UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Automática

2º Curso del Grado en Ingeniería Mecánica

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Copyright

Autor:
Juan Antonio García Fortes, 2013
Dpto. Ingeniería de Sistemas y Automática
Universidad de Málaga
jagarciaf@uma.es

Modificado y adaptado de:
victortorreslópez, 2011
Dpto. Ingeniería de Sistemas y Automática
Universidad de Málaga
vetorres@uma.es

Contenido

Tema 8.- Introducción a la automatización industrial

8.1. Concepto de automatización

8.2. Sistema automático de producción (SAP)

8.3. Sistemas de eventos discretos (DES)

8.4. Concepto de automatismo

8.5. Implantación de automatismos

8.6. El autómata programable (PLC)

8.7. Lenguaje de programación de PLC IEC 61131-3

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

Contenido

Tema 8.- Introducción a la automatización industrial

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Concepto de automatización I

Definiciones

- **Automática**: ciencia que trata de sustituir en un proceso el operador humano por dispositivos mecánicos o electrónicos.

- **Automatización**: utilización de técnicas y equipos para que un sistema funcione de forma automática.

Concepto de automatización II

Ámbito de aplicación

- **Servicios**: semáforo, ascensor, puerta automática, máquina expendedora,…
- **Doméstico**: electrodomésticos, domótica,…
- **Industrial**:
  - Tareas:
    - Cortado
    - Empaquetado
    - Ensamblado
  - Procesos:
    - Plantas embotelladoras
    - Producción y control de energía
    - Sistemas de fabricación flexible

Concepto de automatización III

Beneficios

- Incrementa la producción
- Mejora la productividad
- Disminuye los costes de producción
- Reduce los tiempos de producción
- Mejora la calidad de los productos
- Reduce el stock y aumenta su rotación
- Mejora la seguridad
- Favorece la automatización integral

Concepto de automatización IV

Límites

- La automatización es cara
- Dificultades técnicas
- Imposibilidad de rentabilizar la inversión
- Incremento de costes fijos
- Casi nunca es rentable sustituir completamente al operador humano

Concepto de automatización V

Pirámide de la automatización

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

Contenido

Tema 8.- Introducción a la automatización industrial

8.1. Concepto de automatización

8.2. Sistema automático de producción (SAP)

8.3. Sistemas de eventos discretos (DES)

8.4. Concepto de automatismo

8.5. Implantación de automatismos

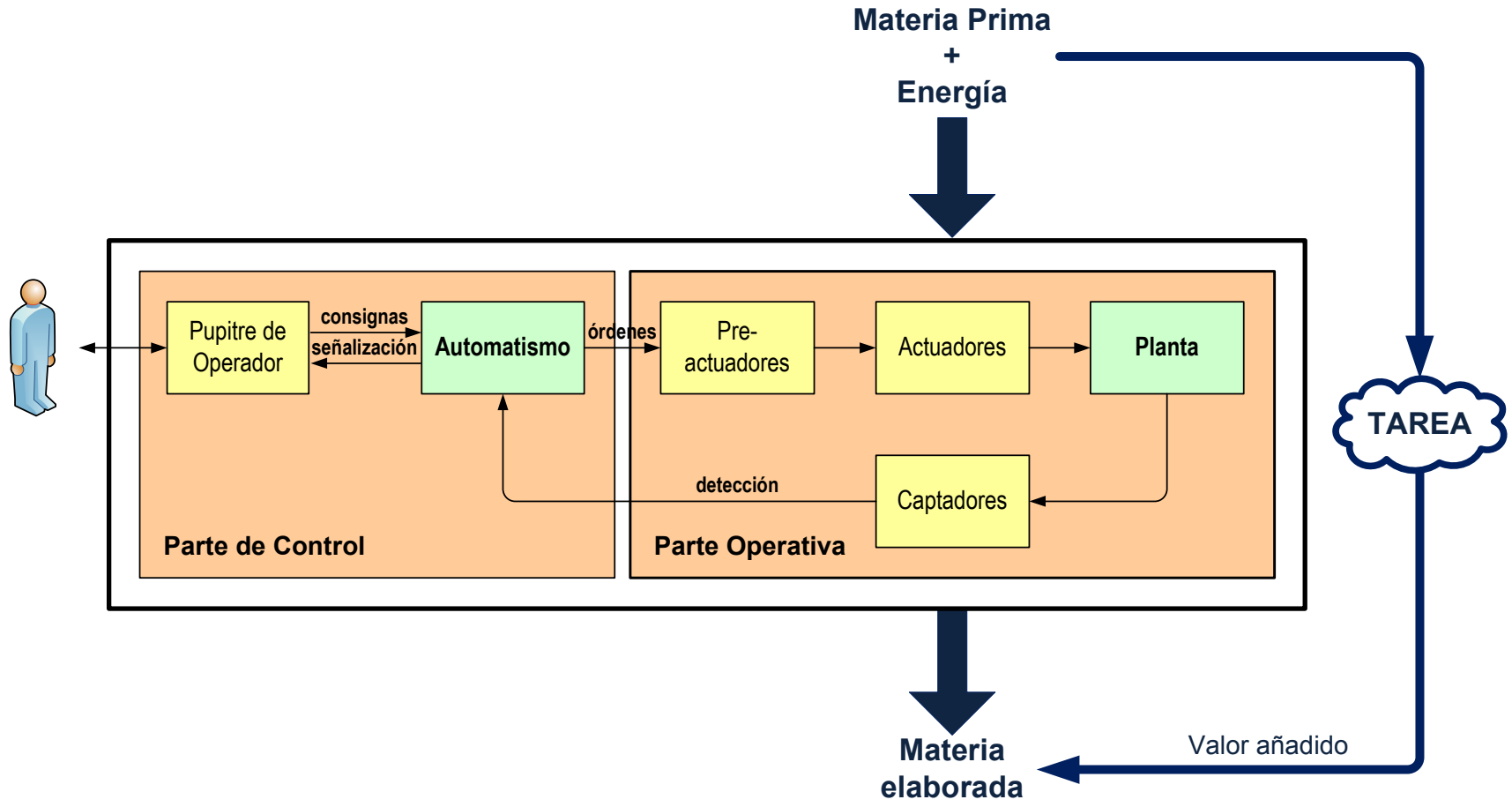
8.6. El autómata programable (PLC)

8.7. Lenguaje de programación de PLC IEC 61131-3

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Sistema automático de producción I

Esquema



Sistema automático de producción II

Aspecto físico

- Un SAP es una máquina compuesta de:
  - Captadores
  - Pre-actuadores
  - Actuadores
  - Controladores
  - Interfaces Hombre Máquina (HMI)

Sistema automático de producción III

Captadores

ultrasonido

codificador angular

final de carrera

fotoeléctrico

inductivo

fibra óptica

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Sistema automático de producción IV

Pre-actuadores

relé

electroválvula neumática

variador de frecuencia

contactor

electroválvula hidráulica

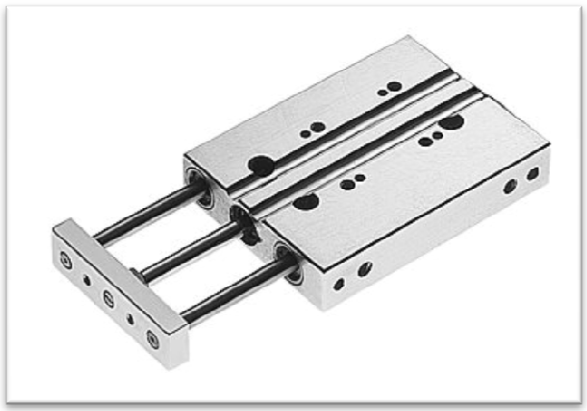
Sistema automático de producción V

Actuadores

motor AC

pinzas neumáticas

pistón hidráulico



pistón neumático

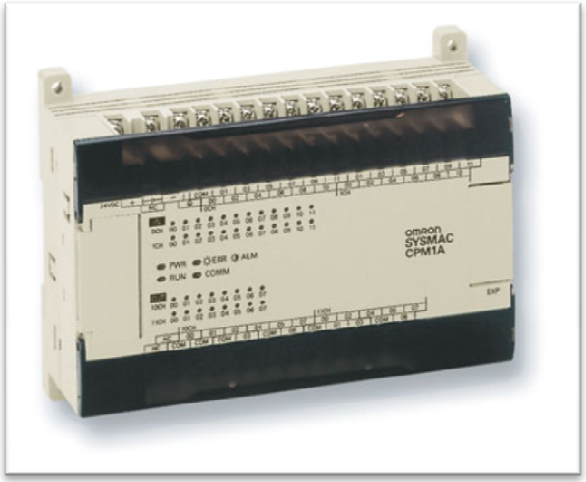
pistón neumático

Sistema automático de producción VI

Controladores

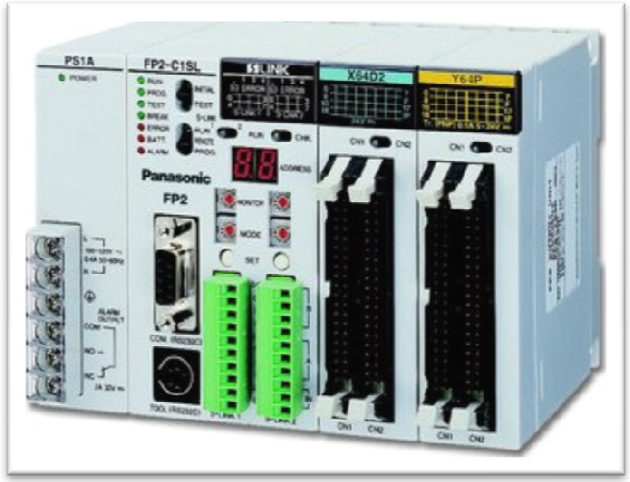
Typ FEC (Festo)

CX1010 (Beckhoff)



CPM1A (Omron)

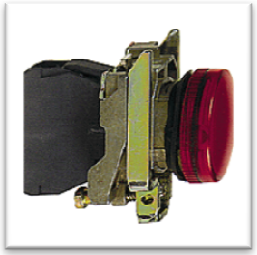
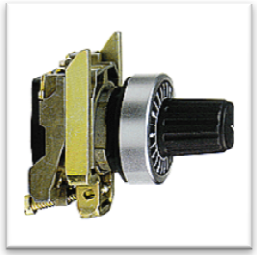
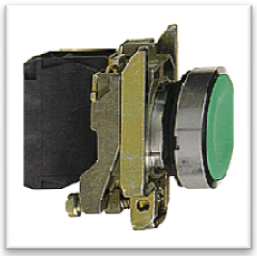
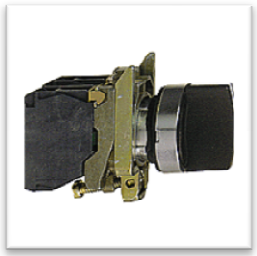
Logo (Siemens)



FP2 (Panasonic)

Sistema automático de producción VII

Interfaces Hombre Máquina (HMI)

elementos clásicos

pantalla táctil

pantalla alfanumérica

Sistema automático de producción VIII

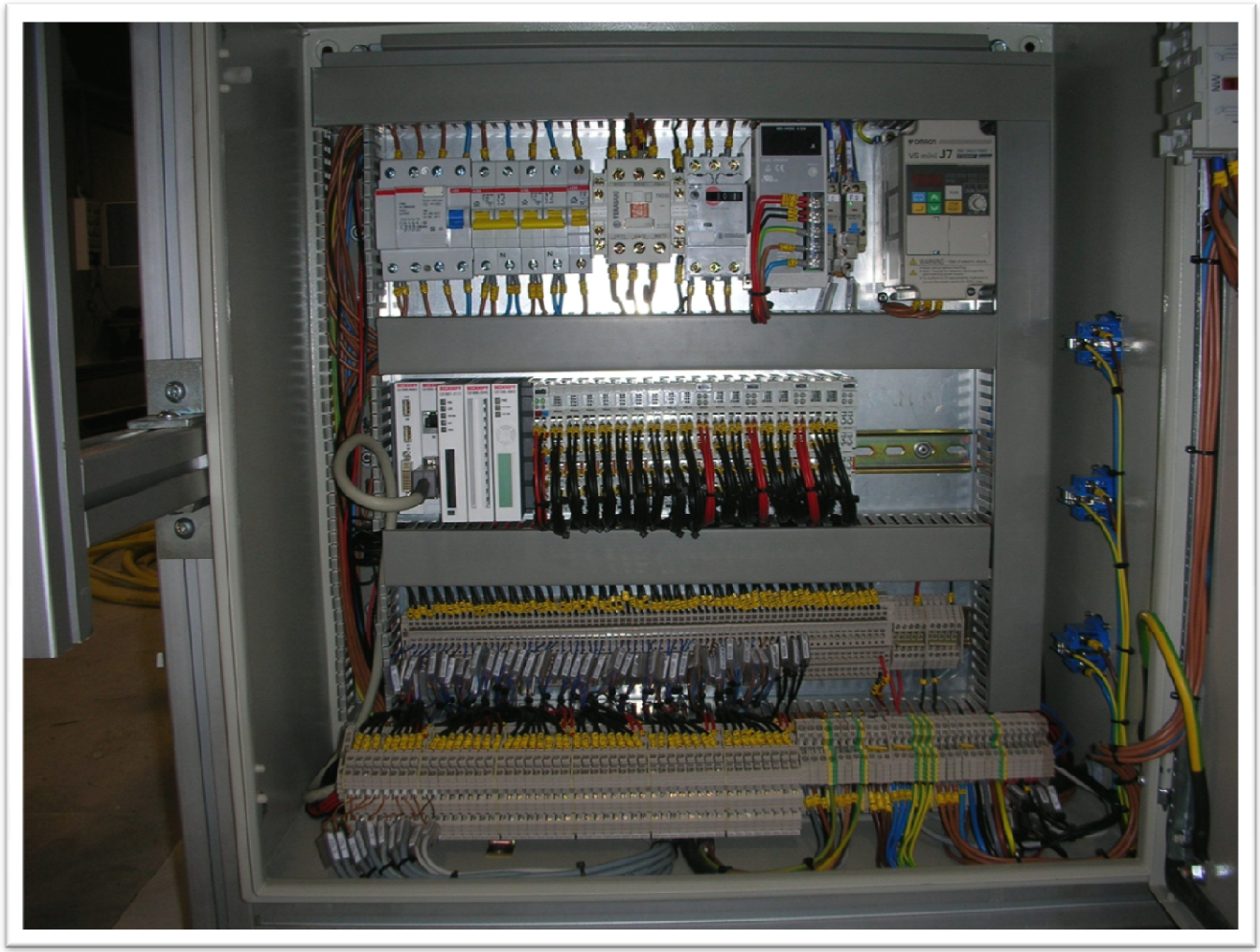
Interfaces Hombre Máquina (HMI)

