

Програмне забезпечення мікропроцесорних систем

Лекція 7

Бібліотека UTIL.LIB.

Программный и аппаратный ШИМ -
регуляторы

(на примере пакета CoDeSys)

Лысаченко И.Г.

2012

Вопросы лекции



- функции и функциональные блоки библиотеки UTIL
 - порядок применения Ф и ФБ
- реализация ШИМ-регулирования
 - программный регулятор
 - аппаратный регулятор

Общая характеристика библиотеки UTIL

- библиотека содержит дополнительный набор различных Ф и ФБ
 - VCD и бит/байт преобразования
 - доп. мат. функции
 - регуляторы
 - генераторы
 - преобразования аналоговых сигналов

Специальная версия этой библиотеки UTIL_NO_REAL не содержит Ф и ФБ, использующих переменные типа REAL

BСD преобразования

- Байт, представленный в формате BСD, содержит числа от 0 до 99
 - каждый десятичный знак занимает 4 бита
 - биты 4-7 содержат первую цифру - число десятков
 - биты 0-3 содержат вторую цифру - число единиц
 - формат BСD подобен HEX представлению с ограничением диапазона чисел 0..99 вместо 0.. FF

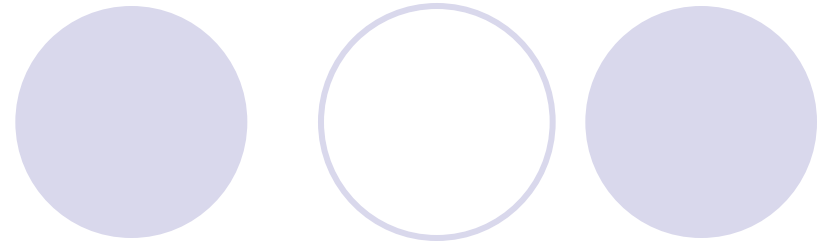
BCD_TO_INT

- функция преобразует байт формата BCD в число типа INT
 - входной параметр функции типа BYTE и выход типа INT
 - если входное значение не укладывается в формат BCD, функция возвращает -1
- пример ST
 - $i := \text{BCD_TO_INT}(73);$ (* Результат 49 *)
 - $73_{10} - 0100_1001_2 - 49_{\text{hex}}$
 - $k := \text{BCD_TO_INT}(151);$ (* Результат 97 *)
 - $l := \text{BCD_TO_INT}(15);$ (* Выход -1, потому что F не BCD формат *)

INT_TO_BCD

- функция преобразует INTEGER число в байт формата BCD
 - входной параметр функции типа INT и выход типа BYTE
 - если INTEGER число не может быть представлено в BCD формате, то функция возвращает значение 255
- пример ST
 - `i:=INT_TO_BCD(49); (* Результат 73 *)`
 - `k:=INT_TO_BCD (97); (* Результат151 *)`
 - $97_{\text{hex}} - 1001_2 - 151_{10}$
 - `l:=INT_TO_BCD (100); (* Ошибка! Выход: 255 *)`

Бит/байт функции



- **EXTRACT**

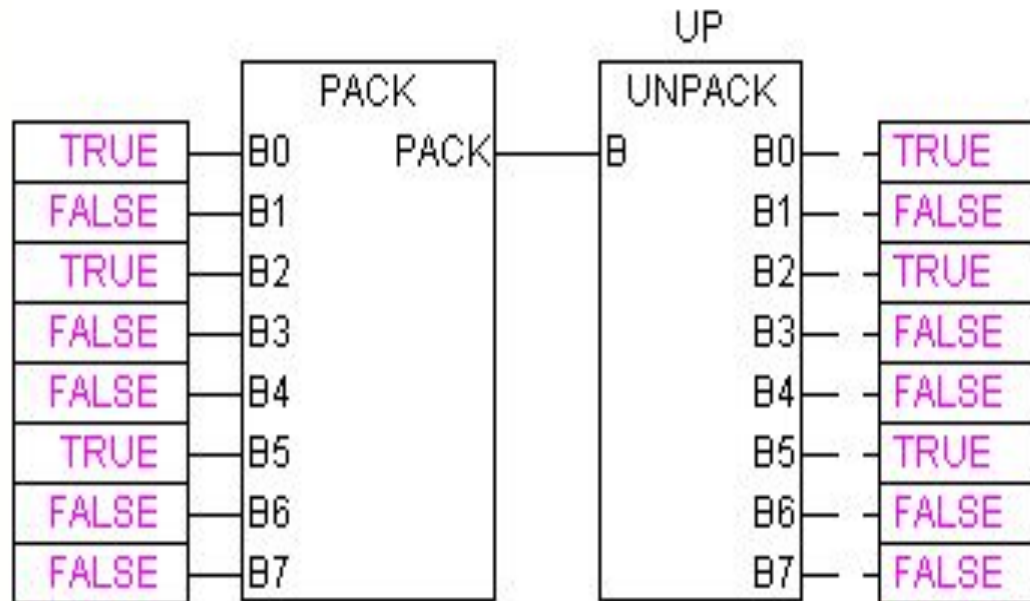
- параметры функции: DWORD X и BYTE N
- выход типа BOOL отражает значение бита N в числе X
 - биты нумеруются с 0

