

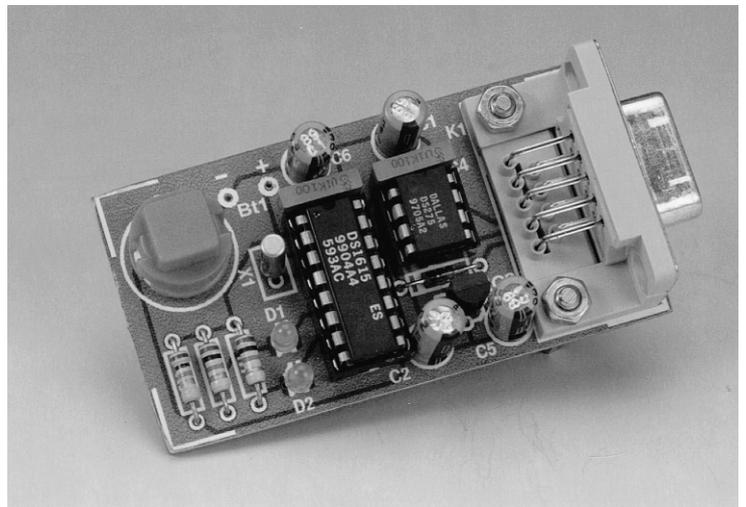
Temperatur-Rekorder DS1615

Eva-Kit mit Dallas-Chip

Die Firma Dallas Semiconductor hat eine Reihe von Sensoren im Programm, die nicht nur die Meßgröße erfassen, sondern speichern, sortieren und berechnen können.

Ein gutes Beispiel dafür ist der neue Temperaturrekorder DS1615, den wir hier vorstellen wollen. Auf einer kleinen Platine

untergebracht und mit einer (kostenlosen) PC-Software versehen läßt sich mit dem DS1615 nach Herzenslust experimentieren.



Der DS1615 ist ein integrierter Temperatur-Rekorder, der sowohl als Datenlogger (Temperaturverlauf über der Zeit) arbeiten wie auch Histogramme (Anzahl der verschiedenen gemessenen Temperaturwerte) im Bereich $-40...+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ erstellen kann.

Die integrierte Echtzeituhr (RTC) zählt im BCD-Format Sekunden, Minuten, Stunden, Tage, Monate, Wochentage und Jahre. Die Echtzeituhr berücksichtigt Schaltjahre und ist für den kommenden Jahreswechsel vorbereitet.

Der Temperaturrekorder kann auf eine bestimmte Alarm-Zeit innerhalb einer Woche programmiert werden. Der DS1615 quittiert das Erreichen der Alarmzeit mit einem Interrupt.

Das IC erlaubt die Programmierung von Meßintervallen von 1 min bis 255 min. Dies gilt parallel für beide Meßmodi. Der nichtflüchtige Meßwertspeicher reicht für 2048 Samples inklusive Angabe der Startzeit in der Funktion als Datenlogger oder für 63 Tempera-

turwerte im 2°C -Abstand, wenn das IC ein Histogramm aufzeichnet. Dabei kann jeder dieser 63 Meßwert-Zähler 65.535 Messungen erfassen. Die Zähler verharren im maximalen Stand und laufen nicht über.

Außerdem lassen sich eine minimale und eine maximale Temperaturschwelle einstellen, bei denen ein Alarm (sprich: ein Interrupt oder Wechsel eines Status-Pins) ausgelöst wird.

Die Verbindung zum PC oder Mikrocontroller verläuft über ein serielles Interface, das synchron oder asynchron betrieben werden kann. Der Befehl zum Meßbeginn muß der DS1615 nicht unbedingt über diese serielle Schnittstelle erhalten, die Messung läßt sich auch per Kopfdruck starten.

MEMORY MAP

Angesichts der Komplexität des ICs ist es unmöglich, auf wenigen Seiten alle Funktionen bis ins Detail zu beschrei-

ben. Wer sich ernsthaft mit dem DS1615 auseinandersetzen möchte, sei auf das 20seitige Datenblatt www.dalsemi.com/DocControl/PDFs/1615.pdf verwiesen.

