

1. ESPECIFICACIONES

La descripción general de la tarjeta FADICLOCK sigue en paralelo a la descripción del circuito integrado DS3232SN que soporta un rango de temperatura de -40°C a +85°C. Mediante I2C/SMBus-400kHz se accede a la tarjeta FADICLOCK que aloja el completo RTC DS3232SN que dispone de un reloj calendario válido hasta 2099, 2 alarmas en día mensual o día semanal, un bloque de memoria SRAM de 236 bytes, un generador de onda cuadrada programable a 1Hz, 1024kHz, 4096kHz o 8192kHz, un generador de onda cuadrada fija de 32kHz, un sensor de temperatura digital con un registro de ajuste de compensación por envejecimiento y un sistema de reset bidireccional.

La tensión de alimentación del DS3232 está establecida entre 2'3v y 5'5v, ello permite que la tarjeta FADIBUS pueda operar indistintamente a 3'3v ó 5v. La corriente de consumo es mayor a 5v que a 3'3v. El consumo se incrementa cuando está operando con el bus I2C, utilizando la salida 32kHz, utilizando la salida de alarma o onda programable o mientras realiza una conversión de temperatura. A 3'3v consume desde 120µA si está inactivo (manteniendo el RTC i la SRAM) hasta 500 µA. A 5v consume entre 160 µA y 600 µA.

Alternativamente puede ser alimentado con una batería con el mismo rango de tensión, al descender la tensión de alimentación el DS3232 opera con la batería pero algunas funcionalidades pueden quedar activadas o desactivadas en función de la configuración introducida. El DS3232 permite programar ampliamente el modo de funcionamiento que deberá tener en caso de que falle la tensión de alimentación. El fallo de alimentación sucede cuando la tensión Vcc desciende por debajo de la Vbat.

El DS3232SN a diferencia de otros RTC dispone de un oscilador interno compensado que mantiene una precisión de ±2 minutos por año si se respeta el rango de margen de temperatura -40°C a +85°C.

La dirección de respuesta en el bus I2C es fija y responde a la dirección \$D0-\$D1.

2. REGISTROS INTERNOS

Los bytes y nibbles de los registros internos utilizan el sistema BCD, todos los registros pueden ser leídos y algunos de los bits de los bytes operan como configuradores o bits de control.

-En el byte de la hora(\$02), el bit 6 configura la hora como 12/24 horas:

Bit6=1 configura el RTC a 12h, entonces el bit(5) a ALTO indica que es PM, en BAJO indica AM. El bit(4) indica las decenas de hora.

Bit6=0 configura el RTC a 24h, luego el bit(5) y el bit(4) numeran las decenas de hora.

-En el byte del mes(\$05), el bit 7 es un flag de fin de siglo transcurrido, el bit(7) se pone en ALTO indica que ha habido un cambio de siglo.