pupitres de operador

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

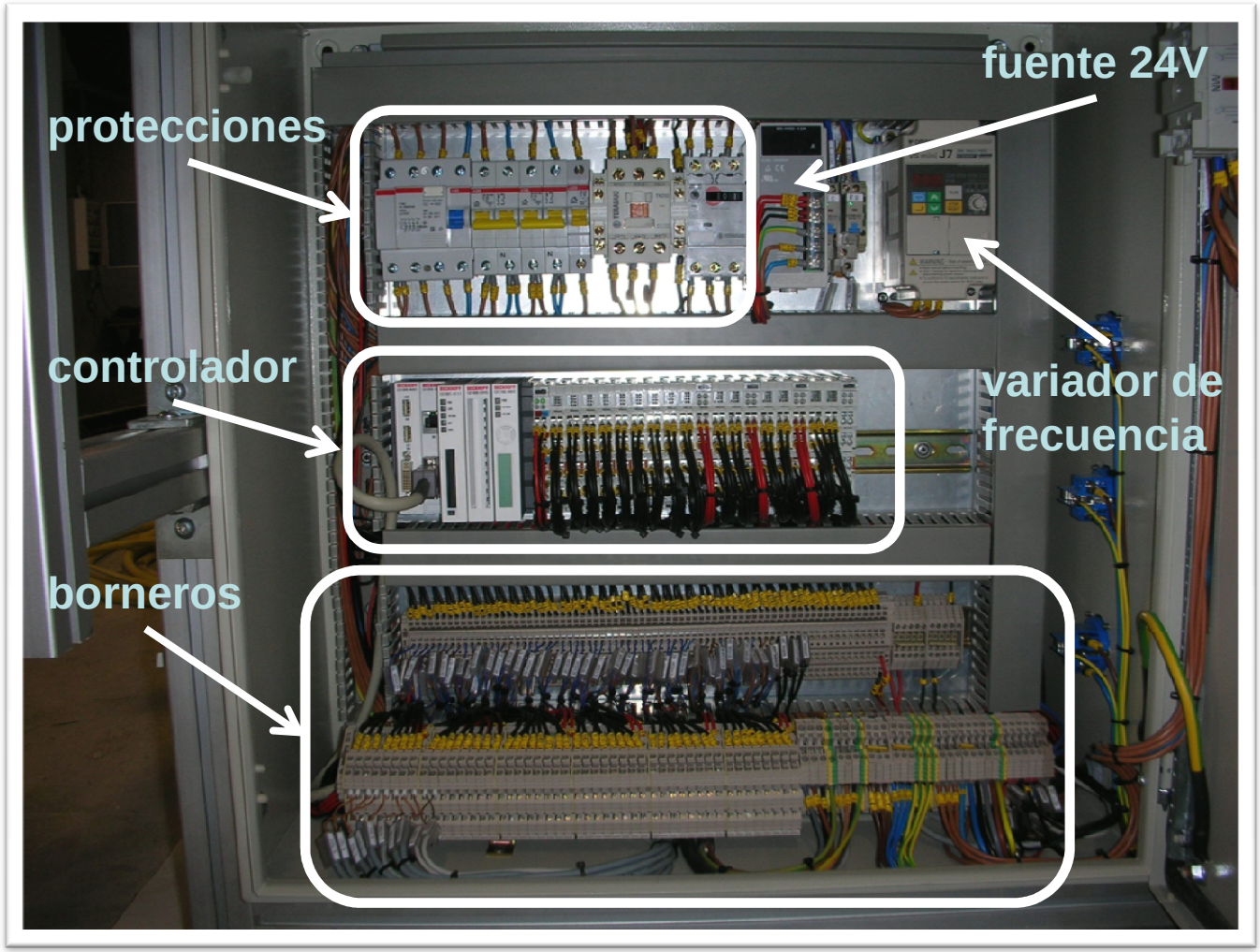
Sistema automático de producción IX

Cuadro de control



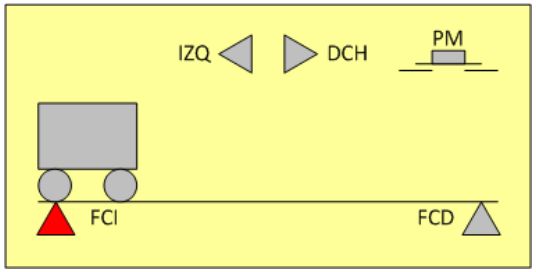
Sistema automático de producción IX

Cuadro de control



Sistema automático de producción X

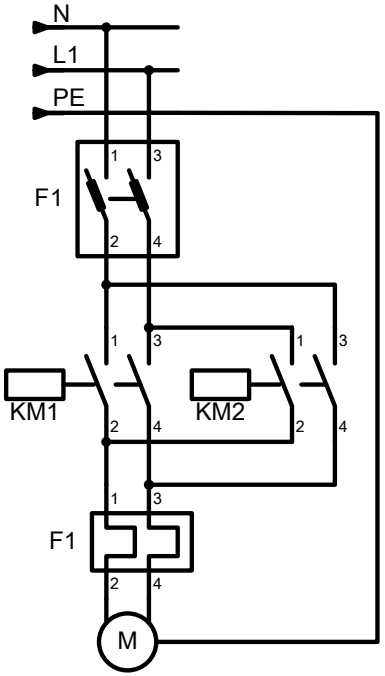
Circuitos de fuerza y mando



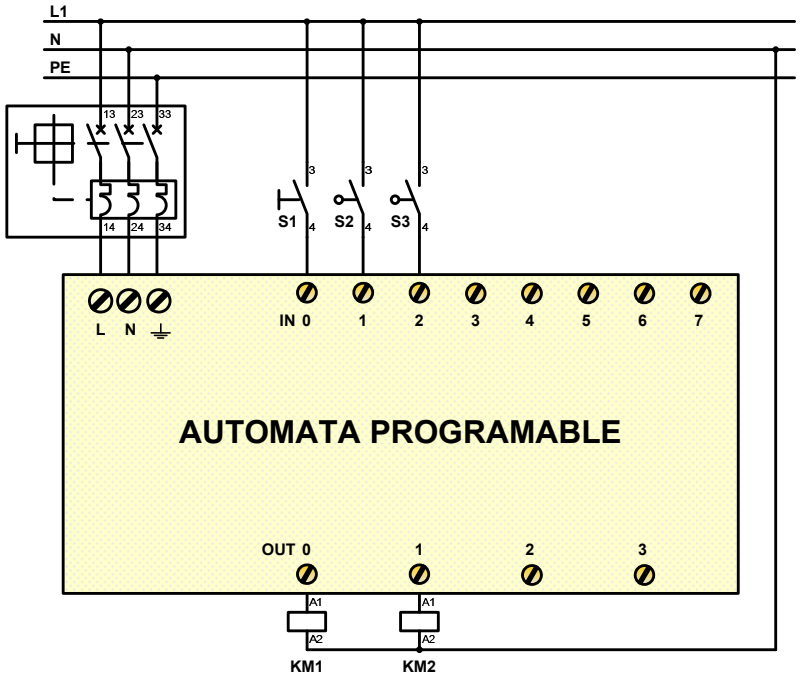
carro va y viene

Nombre	Símbolo	Descripción
PM	S1	pulsador de marcha
FCI	S2	final de carrera izquierda
FCD	S3	final de carrera derecha
IZQ	KM1	marcha hacia la izquierda
DCH	KM2	marcha hacia la derecha

tabla de entradas y salidas



circuito de fuerza

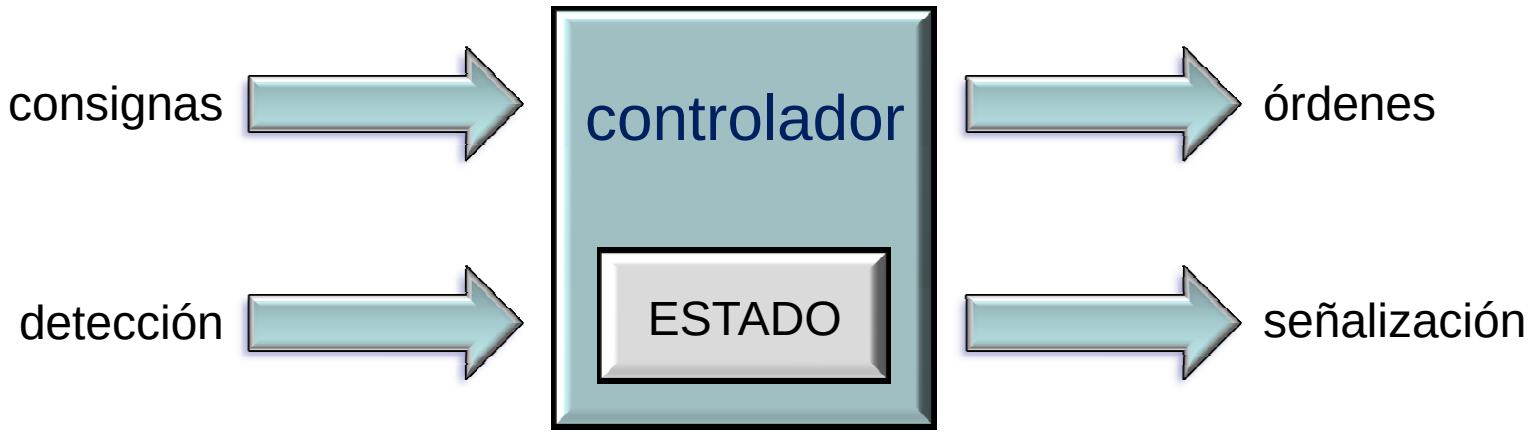


circuito de mando

Sistema automático de producción XI

Aspecto lógico

- Un SAP se puede considerar un procesador de información



Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

Contenido

Tema 8.- Introducción a la automatización industrial

8.1. Concepto de automatización

8.2. Sistema automático de producción (SAP)

8.3. Sistemas de eventos discretos (DES)

8.4. Concepto de automatismo

8.5. Implantación de automatismos

8.6. El autómata programable (PLC)

8.7. Lenguaje de programación de PLC IEC 61131-3

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Sistemas de eventos discretos I

Definición

- Un DES (Discrete Event System) es un sistema asíncrono cuya evolución está dirigida por el acaecimiento de sucesos.

- Un DES es un sistema en el que su estado sólo cambia cuando ocurre un suceso.

Sistemas de eventos discretos II

Clasificación

- **DES combinacional (estático)**: la salida del sistema en un determinado instante sólo depende de la entrada en ese preciso instante.

$$y(t) = f[u(t)]$$

- **DES secuencial (dinámico)**: la salida del sistema en un determinado instante depende de la entrada en ese preciso instante y de la historia pasada del sistema (estado).

$$y(t) = f[u(t), q(t)]$$

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Sistemas de eventos discretos III

Representación DES combinacional

$$M = P \wedge \neg CF$$

Función lógica

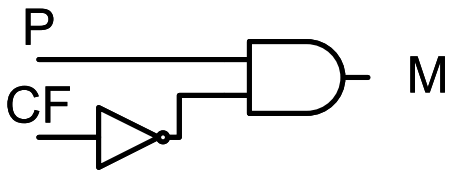


Diagrama lógico

P	CF	M
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	0

Tabla de verdad

		CF	
		0	1
P	0	0	0
	1	1	0

Mapa de Karnaugh

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Sistemas de eventos discretos IV

Representación DES secuencial

Autómata Finito (AF)

- Un AF es una máquina de estados que representa el comportamiento de un DES secuencial. Está definido por:

$$\mathbf{AF = <E, S, Q, \delta, \lambda, Q_0>}$$

- Un AF establece una relación indirecta entre la entrada y la salida a través del estado.

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Sistemas de eventos discretos V

Autómata Finito I

- **E** (alfabeto de entrada): conjunto de símbolos que recibe el AF.
- **S** (alfabeto de salida): conjunto de símbolos que emite el AF.
- **Q** (conjunto de estados): conjunto de estados en los que puede encontrarse el AF.
- $\mathbf{Q_0}$ (estado inicial): estado de partida del AF.

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Sistemas de eventos discretos VI

Autómata Finito II

- δ (función de transición entre estados):

$$\delta(Q,E) = Q'$$

- λ (función de lectura o salida):

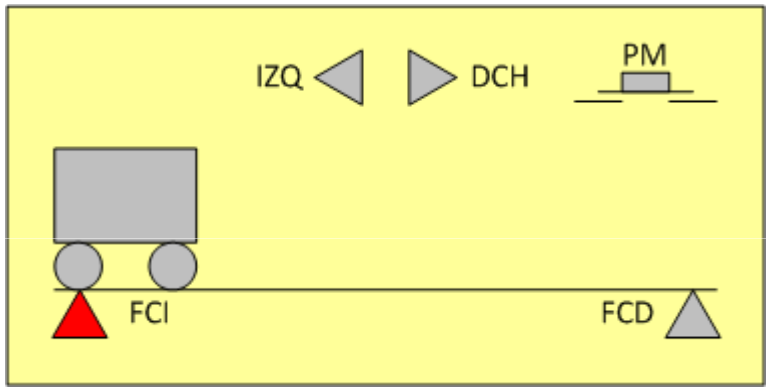
$\lambda(Q) = S$ máquina de Moore

$\lambda(Q,E) = S$ máquina de Mealy

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Sistemas de eventos discretos VII

Autómata Finito III



carro va y viene

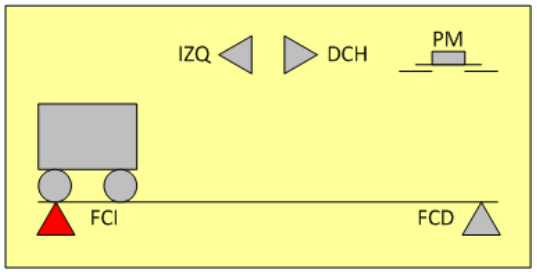
Nombre	Descripción
PM	pulsador de marcha
FCI	final de carrera izquierda
FCD	final de carrera derecha
IZQ	marcha hacia la izquierda
DCH	marcha hacia la derecha

tabla de entradas y salidas

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Sistemas de eventos discretos VIII

Autómata Finito IV



carro va y viene

Nombre	Descripción
PM	pulsador de marcha
FCI	final de carrera izquierda
FCD	final de carrera derecha
IZQ	marcha hacia la izquierda
DCH	marcha hacia la derecha

tabla de entradas y salidas

- E = {PM, FCI, FCD}
- S = {IZQ, DCH}
- Q = $\{Q_0, Q_1, Q_2\}$
- δ: $\delta(Q_0,\{PM,FCI\}) = Q_1$
  $\delta(Q_1,\{FCD\}) = Q_2$
  $\delta(Q_2,\{FCI\}) = Q_0$
- λ: $\lambda(Q_0) = \{\varnothing\}$
  $\lambda(Q_1) = \{DCH\}$
  $\lambda(Q_2) = \{IZQ\}$
- Q_0: Estado inicial

Contenido

Tema 8.- Introducción a la automatización industrial

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Concepto de automatismo I

Definición

- **Automatismo**: dispositivo controlador mediante el cual una máquina o proceso adquiere el carácter de automático.

- **Automatismo**: DES secuencial que controla el comportamiento de un proceso modelado como un DES secuencial.