- **Пример ST**

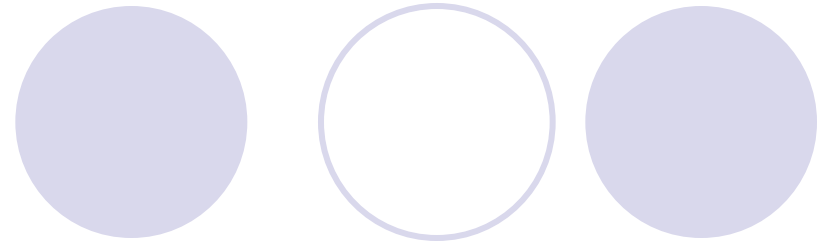
- FLAG:=EXTRACT(X:=81, N:=4); (* Результат: TRUE, 81 это 1010001, 4-й бит равен 1 *)
- FLAG:=EXTRACT(X:=33, N:=0); (* Результат: TRUE, 33 это 100001, нулевой бит равен 1 *)

Бит/байт функции

- функция **PACK** сворачивает восемь параметров B0, B1, ..., B7 типа BOOL в один BYTE
- ФБ **UNPACK** преобразует вход B типа BYTE в 8 выходов B0, ..., B7 типа BOOL
 - пример FBD



Бит/байт функции



- функция **PUTBIT** устанавливает N-й бит числа X в состояние, заданное B
 - биты нумеруются с 0
 - параметры функции: DWORD X, BYTE N и BOOL B
- Пример ST
 - A:=38; (* двоичное 100110 *)
 - B:=PUTBIT(A,4,TRUE); (* Результат : 54 = 2#110110 *)
 - C:=PUTBIT(A,1,FALSE); (* Результат : 36 = 2#100100 *)

Дополнительные математические функции

- **DERIVATIVE**
- **INTEGRAL**
- **STATISTICS_INT**
- **STATISTICS_REAL**
- **VARIANCE**
 - ФБ вычисляет дисперсию входных данных
 - СКО может быть получено как квадратный корень **VARIANCE**

Дополнительные математические функции

- **LIN_TRAFO**

- преобразует значение переменной REAL, принадлежащее одному интервалу в пропорциональное значение, принадлежащее другому интервалу
- интервалы определяются мин. и макс. значением

- алгоритм преобразования

- $(IN - IN_MIN) : (IN_MAX - IN) =$
 $= (OUT - OUT_MIN) : (OUT_MAX - OUT)$

Дополнительные математические функции

- *Пример использования*

- допустим, датчик температуры выдает некоторое напряжение в вольтах (**вход IN**)
- необходимо преобразовать полученное значение в градусы по Цельсию (**выход OUT**)
- входной диапазон (в Вольтах) определяется пределами **IN_MIN=0** и **IN_MAX=10**
- выходной диапазон (в градусах Цельсия) определяется соответствующими пределами **OUT_MIN=-20** и **OUT_MAX=40**

при входном значении 5 Вольт, на выходе 10 градусов по Цельсию

Преобразования входных сигналов

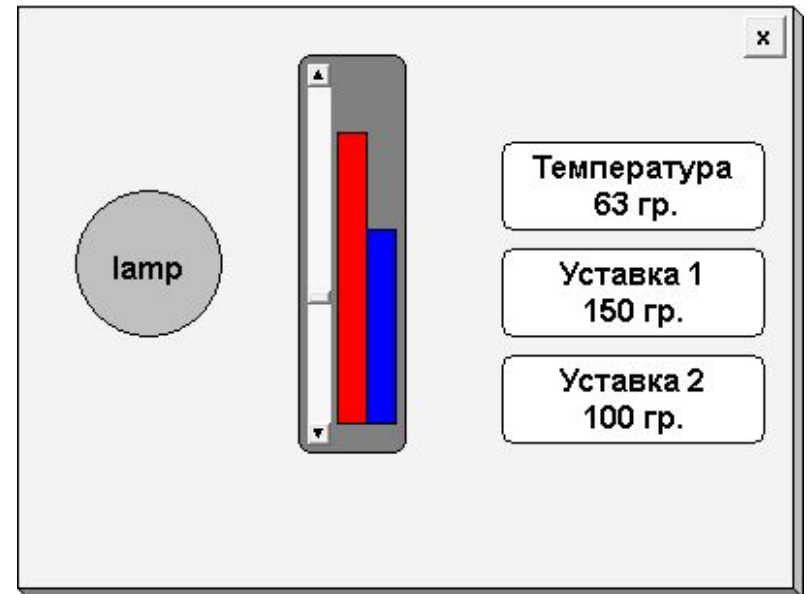
- **SHARCURVE** - ФБ осуществляет пересчет входных данных по заданной переходной функции путем кусочно-линейной аппроксимации
- **RAMP_INT** - ФБ ограничивает скорость нарастания и спада сигнала типа INT
- **RAMP_REAL** – ФБ ограничивает скорость нарастания и спада сигнала типа REAL