Die Blockschaltung in **Bild 1** zeigt den Aufbau des Temperaturrekorders. Die Verbindungen zur Außenwelt verlaufen über die Steuerlogik und das serielle Interface (und den Sensor natürlich). Taktgeber ist ein 32,768-kHz-Uhrenquarz.

Der Rest fällt unter die Rubrik Speicher, der in Pages á 32 Byte segmentiert ist. Die Seiten 0 und 1 enthalten die Echtzeituhr und die Steuerregister, das nichtflüchtige User-RAM ist auf der Seite 2 untergebracht. Auf Seite 16 ist die individuelle Seriennummer eingetragen, die Seiten 17 bis 19 umfassen die Alarmzeitmarken und -dauern. Für das Temperatur-Histogramm sind die Pages 64...67 reserviert, der Temperatur-Loggingspeicher beansprucht die Seiten 128 bis 191. Die nicht erwähnten Pages sind für zukünftige Aufgaben vorgesehen. Die "interessanteste" Seite ist ohne Zweifel die erste (RTC and Control Page, **Bild 2**), anhand derer wir die verschiedenen Betriebsarten und Befehle erläutern können.

TEMPERATUR-ERFASSUNG

Der Temperatursensor kann Temperaturen von -40...+85 °C erfassen. Die Auflösung beträgt 0,5 °C, der maximale Temperaturfehler ±2 °C. Der Temperaturwert wird in einem Byte ausgedrückt, beginnend mit 0000000_b für -40 °C bis 11111010_b für +85 °C. Die aktuelle Temperatur läßt sich nach der Formel

$$T [^{\circ}\text{C}] = 0,5 (\text{Byte}) - 40^{\circ}\text{C}$$

berechnen, wird unter Adresse 11 im *Current Temperature Register* auf der ersten Memory-Seite abgelegt und steht dort zur Weiterverarbeitung wie auch zur direkten Anzeige zur Verfügung, wenn keine Datenerfassung eingeleitet ist. Die Temperaturdaten sind gültig, wenn das Bit *Temperatur Ready (TR)* gesetzt ist. Das Bit ist genau dann Null, wenn ein Meßwert gerade berechnet und in den Speicher geschrieben wird.

DATA LOGGING

Im Modus *Data logging* werden die ermittelten Temperaturwerte ab Adresse 100_h sukzessive eingetragen, bis insgesamt 2048 Register gefüllt sind. Der Start einer Meßserie wird wie erwähnt entweder über die serielle Schnittstelle durch den PC oder durch einen Knopfdruck am Temperaturrekorder eingeleitet. Im ersten Fall muß das SE-Bit des Control-Registers auf Null gesetzt werden, so daß der *ST*-Eingangspin gesperrt ist. Der erste Wert ungleich Null, der in das Sample-rate-Register geschrieben wird, startet

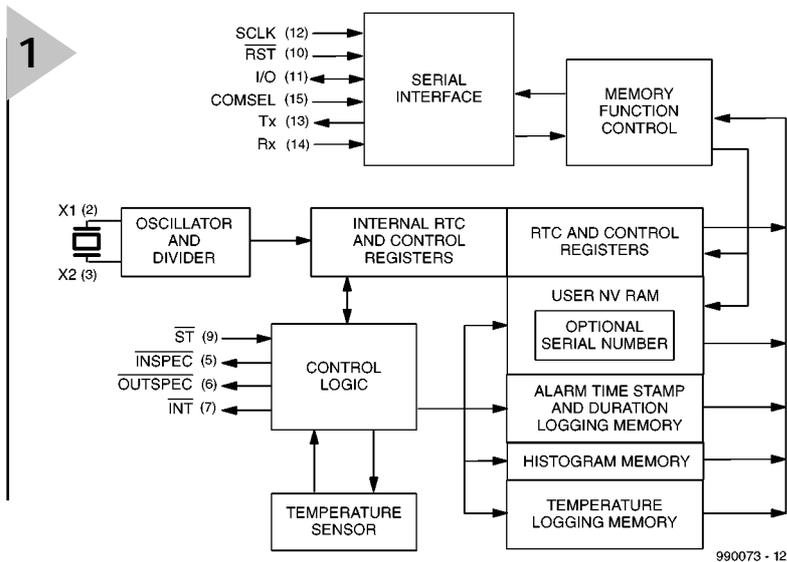


Bild 1. Blockschaltbild des Temperaturrekorders DS1615.

