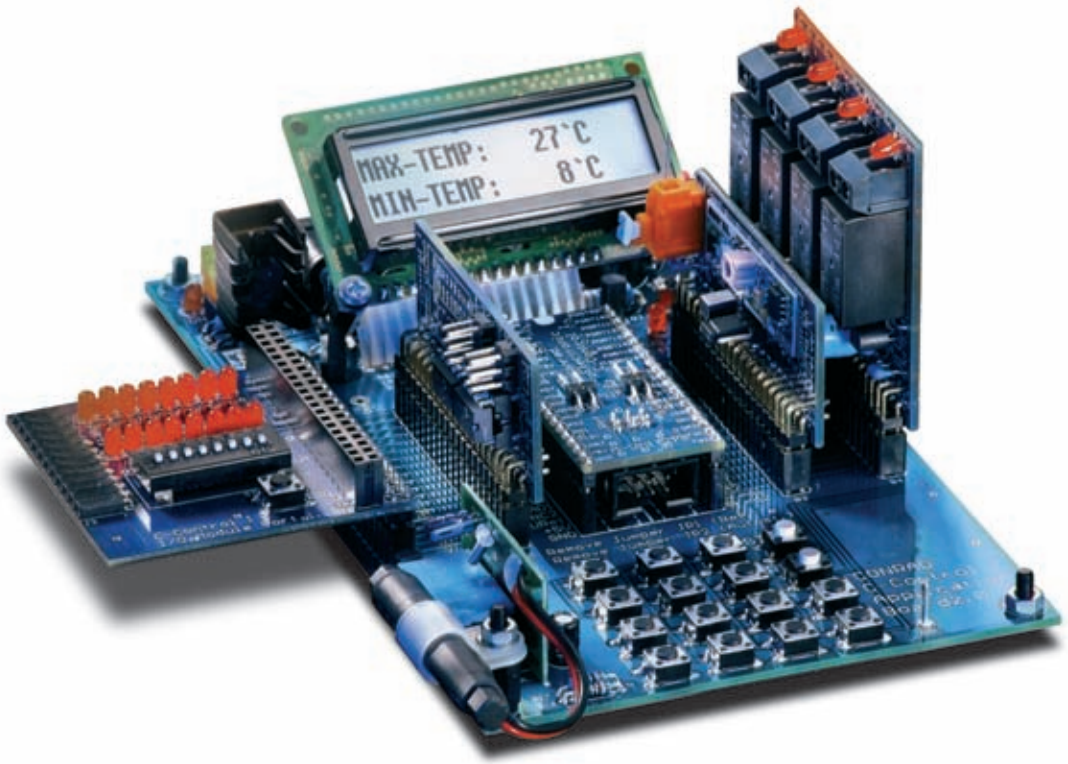
FRANZIS
PC & ELEKTRONIK

Stefan Tappertzhofen



2. aktualisierte Auflage

Messen, Steuern und Regeln mit C-Control M-Unit 2

Der Ein-Chip-Mikrocontroller von Conrad Electronic für C-Control Generation 2.0

Auf CD-ROM:

- Anwendungsprogramme
- Beispiele
- Datenblätter

Vorwort

In den letzten zwei bis drei Jahren wurden viele neue Entwicklungen rund um die Mikrocontroller-Familie „C-Control“ der Firma *Conrad Electronic* gemacht. Die Programmiersprache BASIC++ 1.0 wurde durch eine neue und leistungsfähigere Version verbessert: BASIC++ 2006. Auch die Mikrocontroller selbst wurden weiterentwickelt. Für professionelle Anwendungen sind jetzt sogar Controller mit implementierter 32-Bit-Fließkomma-Arithmetik verfügbar. Es war daher erforderlich, dieses Buch komplett zu überarbeiten.

Aus didaktischen Gründen habe ich mich dazu entschlossen, einige Kapitel zusammenzufassen, andere zu streichen und dafür neue Kapitel einzufügen. Anders als in der ersten Auflage wird der C-Control *Micro* nun kein separates Kapitel mehr gewidmet. Stattdessen werden alle Controller, von der M-Unit 2, über die Station 2.0, bis hin zu der neuen Advanced Version mit 32-Bit-FP-Arithmetik, im ersten Kapitel ausführlich beschrieben.

Die Veröffentlichung des Assemblers CCASM, mit dem nun auch Maschinen-Codeprogramme für die C-Control M-Unit 2, Micro und Station 2.0 geschrieben werden können, war Anlass genug, ihm in diesem Buch ein spezielles Kapitel zu widmen. Der fortgeschrittene Entwickler erhält im Kapitel „Assembler und Systemtreiber“ einen vertiefenden Einblick in die Hardware des Mikroprozessors.

Um der Komplexität der Programmiersprache BASIC++ in ihrer aktuellsten Version BASIC++ 2006 gerecht zu werden, wurde Kapitel 2 um ein weiteres Kapitel ergänzt, das sich vorwiegend an fortgeschrittene Programmierer richtet.

Die Strukturierung der Kapitel in der ersten Auflage war weitgehend beispielorientiert. Die Kapitel der vorliegenden Auflage orientieren sich hingegen mehr an Hardware und Peripherie des Controllers. Ein Kapitel ist speziell den digitalen Ein- und Ausgängen gewidmet. Ein anderes Kapitel beschäftigt sich mit den A/D- bzw. D/A-Wandlern. Der Leser erhält so einen besseren Überblick, ohne das komplette Buch lesen zu müssen.

Wie schon in der ersten Auflage, möchte ich auch an dieser Stelle denen danken, die zum Gelingen beider Auflagen beigetragen haben, allen voran Uwe Spies, Dierk Schmid und Henrik Reimers. Auf der Seite des Franzis-Verlags wären vor allem Herr Günther Wahl und Michael Büge zu nennen. Einen herzlichen Dank auch

denen, die mit ihren regen Beiträgen im Online-Forum einen großen Anteil an der Weiterentwicklung der C-Control und BASIC++ haben. Schließlich danke ich noch meinen Eltern und den vielen Helfern im Hintergrund, ohne deren Unterstützung die erste und zweite Auflage des Buchs nie hätte vervollständigt werden können.