Dirección interna	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Función	Rango
\$00	0	Décenas de segundo			Unidades de segundo			Segundos	00-59	
\$01	0	Décenas de minuto			Unidades de minuto			Minutos	00-59	
\$02	0	0 -> 24h	Décenas de hora		Unidades de hora			Horas	00-23	
		1 -> 12h	0.-AM 1.-PM	Décenas de hora					1-12 AM/PM	
\$03	0	0	0	0	0	Día semanal		D. semanal	1-7	
\$04	0	0	Décenas de día		Unidades de día			Día fecha	00-31	
\$05	Siglo	0	0	Decenas mes	Mes			Mes/Siglo	01-12 F siglo	
\$06	Decenas de año				Unidades de año			Año	00-99	
\$07	A1M1	Decenas de segundo			Unidades de segundo			A1 Segundos	00-59	
\$08	A1M2	Decenas de minuto			Unidades de minuto			A1 Minutos	00-59	
\$09	A1M3	Forma disparo alarma_1	0 -> 24h	Decenas de hora		Unidades de hora			A1 Hora	00-23
			1 -> 12h	0.-AM 1.-PM	Décenas de hora					1-12 AM/PM
\$0A	A1M4	Forma disparo alarma_1	1 día semanal	X	X	Código día semanal			A1 Día seman.	1-7
			0 día mensual	Decenas de día mensual		Unidades de día mensual			A1 Día fecha	01-31
\$0B	A2M2	Decenas de minutos			Unidades de minuto			A2 Minutos	00-59	
\$0C	A2M3	Forma disparo alarma_2	0 -> 24h	Decenas de hora		Unidades de hora			A2 Hora	00-23
			1 -> 12h	0.-AM 1.-PM	Décenas de hora					1-12 AM/PM
\$0D	A2M4	Forma disparo alarma_2	1 día semanal	X	X	Código día semanal			A2 Día sema.	1-7
			0 día mensual	Decenas de día mensual		Unidades de día mensual			A2 Día fecha	01-31
\$0E	\overline{EOSC}	$BBSQW$	$CONV$	$RS2$	$RS1$	$NTCN$	$A2IE$	$A1IE$	Control	
\$0F	OSF	$BB32kHz$	$CRATE1$	$CRATE0$	$EN32kHz$	BSY	$A2F$	$A1F$	Control/Estado	
\$10	$SIGN$	$DATA_2^6$	$DATA_2^5$	$DATA_2^4$	$DATA_2^3$	$DATA_2^2$	$DATA_2^1$	$DATA_2^0$	Aging offset	Comp 2
\$11	$SIGN$	$DATA_2^6$	$DATA_2^5$	$DATA_2^4$	$DATA_2^3$	$DATA_2^2$	$DATA_2^1$	$DATA_2^0$	MSB Temperatura	Comp 2
\$12	$DATA_2^{-1}$	$DATA_2^{-2}$	0	0	0	0	0	0	LSB Temperatura	
\$13	0	0	0	0	0	0	0	0	Sin uso	Reser.
\$14-\$FF	$DATA_2^7$	$DATA_2^6$	$DATA_2^5$	$DATA_2^4$	$DATA_2^3$	$DATA_2^2$	$DATA_2^1$	$DATA_2^0$	SRAM	00-FF

Forma de disparo de la alarma 1.

DY/\overline{DT}	ALARMA_1 REGISTRO MASCARA				
	A1M4	A1M3	A1M2	A1M1	
	1	1	1	1	Sólo una vez, en fecha/hora/minuto/segundo exacto.
	1	1	1	0	Reactivable por segundos.
	1	1	0	0	Reactivable por minutos y segundos.
	1	0	0	0	Reactivable por horas, minutos y segundos.
0	0	0	0	0	Reactivable por fecha-mensual, horas, minutos y segundos.
1	0	0	0	0	Reactivable por fecha-semanal, horas, minutos y segundos.

Forma de disparo de la alarma 2.

DY/\overline{DT}	ALARMA_2 REGISTRO MASCARA			
	A2M4	A2M3	A2M2	
	1	1	1	Sólo una vez, en fecha/hora/minuto y 00 segundos exacto.
	1	1	0	Reactivable por minutos.
	1	0	0	Reactivable por horas, minutos.
0	0	0	0	Reactivable por fecha-mensual, horas, minutos.
1	0	0	0	Reactivable por fecha-semanal, horas, minutos.

El día de la semana y el día del mes tienen registros independientes, cuando se termina un día (23h 59m 59s ó PM 11h 59m 59s) se incrementa concurrentemente el día mensual y el día semanal.

La alarma con la modalidad día mensual sólo tiene en cuenta registro de día (alm1:\$0A ó alm2:\$0D) que puede ser mensual o semanal y lo compara con el día mensual del RTC (\$04).