Bild 2. RTC and Control Page.

DS1615 RTC AND CONTROL PAGE

ADDR.	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	FUNCTION
00	0	10 Seconds			Single Seconds				Real Time Clock Registers
01	0	10 Minutes			Single Minutes				
02	0	12/24	10 h A/P	10 h	Single Hours				
03	0	0	0	0	0	Day Of Week			
04	0	0	10 Date		Single Date				
05	0	0	0	10 m.	Single Months				
06	10 Years			Single Years					
07	MS	10 Seconds Alarm			Single Seconds Alarm				Real Time Clock Alarm
08	MM	10 Minutes Alarm			Single Minutes Alarm				
09	MH	12/24	10 ha. A/P	10 h. alm.	Single Hours Alarm				
0A	MD	0	0	0	0	Day Of Week Alarm			
0B	Low Temperature Threshold								Temperature Alarm
0C	High Temperature Threshold								
0D	Number Of Minutes Between Temperature Conversions								Sample Rate
0E	EOSC	CLR	0	SE	RO	TLIE	THIE	AIE	Control
0F	(reads 00h)								Reserved
10	(reads 00h)								Reserved
11	Current Temperature								Temperature
12	Start Delay Register (LSB)								Start Delay
13	Start Delay Register (MSB)								Start Delay
14	TR	MEM CLR	MIP	SIP	LOBAT	TLF	THF	ALMF	Status
15	Minutes								Start Time Stamp
16	Hours								
17	Date								
18	Month								
19	Year								
1A	Low Byte								Current Samples Counter
1B	Medium Byte								
1C	High Byte								
1D	Low Byte								Total Samples Counter
1E	Medium Byte								
1F	High Byte								
20-3F	(Read 00H)								Reserved

990073 - 13

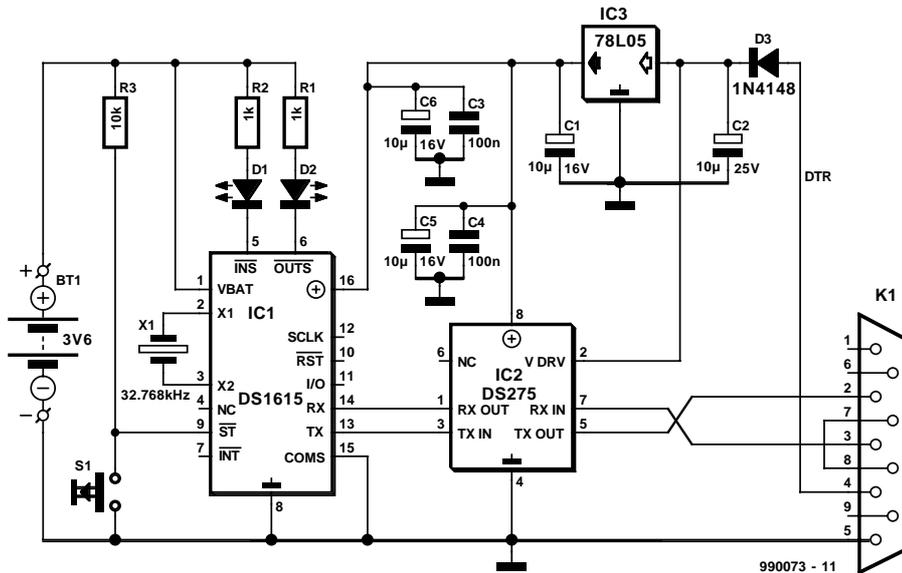


Bild 3. Die Hardware des DS1615-Evaluationkits.

auch die Messung. Setzt man dagegen das SE-Bit auf logisch Eins und schreibt eine Sample-rate ungleich Null in das entsprechende Register, so startet man den Rekorder, indem man den ST-Anschluß (über einen Taster) für mindestens 0,5 s auf Low legt.