Düsseldorf, im Juni 2007 Stefan Tappertzhofen

Inhalt

5 Zeitmessung und -Steuerung

Die C-Control besitzt einen internen Timer, der auch vom schon bekannten PAUSE-Befehl verwendet wird. Ähnlich wie die Timer normaler Computer-CPUs inkrementiert auch der C-Control Timer eine Systemvariable in einem gewissen Zeitintervall (hier 20 ms).

Neben dem System-Timer verfügt die C-Control auch über eine Echtzeituhr. Oft verwendet man auch den englischen Namen: Real Time Clock (*RTC*). Einmal eingestellt läuft die Echtzeituhr des Controllers autonom. Die zeitliche Abweichung von der tatsächlichen Zeit hält sich dabei laut Herstellerangaben ähnlich wie bei Quarz-Uhren in Grenzen. Wem dies jedoch noch nicht reicht, kann mittels einer DFC-Antenne die Langwellen-Zeitsignale der Atomuhr der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig auswerten.

In der Mess-, Steuer- und Regeltechnik spielen zeitkritische Anwendungen eine entscheidende Rolle. Als Beispiele hierfür können Steueraufgaben des Controllers gezählt werden, die nur zu bestimmten Tageszeiten gestartet werden. Ohne aufwendige Programmierung lässt sich so eine automatische Rollladen-Steuerung verwirklichen. Der System-Timer dagegen könnte für Zeitmessungen Verwendung finden. Letztendlich lässt sich mit dem Timer auch die Konzeption von Fehlerabfangroutinen durch Zeitüberläufe (sogenannte *Time-outs*) realisieren.

Im Vergleich zu den älteren Versionen besitzt die M-Unit 2.0 (seit OS Version 2.02) auch die Möglichkeit Hintergrundprogramme über einen Timer-Interrupt zu programmieren. Diese Option ermöglicht es, äußerst komplexe Unterprogramme im Hintergrund ablaufen zu lassen.

5.1 Die interne Echtzeituhr

Wenn Sie die C-Control als Zeitschaltuhr einsetzten, sollten Sie die Echtzeituhr nutzten. Bevor Sie aber mit der eigentlichen Konzeption des Programms beginnen, müssen Sie sicherstellen, dass die Echtzeituhr auch richtig eingestellt ist. Wenn die C-Control vom Strom getrennt wird, hört die Echtzeituhr nicht nur auf, weiterzuzählen, es wird auch automatisch die intern gespeicherte Uhrzeit gelöscht.

Beim ersten Einsatz der Echtzeituhr muss diese natürlich gestellt werden. Wenn Sie folglich nicht bei jedem Start des Controllers die interne Uhr neu stellen wollen, müssen Sie unbedingt auf eine gesicherte Versorgung des Controllers mit der nötigen Spannung achten.

```
' ********************************
'
' BASIC++ Beispiele
'
' Stellen der internen Systemuhr
'
' ********************************
PRINT „Stelle Systemuhr auf So. 1.1.2008, 15:00:00... „
DOW = 0 ' Sonntag
DAY = 1
MONTH = 1
YEAR = 8 ' 2008
HOUR = 15
MINUTE = 0
SECOND = 0
PRINT „Die Echtzeituhr wurde aktualisiert!“
PRINT „Datum: „ & DAY & „.“ & MONTH & „.200“ & YEAR
PRINT „Uhrzeit: „ & HOUR & „:“ & MINUTE & „:“ & SECOND
END
```

Beispiel 5.1: Stellen und Lesen der Echtzeituhr

Durch Zuweisung der jeweiligen Werte können Datum und Uhrzeit eingestellt werden. Die Systemvariablen wie DOW und MINUTE können dabei zur Laufzeit sowohl beschrieben als auch ausgelesen werden. Man kann allerdings die Zuweisung des Datums und der Uhrzeit durch zwei Befehle verkürzen.

```
' ********************************
'
' BASIC++ Beispiele
'
' Stellen der internen Systemuhr
' Alternative zu Beispiel 5.1
'
' ********************************
PRINT „Stelle Systemuhr auf So. 1.1.2008, 15:00:00... „
SETDATE 8, 1, 1, BPPSunday
SETTIME 15,0,0
PRINT „Die Echtzeituhr wurde aktualisiert!“
PRINT „Datum: „ & DAY & „.“ & MONTH & „.200“ & YEAR
PRINT „Uhrzeit: „ & HOUR & „:“ & MINUTE & „:“ & SECOND
END
```

Beispiel 5.2: Alternatives Stellen der Echtzeituhr

Der Code in Beispiel 5.2 stellt auf die gleiche Art und Weise Datum und Uhrzeit ein wie in Beispiel 5.1. Diese Methode ist jedoch etwas übersichtlicher. SETDATE erwartet bis zu vier Parameter. Sie können auch weniger angeben, jedoch müssen Sie dabei die Reihenfolge beachten. Zuerst erwartet SETDATE das Jahr, gefolgt von Monat und Tag. Danach können Sie die DOW-Variablen setzen. Es bietet sich dabei an, die BASIC++-Konstanten für die Tage zu verwenden. SETTIME erwartet zuerst die Stunde, gefolgt von der Minute und Sekunde.

