

## Глава 4

### Счётные операции

Счетные операции, реализованные в STEP7-Micro/WIN, располагаются в папке  Counters (Счётчики) дерева инструкций Instruction Tree, представленной на рис. 4-1. Они подразделяются на три функциональные группы:

- 1) **синхронные счетчики** – для подсчета положительных фронтов сигналов, изменяемых в самой программе – блоки CTU, CTD, CTUD (см. ниже п. 4.1);
- 2) **быстрые счётчики** – служат для организации асинхронного с основной программой подсчета импульсов, приходящих на CPU с внешнего источника – блоки HDEF и HSC (см. ниже п. 4.2);
- 3) **быстрые выходы** – выдача на физические выходы CPU импульсов с заданными параметрами – блок PLS (глава 5).

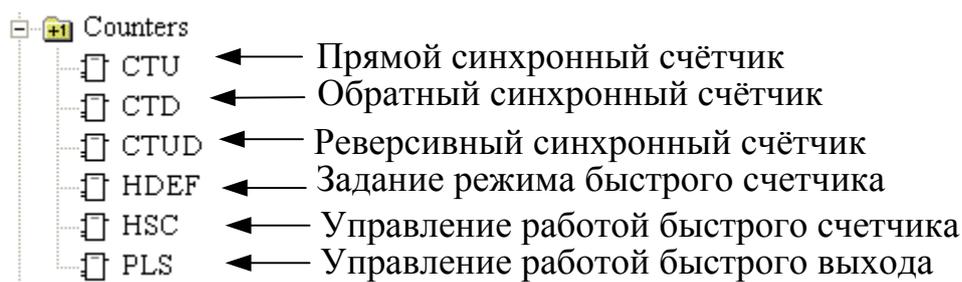


Рис. 4-1. Папка счетных операций в дереве инструкций

#### 4.1. Синхронные счётчики

У блоков синхронных счетчиков (рис. 4-2) имеются следующие параметры:

R (Reset) – вход сброса, при установке которого текущее значение счетчика CV (от англ. Current Value) сбрасывается в 0;

CU (Count Up) – вход прямого счета, разрешающий увеличение CV на 1 при появлении фронта CU=0/1;

CD (Count Down) – вход обратного счета, разрешающий уменьшение CV на 1 при появлении фронта CD=0/1;

PV (Preview Value) – предварительно установленное значение счетчика;

LD (Load Down) – загрузка начала обратного отсчета по фронту LD=0/1.

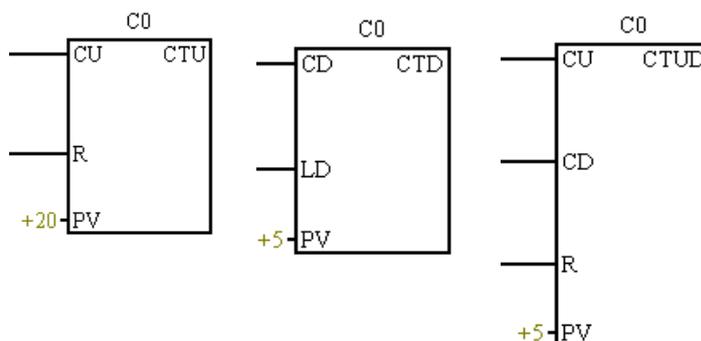


Рис. 4-2. Блоки синхронных счетчиков

Работу счетчиков иллюстрирует таблица 4-1. Каждый счетчик должен иметь свой уникальный номер, или адрес. При совпадении номеров и прямой, и реверсивный, и обратный счетчик с одним и тем же номером будут обращаться к одному и тому же текущему значению. Бит любого синхронного счетчика может участвовать в качестве битового операнда в операциях с контактами.

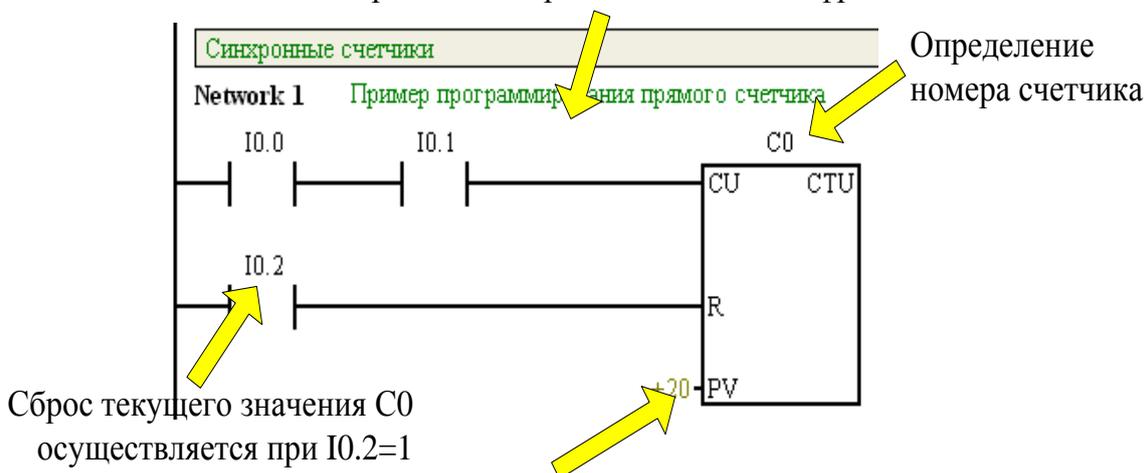
Таблица 4-1. Принцип действия синхронных счетчиков

Тип	R=1	CU=0/1	CD=0/1	LD=0/1	Бит счетчика
CTU	CV=0; бит сбрасывается	CV+1:=CV. После достижения максимального значения CV <sub>max</sub> =32767 происходит останов счета	-	-	Если CV≥PV, происходит установка бита счетчика в 1
CTUD	CV=0; бит сбрасывается	CV+1:=CV. После достижения CV <sub>max</sub> =32767 следующий импульс даёт переключ. на CV <sub>min</sub> =-32768, затем переходит к (-32767) и т.д.	CV-1:=CV. После достижения CV <sub>min</sub> =-32768 следующий импульс даёт переключ. на CV <sub>max</sub> =32767, затем переходит к 32766 и т.д.	-	Если CV≥PV, происходит установка бита счетчика в 1
CTD	-	-	CV-1:=CV. После достижения CV=0 счет останавливает-	Начало обратного счёта CV=PV	Если CV=0, установка бита счетчика в 1

