

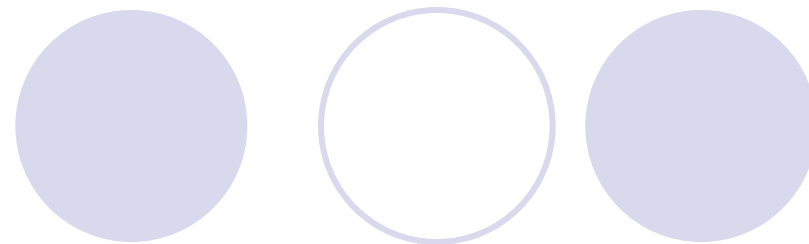
# **Програмне забезпечення мікропроцесорних систем**

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
  - BCD 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

# BBCD преобразования

- Байт, представленный в формате BBCD, 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 BBCD подобен HEX представлению с ограничением диапазона чисел 0..99 вместо 0.. FF

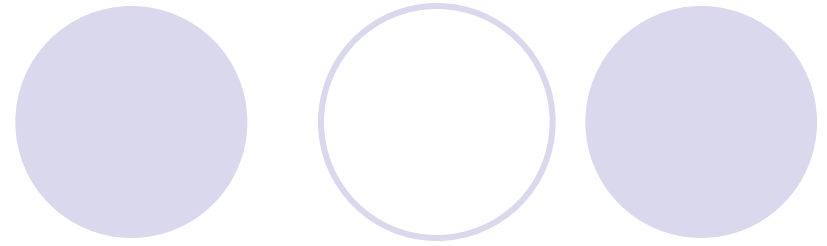
# BCD\_TO\_INT

- 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 *)`
    - $97_{\text{hex}} - 1001\_0111_2 - 151_{10}$
  - `l:=INT_TO_BCD (100); (* Ошибка! Выход: 255 *)`

# Бит/байт функции



- **EXTRACT**

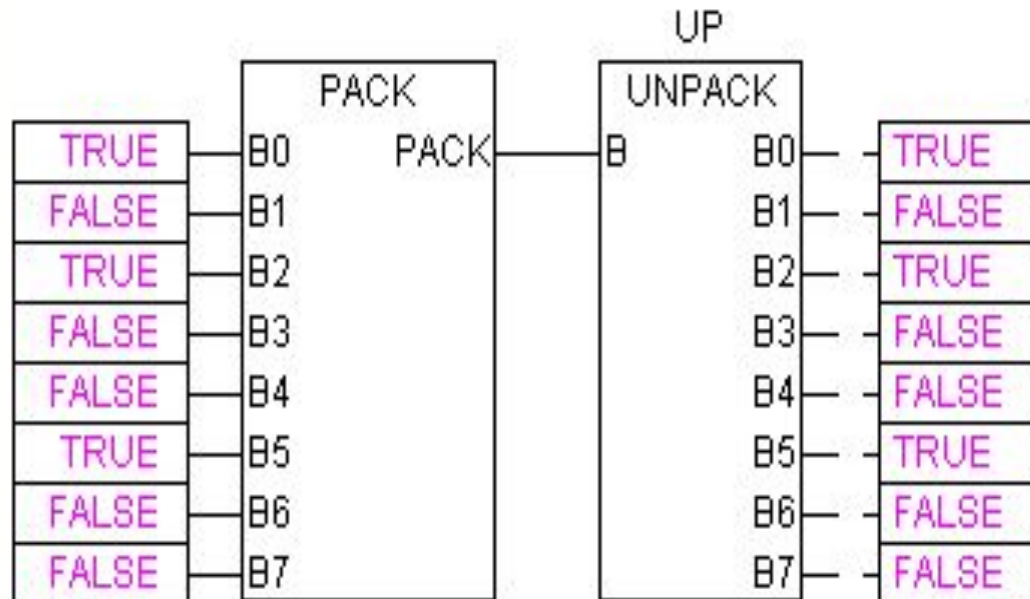
- параметры функции: DWORD X и BYTE N
- выход типа BOOL отражает значение бита N в числе X
  - биты нумеруются с 0

- **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 \*)