Systemvariable	Werte	
HOUR	0...23	Stunde
MINUTE	0...59	Minute
SECOND	0...59	Sekunde
YEAR	0...99	Jahr
MONTH	1...12	Monat
DAY	1...31	Tag
DOW	0...6	Wochentag

Mögliche Werte für DOW sind, neben den Zahlen zwischen 0 und 6, auch BPPSunday, BPPMonday, BPPTuesday, BPPWednesday, BPPThursday, BPPFriday und BPPSaturday. Es handelt sich hierbei um die BASIC++-Konstanten für den jeweiligen Wochentag.

```
' ********************************
'
' BASIC++ Beispiele
'
' Formatierte Datumsausgabe
'
' ********************************
DEFINE Jahr AS WORD
SETDATE 8, 1, 1, BPPSunday
SETTIME 15,0,0
PRINT „Datum: „;
SELECT CASE DOW
    CASE BPPSunday
        PRINT „Sonntag“;
    CASE BPPMonday
        PRINT „Montag“;
    CASE BPPTuesday
        PRINT „Dienstag“;
    CASE BPPWednesday
        PRINT „Mittwoch“;
    CASE BPPThursday
        PRINT „Donnerstag“;
    CASE BPPSaturday
```

```
        PRINT „Samstag“;
END SELECT
Jahr = YEAR + 2000
PRINT „, „ & DAY & „.“ & MONTH & „.“ & Jahr
END
```

Beispiel 5.3: Formatierte Datumsanzeige

Selbstverständlich können Sie die Datums- oder Uhrzeitausgabe auch nach Ihren Vorstellungen formatiert ausgeben. In Beispiel 5.3 wird so, anstatt der Konstante für den Wochentag, mit einer SELECT-CASE-Abfrage der Wert der DOW-Variablen entsprechend als Zeichenkette ausgegeben.

Eine sinnvolle Anwendung für Datumsvariable und Echtzeituhr könnte die Ausgabe auf dem LC-Display des Application-Boards sein. Eine digitale Zeitanzeige sollte jedoch dementsprechend konzipiert werden, dass nur bei der Aktualisierung der Uhrzeit eine neue Ausgabe auf das Display gelenkt wird. Würde man die Anzeige in einer DO-LOOP-Schleife ohne Unterbrechung durchführen, würde dies zu einem unleserlichen Flimmern der Anzeige führen. Auch sollte man nicht mit SLEEP 50 eine Sekunde warten, um dann das Datum neu anzuzeigen. Zwar aktualisiert sich dann wie gewünscht die Anzeige in einem Intervall von einer Sekunde, jedoch kann es sein, dass die tatsächliche Uhrzeit immer um einige Millisekunden abweicht. Am elegantesten ist eine DO-LOOP-Schleife, kombiniert mit einer IF-Abfrage, die stets prüft, ob die Uhrzeit vom Controller aktualisiert wurde.

```
' ********************************
'
' BASIC++ Beispiele
'
' Digitale Uhr
'
' ********************************
DEFINE AlteUhrzeit AS BYTE
DEFINE Jahr AS WORD
LCD.INIT
DO
   IF AlteUhrzeit <> SECOND THEN

       Jahr = YEAR + 2000

       LCD.CLEAR
       LCD.POS 1,1

       IF HOUR < 10 THEN
           LCD.PRINT „0“ & HOUR
       ELSE
           LCD.PRINT HOUR
```

```
        END IF

        LCD.PRINT „:“

        IF MINUTE < 10 THEN
            LCD.PRINT „0“ & MINUTE
        ELSE
            LCD.PRINT MINUTE
        END IF

        LCD.PRINT „:“

        IF SECOND < 10 THEN
            LCD.PRINT „0“ & SECOND
        ELSE
            LCD.PRINT SECOND
        END IF

        LCD.POS 2,1

        SELECT CASE DOW

            CASE BPPSunday
                LCD.PRINT „So.“
            CASE BPPMonday
                LCD.PRINT „Mo.“
            CASE BPPTuesday
                LCD.PRINT „Di.“
            CASE BPPWednesday
                LCD.PRINT „Mi.“
            CASE BPPThursday
                LCD.PRINT „Do.“
            CASE BPPFriday
                LCD.PRINT „Fr.“
            CASE BPPSaturday
                LCD.PRINT „Sa.“

        END SELECT

        LCD.PRINT „ „ & DAY & „.“ & MONTH
        LCD.PRINT „.“ & Jahr

        AlteUhrzeit = SECOND

    END IF
LOOP
END
```

Beispiel 5.4: Formatierte LCD-Uhrzeit und Datumsausgabe

Damit die Ausgabe auf dem LC-Display auch gut lesbar ist, sollten Sie zusätzlich die Ausgabe der Stunde, Minute und Sekunde formatieren. Achten Sie dabei darauf, dass der Betrag dieser Systemvariablen auch kleiner als 10 sein kann. Das würde dazu führen, dass nur eine einstellige Zahl ausgegeben wird.

Besser wäre hier aber eine vorangestellte 0. Neben der Methode in Beispiel 5.4 können Sie eine eigene Lösung entwickeln.

Vielleicht wundern Sie sich, wie man mit dem LCD-Objekt umgeht, das in dem Beispiel benutzt wird, um auf einfache Art und Weise Schreibeoptionen für das LC-Display auszuführen. Diese *Extended-Objekte* wurden eingeführt, um Anwendern den Umgang mit den Extended-Funktionen einfacher zu gestalten.

Zur Konzeption einer LCD-Uhr reicht in erster Linie, dass Sie mit der Funktion *LCD.INIT* das LCD-Objekt initialisieren. Mit LCD.PRINT kann das LC-Display beschrieben werden. Mit LCD.CLEAR wird der Text auf dem Display gelöscht.

Achten Sie darauf, dass Sie nach Gebrauch des Objektes mit *LCD.OFF* dieses auch wieder terminieren. Weitere Informationen über das LCD-Objekt und die übrigen Extended-Functions lernen Sie im Kapitel „Erweiterungsmodule und Extended Functions“ kennen.

5.2 Das DCF-77 Funkuhrmodul

Wie schon bei der Vorgängerversion kann man auch an die neue Generation der C-Control eine DCF77-Antenne anschließen, um die Zeitsignale des Funksenders in der Nähe von Frankfurt zu empfangen.

Die Signale bezieht der Sender von der Atomuhr der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig.

Für die Übertragung wird ein codiertes Langwellen-Signal mit einer Frequenz von 77,5 kHz verwendet. Abbildung 5.1 verdeutlicht den Aufbau des DCF77-Signals. Die jeweiligen Informationen über die aktuelle Stunde oder den aktuellen Wochentag werden in Bitmustern bestimmter Längen abgegeben. Das gesamte Signal wird innerhalb einer Minute übergeben. Insgesamt werden so 60 Bits gesendet, wobei ein kurzer Impuls für eine Null und ein langer Impuls für eine Eins steht. Um das Ende des gesamten Signals zu markieren, wird das 60. Bit nicht gesendet.

