

## Тема 11

### Арифметические и логические операции

#### Теория

Данные команды представлены в таблице 1.

Таблица 1

Команды арифметических и логических операций

	Мнемокод	Операция	Кол-во байт	Кол-во МЦ	Кол-во МТ	Изменяемые регистры	Изменяемые признаки	Содержание операции
Операции между А и регистром								
2.1	ADD r	$(A) + (r) \rightarrow A$	1	1	4	A	S,Z,AC,P,C	Арифметическое сложение
	ADC r	$(A) + (r) + C \rightarrow A$	1	1	4	A	S,Z,AC,P,C	Арифметическое сложение с учетом значения признака переноса C
	SUB r	$(A) - (r) \rightarrow A$	1	1	4	A	S,Z,AC,P,C	Вычитание
	SBB r	$(A) - (r) - C \rightarrow A$	1	1	4	A	S,Z,AC,P,C	Вычитание с учетом значения признака переноса C
	ANA r	$(A) \& (r) \rightarrow A$	1	1	5	A	S,Z,AC=*,P,C=0	Логическое умножение (признак вспомогательного переноса AC не определен)
	XRA r	$(A) + (r) \rightarrow A$	1	1	5	A	S,Z,AC=0,P,C=0	ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ
	ORA r	$(A) \vee (r) \rightarrow A$	1	1	5	A	S,Z,AC,P,C=0	Логическое сложение
	CMP r	Сравнение	1	1	4	-	S,Z,AC,P,C	Сравнение
Операции между А и ячейкой памяти с адресом, заданным в регистровой паре HL								
2.2	ADD M	$(A) + M \rightarrow A$	1	2	7	A	S,Z,AC,P,C	Арифметическое сложение
	ADC M	$(A) + M + C \rightarrow A$	1	2	7	A	S,Z,AC,P,C	Арифметическое сложение с учетом значения признака переноса C
	SUB M	$(A) - M \rightarrow A$	1	2	7	A	S,Z,AC,P,C	Вычитание
	SBB M	$(A) - M - C \rightarrow A$	1	2	7	A	S,Z,AC,P,C	Вычитание с учетом значения признака переноса C
	ANA M	$(A) \& M \rightarrow A$	1	2	7	A	S,Z,AC=*,P,C=0	Логическое умножение (признак вспомогательного переноса AC не определен)
	XRA M	$(A) + M \rightarrow A$	1	2	7	A	S,Z,AC=0,P,C=0	ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ
	ORA M	$(A) \vee M \rightarrow A$	1	2	7	A	S,Z,AC=0,P,C=0	Логическое сложение
	CMP M	Сравнение	1	2	7	-	S,Z,AC,P,C	Сравнение

Команды арифметических и логических операций

	Мнемокод	Операция	Кол. байт	Кол. МЦ	Кол. МТ	Изменяемые регистры	Изменяемые признаки	Содержание операции
Операции между А и содержимым второго байта команды								
2.3	ADI D8	$(A) + D8 \rightarrow A$	2	2	7	A	S,Z,AC,P,C	Арифметическое сложение
	ACI D8	$(A) + D8 + C \rightarrow A$	2	2	7	A	S,Z,AC,P,C	Арифметическое сложение с учетом значения признака переноса C
	SUI D8	$(A) - D8 \rightarrow A$	2	2	7	A	S,Z,AC,P,C	Вычитание
	SBI D8	$(A) - D8 - C \rightarrow A$	2	2	7	A	S,Z,AC,P,C	Вычитание с учетом значения признака переноса C
	ANI D8	$(A) \& D8 \rightarrow A$	2	2	7	A	S,Z,AC=*,P,C=0	Логическое умножение
	XRI D8	$(A) + D8 \rightarrow A$	2	2	7	A	S,Z,AC=0,P,C=0	ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ
	ORI D8	$(A) \vee D8 \rightarrow A$	2	2	7	A	S,Z,AC=0,P,C=0	Логическое сложение
	CPI D8	Сравнение	2	2	7	-	S,Z,AC,P,C	Сравнение
2.4	DAD RP	$(HL) + (RP) \rightarrow HL$	1	1	4	HL	C	Сложение содержимого одной из регистровых пар с содержимым пары HL
2.5	INR r	$(r) + 1 \rightarrow r$	1	1	5	r	S,Z,AC,P	Увеличение содержимого регистра на 1
	DCR r	$(r) - 1 \rightarrow r$	1	1	5	r	S,Z,AC,P	Уменьшение содержимого регистра на 1
	INX RP	$(RP) + 1 \rightarrow RP$	1	1	5	RP	-	Увеличение содержимого регистровой пары на 1
	DCX RP	$(RP) - 1 \rightarrow RP$	1	1	5	RP	-	Уменьшение содержимого регистровой пары на 1
	INR M	$[(HL)] + 1 \rightarrow [(HL)]$	1	3	10	-	S,Z,AC,P	Увеличение содержимого ячейки памяти с адресом, заданным в регистровой паре HL, на 1
	DCR M	$[(HL)] - 1 \rightarrow [(HL)]$	1	3	10	-	S,Z,AC,P	Уменьшение содержимого ячейки памяти с адресом, заданным в регистровой паре HL, на 1
2.6	DAA		1	1	4	A	S,Z,AC,P,C	Двоично-десятичная коррекция
2.7	RLC	$C \leftarrow A7, A0 \leftarrow A7$	1	1	4	A	C	Сдвиг влево циклический
	RRC	$A7 \rightarrow A0, A0 \rightarrow C$	1	1	4	A	C	Сдвиг вправо циклический
	RAL	$A7 \rightarrow C, C \rightarrow A0$	1	1	4	A	C	Сдвиг влево через перенос
	RAR	$A0 \rightarrow C, C \rightarrow A7$	1	1	4	A	C	Сдвиг вправо через перенос