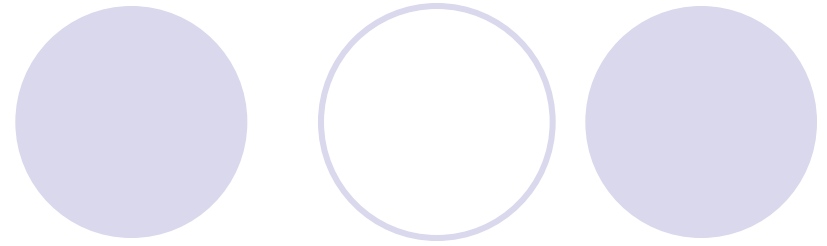
# Бит/байт функции

- функция **PACK** сворачивает восемь параметров B0, B1, ..., B7 типа BOOL в один BYTE
- ФБ **UNPACK** преобразует вход В 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#1**1**0110 \*)
  - C:=PUTBIT(A,1,FALSE); (\* Результат : 36 = 2#1001**0**0 \*)

# 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

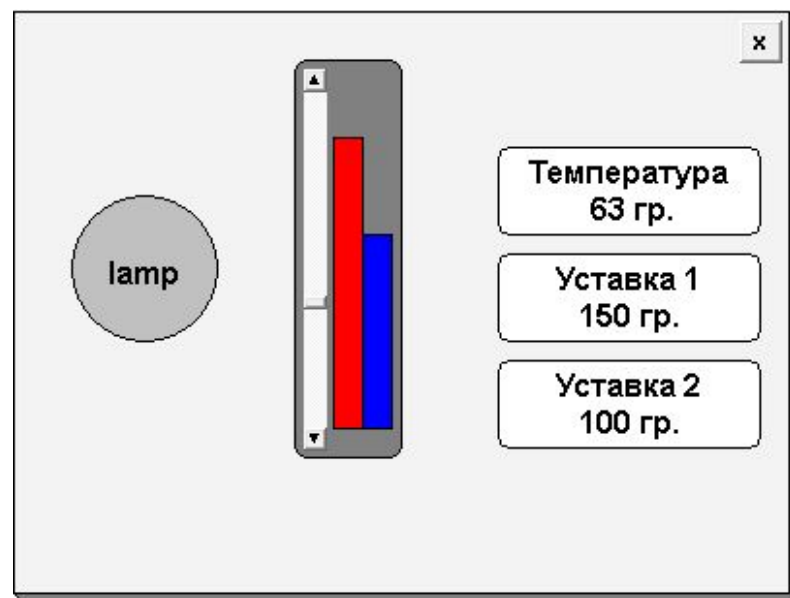
- **CHARCURVE** - ФБ осуществляет пересчет входных данных по заданной переходной функции путем кусочно-линейной аппроксимации
- **RAMP\_INT** - ФБ ограничивает скорость нарастания и спада сигнала типа INT
- **RAMP\_REAL** – ФБ ограничивает скорость нарастания и спада сигнала типа REAL

