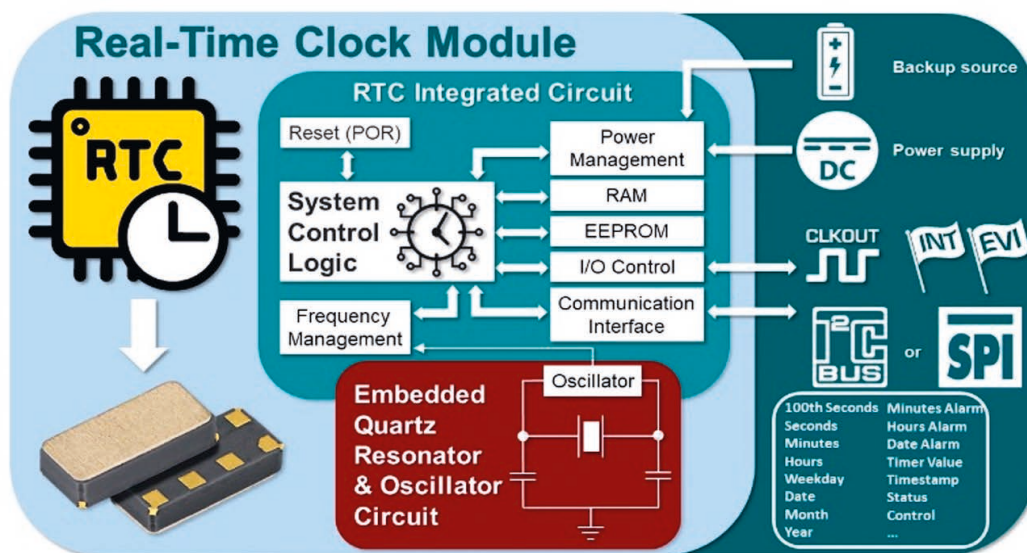


Echtzeituhr-Module: Auswahl leicht gemacht

Mit einer Reihe von Optionen, die die mikrocontroller-basierte Hardware bereichern, helfen RTC-Module den Elektronikingenieuren, die immer komplexeren Herausforderungen von Designs zu meistern.



durch die neuen Generationen von RTC-Modulen im kleinen DFN-Gehäuse (Dual Flat No Leads) mit bis zu 3,2 x 1,5 x 0,8 mm (Typ C7) verfügbar sind.

Die Register werden im RAM gespeichert und während des Betriebs des RTC-Moduls periodisch aktualisiert. Das RTC-Design enthält in der Regel eine langlebige Batterie oder eine andere Backup-Energiequelle, um die Zeit auch dann zu verfolgen, wenn keine Stromversorgung anliegt, so dass der Benutzer nicht fortwährend die Uhrzeit und das Datum einstellen muss, wenn die Geräteversorgung eingeschaltet wird.

Konkret gelingt es, beste Performance und zusätzliche Funktionen in einen immer kleineren Formfaktor einzubauen und zudem den Stromverbrauch zu minimieren.

Stromsparend, hochpräzise und ultraklein

Als anerkannter Branchenführer und Innovator von extrem stromsparenden, hochpräzisen und ultrakleinen Echtzeituhr-Lösungen bietet Micro Crystal (Vertrieb durch SE Spezial-Electronic GmbH) eine Reihe von RTC-Modulen für den Einsatz bei IoT, Wearables, Consumer-Produkten, GPS-Modulen, Automobilelektronik, Medizintechnik bis hin zu implantierbaren medizinischen Komponenten.

Um den Auswahlprozess eines RTC-Moduls zu vereinfachen, werden im Folgenden Schlüsselfragen und -funktionen diskutiert und einige Richtlinien empfohlen.

Die RTC/RTC-Module

Eine Echtzeituhr (RTC) ist eine digitale Uhr; ihre Hauptfunktion besteht darin, die Zeit auch dann genau zu verfolgen, wenn die Hauptstromversorgung ausge-

schaltet ist oder das Gerät in den Energiesparmodus versetzt wird. Sie besteht aus einem Oszillator, der mit einem Mikrocontroller gekoppelt ist. Die Controller- und Oszillatorschaltung sind in einem speziellen IC kombiniert, das mit einem externen oder eingebetteten 32,768-kHz-Quarzresonator verbunden ist.

RTCs werden zudem in einer Vielzahl von Anwendungen eingesetzt, in denen Ihre Zusatzfunktionen eine wichtige Rolle spielen, um nicht nur die aktuelle Zeit zu verfolgen, sondern gleichzeitig Alarme, Timer- und Interrupt-Funktionen bereitstellt werden die den Stromverbrauch massiv reduzieren.