Einige Bits haben noch eine spezielle Bedeutung. Die im Bild verwendeten P1-, P2- und P3-Markierungen sind jeweils Prüfbits. Das M-Bit ist eine Minutenmarke.

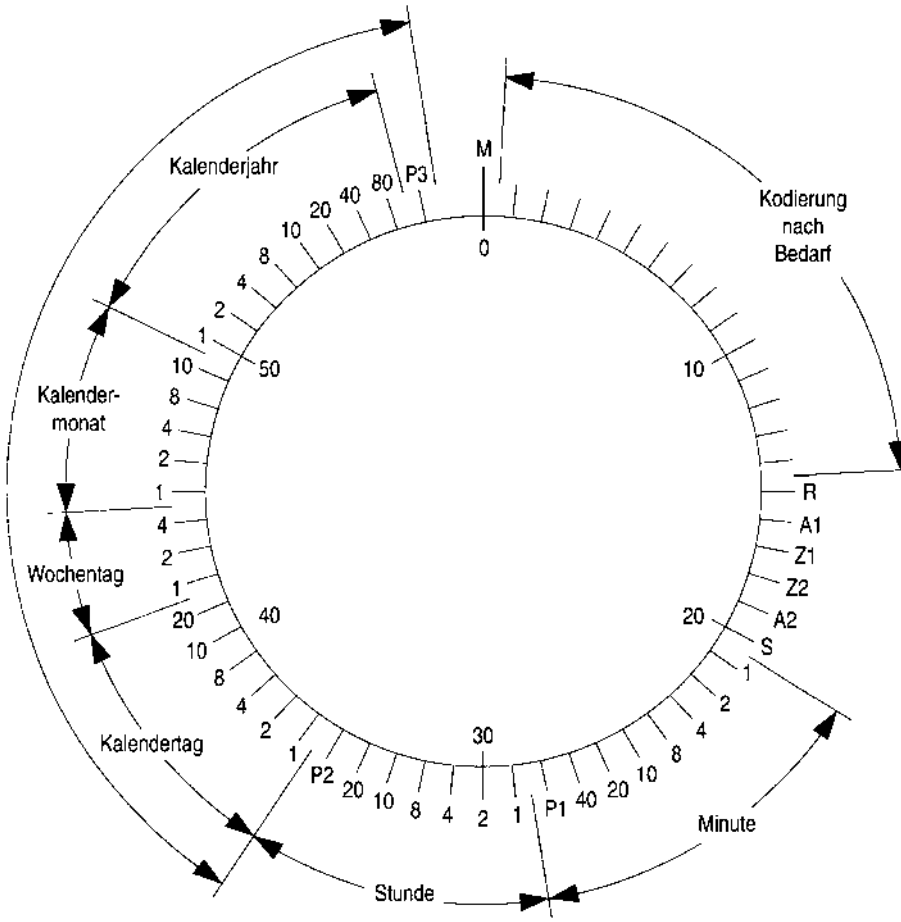


Abb. 5.1: Codierschema des DCF77-Signals

Der Vorteil des Langwellensenders ist die Erreichbarkeit in nahezu allen Teilen des Bundesgebietes. Selbst innerhalb von Gebäuden lässt sich das Signal noch gut herausfiltern und verarbeiten. Den Vorteil des DCF77-Signals nutzen daher selbst viele Schaltungen im professionellen und semiprofessionellen Bereich.

Zum Zubehör der C-Control gehört auch die DCF-Empfängerplatine. Auf dem Application Board 2.0 befindet sich links unten neben der Tastaturmatrix die Anschlussmöglichkeit der DCF-Platine. Nach Bestückung des Boards mit der Platine versucht der Controller das DCF77-Signal herauszufiltern und mit der Systemzeit zu synchronisieren. Sie müssen sich also keine Gedanken um die Umsetzung des Codierschemas machen. Dieser Vorgang dauert in der Regel nur einige Minuten bis wenige Sekunden. Trotz der allgemein guten Ausstrahlung des Lang-

wellen-Signals kann es zu Problemen beim Empfang des Codierschemas kommen. Besonders Spulen, Magnete und starke elektrische Felder (zum Beispiel Elektromotoren, Lautsprecher oder Netzteile) können zu Störungen des Empfangs führen. Ohne weiteres Zutun können Sie so mit dem Code aus Beispiel 5.4 eine einfache digitale LCD-Funkuhr programmieren. Eine kleine Erweiterung des LCD-Funkuhr-Codes könnte der Einbau einer Weckfunktion darstellen.

```
' ********************************
'
' BASIC++ Beispiele
'
' Digitale Uhr mit Weckfunktion
'
' ********************************
TYPE tUhrzeit
   Stunde AS BYTE
   _Minute AS BYTE
   Sekunde AS BYTE
END TYPE
DEFINE AlteUhrzeit AS BYTE
DEFINE Jahr AS WORD
DEFINE Weckzeit AS tUhrzeit
DEFINE i AS BYTE
Weckzeit.Stunde = 23
Weckzeit._Minute = 30
Weckzeit.Sekunde = 0
LCD.INIT
DO
   IF Weckzeit.Stunde = HOUR THEN
       IF Weckzeit._Minute = MINUTE THEN
           IF Weckzeit.Sekunde = SECOND THEN
               FOR i = 1 TO 5
                   BEEP 50, 50, 10
               NEXT i
           END IF
       END IF
   END IF
   IF AlteUhrzeit <> SECOND THEN

       AlteUhrzeit = SECOND

       Jahr = YEAR + 2000

       LCD.CLEAR
       LCD.POS 1,1
       IF HOUR < 10 THEN
           LCD.PRINT „0“ & HOUR
       ELSE
```

```
            LCD.PRINT HOUR
        END IF

        LCD.PRINT „:“

        IF MINUTE < 10 THEN
            LCD.PRINT „0“ & MINUTE
        ELSE
            LCD.PRINT MINUTE
        END IF

        LCD.PRINT „:“

        IF SECOND < 10 THEN
            LCD.PRINT „0“ & SECOND
        ELSE
            LCD.PRINT SECOND
        END IF

        LCD.POS 2,1

        SELECT CASE DOW

            CASE BPPSunday
                LCD.PRINT „So.“
            CASE BPPMonday
                LCD.PRINT „Mo.“
            CASE BPPTuesday
                LCD.PRINT „Di.“
            CASE BPPWednesday
                LCD.PRINT „Mi.“
            CASE BPPThursday
                LCD.PRINT „Do.“
            CASE BPPFriday
                LCD.PRINT „Fr.“
            CASE BPPSaturday
                LCD.PRINT „Sa.“

        END SELECT

        LCD.PRINT „ „ & DAY & „.“ & MONTH & „.“
        LCD.PRINT Jahr

    END IF
LOOP
LCD.OFF
END
```