			ся		
--	--	--	----	--	--

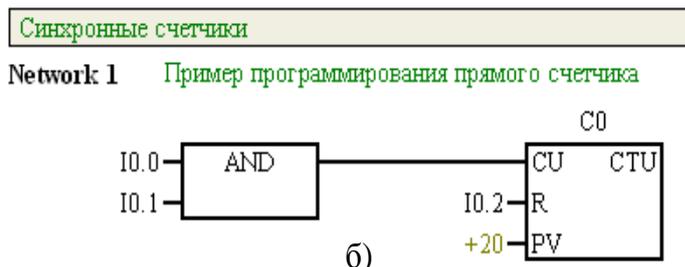
На рис. 4-3 приведен пример программирования прямого счетчика. Ко входам CU и Reset подключаются логические цепочки сигналов, определяющие условия инкремента и сброса текущего значения счетчика.

Увеличение CV для C0 происходит при положительном фронте I0.0&I0.1

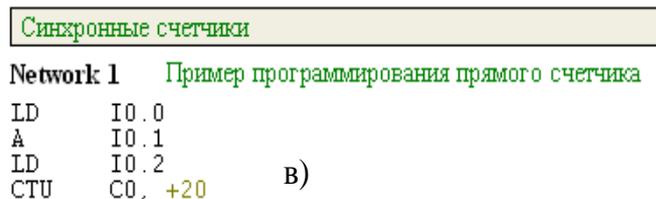


Бит счетчика C0 устанавливается в 1 при достижении PV, когда C0=20

а)



б)



в)

Рис. 4-3. Программирование прямого счетчика: а – в LAD; б – в FBD; в – в STL

Аналогично программируется и обратный счетчик (рис. 4-4). При наличии сигнала загрузки (параметр LD=1) текущее значение счетчика устанавливается равным предварительно установленному: CV=PV. Изменение текущего значения возможно только при пассивном (нулевом) уровне на входе установки, т.е. при LD=0. Уменьшение CV происходит по положительному фронту на входе

счетчика CD. Декремент текущего значения при каждом CD=0/1 продолжается до достижения CV=0, при этом бит счетчика устанавливается в 1, а дальнейший счет блокируется.

Уменьшение CV для C0 происходит при положительном фронте I0.0&I0.1

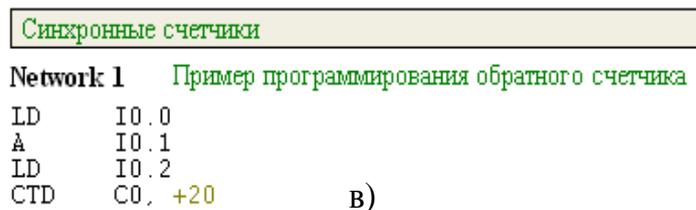
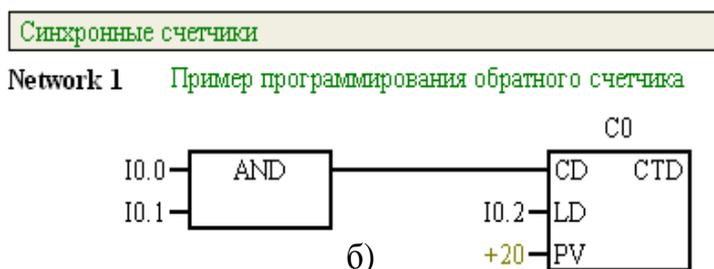
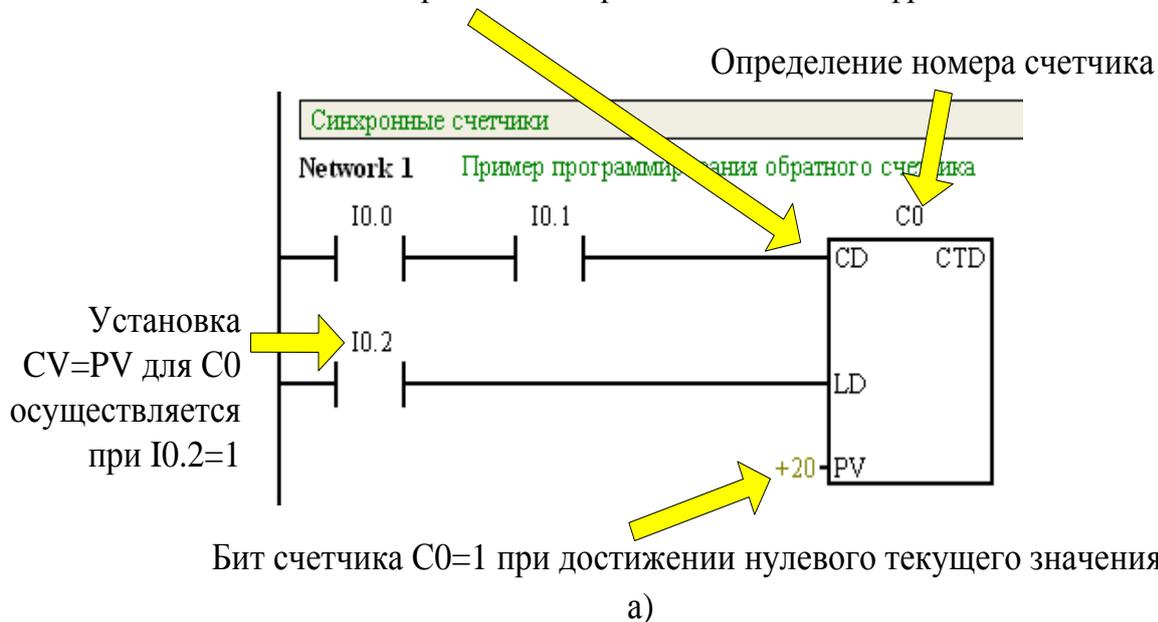
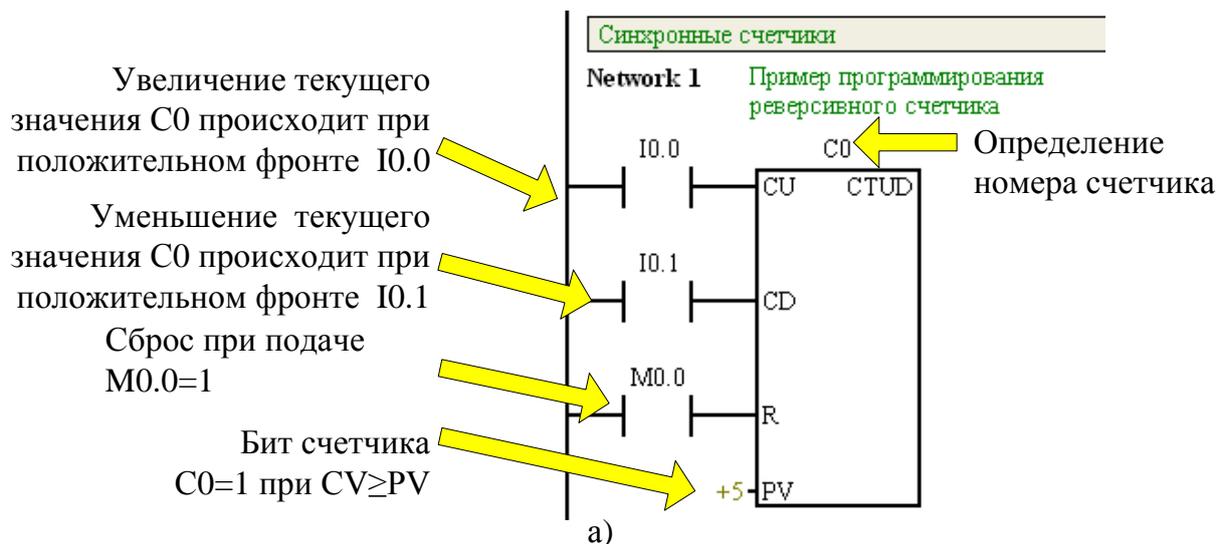


