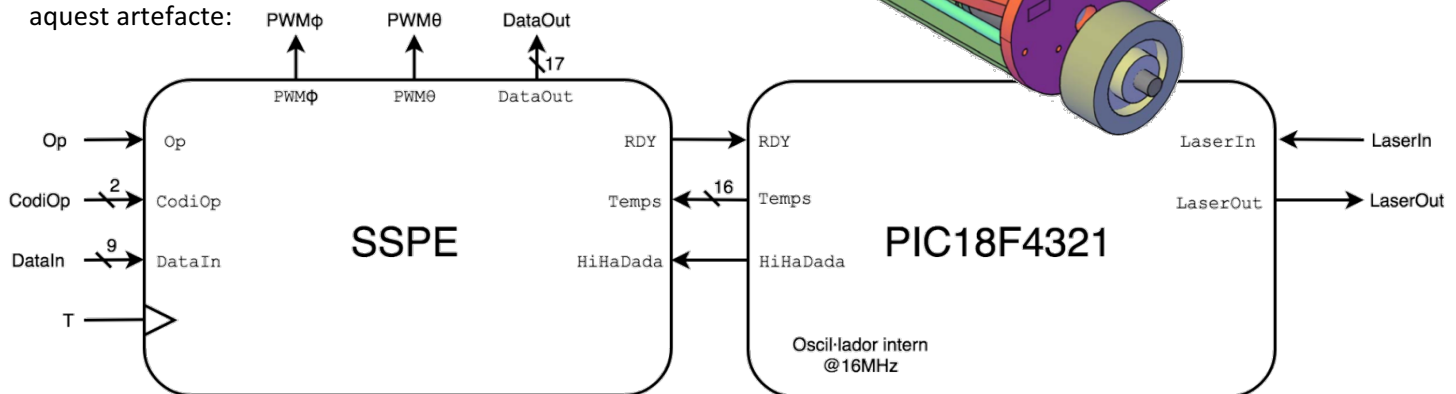


El sonoscanner

Es vol dissenyar un escàner d'espais tridimensionals basat en un emissor/receptor d'ultrasons. El principi fonamental de funcionament es basa en emetre una ona sònica i mesurar el temps que passa des de que aquesta s'emet fins que es detecta la seva recepció. Un cop conegut aquest temps, només cal aplicar la fórmula $\text{espai} = \text{velocitat} \cdot \text{temps}$ (on velocitat és 343 m/s) per tal de saber la distància a la què es troba l'objecte contra el qual ha rebotat l'ona. Per tal de poder escanejar de manera automàtica l'interior d'una sala, es muntarà el conjunt emissor/receptor sobre una base que permeti la rotació azimuthal (θ) i vertical (Φ). Es proposa el següent diagrama per tal de construir aquest artefacte:



Les entrades i sortides del sistema són:

- **PWM θ :** Senyal PWM de sortida que controla el motor pas a pas de la rotació azimuthal. El període d'aquest senyal són 20 ms. Aquest motor pot rotar de 0 graus (*duty cycle* 0%) a 360 graus (*duty cycle* 100%) i cal tenir una resolució d'un grau.
- **PWM Φ :** Senyal PWM de sortida que controla el motor pas a pas de la rotació vertical. El període d'aquest senyal són 20 ms. Aquest motor pot rotar de 0 graus (*duty cycle* 0%) a 90 graus (*duty cycle* 100%) i cal tenir una resolució d'un grau.
- **DataIn[8..0]:** Senyal d'entrada de dades de l'usuari.
- **DataOut[16..0]:** Sortida de dades per a l'usuari.
- **CodiOp[1..0]:** Senyal que indica el tipus d'acció a realitzar:
 - 00: Adquirir valors de θ_{\min} , θ_{\max} , Φ_{\min} , Φ_{\max} per l'entrada DataIn. En aquest moment, caldrà esperar els 4 flancs d'Op per llegir cadascun dels quatre angles que limiten el volum on es vol fer l'escaneig.
 - 01: Iniciar l'escaneig. En primer lloc, cal posicionar els motors azimuthal (PWM θ) i vertical (PWM Φ) als valors θ_{\min} i Φ_{\min} configurats. A continuació, cal esperar 6 períodes de cada PWM a que els motors estiguin correctament posicionats. En aquest moment, caldrà avisar al microcontrolador a través del senyal RDY

de que els motors estan a punt. Ara, caldrà esperar a que el microcontrolador generi l'ona acústica, la rebi de tornada, i envii el valor de temps mesurat pel bus `Temps[15..0]`. En aquest moment, el microcontrolador haurà activat el senyal `HiHaDada` per notificar a l'SSPE que les dades a `Temps[15..0]` són estables. Llavors, s'emmagatzemarà aquest valor de temps a l'SSPE i es procedirà a escanejar el següent punt. Així, caldrà anar incrementant els valors de rotació azimuthal i vertical de grau en grau fins a arribar a θ_{\max} i Φ_{\max} .