Concepto de automatismo II

Automatismo vs Regulador

Automatismo	Regulador
• Controla el estado • Secuencia • Sist. de eventos discretos • Autómata finito • Ejemplos: – Semáforo – Lavadora – Puerta automática – Ascensor	• Controla una variable • Consigna • Sistemas continuos • Ecuaciones Diferenciales • Ejemplos: – Climatizador – Dirección asistida – Velocidad de crucero – Termostato

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Concepto de automatismo III

Representación de automatismos

- Tabla de fases
- Diagramas de relés y contactos
- GRAFCET (IEC 60848)

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Concepto de automatismo IV

Tabla de fases primitiva

estados	entradas (PM, FCI, FCD)								salidas (IZQ, DCH)
	000	001	011	010	110	111	101	100	
0				0	1				00

Concepto de automatismo IV

Tabla de fases primitiva

estados	entradas (PM, FCI, FCD)								salidas (IZQ, DCH)
	000	001	011	010	110	111	101	100	
0				0	1				00
1				2	1			3	01

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Concepto de automatismo IV

Tabla de fases primitiva

estados	entradas (PM, FCI, FCD)								salidas (IZQ, DCH)
	000	001	011	010	110	111	101	100	
0				0	1				00
1				2	1			3	01
2	4			2	1				01

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Concepto de automatismo IV

Tabla de fases primitiva

estados	entradas (PM, FCI, FCD)								salidas (IZQ, DCH)
	000	**001**	**011**	**010**	**110**	**111**	**101**	**100**	
0				0	1				00
1				2	1			3	01
2	4			2	1				01
3	4						5	3	01

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Concepto de automatismo IV

Tabla de fases primitiva

estados	entradas (PM, FCI, FCD)								salidas (IZQ, DCH)
	000	001	011	010	110	111	101	100	
0				0	1				00
1				2	1			3	01
2	4			2	1				01
3	4						5	3	01
4	4	6						3	01

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Concepto de automatismo IV

Tabla de fases primitiva

estados	entradas (PM, FCI, FCD)								salidas (IZQ, DCH)
	000	**001**	**011**	**010**	**110**	**111**	**101**	**100**	
0				0	1				00
1				2	1			3	01
2	4			2	1				01
3	4						5	3	01
4	4	6						3	01
5		6					5	7	10

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Concepto de automatismo IV

Tabla de fases primitiva

estados	entradas (PM, FCI, FCD)								salidas (IZQ, DCH)
	000	001	011	010	110	111	101	100	
0				0	1				00
1				2	1			3	01
2	4			2	1				01
3	4						5	3	01
4	4	6						3	01
5		6					5	7	10
6	8	6					5		10

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Concepto de automatismo IV

Tabla de fases primitiva

estados	entradas (PM, FCI, FCD)								salidas (IZQ, DCH)
	000	001	011	010	110	111	101	100	
0				0	1				00
1				2	1			3	01
2	4			2	1				01
3	4						5	3	01
4	4	6						3	01
5		6					5	7	10
6	8	6					5		10
7	8			0	1			7	10

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Concepto de automatismo IV

Tabla de fases primitiva

estados	entradas (PM, FCI, FCD)								salidas (IZQ, DCH)
	000	001	011	010	110	111	101	100	
0				0	1				00
1				2	1			3	01
2	4			2	1				01
3	4						5	3	01
4	4	6						3	01
5		6					5	7	10
6	8	6					5		10
7	8			0	1			7	10
8	8			0	1			7	10

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Concepto de automatismo IV

Tabla de fases primitiva

alfabeto de entrada

alfabeto de salida

estados	entradas (PM, FCI, FCD) 000	001	011	010	110	111	101	100	salidas (IZO, DCH)
0				0	1				00
1				2	1			3	01
2	4			2	1				01
3	4						5	3	01
4	4	6						3	01
5		6					5	7	10
6	8	6					5		10
7	8			0	1			7	10
8	8			0	1			7	10

estados

función de transición

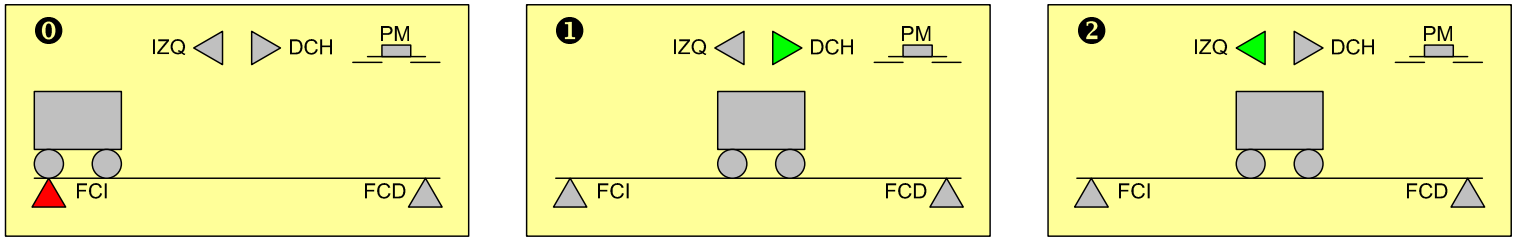
función de lectura

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Concepto de automatismo V

Tabla de fases reducida

	000	001	011	010	110	111	101	100	
0				0	1				00

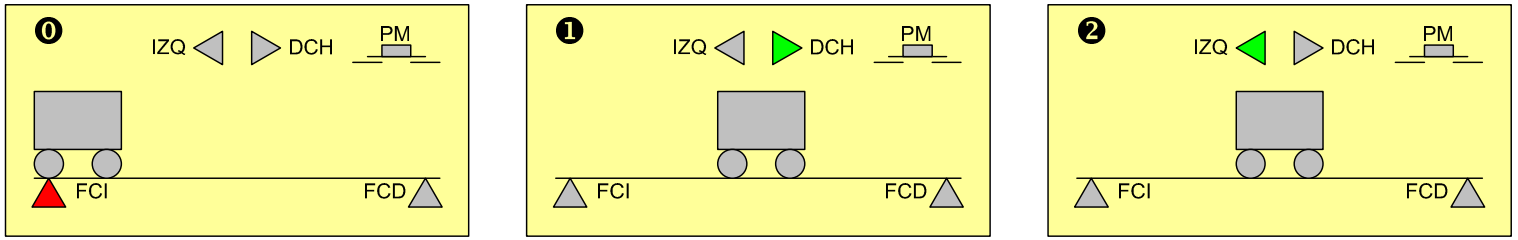


situaciones relevantes: REPOSO, DERECHA, IZQUIERDA

Concepto de automatismo V

Tabla de fases reducida

	000	001	011	010	110	111	101	100	
0				0	1				00
1	1	2		1	1		2	1	01

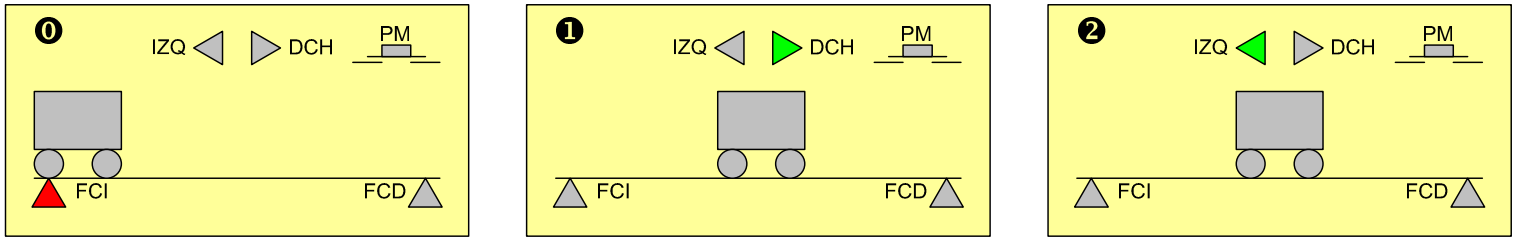


situaciones relevantes: REPOSO, DERECHA, IZQUIERDA

Concepto de automatismo V

Tabla de fases reducida

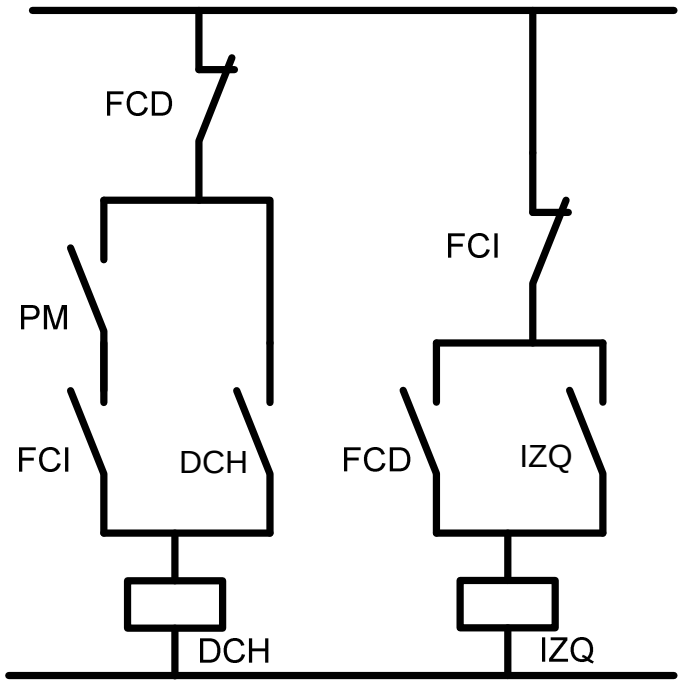
	000	001	011	010	110	111	101	100	
0				0	1				00
1	1	2		1	1		2	1	01
2	2	2		0	1		2	2	10



situaciones relevantes: REPOSO, DERECHA, IZQUIERDA

Concepto de automatismo VI

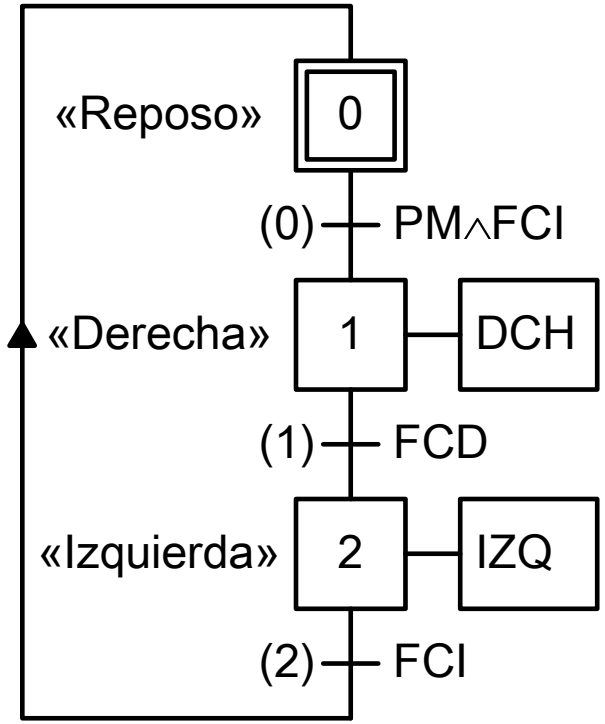
Diagramas de relés y contactos



Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Concepto de automatismo VII

GRAFCET (IEC 60848)



Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

Contenido

Tema 8.- Introducción a la automatización industrial

8.1. Concepto de automatización

8.2. Sistema automático de producción (SAP)

8.3. Sistemas de eventos discretos (DES)

8.4. Concepto de automatismo

8.5. Implantación de automatismos

8.6. El autómata programable (PLC)

8.7. Lenguaje de programación de PLC IEC 61131-3

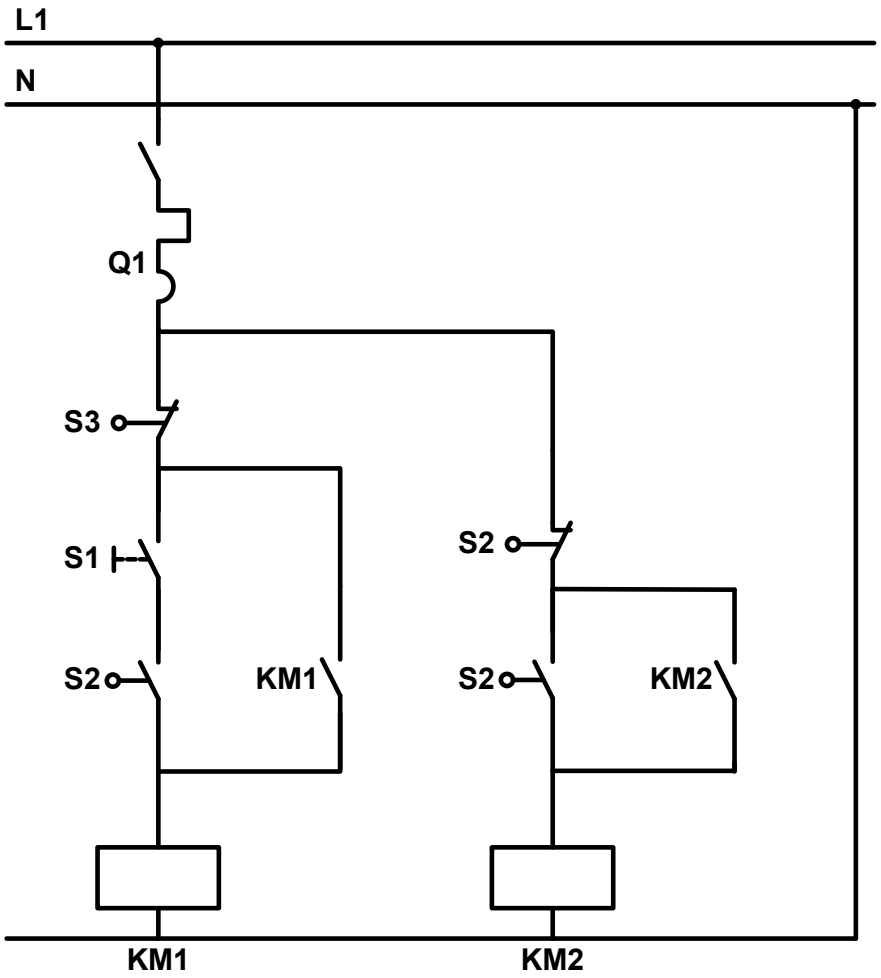
Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Implantación de automatismos I

- **Implantación cableada:**
  - Mecánica
  - Neumática
  - Eléctrica
  - …
- **Implantación programada:**
  - Autómata programable (PLC)
  - Ordenador industrial
  - Micro-controlador
  - …

