

LOS PIC16F88X: Comparadores

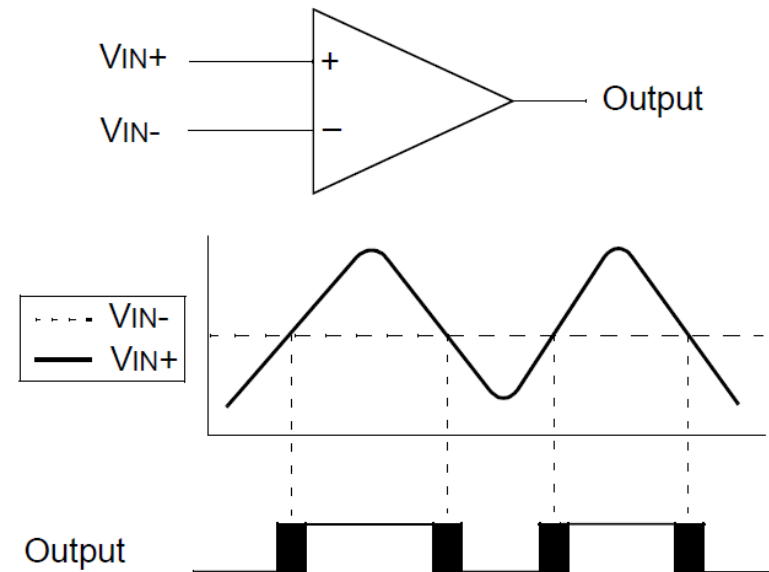
IES Juan de la Cierva



Aprendizaje de la Electrónica a través de la Robótica

Los Comparadores

- Permiten comparar dos señales o tensiones analógicas y generar, como resultado una salida digital que expresa cuál de las dos tiene una mayor o menor magnitud.
- El comparador dispone de dos entradas V_{IN+} y V_{IN-}
 - si la tensión $V_{IN+} > V_{IN-}$ la salida toma el valor “1”
 - Si la tensión $V_{IN+} < V_{IN-}$ salida toma el valor “0”.
 - Los comparadores son independientes del microcontrolador, este puede ser interrumpido si se detecta un cambio de nivel a la salida.