Управление дискретными выходами

- Для управления используют устройства ключевого типа
 - э/м реле
 - транзисторная оптопара
 - оптосимистор
 - выход для управления внешним твердотельным реле

Пример: терморегулятор

- Необходимо реализовать
 - Измерение температуры с датчика Pt500 (r385_500) на аналоговом входе (**temp**)
 - Сигнализацию (**lamp**) о выходе за заданную уставку (**ust1**).
 - Значение уставки по умолчанию 150 гр.С
 - Отключение сигнализации (**lamp**) после уменьшения температуры ниже уставки (**ust2**).
 - Значение уставки по умолчанию 100 гр.С



Пример: терморегулятор

PLC 150 I

Discrete input 6 bit[FIX]

Discrete output 4 bit[FIX]

lamp AT %QX1.0: BOOL; (* *) [CHANNEL (Q)]

AT %QX1.1: BOOL; (* *) [CHANNEL (Q)]

AT %QX1.2: BOOL; (* *) [CHANNEL (Q)]

AT %QX1.3: BOOL; (* *) [CHANNEL (Q)]

Special output[FIX]

RTD sensor[SLOT]

temp AT %ID3.0: REAL; (* Value *) [CHANNEL (I)]

AT %IW3.1: WORD; (* Circular time *) [CHANNEL (I)]

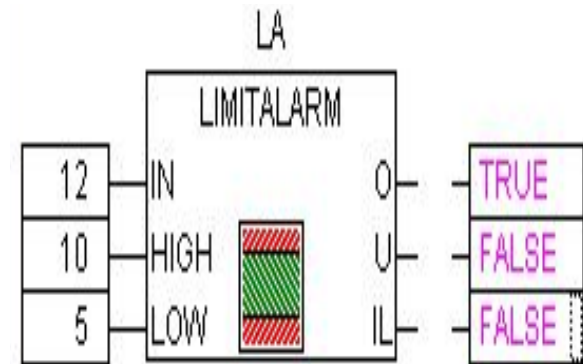
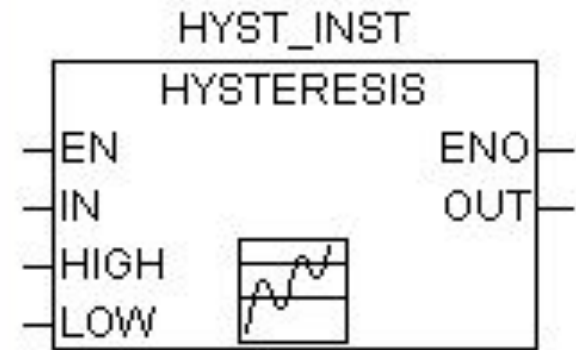
Analog Input[FIX]

Unifed signal sensor[SLOT]

0001	PROGRAM PLC_PRG
0002	VAR
0003	ust1: REAL := 150;
0004	ust2: REAL := 100;
0005	END_VAR
0006	
0001	IF temp>ust1 THEN
0002	lamp:=TRUE;
0003	END_IF
0004	
0005	IF temp<ust2 THEN
0006	lamp:=FALSE;
0007	END_IF

Компараторы...

- **HYSTERESIS** - аналоговый компаратор с гистерезисом
 - если вход IN принимает значение, меньшее LOW, выход OUT устанавливается в TRUE
 - если вход IN принимает значение, большее HIGH, то выход равен FALSE.
 - в пределах от LOW до HIGH значение выхода не изменяется
- **LIMITALARM** - ФБ, контролирует принадлежность значения входа IN заданному диапазону
 - если значение на входе IN
 - превышает предел HIGH выход O = TRUE
 - меньше предела LOW выход U = TRUE
 - лежит в пределах между LOW и HIGH(включительно) выход IL = TRUE



Управление дискретными выходами

- Двухпозиционный регулятор (релейный, ON/OFF, компаратор)
 - двухпозиционный регулятор (компаратор) сравнивает значение измеренной величины с эталонным (уставкой)
 - состояние выходного сигнала изменяется на противоположное, если входной сигнал (измеренная величина) пересекает пороговый уровень (уставку)
 - макс. вход выключает ВУ
 - мин. вход включает ВУ
 - тип логики двухпозиционного регулятора, уставка $T_{уст.}$ и гистерезис Δ задаются пользователем при программировании
- Двухпозиционный регулятор используют
 - для регулирования измеренной величины в несложных системах, когда не требуется особой точности
 - для сигнализации о выходе контролируемой величины за заданные границы