Рис. 4-4. Программирование обратного счетчика:

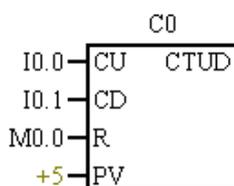
а – в редакторе LAD; б – в редакторе FBD; в – в редакторе STL

Реверсивный счетчик CTUD работает с полным диапазоном текущих значений: от  $CV_{min}=-32768$  до  $CV_{max}=32767$ . Пример его программирования дан на рис. 4-5.



Синхронные счетчики

Network 1 Пример программирования реверсивного счетчика



Синхронные счетчики

Network 1 Пример программирования реверсивного счетчика

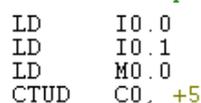


Рис. 4-5. Программирование реверсивного счетчика:  
а – в редакторе LAD; б – в редакторе FBD; в – в редакторе STL

### Вопросы для самопроверки

1. С каким диапазоном чисел работает счетчик CTU? CTD? CTUD?
2. Какие области памяти обеспечивают работу счётчиков? Каков их формат?
3. В каком случае происходит установка бита прямого счетчика? Реверсивного счетчика? Обратного счетчика?
4. Каково максимально возможное предварительно установленное значение прямого счетчика? Реверсивного счетчика? Обратного счетчика?
5. Каково максимально (минимально) возможное текущее значение прямого счетчика? Реверсивного счетчика? Обратного счетчика?
6. Поясните обозначения CV, PV, CTU, CTD, CTUD?

## 4.2. Операции быстрого счёта

Быстрые счетчики осуществляют подсчет импульсов, поступающих от внешних источников на определенные физические входы CPU. Максимальная частота подачи импульсов определяется модификацией CPU (таблица 4-2).

Таблица 4-2. Частота принимаемых импульсов

CPU	Быстрые счетчики	Максимальная частота
212	HSC0	2 кГц
214, 215 и 216	HSC0	До 2 кГц
	HSC1 и HSC2	До 7 кГц
221, 222, 224 и 226	Все счетчики	В режимах однофазных счетчиков - 30 кГц, а в режимах двухфазных счетчиков – с частотой до 20 кГц

Для организации работы быстрых счетчиков предназначены два блока:

- HDEF (от англ. High Speed Counter Definition – задание режима быстрого счетчика (рис. 4-6) из допустимого диапазона (таблицы 4-3 и 4-4).

Таблица 4-3. Поддержка режимов быстрых счетчиков моделями CPU

Счетчик	212	214	215	216	221	222	224	226
HSC0	0	0-11	0-11	0-11	0,1,3,4, 6,7,9,10	0,1,3,4, 6,7,9,10	0,1,3,4, 6,7,9,10	0,1,3,4,6, 7,9,10
HSC1	~	0-11	0-11	0-11	~	~	0-11	0-11
HSC2	~	0-11	0-11	0-11	~	~	0-11	0-11
HSC3	~	~	~	~	0	0	0	0
HSC4	~	~	~	~	0,1,3,4, 6,7,9,10	0,1,3,4, 6,7,9,10	0,1,3,4, 6,7,9,10	0,1,3,4,6, 7,9,10
HSC5	~	~	~	~	0	0	0	0

~ - счетчик не реализован в CPU и не поддерживается программно.

