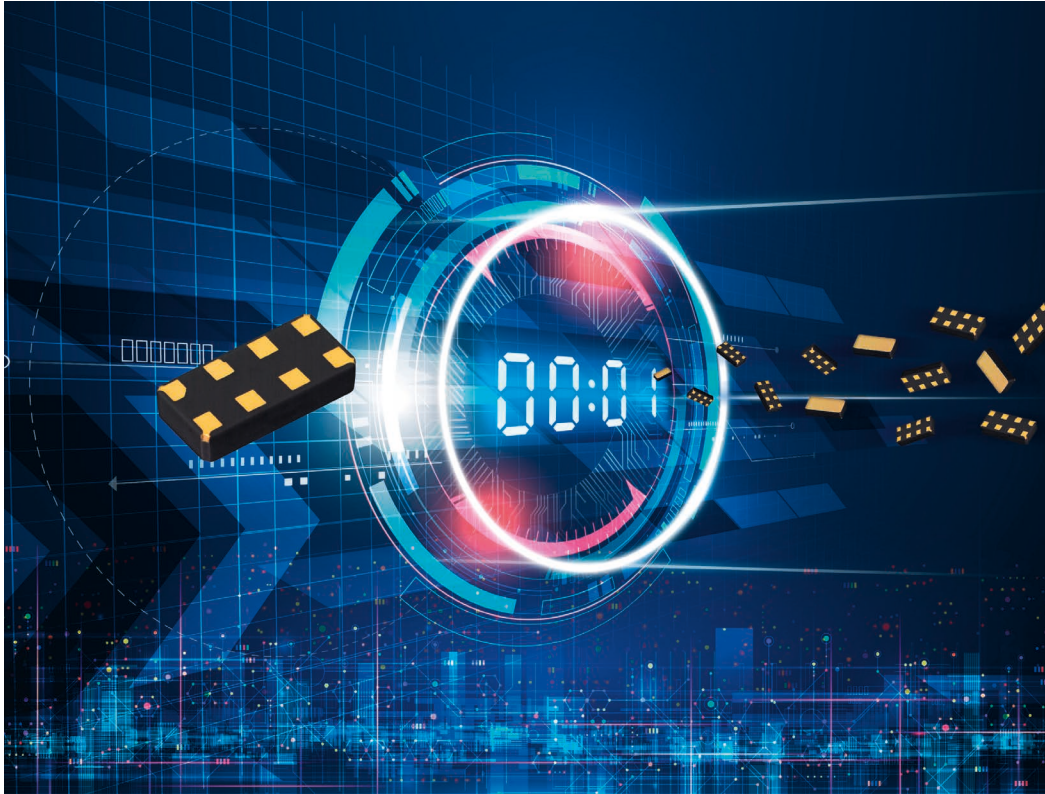


FAQ Realtime Clock

Auswahl und Einsatz von RTC-Modulen

Um die Auswahl der für die jeweilige Anwendung perfekten RTC zu vereinfachen, werden hier die wichtigsten Fragen und wesentlichsten Funktionen erörtert und einige Leitlinien zum korrekten Einsatz vorgeschlagen.



Zusatzfunktionen wie Alarmer, Timer, Zeitstempel, Steuerung des Takttausgangs, externe Ereignisunterbrechung (z.B. zur Erkennung von Manipulationen), Energieverwaltung oder sogar genaue Temperaturüberwachung einen nicht unerheblichen Mehrwert.

Die Grundlagen

Im Wesentlichen ist eine Realtime Clock eine digitale Uhr, deren Hauptfunktion darin besteht, die Zeit auch dann genau zu verfolgen, wenn die Hauptstromversorgung ausgeschaltet ist oder das Gerät in den Energiesparmodus versetzt wird. Sie besteht aus einem Oszillator, der mit einem Steuerungssystem gekoppelt ist. Die Controller- und Oszillatorschaltungen sind in einem speziellen IC kombiniert, das mit einem externen oder integrierten Uhrenquarz mit 32,768 kHz verbunden ist.

Diese RTC-Bausteine wurden entwickelt, um eine bessere Leistung als diskrete Komponenten zu bieten, die Integration in neue Designs zu vereinfachen und die Markteinführung zu beschleunigen. Die Register werden im RAM gespeichert und während des Betriebs des RTC-Moduls regelmäßig aktualisiert.

