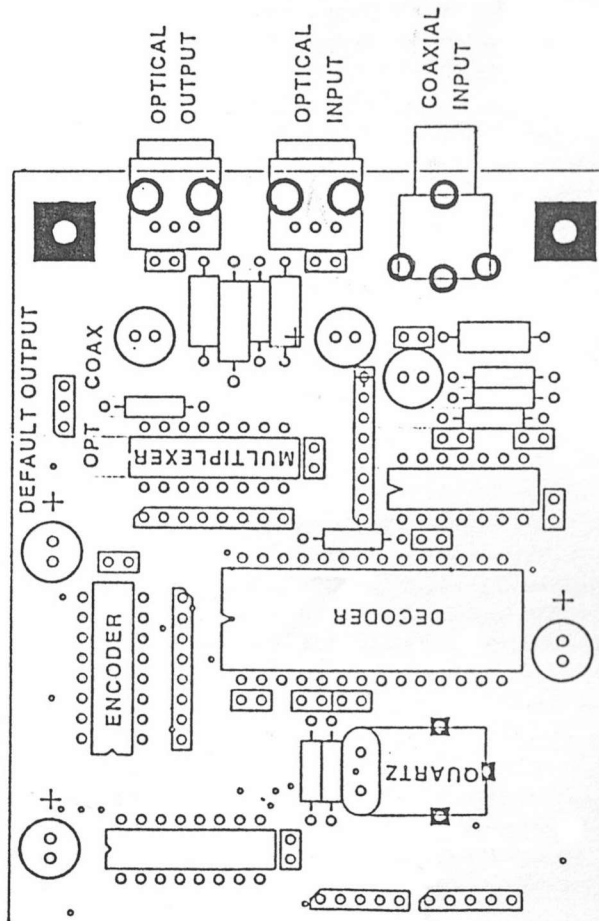


01-2026 / Retro Werner

## Maestro Professional



POSITIONS OF CONNECTORS AND JUMPER

# MacroSystem

## MAESTRO Professional

### Digital Audio Interface

für den Commodore  
Amiga 2000/3000/4000

## Hardware-Anleitung

## Maestro Professional — Digital-Audio-Interface für den Commodore-Amiga

Deutschsprachiges Anwenderhandbuch — zweite Auflage, Januar 1994

*MPro* Hardware: Martin Sprave

*MPro* Software: SEKD und Henning Friedl

*MPro* Handbuch: Martin Sprave, Henning Friedl, Jörg Sprave und Edwin Bielawski

*MPro* Platinenlayout: Bernd Gronemann

### Urheberrecht

*MPro* © Copyright 1992/93/94 by MS MacroSystem Computer GmbH, D-58454 Witten

Alle Rechte, insbesondere das Recht auf Vervielfältigung, Verbreitung und Übersetzung vorbehalten. Kein Teil dieses Werkes darf ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung der Autoren vervielfältigt oder auf Datenträger gespeichert werden.

Beachten Sie, daß selbstverständlich auch Tonaufnahmen dem Urheberrecht unterliegen! Klären Sie daher vor einer kommerziellen Verwendung von Tonmaterial alle urheberrechtlichen Fragen! In Deutschland werden die Rechte in der Regel von der Verwertungsgesellschaft GEMA wahrgenommen.

### Nutzungsrecht

Das Programm darf nur auf dem Rechner eingesetzt werden, in dem die zugehörige Hardware installiert ist. Ein Ausnahme besteht im Gebrauch von Demo-Versionen und des Sound-Players. Somit ist das Nutzungsrecht entsprechend der tatsächlichen Möglichkeit der Benutzung eines Buches beschränkt.

Diskettenkopien dürfen lediglich zum Zwecke der Datensicherung angefertigt werden. Der Nachbau der Hardware und die Reproduktion des Handbuches sind nicht erlaubt.

### Haftung

Dieses Produkt wurde mit großer Sorgfalt hergestellt. Trotzdem sind Fehler nie ganz auszuschließen. Es kann daher keine Gewähr dafür übernommen werden, daß *MPro* unterbrechungs- oder fehlerfrei abläuft und daß die enthaltenen Funktionen in allen von Ihnen gewählten Kombinationen ausführbar sind. Für die Erreichung eines bestimmten Verwendungszwecks wird ebenfalls keine Gewähr übernommen. Die Haftung für unmittelbare Schäden, mittelbare Schäden, Folgeschäden und Drittschäden ist, soweit gesetzlich zulässig, ausgeschlossen. Die Haftung bei grober Fahrlässigkeit und Vorsatz bleibt hiervon unberührt, in jedem Fall ist jedoch die Haftung auf den Kaufpreis beschränkt.

Der Inhalt dieses Handbuches kann ohne Ankündigung geändert werden und ist nicht als eine Garantieerklärung anzusehen. Technische Änderungen bleiben vorbehalten.

### Warenzeichen

*Amiga* ist ein eingetragenes Warenzeichen der Commodore-Amiga Inc.

