые форматы данных



Короткое целое с фиксиров. точкой

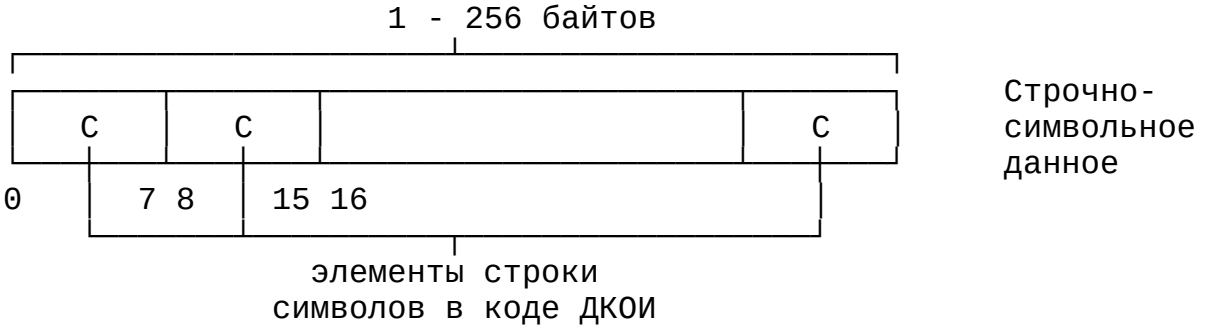


Длинное целое с фиксиров. точкой



Десятичное упакованное целое

Десятичное целое в зонном формате

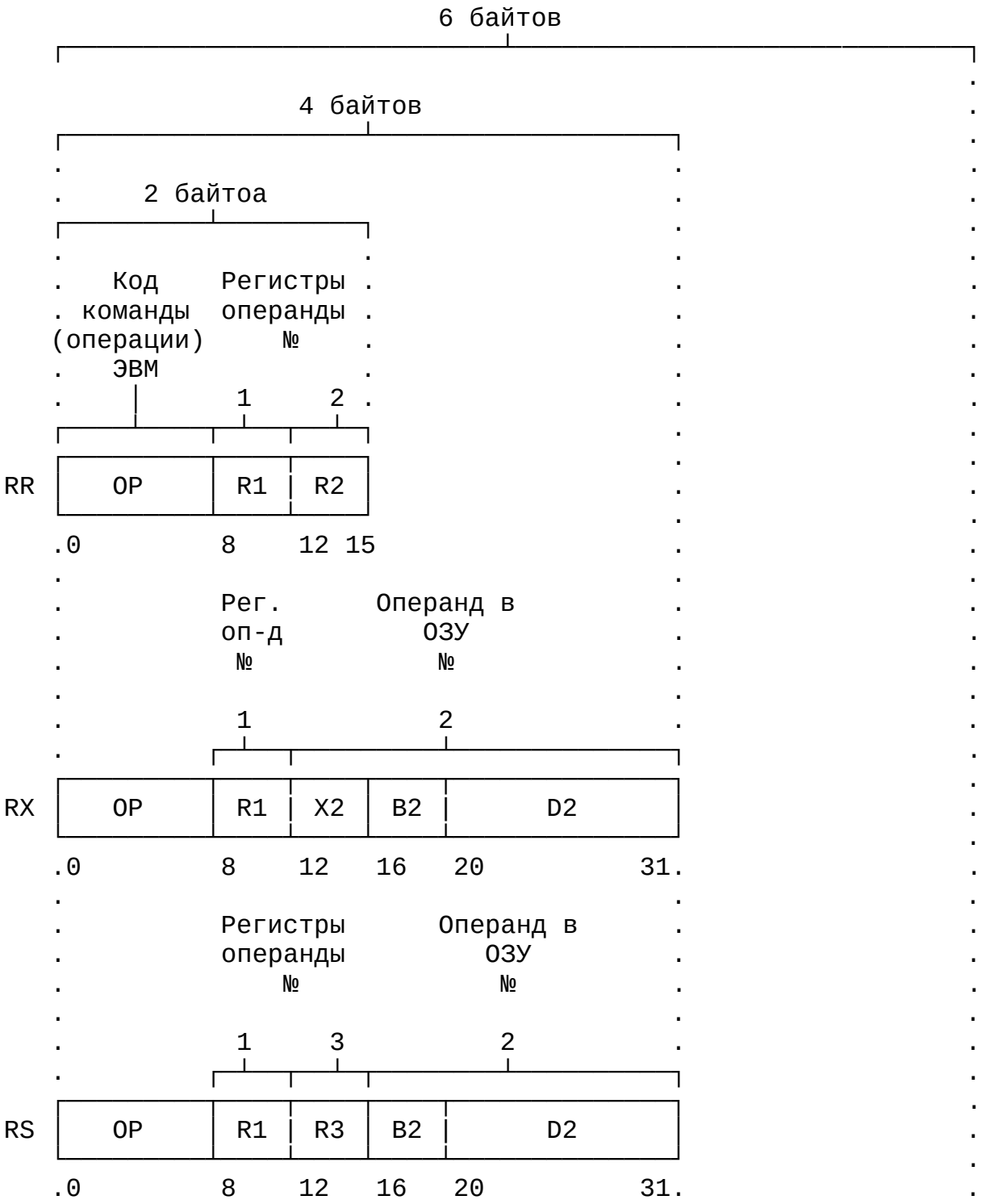


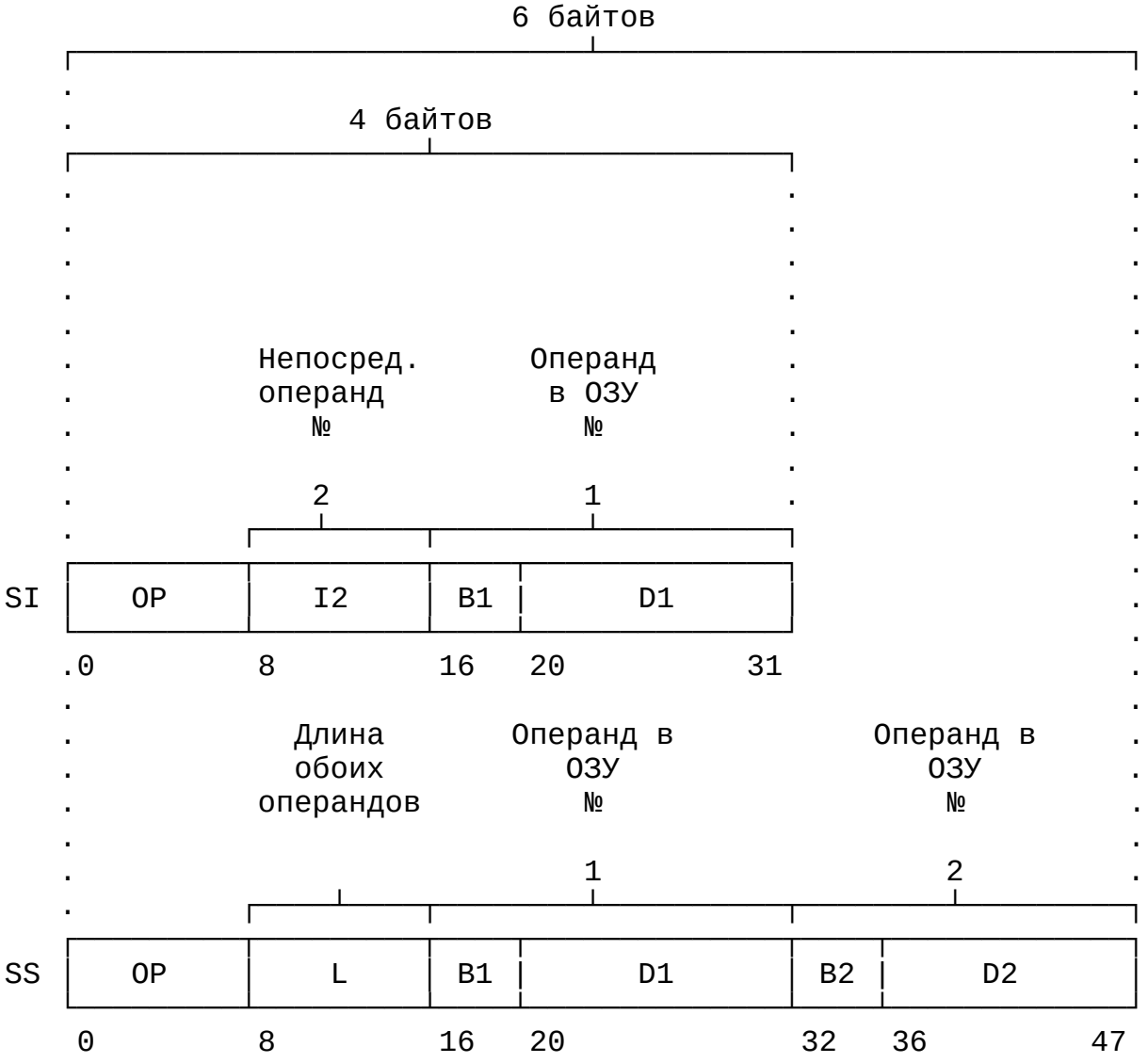
Строчно-символьное данное

3.4. Форматы команд ЭВМ

Команды эмулируемой ЭВМ - представителя системы IBM-370:

- имеют переменную длину в 2, 4 или 6 байтом,
- располагаются в ОЗУ с адреса, кратного 2-м,
- относятся к одному из следующих 5-ти форматов (RR, RX, RS, SI, SS), которые приведены ниже в перечисленном порядке:


6 байтов
4 байтов
2 байтоа
Код команды (операции) ЭВМ
Регистры операнды №
1
2
RR
OP
R1
R2
0
8
12
15
Рег. оп-д №
Операнд в ОЗУ №
1
2
RX
OP
R1
X2
B2
D2
0
8
12
16
20
31
Регистры операнды №
Операнд в ОЗУ №
1
3
2
RS
OP
R1
R3
B2
D2
0
8
12
16
20
31



Здесь приняты следующие обозначения:

OP - код команды (операции) ЭВМ,

Ri - регистры общего назначения, содержащие операнд номер i,

Xi - регистры общего назначения, использованные в качестве индексных регистров в i-м операнде,

Bi - регистры общего назначения, использованные в качестве базовых регистров в i-м операнде,

Di - смещение адреса i-го операнда относительно содержимого базового регистра Bi,

Ii - непосредственный (хранящийся в теле операции) i-й операнд,

L - уменьшенная на единицу длина операндов.