

PLC

LENGUAJE ST

(Structured Text)



Introducción

ST (Structured Text): 5to lenguaje definido en la norma IEC 61131-3

Lenguaje de texto de alto nivel, con sintaxis similar a la de PASCAL

Lenguaje pequeño

40 palabras reservadas

10 tipos de sentencias

Particularmente útil para cálculos aritméticos complejos

Existen menos implementaciones que LD, casi todas basadas en IEC 61131-3

Estructura de programa ST

Programa ST es un archivo de texto

Consiste en un conjunto de sentencias

Cada sentencia contiene expresiones ST válidas

Una expresión ST resulta en un único resultado. Se compone de:

Operandos

Operadores:

Paréntesis

()

Invocación a función

Identificador(parámetros)

Exponente

EXPT

Aritméticos

+ - / * MOD

Comparación

< > <= >= = <>

Booleanos

NOT AND OR XOR



Expresión ST: ejemplo

Expresión con operadores booleanos

```
VAR1 := ( VAR1 AND VAR2 ) OR VAR3
```

- 1 Resultado 1 = (VAR1 AND VAR 2)
- 2 Resultado 2 = (Resultado 1) OR VAR3
- 3 Asigna Resultado 2 a VAR1

Sentencias

Comentario

(* *) (* Comentario *)

Asignación

:= Transfiere valor de una expresión en una variable

A := B; C := C + 1; VAR := 7; VAR := VAR * 10; Y := COS(X) + 12;

Invocación a bloque funcional

1 Definición de instancia de bloque funcional en la declaración de variables

TIMER1: TON;

2 Invocación de nombre de la instancia seguido de asignaciones de entrada

TIMER1 (IN := DISPARO_TIMER, PT := TIEMPO);

3 Acceso a las salidas del bloque funcional

TIMEOUT_TIMER1 := TIMER1.Q;

TIMER1 (IN := DISPARO_TIMER, PT := TIEMPO, Q=>TIMEOUT_TIMER1);

Retorno

RETURN Termina una función o un programa ST

IF (A > B) THEN
RETURN;
END_IF;

Selección

IF.. THEN .. ELSE .. END_IF CASE .. OF.. END_CASE

Iteración

FOR .. DO WHILE .. DO REPEAT .. UNTIL EXIT

Sentencias condicionales

IF: ejecución condicionada a resultado de expresión booleana

```
IF ( Expresión booleana 1 ) THEN
```

```
    (* Instrucciones si Expresión booleana 1 = TRUE *)
```

```
ELSIF (Expresión booleana 2) THEN
```

```
    (* Instrucciones si Expresión booleana 2 = TRUE *)
```

```
.....  
ELSE
```

```
    (* Instrucciones si no se cumple ninguno de los anteriores *)
```

```
END_IF;
```

Ejemplo:

```
IF A = 3 THEN  
    B := 7;  
ELSE  
    B := 3;  
END_IF;
```

Sentencias condicionales

CASE: ejecución condicionada al valor de una variable

```
CASE <VAR> OF
```

```
  <VALOR1>: (* Instrucción 1 *)
```

```
  <VALOR3, VALOR4>: (* Instrucción 2 *)
```

```
  <VALOR5 .. VALOR6>: (* Instrucción 3 *)
```

```
.....
```

```
ELSE
```

```
  (* Instrucciones si no se cumple ninguno de los anteriores *)
```

```
END_CASE;
```

Ejemplo:

```
CASE INT1 OF
1:      BOOL1 := TRUE;
        BOOL3 := FALSE;
2:      BOOL3 := TRUE;
ELSE
        BOOL6 := NOT BOOL1;
        BOOL7 := BOOL1 OR BOOL2;
END_CASE;
```

Sentencias de iteración

FOR: ejecuta instrucciones N veces

```
IVAR : INT ;
```

```
FOR IVAR := <VALOR_INICIAL> TO <VALOR_FINAL> { BY <PASO> } DO
```

Condición de finalización se verifica antes de la ejecución de las Instrucciones

```
(* Instrucciones que se ejecutan si IVAR < VALOR_FINAL *)
```

Cada vez que se ejecutan las Instrucciones se incrementa IVAR por < PASO >

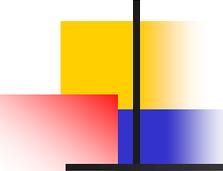
```
END_FOR;
```

```
Ejemplo 1: FOR CONTADOR :=1 TO 5 BY 1 DO  
             VAR1 := VAR1*2;  
END_FOR;
```

Ejemplo 2: uso con EXIT

```
FOR CONTADOR := 1 TO 5 BY 1 DO  
  VAR1 := VAR1*2;  
  IF VAR1 > 5 THEN  
    EXIT;  
  END_IF;  
END_FOR;
```

Evitando bucles infinitos:
VALOR_FINAL debe estar en el rango
de IVAR



Sentencias de iteración

WHILE: ejecuta instrucciones si el resultado de una expresión booleana es TRUE

WHILE < Expresión booleana >

La expresión booleana se verifica antes de la ejecución de las Instrucciones

(* Instrucciones que se ejecutan si la expresión booleana es TRUE *)