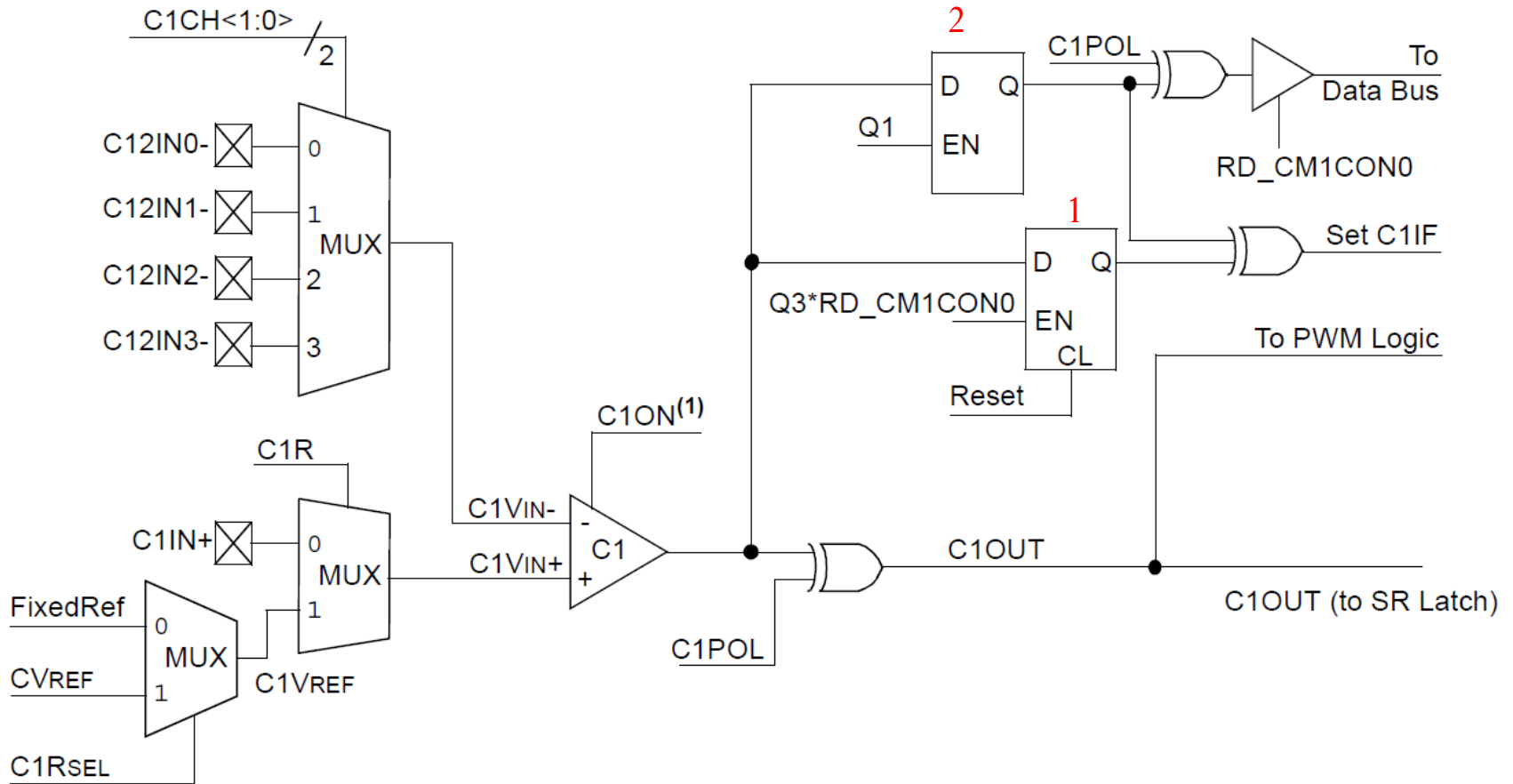


Los Comparadores

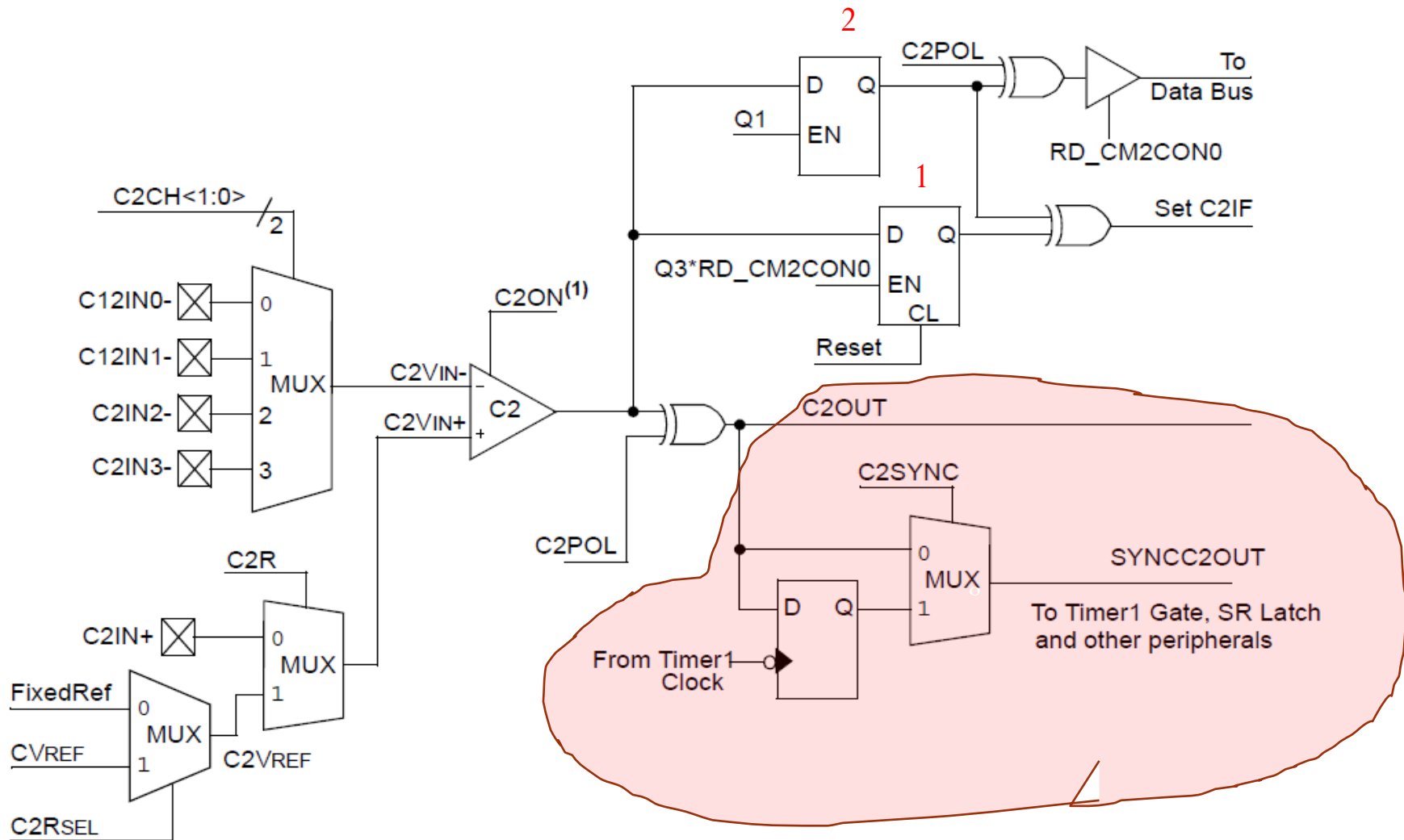
Los PIC16F88X disponen de dos comparadores el C1 y el C2 cuyas principales características son:

