

Rechnersteuerung von HPIB-/GPIB-Messgeräten Das Programm „MESSZEIT“

Hans Ulrich Schmidt, DJ6TA, Ossietzkystr.32, 53123 Bonn, dj6ta@dar.c.de

1. Grundsätzliches zur Rechnersteuerung von Messgeräten

Funkamateure, insbesondere solche mit Selbstbau-Ambitionen in höheren Frequenzbereichen, sind häufig auf hochwertige Messgeräte wie Signal-Generatoren, Hf-Leistungsmesser, Spektrum-Analysatoren und Netzwerk-Analysatoren angewiesen. Glücklicherweise sind diese Geräte namhafter Hersteller wie HP/Agilent, Rohde & Schwarz, Tektronix, Wiltron/Anritsu und anderer im Gebraucht-Geräte-Handel teilweise recht preiswert erhältlich. Leider werden diese Messgeräte durchweg im „Handbetrieb“ verwendet, obwohl in ihnen wesentlich mehr steckt, nämlich die Möglichkeit der Steuerung und Auslese durch Rechner. Das ist natürlich erst einmal interessant für Geräte, die ein komplettes Messergebnis bereits intern digital speichern, wie z.B. Spektrum- oder Netzwerk-Analysatoren. Dieses Messergebnis kann als Datei in den Rechner ausgelesen, dort evtl. umgerechnet und zu Dokumentationszwecken in verschiedensten Formaten dargestellt und ausgedruckt werden. Aber auch einfachere Geräte wie Signalgeneratoren und Leistungsmesser können durch eine Rechnersteuerung zu Messplätzen zusammengestellt werden, mit denen Messungen möglich sind, die per Hand nicht verwirklichtbar sind, wie z.B. fehlerkorrigierte Reflexionsmessungen, Übertragungsfunktionsmessungen.

Seit nunmehr dreissig Jahren werden diese Messgeräte mit einer einheitlichen Schnittstelle zur Rechner-Steuerung ausgerüstet, die von ihrem „Erfinder“ HPIB (Hewlett-Packard Interface Bus) genannt wurde, im heutigen Sprachgebrauch meist GPIB (General Purpose Interface Bus) oder auch IEC-Bus heisst. Es handelt sich hier um ein 8-Bit-paralleles Bus-System mit zusätzlichen Handshake-Leitungen, welches die Adressierung von bis zu 30 Geräten durch einen Steuerrechner (Controller) gestattet. Wegen der Bus-Belastung können maximal 16 Geräte gleichzeitig an einem Interface eines Rechners betrieben werden, die Abstände zwischen zwei Geräten können maximal 2m betragen (in Ausnahmefällen bis zu 4m). Sowohl die Hardware (24-pol. Steckverbinder, TTL-Pegel) wie auch das Übertragungsprotokoll sind international genormt (IEEE-488.1 und IEC-625), bei neueren Geräten findet sich auch eine einheitliche Syntax für die Steuerbefehle (IEEE-488.2). Durch Bus-Extender mit Koaxial-Kabeln, Lichtwellenleitern oder Ethernet lassen sich auch weiter entfernte Geräte steuern und auslesen. Interface-Karten für den GPIB sind für die meisten üblichen Rechner erhältlich, natürlich auch für PCs.

Trotzdem wird bei Funkamateuren die Schnittstelle kaum irgendwo zur Steuerung und Datenauslese verwendet, sieht man einmal vom Direktanschluss von HPIB-Plottern oder HPIB-Druckern ab, die allerdings seit längerer Zeit nicht mehr hergestellt werden. Der Grund dafür liegt i.A. in der Nicht-Verfügbarkeit von fertigen Programmen zur Rechner-Steuerung und Auslese dieser Messgeräte.