Двухпозиционный регулятор

- **Тип логики 1 (прямой гистерезис)**

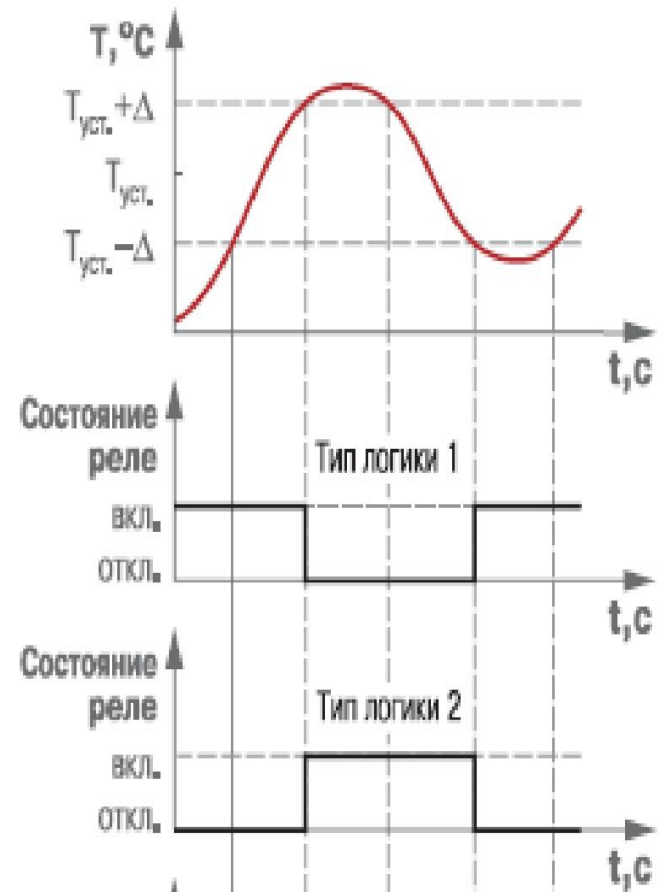
управление работой нагревателя (например, ТЭНа) или сигнализации о том, что значение текущего измерения T меньше уставки $T_{уст.}$.

- ВУ первоначально включается при значениях $T < T_{уст.} - \Delta$,
- ВУ выключается при $T > T_{уст.} + \Delta$
- ВУ включается при $T < T_{уст.} - \Delta$

- **Тип логики 2 (обратный гистерезис)**

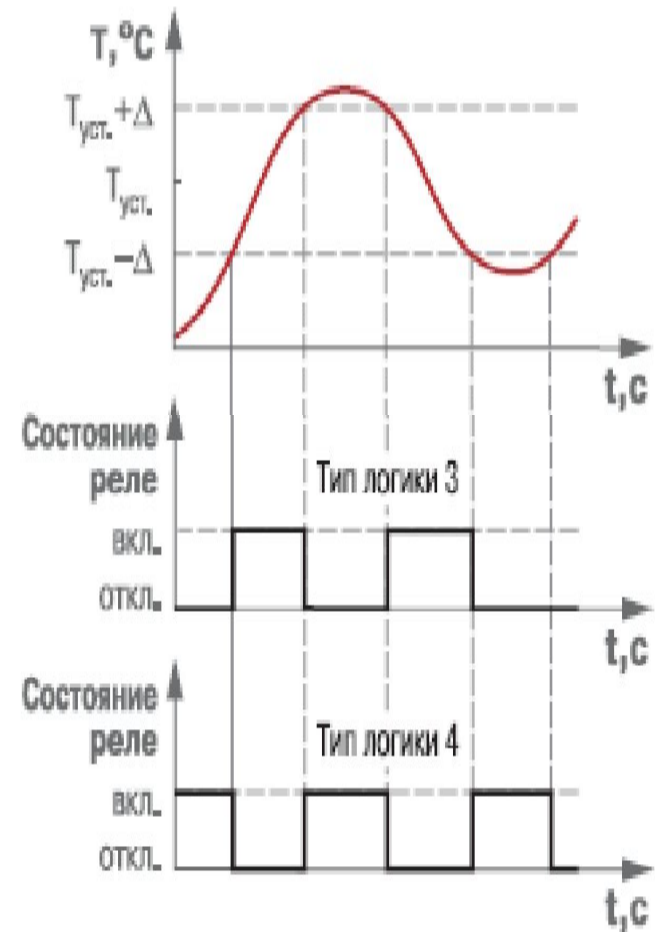
управление работой «холодильника» (например, вентилятора) или сигнализации о превышении значения уставки

- ВУ первоначально включается при значениях $T > T_{уст.} + \Delta$
- ВУ выключается при $T < T_{уст.} - \Delta$
- ВУ включается при $T > T_{уст.} + \Delta$