- 10: Mostrar les dades de l'escaneig. Caldrà llegir el valor d'elevació que hagi introduït l'usuari per l'entrada `DataIn` i treure per `DataOut` els valors de temps associats als angles azimuthals mesurats en aquesta elevació. Concretament, cada 169 ms. caldrà mostrar la diferència (expressada en CA2) entre $(\theta_k, \Phi_{\text{DataIn}})$ i $(\theta_{k+1}, \Phi_{\text{DataIn}}) \forall k \in (\theta_{\min}, \theta_{\max} - 1)$. Per exemple: $(\theta_{\min} - \theta_{\min+1}, \Phi_{\text{DataIn}})$, $(\theta_{\min+1} - \theta_{\min+2}, \Phi_{\text{DataIn}})$, ..., $(\theta_{\max-1} - \theta_{\max}, \Phi_{\text{DataIn}})$, $(\theta_{\max}, \Phi_{\text{DataIn}})$.
- 11: Calcular la distància mitjana de totes les mesures fetes i mostrar-la per `DataOut`.
- `Temps[15..0]`: Bus per on s'envia el temps mesurat en unitats de 250 ns ☺.
- `RDY`: Senyal que indica que els motors estan en una posició estable. Aquest senyal es posarà a 0 quan s'activi `HiHaDada`.
- `HiHaDada`: Senyal que indica que el valor de temps del bus `Temps[15..0]` és estable. Aquest senyal es posarà a 0 quan s'activi `RDY`.
- `Op`: El clàssic senyal d'ordre de procés que indica que els bits de `CodiOp` són estables i cal iniciar l'acció.
- `LaserOut`: Senyal de sortida que caldrà activar durant 74 μS tant aviat com s'activi el senyal `RDY`.
- `LaserIn`: Senyal d'entrada que s'activarà quan l'ona acústica retorni a l'artefacte fruit d'haver rebotat.

Consideracions i restriccions:

1. Podeu assumir que $\theta_{\max} - \theta_{\min} \leq 360$ graus i que $\Phi_{\max} - \Phi_{\min} \leq 60$ graus.
2. Cal dimensionar i ajustar els elements de memoritzar correctament.
3. Tot i que l'ordre en que s'escombra l'entorn és lliure, cal garantir que tota la superfície compresa entre $(\theta_{\min}, \Phi_{\min})$ i $(\theta_{\max}, \Phi_{\max})$ quedarà escanejada. Us suggerim seguir aquest ordre: $(\theta_{\min}, \Phi_{\min})$, $(\theta_{\min+1}, \Phi_{\min})$, $(\theta_{\min+2}, \Phi_{\min})$, ..., $(\theta_{\max}, \Phi_{\min})$, $(\theta_{\min}, \Phi_{\min+1})$, $(\theta_{\min+1}, \Phi_{\min+1})$, ..., $(\theta_{\max}, \Phi_{\min+1})$, $(\theta_{\min}, \Phi_{\max})$, $(\theta_{\min+1}, \Phi_{\max})$, $(\theta_{\min+2}, \Phi_{\max})$, ..., $(\theta_{\max}, \Phi_{\max})$.
4. Podeu assumir que no es mesuraran distàncies superiors als 2.3 metres.
5. Cal escoltar l'entrada `LaseIn` amb màxima precisió.
6. El microcontrolador ha de funcionar amb oscil·lador intern a 16 MHz.

Es demana:

1. Plantejament del SSPE: Quins elements de memorització s'utilitzaran i el seu dimensionament, justificació de la freqüència de T.
2. Hardware i software del SSPE.
3. Justificació del temps màxim i mínim que es triga en resoldre l'acció de `CodiOp` = 10.
4. Plantejament del software del microcontrolador: assignació de pins i ús d'interrupcions.
5. Software en llenguatge *assembler* del microcontrolador.
6. Discussió dels canvis mínims que caldria fer per poder mesurar distàncies de fins a 588.8 metres.
7. Justificació de quant de temps es triga en mesurar tota una sala esfèrica buida de volum $V = \frac{4}{3}\pi(2.3)^3 \text{ m}^3$ si el sensor està al centre de la sala.

"Sometimes in life you don't always feel like a winner, but that doesn't mean you're not a winner".

Stefani Joanne Angelina Germanotta