

# I<sup>2</sup>C-Echtzeituhr-Board

**Zahlreiche elektronische Geräte und Systeme benötigen heute eine ständig betriebsbereite, interne Uhr, sei es, um Daten logisch zu verwalten oder zeitgesteuerte Schaltvorgänge auszulösen. Die hier vorgestellte kompakte Lösung einer Echtzeituhr arbeitet mit wartungsfreier Stromversorgung, läßt sich einfach in ein I<sup>2</sup>C-Bussystem integrieren und ermöglicht es, z. B. über das I<sup>2</sup>C-PC-Interface aus dem „ELVjournal“ 4/96, Echtzeit-Steueraufgaben zu lösen.**

## Allgemeines

Zeitgesteuerte Abläufe und allgemeines Zeitmanagement gewinnen heute ständig an Bedeutung. Zahlreiche Elektrogeräte, Steuerungen, Computer und andere elektronische Geräte verfügen bereits über eine integrierte Uhr, die die Aufgabe hat, zentrale Zeitinformationen, z. B. für die Auslösung von Schaltvorgängen, für zeitgesteuerte Abläufe aller Art oder für das Zeitmanagement von Computern zur Verfügung zu stellen.

In den allermeisten Fällen wird diese Aufgabe von den in den Geräten integrierten, zu ihrer Steuerung ohnehin erforderlichen Microcontrollern quasi als „Abfallprodukt“ gelöst. Hauptnachteil dieser Konfiguration ist die notwendige Versorgungsspannung der Controller auch bei abgeschalteter oder ausgefallener Stromversorgung. Derlei Betriebsfälle werden im allgemeinen durch integrierte Akkustromversorgungen gelöst. Diese haben den Nach-

teil, daß auch der beste Akku irgendwann sein Lebensende erreicht hat und zudem je nach Strombedarf des Controllers zum Teil relativ kurze Zeitspannen überbrückt werden können.

Zudem erfordert die softwaremäßige Realisierung einer Echtzeituhr Speicherplatz und Rechenkapazität des Controllers, was in bestimmten Konfigurationen, z. B. bei preiswerten PIC-Anwendungen, Speicher- und Kapazitätsprobleme aufwirft. Auch ist bei einem „Absturz“ des Gesamtsystems in aller Regel die Uhr mit betroffen.

Abhilfe schafft hier die Realisierung als externe, autark arbeitende und äußerst stromsparende Echtzeituhr.

Die im vorliegenden Artikel beschriebene Lösung mit dem IC des Typs PCF 8583 stellt eine preisgünstige Variante dar, die über eine I<sup>2</sup>C-Schnittstelle verfügt und damit flexibel in ein Bussystem integriert werden kann, das zum Beispiel von einem Mikrocontroller gesteuert wird. Das eingesetzte IC verfügt dazu über einen RAM-Speicher, der zum Beispiel zum Ablegen

von Meßwerten genutzt werden kann.

Eine Besonderheit stellt auch die Stromversorgung der Uhr dar. Traditionell wird zur Pufferung der Betriebsspannung nach dem Ausschalten des Gerätes meist ein Akku verwendet, der bei eingeschaltetem Gerät wieder aufgeladen wird.

Bei dem hier vorgestellten Testboard wird jedoch anstelle eines Akkus ein Gold-Cap eingesetzt. Dessen Funktion beruht auf dem Arbeitsprinzip eines sehr hochwertigen Kondensators, der in der Lage ist, relativ viel Energie über einen langen Zeitraum zu speichern. Hauptvorteil gegenüber einer Akkustromversorgung ist die absolute Wartungsfreiheit und die deutlich höhere Lebensdauer des Gold-Caps. Während Akkus heute meist nach zwei bis vier Jahren am Ende ihrer Lebensdauer ange- langt sind, bewegt sich die Lebenserwartung von Gold-Caps um ein Vielfaches dieser Zeiten.

Damit ist ein vollständig wartungsfreier und selbständiger Betrieb der I<sup>2</sup>C-Echtzeituhr auch bei längerem Stromausfall (ca. 70 Stunden) und über viele Jahre Betriebsdauer gewährleistet.

## PCF 8583 - die Funktionen

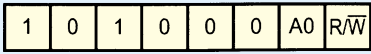
Die Realisierung eines äußerst kompakten Boards ist vor allem durch die Unterbringung des PCF 8583 in einem nur 8poligen Gehäuse möglich.

Die typische Beschaltung des ICs ist im Schaltbild der Echtzeituhr dargestellt.