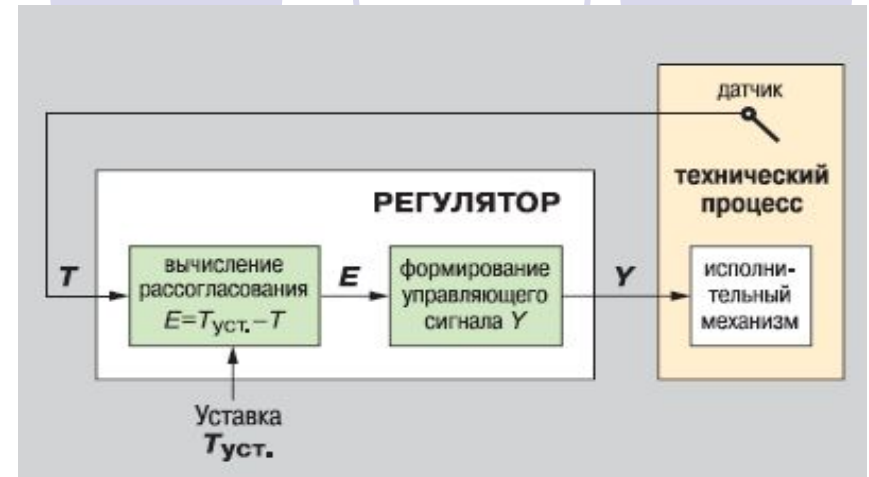
Двухпозиционный регулятор

- **Тип логики 3 (П%-образная)**
 - сигнализация о входе контролируемой величины в заданные границы
 - ВУ включается при $T_{уст.-\Delta} < T < T_{уст.+\Delta}$
- **Тип логики 4 (U%-образная)**
 - сигнализация о выходе контролируемой величины за заданные границы
 - ВУ включается при $T < T_{уст.-\Delta}$ и $T > T_{уст.+\Delta}$



Регулятор аналогового типа. Принцип ШИМ

- Рассчитывают отклонение E текущего значения контрол. T от заданной уставки $T_{уст}$



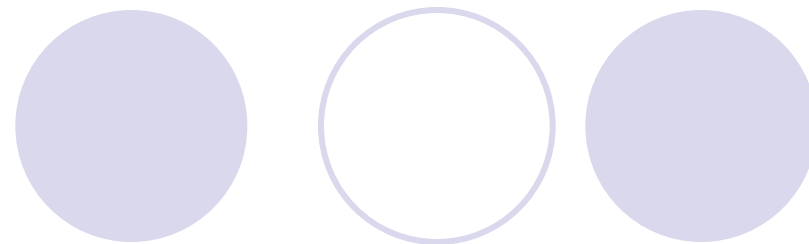
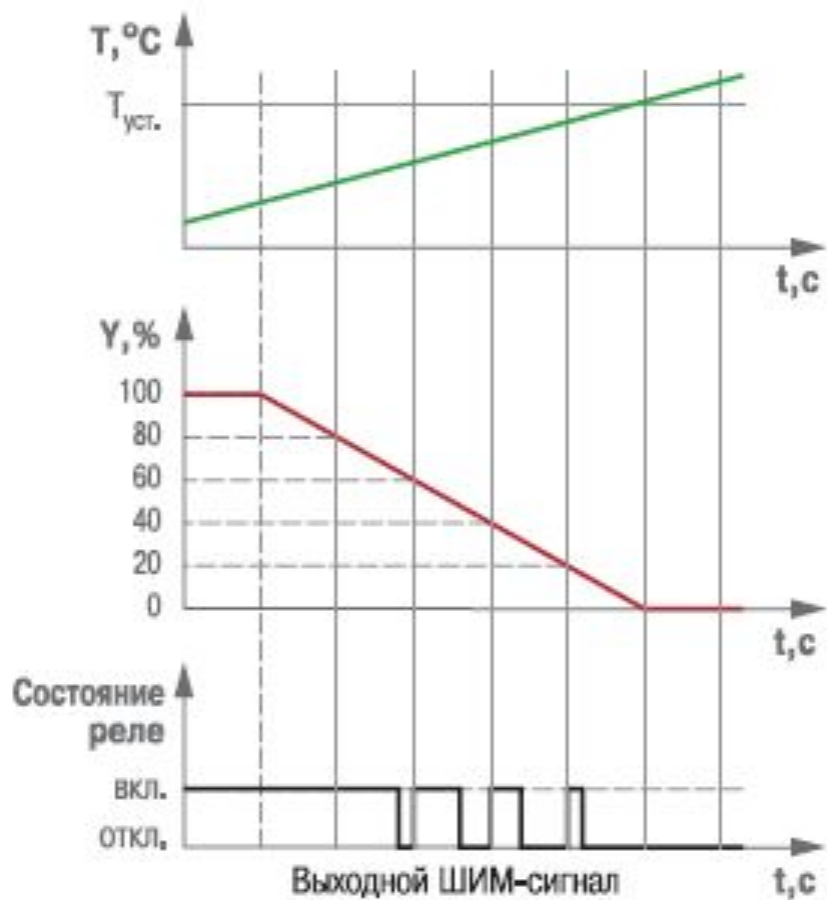
- На выходе регулятора вырабатывается аналоговый сигнал Y , который направлен на уменьшение рассогласования E
- Сигнал подается на ИМ регулятора в виде тока или последовательности импульсов (ШИМ)
 - D — длительность импульса, с
 - $T_{сл}$ — период следования импульсов, с
 - Y — выходной сигнал регулятора