- Control totalmente independiente para ambos comparadores
- Se pueden seleccionar distintas patillas como las entrada analógicas a comparar.
- La polaridad de salida es programable
- Capacidad de interrupción cuando se detecta un cambio en la salida
- Capacidad de despertar de un SLEEP
- El comparador C1 tiene capacidad de desconectar la salida de una señal PWM
- El comparador C2 tiene capacidad de controlar, entre otras cosas el disparo del TIMER1.
- Posibilidad de sincronizar la salida con la entrada de reloj del Timer1.
- Las salidas de ambos comparadores pueden ir a parar a un *latch* que registra el ultimo estado de esas salidas. Podemos encontrar así resultado de una comparación incluso después de haberse realizado.
- Tensión de referencia fija o programable producida por el módulo VREF

Comparador C1



Comparador C2



Los Comparadores

- La diferencia básica entre los dos comparadores consiste en que el comparador **C2** dispone de una salida sincronizada con el reloj **Timer1**.
- Los dos comparadores se controlan desde sus correspondientes registros de control: **CM1CON0** para el comparador C1 y **CM2CON0** para el C2. Como son prácticamente iguales, nos referiremos a ellos como **CMxCON0**.
- Los comparadores se activan o no mediante el correspondiente bit **CxON** del registro **CMxCON0**. Cuando se ponen a “0”, el comparador se desactiva y su salida pasa a valer “0”.
- Con los bits **CxCH<1:0>** del **CMxCON0**, se selecciona que canal aportará la tensión correspondiente a la entrada (IN-) pudiéndose elegir entre RA0/C12IN0, RA1/C12IN1-, RB3/C12IN2- o RB1/C12IN3-

Los Comparadores

- El bit **CxR** de **CMxCON0** se selecciona la entrada no invertida (IN+) del comparador.
 - Con CxR a “0” se selecciona la patilla RA3/C1N+ para el comparador C1 y/o RA2/C2IN+ para el comparador C2, como entrada no invertida de la tensión a comparar.
 - Con RxR a “1” se selecciona una tensión de referencia como entrada no invertida. En este caso se utiliza el bit **CxRSEL** para seleccionar si se emplea la tensión fija de referencia de **0,6V** (a nivel “0”), o bien la tensión de referencia CVREF que genera el módulo **CVREF**.

