

Fachhochschule Wolfenbüttel  
Universidad de Ciencias Aplicadas



Facultad de Ingeniería Electrónica

**Resumen del proyecto fin de carrera:**  
**Redesign of the STEP 7 Software controlling**  
**the sorting plant in the PLC Lab**  
**(Industrielle Steuerungen)**

*Realizado por:*

Ismael Holgueras de Lucas

*Tutor:*

Prof. Dr.-Ing. Michael Haas

**Febrero 2012**

ÍNDICE.....	1
Capítulo 1: Introducción.....	3
1.1 Objetivos del proyecto.....	3
1.2 Descripción de la planta.....	3
1.3 Listade señales de entradas y salidas.....	5
1.4 Descripción del sistema de control.....	8
Capítulo 2: Desarrollo.....	9
2.1 Configuración del Hardware.....	9
2.2 Proceso de diseño.....	9
2.3 Requerimientos.....	9
2.4 Máquina de estados de Moore.....	10
2.4.1 Diagrama del control de altura.....	10
2.4.2 Diagrama de control de la cinta.....	11
2.4.3 Diagrama de control de las tres estaciones.....	12
2.4.4 Diagrama de control del brazo.....	14



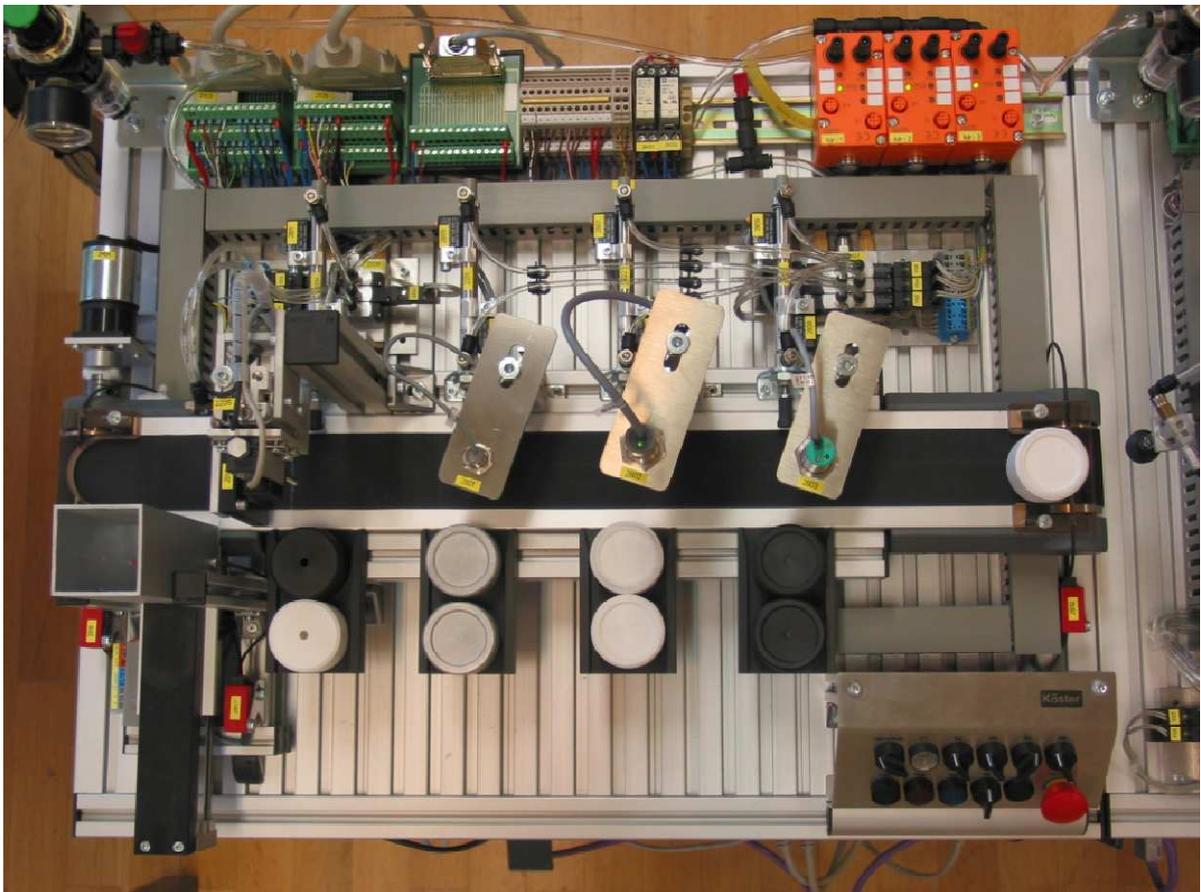
## Capítulo 1: Introducción

### 1.1 Objetivos del proyecto

El propósito de este proyecto final de carrera es rediseñar un programa existente mejorando la versión antigua con una estructura de software nueva. Consiste en programar un PLC de Siemens, con el software Step 7 de la misma empresa. Para este objetivo, he utilizado una maqueta que simula una planta de procesamiento real. El objetivo de esta planta es que los estudiantes puedan desarrollar las habilidades para programar estos autómatas ya que el uso de estos sistemas es muy amplio en la industria actual.