Der Baustein ist als 256 Byte großes RAM organisiert und verfügt über einen Adresszähler, der automatisch auf die näch-

**Bild 1:** Speicher- konfiguration des RAMs

00	Status-Register
01	Hundertstel
02	Sekunden
03	Minuten
04	Stunden
05	Jahr-Datum
06	Timer
07	Alarm-Status
08	Alarm-Hundertstel
09	Alarm-Sekunden
0A	Alarm-Minuten
0B	Alarm-Stunden
0C	Alarm-Datum
0D	Alarm-Monat
0E	Alarm-Timer
0F	Status RAM



**Bild 2: SLAVE-Adresse des PCF 8583**

ste Speicherstelle weiterschaltet, wenn ein Byte gelesen oder geschrieben wird. Die unteren 16 Bytes des RAMs stellen die Echtzeituhr dar, die über die Speicherstellen konfiguriert und ausgelesen werden kann.

Als weiterer denkbarer Einsatzfall kann der PCF 8583 auch zur Ereigniszählung genutzt werden. In diesem Fall kann der Quarz entfallen und das zu zählende Signal ist an Pin 1 anzuschließen. In vorliegenden Artikel wollen wir uns jedoch auf die Uhrenfunktion konzentrieren.

Das IC verfügt über einen Interrupt-Ausgang (Open-Kollektor), der nach Masse durchschaltet, um einen Interrupt auszulösen. So kann der Baustein unabhängig vom I<sup>2</sup>C-Bus einen Interrupt auslösen, um z. B. extern anzuzeigen, daß eine Alarmzeit erreicht ist.

In Abbildung 1 ist die Speicherkonfiguration des RAMs dargestellt, die im folgenden zum Verständnis der Gesamtfunktion der Uhr ausführlich erläutert wird.

Auf Adresse 00h des RAMs befindet sich das Statusregister zur Konfiguration der Uhr. Bit 0 und Bit 1 des Registers müssen bei der Initialisierung immer mit 0 beschrieben werden. Ist der Alarm-Modus

aktiv, signalisiert das Bit 0 beim Auslesen des Status-Registers den Überlauf des Timer-Registers und Bit 1 zeigt das Erreichen der Alarmzeit an. Ist der Alarm-Modus nicht aktiv, so ist beim Auslesen das Bit 0 in der ersten Hälfte einer Sekunde gesetzt und in der zweiten Hälfte gelöscht. Ebenso ist das Bit 1 in der ersten Hälfte einer Minute gesetzt und in der zweiten Hälfte gelöscht. Diese Funktion kann zum Beispiel genutzt werden, um bei der Zeitanzeige einen Doppelpunkt im Sekunden-takt blinkend darzustellen.

Das Bit 2 bestimmt, ob der Alarm-Modus eingeschaltet ist. Ist das Bit gesetzt, so werden die Register 08h bis 0Fh zur Alarm-Steuerung verwendet. Wenn das Bit gelöscht ist, kann der Speicherbereich als normales RAM genutzt werden.

Ist Bit 3 gesetzt, so sind die Speicherstellen 05h und 06h maskiert, so daß auf Adresse 05h das Datum und auf 06h der Monat gelesen wird. Wird das Bit gelöscht, kann auf Adresse 05h das Datum mit Jahr und auf Adresse 06h der Monat mit dem Wochentag gelesen werden. Von der Auswertesoftware sind dann die betreffenden Bits auszublenden und umzuwandeln.

Die Bits 4 und 5 bestimmen, wie die Uhr getaktet wird. Steht in den Registern 00, dann ist der 32,768kHz-Modus aktiv, dessen Takt ein externes Quarz erzeugt. Es ist