Beispiel 5.5: LCD-Uhr mit Weckfunktion

Neben den bekannten Programmteilen zur formatierten Ausgabe der Uhrzeit und des Datums im LC-Display wurde der Code noch über eine Weckfunktion erweitert, die bei jedem Schleifendurchlauf die Uhrzeit mit der programmierten Weckzeit vergleicht. Die hier voreingestellten Werte der Weckzeit liegen in einem Objektdatentyp vor. Bei der eingestellten Uhrzeit meldet sich die C-Control mit vier schrillen Tonsignalen. Diese werden mittels des BEEP-Befehls und des internen Rechteck-Tongenerators erzeugt. Die IF-Abfragen zum Vergleich der Uhr- und Weckzeit könnten natürlich auch durch eine einzelne IF-Abfrage durch Verknüpfungen mit dem AND-Operator ersetzt werden.

5.3 Zeit- und datumsgesteuerte Programme

Eine weitere Möglichkeit wäre es, den Code dahingehend zu erweitern, dass der Controller auf bestimmte Wochentage, Monate oder Jahreszeiten reagiert. Nützlich wäre dies beispielsweise für die Programmierung einer automatischen Schaltuhr der Lichtanlage für Heim oder Garten. Ähnlich wie bei der Uhrzeitabfrage müssten Sie Kontrollmechanismen einbauen, um das aktuelle Datum mit eingestellten Benutzerwerten zu vergleichen.

Bei datumsgesteuerten Ereignissen kombiniert mit Uhrzeiten könnte die Umstellung der Winter- auf Sommerzeit jedoch problematisch sein. Mit reiner Schaltungstechnik, ohne einen programmierbaren Mikrocontroller wie der C-Control, wäre die Lösung des Sommer- und Winterzeiten-Problems fast unmöglich.

Die Zeitumstellung ist innerhalb der EU einheitlich geregelt. Im Zeitgesetz vom 25. Juli 1978 und dessen geänderter Fassung vom September 1994 findet sich eine klare Regelung, wann auf Sommer- oder Winterzeit (die eigentliche Normalzeit) umgestellt werden soll. So findet die Zeitumstellung zur Sommerzeit am letzten Sonntag im März um 2:00 Uhr statt. Dabei wird die Uhr um eine Stunde vorgestellt. Die Winterzeit beginnt ab dem letzten Sonntag im Oktober um 3:00 Uhr. Hier wird die Uhrzeit um eine Stunde zurückgestellt.

```
' ********************************
'
' BASIC++ Beispiele
'
' Funktionen zur Bestimmung der
' Sommer- und Winterzeit
'
' ********************************
CONST cnstSommerzeit = 1
CONST cnstWinterzeit = 2
DEFINE AktuelleZeit AS BYTE
```

```
FUNCTION WinterSommerZeit()
 IF MONTH = 3 THEN
   IF DOW = BPPSunday THEN
     IF DAY > (31 - 7) THEN
       IF HOUR = 2 THEN HOUR = 3
       AktuelleZeit = cnstSommerzeit
     END IF
   END IF
 END IF
 IF MONTH = 10 THEN
   IF DOW = BPPSunday THEN
     IF DAY > (31 - 7) THEN
       IF AktuelleZeit = cnstSommerzeit THEN
         IF HOUR = 3 THEN
           HOUR = 2
           AktuelleZeit = cnstWinterzeit
         END IF
       END IF
     END IF
   END IF
 END IF

END FUNCTION
```

Beispiel 5.6: Unterprogramm zur Zeitumstellung

Mit der Funktion aus Beispiel 5.6 wird die Uhrzeit automatisch auf Winter- oder Sommerzeit umgestellt. In der Variablen *AktuelleZeit* wird dabei die momentane Zeiteinstellung zwischengespeichert. Zunächst wird in der Funktion geprüft, ob das Datum der Echtzeituhr auf den Monat März eingestellt wird. Da die Uhrumstellung nur an einem Sonntag erfolgt, werden alle anderen Wochentage mit einer weiteren IF-Abfrage ignoriert. Natürlich gibt es nicht nur einen Sonntag im März. Um den letzten Sonntag auszurechnen, wird geprüft, ob die Systemvariable DAY größer als 24 ist. Damit wäre gesichert, dass es sich um die letzte Woche im Monat (24+7=31) handelt. Die Zeitumstellung erfolgt dann um 2:00 Uhr morgens.

Wenn in der Variablen MONTH nun der Wert für den Oktober enthalten ist, wird wie bei der Sommerzeit geprüft, ob das aktuelle Datum dem letzten Sonntag im Monat entspricht. Um 3:00 Uhr soll dann eine Stunde zurückgestellt werden. Dies könnte zu einem Problem führen, da die Stunde zweimal für diesen Tag durchlaufen werden würde. Um dieses Problem zu umgehen, muss sich das Programm merken, dass die Umstellung auf Winterzeit bereits erfolgt ist. Hierfür wird die schon erwähnte Variable *AktuelleZeit* verwendet.

5.4 Zeitmessung

Ohne die Extended-Functions oder externe Bauelemente zu verwenden, können Sie mit dem System-Timer der C-Control eine einfache Zeitmessung im Rahmen einer Genauigkeit von 20 ms vornehmen. Für viele Anwendungsbereiche der Zeitmessung reicht dieser Wert schon aus. Um kürzere Intervalle messen zu können benötigen Sie jedoch Frequenzmesser oder Ereigniszähler.