In der Anfangszeit dieser Technik wurden die benötigten Programme meist in den Labors von Firmen und Forschungseinrichtungen selbst geschrieben (typischerweise in der Programmiersprache HP-BASIC bzw. RMB), was aber i.A. zu Spezial-

Programmen für ganz bestimmte Geräte und ganz bestimmte Anwendungen führte. Später wurden dann auch von den Messgeräte-Herstellern Programme für bestimmte Messplätze (z.B. EMV-Messplätze der Firma R&S) und häufig auch nur für die Auslese bestimmter einzelner Messgeräte angeboten. Die Preise dafür bewegen sich häufig in der gleichen Grössenordnung wie die Geräte selbst.

In den letzten Jahren haben sich für die Selbst-Programmierung grafische Programmiersprachen wie HP/Agilent-VEE und Lab-View der Firma National Instruments etabliert, wobei angemerkt sein muss, dass auch diese Produkte keine Anwender-Programme sind, sondern wie RMB nur Programmiersprachen zur Erstellung von Messprogrammen.

Für Interessierte Funkamateure ergeben sich als Möglichkeiten einerseits das Selbst-Programmieren in einer dieser Sprachen (oder auch in den klassischen Programmiersprachen) oder die Verwendung fertiger Anwender-Programme, die dem Amateur-Markt zur Verfügung stehen. Ein Beispiel für ein fertiges universell verwendbares und frei verfügbares Programm soll das vorgestellte Programm MESSZEIT sein. Es entspricht zwar nicht dem neuesten Stand von Windows-Programmen mit vielen bunten Bildern und Anklick-Möglichkeiten, erfüllt aber trotz seines Alters alle wesentlichen Anforderungen an die gewünschten Messaufgaben.

2. Ursprünge des Programms MESSZEIT

Die Ursprünge des Programms MESSZEIT reichen bis in die Zeit um 1980 zurück. Damals wurde im QRL des Autors ebenfalls die rechnergesteuerte Messtechnik mit GPIB-/GPIB-Geräten in Angriff genommen. Nach einer grösseren Anzahl von Spezial-Programmen für bestimmte Aufgaben und Geräte sollte ein Standard-Programm entstehen, welches die Mehrzahl der auftretenden Messaufgaben erledigen und geräteunabhängig sein sollte, um auch neue Messgeräte auf einfache Weise einbinden zu können. Folgende Anforderungen sollte das Programm erfüllen:

- **zeitabhängige Messungen mit mehreren Geräten gleichzeitig**, z.B. Änderung von Hf- oder Gleichspannungen über längere Zeit, Frequenzdrift von Oszillatoren,
- **Messungen mit mehreren Geräten in Abhängigkeit vom Einstell-Wert eines ersten Gerätes** („Parameter-Messungen“), z.B. Hf-Leistung an mehreren Mess-Stellen in Abhängigkeit von der Frequenz eines Signalgenerators (Übertragungsfunktionen), Ausgangsleistung von Verstärkern in Abhängigkeit von der Eingangsleistung aus einem Signalgenerator, Anpassungs-Messungen mit Richtkopplern oder Messbrücken in Abhängigkeit von der Frequenz, Antennendiagramme (Antennen-Leistung in Abhängigkeit von der Winkelstellung eines Drehtischs oder Rotors),
- **direkte Auslese von Spektrum- und Netzwerk-Analysatoren, Oszilloskopen** und ähnlichen Geräten mit Digital-Speicher, die auf einen Befehl eine ganze Datei ausgeben,
- Bedienung aller vorhandenen GPIB-Geräte über entsprechende **Geräte-Treiber**, mit der Möglichkeit, auch neue Geräte über selbst geschriebene Treiber in das Programm einbinden zu können,
- Bedienung der meisten Geräte über einen **Satz von standardisierten Befehls-Wörtern**, die von allen Geräte-Treibern akzeptiert werden,

- **Konfiguration** des Messaufbaus und der Mess-Abläufe **über Eingabe-Tabellen**, um Programmierarbeit auf Programmiersprachen-Ebene für den Endbenutzer vollkommen zu vermeiden.