Las instrucciones no se ejecutan si la expresión booleana es FALSE en la primer iteración

END_WHILE;

Ejemplo :

```
WHILE CONTADOR <> 0 DO
  VAR := VAR * 2;
  CONTADOR := CONTADOR - 1;
END_WHILE;
```

Evitando bucles infinitos: hay que asegurar que ocurra la condición de salida, por ejemplo con un contador auxiliar

Sentencias de iteración

REPEAT: continúa la ejecución de instrucciones si el resultado de una expresión booleana es TRUE

REPEAT

(* Instrucciones *)

Las instrucciones se ejecutan una vez si la expresión booleana es FALSE en la primer iteración

UNTIL < Expresión booleana >

La expresión booleana se verifica después de la ejecución de las Instrucciones

END_REPEAT;

Ejemplo :

```
REPEAT
  VAR := VAR*2;
  CONTADOR := CONTADOR - 1;
UNTIL CONTADOR < 0
END_REPEAT;
```

Evitando bucles infinitos: hay que asegurar que la expresión booleana sea TRUE, por ejemplo con un contador auxiliar



Ejemplo

Se desea escribir un programa que controle el encendido - apagado de una bomba.

La bomba será encendida si:

- 1) Se pulsa el botón de arranque.
- 2) La protección térmica está deshabilitada.
- 3) Está abierto el botón de emergencia.
- 4) Está abierto el botón de parada.

Desde un tiempo T después del encendido, no puede haber ni sobre corriente ni baja corriente. Expresado de otra forma, desde un tiempo T después del arranque, la corriente I debe cumplir $I_{\text{MIN}} < I < I_{\text{MAX}}$, siendo I_{MIN} e I_{MAX} límites prefijados.



Ejemplo

El motor de la bomba se apagará si:

- 1) Se pulsa el botón de parada.
- 2) Se activa la protección térmica.
- 3) Se pulsa el botón de emergencia.
- 4) La corriente está fuera de los límites.



Ejemplo ST - Versión 1

(* Declaración de Variables *)

VAR

ESTADO_OFF :BOOL := TRUE;

Estado Inicial

ESTADO_ARRANQUE: BOOL;

ESTADO_ON: BOOL;

...

END_IF;

TIMER_BOMBA(IN:=BOMBA_ON , PT:= TIEMPO_ARRANQUE, Q=> SALIDA_TIMER);

(* Estado OFF *)

IF ESTADO_OFF THEN

BOMBA_ON := FALSE;

Acción

Transición

IF ARRANQUE AND NOT PARADA AND NOT TERMICO AND NOT ALARMA THEN

ESTADO_OFF := FALSE;

ESTADO_ARRANQUE := TRUE;

Cambio de Estado

END_IF;

END_IF;



Ejemplo ST - Versión 1

(* Estado ARRANQUE *)

IF ESTADO_ARRANQUE THEN

BOMBA_ON := TRUE;

Acción

(* Estado ARRANQUE a Estado OFF*)

Transición

IF PARADA OR TERMICO OR ALARMA THEN

ESTADO_ARRANQUE := FALSE;

ESTADO_OFF := TRUE;

Cambio de Estado

END_IF;

Transición

(* Estado ARRANQUE a Estado ON*)

IF SALIDA_TIMER THEN

ESTADO_ARRANQUE := FALSE;

ESTADO_ON := TRUE;

Cambio de Estado

END_IF;

END_IF;



Ejemplo ST - Versión 1

(* Estado ON *)

```
IF ESTADO_ON THEN
```

```
    ERROR := (CORRIENTE > CORRIENTE_MAX) OR (CORRIENTE <
CORRIENTE_MIN);
```

```
    IF PARADA OR TERMICO OR ALARMA OR ERROR THEN
```

```
        ESTADO_ON := FALSE;
```

```
        ESTADO_OFF:= TRUE;
```

```
    END_IF;
```

```
END_IF;
```



Ejemplo en ST – Versión 2

Declaración de variables del programa:

VAR

DELAY: TIME := T#5s;

TIMER1: TON;

ESTADO_APAGADO: BOOL:=TRUE;

Estado Inicial

ESTADO_TRANSITORIO: BOOL;

ESTADO_ENCENDIDO: BOOL;

TIMEOUT_TIMER1: BOOL;

CORRIENTE_MAX: INT := 120;

CORRIENTE_MIN: INT := 50;

END_VAR



Ejemplo en ST – Versión 2

Declaración de variables globales:

```
VAR_GLOBAL
```

```
    ARRANQUE AT %IX4000.0 : BOOL;
```

```
    PARADA AT %IX4000.1 : BOOL;
```

```
    ALARMA AT %IX4000.2 : BOOL;
```

```
    TERMICO AT %IX4000.3 : BOOL;
```

```
(* ... *)
```

```
    BOMBA_ON AT %QX4000.0 : BOOL;
```

```
    CORRIENTE AT %IW0 : INT;
```

```
END_VAR
```