5.4.1 Grobe Zeitmessung

Um Ihnen ein Beispiel der Zeitmessung mit dem System-Timer zu geben, soll die Code-Ausführgeschwindigkeit der neuen M-Unit 2.0 mit der Geschwindigkeit der alten verglichen werden. Ein praxisnaher Vergleich wäre eine simple For-Schleife (Beispiel 5.7), wobei dann die Systemtimer-Ticks der beiden Controller vor und nach der Schleife ausgegeben werden sollen.

```
' ********************************
'
' BASIC++ Beispiele
'
' Geschwindigkeitsvergleich
' Alte und neue M-Unit
'
' ********************************
DEFINE i AS WORD
DEFINE t1 AS WORD
DEFINE t2 AS WORD
CONST Limit = 100
DO
 t1 = Timer
 FOR i = 1 TO 100
 NEXT i
 t2 = Timer
 PRINT t1 & „:“ & t2
LOOP
```

Beispiel 5.7: Geschwindigkeitsvergleich neue und alte M-Unit

Misst man die Geschwindigkeit mit den Einstellungen aus dem obigen Programm, erhält man für die M-Unit 2.0 eine nicht messbare Ausführgeschwindigkeit, da die Ausführung der Schleife in weniger als 20 ms erfolgt. Bei der alten M-Unit dagegen erhält man schon einen deutlich messbaren Zeitunterschied, der sich in folgender Tabelle widerspiegelt:

Tabelle 5.1: Gemessene Zeiten vor- und nach dem Schleifendurchlauf

Vor Schleifendurchlauf	Nach Schleifendurchlauf
294	308
309	322
328	341
343	356
358	371
373	386
388	401
403	416
418	431
433	446

Bildet man einen Durchschnitt der Zeitdifferenzen aus Tabelle 5.1, erhält man im Schnitt etwa 13 Systemticks pro Schleifendurchlauf. Das sind damit immerhin 260 ms für eine For-Schleife von 1 bis 100. Ändert man bei beiden Controllern die For-Schleife auf 1 bis 1.000 ab, erhält man eine Zeitdifferenz der alten Unit von 2,72 s und auf der neuen einen immerhin messbaren Unterschied von 5 Systemticks, also 100 ms. Beim maximalen Limit von 32.767 Schleifendurchläufen kommt man bei der alten Unit auf rund 4.450 Systemticks, also etwa 89 s. Auch beim neuen Controller kommt man nun auf ein deutlich größeres Ergebnis von 3,4 s.

Für einfache Messungen von Zeitdifferenzen reicht also der System-Timer aus. Werden jedoch Messungen mit Intervallen kleiner als 20 ms benötigt, kommt man mit dem einfachen Zähler nicht aus. Als mögliche Alternativen bieten sich hier die Frequenzeingänge Freq1 und Freq2 an, auf die im Verlauf des Buchs noch eingegangen wird.

5.4.2 Zeitmessung mit hoher Auflösung

Zu den *Extended Functions* der neuen M-Unit gehört auch das CONFIG-Modul. Mit den acht Bits des Config-Registers kann man verschiedene Einstellungen des Controllers verändern. So kann man die beiden Frequenzeingänge, auf die das folgende Unterkapitel näher eingeht, in einen speziellen *Ereignismodus* schalten.

```
' ********************************
'
' BASIC++ Beispiele
'
' Ereigniszähler
'
' ********************************
DEFINE LetzterWert AS WORD
DEFINE NeuerWert AS WORD
DEFINE x AS BYTE
DA[1] = 200 ' Digitaler Ausgang
CONFIG.INIT
CONFIG.GET x
x = (x OR 00000110b)
CONFIG.PUT x
CONFIG.OFF

WITH LCD
   .INIT
   .POS 1,1
   .PRINT „DA[1] mit FREQ2“
   .POS 2,1
   .PRINT „verbinden!“

   FREQ2 = 0

   DO

       NeuerWert = FREQ2

       IF LetzterWert <> NeuerWert THEN
           LetzterWert = NeuerWert

           LCD.CLEAR
           LCD.PRINT „Impulse: „ & NeuerWert

       END IF

   LOOP

   .OFF
END WITH
```

Beispiel 5.8: Vom Frequenz- zum Ereigniszähler

Das Beispiel 5.8 wurde nun um die Zeilen zwischen *DA[1] = 200* und *WITH LCD* erweitert. Zunächst wird das CONFIG-Objekt, ähnlich wie das LCD-Objekt, mit dem Befehl INIT initialisiert. Als Nächstes wird die Konfiguration in einer Byte-Variablen zwischengespeichert, ansonsten würde die übrige Konfiguration ungewollt überschrieben werden. Durch die bitweise ODER-(OR-)Verknüpfung (siehe auch Kap. 2) setzt das Programm gezielt das zweite und dritte Bit der Variablen. Die anderen Bits bleiben im Ursprungszustand und werden demnach nicht verändert. Nun muss die Config-Variable nur noch mit PUT aktualisiert werden. Jetzt befinden sich beide Frequenzeingänge im Ereignismodus.

5.5 Frequenzmessung

Die beiden Frequenzeingänge FREQ 1 und FREQ 2 können zur Messung von Impulsen und Ereignissen verwendet werden, wobei beide Frequenzeingänge bis zu 32 kHz (Frequenzen von 32 kHz bis 65 kHz erkennt man durch negative Frequenzwerte) darstellen können. Das Prinzip basiert auf dem System der Impulszählung. Neben einem Impulszähler benötigt ein solcher Frequenzeingang auch einen Zeitintervall, in dem die Impulse gezählt werden. Dieses Intervall bezeichnet man auch als Torzeit. Die im Betriebssystem voreingestellte Torzeit der C-Control beträgt eine Sekunde und kann nicht geändert werden.