Als Steuer-Rechner wurden (damals sündhaft teure) HP-9000-Workstation-Rechner verwendet (der PC war noch nicht „erfunden“!), die von Haus aus mit HPIB-Interface versehen waren und durch die Programmier-Umgebung „HP-BASIC“ auf ideale Weise die Messgeräte-Programmierung in Hochsprache ermöglichten. Als Betriebssysteme kamen HP-BASIC und (insbes. für Server und Auswerte-Rechner) HP-UX mit aufgesetztem HP-BASIC zum Einsatz.

Die Rechner-Familie HP-9000 (Serie 200 und 300) sowie HP-BASIC wurden praktisch bis zum Ende der Firma HP als Messgeräte-Hersteller im Jahre 2000 gepflegt und weiterentwickelt, und viele Messplätze sind bis heute mit diesen Rechnern in Betrieb. Um die erheblichen Software-Investitionen im Laborbetrieb weiterverwenden zu können, wurde die Programmiersprache/Programmier-Umgebung HP-BASIC ab Ende der neunziger Jahre von der Firma TRANSERA auf PCs portiert und ist heute als „HT-BASIC“ auf praktisch jedem PC lauffähig. Daneben hat die Firma TAMS das HP-BASIC auf PCs unter LINUX umgesetzt. Auch im QRL des Autors werden neue Messplätze mit HT-BASIC betrieben und ältere umgestellt, wobei die Software so erweitert und umgestellt wurde, dass sie ohne Änderung auf allen Systemen lauffähig ist.

3. Leistungsmerkmale von MESSZEIT

3.1. Grund-Funktionen von MESSZEIT

Das Programm MESSZEIT besteht aus einem Grund-Programmpaket zur Durchführung der Messungen, einem Auswerte-Teil zur grafischen Darstellung und Umrechnung der Mess-Dateien (auch als HPGRAFIK) einzeln lauffähig), einer grossen Anzahl von Geräte-Treibern (derzeit über 100 Typen), einer Geräte-Liste als Datei und diversen Hilfe- und Konfigurations-Dateien.

Nach dem Programmstart werden folgende Aktionen ausgeführt bzw. Wahlmöglichkeiten angeboten:

- Aus der Geräteliste werden bis zu 16 Geräte ausgewählt, mit denen anschliessend gemessen wird. Die Reihenfolge der Auswahl bestimmt die spätere Reihenfolge des Ansprechens der Geräte durch den Rechner.
- Die Geräte werden auf ihren Einschalt-Zustand überprüft.
- Für alle ausgewählten und eingeschalteten Messgeräte kann eine „Hand-Einstellung“ über ein standardisiertes Rechner-Menü erfolgen (häufig übersichtlicher als die Frontplatte, bequem bei weit entfernt stehenden Geräten).
- Betriebsart „zeitabhängige Messungen“
- Betriebsart „Parameter-Messungen“
- Auswerte-Programm HPGRAFIK

3.2. Betriebsart zeitabhängige Messungen

Die Aufgabe dieser Betriebsart ist die Durchführung von Aktionen in (mehreren) Messgeräten zu regelmässig wiederkehrenden Zeiten (Messtakt).

1. Dazu wird zuerst eine Zeit-Tabelle ausgefüllt:

- Tabellen-Eingabe der Gesamt-Messzeit und des Mess-Taktes, bei einfachen Messungen nur eine Zeile:

z.B. 120, 5 (für 120s wird alle 5s gemessen)

- Werden mehrere Zeilen eingegeben, so werden damit mehrere „Mess-Intervalle“ definiert, die unterschiedliche Zeiten enthalten können und nacheinander abgearbeitet werden.

z.B. 120, 5 (für 120s wird alle 5s gemessen)
1000, 30 (für 1000s wird alle 30s gemessen)
60, 5 (für 60s wird alle 5s gemessen)
10, 11 (im Intervall wird nur 1x gemessen, da Taktzeit > Intervallzeit)

