

M. Beblo und V. Liebig:

Mobile Datenerfassung

mit CMOS-Halbleiterspeicher

Im Rahmen des Schwerpunktprogrammes "Antarktisforschung" der Deutschen Forschungsgemeinschaft arbeiten wir derzeit am Prototyp einer digitalen Datenerfassungsanlage, welche den harten klimatischen Bedingungen beim Einsatz in Polargebieten genügt.

Obwohl dieser Datenlogger in Hinsicht auf Messungen nach der Methode der Magnetotellurik in der Antarktis entwickelt wird, ist es wichtig herauszustellen:

Der Datenlogger ist kein spezielles Gerät für die Magnetotellurik.

Im Gegenteil:

Der Datenlogger kann für alle heute üblichen geophysikalischen Messungen im Gelände eingesetzt werden.

Früher von uns durchgeführte Messungen der Magnetotellurik in der Antarktis (Liebig und Beblo 1986, Liebig 1986) haben ergeben, daß eine Datenabspeicherung auf die derzeit üblichen Massenspeicher (Magnetband, Magnetplatte) hier nicht zuverlässig eingesetzt werden kann. Schwachpunkt dieser "klassischen" Massenspeicher sind die notwendigen mechanisch bewegten Bauteile, welche bei tiefen Temperaturen immer wieder Störungen bzw. Systemausfälle verursachten. Auch das Speichermedium selbst (Band, Platte) ist für Temperaturen unterhalb +5 Grad Celcius nicht mehr tauglich.

Als Fazit ergibt sich:

Die derzeit üblichen (und billigen) Massenspeicher sind in Polargebieten nur dann zuverlässig einsetzbar, wenn das Gerät geheizt werden kann. Zum Heizen ist die Bereitstellung von unverhältnismäßig viel Energie notwendig, was unter den logistischen Bedingungen in Polargebieten meist nicht gewährleistet werden kann.

Wesentliche Punkte für die neue Datenerfassung sind:

Verwendung von Massenspeicher ohne mechanisch bewegte Bauteile, sicherer Betrieb bis mindestens -20 Grad Celcius ohne Heizung der Apparatur.

Die rapide Entwicklung elektronischer Komponenten hat dazu geführt, daß heute Halbleiterspeicher (CMOS-RAM) preiswert erworben werden können, die sich durch große Speicherkapazität, geringe Baugröße, großen Temperaturbereich (-40 bis +85 Grad Celcius) und geringen Energiebedarf auszeichnen.

Diese CMOS-RAM Speicher sind wesentlicher Bestandteil des Datenloggers. Eingebunden sind die Speicher in ein Mikroprozessorsystem.

Die ganze Anlage basiert auf einem Standard-Rechner-Bus-System (ECB-Bus) und dem international weit verbreiteten Standard-Betriebssystem CP/M.

Durch die Verwendung eines offenen Bus-Systemes, das den Einsatz von Zusatzelektronik einer großen Anzahl von Herstellern gestattet, kann der Datenlogger schnell und einfach erweitert werden, z.B. auf :
Beliebig viele analoge Kanäle Input/Output,
Steigerung der Auflösung auf 16 bit (mehr in Zukunft),
Beliebig viele digitale Kanäle Input/Output,
Ausbau des RAM-Speichers auf 16 MB.

Ein in der Hochsprache Pascal erstelltes Programm steuert die Digitalisierung, regelt die Speicherverwaltung, überwacht die Energieversorgung u.a.m. Die Wahl der im wissenschaftlichen Bereich weit verbreiteten Hochsprache "Pascal" für das Steuerprogramm ermöglicht dem Anwender ein leichtes Eingreifen/Ändern. Programmierung auf Maschinenebene (Assembler) ist nur bei sehr schneller Analog-Digitalwandlung (oberhalb etwa 2 kHz) notwendig.

Der Datenlogger ist in ein schwallwasserdichtes Gehäuse (1/2 19") der Schutzart IP 67 (dicht bis 1 m Wassertiefe) untergebracht. Das Gehäuse wirkt als Faraday'scher Käfig. Im Normalbetrieb muß das Gehäuse nicht geöffnet werden, sodaß durch Zugabe von Trockenmittel (Silika Gel) eine Betauung der Elektronik verhindert werden kann. Alle Steckverbindungen sind ebenfalls wasserdicht.