Laut Bedienungsanleitung des Controllers liegt der Messfehler bei einer Frequenz bis zu 5 kHz bei rund 1 % Ungenauigkeit. Danach wird die Messungenauigkeit immer größer. Bis etwa 5 % Ungenauigkeit sind Messergebnisse in den meisten praktischen Anwendungsfällen brauchbar. Sofern Sie die DCF77-Empfängerplatine an das Application-Board angeschlossen haben, ist jedoch FREQ 1 schon belegt.

5.5.1 Einfache Frequenzmessung

Als erste Anwendung zum Thema Frequenzeingänge soll die C-Control sich selbst messen. Ziel des Beispiels ist es, die Frequenz an einem digitalen Ausgang oder mit FREQ1 oder FREQ2 zu messen. Das Ergebnis soll der Einfachheit halber auf dem LC-Display ausgegeben werden. Eine andere Ausgabe oder Verarbeitung der Werte ist natürlich möglich. Sie sollten in jedem Fall aber nicht immer auf den Frequenzeingang zurückgreifen, sondern dessen Wert in einer Variablen speichern. Andernfalls könnte es sein, dass sich dieser in der Zwischenzeit geändert hat.

```
' ********************************
'
' BASIC++ Beispiele
'
' Frequenzmessung
'
' ********************************
DEFINE LetzterWert AS WORD
DEFINE NeuerWert AS WORD
DA[1] = 200 ' Digitaler Ausgang
WITH LCD
   .INIT
   .POS 1,1
   .PRINT „DA[1] mit FREQ“
   .POS 2,1
   .PRINT „verbinden!“

   DO

       NeuerWert = FREQ

       IF LetzterWert <> NeuerWert THEN
           LetzterWert = NeuerWert

     LCD.CLEAR
           LCD.PRINT „FREQ: „ & NeuerWert & „ Hz“

       END IF

   LOOP

   .OFF
END WITH
END
```

Beispiel 5.9: Einfache Frequenzmessung mit FREQ

Die interne Variable FREQ wird nicht deklariert, da sie bereits vorgegeben ist. Sie können das Beispiel 5.9 auch so umändern, dass der Controller nicht die Werte von FREQ, sondern FREQ2 zurückgibt. Um das Beispiel zu testen, müssen Sie den digitalen Ausgang 1 mit dem jeweiligen Frequenzeingang über ein Kabel verbinden. Bei beiden Frequenzeingängen müsste auf dem Display *1930* erscheinen. Der Wert sollte sich innerhalb weniger Sekunden einstellen, kann allerdings auch im Bereich von etwa ± 100 schwanken. Dies würde einer Ungenauigkeit des Ergebnisses von etwa 5 % bedeuten.

Die auf dem Display stehende Zahl bedeutet, dass die Signale vom digitalen Ausgang mit einer Frequenz von 1.930 Hz ausgegeben werden. Allgemein verwendet

man den Begriff der Frequenz, um die Anzahl von Ereignissen in einer bestimmten Zeitperiode wiederzugeben. 1 Hz entspricht einem Impuls pro Periode mit einer Periodenlänge von 1 Sekunde. Der digitale Ausgang gibt also kein wirkliches analoges Signal ab, sondern nur sehr kurze Spannungsimpulse.

5.5.2 Frequenzmessung von 32 bis 65 kHz

Ohne besondere Vorschaltungen lassen sich mit der C-Control auch Frequenzen über 32 kHz messen. Eine Frequenz ist eine 16-Bit-breite Integerzahl. Aufgrund des Vorzeichens kann man eine Frequenz bis 32.767 Hz messen. Frequenzen von 32.768 bis 65.535 Hz stellen sich als negative Zahl da. Sinnvoll wäre es auch, diese Frequenzen als positive Frequenzen darstellen zu können. Die C-Control ist jedoch von sich aus nicht in der Lage, positive Zahlen über 32.767 darzustellen.

```
' ********************************
'
' BASIC++ Beispiele
'
' 0 ... 65536 Hz Frequenzmessung
'
' ********************************
DEFINE Frequenz AS WORD
WITH LCD
   .INIT
   .CLEAR
   .PRINT „Warte...“
   DO

       IF Frequenz <> FREQ2 THEN
           .CLEAR
           Frequenz = FREQ2
           IF Frequenz >= 0 THEN
               .PRINT Frequenz & „ Hz“
           ELSE
               SchreibeZahl(Frequenz)
               .PRINT „ Hzz“
           END IF
       END IF
   LOOP
   .OFF
END WITH
FUNCTION SchreibeZahl(x AS WORD)
   DEFINE ObereZiffern AS WORD
   DEFINE UntereZiffer AS WORD
   ' Obere vier Stellen:
```

```
    ' Zahl um ein Bit nach recht
    ' verschieben; entspricht Division durch 2
    ObereZiffern = x SHR 1
    ' Nur die unteren 15 Bit betrachten
    ObereZiffern = ObereZiffern AND 7FFFh
    ' Durch 10 teilen (2 * 5 = 10)
    ObereZiffern = ObereZiffern / 5

    ' Vorzeichen-Bit entfernen und untere Ziffer ermitteln:

    UntereZiffer = x AND 7FFFh
    UntereZiffer = UntereZiffer MOD 10
    UntereZiffer = (UntereZiffer + 12h) MOD 10

    ' Alternativ auch platzsparender:
    ' ObereZiffern = ((x SHR 1) AND 7FFFh) / 5
    ' UntereZiffer = ((x AND 7FFh) MOD 10 + 12h) MOD 10

    LCD.PRINT ObereZiffern & UntereZiffer

END FUNCTION
```

Beispiel 5.10: Frequenzen bis 65.535 darstellen

Das Beispiel 5.10 belegt 163 Byte Basic-Speicher, was bei fast 10 kByte Flash-Speicher noch im Rahmen des Verträglichen ist. Allerdings wurde zur besseren Übersicht auf Codeoptimierung verzichtet. Wenn Sie die Zeilen zwischen „Obere vier Stellen:“ bis „Alternativ auch platzsparender:“ auskommentieren und stattdessen die Kommentare vor der alternativen Berechnung entfernen, sparen Sie weitere 16 Byte.