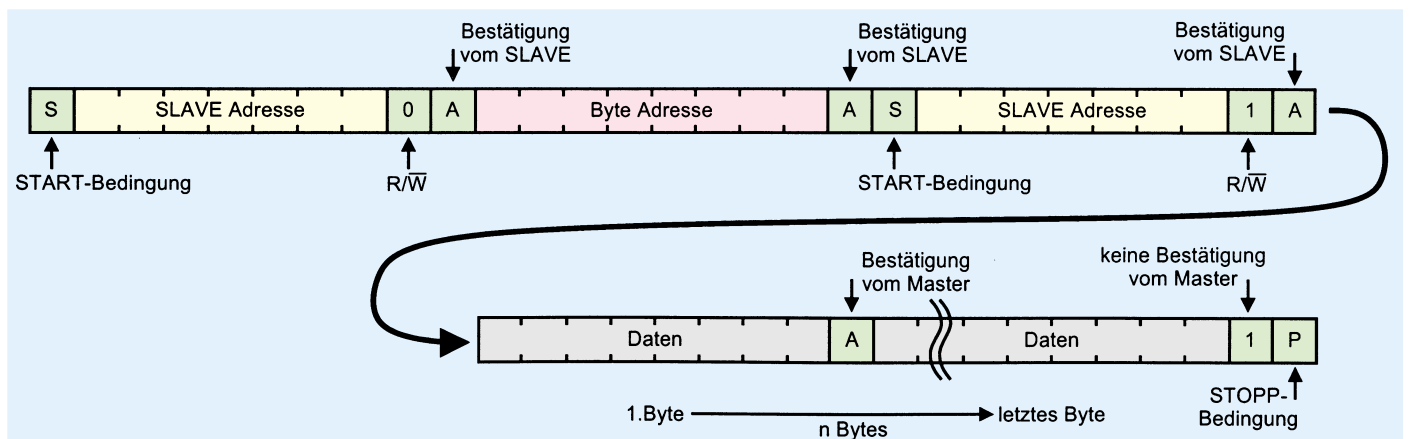
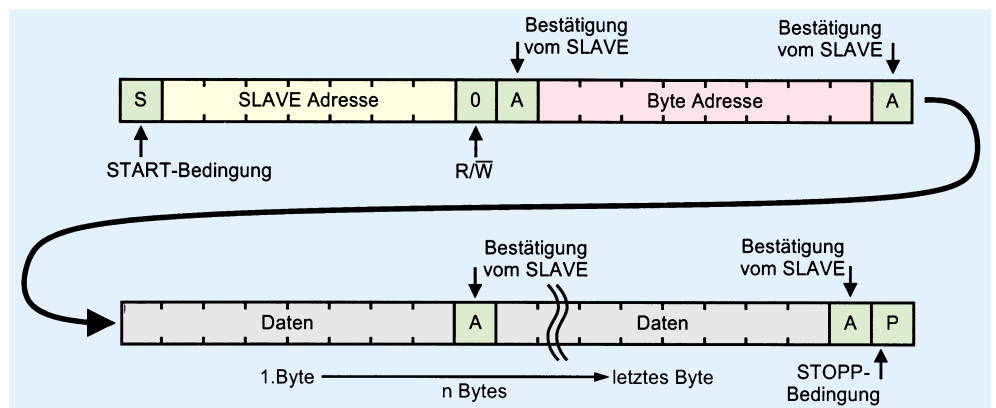
auch möglich, den PCF 8583 mit einem Rechtecksignal, das man aus der Netzfrequenz gewinnt, zu takten. Dazu wird 01 in die Bits 4 und 5 geschrieben. Um in den Ereigniszähler-Mode zu schalten, sind diese Bits mit 10 zu beschreiben.

Wird das Bit 6 gesetzt, so erfolgt ein Kopieren der aktuellen Zählerstände in die Zwischenspeicher. Diese Funktion nutzt man hauptsächlich im Ereigniszähler-Modus, um die aktuellen Zählerstände zu sichern und dann auszulesen.

Mit dem Setzen des Bit 7 kann die Uhr angehalten werden. Um die Uhr neu zu setzen, ist diese während des gesamten Setzvorgangs anzuhalten, damit eventuelle Überträge der Register nicht zu falschen Speicherinhalten führen. Sobald nun ein Uhrzeit-Register gelesen wird, werden die Speicherinhalte in einen Zwischenspeicher kopiert und von dort ausgelesen. Somit kann es in diesem Fall durch auftretende Überträge nicht zu Fehlaußen kommen.

Auf den Adressen 01h bis 06h befinden sich die Uhrzeit-Register, die im BCD-Format vorliegen und bei denen jeweils 4 Bit einer Dezimalstelle entsprechen. Für die Adresse 03h, die den Minuten entspricht, bedeutet dies zum Beispiel, daß die unteren Bits 0 bis 3 der Einerstelle und die Bits 4 bis 7 der Zehnerstelle entsprechen.

**Bild 3: Ablauf des Schreibens von Daten in das IC**



**Bild 4: Ablauf des Lesens von Daten in das IC**

Die Stunden sind über die Adresse 04h auszulesen, wobei hier die oberen 2 Bit nicht zur Bildung der Zehnerstelle genutzt werden dürfen.