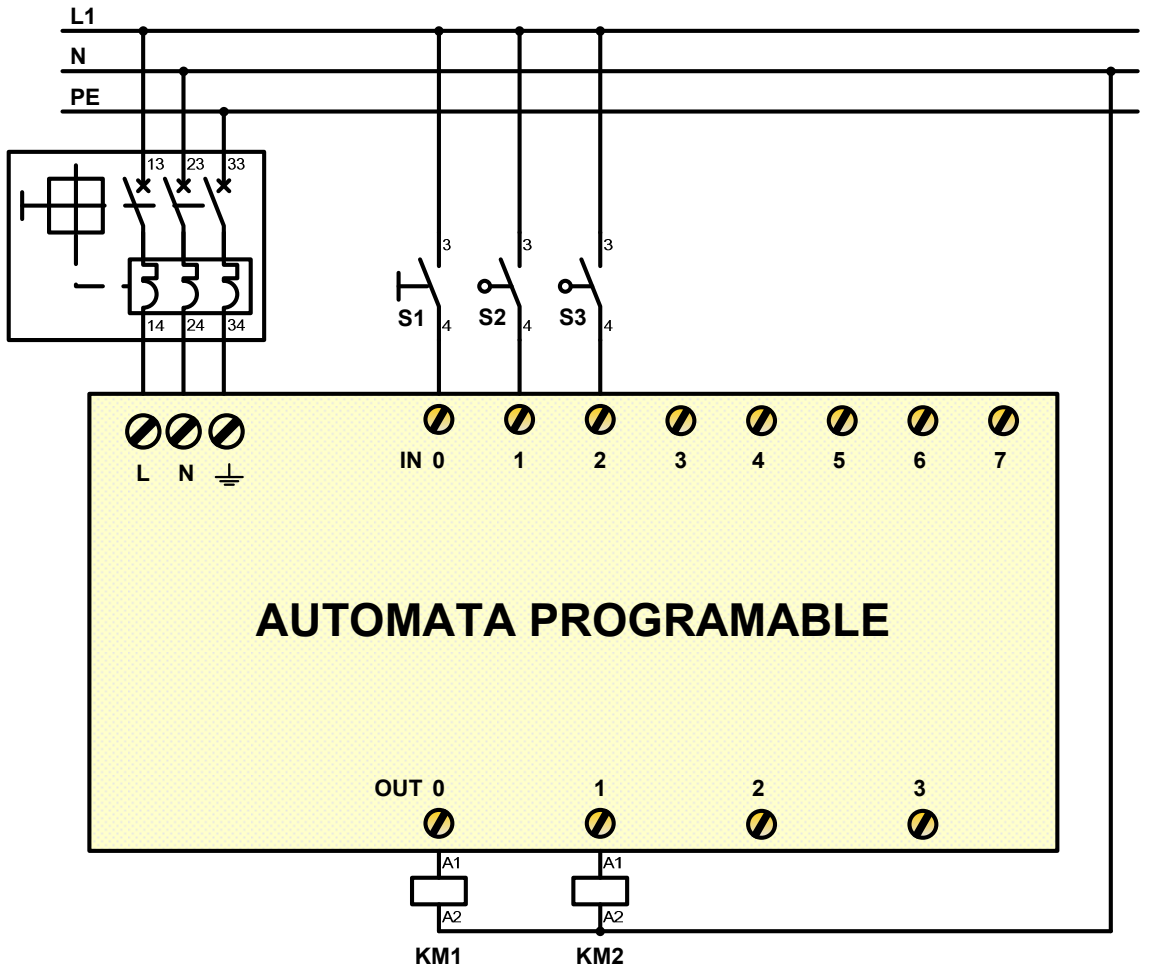
Implantación de automatismos II

Implantación cableada



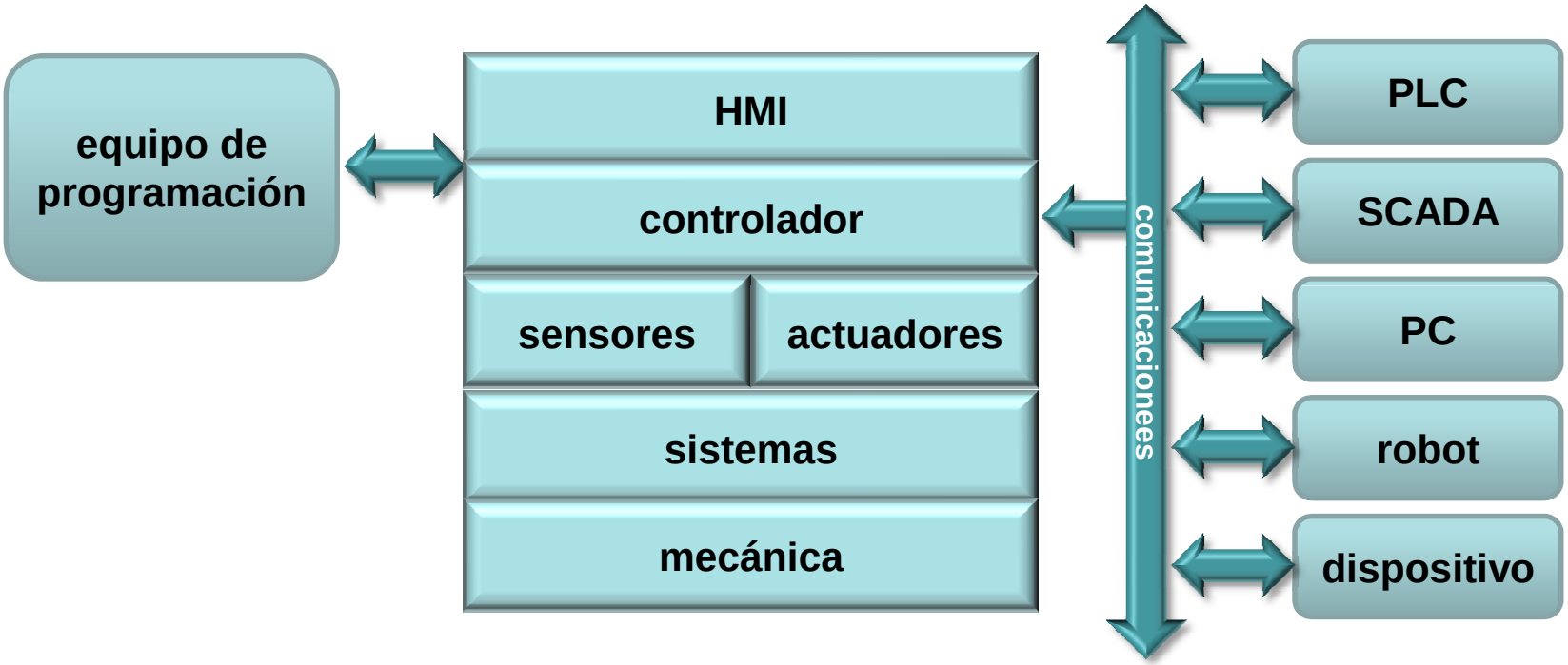
Implantación de automatismos III

Implantación programada



Implantación de automatismos IV

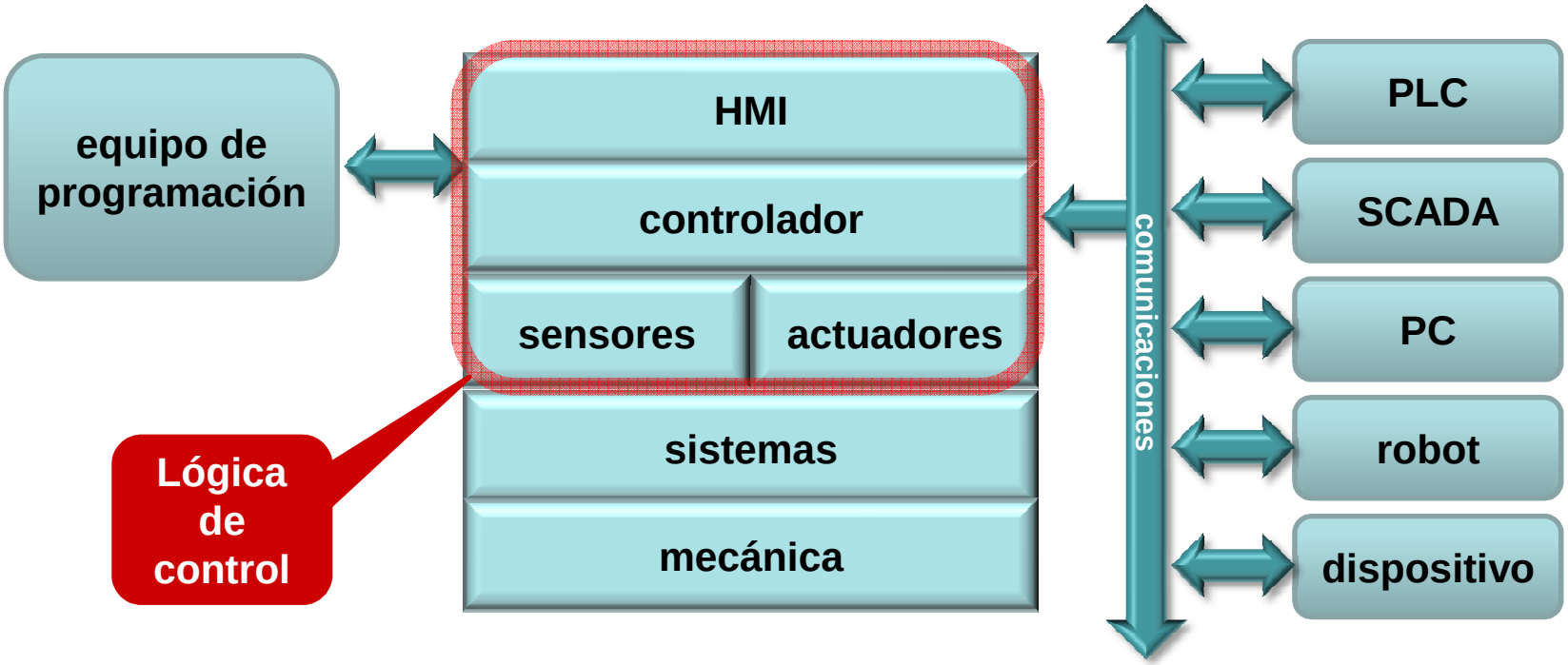
Implantación programada - arquitectura



Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Implantación de automatismos IV

Implantación programada - arquitectura



Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Contenido

Tema 8.- Introducción a la automatización industrial

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

PLC I

Definición

- Un autómata programable industrial (PLC: Programmable Logic Controller) es un dispositivo electrónico programable diseñado para controlar procesos secuenciales en tiempo real y en ambiente industrial.

PLC II

Características

- Flexibilidad
- Fiabilidad
- Modularidad
- Robustez
- Espacio reducido
- Realiza funciones complejas

PLC III

Aspecto externo

- PLC compacto

- PLC semi-modular

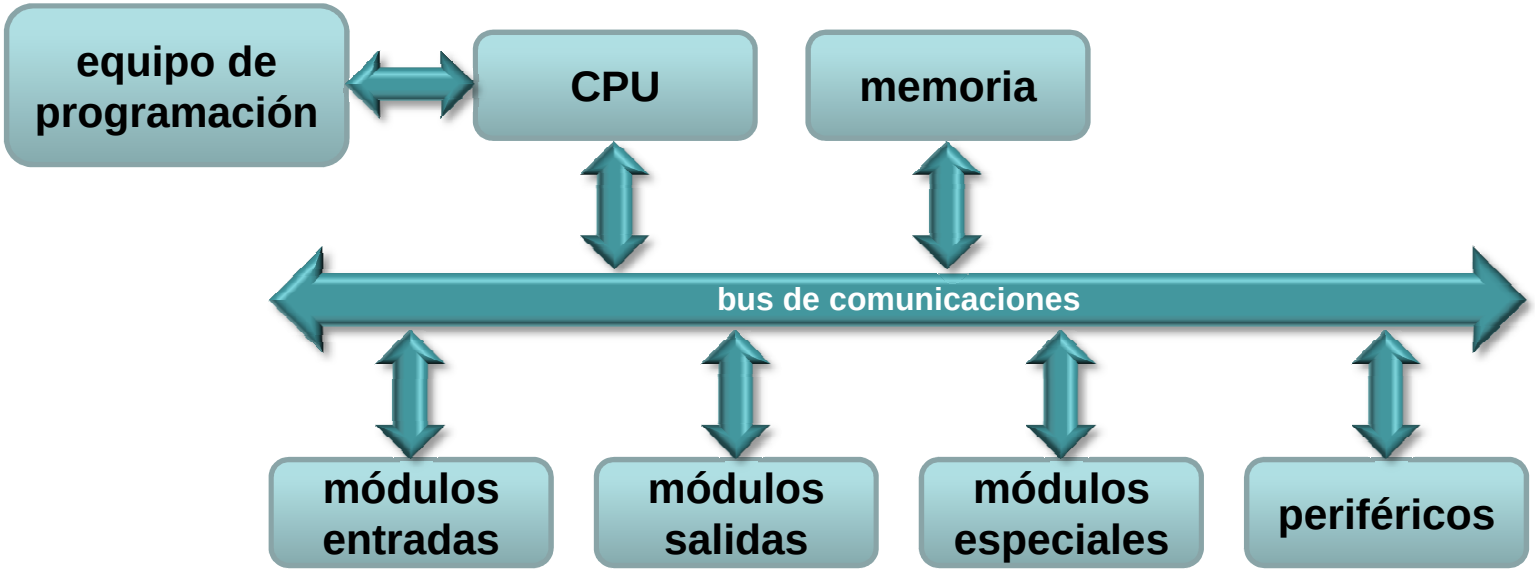
- PLC modular

PLC IV

Esquema PLC modular

PLC V

Aspecto interno



Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

PLC VI

Elementos de un PLC

- CPU
- Fuente de alimentación
- Módulos de entradas
- Módulos de salidas
- Módulos adicionales
- Elementos HMI

PLC VII

CPU

- Ejecuta los programas y comunica los distintos módulos del PLC.

Datos técnicos	CX1010
Processor	compatible with Pentium® MMX, clock frequency 500 MHz
Flash memory	64 MB Compact Flash card
Internal main memory	256 MB DDR RAM (not expandable)
Interfaces	1 x RJ 45 (Ethernet), 10/100 Mbit/s
Diagnostics LED	1 x power, 1 x LAN speed, 1 x LAN activity, TC status, 1 x flash access
Expansion slot	1 x Compact Flash type II insert with ejector
Clock	internal battery-backed clock for time and date (battery exchangeable)
Operating system	Microsoft Windows CE or Microsoft Windows Embedded Standard
Control software	TwinCAT PLC run-time or TwinCAT NC PTP run-time
System bus	16 bit ISA (PC/104 standard)

PLC VIII

Fuente de alimentación

- Proporciona la tensión necesaria al PLC y a los distintos módulos.

Datos técnicos	CX1100-0004
Power supply	24 V DC (-15 %/+20 %)
Current supply E-bus	2 A
Display	FSTN display 2 lines x 16 characters of text, illuminated
Diagnostics LED	1 x PWR, 1 x L/A, 1 x Run
Max. power consumption	3.5 W

PLC IX

Módulos de entradas

- Recoge las señales de entrada al PLC. Los más usuales son de entradas digitales y analógicas.

Datos técnicos	EL1008
Number of inputs	8
Nominal voltage	24 V DC (-15 %/+20 %)
“0“ signal voltage	-3…+5 V (EN 61131-2, type 3)
“1“ signal voltage	15…30 V (EN 61131-2, type 3)
Input current	typ. 3 mA (EN 61131-2, type 3)

Módulos de salidas

- Envía las señales de salida a la planta. Los más usuales son de salidas digitales y analógicas.

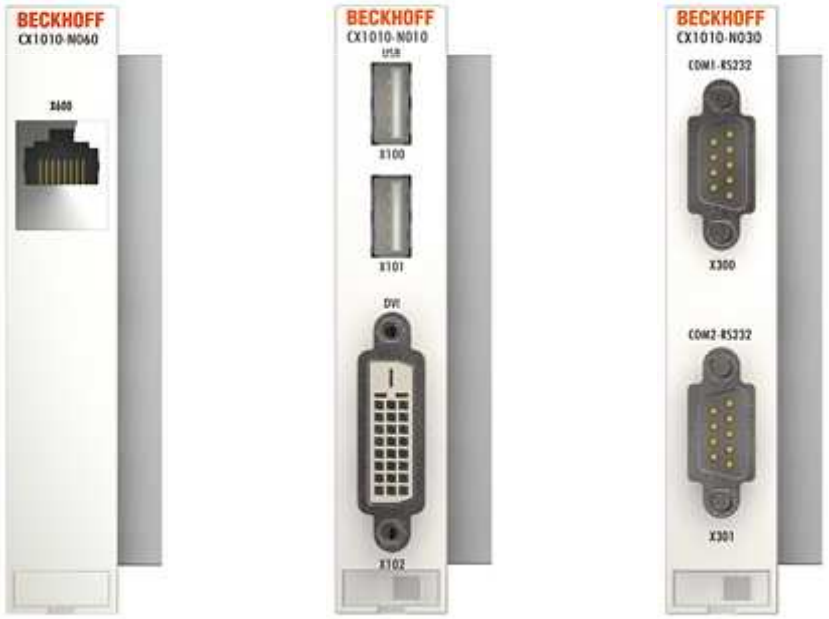
Datos técnicos	EL2008
Number of outputs	8
Rated load voltage	24 V DC (-15 %/+20 %)
Max. output current	0.5 A (short-circuit-proof) per channel
Reverse voltage protection	yes

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA
Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

PLC XI

Módulos adicionales

- Módulos para la ampliación de las funciones o conectividad del PLC.