### 1.2 Descripción de la planta

Esta planta se compone de dos partes, la primera es una cinta en la que se encuentran cuatro estaciones que discriminan los objetos en función de sus características.



Al principio de la cinta está el alimentador que almacena las piezas y las coloca en la cinta. Para ello, dispone de un prisma rectangular donde las piezas se almacenan, con un sensor en el interior que detecta las piezas. Y, por último, el pistón cargador las sitúa en la cinta transportadora.

El primer sensor se utiliza para la medida de la altura. Se mueve hacia abajo y toca la

parte superior de las piezas. El valor de altura se almacena en una variable de memoria.

Todos estos sensores tienen una rampa de desecho y un cilindro; en la rampa se ponen las piezas que no se ajustan a las condiciones. La capacidad máxima de una rampa es de dos piezas. La condición del sensor de medida de altura es que las piezas estén en la posición correcta ya que cada pieza tiene dos caras distintas, una con un agujero y otra con un borde. La última es la posición correcta. Antes de este sensor, hay un sensor fotoeléctrico que indica cuando la pieza se encuentra en la posición correcta para ser medido.

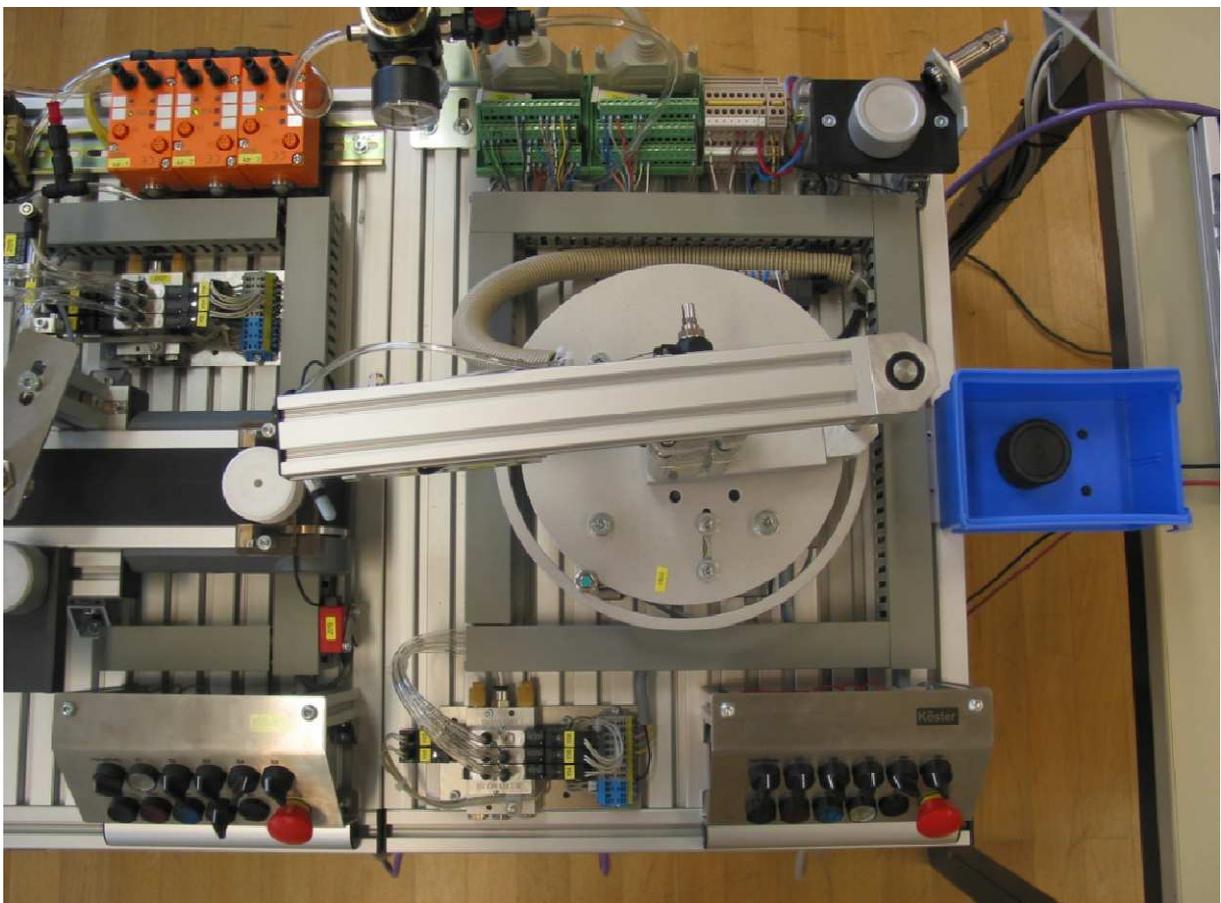
El segundo es un detector de piezas metálicas. Es un sensor inductivo que sólo detecta las piezas de metal.