Durch Setzen des Bit 7 beim Synchronisieren der Uhr kann hier in den 12-Stunden-Mode gewechselt werden, in dem dann das Bit 6 festlegt, ob es sich um den Vormittag (Bit ist 0) oder Nachmittag (Bit ist 1) handelt. Arbeitet die Uhr im 24-Stunden-Mode, so sind beide Bits gelöscht.

Das Datum befindet sich auf den Adressen 05h und 06h. Wie bereits beschrieben, ist über das Bit 3 des Status-Registers bestimmbar, ob die Register das Datum und den Monat enthalten, oder ob zusätzlich das Jahr und der Wochentag in der Information enthalten ist.

Im letzteren Fall entsprechen die Bits 6 und 7 der Adresse 05h dem Jahr, das im Bereich von 0 bis 3 läuft. Hier ist nicht die vollständige Jahreszahl enthalten, sondern nur ein Zähler, der zur Erkennung eines Schaltjahres dient. Ist das ausgelesene Jahr 0, so handelt es sich um ein Schaltjahr und der Februar wird mit 29 Tagen angenommen. Ebenso bestimmen die oberen 3 Bits der Adresse 06h den Wochentag, der im Bereich von 0 bis 6 läuft. Dies entspricht den Wochentagen Montag bis Sonntag.

Auf Adresse 07h befindet sich ein zweistelliger Timer, der über das nachfolgende Alarm-Status-Register auf Adresse 08h konfiguriert wird. Die unteren 3 Bit geben an, mit welchem Takt das Timer-Register zählen soll:

- 000 : kein Takt / Timer aus
- 001 : jede Hundertstel-Sekunde

- 010 : jede Sekunde
- 011 : jede Minute
- 100 : jede Stunde
- 101 : jeden Tag

Wird das Bit 3 gesetzt, so löst ein Überlauf des Timers einen Interrupt aus, der zur Aktivierung des /INT-Ausgangs führt.

Bit 4 und 5 stellen den Alarm-Mode ein:

- 00 : kein Alarm
- 01 : täglicher Alarm
- 10 : wöchentlicher Alarm
- 11 : Alarm an einem bestimmten Tag

Bit 6 aktiviert den Timer-Alarm und Bit 7 gibt an, ob bei einem Alarm ein Interrupt ausgelöst werden soll. Die Register 09h bis 0Eh beinhalten dabei die Werte, bei denen der Alarm ausgelöst werden soll. Die Adresse 0Eh bestimmt, an welchem Monat der Alarm ausgeführt werden soll, oder, wenn der wöchentliche Alarm gewählt ist, bestimmt das Register, an welchen Tagen die Alarmauslösung erfolgen soll. Jedes Bit entspricht dabei einem Wochentag, so daß auch verschiedene Wochentage miteinander kombinierbar sind (Blockbildung).

Die Speicherstellen ab der Adresse 10h stehen als RAM-Speicher zur Verfügung und sind frei nutzbar. Abbildung 2 zeigt die SLAVE-Adresse, mit der der PCF8583 über den I<sup>2</sup>C-Bus eindeutig ansprechbar ist. Das Bit A0 wird vom Pegel an Pin 3 des ICs bestimmt, wodurch bis zu 2 dieser Bausteine an einem Bus betreibbar sind. Das niedrigste Bit bestimmt, ob auf den

PCF 8583 geschrieben oder ob Daten ausgelesen werden sollen.

Der Ablauf des Schreibens von Daten in das IC ist in Abbildung 3 dargestellt. Nachdem der MASTER die Start-Bedingung generiert und den SLAVE zum Schreiben adressiert hat, sendet er die Adresse der Speicherstelle, gefolgt von den Datenbytes, die dann jeweils vom SLAVE bestätigt und mit aufsteigender Adresse im Speicher abgelegt werden. Sind alle Bytes übertragen, beendet der MASTER die Übertragung durch eine

STOPP-Sequenz.

Der Lesevorgang ist in Abbildung 4 dargestellt. Auch hier beginnt der MASTER die Übertragung mit einer Start-Bedingung und der Adressierung des SLAVES. Daraufhin wird die Adresse der anzusprechenden Speicherstelle übertragen und anschließend vom MASTER eine weitere START-Sequenz generiert, gefolgt von der SLAVE-Adresse, die den MASTER jetzt zum Lesen anspricht. Nun kann dieser die Speicherzellen nacheinander auslesen, wobei er die empfangenen Bytes bestätigen muß. Soll die Übertragung beendet werden, so bestätigt der MASTER das zuletzt empfangene Byte nicht und generiert eine STOPP-Sequenz.