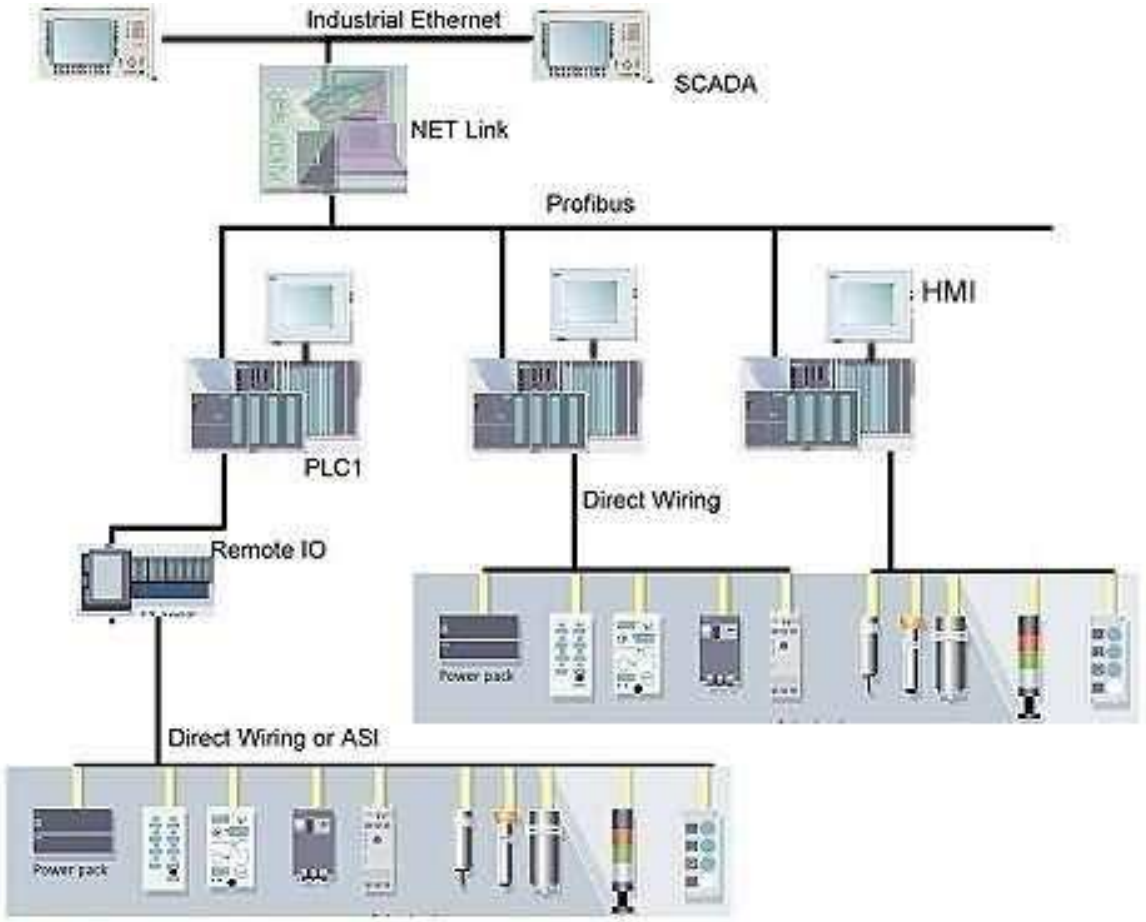
Elementos HMI

- Dispositivos de **I**nterfaz **H**ombre **M**áquina.

Datos técnicos	
Tamaño del Display	3.8 pulgadas
Tipo de Display	Monocromo LCD
Colores de Display	8 tonos de ambar
Resolución del Display	320x240 Pixel
Backlight	backlight LED
Tipo de panel táctil	Analógico resistivo
Resolución del panel táctil	1024x1024
Interfaces Serie	2
Com 1	RS232
Com 2	RS422/485
USB I/F	Si

PLC XIII

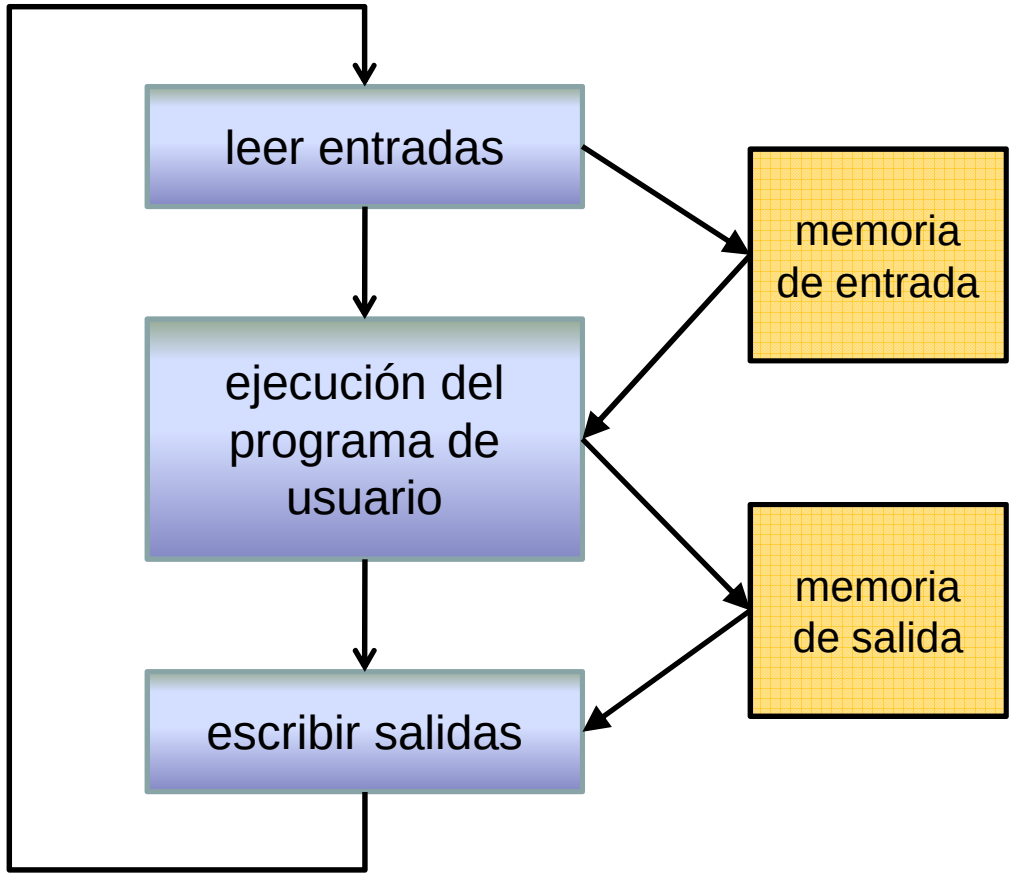
Sistemas de control distribuido



PLC XIV

Ciclo básico de funcionamiento

tiempo de ciclo PLC Beckhoff:
típico 1ms
máximo 50 µs



Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Contenido

Tema 8.- Introducción a la automatización industrial

8.1. Concepto de automatización

8.2. Sistema automático de producción (SAP)

8.3. Sistemas de eventos discretos (DES)

8.4. Concepto de automatismo

8.5. Implantación de automatismos

8.6. El autómata programable (PLC)

8.7. Lenguaje de programación de PLC IEC 61131-3

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 I

Introducción

- En la actualidad la mayoría de los PLCs son específicos del fabricante, con programación dependiente y conexión compleja con otros sistemas.

- La norma IEC 61131 es el primer paso en la estandarización de los autómatas programables y sus periféricos, incluyendo los lenguajes de programación que se deben utilizar.

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 II

Partes de la norma

- **Parte 1:** Información general
- **Parte 2:** Especificaciones de los equipos
- **Parte 3:** Lenguajes de programación
- **Parte 4:** Guías de usuario
- **Parte 5:** Comunicaciones
- **Parte 7:** Control borroso
- **Parte 8:** Guías de implantación de los lenguajes de programación

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 II

Partes de la norma

- **Parte 1:** Información general
- **Parte 2:** Especificaciones de los equipos
- **Parte 3:** Lenguajes de programación
- **Parte 4:** Guías de usuario
- **Parte 5:** Comunicaciones
- **Parte 7:** Control borroso
- **Parte 8:** Guías de implantación de los lenguajes de programación

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 III

IEC 61131-3

- Define los distintos tipos de datos que se pueden utilizar.
- Posibilita el uso de variables simbólicas.
- Estructura la programación utilizando tres tipos de unidades de organización (POU).
- Unifica la implantación de las funciones típicas de los PLCs.
- Incorpora el término configuración para lograr la independencia hardware de la programación.
- Define cinco lenguajes de programación de PLCs distintos.

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 IV

Ventajas del uso del IEC 61131-3

- Estándar aceptado internacionalmente.
- Ahorra tiempo.
- Permite una programación segura y de calidad.
- Ofrece el mejor lenguaje de programación para cada problema.

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 V

Tipos de datos

- **Booleano:** *BOOL*
- **Entero:** *INT, SINT, UINT, DINT, LINT, UDINT …*
- **Real:** *REAL, LREAL*
- **Duración:** *TIME*
- **Fecha y hora:** *DATE, TOD, DT*
- **Carácter:** *STRING, WSTRING*
- **Cadena de bits:** *BYTE, WORD, DWORD, LWORD*

- Se permite la declaración de tipos de datos derivados y estructuras de datos.

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 VI

Variables

- Al ser declaradas se les asigna un identificador único para su uso simbólico (independencia del hardware).
- Al ser declaradas se les asigna un tipo de dato elemental o derivado.
- Al ser declaradas se les puede asignar un valor inicial.
- Se pueden declarar de un solo elemento, tablas y estructuras.

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 VII

Tipos de variables

- **De entrada:** *VAR_INPUT*
- **De salida:** *VAR_OUTPUT*
- **De entrada y salida:** *VAR_IN_OUT*
- **Globales:** *VAR_GLOBAL*
- **Externas:** *VAR_EXTERNAL*
- **De acceso:** *VAR_ACCESS*
- **Temporales:** *VAR_TEMP*
- **De retención:** *RETAIN*
- **Constantes:** *CONSTANT*

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 VIII

Variables vinculadas con el hardware

- Al ser declaradas se les añade la palabra reservada *AT*, el símbolo *%*, una localización, un tamaño y uno o varios enteros sin signo separados por puntos que representa la dirección.
- Localización: *I*, *Q* o *M*
- Tamaño: nada, *X*, *B*, *W*, *D*, *L* o *

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 VIII

Variables vinculadas con el hardware

- Al ser declaradas se les añade la palabra reservada *AT*, el símbolo *%*, una localización, un tamaño y uno o varios enteros sin signo separados por puntos que representa la dirección.
- Localización: *I*, *Q* o *M*
- Tamaño: nada, *X*, *B*, *W*, *D*, *L* o *
- Ejemplos:
  - Entrada1 AT %I3.0 : BOOL;

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 VIII

Variables vinculadas con el hardware

- Al ser declaradas se les añade la palabra reservada *AT*, el símbolo *%*, una localización, un tamaño y uno o varios enteros sin signo separados por puntos que representa la dirección.
- Localización: *I*, *Q* o *M*
- Tamaño: nada, *X*, *B*, *W*, *D*, *L* o ***
- Ejemplos:
  - Entrada1 AT %I3.0 : BOOL;

Define la variable de tipo BOOL Entrada1 como variable de entrada vinculada al bit 0 del modulo 3

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 VIII

Variables vinculadas con el hardware

- Al ser declaradas se les añade la palabra reservada *AT*, el símbolo *%*, una localización, un tamaño y uno o varios enteros sin signo separados por puntos que representa la dirección.
- Localización: *I*, *Q* o *M*
- Tamaño: nada, *X*, *B*, *W*, *D*, *L* o ***
- Ejemplos:
  - Entrada1 AT %I3.0 : BOOL;
  - Salida3 AT %Q* : BYTE;

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 VIII

Variables vinculadas con el hardware

- Al ser declaradas se les añade la palabra reservada *AT*, el símbolo *%*, una localización, un tamaño y uno o varios enteros sin signo separados por puntos que representa la dirección.
- Localización: *I*, *Q* o *M*
- Tamaño: nada, *X*, *B*, *W*, *D*, *L* o *
- Ejemplos:
  - Entrada1 AT %I3.0 : BOOL;
  - Salida3 AT %Q* : BYTE;

Define la variable de tipo BYTE Salida3 como variable de salida aún no vinculada

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 VIII

Variables vinculadas con el hardware

- Al ser declaradas se les añade la palabra reservada *AT*, el símbolo *%*, una localización, un tamaño y uno o varios enteros sin signo separados por puntos que representa la dirección.
- Localización: *I*, *Q* o *M*
- Tamaño: nada, *X*, *B*, *W*, *D*, *L* o *
- Ejemplos:
  - Entrada1 AT %I3.0 : BOOL;
  - Salida3 AT %Q* : BYTE;
  - Dato2 AT %MD12 : REAL;

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 VIII

Variables vinculadas con el hardware

- Al ser declaradas se les añade la palabra reservada *AT*, el símbolo *%*, una localización, un tamaño y uno o varios enteros sin signo separados por puntos que representa la dirección.
- Localización: *I*, *Q* o *M*
- Tamaño: nada, *X*, *B*, *W*, *D*, *L* o ***
- Ejemplos:
  - Entrada1 AT %I3.0 : BOOL;
  - Salida3 AT %Q* : BYTE;
  - Dato2 AT %MD12 : REAL;

Define la variable de tipo REAL Dato2 como variable de memoria vinculada a los bytes de memoria 12, 13, 14 y 15

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 IX

Unidades de organización (POU)

- Tres tipos de POU:
  - Funciones
  - Bloques funcionales
  - Programas
- Partes de un POU:
  - Tipo de POU, nombre y tipo de dato en funciones
  - Zona de declaración de variables
  - Cuerpo del POU
- Sin recursividad.

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 X

Función

- Es un POU con parámetros de entrada, que devuelve un sólo valor de cualquier tipo de dato y que no contiene variables estáticas (sin memoria).

- Las funciones no pueden invocar a bloques funcionales, sólo pueden invocar a otras funciones.

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XI

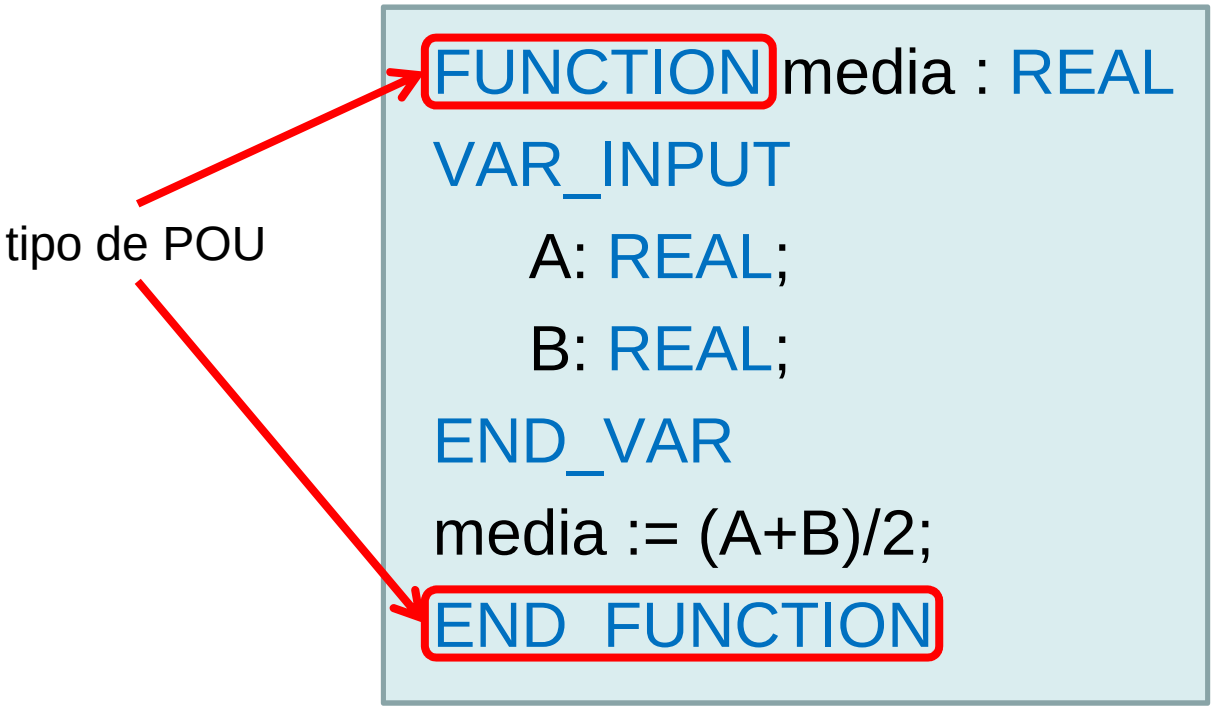
Ejemplo de función

```
FUNCTION media : REAL
VAR_INPUT
    A: REAL;
    B: REAL;
END_VAR
media := (A+B)/2;
END_FUNCTION
```