МП КР580ВМ80 может производить следующие операции:

- 1) Арифметическое сложение;
- 2) Арифметическое сложение с учетом признака переноса;

- 3) Вычитание;
- 4) Вычитание с учетом признака переноса;
- 5) Логическое сложение;
- 6) Логическое умножение;
- 7) Исключающее ИЛИ;
- 8) Сравнение.

Все эти операции осуществляются логическими схемами АЛУ (тема 1). Первый операнд всегда берется из аккумулятора. Второй (таблица 1) –

- 1) из РОНа – команды п. 2.1 в таблице 1;
- 2) из ячейки памяти с адресом, заданным в регистровой паре HL– команды п. 2.2 в таблице 1;
- 3) из второго байта команды – команды п. 2.3 в таблице 1.

### Пример 1

**ADD B** - сложение аккумулятора с регистром В. Команда записана в программной памяти по адресу 0800H. До выполнения команды (A)=200<sub>10</sub>, (B)=25<sub>10</sub>. Команда однобайтная (п.2.1 в таблице 1), записана в программной памяти следующим образом:

Адрес	Данные	Характер данных
0800	80	КОП

Временная диаграмма команды представлена на рисунке 1, действия – в таблице 2.

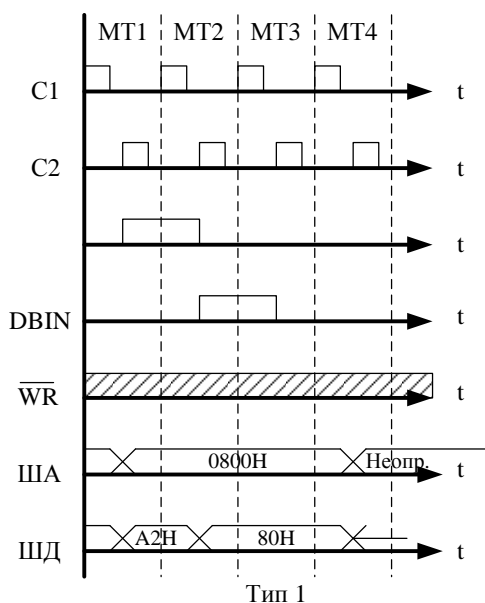


Рис. 1. Временная диаграмма команды **ADD B**, записанной в программной памяти по адресу 0800H. До выполнения команды (A)=200<sub>10</sub>, (B)=25<sub>10</sub>.