Die Eingangs- und Ausgangsleitungen des Datenloggers sind mit Überspannungsableitern bzw. Schutzdioden gegen statische Aufladungen geschützt. Dies wirkt gleichzeitig als Blitzschutz.

Die Energieversorgung des Datenloggers wird durch eine unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) mit 12 V Backup-Akku sichergestellt. Der Backup-Akku wird im Feldbetrieb mit Solarmodulen geladen. Die USV überwacht Auf- und Entladung des Backup-Akkus elektronisch. Als Tiefentladeschutz werden die Ausgangsspannungen der USV bei Erreichen der Entladeschlussspannung des Backup-Akku abgeschaltet.

Zentrales Bauteil der Stromversorgung ist ein optimierter Schaltregler, welcher je nach Gesamtstromverbrauch einen Wirkungsgrad von 70-85 Prozent erreicht.

Der Datenlogger benötigt derzeit etwa 150 mA bei 12 V (1,8 W). Der Stromverbrauch läßt sich aber noch weiter reduzieren (siehe unten).

Die Stromversorgungseinheit erzeugt ein Power-Down-Signal. Das ist unbedingt notwendig, da bei An- und Abschaltung der Versorgungsspannungen auf dem Rechner-Bus undefinierte Zustände herrschen. Das Power-Down-Signal schützt dann den Inhalt der batteriegepufferten Speicher vor Zugriffen. Alle CMOS-Speicher sind durch eigene NiCd-Akkumulatoren bei Ausfall der Stromversorgung vor Datenverlust geschützt. Bei den derzeit eingesetzten RAM-Speichern beträgt die Speicherautonomie 2200 Tage = 6 Jahre. Steht nach einem Stromausfall wieder ausreichend Energie zur Verfügung, überprüft der Mikroprozessor die Directory-Einträge der einzelnen RAM-Laufwerke. Er erkennt dabei "sinnvolle" Daten, welche weiterhin vor Zugriffen geschützt bleiben. Noch freie RAM-Laufwerke werden neu initialisiert, das Steuerprogramm arbeitet an dem Punkt weiter, an dem vorher das Power-Down-Signal erschien.

Als Datenspeicher werden kaskadierbare Platinen mit 128 kB bzw. 1 MB (ab Herbst 1986) Speicherkapazität eingesetzt. Im Betriebssystem ist ein maximaler Ausbau auf 16 MB CMOS-RAM-Speicher möglich.

Der Analog-Digitalwandler muß mit stabilen +/- 12 V bzw. +/- 15 V betrieben werden, da derzeit nur Wandler der "klassischen" Bauart kostengünstig zur Verfügung stehen. Das bedingt eine eigene Stromversorgung für den ADC. In Zukunft dürften reine CMOS-ADC mit erweiterten Bereichen der Stromversorgung erhältlich sein. Dann kann der ADC aus der USV, welche u.a. +11 V und -8 V erzeugt, versorgt werden, wodurch der Energiebedarf des Datenloggers geringer wird.

In der derzeitigen Entwicklungsstufe arbeitet der Datenlogger in Digitalisierpausen im stand-by-Betrieb. Vom Betriebssystem her ist es möglich, in solchen Pausen alle Baugruppen - bis auf die Uhr - zu deaktivieren. Dadurch kann der Stromverbrauch um deutlich mehr als den Faktor 10 gesenkt werden. Vorallem bei langen Digitalisierabständen (1 min oder mehr) ist das zweckmäßig.

Aus der Kanalzahl, der Digitalisiertrate sowie Größe des RAM-Speichers errechnet sich die jeweils maximale Standzeit des Datenloggers, welcher sich nach Beschreiben aller vorhandenen Speicher selbstständig abschaltet. Nach Ablauf der Registrierzeit müssen die Daten aus dem Speicher auf einen anderen Datenträger ausgelesen werden. Hierzu benützen wir zwei 3,5" Floppy-disk-Laufwerke mit jeweils 720 kB Speicherplatz.