La tercera tiene que detectar las piezas blancas, es un sensor óptico y detecta las piezas blancas y de metal. Las piezas negras no se detectan porque no reflejan la luz del sensor.

El último detecta las piezas negras, es un sensor capacitivo. Así que este sensor es activado por todos los tipos de pieza.

Por su parte, la cinta transportadora tiene un sensor en el extremo de la banda transportadora para detener la banda y la siguiente etapa sabe que puede tomar la pieza.

Además, esta parte tiene un panel de botones que permite al operador controlar la planta. Dispone de botones, interruptores, luces y un botón de parada de emergencia.



La parte derecha consiste en un brazo robótico que lleva las piezas del extremo de la correa y las coloca en el contenedor azul.

El robot está formado por una mesa circular que se mueve y sitúa el brazo en la posición necesaria. El brazo tiene dos cilindros que permiten que este se distribuya en cuatro posiciones diferentes: arriba extendido, abajo extendido, arriba retraído y abajo retraído. El brazo tiene que estar en la posición abajo extendido para coger y soltar una pieza. Aun así, no pueden estar en esta posición para girar, ya que el brazo podría golpear la válvula de presión. Asimismo, la planta tiene un sistema de seguridad con un sonido de emergencia, de modo que el programador no puede dañar la planta.

En la parte superior izquierda de la foto hay un cuadro negro con los mismos sensores que en la parte izquierda, pero no se utiliza. Esta parte también tiene un panel de botones para controlarlo.

### 1.3 Lista de señales de entradas y salidas

Las tablas siguientes contienen todas las señales que tiene la planta. La primera tabla es de la primera parte, "Sortierstrecke".

Dirección	Descripción
I 0.0	Sensor metálico
I 0.1	Sensor blanco
I 0.2	Sensor negro
I 0.3	Sensor fotoeléctrico izquierdo
I 0.4	Sensor fotoeléctrico derecho
I 0.5	Sensor fin de carrera exterior del cilindro metálico
I 0.6	Sensor fin de carrera interior del cilindro metálico
I 0.7	Sensor fin de carrera exterior del cilindro blanco
I 1.0	Sensor fin de carrera interior del cilindro blanco
I 1.1	Sensor fin de carrera exterior del cilindro negro
I 1.2	Sensor fin de carrera interior del cilindro negro
I 1.3	Sensor fin de carrera exterior del cilindro de altura
I 1.4	Sensor fin de carrera interior del cilindro de altura
I 1.5	Sensor fin de carrera superior del cilindro de altura
I 1.6	Sensor fin de carrera inferior del cilindro de altura
I 1.7	Sensor fotoeléctrico anterior al sensor de altura
I 2.0	Sensor fin de carrera exterior del cilindro cargador
I 2.1	Sensor fin de carrera interior del cilindro cargador
I 2.2	Sensor cargador
I 2.3	Interruptor S6 position 1
I 2.4	Interruptor S3
I 2.5	Interruptor S4
I 2.6	Interruptor S5
I 2.7	Interruptor S2
I 3.0	Botón Start
I 3.1	Botón Stop

I	3.2	Botón Quit
I	3.3	Interruptor S6 posición 2
I	3.4	Interruptor S1
I	3.5	Pulsador de emergencia
I	3.6	Interruptor manual-automático posición manual
I	3.7	Interruptor manual-automático posición automático
Q	8.0	Cilindro metálico fuera
Q	8.1	Cilindro metálico dentro
Q	8.2	Cilindro blanco fuera
Q	8.3	Cilindro blanco dentro
Q	8.4	Cilindro negro fuera
Q	8.5	Cilindro negro dentro
Q	8.6	Cilindro altura fuera
Q	8.7	Cilindro alturadentro
Q	9.0	Sensor altura
Q	9.1	Cinta sentido horario
Q	9.2	LuzStart
Q	9.3	LuzStop
Q	9.4	LuzQuit
Q	9.6	Cilindro cargador
Q	9.7	Cinta sentido anti horario

Tabla de señales de entrada y salida de la parte derecha de la planta, 'Drehachshandling'.