2. Ausfüllen von Befehls-Tabelle(n)

- für jedes angeschlossene und eingeschaltete Gerät wird eine Tabelle ausgefüllt, in der die Aktion steht, die während des Mess-Takts ausgeführt werden soll:

z.B. AUSLESEN (Auslese des Messwertes eines frei laufenden Gerätes)

oder MESSEN (Einmalige Triggerung eines Geräts und Auslese des Messwertes)

- Die Anzahl der Zeilen in der Befehls-Tabelle eines Gerätes entspricht der Anzahl der Mess-Intervalle in der Zeit-Tabelle

3. Nach „Mess-Start“ werden im Takt der Zeit-Tabelle die einzelnen Geräte wiederholt angesprochen, die ausgelesenen Ergebnisse werden pro Messgerät (bzw. pro Mess-Kanal bei mehrkanaligen Geräten) in je einer eigenen Datei abgespeichert.

Beim Ansprechen der Geräte über Mess-Befehlswörter müssen mehrere Messgeräte-Klassen unterschieden werden:

- Normale Messgeräte (N)

Diese liefern bei einer Aktion EINEN Messwert (z.B. Digital-Voltmeter, Frequenzzähler, Leistungsmesser).

Dazu gehören auch Geräte mit „Quellen“ (z.B. Signalgeneratoren, Spannungsquellen). Diese liefern den eingestellten Wert anschließend als Messwert zurück (z.B. Frequenz, Spannung, Leistung).

- T- oder Tr-Geräte (T)

Diese Geräte besitzen einen eigenen digitalen Messwert-Speicher und meist auch eine Bildschirm-Anzeige für den Inhalt, z.B. Digital-Oszilloskope, Netzwerk-/ Spektrum-Analysatoren. Sie liefern bei einer Aktion (z.B. AUSLESEN) eine ganze Messwert-Datei zurück.

- Geräte ohne Daten-Ausgabe z.B. Relais-Umschalter

Diese Geräte werden über Befehle angesprochen, liefern aber keine Messwerte zurück.

Die meisten bei einer Messung benötigten Aktionen sind relativ unabhängig vom einzelnen Gerät. Daher wurde ein Satz von allgemeinen Messbefehlen aufgestellt, der von jedem Geräte-Treiber verstanden wird. Darüber hinaus gibt es spezielle Messbefehle, die nur von einem oder wenigen Geräten verstanden werden. Typische Messbefehle für die einzelnen Geräte-Klassen lauten:

- Normale Messgeräte (N)

AUSLESEN	Auslesen eines (bereits vorhandenen) Wertes
AUSLESEN, 2, 1, A, 2, B	Auslesen von zwei Messkanälen
MESSEN	1x triggern und Auslesen

- Quellen als N-Geräte

FREQUENZ, 1, 1, 145MHz	Einstellen der Frequenz und Auslese des Wertes
PEGEL, 1, 1, -60dBm	Einstellen des Pegels und anschl. Auslese
SPANNUNG, 1, 1, 2.75V	Einstellen einer Spannung und anschl. Auslese

- T- oder Tr-Geräte (T)

AUSLESEN	Auslese eines ganzen Datensatzes in Datei
AUSLESEN, 2, 1, A, 2, B	Auslesen von zwei Messkanälen in zwei Dateien
MESSEN	1x triggern, Auslese in Datei

- Geräte ohne Daten-Ausgabe

SCHALTEN, 2, 1, EIN, 2, AUS	Einschalten 1. Kanal, Ausschalten 2. Kanal
-----------------------------	--

3.3. Betriebsart Parameter-Messungen

Die Aufgabe dieser Betriebsart ist die Durchführung von Aktionen in (mehreren) Messgeräten in Abhängigkeit von den Einstell-Werten des ersten Gerätes, z.B. Messung der Hf-Leistung eines Leistungsmessers in Abhängigkeit von der Frequenz eines Signal-Generators.