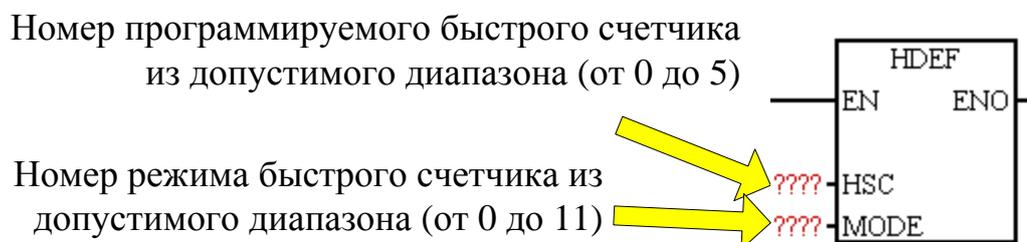


Рис. 4-6. Блок задания режимов быстрого счетчика

- HSC (от англ. High Speed Counter - высокоскоростной счет) – передача параметров управления быстрому счетчику (рис. 4-7) с указанным номером.

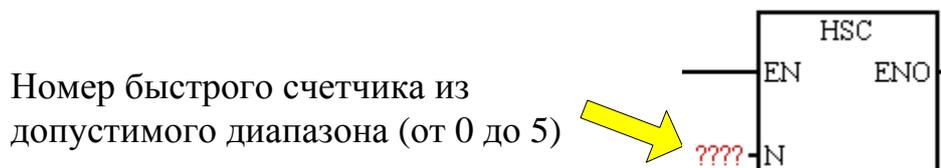


Рис. 4-7. Блок передачи параметров быстрого счетчика

Единственной переменной быстрого счетчика является его текущее значение  $CV$  в формате двойного слова, сохраняемое в области  $HC_N$ . Параметры каждого счетчика задаются в области специальных маркеров (таблица П1-3 в приложении 1): управляющий байт – определяет характер работы счетчика; начальное значение  $CV$ ; предустановленное значение  $PV$  (двойное слово).

Соотношение величин  $PV$  и  $CV$  фиксируется с помощью битов состояния в области специальных маркеров (таблица П1-3 в приложении 1).

Управляющий байт любого быстрого счетчика (таблица П1-3 в приложении 1) можно подразделить на две части:

1) Биты 0, 1 и 2 – задаются однократно и до задания режима работы счетчика блоком  $HDEF$ . С помощью битов 0 и 1 можно определить положительную (принятую по умолчанию) или отрицательную логику для внешних сигналов сброса быстрого счетчика и его запуска. За положительную логику традиционно принимается установка соответствующего входа в состояние логической 1 для осуществления сброса или запуска. Бит 2 устанавливает скорость А/В-счетчика (см. ниже режимы 9...11).

Однократность задания значений данных бит определяется характером автоматизируемого технологического процесса и в дальнейшей коррекции программным способом не нуждается, поэтому изменения бит 0...2 после выполнения операции  $HDEF$  не воспринимаются.

2) Биты 3...7 могут быть изменены в программе произвольное число раз, чем обеспечивается гибкость программирования быстрых счетчиков.

Таблица 4-4. Режимы быстрых счетчиков CPU S7-200

Реж.	Описание	Функции активных входов ПЛК			
HSC0 в CPU 212,214,215,216 (HSC3 и HSC5 в CPU 221,222,224,226)					
0	Однофазный реверсивный счетчик с заданием направления счета специальным маркером SM37.3 (SM137.3 и SM157.3) (0-обратный счет, 1-прямой)	Приемник импульсов на I0.0			
HSC1 (HSC2) в CPU 214,215,216,224,226					
Реж.	Описание	I0.6 (I1.2)	I0.7 (I1.3)	I1.0 (I1.4)	I1.1 (I1.5)
0	Однофазный реверсивный счетчик с заданием направления счета специальным маркером SM47.3 (SM57.3)	Приемник импульсов	-	-	-
1		Приемник импульсов	-	Сброс	-
2		Приемник импульсов	-	Сброс	Запуск
3	Однофазный реверсивный счетчик с внешним заданием направления счета	Приемник импульсов	Направление счета	-	-
4		Приемник импульсов	Направление счета	Сброс	-
5		Приемник импульсов	Направление счета	Сброс	Запуск
6	Двухфазный счетчик	Приемник импульсов для счета вперед	Приемник импульсов для счета назад	-	-
7		Приемник импульсов для счета вперед	Приемник импульсов для счета назад	Сброс	-
8		Приемник импульсов для счета вперед	Приемник импульсов для счета назад	Сброс	Запуск

Окончание таблицы 4-4. Режимы быстрых счетчиков CPU S7-200

HSC1 (HSC2) в CPU 214,215,216,224,226					
Реж.	Описание	I0.6 (I1.2)	I0.7 (I1.3)	I1.0 (I1.4)	I1.1 (I1.5)
9	А/В счетчик: фаза А опережает фазу В на 90°	Приемник импульсов (фаза А)	Приемник импульсов (фаза В)	-	-
10		Приемник импульсов (фаза А)	Приемник импульсов (фаза В)	Сброс	-
11		Приемник импульсов (фаза А)	Приемник импульсов (фаза В)	Сброс	Запуск
HSC0 (HSC4) в CPU 221,222,224 и 226					
Реж.	Описание	I0.0 (I0.3)	I0.1 (I0.4)	I0.2 (I0.5)	
0	Однофазный реверсивный счетчик с заданием направления счета специальным маркером SM37.3 (SM147.3)	Приемник импульсов	-	-	
1		Приемник импульсов	-	Сброс	
3	Однофазный реверсивный счетчик с внешним заданием направления счета	Приемник импульсов	Направление счета	-	
4		Приемник импульсов	Направление счета	Сброс	
6	Двухфазный счетчик	Приемник импульсов для счета вперед	Приемник импульсов для счета назад	-	
7		Приемник импульсов для счета вперед	Приемник импульсов для счета назад	Сброс	
9	Двухфазный А/В счетчик	Фаза А	Фаза В	-	
10		Фаза А	Фаза В	Сброс	

Всего в CPU S7-200 реализовано 12 режимов для быстрых счетчиков (таблица 4-5). Они подразделяются на 4 группы по 3 режима в каждой группе:

- для первого режима каждой группы (режимы 0, 3, 6 и 9) не предусматривается никаких дополнительных внешних управляющих сигналов;
- для вторых режимов (режимы 1, 4, 7 и 10) реализована возможность внешнего сброса. При подаче на зарезервированный вход активного уровня сигнала происходит сброс текущего значения быстрого счетчика (CV=0);
- для третьих режимов (режимы 2, 5, 8 и 11) реализованы и внешний сброс, и внешний запуск. При подаче на зарезервированный для запуска вход активного уровня сигнала происходит запуск счетчика (если ранее счет был блокирован) в соответствии с таблицей 4-6.