Dirección	Descripción
I	4.0 Botón emergencia
I	4.1 Interruptor manual-automático posición manual
I	4.2 Interruptor manual-automático posición automático
I	4.3 Interruptor S1 posición 1
I	4.4 Interruptor S1 posición 2
I	4.5 Interruptor S2
I	4.6 Interruptor S3 posición 1
I	4.7 Interruptor S3 posición 2
I	5.0 Interruptor S4 posición 1
I	5.1 Interruptor S4 posición 2
I	5.2 Interruptor S5
I	5.5 Botón Quit
I	5.6 Botón Stop
I	5.7 Botón Start
I	6.1 Sensor izquierdo del brazo
I	6.2 Sensor intermedio del brazo
I	6.3 Sensor derecho del brazo
I	6.4 Sensor fin de carrera inferior del brazo
I	6.5 Sensor fin de carrera superior del brazo

I	7.0	Sensor fin de carrera exterior del brazo
I	7.1	Sensor fin de carrera interior del brazo
Q	12.2	Bajar cilindro del brazo
Q	12.3	Extender cilindro del brazo
Q	12.4	Retraer cilindro del brazo
Q	12.5	Brazo coge una pieza
Q	12.6	Brazo suelta una pieza
Q	13.0	Brazo gira a la izquierda
Q	13.1	Brazo gira a la derecha

#### 1.4 Descripción del sistema de control

Cada parte de la planta está controlada por un PLC S7-300. El PLC que controla el lado izquierdo se compone de los bastidores de los siguientes:

- Puesto 1: Fuente de alimentación.
- Puesto 2 y 3: CPU integrado con adaptador PROFIBUS.
- Puesto 4: Las entradas digitales, 16 entradas de 24 voltios DC.
- Puesto 5: Las entradas digitales, 16 entradas de 24 voltios DC.
- Puesto 6: Salidas digitales, 16 entradas de 24 voltios de CC y 0,5 A.
- Puesto 7: Salidas digitales, 16 entradas de 24 voltios DC y 0,5 A.
- Puesto 8: Adaptador de red para Industrial Ethernet.

Bastidor 2:

- Puesto 1: Fuente de alimentación.
- Puesto 2 y 3: Módulo Profibus.
- Puesto 4: 4 entradas analógicas, 2 salidas analógicas de 8 bits.
- Puesto 5: TARJETA SIMATIC NET CP.

La estructura del segundo PLC es la siguiente:

Bastidor 1:

- Puesto 1: Fuente de alimentación.
- Puesto 2 y 3: CPU integrado con adaptador Profibus.
- Puesto 4: Las entradas digitales, 16 entradas de 24 voltios DC.
- Puesto 5: Las entradas digitales, 16 entradas de 24 voltios DC.
- Puesto 6: Salidas digitales, 16 entradas de 24 voltios de CC y 0,5 A.
- Puesto 7: Salidas digitales, 16 entradas de 24 voltios DC y 0,5 A.
- Puesto 8: Adaptador de red para Industrial Ethernet.

La comunicación entre los PLC y el ordenador se puede hacer a través del cable Ethernet o el adaptador de USB de Profibus. La red Profibus es utilizada por el PLC para comunicarse entre las diferentes estaciones.

## Capítulo 2: Desarrollo

### 2.1 Configuración del Hardware

Para la configuración de los autómatas, he seguido los pasos indicados en el manual de la asignatura "Labor STEUERUNGEN Industrielle". La configuración del hardware se encuentra en las páginas 3 y 13 de dicho manual.

### 2.2 Proceso de diseño

El proceso de diseño es la siguiente:

En primer lugar, deben analizarse los requisitos para resolver el problema. ¿Cuál es el movimiento de las diferentes piezas?, ¿qué sucede en cada situación? Una de las cosas más importantes es saber qué sensores y actuadores del sistema tiene.

La segunda es la fase de definición en la que se expone una solución al problema. Tengo que desarrollar una máquina de estados de Moore donde las salidas están determinadas únicamente por el estado actual y no dependen de las entradas.

En el tercer paso, tengo que transcribir la máquina de Moore en un lenguaje que pueda utilizar Step7. Hay tres lenguajes diferentes, pero he usado FUP para este proyecto, ya que es más visual.

Lo último es probar el programa en la planta real. Se comprueba el funcionamiento real del programa mediante un proceso iterativo. Cuando se detecta un error, tiene que ir a un paso anterior y cambiar lo que se ha hecho.

### 2.3 Requerimientos

El funcionamiento de la parte izquierda es el siguiente:

He elegido como criterio que sólo una pieza a la vez puede estar en la cinta. Cuando el botón de inicio se activa, comienza la carga de la pieza si hay alguna en el cargador.

La primera estación, a través de la cual pasa la pieza, es la medición de la altura. Con este fin, una varilla baja para medir si la altura es correcta. Si es así, envía la pieza a la rampa de esta estación cuya capacidad máxima es de dos piezas. Si llegan más piezas que las permitidas por la rampa, tendrá que enviarla al extremo de la cinta. El criterio es que estas piezas no pueden ser utilizadas por las otras estaciones, por lo que éstas tienen que ir directamente al final.