RTCs von Micro Crystal verwenden einen integrierten Quarz und werden als RTC-Module bezeichnet. Diese Bausteine wurden gezielt entwickelt, um die Performance zu optimieren die mit diskreten Komponenten nicht zu erreichen ist. Das vereinfacht das Design und ermöglicht Designs auf kleinsten Raum und verkürzt die Entwicklungszeit und Markteinführung. Die Anforderung an Miniaturisierung des Designs, insbesondere für batteriebetriebenen Geräte wird ermöglicht auch

Warum eine RTC verwenden?

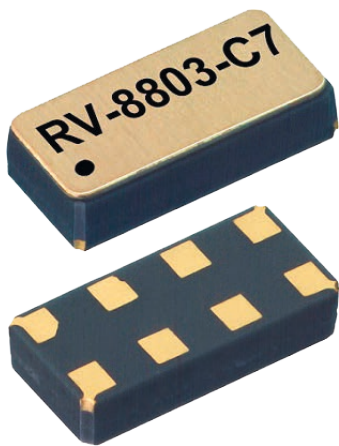
Mit dem heutigen Zugang zum Internet oder GPS ist davon auszugehen, dass ein Gerät, sobald es verbunden ist, die genaue Zeit abrufen kann. Für Applikationen, die eine permanente Internetverbindung haben, könnte das Fehlen einer RTC gerechtfertigt sein. Dieser Vorteil ist jedoch erkauft auf Kosten eines hohen Stromverbrauchs und kann nur für Applikationen, die permanent an das Stromnetz angeschlossen sind, akzeptabel sein.

Batterieversorgte Geräte können es sich nicht leisten, den drahtlosen Transceiver ständig zu aktivieren, denn dies führt zur schnellen Entladung der Batterie. Diese Geräte benötigen aber in irgendeiner Form einen Dauerbetrieb, um die Zeit im Auge zu behalten. Eine intermittierende Aktivität ist nötig (Duty Cycle), um die Lebensdauer der Batterie zu verlängern. Die Verwendung einer RTC-Funktion ermöglicht es dem Entwickler, den Mikrocontroller abzuschalten, wenn keine Aufgabe erforderlich ist, was zu erheblichen Energieeinsparungen führt.

Oft besitzt der Mikrocontroller bereits eine integrierte RTC-Funktion, ABER wenn ein



Axel Gensler
SE Spezial-Electronic GmbH,
www.spezial.com



Mikrocontroller mit integrierter RTC in den Sleep Mode (Energiesparmodus) versetzt wird, müssen das Taktsignal und die Schaltkreise weiterlaufen, um genaue Zeitnahme- und Alarmfunktionen zu gewährleisten. Da diese in der Regel nicht auf die RTC-Funktion optimiert sind, liegt die Stromaufnahme des Mikrocontrollers, wenn nur die interne RTC-Funktion aktiv ist, weit über 1 μA , also zigfach über dem Wert einer externen RTC. Der außergewöhnlich niedrige Ruhestrom, der von heutigen RTC-Modulen erreicht wird (45 nA typ. für RV-3028-C7 im Zeiterhaltungsmodus, ohne Buskommunikation) ermöglicht eine deutlich längere Batterielebensdauer.

Das RTC-Modul löst das Problem ein konstant betriebenes Gerät bei geringstem Strom zu betreiben und die Zeitreferenz zu erhalten, wenn ansonst keine andere Aufgabe erforderlich ist. Auch wenn RTCs nie als Schlüsselkomponente in Systemen in Betracht gezogen wurden, ist die „Always-on“-Zeitnahmefunktion ein „Must Have“ und die Wahl der RTC prägt das heutige Design von Elektronik, medizinischen Geräten oder Industrieprodukten, bei denen Energieeinsparung und Backup-Zeitnahme ein wichtiges Feature darstellt.

Die Schnittstelle für die Kommunikation mit der RTC

Der I²C-Bus (Inter Integrated Circuit) ist ein einfacher, bidirektionaler, synchroner, serieller Zweidraht-Bus. Fast-Mode-Geräte können bis zu 400 kbit/s

empfangen und senden. Die Beschaltung erfordert aber externe Pull-up-Widerstände für beide Leitungen (SCL und SDA). Der I²C-Bus ist mittlerweile ein Industriestandard für Steuerungs-, Diagnose- und Überwachungslösungen in unzähligen Embedded-Applikationen mit einfacher Implementierung, niedrigen Kosten.