Таблица 4-5. Реакция CPU на внешние управляющие сигналы

Сигнал сброса	Сигнал запуска	Выполняемое действие
0	0	Работа в соответствии с заданным режимом
0	1	Продолжение работы в соответствии с заданным режимом или запуск, если ранее произведен останов счета
1	0	Если осуществляется работа счетчика, то CV=0 и дальнейший счет при наличии импульсов на входе-приемнике. Если счет блокирован, сигнал сброса игнорируется
1	1	Сброс CV и продолжение счета при наличии импульсов на входе-приемнике.

1 группа – режимы 0, 1 и 2 (таблица 4-5) – однофазный реверсивный счетчик с внутренним заданием направления счета.

«Однофазный» означает, что подсчитываются импульсы, приходящие на один из входов CPU. Например, для быстрого счетчика HC0 для этой цели резервируется физический вход I0.0 (таблица 4-5).

«Внутреннее задание направления счета» означает, что оно определяется специальным битом в байте управления (бит с номером 4, см. формат байта управления в таблице П1-3), иными словами, внутри CPU. Например, для быстрого счетчика HC0 направление счета определяется состоянием бита SM37.4

(таблица 4-5). Если  $SM37.4=1$ , по каждому положительному фронту сигнала на входе-приемнике импульсов (для HSC0 это вход I0.0) текущее значение быстрого счетчика будет уменьшаться (декремент CV), если этот бит сброшен ( $SM37.4=0$ ), то увеличиваться (инкремент CV).

На рис. 4-8 приведен пример программирования быстрого счетчика HSC0 на 0 режим: счет начинается со значения 100, а когда текущее значение превысит 200, счет блокируется.

В сети Network1 осуществляется

- задание параметров быстрого счетчика посредством пересылок:
  - в область SMB37 - управляющий байт  $11111000_2$  (рис. 4-9);
  - в область SMD38 – начальное значение CV (100);
- определение режима 0 для счетчика 0 (блок HDEF);
- передача параметров счетчика на CPU (блок HSC).