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XI

Ejemplo de función



Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XI

Ejemplo de función

```
FUNCTION media : REAL
VAR_INPUT
    A: REAL;
    B: REAL;
END_VAR
media := (A+B)/2;
END_FUNCTION
```

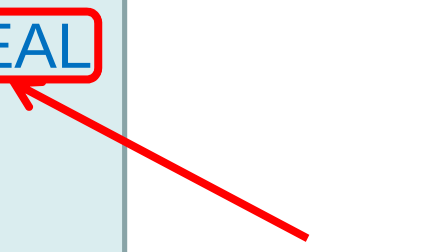
nombre de función

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XI

Ejemplo de función

```
FUNCTION media : REAL
VAR_INPUT
    A: REAL;
    B: REAL;
END_VAR
media := (A+B)/2;
END_FUNCTION
```



Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XI

Ejemplo de función

```
FUNCTION media : REAL
VAR_INPUT
    A: REAL;
    B: REAL;
END_VAR
media := (A+B)/2;
END_FUNCTION
```

zona de declaración

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XI

Ejemplo de función

```
FUNCTION media : REAL
VAR_INPUT
    A: REAL;
    B: REAL;
END_VAR
media := (A+B)/2;
END_FUNCTION
```

cuerpo de la función

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XI

Ejemplo de función

```
FUNCTION media : REAL
VAR_INPUT
    A: REAL;
    B: REAL;
END_VAR
media := (A+B)/2;
END_FUNCTION
```

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XII

Funciones estándar

- **Operaciones de bits:** *AND, OR, NOT, SHL, ROR, …*
- **Numéricas:** *ABS, COS, ADD, SQRT, …*
- **Conversión de tipo:** *REAL_TO_INT, BOOL_TO_BYTE, …*
- **Selección:** *MIN, MAX, LIMIT, SEL, MUX*
- **Comparación:** *GT, GE, EQ, LT, LE, NE*
- **Caracteres:** *LEN, LEFT, RIGHT, MID, CONCAT, FIND, …*

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

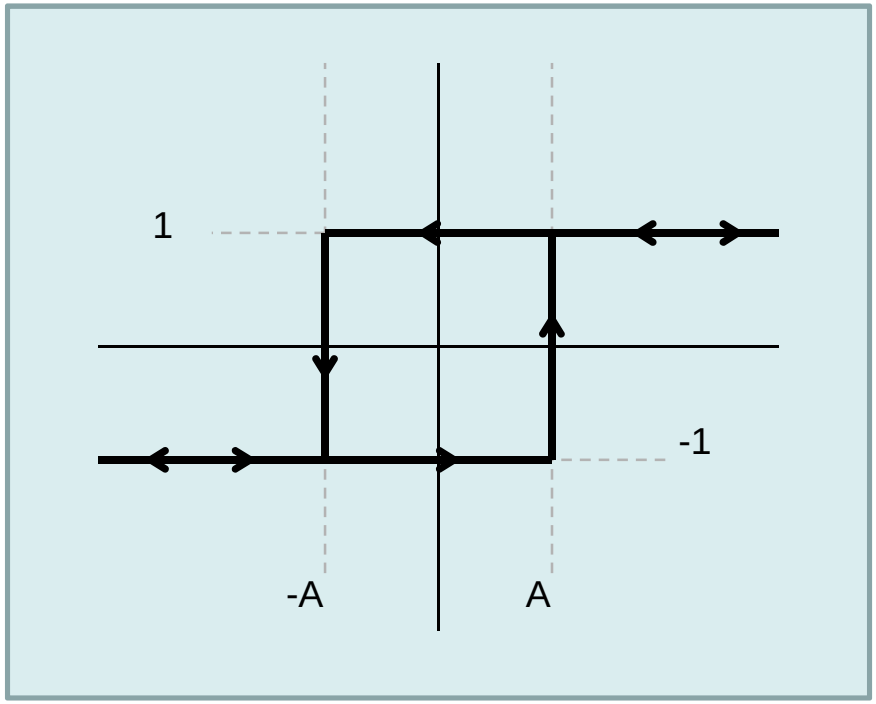
Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XIII

Bloque funcional

- Es un POU con parámetros de entrada, parámetros de salida y que contiene variables estáticas (con memoria).
- Los bloques funcionales se utilizan usando el concepto de instanciación.
- Los bloques funcionales pueden invocar tanto a otros bloques funcionales como a funciones.

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Ejemplo de bloque funcional I



ciclo de histéresis

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA
Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XV

Ejemplo de bloque funcional II

```
FUNCTION_BLOCK Histeresis
VAR_INPUT
   Entrada: REAL;
   A: REAL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
   Salida: REAL := 1;
END_VAR
IF ABS(Entrada) <= A THEN
   Salida := Salida;
ELSIF Entrada > A THEN
      Salida := 1;
ELSE
      Salida := -1;
END_IF;
END_FUNCTION_BLOCK
```

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XV

Ejemplo de bloque funcional II

tipo de POU

```
FUNCTION_BLOCK Histeresis
VAR_INPUT
   Entrada: REAL;
   A: REAL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
   Salida: REAL := 1;
END_VAR
IF ABS(Entrada) <= A THEN
   Salida := Salida;
ELSIF Entrada > A THEN
      Salida := 1;
ELSE
      Salida := -1;
END_IF;
END_FUNCTION_BLOCK
```

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XV

Ejemplo de bloque funcional II

```
FUNCTION_BLOCK Histeresis
VAR_INPUT
   Entrada: REAL;
   A: REAL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
   Salida: REAL := 1;
END_VAR
IF ABS(Entrada) <= A THEN
   Salida := Salida;
ELSIF Entrada > A THEN
      Salida := 1;
ELSE
      Salida := -1;
END_IF;
END_FUNCTION_BLOCK
```

nombre del bloque funcional

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XV

Ejemplo de bloque funcional II

```
FUNCTION_BLOCK Histeresis
VAR_INPUT
   Entrada: REAL;
   A: REAL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
   Salida: REAL := 1;
END_VAR
IF ABS(Entrada) <= A THEN
   Salida := Salida;
ELSIF Entrada > A THEN
      Salida := 1;
ELSE
      Salida := -1;
END_IF;
END_FUNCTION_BLOCK
```

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XV

Ejemplo de bloque funcional II

```
FUNCTION_BLOCK Histeresis
VAR_INPUT
   Entrada: REAL;
   A: REAL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
   Salida: REAL := 1;
END_VAR
IF ABS(Entrada) <= A THEN
   Salida := Salida;
ELSIF Entrada > A THEN
      Salida := 1;
ELSE
      Salida := -1;
END_IF;
END_FUNCTION_BLOCK
```

cuerpo del bloque funcional

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XV

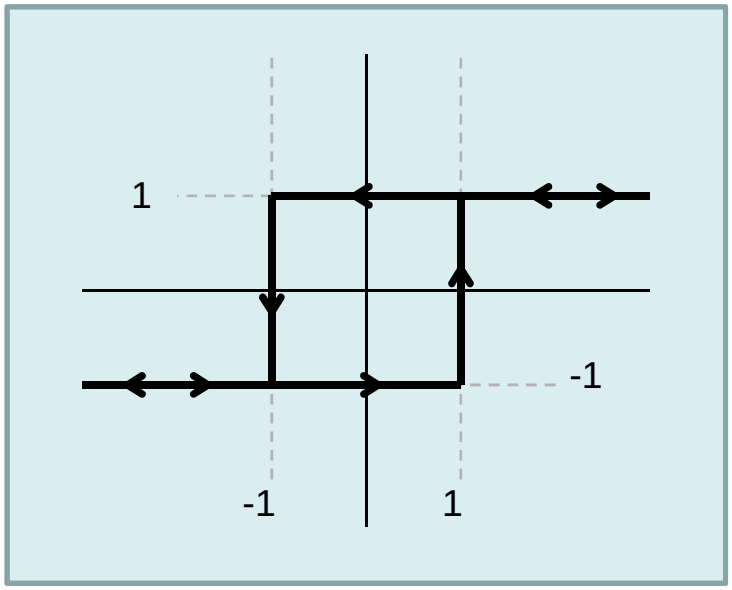
Ejemplo de bloque funcional II

```
FUNCTION_BLOCK Histeresis
VAR_INPUT
   Entrada: REAL;
   A: REAL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
   Salida: REAL := 1;
END_VAR
IF ABS(Entrada) <= A THEN
   Salida := Salida;
ELSIF Entrada > A THEN
      Salida := 1;
ELSE
      Salida := -1;
END_IF;
END_FUNCTION_BLOCK
```

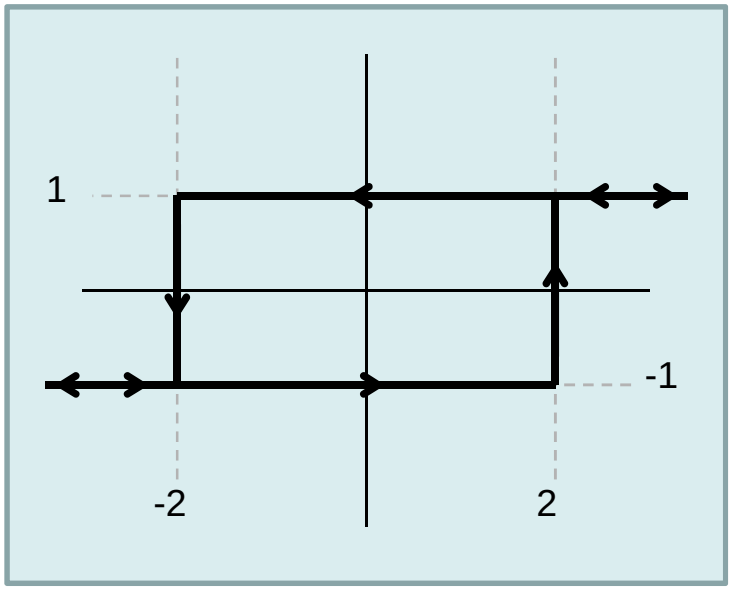
Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XVI

Instanciación de bloque funcional I



Histeresis1



Histeresis2

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XVII

Instanciación de bloque funcional II

```
    …
VAR
    Histeresis1 : Histeresis := (A := 1);
    Histeresis2 : Histeresis := (A := 2);
    Valor1 AT %I*: REAL;
    Valor2 AT %I*: REAL;
    Salida1 AT %Q*: REAL;
    Salida2 AT %Q*: REAL;
END_VAR
    …
Histeresis1.Entrada := Valor1;
Histeresis2.Entrada := Valor2;
Histeresis1;
Histeresis2;
Salida1 := Histeresis1.Salida;
Salida2 := Histeresis2.Salida;
    …
```

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XVII

Instanciación de bloque funcional II

declaración de variables de tipo Histeresis (instanciación)

```
    …
VAR
    Histeresis1 : Histeresis := (A := 1);
    Histeresis2 : Histeresis := (A := 2);
    Valor1 AT %I*: REAL;
    Valor2 AT %I*: REAL;
    Salida1 AT %Q*: REAL;
    Salida2 AT %Q*: REAL;
END_VAR
    …
Histeresis1.Entrada := Valor1;
Histeresis2.Entrada := Valor2;
Histeresis1;
Histeresis2;
Salida1 := Histeresis1.Salida;
Salida2 := Histeresis2.Salida;
    …
```

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XVII

Instanciación de bloque funcional II

asignación de parámetros de entrada

```
    …
VAR
    Histeresis1 : Histeresis := (A := 1);
    Histeresis2 : Histeresis := (A := 2);
    Valor1 AT %I*: REAL;
    Valor2 AT %I*: REAL;
    Salida1 AT %Q*: REAL;
    Salida2 AT %Q*: REAL;
END_VAR
    …
Histeresis1.Entrada := Valor1;
Histeresis2.Entrada := Valor2;
Histeresis1;
Histeresis2;
Salida1 := Histeresis1.Salida;
Salida2 := Histeresis2.Salida;
    …
```

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XVII

Instanciación de bloque funcional II

llamada al bloque funcional

```
    …
VAR
    Histeresis1 : Histeresis := (A := 1);
    Histeresis2 : Histeresis := (A := 2);
    Valor1 AT %I*: REAL;
    Valor2 AT %I*: REAL;
    Salida1 AT %Q*: REAL;
    Salida2 AT %Q*: REAL;
END_VAR
    …
Histeresis1.Entrada := Valor1;
Histeresis2.Entrada := Valor2;
Histeresis1;
Histeresis2;
Salida1 := Histeresis1.Salida;
Salida2 := Histeresis2.Salida;
    …
```

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XVII

Instanciación de bloque funcional II

asignación de la salida del bloque funcional a variable

```
    …
VAR
    Histeresis1 : Histeresis := (A := 1);
    Histeresis2 : Histeresis := (A := 2);
    Valor1 AT %I*: REAL;
    Valor2 AT %I*: REAL;
    Salida1 AT %Q*: REAL;
    Salida2 AT %Q*: REAL;
END_VAR
    …
Histeresis1.Entrada := Valor1;
Histeresis2.Entrada := Valor2;
Histeresis1;
Histeresis2;
Salida1 := Histeresis1.Salida;
Salida2 := Histeresis2.Salida;
    …
```

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XVII

Instanciación de bloque funcional II

```
    …
VAR
    Histeresis1 : Histeresis := (A := 1);
    Histeresis2 : Histeresis := (A := 2);
    Valor1 AT %I*: REAL;
    Valor2 AT %I*: REAL;
    Salida1 AT %Q*: REAL;
    Salida2 AT %Q*: REAL;
END_VAR
    …
Histeresis1.Entrada := Valor1;
Histeresis2.Entrada := Valor2;
Histeresis1;
Histeresis2;
Salida1 := Histeresis1.Salida;
Salida2 := Histeresis2.Salida;
    …
```

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XVIII

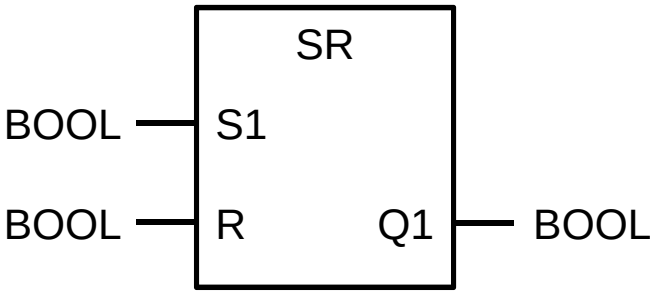
Bloques funcionales estándar

- **Biestables:** *SR, RS*
- **Detección de flancos:** *R_TRIG, F_TRIG*
- **Temporizadores:** *TP, TON, TOF*
- **Contadores:** *CTU, CTD, CTUD*

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Bloques funcionales: biestables I

Set prioritario (SR)



símbolo lógico

S1	R	Q1
0	0	Q1
0	1	0
1	0	1
1	1	1

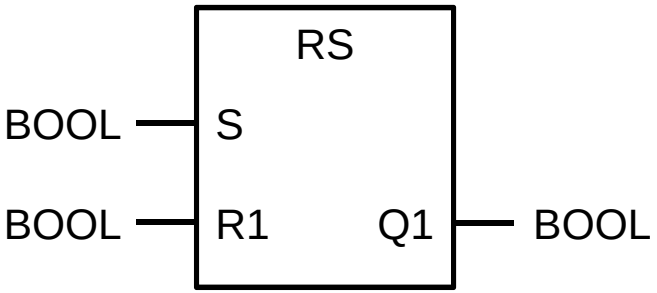
tabla de verdad

S1: condición de activación
R: condición de desactivación
Q1: estado del biestable

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Bloques funcionales: biestables II

Reset prioritario (RS)



símbolo lógico

S	R1	Q1
0	0	Q1
0	1	0
1	0	1
1	1	0

tabla de verdad

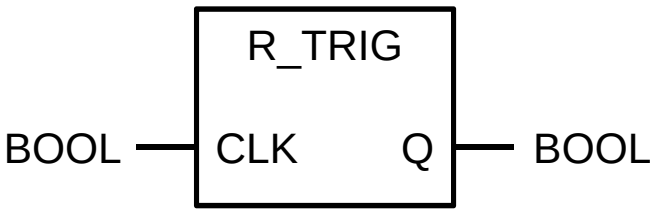
S: condición de activación
R1: condición de desactivación
Q1: estado del biestable