Dazu muss als erstes in einem Menü eine Quellen-Tabelle für das erste Messgerät ausgefüllt werden. Eingetragen werden:

Start-Wert der Quelle	(z.B. Start-Frequenz)
End-Wert der Quelle	(z.B. Stop-Frequenz)
Schrittweite	(z.B. Schritt-Frequenz)
Dimension des Quellen-Wertes	(z.B. MHz)

Anschliessend wird für jedes weitere Messgerät eine Befehls-Tabelle wie in 3.1. (Zeitabhängige Messungen) ausgefüllt.

Nach dem Mess-Start wird die Quelle in der angegebenen Schrittweite hochgeschaltet und nach jedem Schritt alle weiteren Geräte der Reihe nach ausgelesen und die Ergebnisse pro Gerät (bzw. pro Messkanal) in je eine eigene Datei geschrieben.

3.4. Darstellung von Messergebnissen

Nach Beendigung eines Messablaufs nach 3.2. oder 3.3. kann das Endergebnis für jeden Kanal bzw. jedes Gerät grafisch dargestellt, abgespeichert und ausgedruckt werden. Die grafische Darstellung entspricht dabei dem entsprechenden Punkt im Auswertungs-Programm.

3.5. Sofort-Auslese von Bildschirm-Inhalten von Messgeräten

In den Programm-Menüs für Zeitabhängige und Parameter-Messungen existiert ein Menüpunkt „Letzte Messung noch einmal auslesen“. Für N-Geräte kann hier das Messergebnis des letzten Programmlaufs noch einmal dargestellt werden.

Für T-Geräte (z.B. Spektrum-/Netzwerk-Analysatoren, Oszilloskope) findet eine erneute Auslese der gesamten momentan im Gerät vorhandenen Messung statt, die dann dargestellt und im Rechner abgespeichert werden kann.

3.6. Auswertung von Messergebnissen

Der Auswerte-Teil von MESSZEIT (auch separat als Programm HPGRAFIK) vorhanden, hat folgende Aufgaben:

- grafische Darstellung von bereits gespeicherten Messungen
- Ausdrucken von Mess-Grafiken
- Bearbeiten von Mess-Dateien
 - Addieren, Subtrahieren, Multiplizieren von Dateien

- Glättung, Kurven-Fit, Integration,
- Umrechnungen, z.B. dB -> SWR, dBm->W
- Verknüpfen, Aneinanderhängen von Dateien
- nachtr. Editieren und Neueingabe

Grafische Darstellungen können auch als HPGL-Datei oder in PC-üblichen Grafik-Formaten abgespeichert und in Text-Dateien eingebunden werden.

4. Betrieb von MESSZEIT auf PCs mit HTB

Der Betrieb des Programms MESSZEIT ist für Funkamateure nur sinnvoll auf PCs mit „High Tech Basic“ (HTB) der Firma Transera, da die Verfügbarkeit eines (betriebsfähigen) HP-9000-Systems wohl die absolute Ausnahme sein dürfte. HTB kann sowohl auf DOS-Rechnern wie auf Windows-Rechnern laufen, für beide Möglichkeiten existieren eigene HTB-Versionen. Die DOS-Version wird allerdings nicht mehr einzeln vertrieben, sondern existiert nur noch als Zusatz auf den Windows-Intallations-CDs.

System-Voraussetzungen

Voraussetzungen sind
für die DOS-Version (HTB-6):

386/486/Pentium-PC mit ISA-BUS
MS-DOS-5/6, WIN-95, WIN-98 (im DOS-Modus)
GPIB-Karte 8-Bit/ISA (bzw. einige 16-Bit-ISA)
HTB-6

Für die WINDOWS-Version (HTB-7 oder höher):

PENTIUM-PC mit ISA- oder PCI-Bus
NT-4, NT-5.0 (WIN-2000), NT-5.1 (XP) (WIN-98 mit Einschr.)
GPIB-Karte 16-Bit/ISA, PCI, PCMCIA, USB, LAN
HTB-7.x, HTB-8.x, HTB-9.x