Wie auch immer gestartet, zu Beginn einer Meßserie generieren die Ausgänge *INSPEC* und *OUTSPEC* gleichzeitig vier Low-Impulse, außerdem wird das *Mission-in-Progress-Bit (MIP)* des Status-Registers auf logisch Eins gesetzt. Um die Messung zu beenden, schreibt man einfach eine Null in das MIP-Bit.

Die Zeitspanne vom Start der Messung bis zur ersten Temperaturerfassung wird in Minuten im *Start Delay Register* (Adressen 12 und 13) angegeben. Das Register wird vom Sekunden-Register der Echtzeituhr einmal pro Minute getaktet.

Es gibt zwei Möglichkeiten, mit einem Überlauf des Meßwertzählers (das heißt mehr als 2048 Messungen) fertig

zu werden. Entweder nutzt man das Rollover-Feature und setzt Bit 3 des Control-Registers auf Eins. Dann überschreiben die neuen die alten Daten ab Adresse 1000_{16} . Die zweite Variante ist es, die Datenerfassung zu stoppen, wenn 2048 Messungen erfolgt sind. Dazu schaltet man das *Rollover-Bit RO* auf Null.

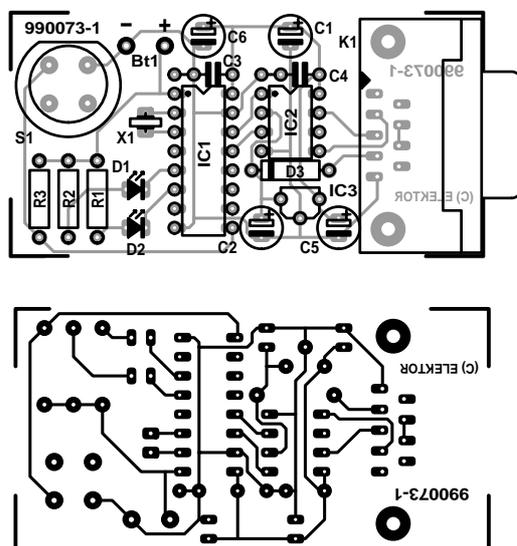
Zwar notiert der DS1615 bei der ersten Messung auch den Stand der Echtzeituhr, die Zeitmarken der darauf folgenden Messungen müssen aber aus dem Wert des *Current Sample Counter* und der Sample-Adresse bestimmt werden. Dies ist bei abgeschaltetem Überlauf kein Problem, im Rollover-Betrieb muß der Anwender allerdings das *Session Sample Register* auswerten. Teilt man dessen Wert durch $07FF_{16}$, so erhält man die Anzahl der Überläufe. Der Anwender hat übrigens (aus Sicherheitsgründen) keine Möglichkeit,

den Speicher der Temperaturmeßwerte zu beschreiben.

HISTOGRAMM

Während einer Meßserie berechnet der DS1615 auch ein Histogramm der Temperaturmeßwerte. Dazu stehen die vier *Temperature Histogram Memory Pages* (Adressen 0800_{16} bis $087F_{16}$) zur Verfügung. Diese Seiten enthalten insgesamt 63 Zähler, die jeweils 16 bit breit sind und so bis 65535 zählen können. Jeder dieser Zähler wird um eins erhöht, wenn die aktuell ermittelte Temperatur in seinen Bereich fällt. Der Zähler 0 ist für Temperaturen von -40°C bis $-38,5^{\circ}\text{C}$ (Werte 0_{16} , 1_{16} und 10_{16}) zuständig, der Zähler 1 für -38°C bis $-36,5^{\circ}\text{C}$ (Werte 11_{16} , 100_{16} und 101_{16}) und so weiter bis Zähler 62, der die Anzahl der Messungen von für $+84^{\circ}\text{C}$ bis $+85^{\circ}\text{C}$ (Werte 11111000_{16} , 1111001_{16}

Bild 4. Platinenlayout und Bestückungsplan.