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

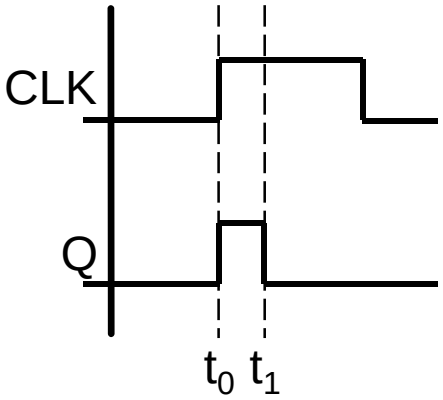
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA
Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Bloques funcionales: flancos I

Flanco de subida (R_TRIG)



símbolo lógico



CLK: señal a monitorizar

Q: estado de la detección

t_0: CLK cambia de 0 a 1 (Q = 1)

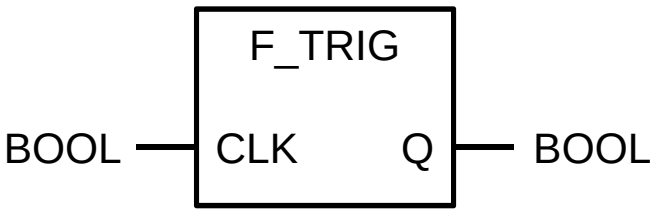
t_1: Q = 0

$t_1 - t_0$ = un ciclo de reloj del PLC

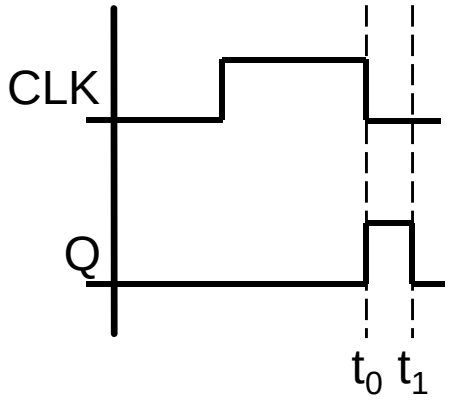
Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XXII

Bloques funcionales: flancos II

Flanco de bajada (F_TRIG)



símbolo lógico



CLK: señal a monitorizar

Q: estado de la detección

t_0: CLK cambia de 1 a 0 (Q = 1)

t_1: Q = 0

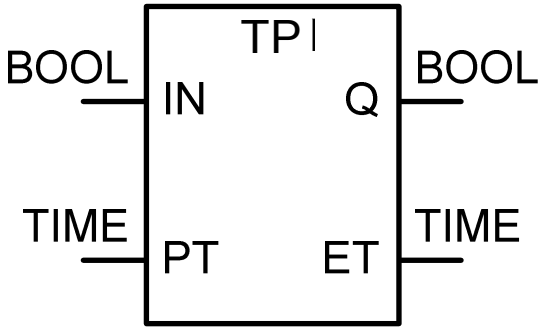
$t_1 - t_0$ = un ciclo de reloj del PLC

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

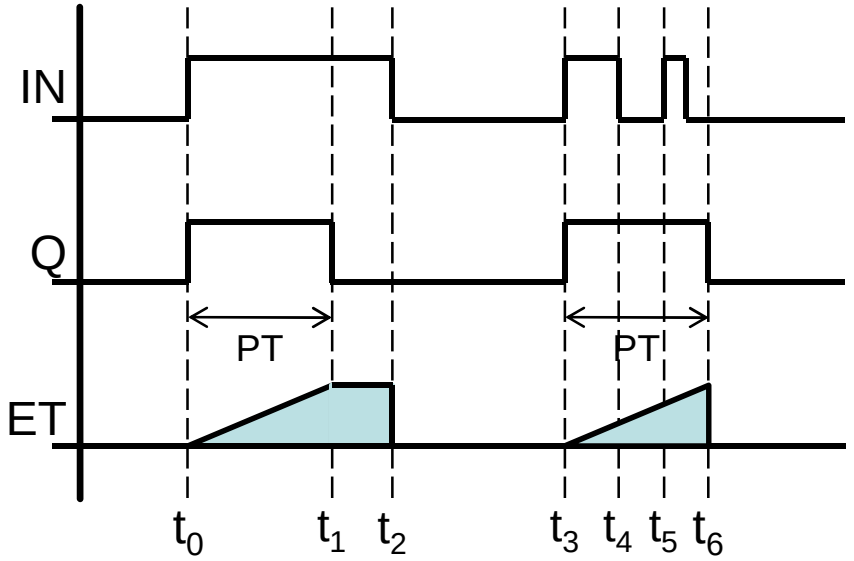
Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XXIII

Bloques funcionales: temporizadores I

Pulso (TP)



símbolo lógico



IN: condición de activación

PT: tiempo programado

Q: estado temporizador

ET: tiempo transcurrido

t_0 y t_3: activación IN (inicio de cuenta y Q = 1)

$t_1 = t_0 + PT$ (Q = 0) $t_6 = t_3 + PT$ (Q = 0)

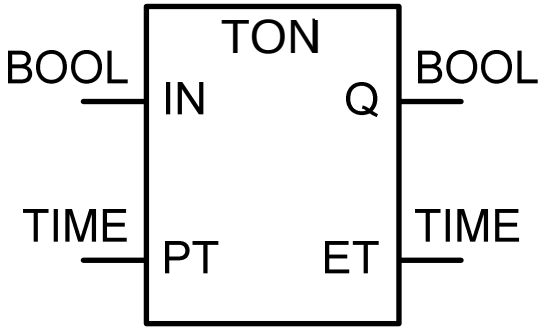
t_2 y t_4: desactivación IN (no afecta a Q)

$t_5 < t_3 + PT$: activación IN (no afecta a Q ni ET)

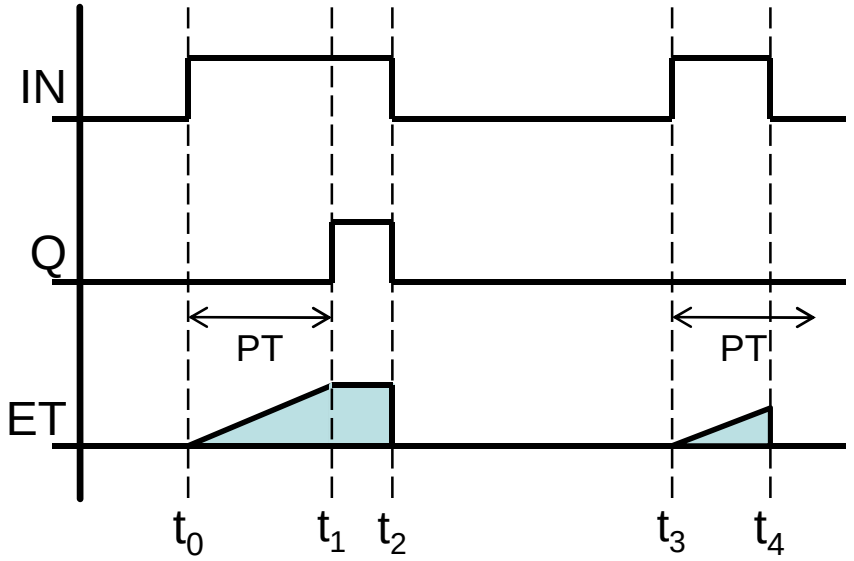
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA
Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Bloques funcionales: temporizadores II

Retardo a la conexión (TON)



símbolo lógico



IN: condición de activación

PT: tiempo programado

Q: estado temporizador

ET: tiempo transcurrido

t_0 y t_3: activación IN (inicio de cuenta)

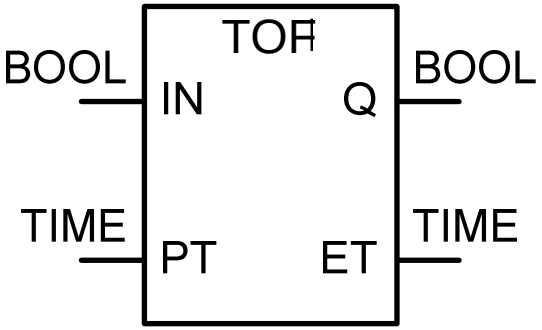
$t_1 = t_0 + PT$ (Q = 1)

t_2: desactivación IN (Q = 0 y ET = 0)

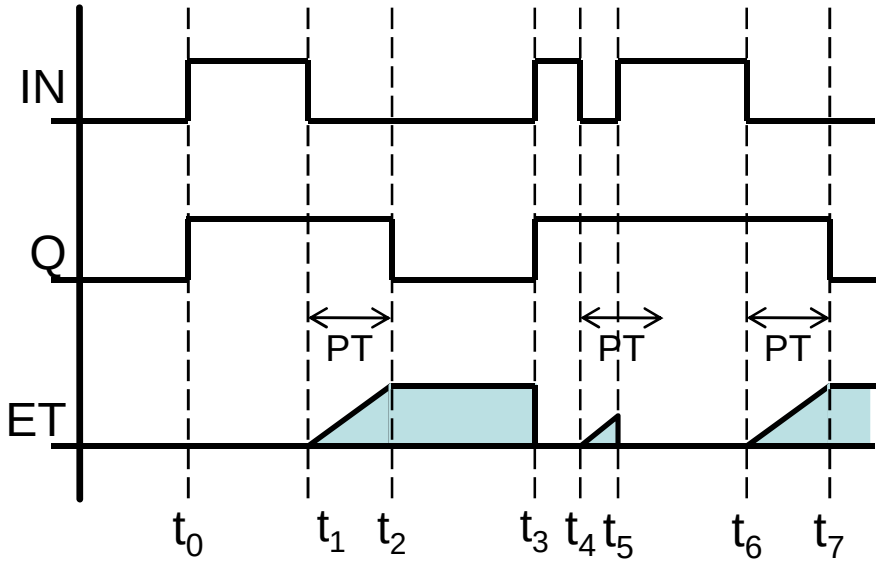
$t_4 < t_3 + PT$: desactivación IN (ET = 0)

Bloques funcionales: temporizadores III

Retardo a la desconexión (TOF)



símbolo lógico



IN: condición de activación

PT: tiempo programado

Q: estado temporizador

ET: tiempo transcurrido

t_0 y t_3: activación IN (Q = 1)

t_1, t_4 y t_6: desactivación IN (inicio cuenta)

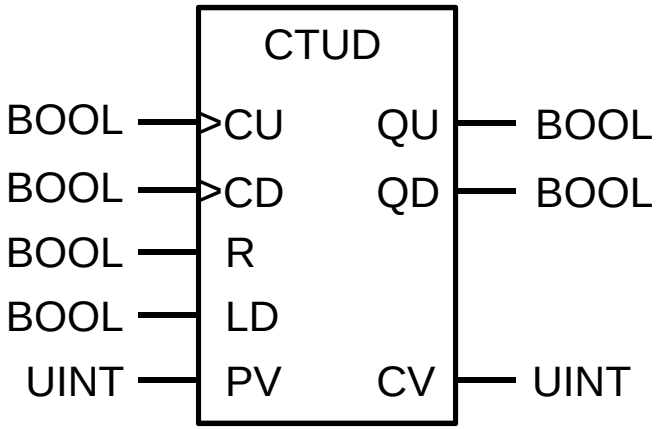
$t_2 = t_1 + PT$ (Q = 0) $t_7 = t_6 + PT$ (Q = 0)

$t_5 < t_4 + PT$: activación IN (ET = 0)

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Bloques funcionales: contadores I

De incremento y decremento (CTUD)



símbolo lógico

CU: incremento (flanco de subida)
CD: decremento (flanco de subida)
R: reset (CV = 0)
LD: carga (CV = PV)
PV: valor programado
QU: límite superior alcanzado
QD: límite inferior alcanzado
CV: valor de la cuenta

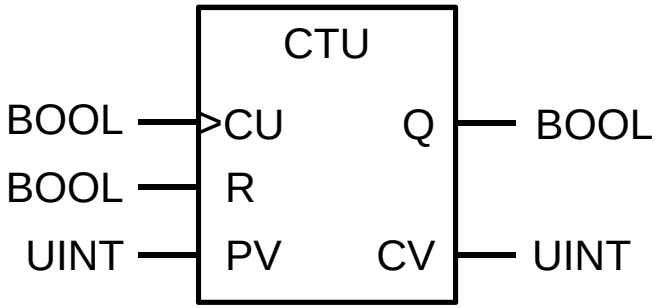
$CV = 0 \Rightarrow QD = 1$

$CV = PV \Rightarrow QU = 1$

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Bloques funcionales: contadores II

Sólo incremento (CTU)



símbolo lógico

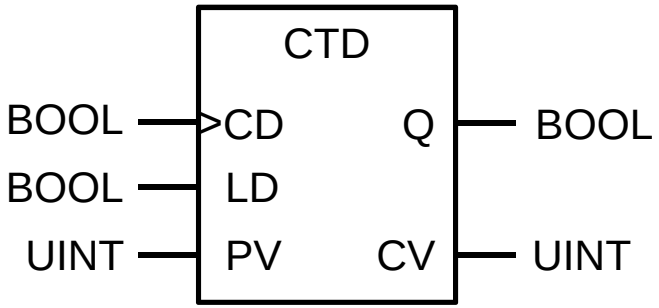
CU: incremento (flanco de subida)
R: reset (CV = 0)
PV: valor programado
Q: estado contador
CV: valor de la cuenta

CV = PV ⇒ Q = 1

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Bloques funcionales: contadores III

Sólo decremento (CTD)



símbolo lógico

CD: decremento (flanco de subida)
LD: carga (CV = PV)
PV: valor programado
Q: estado contador
CV: valor de la cuenta

CV = 0 ⇒ Q = 1

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XXIX

Programa

- Es un POU sin parámetros de entrada ni de salida. Normalmente representa al programa principal.

- Los programas pueden invocar tanto a bloques funcionales como a funciones.