Таблица 2

Выполнение команды **ADD B**, записанной в программной памяти по адресу 0800H. До выполнения команды (A)=200<sub>10</sub>, (B)=25<sub>10</sub>

МЦ	МТ	Действие	Пояснения
1	1	(PC)→PA→ША 0800H→ША	МП выставляет адрес на ША из программного счетчика
	2	(PC)+1→PC 0801H→PC Получение адреса для считывания следующей команды	Содержимое программного счетчика увеличивается на 1 – это подготовка для считывания из программной памяти первого байта следующей команды
	2,3	КОП→РК (регистр команд) 80H→РК	Считывание кода операции команды в регистр команд
	4	Дешифрация команды и выполнение (A)+(B) →A	Передача команды из регистра в дешифратор команд и запуск соответствующей логической схемы

Выполнение команды осуществляется сразу после дешифрации, в МТ4, поскольку оба операнда находятся в самом микропроцессоре и дополнительного обращения к памяти не требуется. Микропроцессор работает с 8-разрядными числами:

$$\begin{array}{r}
 \phantom{+} \phantom{1} \phantom{0} \phantom{0} \phantom{1} \phantom{0} \phantom{0} \phantom{0} \\
 \phantom{+} \phantom{1} \phantom{0} \phantom{0} \phantom{1} \phantom{0} \phantom{0} \phantom{0} \\
 + 1 \phantom{0} \phantom{0} \phantom{0} \phantom{1} \phantom{1} \phantom{0} \phantom{0} \phantom{1} \\
 \hline
 1 \phantom{1} \phantom{1} \phantom{0} \phantom{0} \phantom{0} \phantom{0} \phantom{0} \phantom{1}
 \end{array}$$

В результате после выполнения команды (A)=E1H, признаки Z=0, S=1, P=1, C=0, AC=1. Соответственно, регистр признаков установится в состояние (F)=96H:

Разряды данных	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Флажки	S	Z	0	AC	0	P	1	C
Состояние	1	0	0	1	0	1	1	0

### Пример 2

Команда **ADD M**, расположенная в программной памяти по адресу 081B H, до выполнения команды (A)=29H; (HL)=0B29 H, [0B29 H]=37 H.

Команда однобайтная (п.2.2 в таблице 1), записана в программной памяти следующим образом:

Адрес	Данные	Характер данных
081B	36	КОП

Данная команда осуществляет сложение содержимое аккумулятора и числа из ячейки памяти с адресом, заранее заданным в регистровой паре HL. Выполнение осуществляется за 2 МЦ и 7 МТ (4+3) – см. п. 2.2 таблицы 1. В МЦ1 происходит считывание и дешифрация команды, в МЦ2 МП выставляет на ША адрес из регистровой пары HL (такая адресация называется *косвенной*) и копирует из ячейки памяти с этим адресом число в регистр временного хранения АЛУ. Выполнение сложения осуществляется в МТ3. Временная диаграмма данной команды представлена на рисунке 2, а её описание – в таблице 3.