RTCs enthalten in der Regel auch eine langlebige Batterie oder eine andere Backup-Quelle, damit sie die Zeit auch dann verfolgen können, wenn keine Stromquelle verfügbar ist. So müssen Benutzer nicht jedes Mal, wenn das Gerät eingeschaltet wird, die Uhrzeit und das Datum neu einstellen.

RTCs werden in einer Vielzahl von Anwendungen eingesetzt, in denen sie eine wichtige Rolle bei der Überwachung der aktuellen Zeit spielen. Gleichzeitig

Der anhaltende Trend zur Miniaturisierung und die Entwicklung immer modernerer portabler Systeme, wie beispielsweise Wearables, stellt Entwickler immer wieder vor neue und noch komplexere Herausforderungen. Immer höhere Leistung und zusätzliche Funktionen müssen auf möglichst kleinem Raum untergebracht werden und dabei auch noch batterieschonend sein.

lichen die RTCs von Micro Crystal eine Minimierung des Platzbedarfs. Diese RTCs bieten ab Werk eine perfekt aufeinander abgestimmte Einheit, welche während der Designphase keine zusätzliche und aufwendige Anpassung des Oszillatorschaltkreises mehr erfordern. Dadurch sind sie vielseitig einsetzbar und helfen erheblich bei der Einsparung von Entwicklungskosten und minimieren drastisch die Entwicklungszeit.

Der werkseitige Kalibrierungsprozess und das hermetische versiegelte Keramikgehäuse gewährleisten eine hohe Genauigkeit und Stabilität über die gesamte Lebensdauer und tragen damit zu höchster Zuverlässigkeit des Endproduktes bei.

Die RTC-Module sind wahlweise mit I²C- oder SPI-Schnittstelle verfügbar und bieten durch

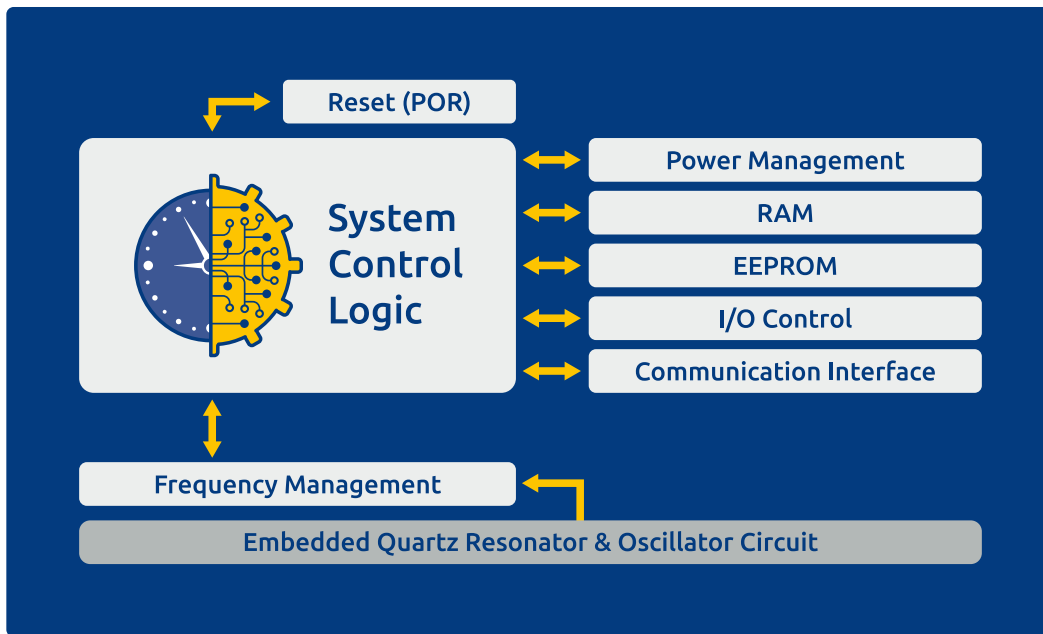
Realtime-Clock-Module sind hilfreich

Hierbei können die von Micro Crystal entwickelten Realtime-Clock-Module (RTC) mit einer Vielzahl von verfügbaren Optionen den Entwicklungsingenieuren unter die Arme greifen.

Durch die Zusammenführung des Schwingquarzes mit dem Schaltkreis der Echtzeituhr in einem einzigen Gehäuse ermög-



Ansprechpartner:
Hendrik Nielsen
Technical Sales Specialist
FCP, WDI AG
hnielsen@wdi.ag



Funktioneller Aufbau einer Real-Time-Clock

stellen sie Alarmer, Timer- und Interrupt-Funktionen bereit und tragen zur Senkung des Stromverbrauchs bei.