Los Comparadores

- El bit CxPOL de CMxCON0 selecciona la polaridad de salida de la señal de salida CxOUT que proporcionan los comparadores.
 - Si CxPOL = “0”, la salida CxOUT valdrá “0”, si $V(IN+) < V(IN-)$
 - Si CxPOL = “1” la salida CxOUT valdrá “0” si $V(IN+) > V(IN-)$

Entradas	CxPOL	CxOUT
$CxVin- > CxCIN+$	0	0
$CxVin- < CxCIN+$	0	1
$CxVin- > CxCIN+$	1	1
$CxVin- < CxCIN+$	1	0

Comparadores

- Los biestables de salida del comparador controlan el sistema de interrupciones que pueden generar los comparadores, y que activan o no el correspondiente bit **CxIF** del registro **PIR2**. Según varía el valor de las tensiones que se están comparando, también varía la salida **CxOUT**. El circuito trata de detectar cualquier cambio de estado, de “0” a “1” o viceversa en la salida.
- Al leer el registro **CxCON0**, el bit **CxOUT** refleja el estado de salida del biestable 1. Por su parte el biestable 2 hace lo mismo, pero con forma constante con cada estado Q1 del oscilador principal. Si no se produce ningún cambio en la salida **CxOUT** función XOR genera un “0” en **CxIF**. Si hay un cambio en **CxOUT** se refleja en el biestable 2 con lo que **CxIF** de la función XOR pasa a nivel “1”.

Comparadores

- Para habilitar la interrupción es necesario poner a “1” los bits **CxIE** del registro de activación **PIE2**, así como los bits **PEIE** y **GIE** del registro **INTCON**.
- Si los comparadores están activados, son capaces de trabajar en modo SLEEP de bajo consumo. Si además, las correspondientes interrupciones están habilitadas, un cambio en el valor de las tensiones a comparar puede servir para provocar una interrupción y “despertar” (*wake-up*) con micro.
- La salida **C2OUT** del comparador C2 se puede usar para controlar a otros periféricos. Dicho control puede estar o no sincronizado con el reloj del **Timer1**. Para ello se debe activar (o no) el bit **C2SYNC** del registro de control **CM2CON1**. Ésta es la única diferencia entre los comparadores C1 y C2.

Registro de CM1CON0 (107h)

R/W 0	R- 0	R/W 0	U-0	R/W 0	R/W 0	R/W 0	R/W 0
C1CON	C1OUT	C1OE	C1POL	---	C1R	C1CH1	C1CH0
bit7							bit 0

C1CON: Activación del Comparador

1: Activa el comparador 1 (ON)

0: Desactiva el comparador 1 (OFF)

C1OUT: Salida del Comparador C1

Si C1POL= 1 (Polaridad Invertida)

- 1 Cuando $C1VIN+ < C1VIN-$
- 0 Cuando $C1VIN+ > C1VIN-$

Si C1POL= 0 (Polaridad NO Invertida)

- 1 Cuando $C1VIN+ > C1VIN-$
- 0 Cuando $C1VIN+ < C1VIN-$

Registro de CM1CON0 (107h)

R/W 0	R- 0	R/W 0	U-0	R/W 0	R/W 0	R/W 0	R/W 0
C1CON	C1OUT	C1OE	C1POL	---	C1R	C1CH1	C1CH0
bit7							bit 0

C1OE: Activación de la salida C1

1: Salida C1OUT está también presente en la patilla RA4/C1OUT

0: La salida C1OUT está presente solo internamente.

Para que la salida del comparador C1 esté presente en la patilla RA4/C1OUT, esta debe ser configurada como salida mediante el correspondiente bit del TRISA

C1POL: Selección de la polaridad de la salida del comparador C1

1: La salida C1OUT está invertida

0: La salida C1OUT NO está invertida

Registro de CM1CON0 (107h)

R/W 0	R- 0	R/W 0	U-0	R/W 0	R/W 0	R/W 0	R/W 0
C1CON	C1OUT	C1OE	C1POL	---	C1R	C1CH1	C1CH0
bit7							bit 0

C1R: Selección de la tensión de referencia para la entrada no invertida del comparador C1

1: La tensión en la entrada C1VIN+ procede del módulo CVREF

0: La tensión en la entrada C1VIN+ se aplica por la patilla RA3/C1IN+

C1CH<1:0>: Selección del canal para la entrada invertida del comparador C1.