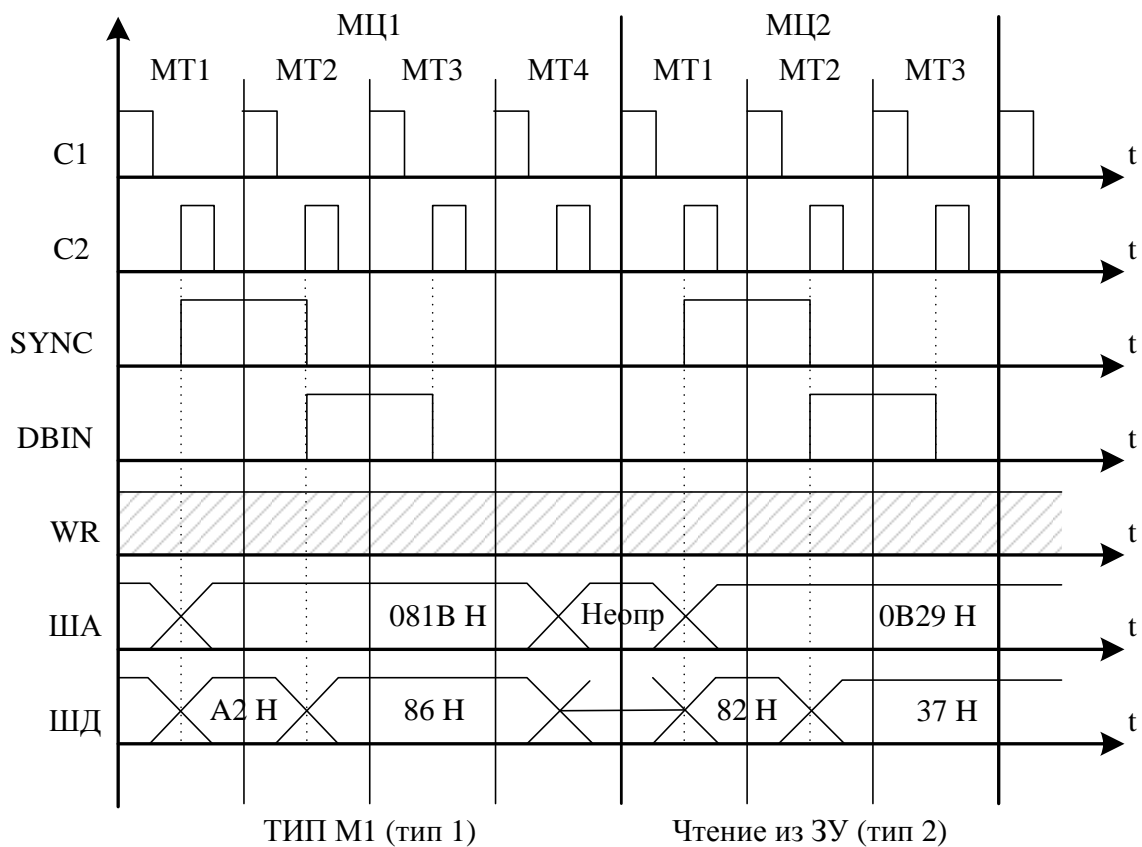


Рис. 2. Временная диаграмма команды ADD M

Выполнение команды **ADD M**, расположенной в программной памяти по адресу 081В Н; (A)=29Н; (HL)=0В29 Н, [0В29 Н]=37 Н

МЦ	МТ	Действия		Пояснение
1	1	(PC)→РА→ША	081ВН→ША	МП выставляет адрес на ША из программного счетчика
	2	(PC)+1→PC	081СН→PC	Содержимое программного счетчика увеличивается на 1 – это подготовка для считывания из программной памяти следующей команды
	2,3	КОП→ПК	86Н→ПК	Считывание кода операции команды в регистр команд
	4	Дешифрация команды		Передача команды из регистра в дешифратор команд и запуск соответствующей логической схемы
2	1	(HL)→РА→ША	0В29Н→ША	МП выставляет адрес на ША из регистровой пары HL
	2,3	[(HL)]→BP	37Н→ BP	Считывание числа из ячейки с адресом 0В29Н в регистр временного хранения АЛУ
	3	Выполнение команды	(A)+(BP) →A	Сложение аккумулятора и второго операнда

Микропроцессор работает с 8-разрядными числами:

$$\begin{array}{r}
 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1 \\
 +0\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0\ 0\ 1 \\
 0\ 0\ 1\ 1\ 0\ 1\ 1\ 1 \\
 \hline
 0\ 1\ 1\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0
 \end{array}$$

В результате после выполнения команды (A)=60Н, признаки Z=0, S=0, P=1, C=0, AC=1. Соответственно, регистр признаков установится в состояние (F)=16Н:

Разряды данных	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Флажки	S	Z	0	AC	0	P	1	C
Состояние	0	0	0	1	0	1	1	0

### Пример 3

Команда **ADI САН**, расположенная в программной памяти по адресу 0842Н, до выполнения команды: (A)=68Н.

Данная команда осуществляет сложение содержимое аккумулятора и числа из второго байта команды. Выполнение команды осуществляется за 2 МЦ и 7 МТ (4+3) – см. п. 2.3 таблицы 1. В МЦ1 происходит считывание и дешифрация команды, в МЦ2 считывается второй байт команды в регистр вре-

менного хранения АЛУ. Выполнение сложения осуществляется в МТ3 этого машинного цикла. Временная диаграмма данной команды представлена на рисунке 3, а её описание – в таблице 4.