Warum sollte man eine RTC verwenden?

Mit dem heutigen Zugang zum Internet oder GPS kann man davon ausgehen, dass ein Gerät, sobald es verbunden ist, die genaue Zeit abrufen kann. Bei Geräten mit ständiger Internetverbindung könnte man also ohne Probleme auf den Einsatz einer RTC verzichten. Allerdings geht das häufig mit einem höheren Stromverbrauch einher und ist daher höchstens für Geräte, die dauerhaft an das Stromnetz angeschlossen sind, akzeptabel.

Batteriebetriebene Geräte können es sich nicht leisten, den drahtlosen Transceiver ständig in Betrieb zu halten, da dies zu einer sehr schnellen Entladung der Batterie führt. Häufig benötigen diese Geräte aber in irgendeiner Form einen kontinuierlichen Betrieb, um die Zeit im Auge zu behalten. Die Verwendung einer RTC, welche diese Funktion übernimmt, ermöglicht es dem Entwickler, den Mikrocontroller abzuschalten, wenn er gerade keine Aufgabe zu erfüllen hat. Das führt zu erheblichen

Energieeinsparungen und schont somit die Batterie.

Um eine genaue Zeitmessung und Alarmfunktionen zu gewährleisten, müssen der Taktgeber und die Schaltkreise weiterlaufen, auch wenn der Mikrocontroller und eine integrierte RTC in den Tiefschlaf- oder Energiesparmodus übergehen. Zwar gibt es Mikrocontroller mit integrierter RTC, jedoch gilt zu bedenken, dass hier der Stromverbrauch, auch wenn nur die interne RTC-Funktion aktiv ist, mit $>1 \mu\text{A}$ weit über dem einer externen RTC liegt.

Die aktuellen RTC-Module von Micro Crystal erreichen einen extrem niedrigen Ruhestrom von nur 45 nA (z.B. typ. für RV-3028-C7 im Zeitmessmodus, ohne Buskommunikation) und ermöglichen damit eine deutlich längere Batterielebensdauer. Sie tragen dazu bei, dass ein immer eingeschaltetes Gerät auch tatsächlich den geringsten Strom verbraucht, wenn gerade keine andere Aufgabe erforderlich ist.

Auch wenn die RTC nie als Schlüsselkomponente im System betrachtet wird, ist die Funktion der permanenten Zeitmessung häufig ein absolutes Muss. So prägt die Wahl der RTC das heutige Design von kommerziellen elektronischen

Produkten, medizinischen Geräten oder Industrieprodukten, bei denen Energieeinsparungen und Backup-Zeitmessung von größter Bedeutung sind.

Die richtige Schnittstelle

Welche Schnittstelle wird für die Kommunikation mit der RTC verwendet? Hier stehen dem Anwender zwei Optionen zur Verfügung:

• I²C

ist ein einfacher, bidirektionaler, synchroner, serieller Zweidraht-Bus. Fast-Mode-Geräte können bis zu 400 kbit/s empfangen und senden. Es erfordert einen externen Pull-up für beide Leitungen.

• SPI

ähnelt I²C mit einer anderen Form des seriellen Kommunikationsprotokolls, das mit Vollduplex arbeitet und drei oder vier Leitungen benötigt. Es arbeitet mit schnelleren Datenübertragungsraten als I²C (bis zu 7 Mbit/s) und wird dort eingesetzt, wo Geschwindigkeit wichtig ist.

I²C ist seit Jahren der Standard, da es schnell genug für die Übertragung der RTC-Zeitdaten ist und die Anzahl der erforderlichen Leiterbahnen minimiert. Erforderlich sind hier zusätzliche Vorwiderstände, was sich

auf die benötigte Leiterplattenoberfläche auswirkt. Wenn eine hohe Geschwindigkeit der Datenübertragung erforderlich ist, sollte SPI verwendet werden. Da bei der Übertragung per I²C Strom durch die Vorwiderstände fließt, kommt es hier zu einem etwas höheren Stromverbrauch, als es bei der Übertragung per SPI der Fall ist.

Wie genau ist eine Realtime Clock?