Если в качестве выходного устройства используется ЦАП, выходной сигнал преобразуется в пропорциональный ему ток 4...20 мА или напряжение 0...10 В

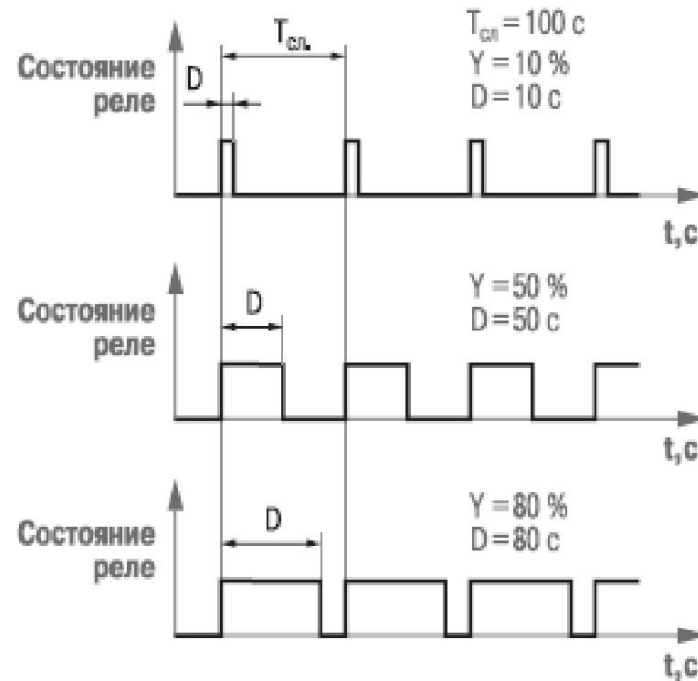
Управление дискретными выходами

- Могут работать в режиме ШИМ (PWM) с максимальной частотой следования импульсов до 50kHz (период следования - 0,00002 с)
 - параметры настраиваются исходя из отношения времени импульса к времени паузы при параметризации CPU

Принцип ШИМ

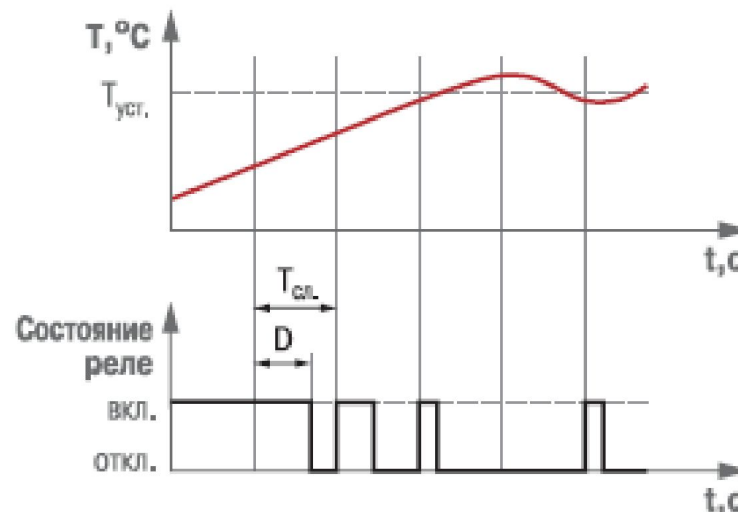


ШИМ-сигнал при различных значениях выходного сигнала Y



Нагреватель («обратное» управление)

- **Нагревателем** условно называют устройство, включение которого должно приводить к увеличению значения измеряемого параметра
 - Управление процессом с помощью устройств типа «нагреватель» называют также «обратным», так как с увеличением значения регулируемого параметра уменьшается значение выходного сигнала Y
 - Регулятор при «обратном» управлении включается при текущих значениях T меньших уставки $T_{уст.}$ (при положительных отклонениях E) и отключается при $T > T_{уст.}$



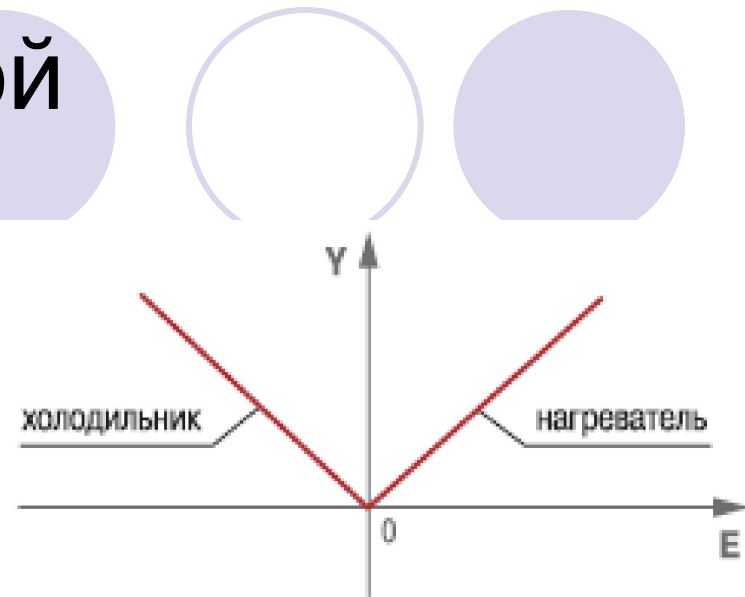
Варианты ШИМ-управления

- **Холодильником** называют устройство, включение которого должно приводить к уменьшению значения измеряемого параметра.
- Специальный режим для управления устройствами типа «**задвижка**»
 - задвижка может управлять либо нагревателем, либо холодильником