Die Floppy-Laufwerke sind in einen externen wasserdichten Gehäuse untergebracht und werden nur zum Auslesen der Daten beim Datenlogger benötigt. Der Datentransfer erfolgt quasi DMA und ist daher sehr schnell. Im Floppygehäuse ist eine eigene Stromversorgung für etwa 1 Tag Betriebszeit untergebracht. Die Innentemperatur des stark wärmeisolierten Floppygehäuses wird durch eine elektrische Heizung auf etwa +10 Grad Celcius gehalten, da Floppies nicht unter +5 Grad betrieben werden sollten.

Nach dem Programmstart arbeitet der Datenlogger im stand-alone-Betrieb. Zum Auslesen der Daten bzw. zu Kontrollzwecken u.a.m. wird ein Terminal angeschlossen.

Als Terminal benutzen wir einen tragbaren, batteriebetriebenen hand-held-Computer. Wie der Datenlogger benutzt auch das Terminal einen Mikroprozessor der Z80-Familie und das Betriebssystem CP/M 2.2. Das hat den Vorteil das alle Programme des Datenloggers auch auf dem Terminal-Rechner ablaufen können, vorallem aber hat der Benutzer für Datenlogger und Terminal denselben "Sprachumfang", er muß in der Bedienung nicht umdenken.

Literatur:

- Liebig, V.: Untersuchungen zur Durchführbarkeit magnetotellurischer Messungen in der Antarktis unter Benutzung mikroprozessorgesteuerter Datenerfassungssysteme. Diss. Univ. München, im Druck 1986
Liebig, V. und Beblo, M.: Magnetic and magnetotelluric measurements in North Victoria Land, Antarctica. In: Geologisches Jahrbuch B, im Druck, 1986

Technische Daten des Datenloggers (Ausbaustufe Prototyp MT-Antarktis)

Hardware

| | |
|-------------------------------|--|
| Schutzart/Gehäuse | IP 67 (Schwallwasserdicht) |
| Schutzart/Stecker | IP 67 |
| Überspannungsschutz | Schnelle Klemmdioden für alle CMOS Ein- und Ausgänge Überspannungsableiter für Stromversorgung und analoge Eingänge |
| Temperaturbereich | -20 bis +80 Grad Celcius |
| Stromversorgung | 12 V Gleichspannung (10,5 - 20V) unterbrechungsfrei durch Backup-Akku 12 V, beliebiger Kapazität |
| Tiefentladeschutz | für $U < 9,3$ V, Entladestrom < 4 mA für Backup-Akku |
| Analoge Meßkanäle | 8 differentiell oder 16 single ended |
| Wandlungsrate/Wortbreite | 25 kHz bei 12 bit Auflösung |
| CPU | Z 80 A CMOS, 4 MHz |
| RAM-Speicher | 64 KB bei CP/M 2.2 1 MB (auf 16 MB ausbaubar) |
| Seriell I/O | V 24 / RS 232, synchron-asynchron |
| Parallel I/O | 2*16 bit + Handshake |
| Zähler/Zeitgeber | 4 Kanäle |
| Floppy-Controller/abschaltbar | 4 Laufwerke max |

Externe Hardware

| | |
|------------------|--|
| Floppy-Laufwerke | 3,5", 720 kB/Laufwerk (Floppy-Laufwerke in externem Gehäuse (IP 67) werden nur zum Auslesen der RAM-Speicher benutzt. Floppy-Laufwerke werden geheizt auf etwa +5 Grad Celcius) |
| Terminal | Hand-held-Computer Z80, 2.5 MHz, CP/M 2.2 512 kB-RAM, 360 kB-Floppy, 3.5" |

Software

| | |
|---------------------|--|
| Betriebssystem | CP/M 2.2 |
| Programmiersprachen | Pascal, (Basic), Assembler |
| Programme | Datenerfassung: 1-8 Kanäle diff, 1-00 sec scanrate Datenkontrolle: Darstellung der Meßreihen auf Graphik-Terminal Datenauswertung: Vereinfachte Standard-Auswertung der Magnetotellurik |

Blockschaltbild des Datenloggers