# 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]

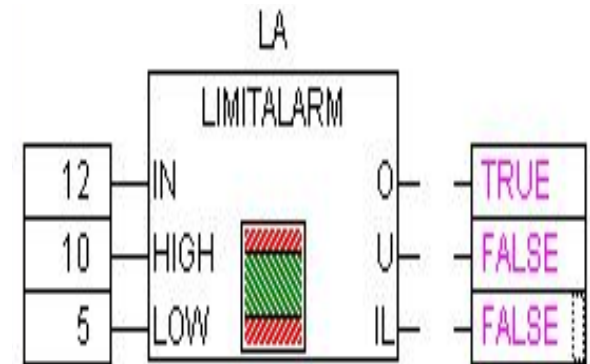
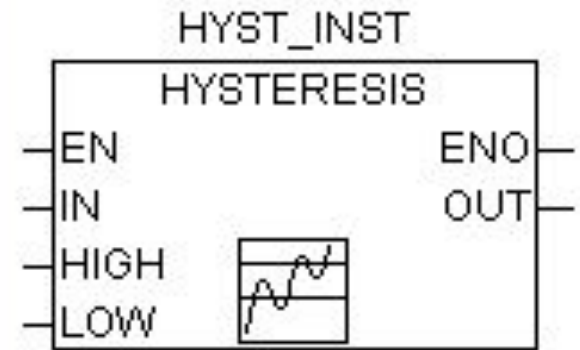
Unifed signal sensor[SLOT]

```
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 Туст. и гистерезис  $\Delta$  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)**

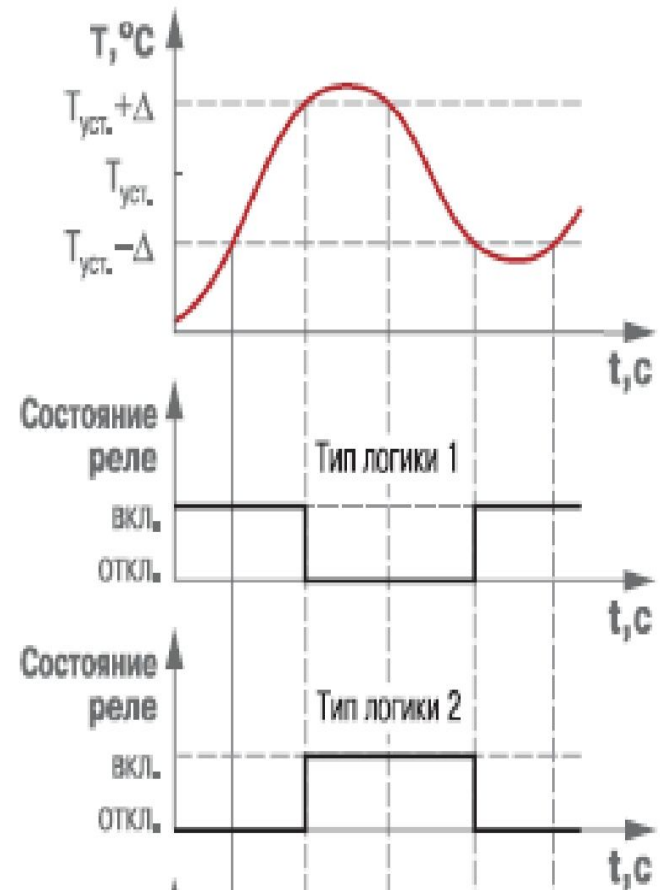
управление работой нагревателя (например, ТЭНа) или сигнализации о том, что значение текущего измерения  $T$  меньше уставки  $T_{уст.}$ .

- 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  $T > T_{уст.} + \Delta$