00: La patilla de RA0/C12IN0- como entrada invertida C1VIN- de C1

01: La patilla de RA1/C12IN1- como entrada invertida C1VIN- de C1

10: La patilla de RB3/C12IN2- como entrada invertida C1VIN- de C1

11: La patilla de RB1/C12IN3- como entrada invertida C1VIN- de C1

Registro de CM2CON0 (108h)

R/W 0	R- 0	R/W 0	U-0	R/W 0	R/W 0	R/W 0	R/W 0
C2CON	C2OUT	C2OE	C2POL	---	C2R	C2CH1	C2CH0
bit7							bit 0

C2CON: Activación del Comparador

1: Activa el comparador 2 (ON)

0: Desactiva el comparador 2 (OFF)

C2OUT: Salida del Comparador C2

Si C2POL= 1 (Polaridad Invertida)

- 1 Cuando $C2VIN+ < C2VIN-$
- 0 Cuando $C2VIN+ > C2VIN-$

Si C2POL= 0 (Polaridad NO Invertida)

- 1 Cuando $C2VIN+ > C2VIN-$
- 0 Cuando $C2VIN+ < C2VIN-$

Registro de CM2CON0 (108h)

R/W 0	R- 0	R/W 0	U-0	R/W 0	R/W 0	R/W 0	R/W 0
C2CON	C2OUT	C2OE	C21POL	---	C2R	C2CH1	C2CH0
bit7							bit 0

C2OE: Activación de la salida C2

1: Salida C2OUT está también presente en la patilla RA5/C2OUT

0: La salida C2OUT está presente solo internamente.

Para que la salida del comparador C2 esté presente en la patilla RA5/C2OUT, esta debe ser configurada como salida mediante el correspondiente bit del TRISA

C2POL: Selección de la polaridad de la salida del comparador C2

1: La salida C2OUT está invertida

0: La salida C2OUT NO está invertida

Registro de CM2CON0 (108h)

R/W 0	R- 0	R/W 0	U-0	R/W 0	R/W 0	R/W 0	R/W 0
C2CON	C2OUT	C2OE	C2POL	---	C2R	C2CH1	C2CH0
bit7							bit 0

C2R: Selección de la tensión de referencia para la entrada no invertida del comparador C2

1: La tensión en la entrada C2VIN+ procede del módulo CVREF

0: La tensión en la entrada C2VIN+ se aplica por la patilla RA2/C2IN+

C2CH<1:0>: Selección del canal para la entrada invertida del comparador C2.

00: La patilla de RA0/C12IN0- como entrada invertida C1VIN- de C2

01: La patilla de RA1/C12IN1- como entrada invertida C1VIN- de C2

10: La patilla de RB3/C12IN2- como entrada invertida C1VIN- de C2

11: La patilla de RB1/C12IN3- como entrada invertida C1VIN- de C2

Características especiales de los comparadores.

- **Capacidad de disparo (GATE) del Timer1**. El comparador C2 tiene la posibilidad de actuar sobre el Timer1 para detener o reanudar su cuenta. Así pues una temporización puede verse modificada en función de las tensiones analógicas que estemos comparando. Esta prestación se activa poniendo a “0” el bit T1GSS del registro CM2CON1.
- **Sincronización con el Timer1**. Consiste en que los cambios en la salida C2OUT se sincronicen con el flanco descendente del reloj Timer1. Con esto se asegura que dicho Timer no sufra un incremento justo en el momento en que la salida C2OUT cambie de estado.
- **Lectura simultanea de la salida C1OUT y C2OUT**. Leyendo el registro **CM2CON1** se puede conocer el estado de las salidas de ambos comparadores al mismo tiempo. Evitando así leer el registro **CM1CON0** para conocer el estado de la salida **C1OUT** del comparador C1 y el registros **CM2CON0** para conocer el estado de la salida **C2OUT** del comparador C2.

Registro de CM2CON1 (109h)

R- 0	R- 0	R/W- 0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-1	R/W-0
MC1OUT	MC2OUT	C1RESEL	C2RSEL	---	---	T1GSS	C2SYNC
bit7							bit 0

MC1OUT: Es una copia del bit **C1OUT** del registro **CM1CON0**
(Salida del comparador C1)

MC2OUT: Es una copia del bit **C2OUT** del registro **CM2CON0**
(Salida del comparador C2)

C1RESEL: Selección de la tensión de referencia para el comparador
C1

1: La tensión de referencia es la generada por el módulo CVREF

0: La tensión de referencia es fija de 0,6V

Registro de CM2CON1 (109h)

R- 0	R- 0	R/W- 0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-1	R/W-0
MC1OUT	MC2OUT	C1RESEL	C2RSEL	---	---	T1GSS	C2SYNC
bit7							bit 0