Folgende IEEE488-Karten (GPIB) wurden bisher erfolgreich getestet:

DOS-Version (HTB-6):

HP-82335 (8-Bit-ISA)
National Instruments PC-2, PC-2A (8-Bit-ISA)
CEC, CONTEC, INES (8-Bit-ISA, NI-PC-2- bzw. PC-2A-Nachbau)
CONTEC GP-IB(PC)L (16-Bit-ISA)

WINDOWS-Version (HTB-7 oder höher):

HP-82341A/B (16-Bit-ISA)
Agilent/HP-82350 (PCI)
National-Instruments AT-GPIB (16-Bit-ISA), PCI-GPIB (PCI)
National-Instruments GPIB-PCMCIA
Agilent-82357A/B (USB-GPIB-Umsetzer)
HP-E2050 (LAN-GPIB-Umsetzer)

Für alle Windows-Karten muss ein NT-Gerätetreiber installiert sein.

HTB-Versionen

Von den HTB-Versionen ist jeweils nur die neueste Windows-Version im Handel [1]. Auf der Installations-CD von Transera befinden sich aber auch ältere Windows- und DOS-Versionen. Unter MS-DOS (5/6) und im DOS-Modus von Windows-95 und Windows-98 sollte nur die letzte DOS-Version (HTB-6), die auf der Installations-CD enthalten ist, verwendet werden. Die hiermit erstellten Programme sind kompatibel mit den Windows-Versionen, was für ältere DOS-Versionen nicht zutrifft. Von der HTB-6-Version existiert eine kostenlose Demo-Version, die folgende Einschränkungen aufweist: Sie läuft immer nur für eine halbe Stunde und wird dann beendet, kann aber beliebig oft neu gestartet werden. Programme, die im Programm-Editor neu erstellt wurden, können nicht abgespeichert werden. Diese Einschränkungen haben aber keine Bedeutung für den Betrieb anderweitig erstellter Programme wie MESSZEIT.

Von den Windows-Versionen sind alle Versionen ab HTB-7 für MESSZEIT uneingeschränkt verwendbar, aktuell vertrieben wird HTB-9.x. Neben der Vollversion wird von Transera auch eine HTB-9.x-Runtime-Version angeboten, die nur die Ausführung fertiger Programme erlaubt und keinen Programm-Editor enthält. Sie ist deutlich preiswerter. Die Version HTB-7.1 wurde von Hewlett-Packard kurz vor dem Ende der Firma (ca. 2000) unter der Lizenz von Transera als „HP-BASIC for Windows, V7.1“ herausgebracht, offensichtlich als Ersatz für die bevorstehende Einstellung der HP-9000-Rechnerserie. Allen HP-Kunden mit einem HP-BASIC-Wartungsvertrag wurde dieses Produkt damals kostenlos zugesandt.

Auch von den Windows-Versionen existieren Demo-Versionen mit halbstündlicher Laufzeit und unterbundener Programm-Speichermöglichkeit. Auf der von [1] herausgegebenen Demo-CD befinden sich u.a. Demo-Versionen von HTB-7.1 und HTB-9.0 sowie HTB-9.0-Runtime, im Internet [1] die aktuellen Versionen.

Alle Voll- und Demo-Versionen werden über eine Installations-Routine auf der Rechner-Festplatte installiert. Zusätzlich muss unter Windows ein (herstellerspezifischer) NT-Gerätetreiber für die GPIB-Karte installiert und konfiguriert werden.

5. Verfügbarkeit der Programme

Die jeweils neuesten HTB-Versionen können von [1] bezogen werden, hier ist auch eine kostenlose Demo-CD erhältlich. Falls Interesse an dem Programm MESSZEIT besteht, kann der Autor per e-mail kontaktiert werden.

[1] TechSoft GmbH, Karmeliterweg 114, 13465 Berlin
www.htbasic.de; e-mail: htb@techsoft.de