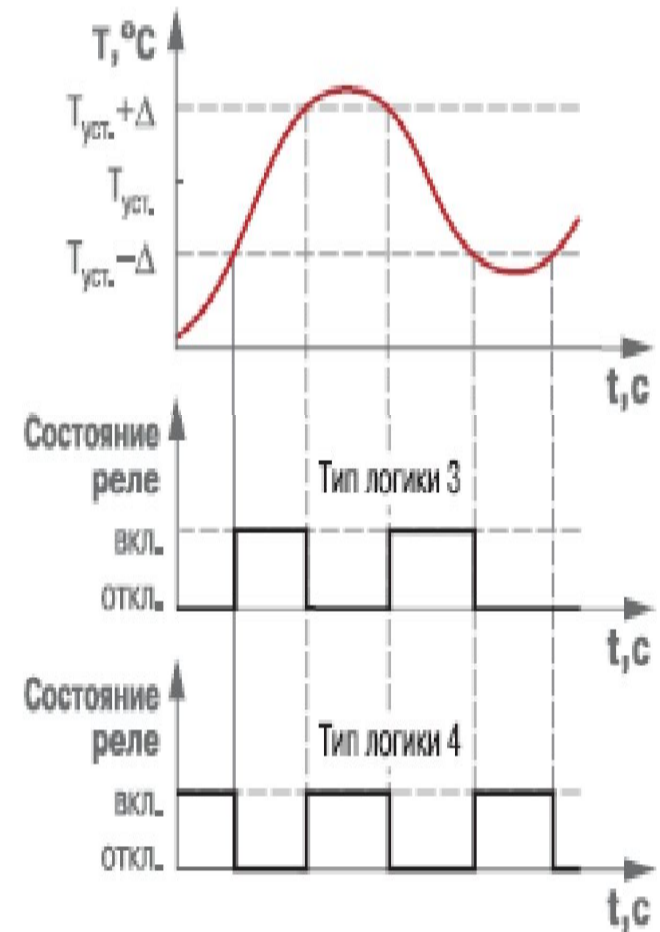
# Двухпозиционный регулятор

- **Тип логики 3 (П%-образная)**

- сигнализация о входе контролируемой величины в заданные границы
- ВУ включается при  $T_{уст.-\Delta} < T < T_{уст.+\Delta}$

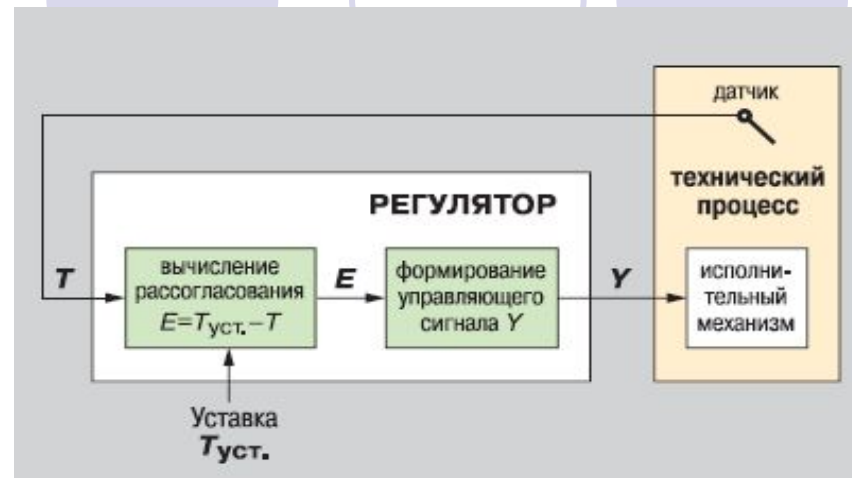
- **Тип логики 4 (U%-образная)**

- 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  $T_{уст}$



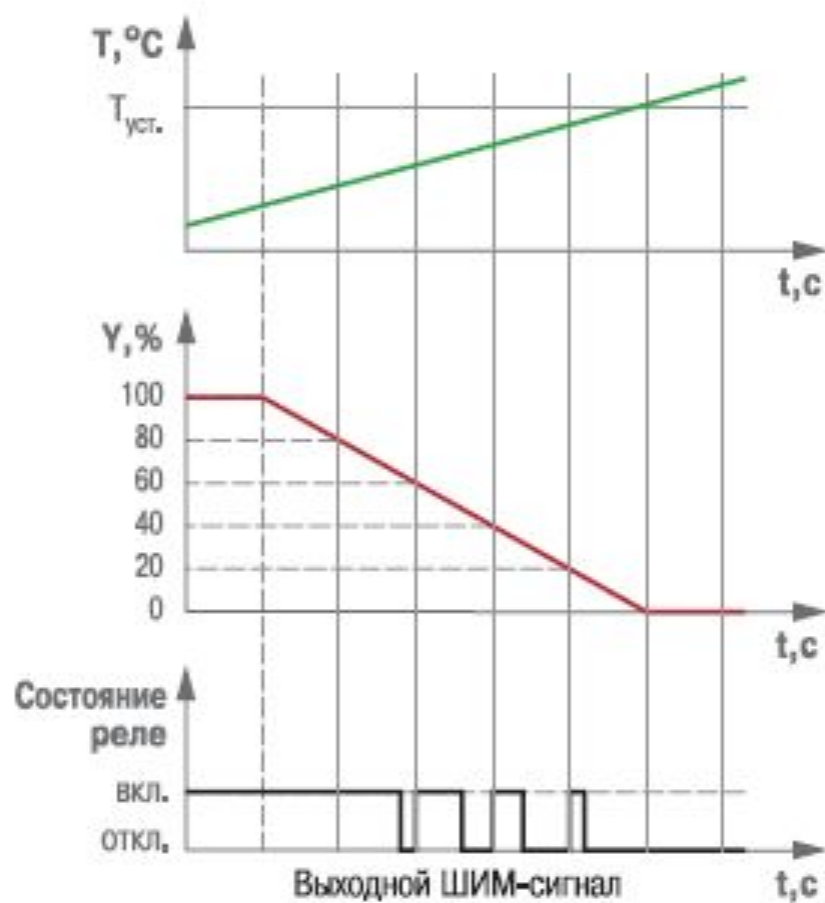
- На выходе регулятора вырабатывается аналоговый сигнал  $Y$ , который направлен на уменьшение рассогласования  $E$
- Сигнал подается на ИМ регулятора в виде тока или последовательности импульсов (ШИМ)