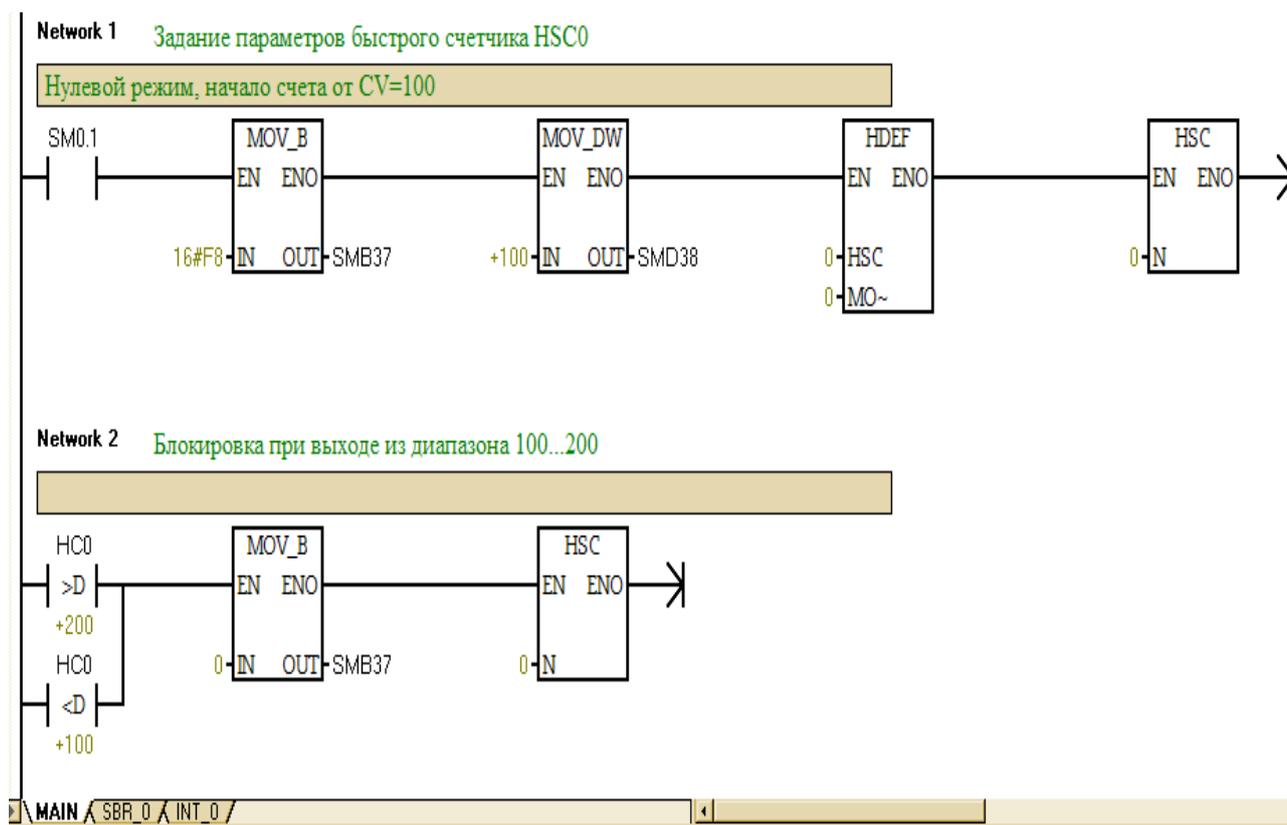


Рис. 4-8. Пример программирования быстрого счетчика HSC0 на режим 0

2 # 1 1 0 1 1 0 0 0 = 16 # D8

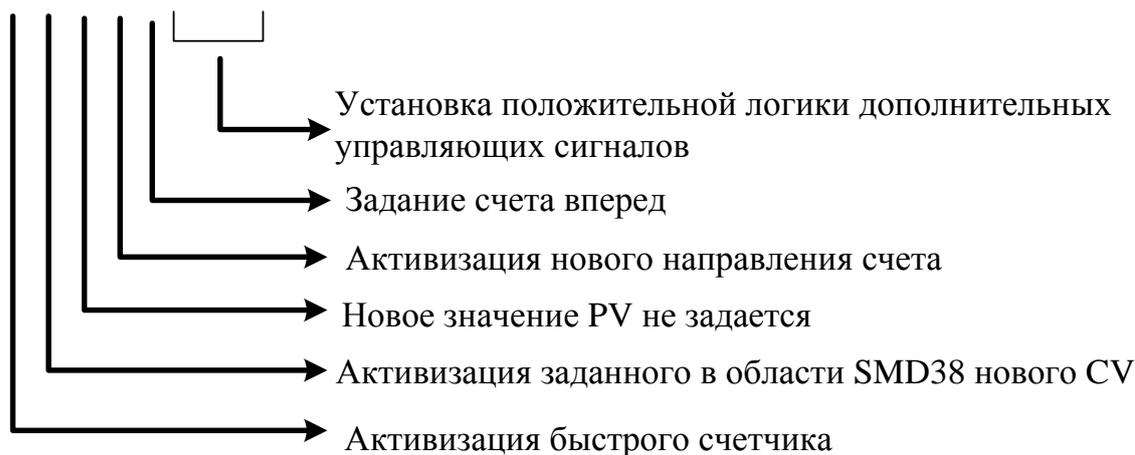


Рис. 4-9. Управляющий байт для счета вперед в режиме 0 (1 и 2)

Сеть Network2 реализует блокировку быстрого счетчика: сначала осуществляется пересылка нулевого управляющего байта в область специальных маркеров SMB37, а затем передача параметров счетчика на CPU блоком HSC.

Проверку работы программы удобно осуществить в режиме PROGRAM STATUS (приложение 4), иллюстрация которого в редакторе LAD представлена на рис. 4-10.

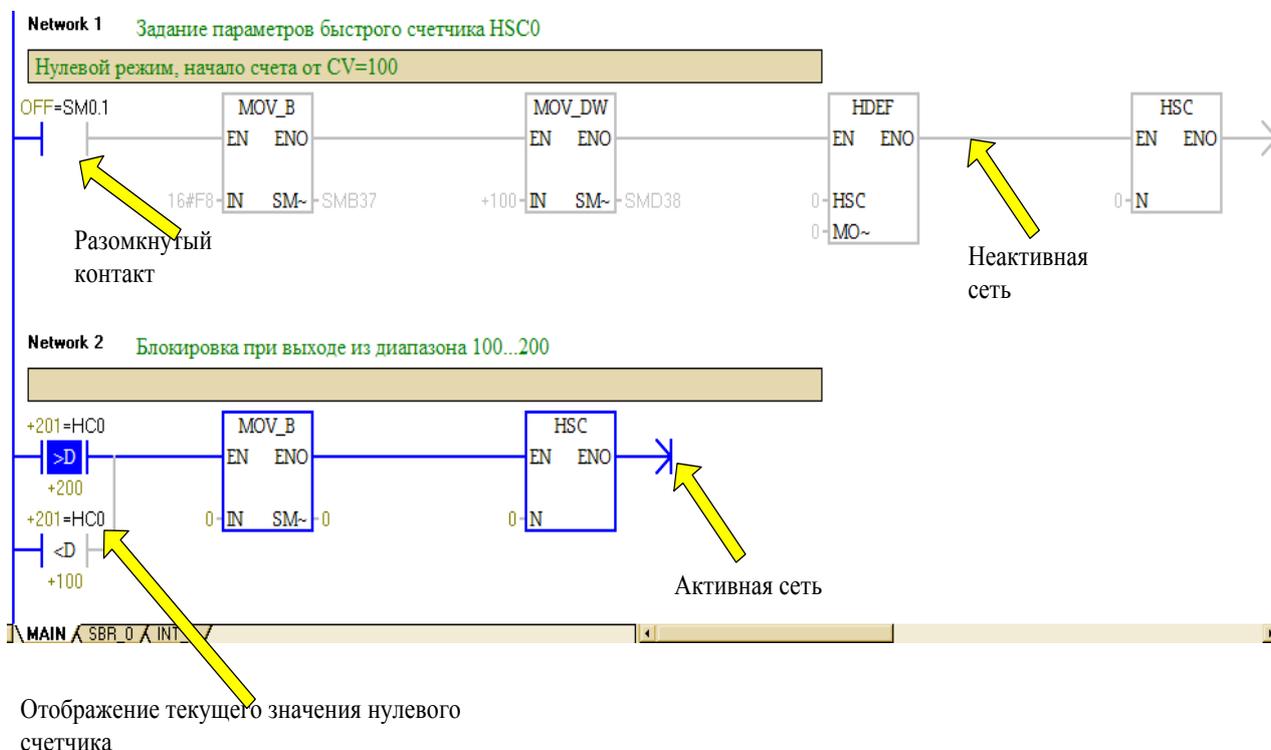


Рис. 4-10. Режим PROGRAM STATUS в редакторе LAD

После запуска программы, данной на рис. 4-8, CPU, начиная со второго МЦ, выполняет только строку Network2 до тех пор, пока текущее значение быстрого счетчика не выйдет за пределы диапазона 100... 200. Изменение CV происходит по каждому переднему фронту на физическом входе CPU I0.0 – оно увеличивается на 1 с приходом каждого импульса (рис. 4-11) и фиксируется в области памяти HC0. Содержимое области SMD38 при работе программы не изменяется и по-прежнему сохраняет значение 100, заданное в Network1.

Таким образом, состояние счетчика изменяется только в соответствии с изменением внешних условий работы CPU – с приходом импульса извне, но не состоянием программы CPU. Именно поэтому такой счет называется асинхронным, или быстрым.