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XXX

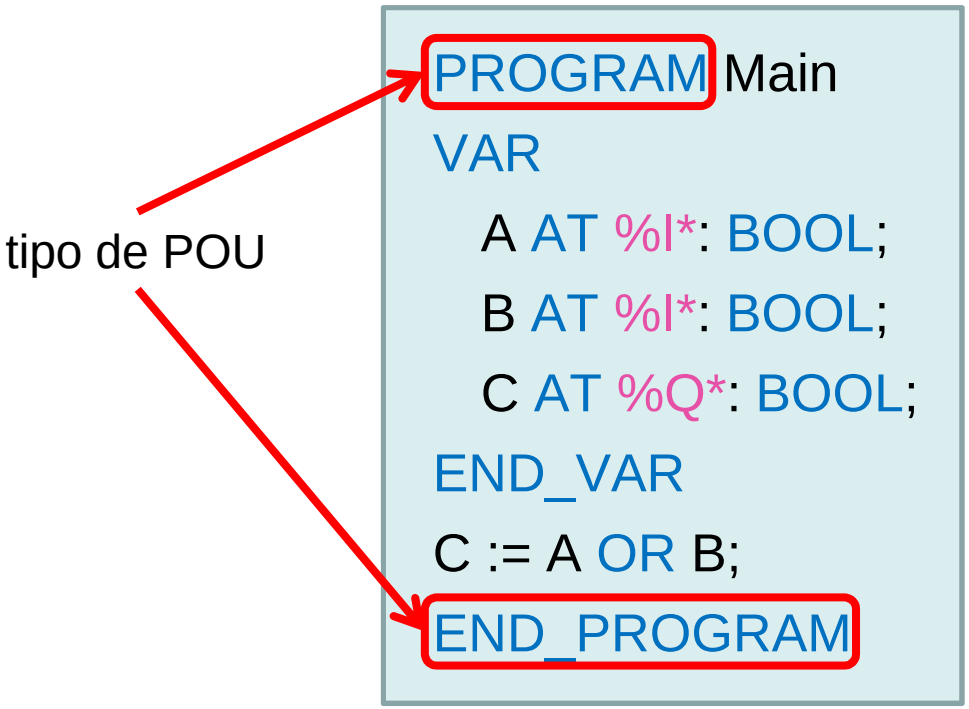
Ejemplo de programa

```
PROGRAM Main
VAR
   A AT %I*: BOOL;
   B AT %I*: BOOL;
   C AT %Q*: BOOL;
END_VAR
C := A OR B;
END_PROGRAM
```

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XXX

Ejemplo de programa



Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XXX

Ejemplo de programa

```
PROGRAM Main
VAR
   A AT %I*: BOOL;
   B AT %I*: BOOL;
   C AT %Q*: BOOL;
END_VAR
C := A OR B;
END_PROGRAM
```

nombre del programa

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XXX

Ejemplo de programa

```
PROGRAM Main
VAR
   A AT %I*: BOOL;
   B AT %I*: BOOL;
   C AT %Q*: BOOL;
END_VAR
C := A OR B;
END_PROGRAM
```

zona de declaración

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XXX

Ejemplo de programa

```
PROGRAM Main
VAR
   A AT %I*: BOOL;
   B AT %I*: BOOL;
   C AT %Q*: BOOL;
END_VAR
C := A OR B;
END_PROGRAM
```

cuerpo del programa

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

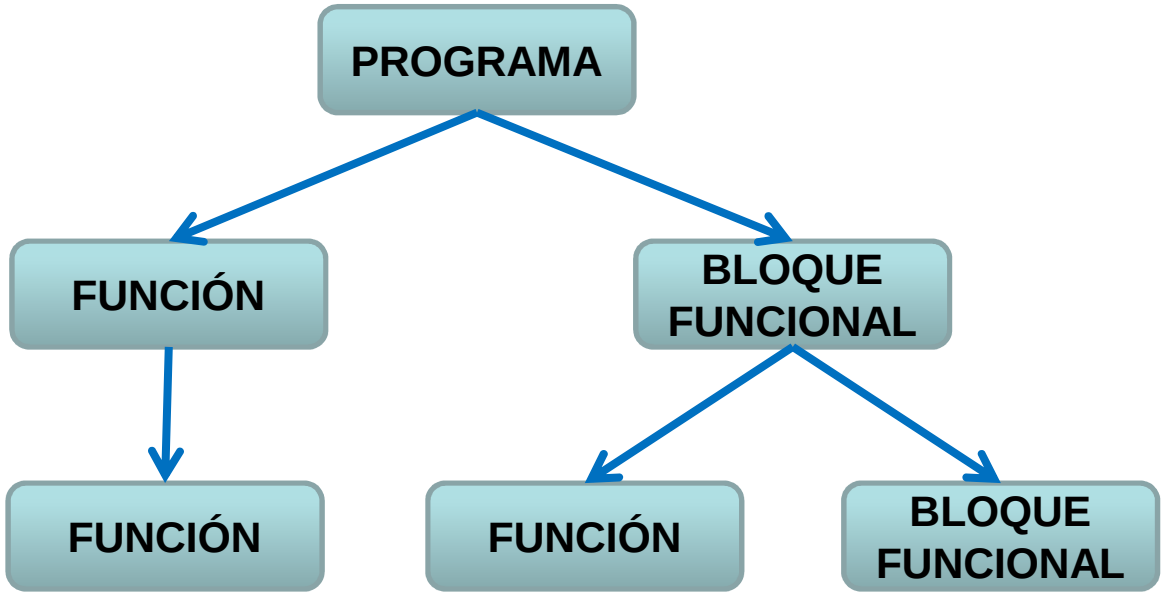
Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XXX

Ejemplo de programa

```
PROGRAM Main
VAR
   A AT %I*: BOOL;
   B AT %I*: BOOL;
   C AT %Q*: BOOL;
END_VAR
C := A OR B;
END_PROGRAM
```

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

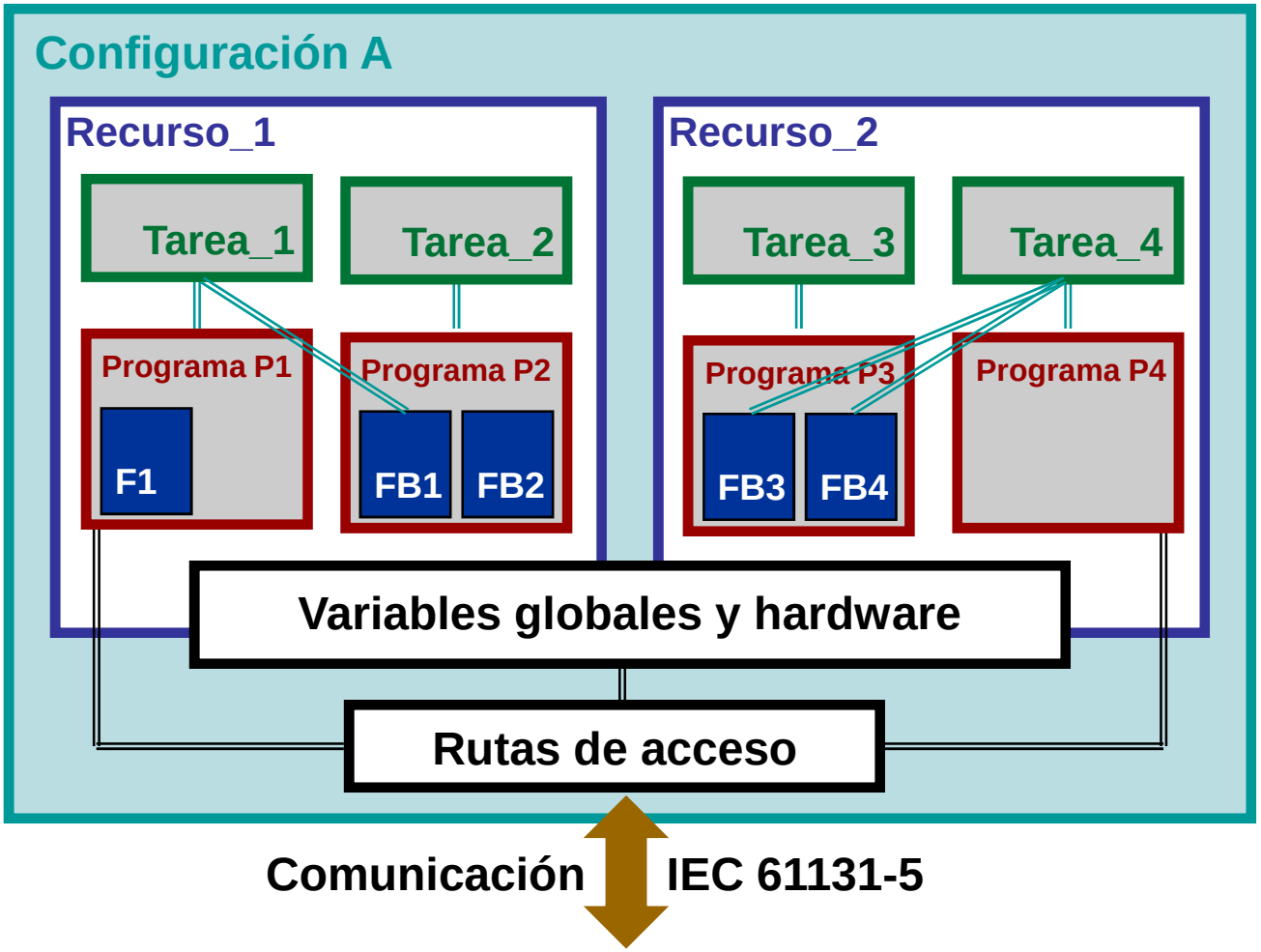
Llamadas entre POUs



UNIVERSIDAD DE MÁLAGA
Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XXXII

Configuración



Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XXXIII

Lenguajes de programación

- Textuales:
  - Lenguaje IL: lista de instrucciones.
  - Lenguaje ST: texto estructurado.
- Gráficos:
  - Lenguaje LD: diagrama ladder.
  - Lenguaje FBD: diagrama de bloques funcionales.
  - Lenguaje SFC: gráfico secuencial de función.

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XXXIV

Lenguaje IL

- Lenguaje tipo ensamblador.
- Ejemplo:

```
        LD      pesar
        JMPC    AHORA
        ST      ENO
        RET
AHORA : LD      peso_bruto
        SUB     peso_tara
        ST      PESO
```

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XXXV

Lenguaje ST

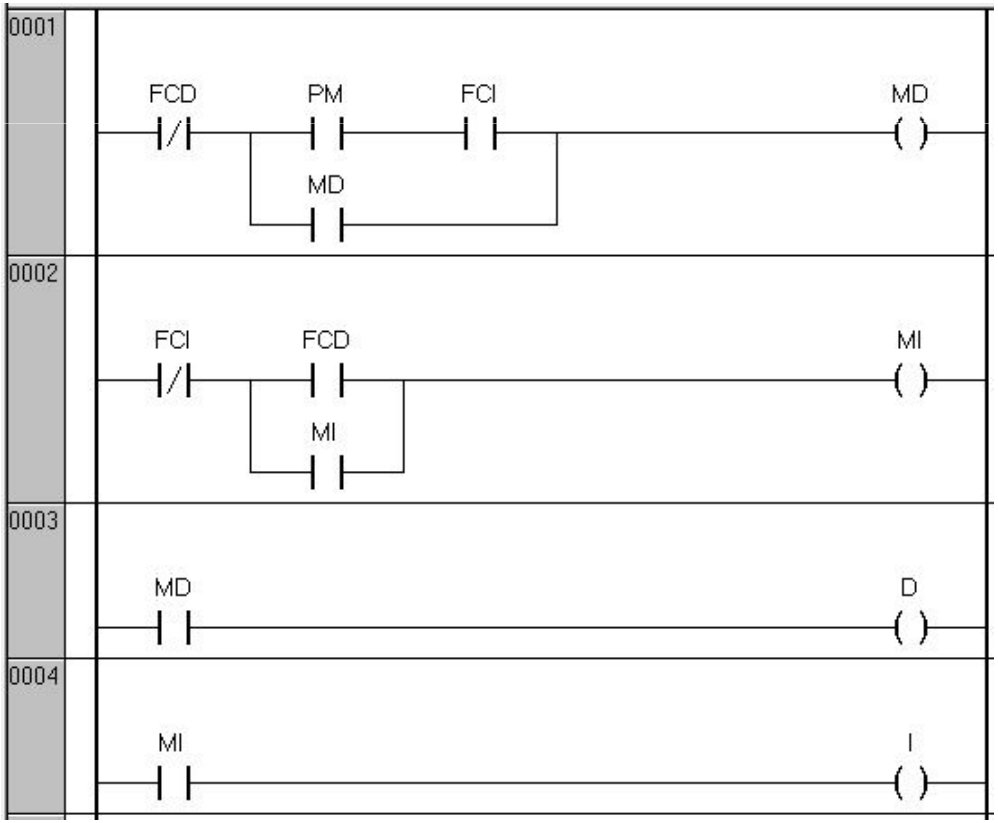
- Lenguaje de alto nivel.
- Ejemplo:

```
IF R THEN
    CV := 0;
ELSIF CU AND (CV < PV) THEN
    CV := CV + 1;
ENDIF;
Q := (CV >= PV);
```

Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XXXVI

Lenguaje LD

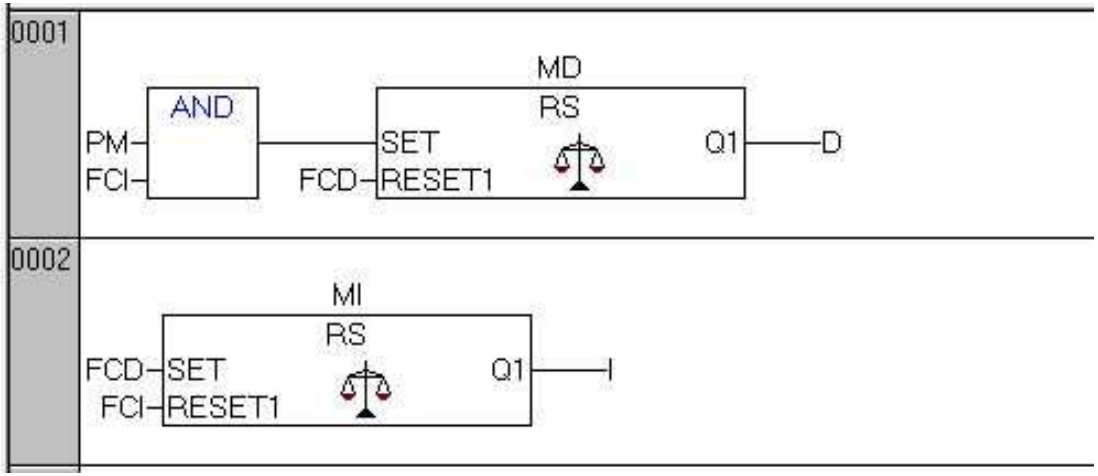
- Representación similar a diagramas eléctricos.
- Ejemplo:



Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XXXVII

Lenguaje FBD

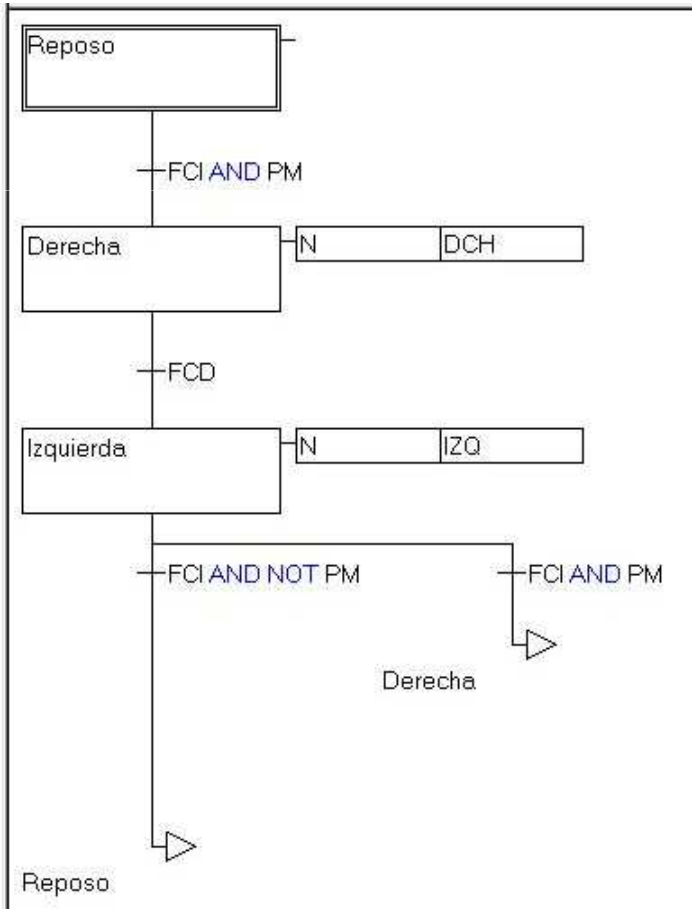
- Representación similar a diagramas electrónicos.
- Ejemplo:



Lenguaje de PLC IEC 61131-3 XXXVIII

Lenguaje SFC

- Representación de la evolución del estado del sistema.
- Ejemplo:



Contenido

Tema 8.- Introducción a la automatización industrial

8.1. Concepto de automatización

8.2. Sistema automático de producción (SAP)

8.3. Sistemas de eventos discretos (DES)

8.4. Concepto de automatismo

8.5. Implantación de automatismos

8.6. El autómata programable (PLC)

8.7. Lenguaje de programación de PLC IEC 61131-3

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática