

# **CONTROLADOR D'ASCENSOR**

## **1. Introducció**

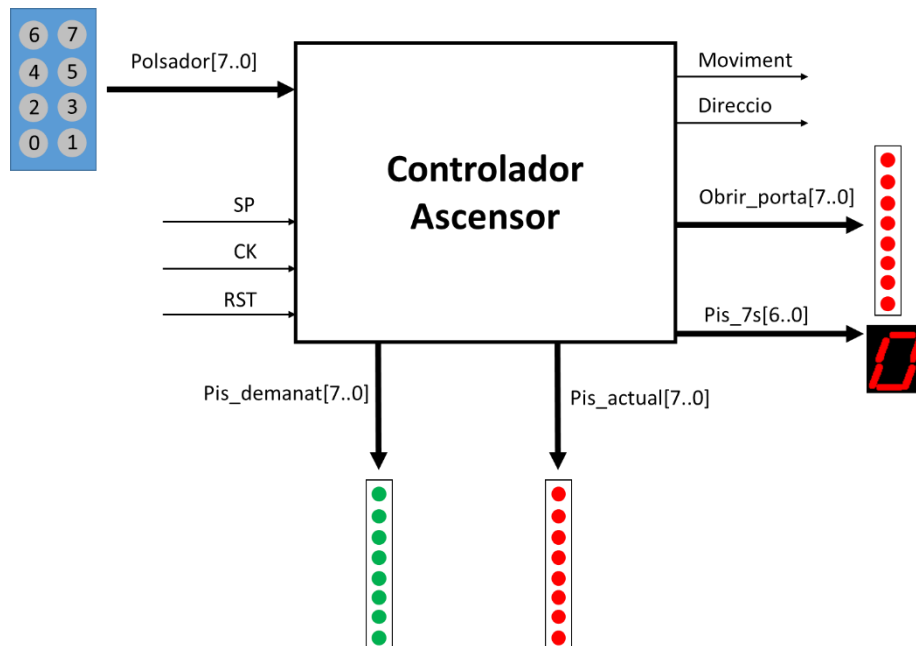
L'empresa alemanya *Krökem Elevators* ens ha encarregat el disseny del control d'un ascensor. Per fer aquest disseny s'ha decidit utilitzar una FPGA de la marca Altera (pertanyent a Intel).

## **2. Descripció funcional**

1. L'ascensor donarà servei en un edifici de 8 plantes, numerades de 0 a 7.
2. En qualsevol instant, l'ascensor només pot estar en tres situacions: pujant, baixant, o parat.
3. L'estat inicial de l'ascensor és parat en la planta 0.
4. L'estat final de l'ascensor és parat en la última planta des de la qual ha estat trucat.
5. L'ascensor només obre les portes en el moment que arriba al pis destí.
6. L'ascensor té memòria, és a dir, recorda totes les plantes que s'han sol·licitat.
7. Quan l'ascensor puja va parant en totes les plantes sol·licitades, independentment de l'ordre en el qual s'han fet les trucades.
8. Quan l'ascensor està pujant i es trucat des d'un pis inferior al qual es troba, l'ascensor segueix pujant fins el pis més alt des d'on se l'ha trucat i, a continuació, comença a baixar. Per exemple, si l'ascensor està pujant al pis 7 i, quan passa pel pis 3 se li truca des del 2n pis, l'ascensor continua pujant fins al pis 7, obre les portes, i després comença a baixar fins al pis 2. El mateix comportament s'ha d'observar en el cas contrari.
9. Per seguir el moviment que realitza l'ascensor es disposa de:
  - a. Un 7-segments, que mostra numèricament el pis on es troba l'ascensor
  - b. Una fila de 8 *leds* vermells, que mostra el pis on es troba l'ascensor.
  - c. Una fila de 8 *leds* vermells, que indica el moment i el pis en què s'obren les portes.
  - d. Una fila de 8 *leds* verds que indica els pisos des d'on se l'ha trucat.

### 3. Disseny del controlador de l'ascensor

La següent figura mostra les entrades i sortides del controlador de l'ascensor.



Aquestes son les seves entrades:

**Polsador[7..0]** és un bus que recull els 8 senyals procedents dels polsadors de pis. Quan es prem el polsador del pis 5, per exemple, el bus *Polsador[7..0]* pren el valor 00100000. En tots els busos, el bit de més a la dreta correspon al pis 0 i el bit de més a la esquerra correspon al pis 7.

**SP** és un senyal que indica la presència d'una persona travessant una porta o la presència d'un element que impedeix el tancament d'una porta. Cada porta té un sensor que genera un senyal indicador d'aquests fets. La porta es tanca dos cicles de rellotge després que el sensor indiqui que ja no hi ha ningú entrant o sortint ni cap element impedit el seu tancament.

**CK** es el rellotge del sistema.

**RST** es el senyal d'inicialització (*reset*) del sistema.

I aquestes són les seves sortides:

**Pis\_7s[6..0]** és un bus que indica quins *leds* del 7-segments s'han d'il·luminar per visualitzar en el *display* el pis on es troba l'ascensor.

**Pis\_actual[7..0]** és un bus que indica el pis on està l'ascensor en cada moment. Per exemple, quan l'ascensor es troba en el pis 3, *Pis\_actual[7..0]*=00001000.

**Pis\_demanat[7..0]** emmagatzema i recull els pisos que han estat sol·licitats. Per exemple, *Pis\_demanat[7..0]*=10101000 significa que l'ascensor ha rebut sol·licituds relatives als pisos 3, 5 i 7.

**Obrir\_porta[7..0]** és un bus que indica la porta de quin pis s'ha de obrir. Per exemple, si *Obrir\_porta[7..0]*=00001000, s'ha de obrir la porta del pis 3.

**Moviment i Direccio:** indiquen a la part mecànica de l'ascensor si s'ha de moure o romandre parat (*Moviment* = 1 i *Moviment* = 0, respectivament) i, en cas de moure's, si ha de fer-ho cap amunt (*Direccio* = 1) o cap avall (*Direccio* = 0).

El funcionament del circuit controlador de l'ascensor és molt simple: en funció del pis actual i dels pisos sol·licitats mitjançant la botonera de l'ascensor (i els botons de trucada a les plantes), el controlador ha de generar els valors pertinents per als senyals *Pis*, *Pis\_actual*, *Pis\_demanat*, *Obrir\_porta*, *Moviment* y *Direccio*.

El controlador s'ha dissenyat amb dos unitats principals; la unitat de procés (**UP**) i la unitat de control (**UC**).

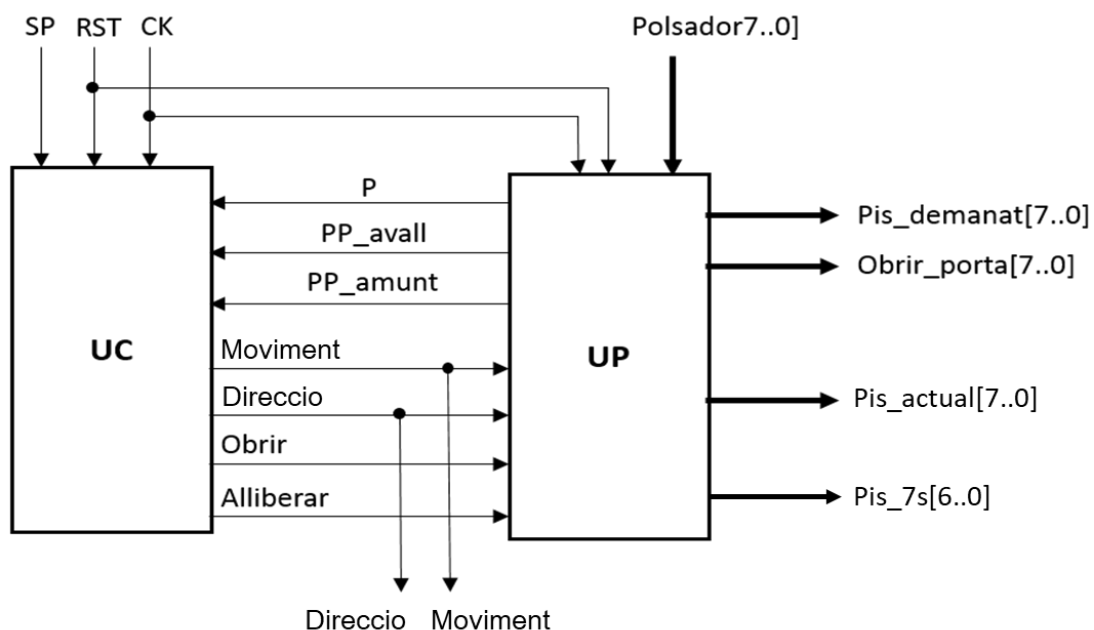
Senyals entre la Unitat de Control i la Unitat de Procés:

#### Senyals generats per la UP

- **PP\_amunt** (*Petició Pendent en pisos superiors al actual*): si està actiu (1 lògic) significa que hi ha alguna petició pendent de pisos superiors al pis actual (el pis on es troba l'ascensor)
- **PP\_avall** (*Petició Pendent en pisos inferiors al actual*): si està actiu (1 lògic) significa que hi ha alguna petició pendent de pisos inferiors a al pis actual.
- **P**: si està actiu (1 lògic) significa que el pis actual està demanat.

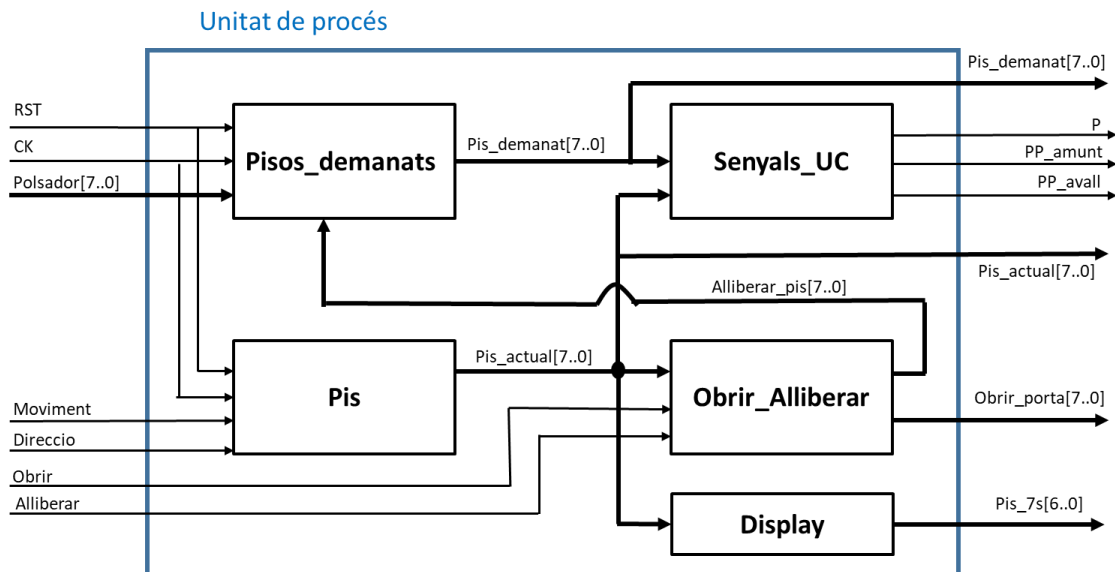
#### Senyals generats per la UC

- **Moviment i Direccio** ja s'han explicat en paràgrafs anteriors.
- **Obrir**: si està actiu (1 lògic) significa que ha d'obrir-se la porta del pis actual.
- **Alliberar**: si està actiu (1 lògic) significa que hem d'eliminar la petició del pis actual.



### 3.1. Unitat de procés (UP)

La següent figura mostra la unitat de procés.



La unitat de procés està formada per cinc blocs:

**Pisos\_demanats:** Guarda en una "llista" els pisos sobre els que hi ha sol·licituds pendents de ésser ateses.

**Pis:** Genera un bus de 8 bits (*Pis\_actual[7..0]*) indicant en quin pis es troba l'ascensor a cada moment.

**Obrir\_Alliberar:** Genera els senyals d'obertura de porta quan l'ascensor ha arribat a un dels pisos sol·licitats, i *allibera* aquest pis, és a dir, l'esborra de la llista de pisos sol·licitats.

**Senyals\_UC:** Genera els senyals que indiquen a la unitat de control si el pis on es troba l'ascensor està demanat, i si queden pisos per damunt o per sota que han estat sol·licitats.

**Display:** Controla un 7-segments on es visualitza el pis actual (el pis on es troba l'ascensor).

#### 3.1.1. Mòdul "Pisos\_demanats"

La funció d'aquest mòdul és **memoritzar** els pisos des d'on s'ha trucat a l'ascensor o als quals es vol anar. Les 8 senyals d'entrada *Polsador[7..0]* provenen dels botons de trucada de l'ascensor de cadascun dels 8 pisos de l'edifici i de la botonera de l'ascensor. Considerarem que els senyals que arriben des dels botons de trucada de cada pis i els que arriben des de la botonera de l'ascensor són els mateixos.

Quan es prem el botó de trucada d'un pis, el senyal de sortida *Pis\_demanat[7..0]* corresponent a aquest pis es posa a 1. Per exemple, si es prem el botó de trucada del pis 3, *Pis\_demanat[3]* es posa a 1 (*Pis\_demanat[7..0]* = 00001000). Si a continuació es prem el botó de trucada del pis

5, *Pis\_demanat[5]* també es posa a 1, mantenint-se en aquest cas el *Pis\_demanat[3]* a 1 (*Pis\_demanat[7..0]*=00101000).

Quan l'ascensor ha arribat a un dels pisos seleccionats, és necessari esborrar (esborrar=alliberar) aquest pis de la llista de pisos demanats. La sol·licitud d'esborrar un pis es genera en el mòdul **Obrir\_Alliberar** en forma de 8 senyals "*Alliberar\_pis[7..0]*" que indiquen quin pis cal esborrar de la llista de pisos demanats.

Més concretament, el funcionament del mòdul **Pisos demanats** és el següent:

- Si *RST*=1, totes els senyals de *Pis\_demanat* es posen a 0 (*Pis\_demanat[7..0]*= 00000000).
- Quan *Polsador[j]*=1, *Pis\_demanat[j]* pren el valor 1.
- Si *Alliberar\_pis[j]*=1, *Pis\_demanat[j]* pren el valor 0.
- Si no s'activa cap entrada, els valors de *Pis\_demanat[7..0]* es mantenen

### 3.1.2. Mòdul "Pis"

El mòdul **Pis** conté un comptador bidireccional de 3 bits que augmenta o disminueix en 1 el seu valor cada 4 cicles de *CK*. Fent una simplificació, se suposa que l'ascensor necessita 4 cicles de rellotge per passar d'un pis al següent. En el cas real, cada pis disposa d'un sensor que genera un valor 1 quan l'ascensor arriba a ell, però en les pràctiques hem decidit definir un temps fix per evitar la necessitat d'introduir 8 senyals més.

- Quant *RST*=1, *Pis\_actual[7..0]*=00000001,
- Si *Moviment*=0 el valor de *Pis\_actual* queda "congelat" encara que arribin flancs de pujada del senyal *CK*.
- Si *Moviment*=1, cada 4 flancs de *CK* el comptador incrementa en 1 el seu valor si *Direccio*=1, o el decrementa si *Direccio*=0.

### 3.1.3. Mòdul "Obrir\_Alliberar"

Aquest mòdul genera els senyals *Obrir\_porta[7..0]* i *Alliberar\_pis[7..0]*. Les entrades *Obrir* i *Alliberar* venen de la Unitat de Control.

- Quan *Obrir*=1 s'ha d'obrir la porta del pis actual; es a dir, *Obrir\_porta[7..0]*  $\leftarrow$  *Pis\_actual[7..0]*. Per exemple, si l'ascensor és al pis 2 (*Pis\_actual[7..0]*=00000100) i es rep des de la **UC** el senyal *Obrir*=1, llavors *Obrir\_porta[7..0]* ha de prendre el valor 00000100.
- Quan *Alliberar*=1, el pis actual s'ha de eliminar de la llista de pisos demanats atès que l'ascensor ja ha arribat a ell. Per exemple, si l'ascensor és al pis 2 i es rep des de la **UC** el senyal *Alliberar*=1, llavors *Alliberar\_pis[2]* pren el valor 1.

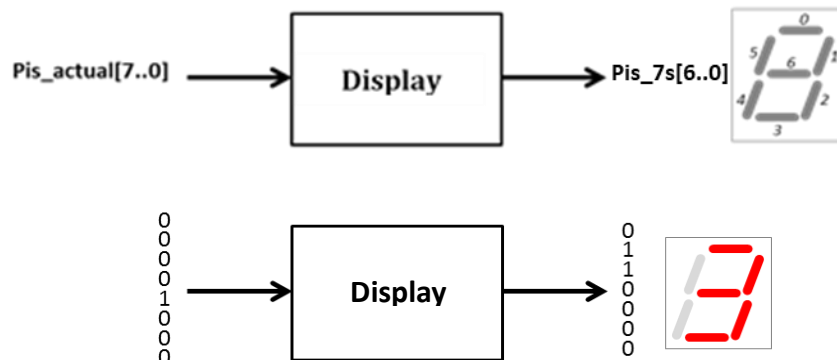
### 3.1.4. Mòdul “Senyals\_UC”

Aquest mòdul genera els senyals  $P$ ,  $PP\_amunt$  i  $PP\_avall$  que s’envien a la UC a partir del pis actual,  $Pis\_actual[7..0]$ , i del pisos demanats,  $Pis\_demanat[7..0]$ .

- $P=1$  significa "el pis on es troba actualment l'ascensor ha estat demanat".  $P$  pren el valor 1 quan, per algun pis  $j$ ,  $Pis\_actual[j]=Pis\_demanat[j]=1$ .
- $PP\_amunt=1$  significa "hi ha una Petició Pendent en algun pis per damunt de l'actual".  $PP\_amunt$  pren el valor 1 quan  $Pis\_actual[j]=1$  i  $Pis\_demanat[k]=1$  per algun  $k>j$ .
- $PP\_avall=1$  significa "hi ha una Petició Pendent en algun pis per sota de l'actual".  $PP\_avall$  pren el valor 1 quan  $Pis\_actual[j]=1$  i  $Pis\_demanat[k]=1$  per algun  $k<j$ .

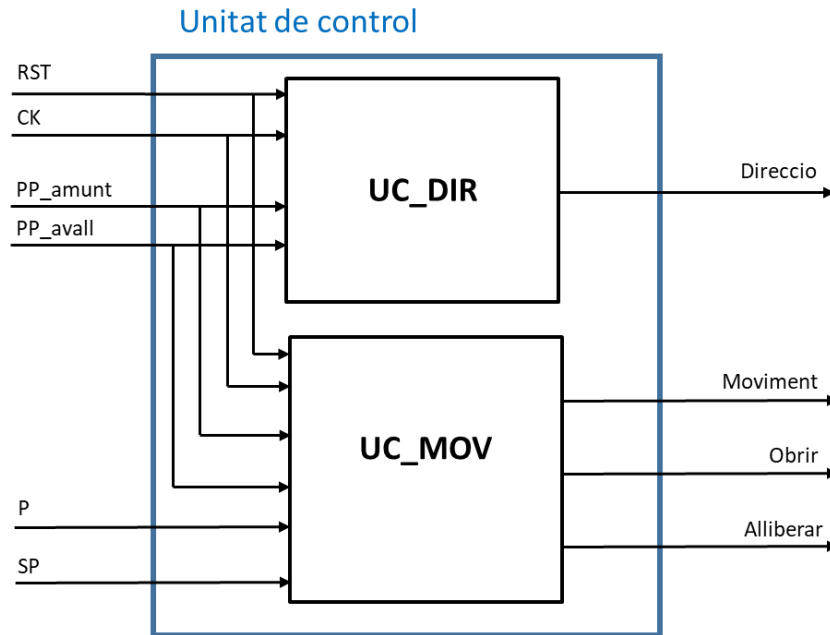
### 3.1.5. Mòdul “Display”

El mòdul Display visualitza sobre un 7-segments el pis actual (el pis on es troba l’ascensor). En l'esquema següent pot veure's la relació entre els senyals de  $Pis\_7s[6..0]$  i el led corresponent que s'il·lumina quan cada senyal està a 0. Per exemple, si el pis actual és el 3 ( $Pis\_actual[7..0]=00001000$ ), els senyals  $Pis\_7s[6..0]=0110000$  faran que es visualitzi un "3" sobre el 7-segments.



### 3.2. Unitat de control (UC)

La unitat de control consta de dos blocs seqüencials independents: **UC\_DIR** i **UC\_MOV**.



#### 3.2.1. UC\_DIR

Aquest mòdul decideix la direcció del moviment de l'ascensor (la qual solament és efectiva si l'ascensor es mou). El senyal que genera, *Direccio*, entra al mòdul **Pis** de la **UP**.

- Si l'ascensor està pujant i hi ha peticions pendents en pisos superiors ( $PP\_amunt=1$ ), l'ascensor ha de mantenir la direcció ascendent i s'ha de generar el senyal  $Direccio=1$ .
- Si l'ascensor està pujant i no hi ha peticions pendents en pisos superiors ( $PP\_amunt=0$ ), l'ascensor ha de canviar de direcció i s'ha de generar el senyal  $Direccio=0$ .
- Si l'ascensor està baixant i hi ha peticions pendents en pisos inferiors ( $PP\_avall=1$ ), l'ascensor ha de mantenir la direcció descendent i s'ha de generar el senyal  $Direccio=0$ .
- Si l'ascensor està baixant i no hi ha peticions pendents en pisos inferiors ( $PP\_avall=0$ ), l'ascensor ha de canviar de direcció i s'ha de generar el senyal  $Direccio=1$ .

#### 3.2.2. UC\_MOV

Aquest circuit seqüencial mou (senyal *Moviment*) l'ascensor cap amunt o cap avall segons sigui la direcció del moviment definit en el mòdul UC\_DIR; obre les portes (i las manté obertes almenys durant tres cicles de rellotge) si el pis actual ha estat cridat, i allibera el pis actual quan les portes es tanquen de nou.

El funcionament d'aquest circuit és el següent:

- El circuit seqüencial té 6 estats.
- En el primer estat (estat de repòs) l'ascensor no es mou:  $Moviment=0$ , i  $Obrir=Alliberar=0$ .

- Si arriba un senyal  $P=1$  vol dir que l'ascensor està en un pis que havia estat cridat i per tant s'ha d'iniciar una seqüència en la que (1) s'obra la porta i roman oberta mentre  $SP=1$  i dos cicles de rellotge complets més, i (2) en finalitzar aquesta seqüència es tanca la porta i s'allibera el pis actual ( $Alliberar=1$ ). Durant tota aquesta seqüència l'ascensor roman aturat i, en conseqüència, *Moviment* ha de ser 0.
- Si arriba un senyal  $P=0$  i no hi ha ninguna petició pendent ( $PP_{amunt}=PP_{avall}=0$ ), el circuit roman en l'estat de repòs.
- Si  $P=0$  però  $PP_{amunt}$  o  $PP_{avall}$  són 1 l'ascensor continua movent-se. Si no hi ha peticions pendents ( $PP_{amunt}=PP_{avall}=0$ ) el circuit torna a l'estat de repòs, i si hi ha alguna petició pendent l'ascensor continua movent-se en el mateix sentit o en sentit contrari depenent de si  $PP_{amunt}$  o  $PP_{avall}$  són 1.

En la sessió de pràctiques en la que es dissenyarà aquest mòdul es mostra el graf de comportament d'aquest circuit seqüencial.