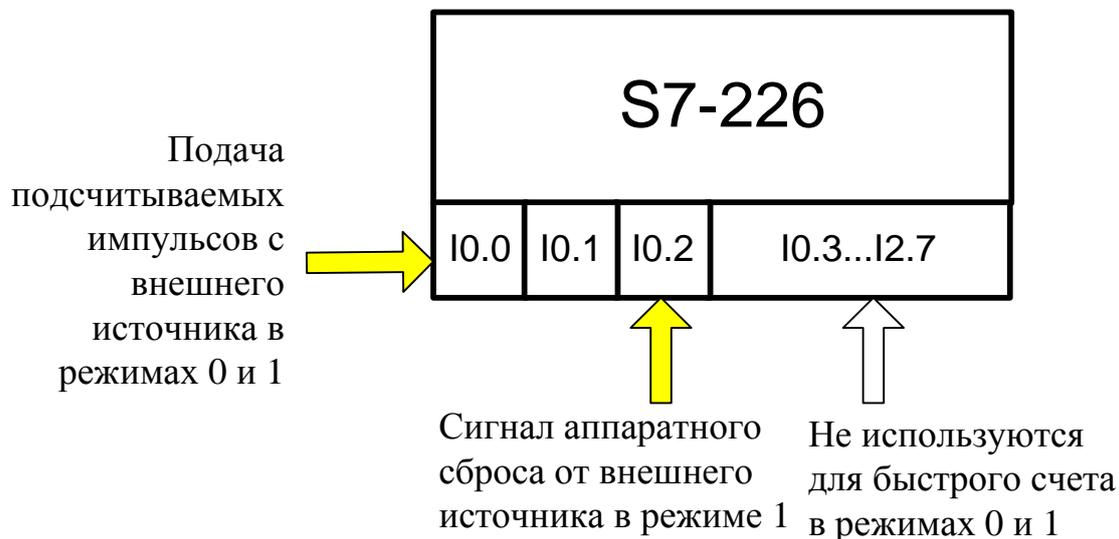


Рис. 4-11. Подача внешних сигналов на CPU для режимов 0 и 1 для HSC0

Для смены режима с 0 на 1 (что возможно, например, для CPU 221) в рассматриваемом примере нужно изменить параметр MODE блока HDEF с 0 на 1. CPU работает также, как в режиме 0 (рис. 4-11), но при подаче на физический вход CPU с адресом I0.2 (аппаратный сброс согласно таблице 4-5) текущее значение быстрого счетчика сбрасывается в ноль.

В режиме 2 параметр MODE блока HDEF будет равен 2 и станет возможным аппаратный запуск быстрого счетчика подачей внешнего сигнала на физи-

ческий вход CPU с адресом I1.1 (для модификаций, поддерживающих данный режим, например, CPU 226).

2 группа – режимы 3, 4 и 5 – однофазный реверсивный счетчик с внешним заданием направления счета на специально зарезервированный для этого вход CPU (рис. 4-12). Если на этот вход подается 1, декремент CV будет происходить по каждому положительному фронту на входе-приемнике импульсов, если логический 0, то будет происходить инкремент CV. Например, если в рассмотренном примере запрограммировать для HSC0 в CPU 221 режим 3, то при I0.1=1 подача переднего фронта на физический вход I0.0 приведет к инкременту HSC0, а при I0.1=0 подача переднего фронта на физический вход I0.0 приведет к декременту HSC0. В режиме 4 можно сбросить HSC0 подачей переднего фронта на физический вход I0.2 (аппаратный сброс согласно таблице 4-5).



Рис. 4-12. Подача внешних сигналов на CPU для режимов 3 и 4 для HSC0

3 группа – режимы 6, 7 и 8 – двухфазный реверсивный счетчик. Для приема импульсов резервируются два входа CPU (рис. 4-13). При поступлении положительного фронта на один из них происходит увеличение CV, на другой – уменьшение CV. В рассматриваемом примере для нулевого быстрого счетчика CPU 221 в шестом режиме подача переднего фронта на физический вход I0.0 приведет к инкременту HSC0, а подача переднего фронта на физический вход I0.1 приведет к декременту HSC0. В режиме 7 появляется возможность сбросить

НС0 подачей переднего фронта на физический вход CPU с адресом I0.2 (аппаратный сброс согласно таблице 4-5).

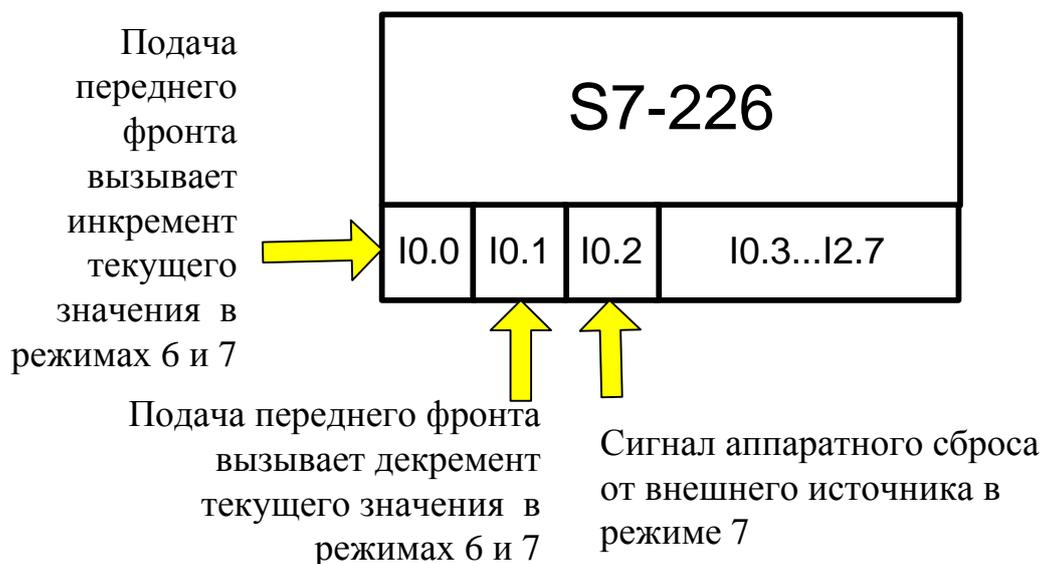


Рис. 4-13. Подача внешних сигналов на CPU для режимов 6 и 7 для HSC0

4 группа – режимы 9, 10 и 11 – двухфазные АВ-счетчики. На два зарезервированных входа CPU с внешнего источника подаются импульсы (рис. 4-14), сдвинутые друг относительно друга на  $90^\circ$ , как показано на рис. 4-15. Время инкремента CV задается в бите 2 управляющего байта (таблица П1-3) посредством определения скорости счета – одно- или четырехкратной (рис. 4-15). При однократной скорости инкремент CV осуществляется по переднему фронту последовательности А. При четырёхкратной – по каждому фронту изменения обеих последовательностей.