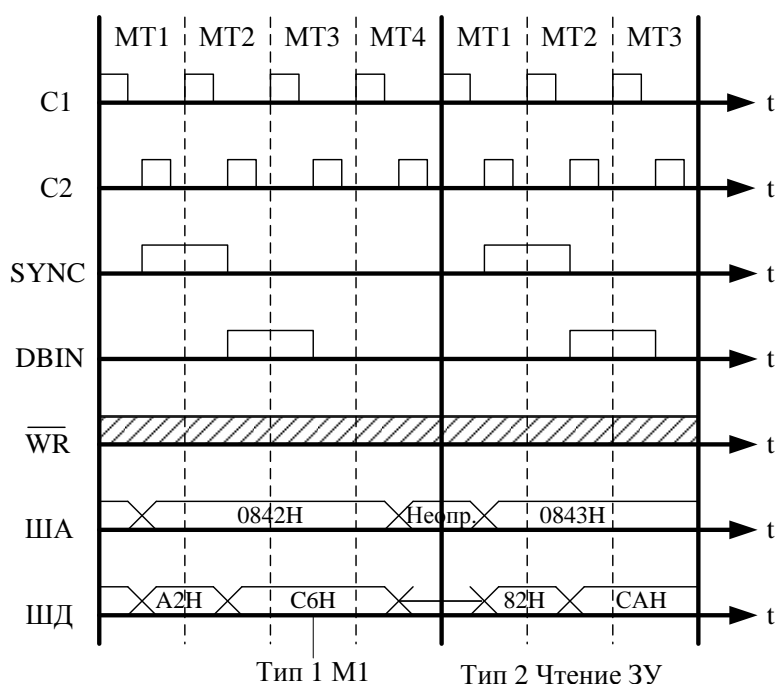


Рис. 3. Временная диаграмма команды ADI SAN

Таблица 4

Выполнение команды **ADI SAN**, расположенной в программной памяти по адресу 0842H, до выполнения команды: (A)=68H.

МЦ	МТ	Действия		Пояснение
1	1	(PC)→РА→ША	0842H→ША	МП выставляет адрес на ША из программного счетчика
	2	(PC)+1→PC	0843H→PC	Содержимое программного счетчика увеличивается на 1 – это подготовка для считывания из программной памяти 2-го байта команды
	2,3	КОП→РК	С6H→РК	Считывание кода операции команды в регистр команд
	4	Дешифрация команды		Передача команды из регистра в дешифратор команд и запуск соответствующей логической схемы
2	1	(PC)→РА→ША	0843H→ША	МП выставляет адрес на ША из программного счетчика
	2	(PC)+1→PC	0844H→PC	Содержимое программного счетчика увеличивается на 1 – это подготовка для считывания из программной памяти следующей команды
	2,3	2 байт команды→ВР	САН→ВР	Считывание числа из ячейки с адресом 0843H в регистр временного хранения АЛУ
	3	Выполнение команды (A)+(ВР)→A	68H+САН→A	Сложение аккумулятора и второго операнда

Микропроцессор работает с 8-разрядными числами:

$$\begin{array}{r} 1\ 1\ \quad\quad\quad 1 \\ +0\ 1\ 1\ 0\ 1\ 0\ 0\ 1 \\ \hline 1\ 1\ 0\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0 \\ \hline 0\ 0\ 1\ 1\ 0\ 0\ 1\ 1 \end{array}$$

В результате после выполнения команды (A)=33H, признаки Z=0, S=0, P=1, C=1, AC=1. Соответственно, регистр признаков установится в состояние (F)=17H:

Разряды данных	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Флажки	S	Z	0	AC	0	P	1	C
Состояние	0	0	0	1	0	1	1	1

Работа МП по выполнению различных логических и арифметических операций подробно была рассмотрена в теме 2, кроме операции Сравнения. Сравнение осуществляется путём внутреннего вычитания – из аккумулятора вычитается второй операнд, по результатам этого вычитания устанавливаются все признаки, после чего осуществляется восстановление аккумулятора. Таким образом, результатом операций сравнения являются *только признаки* в регистре F.

#### Пример 4

Команда **CPI 6FH**, расположенная в программной памяти по адресу 0822H, до выполнения команды: (A)=60H.

Данная команда осуществляет сравнение содержимого аккумулятора и числа из второго байта команды. Выполнение команды осуществляется за 2 МЦ и 7 МТ (4+3) – см. п. 2.2 таблицы 1. В МЦ1 происходит считывание и дешифрация команды, в МЦ2 считывается второй байт команды в регистр временного хранения АЛУ. Выполнение вычитания, установка признаков и восстановление аккумулятора осуществляется в МТ3 этого машинного цикла. Временная диаграмма данной команды представлена на рисунке 4, а её описание – в таблице 5.