  - $D$  — длительность импульса, с
  - $T_{сл}$  — период следования импульсов, с
  - $Y$  — выходной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

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

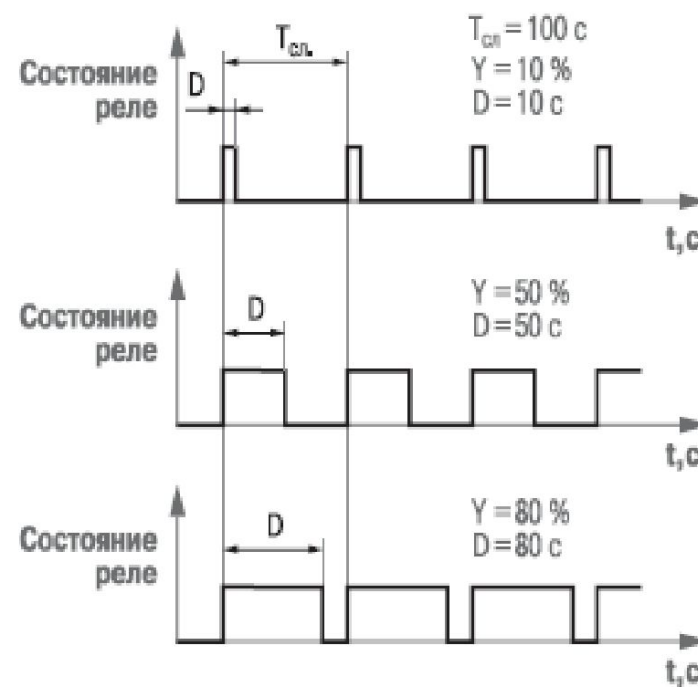
# Управление дискретными выходами

- 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

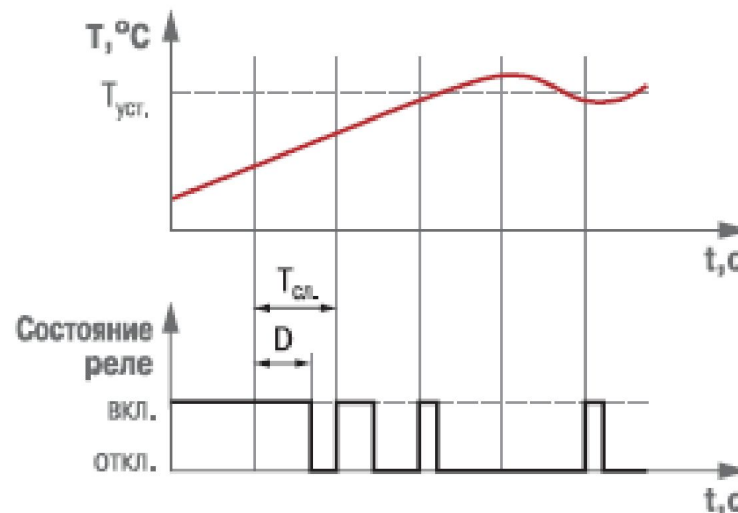


ШИМ-сигнал при различных значениях выходного сигнала  $Y$



# 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  $T > T_{уст.}$





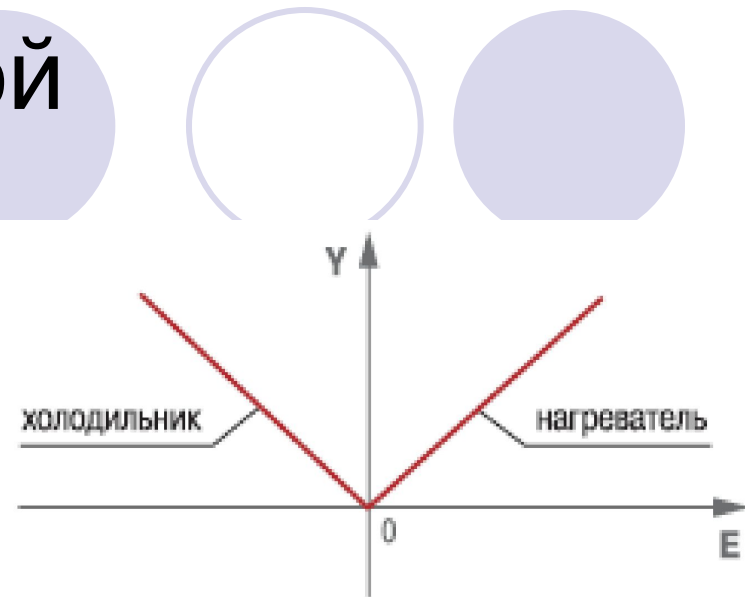