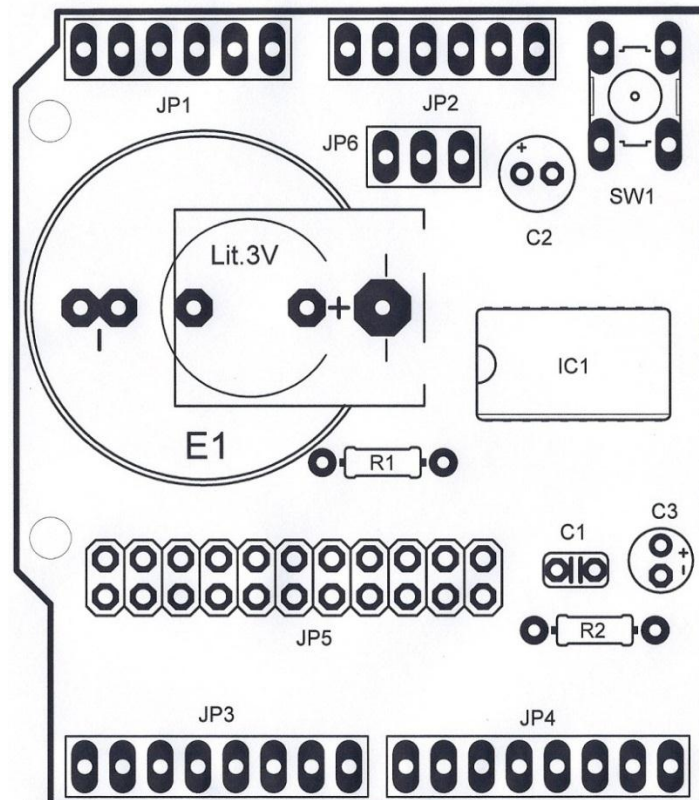
Del mismo modo si una alarma está fijada en día semanal, se compara su registro de día (alm1:\$0A ó alm2:\$0D) con el día semanal del RTC (\$03).

3. LISTADO DE COMPONENTES

1PCB ₁	1015 014	Circuito impreso FADICLOCK.
IC ₁	1010 506	DS 3232SN
SW ₁	1003 000	Pulsador CI plano.
R ₁ - R ₂	1002 472	Resistencia 4.7KΩ 1/4w.

C ₁	1002 472	Condensador ceràmic 100nF 50v.
C ₂	1002 472	Condensador electrolític 22µF 16v.
C ₃	1002 472	En caso de que opere sin batería, se recomienda colocar un capacitor.
JP ₁ -JP ₂	1000 501	Pareja de conectores 6 y 8 vías.
JP ₃ -JP ₄	1000 501	Pareja de conectores 6 y 8 vías.
JP ₅	1004 222	Connector pin 22 terminales acodado.
JP ₆	1004 103	Connector pin 3 terminales recto.
E ₁	1003 001	Portapilas 20mm. CR20xx
S ₁	1003 001	Puente rojo.
S ₂ - S ₆	1003 002	Puente azul.

4. MAPA DE COMPONENTES



5. CONFIGURACIONES EXTERNAS

5.1. Alimentación de la tarjeta

La tarjeta FADIBUS puede alimentarse a 5v ó 3,3v. La tarjeta PICAXE SHIELD BASE suministra 5v ó 3,3v con una corriente de hasta 0'5A entre ambas fuentes y la tarjeta ARDUINO UNO suministra explícitamente 5v-0'5A y 3,3v-0'1A. En ambos casos es preferible utilizar microcontroladores de 5v y alimentar FADIBUS con la fuente de alimentación primaria(5v). En todo caso, FADICLOCK se adapta a ambas tensiones que se seleccionan con un puente rojo en S₁.

5.2. Dirección I2C del esclavo

FADICLOCK responde únicamente a la dirección \$D0-\$D1.

5.3. Activación de la interrupción.

Si se configura el RTC DS3232 para generar alarmas, se produce una interrupción por nivel BAJO a través de la patilla SQW/INT cada vez que ALARMA_1 o ALARMA_2 alcanzan el instante de tiempo programado.

Si se configura el RTC DS3232 como generador de onda programable, se produce una señal síncrona a través de la patilla SQW/INT cuya frecuencia está definida por los bits internos RS2 y RS1.

5.4. Resistencia pullup SQW/INT.

La salida de interrupción tiene dos estados: nivel BAJO(interrupción) y alta impedancia(no interrupción), para obtener un nivel ALTO se conecta la salida de interrupción SQW/INT a Vcc a través de la resistencia R₁.

La salida SQW/INT precisa siempre de una resistencia de pullup externa R₁ ya sea en la misma tarjeta o en otra. La tarjeta FADICLOCK permite formar una función O-lógica con otras tarjetas para activar interrupciones a través de una misma entrada, el único requisito es que solo debe estar activa una resistencia de pullup. En este caso mediante un puente RS se elige la tarjeta que aportará la única resistencia de pullup operativa.