Eine der wichtigsten Datenblattangaben bei einer RTC ist ihre Taktgenauigkeit, welche in erster Linie auf der Stabilität des verbauten Oszillators beruht. Sein Verhalten kann umwelt- (z.B. Temperatur) oder zeitlich (Alterung) bedingten Veränderungen unterliegen. Ausgedrückt wird das in parts per million (ppm) und ist direkt mit der Abweichung von Sekunden pro Tag oder Minuten pro Jahr verbunden.

Die perfekt hermetisch versiegelten Keramikgehäuse von Micro Crystal gewährleisten ein Vakuum, das den integrierten Schwingquarz und den RTC-Schaltkreis vor Druckschwankungen, Feuchtigkeit oder externe chemische Verunreinigungen schützt.

Da die in RTCs verwendete Frequenzreferenz in der Regel auf einem Stimmgabelquarzresonator mit $32,768 \text{ kHz}$ basiert, ist die Zeitabweichung direkt und hauptsächlich mit diesem Teil des Oszillators verbunden. Aufgrund seines negativen Temperaturkoeffizienten, mit einer parabolischen Frequenzabweichung kann sich eine Abweichung der Quarzfrequenz von bis zu 150 ppm über den gesamten industriellen Betriebstemperaturbereich von -40 bis $+85 \text{ °C}$ ergeben.

Bei einem konstanten Betrieb bei 25 °C kann ein RTC-Oszillator mit einer Genauigkeit von $\pm 20 \text{ ppm}$ (Stabilität) zu einem Fehler von mehr als $\pm 10 \text{ min/Jahr}$ führen.

Die Frequenz aller RTC-Module von Micro Crystal wird schon während der Produktion bei

Quarze und Oszillatoren

Umgebungstemperatur abgeglichen, um eine typische Gesamtgenauigkeit von ± 20 ppm zu erreichen. Eine aufwendige Kalibrierung durch den Anwender ist also nicht mehr erforderlich, da die Module schon während des Herstellungsprozesses mit hochgenauen Zeitreferenzeinheiten abgeglichen werden.

RTCs mit Temperaturkompensation

Erfordert eine Anwendung eine hohe Zeitmessgenauigkeit über einen großen Temperaturbereich, wie beispielsweise ein Sensor im

$$\frac{\pm 20 \text{ [ppm]}}{10^6} \times \frac{365 \text{ [days]} \times 24 \text{ [hours]} \times 60 \text{ [minutes]}}{1 \text{ [year]}} \times 1 \text{ [year]} = \pm 10.5 \text{ [minutes]}$$

\pm minutes deviation per year
over a year

Was 20 ppm bedeutet

Freien, empfiehlt sich die Verwendung von RTCs mit Temperaturkompensation, welche auf einem DTCXO (Digitally Temperature Compensated Crystal Oscillator) basieren.

Diese kompensieren Beeinflussungen, die durch Schwankungen der Umgebungstemperatur entstehen, indem Taktimpulse entfernt werden, um die Zählung zu überspringen, wenn der Quarz schneller schwingt. Schwingt der Quarz langsamer, werden Taktimpulse hinzugefügt. Durch diese Kompensation können die

hochgenauen RTC-Module bis auf auf ± 3 ppm ($\pm 0,26$ s/Tag) oder sogar ± 1 ppm über den gesamten industriellen Temperaturbereich kalibriert werden. Eine hohe Zeitgenauigkeit ist beispielsweise für Anwendungen erforderlich, bei denen

hochgenauen RTC-Module bis auf auf ± 3 ppm ($\pm 0,26$ s/Tag) oder sogar ± 1 ppm über den gesamten industriellen Temperaturbereich kalibriert werden.

Eine hohe Zeitgenauigkeit ist beispielsweise für Anwendungen erforderlich, bei denen