La segunda estación es la que detecta las piezas metálicas. Cuando se detecta una pieza con estas características se envía a su rampa de desecho. Como en el resto de las estaciones, si hay más de dos piezas en la rampa, se enviará hasta el final y no será interceptada por el resto de las estaciones.

Por su parte, la tercera estación detecta las piezas blancas y el funcionamiento es el mismo que en la estación metálica.

Finalmente, está la estación de piezas negras. Cuando una pieza llega al final de la cinta, ésta debe detenerse. Hasta que no se quita la pieza no se pueden cargar más.

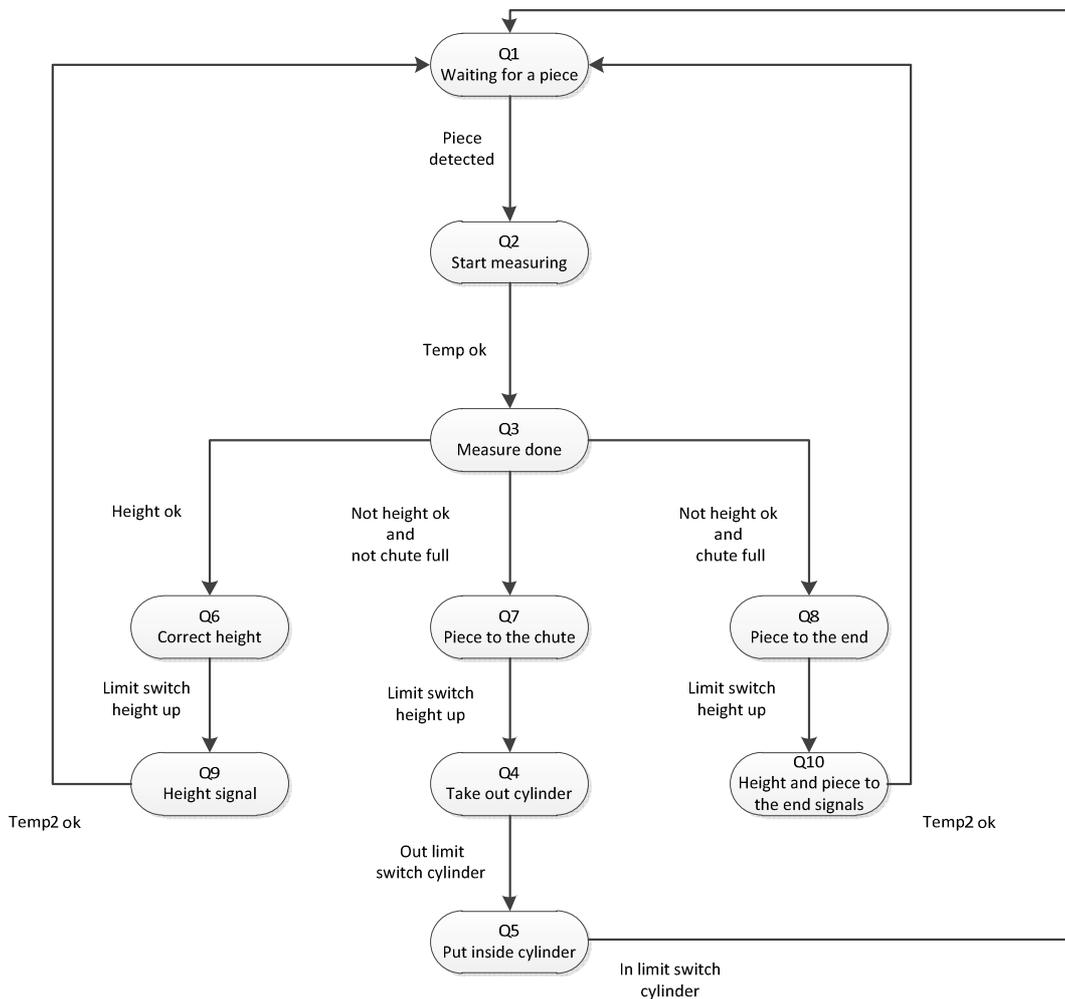
La parte derecha funciona de la siguiente manera: cuando una pieza alcanza el

extremo de la correa y el botón de inicio se activa, se procede a colocar el brazo en la posición izquierda. El brazo tiene que ser bajado y extendido para coger la pieza, y, además, debe estar retraído de manera que pueda girar. Cuando llega a la posición derecha, el brazo debe ser bajado y extendido, se deja caer la pieza y vuelve a la posición inicial.

## 2.4 Máquina de estados de Moore

Los diagramas de estados de Moore se dividen en cuatro. Un diagrama para el control de la correa; otro para la medida de altura; una para las tres estaciones, que distingue el tipo de pieza; y, finalmente, una para el brazo de la parte derecha.