5.5. Enrutado de la interrupción al microcontrolador.

Si se configura el RTC DS3232 para generar alarmas, la patilla SQW/INT canaliza los eventos internos o interrupciones de la ALARMA_1 y ALARMA_2. Mediante un puente azul, la tarjeta FADICLOCK puede encaminar dicha interrupción hacia el microcontrolador puenteando B.0, B.1, B.2, C.7 o C.6 de los puertos B y C respectivamente.

Si se configura el RTC DS3232 como generador de onda programable, la patilla SQW/INT canaliza la onda programada en los bits internos RS2 y RS1. Mediante un puente azul, la tarjeta FADICLOCK puede encaminar la señal del generador de onda programable hacia el microcontrolador puenteando B.0, B.1, B.2, C.7 o C.6 de los puertos B y C respectivamente.

5.6. Enrutado del señal 32khz($2^{15}=32768\text{Hz}$)

Si el generador de 32kHz está habilitado (*EN32kHz*), puede enrutarse hacia los pines C.5 o C.4. La tarjeta FADICLOCK dispone del conector JP5 para insertar un puente en el área 32KHZ y encaminar el señal hacia los pines C.5 o C.4.

Dado que es una salida push-pull de 1mA no precisa de resistencias auxiliares.

5.7. Enrutado del señal de reset

El pin reset del DS3232SM es un pin de entrada y salida al mismo tiempo. Internamente tiene una resistencia de pullup de 50k Ω , además la tarjeta FADICLOCK añade en paralelo la resistencia R₁ de pullup de 4k7 Ω ; sí no le conviene puede extraerla.

El DS3232 inicializa un ciclo de reset interno cuando se le aplica un nivel BAJO.

Cuando la tensión de alimentación Vcc se sitúa por debajo de la tensión de la batería entonces RESET actúa como salida poniendo dicho pin en nivel BAJO.

Mediante un jumper se puede encaminar la señal de reset hacia las entradas C.0 o C.1

La tarjeta FADICLOCK dispone de un botón de reset para resetear fácilmente la tarjeta microcontroladora. Colocando un jumper en el extremo izquierdo del conector JP5, etiquetado como RESET puede conectarse el circuito de reset del microcontrolador con el circuito de reset del DS3232SN.

6. CONFIGURACIONES INTERNAS

6.1. Alarmas

El pin INT/SQW está compartido con 2 dispositivos internos. Para implementar dicho pin como salida de interrupción por alarmas, en primer lugar hay que poner el bit_2 de control SQW/INT a nivel ALTO.

En segundo lugar, para evitar que se genere una interrupción durante la configuración, hay que deshabilitar las alarmas en el registro de control, poniendo a nivel bajo los bits A1IE y A2IE.

En tercer lugar hay que escribir en los registros funcionales internos \$07-\$0D teniendo en cuenta sus máscaras A1M1-4 y A2M1-3.

En cuarto lugar para reconocer la alarma que ha estallado debemos borrar los flags de la alarma_1 y alarma_2, bit_0 y bit_1 del registro de estado, A2F y A1F respectivamente.

Y finalmente habilitar las alarmas poniendo a nivel ALTO los bit 1 y 2 del registro de control, A1IE y A2IE respectivamente.

Si no existe batería backup, al conectar el DS3232SN (power-up) ocurrirá lo siguiente

INTCN → ALTO INT /SQW está configurado para interrupciones de alarma.

A1IE, A2IE → BAJO Las alarmas están deshabilitadas en la primera conexión.

6.2. GENERADOR DE ONDA PROGRAMABLE SQW.

Dado que el pin INT/SQW está compartido. Para implementar dicho pin como salida de generador de onda cuadrada, hay que poner el bit_2 de control SQW/INT a nivel BAJO.

El generador de onda cuadrada dispone de 4 frecuencias fijas preprogramadas:

RS2	RS1	Frecuencia de salida SQW
0	0	2^0 1 Hz
0	1	2^{10} 1024 Hz
1	0	2^{12} 4096 Hz
1	1	2^{13} 8192 Hz

En el registro de control los bits 4 y 5, RS2 Y RS1 respectivamente configuran una de las cuatro frecuencias.