Управление задвижкой

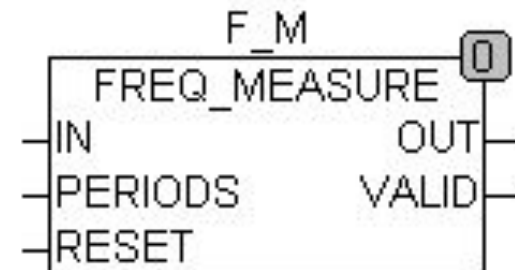
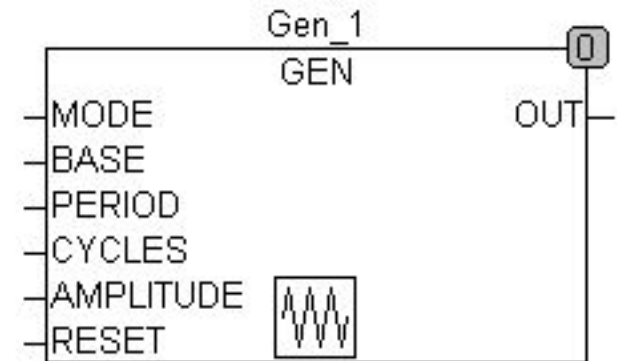
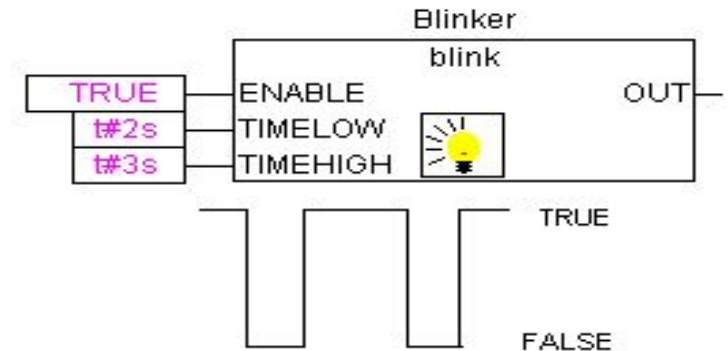
- **Одновременное управление нагревателем и холодильником**

- для поддержания регулируемой величины ПЛК может одновременно управлять двумя ИМ — нагревателем и холодильником
- если в момент включения регулятора значение регулируемого параметра меньше уставки, регулятор включает нагреватель использует это устройство до тех пор, пока величина выходного сигнала Y не поменяет знак на противоположный
- далее регулятор включает холодильник



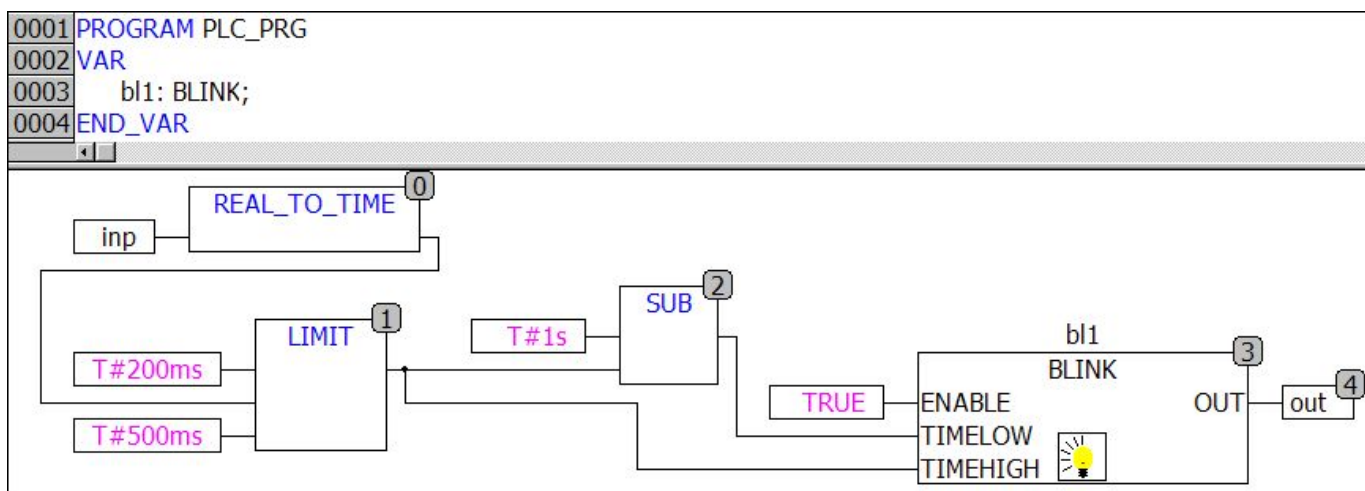
Генераторы сигналов...