### 2.4.1 Diagrama del control de altura



Esta función controla la medida de la altura de las piezas. Además, este diagrama se implementa en el FB1 en el que se espera una pieza que es detectada por la barrera fotoeléctrica. La pieza estará en posición correcta y se moverá al siguiente estado cuando se detecte un flanco descendente de la señal de entrada del sensor de posición.

En el estado 2, se procede al envío de la señal de Stop\_height y a bajar la varilla que medirá la altura de la pieza. Seguidamente, se activa un temporizador para estar

seguro de que el cilindro ha medido correctamente.

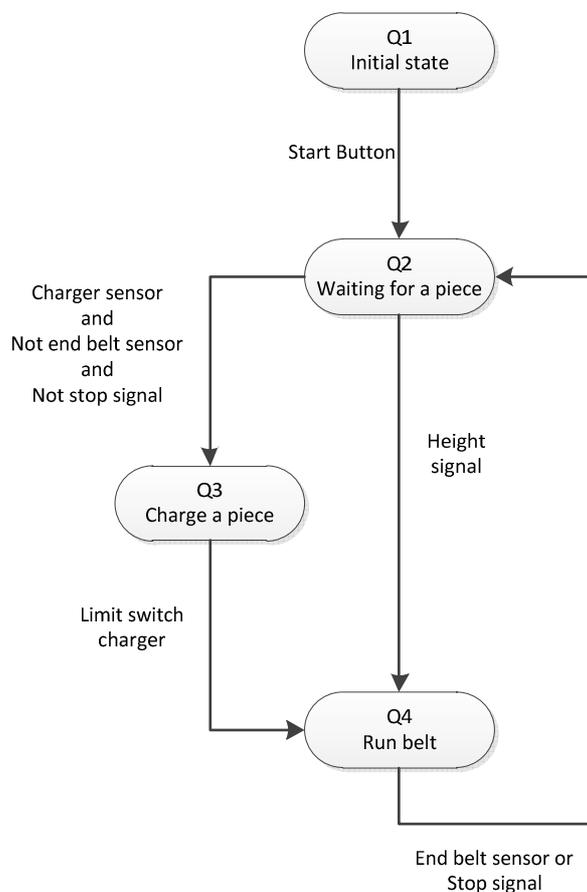
Después, se lee la variable de memoria que almacena la altura límite. Para ver si la altura es correcta ya se ha guardado el valor de la que es considerada la pieza correcta. A continuación, se almacena en el OB100 y se compara con el valor leído del sensor. Dependiendo de la variable y si la rampa está llena, hay tres opciones:

La primera se produce cuando la altura es correcta. En este estado, se sube la varilla quemide, se espera que suba y se envía la señal de la cinta para que el FB2 reactive la cinta sin cargar una nueva pieza. Tuve que usar un temporizador que cuenta un segundo, porque FB2 no leía la señal que envía esta función.

La segunda opción es cuando la altura no es correcta y la rampa no está llena. Para determinar si la rampa está llena, se usa una variable que se incrementa cada vez que el programa pasa por el estado 7. Sólo hay lugar para dos piezas en la rampa. Debido a esto, cuando el contador tiene el valor dos, el canal estará lleno. El primero tiene que esperar para subir el vástago que mide la altura. Después el cilindro se activa de modo que expulsa la pieza de la rampa. Y, finalmente, el cilindro se retrae.

La tercera opción es cuando la medida es correcta y la rampa está llena, por lo que tiene que enviar la pieza al final de la cinta. Se espera a que suba la varilla y la envía a la señal a la cinta, pero en este caso también se activa la señal de piece\_to\_END para que esta pieza no se utilice por las próximas tres estaciones.

#### 2.4.2 Diagrama de control de la cinta



Esta función controla el funcionamiento de la cinta que transporta las piezas a las diferentes estaciones. FB2 contiene este diagrama.