Das SPI (Serial Peripheral Interface) stellt einen „lockeren“ Standard für einen synchronen seriellen Datenbus (Synchronous Serial Port) dar, der die digitalen Schaltungen nach dem Master-Slave-Prinzip miteinander verbindet. Ähnlich wie I²C mit einer anderen Form des seriellen Kommunikationsprotokolls, das mit Vollduplex arbeitet und drei oder vier Leitungen benötigt. Es arbeitet mit schnelleren Datenraten als I²C (bis zu 7 Mbit/s) und wird dort eingesetzt, wo Geschwindigkeit wichtig ist.

I²C ist der Standard. Es ist schnell genug für die RTC-Timing-Datenübertragung und minimiert die Anzahl der Leitungen. Zusätzliche Pull-up-Widerstände sind erforderlich, was sich auf die verwendete PCB-Fläche auswirkt. Während der I²C-Takt- und Datenübergänge fließt Strom durch die Pull-up-Widerstände, was zu einem höheren Stromverbrauch für I²C gegenüber SPI führt (bei gleicher Kommunikationsfrequenzbedingung). Wenn die Geschwindigkeit der Datenübertragung wichtig ist, verwenden Sie SPI.

RTC-Genauigkeitsgrad (Toleranz)

Eine der wichtigsten Datenblattangaben für eine RTC ist ihre Taktgenauigkeit, die auf der Oszillatorstabilität basiert. Ausgedrückt in parts per million ($\pm X$ ppm) bedeutet dies die Abweichung von $\pm X$ Schwingungen pro Million Schwingungen und ist direkt mit dem Gewinn oder Verlust von Sekunden pro Tag, Minuten pro Jahr verbunden. Bei Designs mit RTC-Chip in Kombination mit einem externen Quarzresonator kumulieren sich die Fehler:

- Quarzkristall ± 20 ppm
- externe Kondensatoren ± 7 ppm
- Leiterbahnen auf der Platine ± 2 ppm
- RTC-IC ± 8 ppm

Das ergibt in Summe bei diesem typischen Beispiel ± 37 ppm. Diese Summe stellt allerdings den hier recht unwahrscheinlichen Worst Case dar, in der Praxis wird der Gesamtfehler also deutlich kleiner sein wegen teilweise gegenseitiger Kompensation.

Die in RTCs verwendete Frequenzreferenz ist üblicherweise ein 32,768-kHz-Stimmgabel-Quarz und die Zeitabweichung direkt und hauptsächlich abhängig von diesem Bestandteil des Oszillators. Darüber hinaus, aufgrund seines negativen Temperaturkoeffizienten mit einer parabolischen Frequenzabweichung, kann sich eine Änderung der Quarzfrequenz von bis zu 150 ppm über den gesamten industriellen Betriebstemperaturbereich von -40°C bis $+85^\circ\text{C}$ ergeben.

Bei einem konstanten Betrieb bei 25°C mit ± 20 ppm Genauigkeit (Stabilität) kann ein RTC-Oszillator einen Fehler von mehr als ± 10 min pro Jahr aufweisen.

Einige Anwendungen erfordern eine hohe Zeitgenauigkeit über einen großen Temperaturbereich. Essenziell wenn z.B. ein Sensor im Freien installiert ist oder hauptsächlich im Freien betrieben wird. In diesem Fall empfiehlt es sich einen RTC mit integrierter Stabilisierungsfunktion. Damit ist eine Genauigkeit von ± 3 ppm ($\pm 0,26$ s/Tag) über den gesamten industriellen Temperaturbereich möglich.

Stabilität der RTCs

Die Stabilität hängt mit der Spezifikation des im RTC-Modul betriebenen Oszillators zusammen. Sein Verhalten ist umgebungsbedingter Veränderungen unterworfen, aber auch Drifts durch die Zeit (Alterung) verursacht werden.

Die Auswirkung der Temperatur wird im DTCXO (Digitally Temperature Compensated Crystal

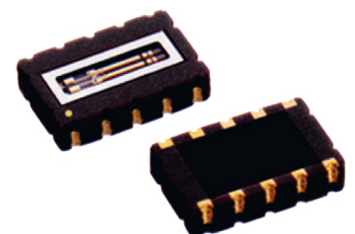
Oscillator) basierten RTC Modul kompensiert, indem Impulse entfernt werden, um die Zählung zu überspringen, wenn der Quarz schneller läuft oder durch Hinzufügen von Takten, wenn der Quarz langsamer läuft.