C2RSEL: Selección de la tensión de referencia del comparador C2

- 1: La tensión de referencia es la generada por el módulo CVREF
- 0: La tensión de referencia es fija de 0,6V

T1GSS: Selección de la señal de disparo para el TIMER1

- 1: La señal de disparo del Timer1 se aplica por la patilla RB5/T1G
- 0: La señal de disparo del Timer1 es la salida del comparador C2

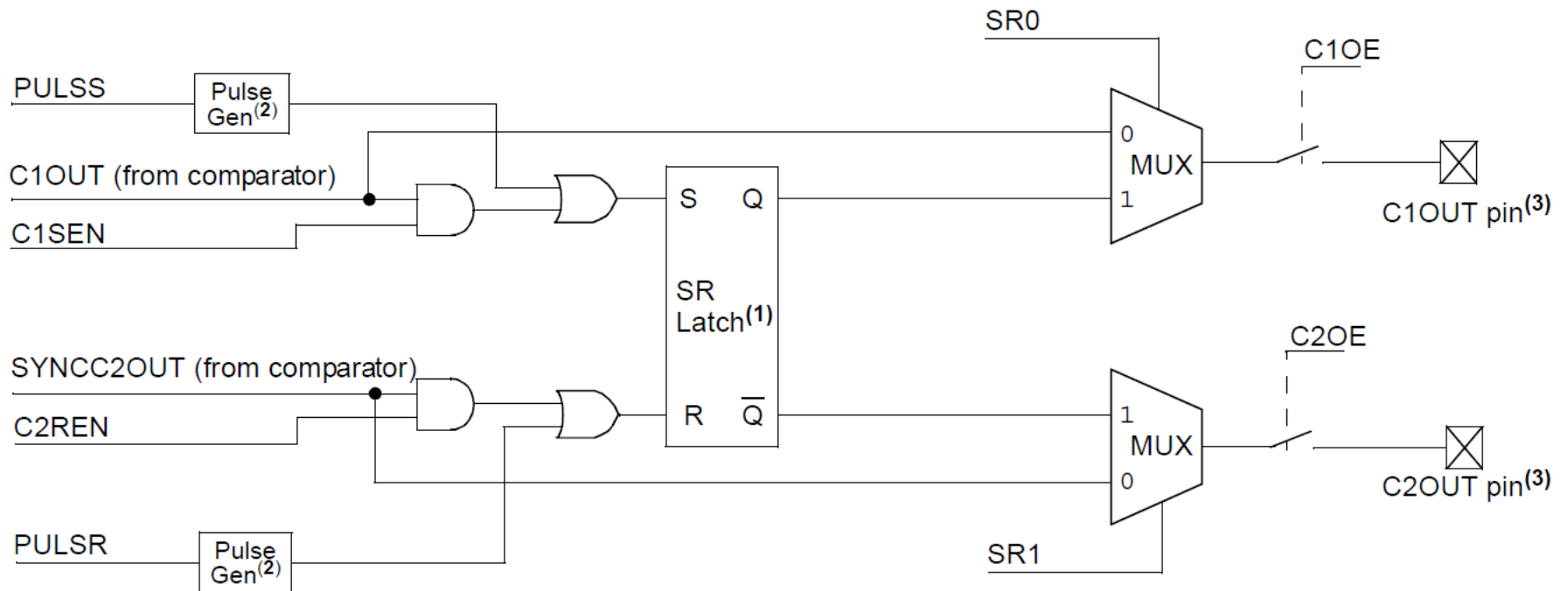
C2SYNC: Sincronización de la salida C2OUT del comparador C2

- 1: La salida C2OUT se sincroniza con el flanco descendente del reloj del Timer1
- 0: La salida C2OUT no está sincronizada.

El latch SR de salida del módulo comparador

- Las patillas RA4/C1OUT y RA5/C2OUT, pueden estar asociadas a las salidas C1OUT y C2OUT de los respectivos comparadores, según los bits CxOE de los registros CMxCON0 . Ahora bien, suponiendo que así fuera, estas patillas están sujetas a constantes cambios de estado según vayan variando las tensiones que se están comparando.
- Puede haber aplicaciones en que necesitemos que, las patillas de salida reflejen el primer cambio detectado por el comparador y se mantengan estables a pesar de las posteriores variaciones que se pudieran producir. En estos micros podemos restaurar el estado de dichas patillas cuando y según nos interese.
- Para eso están los Latch capaces de detectar la primera variación y mantener estables las salidas RA4 y RA5, mientras nos interese.