5.5.3 Messung hochfrequenter Rechtecksignale

Höhere Frequenzen als 65 kHz kann man aber ohne Vorschaltung mit der C-Control nicht mehr messen. Abhilfe schaffen Frequenzteiler. Sie sind in der Lage, Frequenzen rechteckförmiger Signale (bei sinusförmigen Signalen sollte man besser keine Frequenzteiler verwenden) in einem bestimmten Verhältnis herunterzuteilen. Vom Prinzip her bestehen Frequenzteiler aus T-Flip-Flops. Durch jedes Flip-Flop wird die Frequenz im Verhältnis 2:1 geteilt. Bei 14 Flip-Flops teilt man also die Frequenz durch $2^{14} = 16384$. Somit wäre man theoretisch in der Lage eine Frequenz von 535 MHz mit einem 14-stufigen Frequenzteiler mit der C-Control zu messen. Da aber auch der Frequenzteiler eine physikalische Grenze hat, ist man meist nur in der Lage Frequenzen bis rund 30 MHz zu messen.

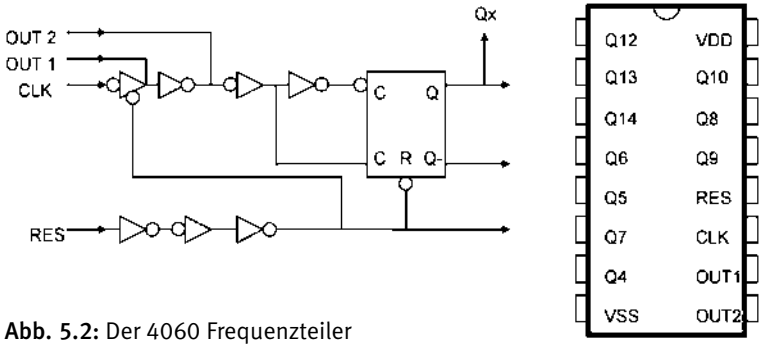


Abb. 5.2: Der 4060 Frequenzteiler

Ein typisches Beispiel für einen Frequenzteiler ist der 14-stufige MC14060B (oft auch 4060 genannt). Er unterstützt Frequenzen bis etwa 5 MHz. An den zehn Ausgängen kann man die Frequenz dann in einem bestimmten Teilerverhältnis abgreifen.

Der IC 4060 kann mit der Spannung der C-Control betrieben werden. Achten Sie aber besonders auf die Polung. Im Praxistest zeigte sich, dass der Chip sehr anfällig gegen falsche Polung ist. Auf die Ausgänge 1 bis 3 wurde verzichtet, sodass das kleinste Teilungsverhältnis 1:16 ist.

Sachverzeichnis

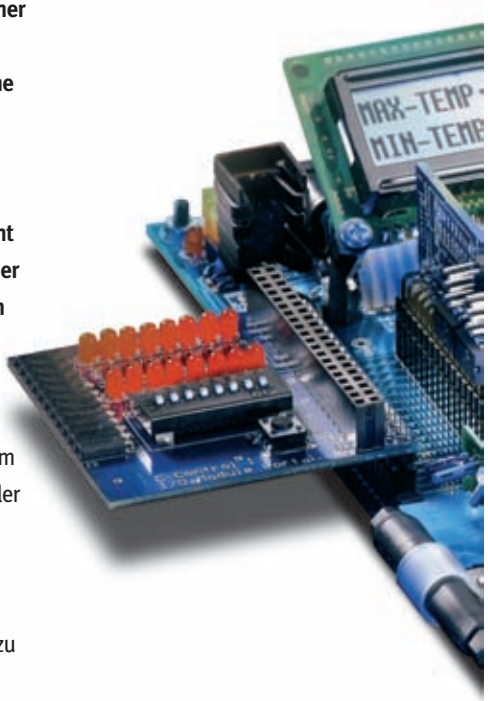
FRANZIS
PC & ELEKTRONIK

Stefan Tappertzhofen

Messen, Steuern und Regeln mit C-Control M-Unit 2

Mikrocontroller sind im Automatisierungsbereich tonangebend. Wo früher teure und komplex aufgebaute Schaltungen verwendet wurden, sind heute leistungsstarke und extrem preisgünstige Mikrocontrollersysteme im Einsatz. Die breite Produktpalette bietet dabei Lösungen für den privaten, aber auch professionellen und industriellen MSR-Bereich an. Ein wichtiges Mikrocontroller-Auswahlkriterium ist neben dem Preis-Leistungs-Verhältnis auch die erforderliche Einarbeitungszeit. Hier sticht besonders das seit Jahren bewährte C-Control-Mikrocontrollersystem der Firma Conrad Electronic hervor. In der Generation 2.0 präsentiert es sich hinsichtlich Hard- und Software nun mit einer geradezu unglaublichen Leistungsvielfalt.

Das vorliegende Buch wurde komplett überarbeitet und neu strukturiert. Der Anwender lernt neben der neuen M-Unit, der C-Control Micro und dem umfangreichen Zubehör auch die leistungsstarken Advanced Mikrocontroller für den professionellen Einsatz kennen. Die praxisorientierten Beispiele führen nicht nur in die Programmierung mit der einfachen und flexiblen Programmiersprache BASIC++ 2006 ein, sondern vermitteln auch die nötigen Erfahrungen, um sich den Herausforderungen der MSR-Technik zu stellen. Die auf der CD-ROM beigelegten Anwendungsprogramme und Demoapplikationen runden den Einstieg in die Welt der Mikrocontroller-steuerungen ab.



Aus dem Inhalt:

- Einführung in BASIC++ 2006 und CCASM
- Digital- und Analogports
- Zeitsteuerung
- Messschaltungen
- Die serielle Schnittstelle
- Extended Module wie LCD-, I²C- oder Config-Modul
- Advanced Mikrocontroller mit 32-Bit-Fließkommaarithmetik

Auf CD-ROM:

- Anwendungsprogramme
- Beispiele
- Datenblätter

Besuchen Sie uns im Internet: www.franzis.de

ISBN 978-3-7723-5488-5

Euro 39,95 [D]