Cuando el DS3232SN se conecta por primera vez el bit_6 BBSQW del registro de control está a nivel BAJO. Eso significa que si la tensión de la pila V_{backup} es superior a V_{cc} entonces el generador de onda estará apagado y por el pin INT/SQW no habrá señal. Si se desea continuar generando señal INT/SQW debe ponerse a nivel ALTO el bit _6 BBSQW que consumiendo energía de la pila continuará oscilando.

Si la tensión de la pila V_{cc} es superior a la tensión de la pila V_{backup} siempre habrá señal de salida prescindiendo del señal BBSQW, que sólo sirve para cuando cae V_{cc} .

6.3. SEÑAL DE 32768KHZ

La salida 32kHz es un generador de onda cuadrada fijo de 32768Hz (2^{15} Hz) que internamente dispone de una etapa de salida push-pull que llega a suministrar 1mA de corriente.

Para habilitar este generador debe ponerse el bit_3 del registro de control/estado EN32kHz a nivel ALTO.

Si se desea continuar generando este señal cuando $V_{\text{bat}} > V_{\text{cc}}$ entonces hay que poner a nivel ALTO el bit_6 del registro de control/estado. Si este bit_6 BB32kHz=0 entonces cuando hay un fallo en la tensión de suministro V_{cc} el pin de salida 32kHz se quedará a nivel BAJO.

6.4. CONVERSIÓN DE TEMPERATURA

El DS3232SN dispone de un sensor de temperatura compensado internamente mediante registro. Tiene una resolución de 0'25°C y un rango de -40°C a +85°C. Leyendo los registros de función \$11 se accede a la parte entera, en \$12 se accede a la parte decimal. La temperatura está codificada en complemento a 2, el bit de más peso de la parte entera \$11 es el signo (0.- positivo, 1.- negativo), los 7 bits restantes configuran la magnitud de la temperatura.

Las conversiones de temperatura se realizan después del startup y a partir de entonces con una cadencia de configurada en el bit_5 i bit_6 del registro de control/estado, CRATE1 y CRATE0 respectivamente:

CRATE1	CRATE0	Cadencia conversiones de temperatura
0	0	64 segundos
0	1	128 segundos
1	0	256 segundos
1	1	512 segundos

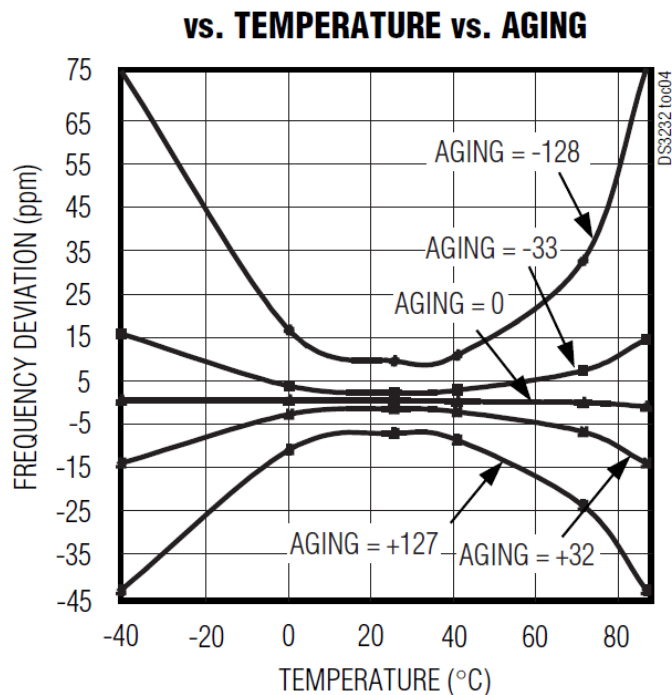
Una funcionalidad adicional muy utilizada en la conversión de temperatura es el bit_5 del registro de control CONV. En circunstancias normales/estables está a nivel BAJO, al ponerlo a nivel ALTO mediante una escritura, se fuerza a realizar una conversión de temperatura con carácter inmediato. En ese momento el flag BSY situado en el bit_2 del registro de control/estado se pone a nivel ALTO indicando que la conversión de temperatura está en proceso.