# Варианты ШИМ-управления

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

# Управление задвижкой

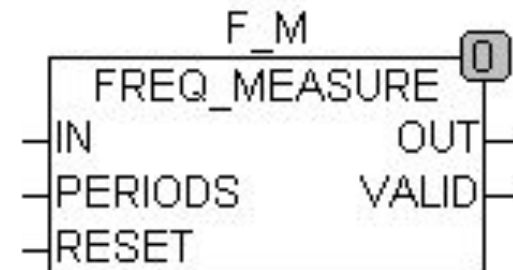
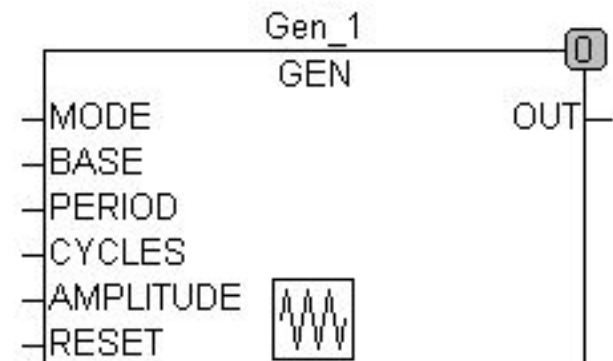
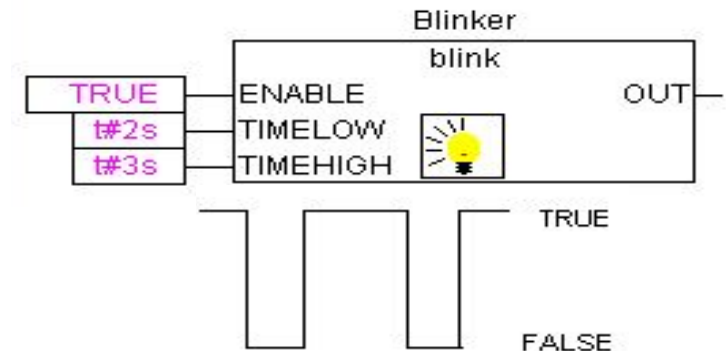
- **Одновременное управление нагревателем и холодильником**

- 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



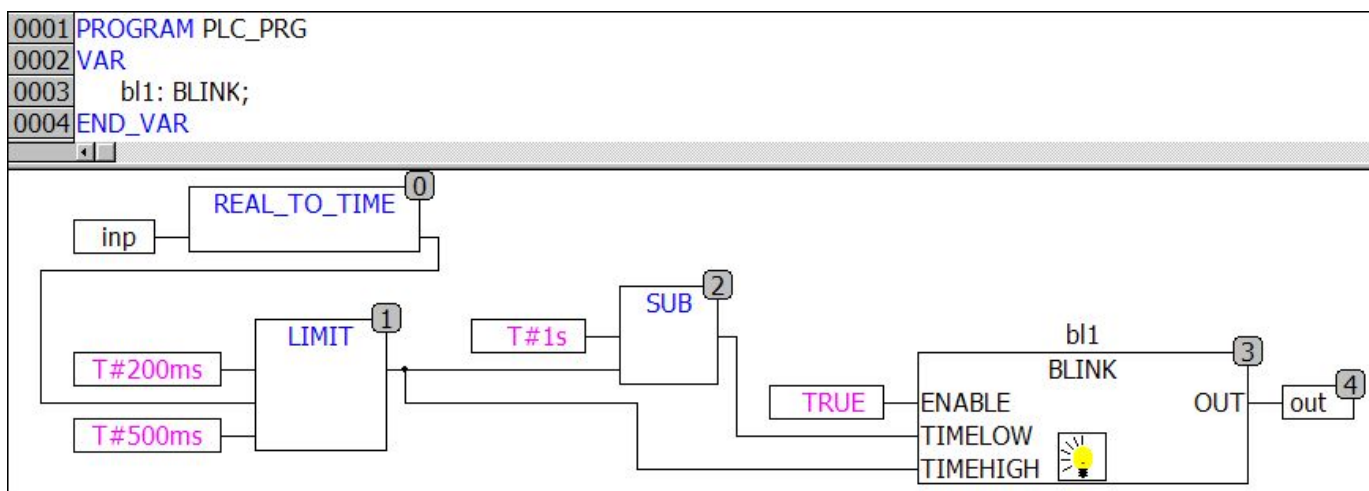
# Генераторы сигналов...

- **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

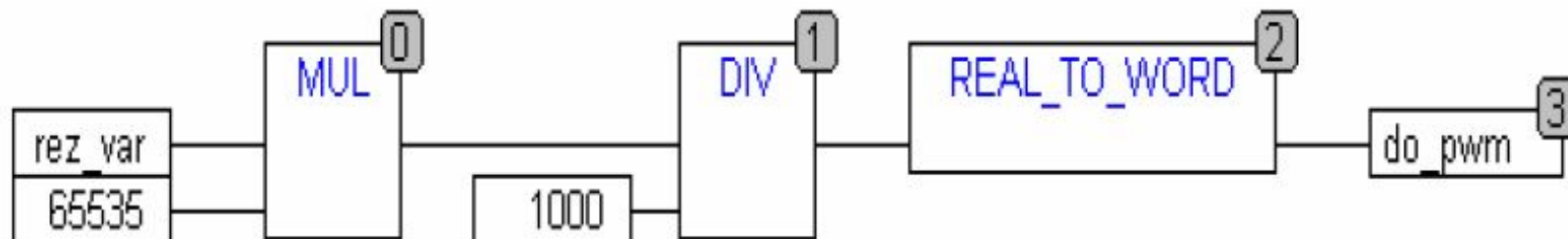
AT %QX1.2: BOOL; (\* \*) [CHANNE

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