Stückliste

Widerstände:

R1, R2 = 1 k

R3 = 10 k

Kondensatoren:

C1, C2, C5, C6 = 10 μ /16 V

C3, C4 = 100 n

Halbleiter:

D1, D2 = Low current LED

D3 = 1N4148

IC1 = DS1615

IC2 = DS275

IC3 = 78L05

Außerdem:

X1 = Quarz 32,768 kHz

BT1 = Lithiumzelle 3V6

S1 = Drucktaster 1·an

Platine EPS 990073-1

Software (Disketten) EPS 996030-1

(Siehe Service-Seiten in der Heftmitte)

und 11111010_h). Die Zähler verharren übrigens in Maximalstellung, wenn mehr als 65535 Messungen pro Zähler eingehen.

OUT OF SPECS

Für manche Applikationen ist es wichtig zu wissen, wie oft und für welche Zeitspanne ein "erlaubter" Temperaturbereich verlassen wird. Die Bereichsgrenzen legt man im *Temperature Alarm Register* (Adressen 000B_h und 000C_h) fest. Solange ein Meßwert in den Bereich fällt, zeichnet der DS1615 keinen Temperaturalarm auf. Ansonsten schlägt das IC Alarm und setzt das *Temperature High Flag (THF)* beziehungsweise das *Temperature Low Flag (TLF)* im Status-Register (Adresse 0014_h). Außerdem generiert der Temperaturrekorder eine Zeitmarke, die den Beginn des Alarms markiert, und erfaßt die Dauer der Bereichsüber- oder -unterschreitung. An Pin INT erscheint ein Interrupt, wenn bei einer Überschreitung das Bit *Temperature High Interrupt Enable (THIE)* oder bei einer Unterschreitung *Temperature Low Interrupt Enable* gesetzt ist.

Zeitmarken und die Angabe der Dauer findet man in den je 48 Byte breiten Adreßbereichen 0220_h bis 024F_h für Unterschreitungen und 0250_h bis 027F_h für Überschreitungen. So können (für Über- und Unterschreitungen) jeweils zwölf individuelle Alarmereignisse und Perioden aufgezeichnet werden. Datum und Zeit der Perioden bestimmt der DS1615 aus der *Start Time Stamp* und dem Meßintervall.

Die beiden Ausgänge *INSPEC* und *OUTSPEC* geben Auskunft über den Status des DS1615. Wenn der Anwender eine Meßserie startet, erscheinen gleichzeitig an beiden Ausgängen vier low-aktive Impulse. Fordert man dagegen Informationen über gespeicherte Temperaturdaten, und liegen diese Werte innerhalb des erlaubten Bereichs, so erscheinen am *INSPEC*-Pin vier Low-Impulse. Über- oder unterschreitet wenigstens ein Wert den Bereich, so pulsiert der *OUTSPEC*-Pin. Erfolgt die Anfrage nach Start der Meßserie, aber noch vor der ersten Messung, so erscheinen die vier Impulse alternierend an den beiden Pins.

UHR, KALENDER, ALARM

Zugriff auf Zeit und Kalender, die im BCD-Format gespeichert sind, erhält man durch Schreiben/Lesen der entsprechenden Register-Bytes. Der DS1615 arbeitet im 12-h- oder im 24-h-Modus (Bit 6 von Adresse 09 der *RTC AND CONTROL PAGE*). Das vorhergehende Bit entscheidet über PM/AM beziehungsweise die erste oder die zweite Stundendekade.

Die Alarmregister sind im Speicherbe-

reich 0007_h bis 000A_h untergebracht. Die vier Bits 7 (MS, MM, MH und MD) ergeben eine Maske, die bestimmt, inwieweit das Alarm- mit dem Register der RTC (0000_h bis 0003_h) übereinstimmen muß, um Alarm auszulösen. Eine Änderung der Alarm-Vorgaben stoppt (aus Sicherheitsgründen) die Datenerfassung und setzt das MIP-Bit zurück.

SPECIAL PURPOSE

Außer mit den bisher genannten Funktionen überrascht der DS1615 mit weiteren Sonderfunktionen. Die noch nicht erwähnten Bits auf der *RTC/CONTROL*-Page sind:

EOSC (Adresse 0E_h, Bit 7)

Enable Oscillator steuert den Oszillator im Batterie-Backup-Modus. Ist das Bit 0, ist der Oszillator aktiv, wenn nicht, schaltet der Oszillator ab und der Temperaturrekorder geht in den stromsparenden Stand-by-Modus (etwa 100 nA).