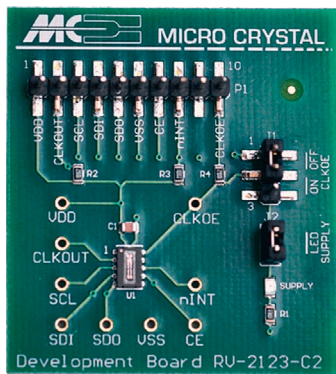
Die Quarzfrequenz wird mit der Zeit leicht variieren, da die Alterung die Materialeigenschaften des Quarzes und der im Oszillatorschaltkreis verwendeten Kondensatoren verändert. Die Alterung ist mit ± 3 ppm während des ersten Jahres spezifiziert (entsprechend einer Abweichung über das Jahr von $\pm 1,6$ min) und deutlich reduziert sich deutlich in den Folgejahren.

MicroCrystal-RTC-Module erfordern keine Benutzerkalibrierung, die Bauelemente werden während des Herstellungsprozesses mit hochgenauen Timing-Referenzeinheiten kalibriert. Die in den DTCXO-Bausteinen (Digital Temperature Compensated Crystal Oscillator) enthaltenen Temperatursensoren werden ebenfalls über den gesamten Betriebsbereich kalibriert. Somit sind alle Fehler, die bei der Zeitmessung und bei der Messung und Digitalisierung des Temperaturwertes auftreten, bereits in den Genauigkeitsangaben des Sensors enthalten. Diese RTC-Module, integrieren den Quarzresonator und den RTC-Schaltkreis, und bieten damit Schutz gegen Druckänderungen, Feuchtigkeit oder externe chemische Verunreinigungen durch die perfekte Abdichtung des Keramikgehäuses unter Vakuumbedingungen. Alterungseffekt der Oszillatorfrequenz kann durch eine „Offset“-Registerabgleichfunktion korrigiert werden.

Stromaufnahme eines RTCs

Dieses wichtige Auswahlkriterium basiert auf der Stromauf-





nahme der Zeitmessung, die es ermöglicht, die Batterielebensdauer des Endgerätes zu definieren, sobald die Hauptversorgungsspannungsquelle abgeschaltet wird. Sie wird unter bestimmten Betriebsbedingungen definiert, typischerweise bei 3 V @ 25 °C.

RTCs von Micro Crystal erreichen einen extrem niedrigen Stromverbrauch von 45 nA, selbst die RTC-TXCOs (mit Temperaturkompensation) liegen bei nur 160 nA.

Im optimierten Zeithaltungsmodus muss die RTC so konfiguriert werden, dass ihr Stromverbrauch minimiert wird. Der Taktanschluss sollte deaktiviert und die Kommunikation gestoppt werden. In diesem Modus kann sich das RTC-Modul als Watchdog mit geringem Energiebudget verhalten und das System bei Bedarf aufwecken (Alarm, Timer, Event-Interrupt).

Neben dem Setting diese Low-power Timekeeping Mode variiert der Stromverbrauch einer RTC je nach ihren Funktionen und Konfigurationseinstellungen). Die Stromaufnahme wird zudem durch den Schnittstellentyp beeinflusst (z.B. Strom, der durch den Pull-up-Widerstand, während der Open-Drained-I²C-Kommunikation fließt).

Backup-Quellen für RTCs

In vielen Designs ist eine spezielle und dedizierte Stromquelle für die RTC vorhanden, um die Zeit so lange wie möglich ohne Unterbrechung, ohne erneute Einstellung, genau zu verfolgen. Einige Applikationen sind

mit einem automatischen Schalter ausgestattet, der in der Lage ist, ein niedrige Energieladung der Hauptversorgungsspannung zu erkennen und eine Umschaltung auf die Backup-Batterie durchzuführen.

Wie bei der Auswahl des optimalen RTC-Moduls für Ihre Anwendung ist auch das Leistungsbudget ausschlaggebend für die Wahl der passenden Backup-Quelle. Die Dauer des Hauptversorgungsengpasses oder die Anforderungen an die Batterielebensdauer bestimmen die erforderliche Leistungskapazität.

Die gebräuchlichsten Backup-Quellen sind MLCC (Multilayer Ceramic Capacitor), Supercap (sehr hochwertiger Kondensator mit einem Wert von einem Zehntel Farad oder mehr), primäre (Einweg-) und sekundäre (wiederaufladbare) Batterie.

Die Anwendungsfälle müssen sorgfältig bewertet werden, um alle Parameter zu berücksichtigen, die mit den Einschränkungen der Backup-Quelle verbunden sind, wie Kosten, Größe, Verhalten bei Temperatur, Selbstentladung, Ladezyklen, Lagerfähigkeit, Polarisierung, Einhaltung des Reflow-Prozesses, Recycling.