- **BLINK** - ФБ 'генератор прямоугольных импульсов'
 - генератор запускается по входу ENABLE = TRUE
 - длительность импульса задается TIMEHIGH
 - длительность паузы TIMELOW
- **GEN** - ФБ 'функциональный генератор'
- **FREQ_MEASURE** - ФБ измеряет (усредненную) частоту (в Герцах входного сигнала типа BOOL



Пример: формирование ШИМ-сигнала

- При изменении сигнала на аналоговом входе (**inp**) необходимо изменять скважность выходных импульсов (**out**) в диапазоне от 20 до 50 %. Период ШИМ равен 1 секунде



Аппаратный ШИМ-регулятор...

Discrete output 4 bit[FIX]

AT %QX1.0: BOOL; (* *) [CHANNE

AT %QX1.1: BOOL; (* *) [CHANNE

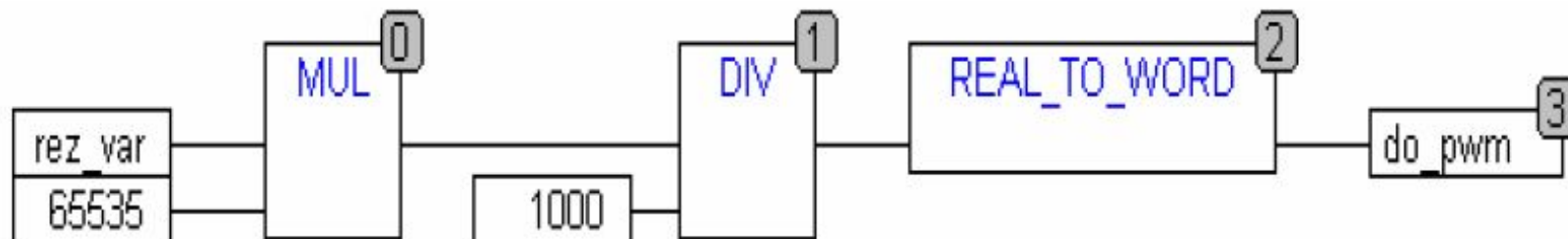
AT %QX1.2: BOOL; (* *) [CHANNE

AT %QX1.3: BOOL; (* *) [CHANNE

Pulse-wide modulator[VAR]

do_pwm AT %QW1.0.0: WORL

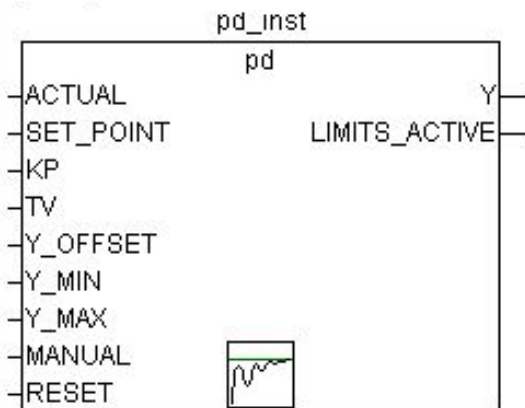
Инд...	Имя	Зна...	По у...	Мин.	Макс.
1	Number of output	0	0	0	7
4	Period of PWM in 100 mksec	10000	10000	100	3600...
5	Minimal duration of impuls in 100mksec	3000	3000	1	65000
6	Visibility	No	<input checked="" type="checkbox"/> No		



Регуляторы...

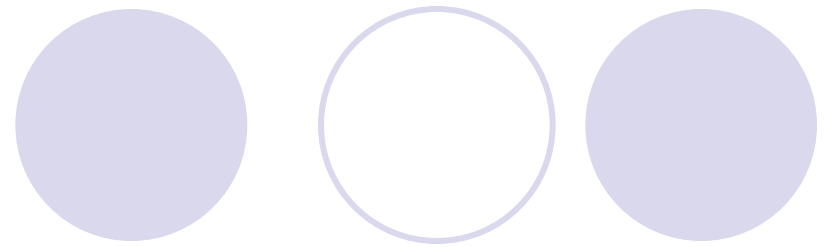
- Функциональный блок реализует ПД закон регулирования

$$Y = Y_OFFSET + KP \left(e(t) + TV \frac{de(t)}{dt} \right)$$



- Y_OFFSET - стационарное значение
 - KP - коэффициент передачи
- TV - постоянная дифференцирования
 - e(t) - сигнал ошибки (SET_POINT-ACTUAL)
 - P-регулятор получается из PD установкой TV в 0

Регуляторы



- ФБ реализует ПИД закон регулирования
 - неправильная настройка регулятора может вызвать неограниченный рост интегральной составляющей
- ФБ PID_FIXCYCLE
 - задается время цикла