CLR (Adresse 0E_h, Bit 6)

Clear gibt den *Clear Memory*-Befehl (siehe unter Befehle) frei. Nach dem Löschen wird das Bit auf 0 gesetzt.

AIE (Adresse 0E_h, Bit 0)

Alarm Interrupt Enable erlaubt es *Alarm Flag (ALMF)*, ein INT-Signal auszugeben.

MEM CLR (Adresse 14_h, Bit 6)

Memory Clear zeigt an, daß die Speicher für Datalog, Histogram, Temperature Alarm, Current Samples, Start Time Stamp, Start Delay und Sample Rate Register gelöscht sind. Beim Start einer Meßreihe geht MEM CLR auf 0.

SIP (Adresse 14_h, Bit 4)

Sample in Progress ist aktiv, wenn gerade ein Meßwert verarbeitet wird. Dies dauert maximal 750 ms.

LOBAT (Adresse 14_h, Bit 3)

Die Low Battery Flag wird aktiv, wenn die Energiereserven der (Lithium-) Zelle zur Neige gehen.

ALMF (Adresse 14_h, Bit 0)

Das *Alarm Flag* zeigt an, daß die augenblickliche Zeit und die im Alarm-Register eingestellte Zeit übereinstimmen. Wenn das AIE-Bit aktiv ist, geht INT auf Low. Setzt man AIE auf Low, wird auch ALMF zurückgesetzt.

KOMMUNIKATION

Der DS1615 kennt zwei unterschiedliche Kommunikationsarten. Beide übertragen zunächst das LSB und abschließend das MSB. Der Anschluß *Communication Select Input (COMSEL)* bestimmt über synchrone respektive asynchrone Kommunikation. Im ersten Fall verläuft die Kommunikation (mit

$\overline{RST} = 1$) über die serielle Taktleitung SCLK und die Datenleitung I/O. Auf einen Lese- oder Schreibbefehl (siehe unter Befehle) folgt die Adresse und zum Schluß die Daten. Die maximale Datenübertragungsrate beträgt 2 Mbps. Mit COMSEL auf Masse (oder offen) ist der asynchrone Betrieb gewählt, der DS1615 kommuniziert über ein Halbduplex-Dateninterface mit einer Geschwindigkeit von 9600 Baud. Das Protokoll umfaßt wie bei UARTs üblich ein Start- und ein Stoppbit. Der Dateneingang des DS1615 ist mit RX, der Ausgang mit TX bezeichnet. Bei der Kommunikation im asynchronen Modus findet ein CRC (Cyclic Redundancy Check) statt. Sollte die Kommunikation aus irgendwelchen Gründen nicht erfolgreich verlaufen, erkennt der DS1615 dies am fehlenden Stoppbit oder an einer mehr als zehn Bit-Zeiten währenden Empfangsunterbrechung und setzt den Kommunikationsvorgang automatisch zurück. Im synchronen Modus läßt sich die Kommunikation einfach über die \overline{RST} -Leitung zurücksetzen.

BEFEHLE

Jegliche Kommunikation wird durch das Schreiben eines Befehls zum DS1615 eingeleitet, der – wenn erforderlich – vom Parameter *byte(s)* gefolgt wird. Es existieren insgesamt fünf Befehle.

WRITE BYTE (22_h)

Der Host schreibt ein Byte in die RTC, die Control-Register und das nichtflüchtige Anwender-RAM. Nach dem Schreibbefehl folgt die Adresse, als drittes Byte wird das Datum übermittelt. Die Antwort des DS1615: keine.

READ BYTE (33_h)

Der Host übermittelt einen Read-Befehl, gefolgt von 16 Adreßbits (MSB zuerst). Der DS1615 gibt daraufhin byteweise den Inhalt der gewählten Seite aus (plus 2 CRC-Bytes zum Redundanz-Check). Im asynchronen Modus wird TX nach dem letzten Register inaktiv, während im Synchronmodus die Ausgabe solange wiederholt wird, wie das serielle Interface ein Taktsignal absondert.

SPECIFICATION TEST (44_h)

Der Host übermittelt den Befehl, der DS1615 antwortet mit vier Low-Impulsen an Pin *INSPEC* oder Pin *OUTSPEC*, je nachdem, ob ausgezeichnete Meßwerte den eingestellten Temperaturbereich verlassen oder nicht.