### Schaltung

Die Verbindung zum I<sup>2</sup>C-Bus erfolgt über die Buchse BU 1 oder den Stecker BU 2 (beide parallelgeschaltet), die das Board mit Betriebsspannung versorgen und die SCL- und SDA-Leitungen führen. Die Betriebsspannung gelangt über die Schutzdiode D 1 an Pin 8 des IC 1.

## Echtzeituhr zur Realisierung von zeitgesteuerten Abläufen mit Pufferung der Betriebsspannung

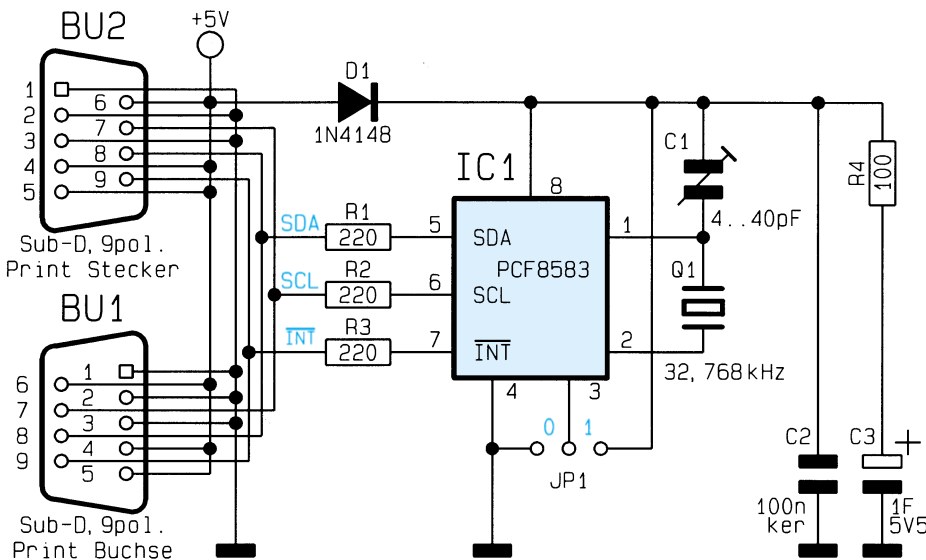


Bild 5: Schaltbild des I<sup>2</sup>C-Echtzeituhr-Boards





Ansicht der fertig bestückten Platine

## Stückliste: PC-Echtzeituhr-Board

### Widerstände:

100Ω	.....	R4
220Ω	.....	R1-R3

### Kondensatoren:

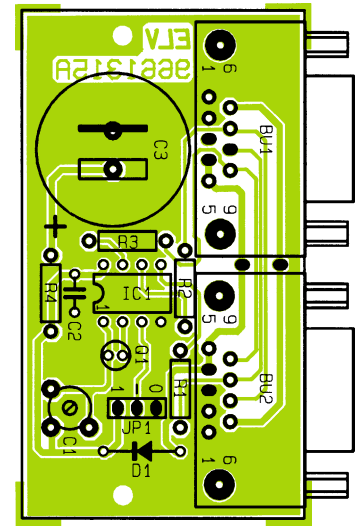
100nF/ker	.....	C2
C-Trimmer, 4-40pF	.....	C1

### Halbleiter:

PCF8583	.....	IC1
1N4148	.....	D1

### Sonstiges:

Quarz, 32,768kHz	.....	Q1
Stiftleiste, 1 x 3 polig	.....	JP1
SUB-D-Buchsenleiste, 9polig, print BU1		
SUB-D-Stiftleiste, 9polig, print BU2		
1 Jumper		
1 3,5"-Diskette Testsoftware		



Ansicht des Bestückungsplanes

Zur Auswahl der SLAVE-Adresse dient der Jumper J 1, der die Adreßleitung (Pin 3) wahlweise mit „high“ oder „low“ beschaltet. Der Quarz Q 1 und der Trimmkondensator C 1 bilden die externe Beschaltung des Oszillators der Uhr. Die I<sup>2</sup>C-Leitungen sind über die Schutzwiderstände R 1 bis R 3 geführt.

Damit auch nach dem Ausfall der Betriebsspannung die Echtzeituhr weiterlaufen kann und der RAM-Speicherinhalt erhalten bleibt, erfolgt die Spannungspufferrung über den Gold-Cap C 3. Es handelt sich hierbei um einen großen Kondensator mit einer Kapazität von 1 F, der über die Diode D 1 und den Widerstand R 4 aufgeladen wird. Er versorgt bei Ausfall der Betriebsspannung das IC 1 mit Spannung. Die Diode D 1 verhindert in diesem Fall, daß ein Strom aus BU 1 oder BU 2 herausfließen kann.