Cuando la conversión esta finalizada el flag BSY se vuelve a situar a nivel BAJO para indicar que el conversor de temperatura está realizada y libre para encargar una nueva. El resultado de la anterior conversión está guardado en el registro funcional de temperatura \$11-\$12.

6.5. CORRECCIÓN DE LA CONVERSIÓN DE TEMPERATURA

Internamente existe una matriz de condensador conectada al cristal oscilador. En ocasiones el DS3232SN envejece o debido a una temperatura alejada de las condiciones normales 25°C hace que se pierda linealidad y exactitud. Para corregir este efecto existe el registro AGING OFFSET que añade o sustrae capacitancia al oscilador, es decir, conecta o desconecta condensadores internos.

El efecto es que se provoca un cambio en la frecuencia de oscilación 32khz, que bien utilizado corrige la frecuencia de oscilación a su valor real. El registro aging está implementado en complemento a 2. Un valor positivo en el Aging register (\$10) añade capacidad y provoca una disminución en la frecuencia de oscilación interna, contrariamente un valor negativo extrae capacidad y aumenta la frecuencia de oscilación. En la patilla 32KHZ se puede monitorizar los cambios de frecuencia. Para calcular el valor a escribir hay que utilizar el siguiente gráfico proporcionado por <http://www.maxim-ic.com> :



6.6. OSCILADOR INTERNO

En ocasiones el oscilador interno 32khz no es capaz de ponerse en marcha o está indisponible temporalmente. También indica que en algún momento ha estado sin oscilar. Esto sucede:

- 1.- Durante el startup.
- 2.- debido a que los voltajes aplicados V_{backup} o V_{cc} son insuficientes.
- 3.- $\overline{EOSC} = 0$ pero esta alimentado por batería.
- 4.- cuando influencias externas actúan y lo indisponen (ruido ...).

Para conocer mas información sobre el estado del oscilador interno se lee en el bit_7 del registro de control/estado. Un nivel ALTO indica alarma, que esta parado o estuvo parado. Este bit permanecerá en estado alto hasta que se escriba un nivel BAJO.

Si el primer startup lo provoca una batería ($V_{cc}=0$ y $V_{backup}=E$) entonces, para ahorrar energía el oscilador interno no se pondrá en marcha hasta que:

- 1.- $V_{cc} > V_{backup}$
- 2.- Se escriba una dirección válida \$D0-\$D1 en el bus I2C.

6.7. Batería

La batería backup actúa de forma automática siempre que la tensión de alimentación general V_{cc} sea inferior a la tensión de la batería.

Existen unos bits del registro de control que modifican el comportamiento del oscilador ante una caída de V_{cc} .

El bit_7 del registro de control permite parar el oscilador interno mientras el DS3232SN está alimentado por V_{backup} . Poner un nivel ALTO en \overline{EOSC} impide la puesta en funcionamiento del oscilador interno y el consiguiente ahorro energético en la batería. Por defecto \overline{EOSC} está a nivel BAJO y si existe una batería el oscilador continuará funcionando ante una caída de V_{cc} .

El bit_6 del registro de control $BBSQW$ por defecto está a nivel BAJO. En esta situación ante una caída de V_{cc} el generador de señal cuadrada programable deja de funcionar y el pin INT/SQW permanece en estado de alta impedancia. De esta forma se contribuye a ahorrar la energía de la batería.

Si $BBSQW$ está a nivel ALTO, si sucede una caída de V_{cc} , entonces el generador de señal cuadrada programable continuará funcionando alimentado por la batería.

7. Interface I²C

Para más información remitirse a <http://www.maxim-ic.com>.

El bus siempre será accesible si V_{cc} o V_{backup} tienen unos niveles válidos.

En algunas ocasiones si se resetea el microcontrolador, o pierde su alimentación mientras se está comunicando vía I2C puede que el DS3232SN se quede desincronizado. Se puede recuperar la sincronización cuando el microcontrolador haya recuperado V_{cc} y detecte la falta de comunicación. El método consiste en hacer oscilar SCL hasta observar que el DS3232SN pone SDA a nivel ALTO, en ese momento mientras SCL está ALTO, el microcontrolador pone SDA a nivel BAJO. Otra forma de restablecer el DS3232SN consiste en mantener un largo tiempo SCL a nivel bajo.