Pulse-wide modulator[VAR]

do\_pwm AT %QW1.0.0: WORL

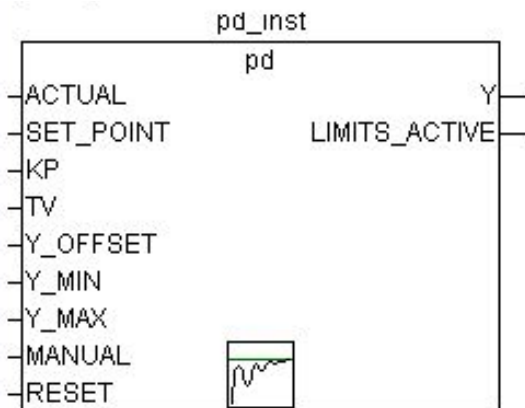
Инд...	Имя	Зна...	По у...	Мин.	Макс.
1	Number of output	0	0	0	7
4	Period of PWM in 100 mksec	10000	10000	100	3600...
5	Minimal duration of impuls in 100mksec	3000	3000	1	65000
6	Visibility	No	<input checked="" type="checkbox"/> No		



# Регуляторы...

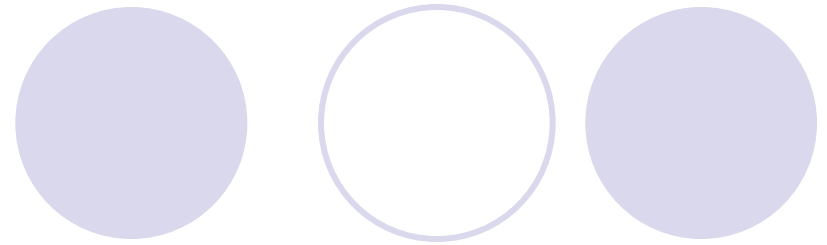
- Функциональный блок реализует ПД закон регулирования

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



- 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