El latch SR de salida del módulo comparador



El latch SR de salida del módulo comparador

- Los bits **CxOE** de los registros CmxCON0 permiten que se reflejen las salidas **C1OUT** y **C2OUT** en las patillas de salida **RA4** y **RA5** respectivamente.
 - Si el bit **SR0** del **SRCON** es "0" la patilla **RA4** refleja directamente la salida **C1OUT** actual del comparador.
 - Si el bit **SR0** del **SRCON** es "1", la patilla **RA4** refleja el ultimo estado del **C1OUT** registrado de la salida **Q** del biestable R-S.
- El bit **C1SEN** permite habilitar la función **SET** del biestable, cuando la salida **C1OUT** de comparador C1 se ponga a "1". La salida **Q** (y por lo tanto la patilla **RA4**) se mantendrá en este estado hasta que indiquemos lo contrario.
- El bit **C2REN** permite habilitar el **RESET** del biestable cuando **C2OUT** del comparador C2 se pone a "1". La salida **/Q** (y por tanto RA5) se mantiene en este estado hasta que se indique lo contrario.
- Si por casualidad coinciden simultáneamente ambas salidas **C1OUT** y **C2OUT**, prevalece la salida **/Q** ($Q=RA4$ y $/Q=RA5=1$)
- Los bits **PULSS** y **PULSR**, permiten respectivamente activar **Q** y **/Q** de forma asíncrona cuando lo deseemos. Cuando se pone a "1" cualquiera de ellos, las entradas **R** o **S** reciben un pulso cuya duración es la de un ciclo de reloj del sistema ($1T_{OSC}$)

Registro de SRCON(185h)

R/W-0	R/W-0	R/W- 0	R/W-0	R/S-0	R/S-0	U-0	R/W-0
SR1	SR0	C1SEN	C2REN	PULSS	PULSR	---	FVREN
bit7							bit 0

SR1: Configuración del latch

- 1: La patilla RA5/C2OUT se conecta con la salida /Q del latch
- 0: La patilla RA5/C2OUT se conecta con la salida C2OUT del comparador C2

SR0: Configuración del latch

- 1: La patilla RA4/C1OUT se conecta con la salida Q del latch
- 0: La patilla RA4/C1OUT se conecta con la salida C1OUT del comparador C1

C1SEN: Habilidad de la función SET del latch

- 1: La salida C1OUT del comparador C1 activa la salida Q del latch
- 0: La salida C1OUT del comparador C1 no afecta a la salida Q del latch

Registro de SRCON(185h)

R/W-0	R/W-0	R/W- 0	R/W-0	R/S-0	R/S-0	U-0	R/W-0
SR1	SR0	C1SEN	C2REN	PULSS	PULSR	---	FVREN
bit7							bit 0

C2REN: Habilitación de la función RESET del latch

1: La salida C2OUT del comparador C2 activa la salida /Q del latch

0: La salida C2OUT del comparador C2 no afecta a la salida /Q del latch

PULSS: Pulso de activación de la salida Q del latch

1: Genera un pulso que activa la salida Q del latch. Se borra automáticamente

0: No se afecta a la salida Q del latch

Registro de SRCON(185h)

R/W-0	R/W-0	R/W- 0	R/W-0	R/S-0	R/S-0	U-0	R/W-0
SR1	SR0	C1SEN	C2REN	PULSS	PULSR	---	FVREN
bit7							bit 0

PULSR: Habilitación de la función RESET del latch

1: Genera un pulso que activa la salida /Q del latch. Se borra automáticamente

0: No se afecta a la salida /Q del latch

FVREN: Activa la tensión fija de referencia

1: Se generan los 0,6V de tensión fija de referencia

0: No se generan los 0,6V

Centros participantes en el proyecto: “Aprendizaje de la Electrónica a través de la Robótica” 2009-2011



- IES Politécnico Jesús Marín (Málaga)
- IES Juan de la Cierva (Madrid)
- IES Luis de Lucena (Guadalajara)
- IES María Moliner (Segovia)
- IES Joan Miró (San Sebastián de los Reyes. Madrid)
- IES Virgen de las Nieves (Granada)
- IES Torreón del Alcázar (Ciudad Real)