### Nachbau

Der Nachbau des I<sup>2</sup>C-Echtzeituhr-Boards gestaltet sich aufgrund des geringen externen Bauelementeaufwands sehr einfach. Die Bauelemente finden auf einer einseitigen Leiterplatte mit den Abmessungen 68 x 37mm Platz. Die Bestückung erfolgt in gewohnter Weise anhand der Stückliste und des Bestückungsplanes, wobei die Bauteile einzusetzen, zu verlöten und die überstehenden Drahtenden mit einem Seitenschneider abzuschneiden sind, ohne dabei die Lötstellen zu beschädigen. Der Jumper J 1 sollte in die Stellung „0“ gesteckt werden, wenn sich nur ein PCF

8583 am I<sup>2</sup>C-Bus befindet.

Damit ist der Aufbau bereits abgeschlossen und es folgt der Abgleich des Oszillators. Zuerst muß die Schaltung mit Betriebsspannung versorgt werden, indem das Board an das I<sup>2</sup>C-PC-Interface angeschlossen oder direkt über BU 1 oder BU 2 mit 5V versorgt wird. Unmittelbar nach dem Anlegen der Betriebsspannung steht an Pin 7 des IC 1 ein Rechecksignal an.

Dieses wird mit einem Frequenzzähler gemessen und mit C 1 auf eine Frequenz von 1 Hz abgeglichen. Einige Frequenz-

## Kompakte Bauweise und einfache Ansteuerung über den I<sup>2</sup>C-Bus

zähler können eine solch niedrige Frequenz nicht mit ausreichender Auflösung darstellen, so daß hier die Methode der Periodendauermessung einzusetzen ist. Die Periodendauer ist dabei auf 1s einzustellen. Wird der PCF 8583 das erste Mal über den I<sup>2</sup>C-Bus konfiguriert, so wird das 1Hz-Signal abgeschaltet und der Pin 7 zur Interruptanforderung genutzt.

### Software

Die Grundroutinen zur Ansteuerung des I<sup>2</sup>C-Echtzeituhr-Boards liegen als Quellcode in den Programmiersprachen C und PASCAL vor.

Ein kleines Beispielprogramm zeigt die Anwendung der Routinen im Zusammenspiel mit dem I<sup>2</sup>C-PC-Interface. Hier erfolgt die Synchronisation der Zeit des Boards mit der des angeschlossenen PCs und das Auslesen dieser Zeit. Über die

Funktion „SETZE\_ZEIT (Stunden, Minuten, Sekunden);“ kann die Uhrzeit des PCF 8583 gesetzt werden und die Funktion „SETZE\_DATUM (Tag, Monat, Jahr, Wochentag);“ setzt das Datum. Ebenso erfolgt das Auslesen der Daten über die Funktionen „LESE\_ZEIT(..);“ und „LESE\_DATUM(..);“.

Zum direkten Schreiben und Lesen der Speicherstellen stehen die Funktionen „PCF8583\_SCHREIBE\_BYTE(..);“ und „PCF8583\_LESE\_BYTE(..);“ zur Verfügung, die jeweils ein Byte schreiben oder lesen. Die Funktionen „PCF8583\_SCHREIBE\_WORD(..);“ und „PCF8583\_LESE\_WORD(..);“ haben die

gleiche Aufgabe, schreiben oder lesen aber jeweils ein Wort (2 Bytes). Hierbei ist auf die Adressierung zu achten, da durch ein Wort zwei aufeinanderfolgende Speicherstellen belegt werden.

Auf die Umsetzung der Alarm-, Zähler- und Interruptfunktion wurde im Beispielprogramm verzichtet, da der Baustein eine Vielzahl von Konfigurationsmöglichkeiten bietet und die Erstellung individueller Routinen das Programm schnell unübersichtlich macht. Diese Routinen sollten auf den jeweiligen Einzelfall abgestimmt werden und sind anhand des Beispiels leicht selber erstellbar.

Die Quellcodes zur Ansteuerung des PCF 8583 liegen dem Bausatz des I<sup>2</sup>C-Echtzeituhr-Boards auf einer Programm-diskette bei oder können über die ELV-Infobox per Modem kostenlos abgerufen werden, nur die Telefongebühren fallen an.