Ejemplo en ST – Versión 2

```
TIMER1 (IN := ESTADO_TRANSITORIO, PT := DELAY );
```

```
TIMEOUT_TIMER1 := TIMER1.Q;
```

```
IF (ESTADO_APAGADO AND ARRANQUE) THEN
```

```
    ESTADO_TRANSITORIO := TRUE;
```

```
    BOMBA_ON := TRUE;
```

```
    ESTADO_APAGADO := FALSE;
```

```
ELSIF (ESTADO_APAGADO AND (NOT ARRANQUE)) THEN
```

```
    BOMBA_ON := FALSE;
```



Ejemplo en ST – Versión 2

```
ELSIF (ESTADO_TRANSITORIO AND (TERMICO OR ALARMA OR
    PARADA)) THEN
    ESTADO_TRANSITORIO := FALSE;
    BOMBA_ON := FALSE;
    ESTADO_APAGADO := TRUE;
ELSIF (ESTADO_TRANSITORIO AND TIMEOUT_TIMER1)
THEN
    ESTADO_TRANSITORIO := FALSE;
    ESTADO_ENCENDIDO := TRUE;
```



Ejemplo en ST – Versión 2

```
ELSIF (ESTADO_ENCENDIDO AND (TERMICO OR ALARMA OR
    PARADA OR (CORRIENTE > CORRIENTE_MAX)
    OR (CORRIENTE < CORRIENTE_MIN)))
THEN
    ESTADO_ENCENDIDO := FALSE;
    BOMBA_ON := FALSE;
    ESTADO_APAGADO := TRUE;
END_IF;
(* END_IF termina sentencia IF para el diagrama de
    estados *)
```



Reset del PLC

- Reset (“Warm”) – apagar/encender el PLC o Online -> Reset
- Reset “Cold” – situación posterior a la descarga inicial al PLC
- Reset “Original” – borra el programa de usuario, lleva al PLC al estado original



Variables Retentivas

- VAR RETAIN
- VAR PERSISTENT

x = valores mantenidos

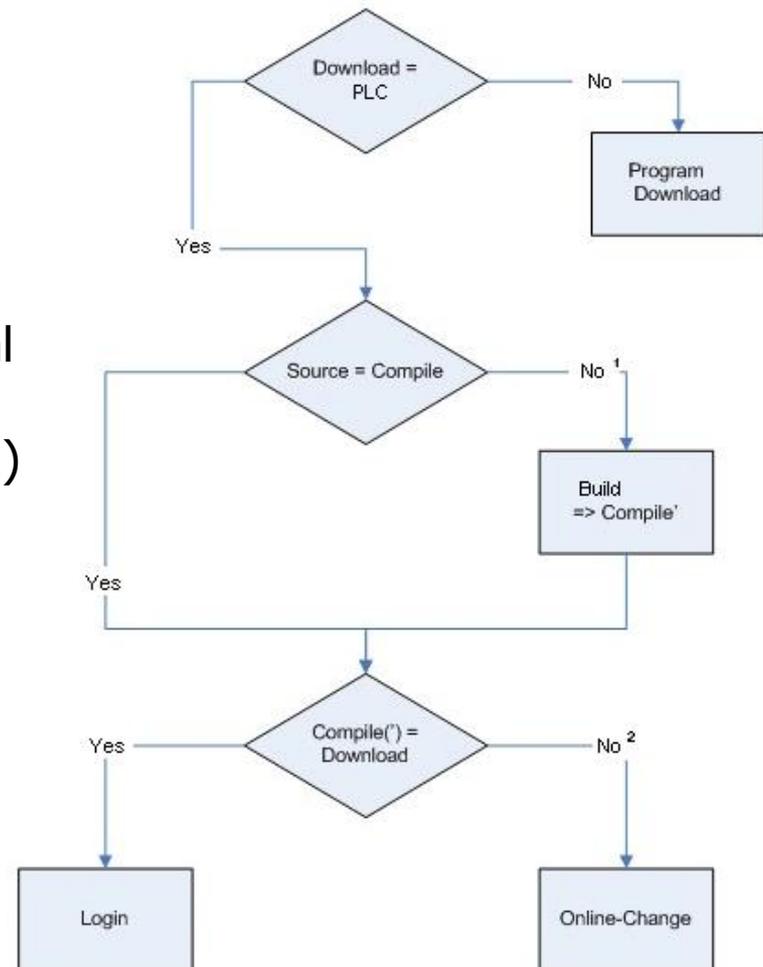
- = valores reinicializados

after Online command	VAR	VAR RETAIN	VAR PERSISTENT	VAR RETAIN PERSISTENT VAR PERSISTENT RETAIN
Reset	-	x	-	x
Reset cold	-	-	-	-
Reset origin	-	-	-	-
Download	-	-	x	x
Online Change	x	x	x	x

Build-Download-Online

Archivos de código:

- Source: proyecto actual (*.pro)
- Compile: compilado del último "build" (*.ci)
- Download: información de la última carga al PLC (*.ri)
- PLC: proyecto actualmente en el PLC (*.prg)



¹: e.g. changed libraries

²: e.g. changed compiler version or changed program code