READ TEMPERATURE (55_h)

Auf diesen Befehl vom Host hin liest der DS1615 die aktuelle Temperatur und speichert sie im Current Temperature Register (wenn MIP 0 ist). Der

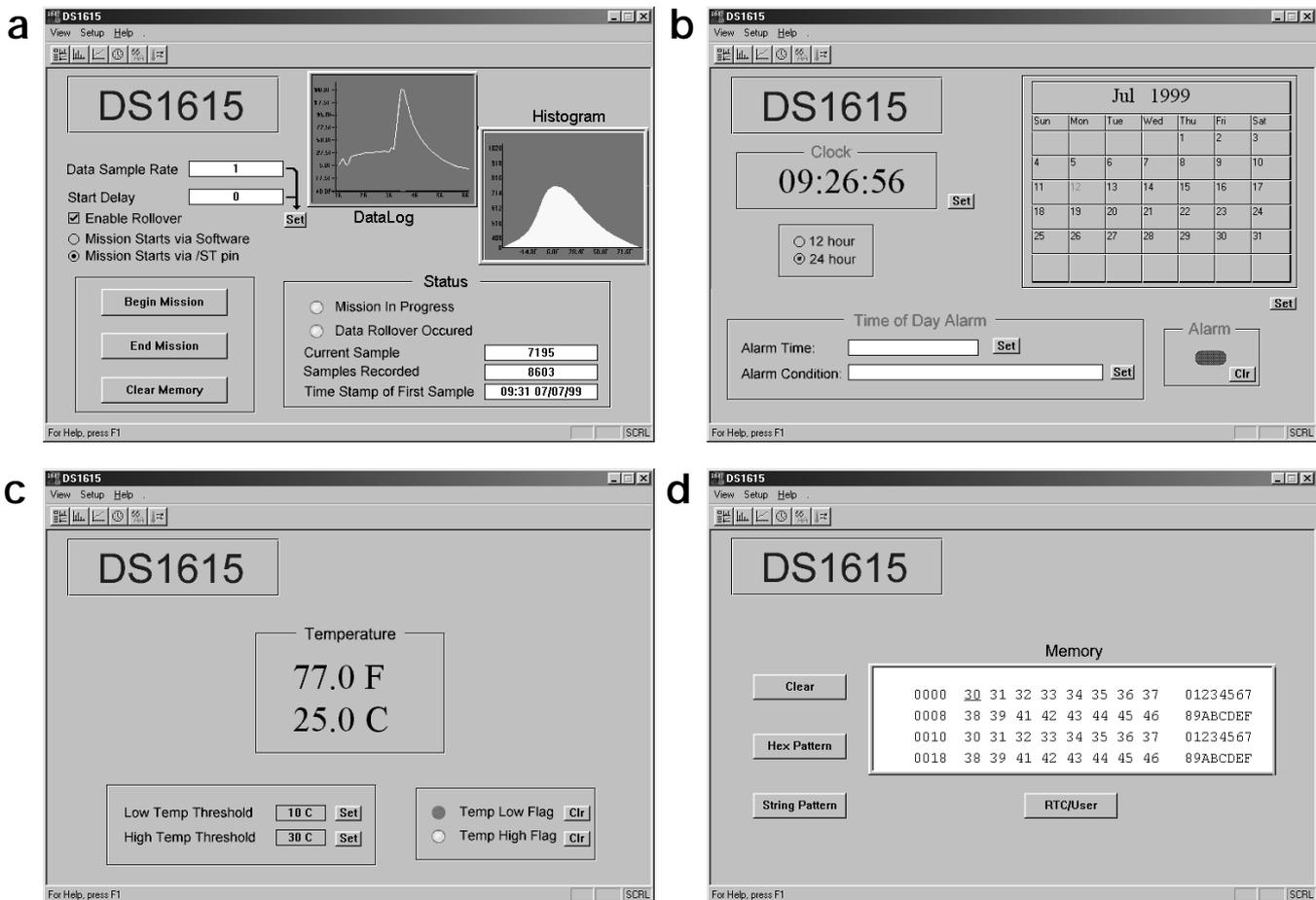


Bild 5. Die Screen-dumps beweisen die intuitive Bedienung der Software.