Можно выделить три способа программирования быстрых счетчиков:

- 1) непосредственно в основной программе – так, как показано на рис. 4-8;
- 2) с использованием подпрограмм – когда все операции по определению параметров быстрого счетчика, выносятся в подпрограмму, вызываемую однократно по специальному маркеру SM0.1 [3];
- 3) с помощью мастера настройки посредством заполнения специальных диалоговых окон. При этом формируется подпрограмма параметрирования с указанным в мастере именем.

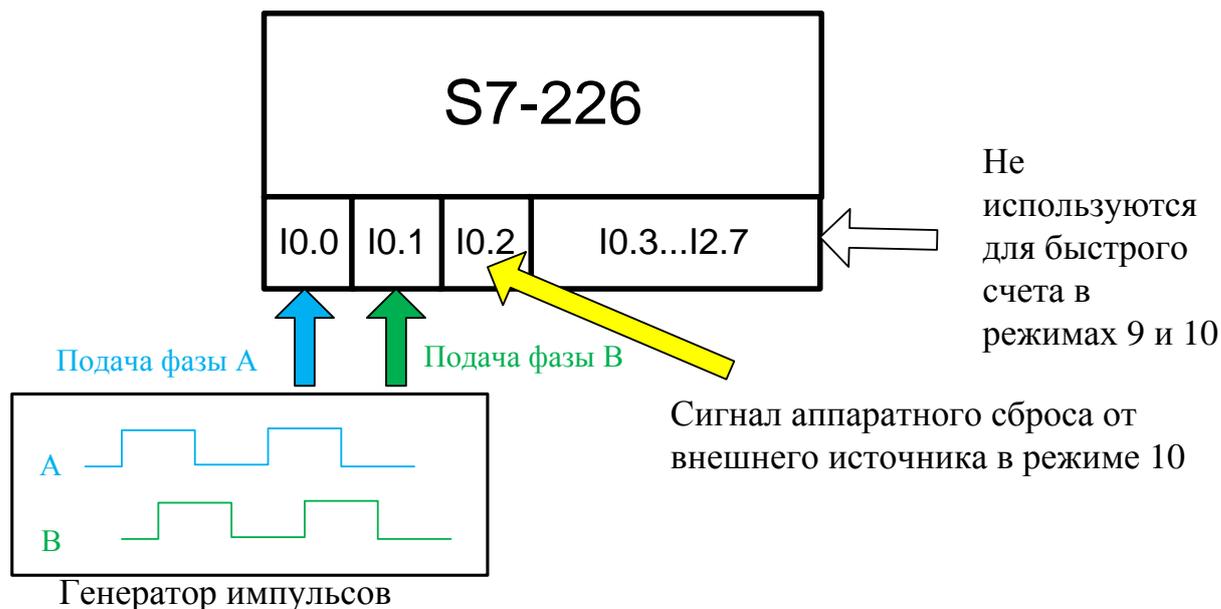


Рис. 4-14. Подача внешних сигналов на CPU для режимов 9 и 10 для HSC0

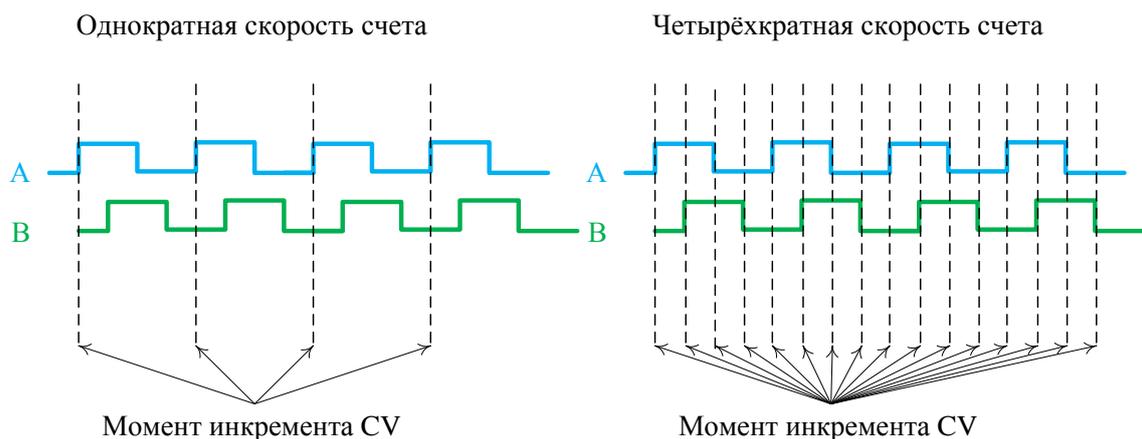


Рис. 4-15. Одно- и четырёхкратная скорость квадратурного счетчика

### Вопросы для самопроверки

1. С каким диапазоном чисел работают быстрые счетчики?
2. Какие области памяти обеспечивают работу быстрых счетчиков?
3. В какой области памяти осуществляется параметрирование быстрого счетчика?
4. Каково максимально возможное PV быстрого счетчика?
5. Каково максимально возможное CV быстрого счетчика?
6. Каким образом можно поменять направление счета в 0 режиме? в первом режиме? В 4 режиме?
7. Что означает термин «квадратурный счетчик»?