Funktion	Kommentar
Jahr	mit automatischer Schaltjahrberechnung
Monat	–
Tag	–
Wochentag	–
Minuten	–
Sekunden	–
1/100 Sekunden	für genauere Zeitanzeige
UNIX-Zeitähler (32 Bits)	zählt die vergangenen Sekunden seit Donnerstag, dem 1.1.1970, 00:00 Uhr UTC
Alarmer	von Sekunden bis Jahre, definiert durch Benutzereinstellungen
Timer	bis zu zwei Timer mit programmierbarer Dauer (bis 4095 min)
Interrupts	s. Kasten
programmierbarer Frequenzausgang	einstellbare Frequenz von Hz bis MHz bei Enabled/Disabled Single CMOS Output für Peripheriegeräte
Zeitstempel	Aufzeichnung des Zeitpunktes und der Häufigkeit von externen oder internen Ereignissen, Erzeugung eines Interrupts
Temperaturmessung	für temperaturkompensierte RTC-Module
Nutzerspeicher	0 bis 256 Bytes, abhängig vom RTC-Typ (zusätzlich zum RTC-Arbeitsspeicher)
Nutzer-EEPROM	0 bis 43 Bytes, abhängig vom RTC-Typ (zusätzlich zum Konfigurations-EEPROM)
Offset-Einstellung	Einstellung der Oszillatorfrequenz (Kompensation der Alterung) und des Temperatur-Offsets
programmierbares Passwort	Sicherheit gegen versehentliches Überschreiben & Schutz von Zeit-, Überwachungs- und Konfigurationsregistern
Power On Reset (POR)	Initialisierung der RAM-Register auf ihre Reset-Werte und Auffrischung der RAM-Mirror-Werte durch die Werte im Konfigurations-EEPROM
Batterieumschaltung	Erkennung von Niederspannung in der Hauptversorgung und Umschaltung auf eine Backup-Quelle
Erhaltungsladung	Lade-Management der Backup-Quelle
Ladepumpe	Ermöglicht das Aufladen der Backup-Quelle bei höherer Spannung, um die Lebensdauer während eines Spannungsabfalls zu verlängern

Tabelle 1: Mögliche Funktionen einer Realtime Clock

die Zeitmessung für die Abrechnung verwendet wird, wie bei Zählern von Versorgungsunternehmen, Kassenterminals oder sicherheitsrelevanten Geräten und Systemen.

Die Temperatursensoren in DTCXO-Geräten werden ebenfalls über den gesamten Betriebstemperaturbereich kalibriert.

Die Quarzfrequenz kann mit der Zeit leicht schwanken, da die Alterung die Materialeigenschaften des Quarzes und der im Oszillatorkreis verwendeten Kondensatoren verändert. Die Alterung liegt im ersten Jahr bei ± 3 ppm (entsprechend $\pm 1,6$ min/ Jahr), verringert sich in den folgenden Jahren allerdings erheblich. Dieser Alterungseffekt der Oszillatorfrequenz lässt sich jedoch einfach durch eine Einstellung im Offset-Register korrigieren.

Wie hoch ist der Stromverbrauch einer RTC?

Wie oben schon erwähnt, gewinnt der Stromverbrauch immer mehr an Bedeutung. Hierdurch wird die Batterielebensdauer des Endprodukts nicht unerheblich beeinflusst. Bestimmt wird der Stromverbrauch unter definierten Bedingungen, typischerweise bei 3 V und 25 °C. Im Gegensatz zu MEMS-basierten RTCs, die mit $> 2 \mu\text{A}$ deutlich mehr Energie benötigen, um die hohe Grundfrequenz des MEMS-Resonators herunterzuteilen, können die niederfrequenten quarzbasierten RTCs von Micro Crystal mit nur 45 nA einen extrem niedrigen Stromverbrauch erreichen. Selbst die RTCs mit Temperaturkompensation erreichen mit 160 nA noch herausragende Werte.

Eine quarzbasierte RTC-Hardware, die weniger Strom verbraucht, ist ihrem stromhungrigen MEMS-basierten Gegenstück in jedem Fall vorzuziehen, wenn es um batteriebetriebene Anwendungen geht.

Um optimale Ergebnisse zu erreichen, muss die RTC im optimierten Zeitmessmodus so konfiguriert werden, dass

ihr Stromverbrauch minimiert wird. Der Uhrenaussgang sollte deaktiviert und die Kommunikation gestoppt werden. In diesem Modus kann das RTC-Modul dann als Watchdog mit sehr niedrigem Stromverbrauch fungieren und das System bei Bedarf aufwecken (Alarm, Timer, Ereignisinterrupt).

Außerhalb dieses Stromsparmodus variiert der Stromverbrauch einer RTC je nach ihren Merkmalen und Konfigurationseinstellungen (Schnittstellentyp, Betrieb der Stromversorgungsschaltung, aktivierter Oszillatorkreis, usw.).

Welche zusätzlichen Funktionen bietet eine RTC?