Temperaturwert wird aber nicht in den Datalog- oder Histogramm-Speicher aufgenommen. Nach dem Befehl muß das TR-Bit ausgewertet werden, um das Ende der Wandlung zu bestimmen.

CLEAR MEMORY (A5_h)

Nach der Freigabe des Befehls durch CLR und seiner Übermittlung werden die Speicher für Datalog, Histogramm, Temperature Alarm, Current Samples, Start Time Stamp, Start Delay und Sample Rate Register gelöscht.

DS1615 EVA KIT

Um die Leistungsfähigkeit des Temperaturrekorders zu demonstrieren, stellt Dallas ein Evaluation Kit zur Verfügung, mit dem die Register, Speicher, Datum, Alarm und Schwellwerte des DS1615 programmiert werden können. Das Kit umfaßt ein Platinchen mit einem DS1615, der an einem Sub-D-Verbinder angeschlossen ist, ein paar zusätzliche Bauteile, ein RS232-Kabel sowie eine Software unter Windows 95/98, die im Elektor-Service und (laut Dallas demnächst) auch im Internet zur Verfügung gestellt wird. Außerdem findet man auf den beiden Disketten alle den DS1615 betreffenden verfügbaren Dokumentationen sowie den Quellcode der Software. Der Schaltplan in Bild 3 weist neben

dem Temperaturrekorder ein weiteres IC auf, den DS275. Über dieses IC verläuft die serielle Kommunikation mit dem PC. Hauptaufgabe des DS275 ist es, symmetrische Pegel vom PC in TTL/CMOS-Pegel umzuwandeln und umgekehrt, ähnlich wie der bekannte MAX232, aber wesentlich energiesparender. Das IC "stiehlt" nämlich die Energie des negativen Anteils des RX_IN-Signal und stellt sie dem TX_OUT-Signal zur Verfügung.

5 - STERNE - MENÜ

Nach der ohne Probleme verlaufenden Installation der Software startet man das Programm über die Desktop-Ikone oder den Eintrag in Programme im Startmenü von Windows. Es erscheint das Hauptmenü (Bild 5a), in dem man nicht nur einen schnellen optischen Eindruck der Datenerfassung und des Histogramms erhält, sondern auch die Erfassungsfrequenz, die Startverzögerung sowie die Startbedingung (Taste/PC) einstellen kann. Die beiden grobschlächtigen Diagramme werden durch Druck auf die entsprechenden Knöpfe in der Menüleiste bildschirmfüllend und fein aufgelöst. Die Messung wird über das Hauptmenü gestartet und beendet, im Statusfenster sieht man die Anzahl der gesammelten Meßwerte, die Zeitmarke der ersten

Messung, die Status der Bits MIP und RO. Auch lassen sich hier alle Speicher löschen.

Im Zeit- und Kalender-Menü (Bild 5b) lassen sich die Zeit (in 12/24 h), der Kalender und der Alarm setzen und ablesen. Das Jahr wird lediglich mit zwei Ziffern angedeutet (Y2K-kompatibel!). Der Alarm-Indikator zeigt an, wenn ein Zeit/Datum-Alarm auftritt. Fast von selbst erklärt sich auch das Menü Current Temperature/Threshold Set (Bild 5c). Im Statusbereich lassen sich die beiden Schwellwerte im Bereich -40°C bis +85 °C in 0,5°C-Schritten festlegen. Das Statusfenster zeigt auch, ob alle gesammelten Meßwerte innerhalb dieses Bereiches liegen oder einer oder mehrere nicht. Das Menü User Memory (Bild 5d) schließlich gestattet es dem Anwender, den nichtflüchtigen Speicher zu programmieren beziehungsweise editieren. Der Speicher wird durch einen Druck auf CLEAR komplett gelöscht. Die Programmierung erfolgt hexadezimal oder in Strings. In der ersten Zeile des Fensters User NV Memory ist der Adreßbereich, in der zweiten die acht Datenbytes und rechts das ASCII-Äquivalent zu sehen.

(990073)rg