Das Entladeprofil der Backup-Quelle bei niedrigem Strom und den weiten Spannungsbereich, den die Micro Crystal RTC bietet, ist ein wichtiger Faktor bei der Auswahl der Optimierung, um die Autonomie der Zeitmessung zu verlängern. Die Möglichkeit, die in einigen Modulen enthaltene Ladungspumpe einzubeziehen, um die Ladung zu verlängern, ist ebenfalls eine Überlegung wert.

Wichtige Zusatzfunktionen

Alarme basieren auf Zeiteinstellungen (von Sekunden bis Jahre), Interrupts können von vielen Quellen generiert werden. Wichtig: Der Interrupt-Ausgang ist auch aktiv, wenn die RTC mit einer Backup-Quelle betrieben wird (V_{BACKUP} Powerstate).

Die Funktionen, die State-of-the-Art-RTC-Module integrieren, ermöglichen die Überwachung des Systemverhaltens durch Powermanagement, Temperaturüberwachung, Alarmierung bei abgelaufener Zeit oder bei externen Ereignissen, während sich der Host-Mikroprozessor im Idle-Modus befindet. Ereignis wie die Sommerzeit werden nicht berücksichtigt, da diese ortsabhängig sind. Einige Funktionen sind in allen RTC-Modulen vorhanden, andere nur in einigen Produkten.

Der breite Betriebsspannungsbereich, die geringe Leistungsaufnahme, die hohe Genauigkeit und der kompakte Formfaktor vereinfachen die Implementierung der Micro-Crystal-RTC-Modul in eine neue Hardware. Das Auswahlkriterium basiert dann maßgeblich auf anderen Merkmalen wie die Auflösung des Timers, der Ausgangsfrequenz der Uhr oder dem Bedarf an einem Zeitstempel für Ereignisse.

Layout-Empfehlungen

Das RTC-Modul muss nicht zwingend in unmittelbarer Nähe zur MCU platziert werden, wie es etwa bei der Verwendung eines reinen Quarzbausteins und Kondensatoren notwendig ist. Dies bietet dem Designer Flexibilität beim Layout und der Platzierung des RTC-Bausteins auf der Platine. Für RTCs mit Umgebungstemperaturmessung und der Platzierung des RTC-Bausteins auf der Platine. Für RTCs mit Umgebungstemperaturmessung gelten die gleichen Regeln wie bei der Verwendung eines Temperatursensors.

Da der Oszillatorbetrieb der RTC konstruktionsbedingt garantiert ist und bereits in der Produktion kalibriert wird, bevor er in einem hochzuverlässigen hermetischen Gehäuse versiegelt wird, besteht keine Notwendigkeit für einen besonderen Schutz gegen Verunreinigungen.

Fazit

Durch die Kombination des Quarzes und des RTC -Schaltkreises in einem einzigen Gehäuse ermöglichen die RTCs von Micro Crystal eine Mini-

mierung des Footprints. RTCs von Micro Crystal erfordern keine Oszillatoranpassung während der Design-Phase, reduziert den Design-Aufwand und somit die Entwicklungskosten und Markteinführungszeit. Der werkseitige Kalibrierungsprozess und das hermetische dichten Gehäuse gewährleisten eine hohe Genauigkeit, Stabilität und Zuverlässigkeit über die gesamte Lebensdauer.

Das RTC-Sortiment umfasst RTC-Module mit I²C- oder SPI-Schnittstelle sowie einen breiten Funktionsumfang wie Alarme, Timer, Zeitstempel, Steuerung des Taktansgangs, externer Event-Interrupt (z.B. zur Manipulationserkennung), Powermanagement und sogar genaue Temperaturüberwachung.

Das parametrische Suchfunktion unter Parametric Search Tool hilft, um schnell und gezielt das richtige Bauelement zu finden, passend zu Ihrer Spezifikation. Für Kundenevaluierung bietet Micro Crystal RTC-Muster sowie ein spezielles Evaluierungs-Board mit einem Interface Dongle (I²C/SPI-kompatibel) zum Testen und Kommunikation mit einem PC. Die auf den Produktseiten zur Verfügung gestellten Footprint (Landing Pattern), 3D-Modelle und Applikationschriften, verschiedene Whitepapers runden das Angebot ab.

Quellen:

Certificates for RTCs:

Certificate of Compliance Environment

Parametric Table:

RTC Modules Parametric Table

Technical Notes:

Technical_Note_RTC_Selection

Real-Time Clock Module – Key Choice Criteria ◀