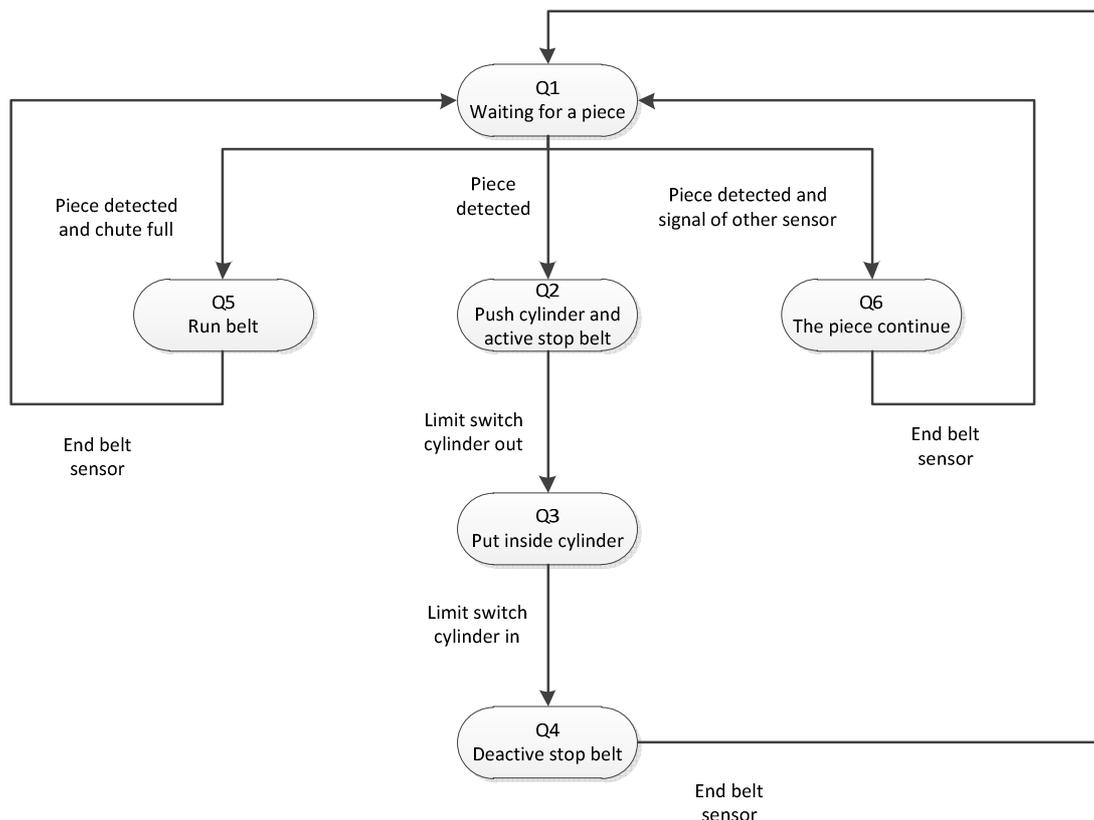
He elegido como criterio que una sola pieza puede estar a la vez sobre la cinta. Esto se consigue con las señales entre los bloques de función diferentes.

El estado 2 se activa cuando se pulsa el botón de inicio en el panel de botones de la parte izquierda. Se espera hasta que encuentre una pieza sobre el almacén inicial, a que no haya una pieza en el extremo de la correa y las señales de otras estaciones no estén habilitadas.

Si cumple con estos requisitos, se situará una pieza sobre la cinta y el cilindro se activa. Se espera hasta que el fin de carrera se activa y se empuja a la cinta transportadora.

Desde el estado de dos, hay otra opción cuando la señal de la altura se activa. Esta señal indica que tiene que reactivar la cinta y no se van a cargar más piezas. Se va al estado 4, que espera la señal de parada de las otras estaciones o que la pieza llegue al final de la cinta. Esto garantiza que la pieza ha llegado hasta el final de la cinta o de una de las rampas. Por tanto, sólo hay una pieza sobre la cinta.