Moderne RTC-Module bieten einige zusätzliche Funktionen, die dem Anwender das Leben erleichtern und sogar die Überwachung des Systemverhaltens ermöglichen. Sie übernehmen die Energieverwaltung und Temperaturüberwachung, alarmieren bei abgelaufener Zeit oder bei externen Ereignissen – und dies alles, während sich der Host-Mikroprozessor im Leerlauf befindet.

Je nach Anwendungsfall können unterschiedliche Funktionen im Vordergrund stehen. Tabelle 1 bringt eine Übersicht aller möglichen Funktionen.

Welche Bauformen sind verfügbar?

Die RTC-Module von Micro Crystal sind in verschiedenen Bauformen erhältlich. Da die meisten batteriebetriebenen Geräte aus Gründen der Tragbarkeit oder der einfachen Installation sehr klein sein müssen, werden sie jetzt auch im $3,2 \times 1,5 \times 0,8$ mm kleinen DFN-Gehäuse (Dual Flat No Leads) mit Metalldeckel (Typ C7) gefertigt. Wenn Größe nicht das Hauptkriterium ist, sind die Module auch in den Bauformen $5 \times 3,2 \times 1,2$ mm (Typ C2) und $3,7 \times 2,5 \times 0,9$ mm (Typ C3) erhältlich.

Welche Stromquelle kann als Backup verwendet werden?

Um die Zeit solange wie möglich ohne Unterbrechung und ohne erneute Einstellung der Uhrzeit genau verfolgen zu können, ist in vielen Konstruktionen eine separate Stromquelle für die RTC vorhanden. Einige Geräte sind mit einem automatischen Schalter ausgestattet, der eine niedrige Netzspannung erkennt und eine Umschaltung in den Batteriemodus vornimmt. Wie auch bei der Auswahl des optimalen RTC-Moduls ist das Energiebudget ebenfalls ausschlaggebend für die Wahl der Backup-Quelle. Die Dauer der Unterbrechung der Hauptstromversorgung 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) und Knopfzellenbatterie (primäre oder sekundäre).

Für die Auswahl der richtigen Backup-Quelle müssen alle Anwendungsfälle eingehend bewertet werden, um alle Parameter berücksichtigen zu können, die mit den Beschränkungen der Backup-Quelle verbunden sind. Hierzu gehören die Kosten, vorhandener Platz, Temperaturverhalten, Selbstladung, Ladezyklen, Lagerfähigkeit, Polarisierung, Einhaltung des Reflow-Prozesses und Recycling.

Was muss beim Layout beachtet werden?

Anders als es bei einem reinen Quarzbaustein und seiner Peripherie der Fall ist, muss das RTC-Modul nicht zwingend in der Nähe der Mikrocontroller-Einheit platziert werden. Dies bietet dem Entwickler bei der Platzierung des RTC-Bausteins auf der Platine einiges an Flexibilität.

Für eine RTC, die auch die Umgebungstemperatur überwachen soll, gelten die gleichen

Diverse Interruptmöglichkeiten

- periodische Zeitaktualisierung
- regelmäßige Timer
- Alarm (von Sekunden bis Jahre, benutzerdefiniert)
- externes Ereignis (Manipulationserkennung)
- Überschreiten von Temperaturgrenzwerten
- Erkennung von Niederspannung
- automatische Umschaltung
- Reset beim Einschalten

Regeln wie für die Anwendung von Temperatursensoren.

Das hermetisch versiegelte Gehäuse des werksseitig kalibrierten RTC-Moduls garantiert zuverlässigen Schutz gegen äußere Einflüsse, wodurch eine zusätzliche Beschichtung nicht erforderlich ist.

Welche Qualifizierung haben die RTCs von Micro Crystal?

Alle RTC-Module von Micro Crystal entsprechen den aktuellen RoHS-Standards, sind REACH-konform und AEC-Q200-qualifiziert, wodurch höchste Qualität und Rückverfolgbarkeit absolut gewährleistet sind. Die als „Medical“ eingestuften RTCs erfüllen die speziellen Anforderungen, um sogar Verwendung in implantierbaren medizinischen Geräten der Klasse III zu finden.

Um Ihr nächstes Projekt zum Erfolg zu führen, erhalten Sie bei den Experten der WDI AG Unterstützung bei der Auswahl der richtigen RTC-Lösung sowie Testmuster und Evaluierungsplatinen für den Design-Prozess. WDI begleitet die Entwicklung von Anfang an und führt den Anwender schon beim Design in zielsicher zum richtigen Produkt. ◀