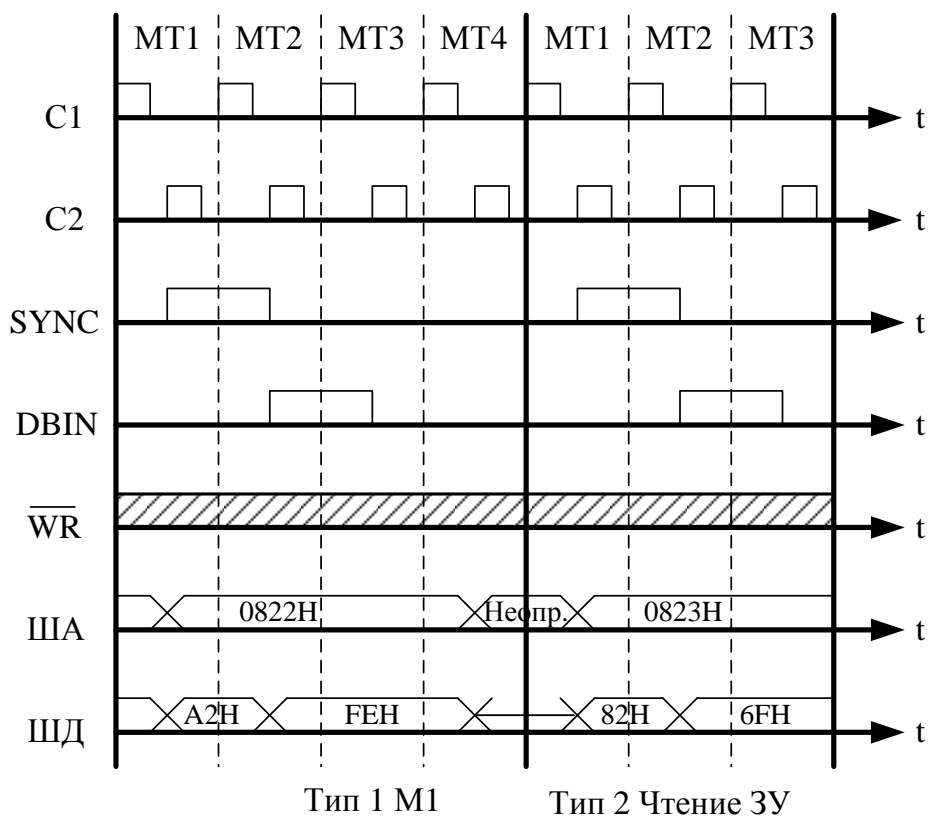


Рис. 4. Временная диаграмма команды CPI 6FH

Таблица 5

Выполнение команды **CPI 6FH**, расположенной в программной памяти по адресу 0822H, до выполнения команды: (A)=60H.

МЦ	МТ	Действия		Пояснение
1	1	(PC)→PA→ША	0822H→ША	МП выставляет адрес на ША из программного счетчика
	2	(PC)+1→PC	0823H→PC	Содержимое программного счетчика увеличивается на 1 – это подготовка для считывания из программной памяти следующей команды
	2,3	КОП→ПК	F6H→ПК	Считывание кода операции команды в регистр команд
	4	Дешифрация команды		Передача команды из регистра в дешифратор команд и запуск соответствующей логической схемы
2	1	(PC)→PA→ША	0823H→ША	МП выставляет адрес на ША из регистровой пары HL
	2,3	2 байт команды→BP	6FH→BP	Считывание числа из ячейки с адресом 0843H в регистр временного хранения АЛУ
	3	Выполнение команды (A)+(BP)→A	6FH-САН→A;	Сложение аккумулятора и второго операнда

Микропроцессор работает с 8-разрядными числами:

$$\begin{array}{r} \_0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \\ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \\ \hline 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \end{array}$$

По результатам вычитания устанавливаются признаки  $Z=0$ ,  $S=0$ ,  $P=1$ ,  $C=0$ ,  $AC=0$ . Соответственно, регистр признаков установится в состояние  $(F)=06H$ .

Разряды данных	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Флажки	S	Z	0	AC	0	P	1	C
Состояние	0	0	0	0	0	1	1	0

После установки признаков аккумулятор восстанавливается путем сложения с тем же числом  $6FH$ .