### 2.4.3 Diagrama de control de las tres estaciones

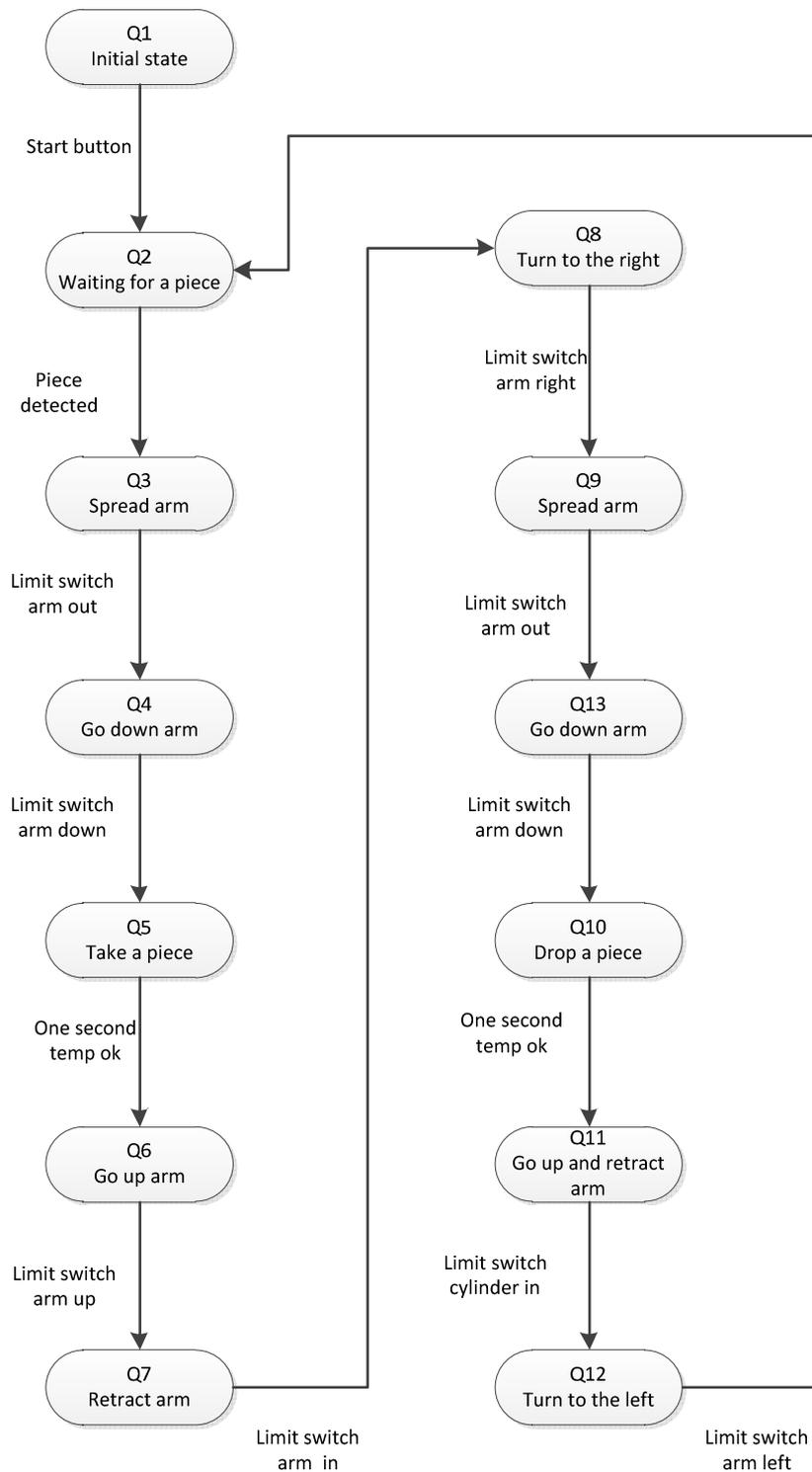


Se muestra el diagrama de Moore utilizado en las estaciones de metal, blanco y negro. Se usa la misma función porque lo único que varía es el tipo de sensor. El programa está en el FB3.

El sistema está a la espera de detectar una pieza. A continuación, hay tres opciones:

- Si hay una parte y su propia rampa está llena se irá al estado 5 que reactiva el movimiento de la cinta y run\_belt señal se activa. Esto indicará a las siguientes estaciones que la pieza ha sido desechada y no la han decoger. Esta es la solución al problema de que las piezas se detectan por las estaciones siguientes. Por ejemplo, las piezas metálicas son detectadas por el sensor capacitivo y el óptico. El estado 5 es apagado por el del sensor derecho de la cinta transportadora y luego pasa al estado 1.
- Si otra estación rechaza una pieza, la señal será habilitada. Por lo tanto, se mueve al estado 6. En este caso, no se hace nada.
- Finalmente, si una pieza se detecta, no está activada la señal de otro sensor y la rampa propia no está llena. Se va al estado 2 en el que el cilindro mueve la pieza y se detiene la cinta, activando la señal externa Stop\_belt. También se aumenta la variable de contador para el número de piezas que están en la rampa. El programa compara el valor de esta variable con el valor constante 2. Cuando el interruptor de fin de carrera del cilindro está activado, se pasa al estado 3 y el cilindro se retrae. Después, el programa pasa al estado 4 en el que se activa la señal de apagado stop\_belt.

**2.4.4 Diagrama de control del brazo**



Este diagrama está en el FB4 e incluye el funcionamiento de la parte derecha. He incluido en una sola función bloque debido a su simplicidad. La función se activa haciendo clic en el botón de inicio en el panel de botones de la derecha. La transición del estado 2 al 3 es producido por el sensor extremo de la cinta, en el lado izquierdo de la planta. El siguiente paso es extender el brazo.

Cuando se detecta que se ha alcanzado la posición, pasará por el brazo. Más tarde se coge la pieza activando la señal de salida take\_piece.

A continuación, las acciones son las siguientes: elevar, retractarse y girar a la derecha el brazo. Las transiciones entre los estados de estas acciones son los sensores de posición respectivos. Es necesario retraer y subir el brazo debido a que la disposición de la planta no permite la rotación del brazo estirado.

Una vez que el brazo está en posición, se contrae y gira para acercar la pieza al contenedor. Se activa la señal de salida drop\_piece. Después el brazo se eleva y retrae en la misma acción. Por último, se pone en la posición original, girando a la izquierda del brazo.