*Amiga 2000*, *Amiga 3000*, *Amiga 4000*, *CDTV*, *AmigaDOS*, *Amiga Workbench*, *Amiga Kickstart* und *AutoConfig* sind Warenzeichen der Commodore-Amiga Inc.

*Commodore*, das *Commodore-Firmensymbol* und *CBM* sind eingetragene Warenzeichen der Commodore Electronics Ltd.

Diese Dokumentation kann auch weitere Warenzeichen enthalten, von denen angenommen wird, daß sie Eigentum der jeweiligen Firmen sind.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Allgemeines	6
3	Installation	7
3.1	Voraussetzungen	7
3.2	Auswahl des überwiegend benutzten Eingangs	7
3.3	Installation der Hardware	8
3.4	Anschluß digitaler Tonquellen	8
3.5	Konzept der Ausgabe auf digitale Audiogeräte	9
3.5.1	Mögliche Betriebsarten	9
3.5.2	Auswahl der Taktfrequenz	10
3.6	Hardware	10
3.6.1	Studio Betrieb	11
3.6.2	FIFO-Überlauf	11
3.6.3	Puffer-Überlauf	12
4	Grundlagen digitaler Signalverarbeitung	13
4.1	Funktionsprinzip der Digitalschnittstelle	13
4.2	Quantisierung	14
4.3	Abtasttheorem	15
4.4	Aliasing	15
4.5	Digitalfilter	15
4.6	Analogausgabe	16
5	Verschiedenes	17
5.1	Tips und Fehlerhilfen	17

Ihnen unser Produkt gute Dienste leisten wird. Für Anregungen und Ideen, aber auch für Kritik sind wir stets offen!

## Kapitel 1

### Einleitung

Digitale Technik hat im Audiobereich mehr als nur Einzug gehalten. Die CD hat seit ihrer Einführung die LP als Haupttonträger abgelöst, und andere Systeme wie DAT, DCC und Minidisc schicken sich an, auch die Analog-Compactcassette vom Markt zu verdrängen.

Das Aufkommen digitaler Aufzeichnungssysteme hat weiterhin dazu geführt, daß digitale Schnittstellen (vor allem bei höherwertigen Geräten) sich wegen verlustfreier Datenübertragung durchgesetzt haben.

Deshalb lag es nahe, ein Gerät zu entwickeln, welches durch digitale Schnittstellen Audio direkt in den Amiga einlesen kann und so völlig verfälschungsfreie Musikdaten zu gewinnen. 1991 führten wir deshalb das Produkt "Maestro" in den Markt ein. "Maestro" wurde prompt Produkt des Jahres (Wahl unter den Lesern des Amiga-Magazins)!

Obwohl Maestro für Begeisterung sorgte, gab es Verbesserungswünsche. Bald wurde der Ruf nach Harddiskrecording laut, und viele Anwender wünschten sich einen digitalen Ausgang, um die Audiodaten auch verlustfrei wieder ausgeben zu können.

Mit der vorliegenden "Professional" Version der Maestro-Karte konnten diese Wünsche Ende 1992 in die Realität umgesetzt werden! Der Amiga avancierte so zum volldigitalen Audio-Harddisk-System.

Der nächste große Sprung erfolgte im November 1993. Durch einen Exklusivvertrag mit der Dresdener Firma SEKD konnte die ebenfalls zum Produkt des Jahres gewählte Audiosoftware "Samplitude Professional" in einer speziellen Version (Samplitude MS) lizenziert werden und ersetzt die bisherige, recht einfach gehaltene MacroSystem-Software komplett und liegt jeder Maestro Professional bei. Dadurch wird die exzellente Hardware nun auch von hervorragender Software begleitet!

Ein weiterer Meilenstein ist die Verfügbarkeit der DAT-Backup-Software MaestroBR. Besitzer eines DAT-Rekorders (Digital Audio Tape) können nun auf die preiswerten DAT-Bänder Festplattendaten verlustfrei sichern. Ein Band hat bis 2 Gigabyte Kapazität! Der DAT-Rekorder übernimmt dann die Funktion eines ungleich teureren DAT-Streamers und kann obendrein für Audio in Spitzenqualität verwendet werden. MaestroBR ist übrigens nicht Bestandteil der Maestro Professional, sondern muß separat bezogen werden.

Wir hoffen jedenfalls, daß Sie mit Maestro Professional stets erfolgreich arbeiten werden und

## Kapitel 2

### Allgemeines

Maestro Professional besteht aus Software und Hardware. Die Hardware besteht wiederum aus der Karte, welche für Zorroll-Schnittstellen ausgelegt ist, und einem Satz digitaler optischer Kabel. Diese dienen der Verbindung mit Audio-Geräten wie DAT-Rekordern, CD-Spielern etc. Wir haben diese Kabel deshalb beigelegt, um Ihnen einen Sofortstart zu ermöglichen. Solche Kabel liegen den Audio-Geräten nämlich regelmäßig nicht bei! Allerdings weisen wir darauf hin, daß die beiliegenden Kabel nicht die hohe Qualität von im HiFi-Handel erhältlichen Material besitzen. Solche Kabel können sehr teuer werden, speziell wenn lange Ausführungen gewünscht werden. Wir empfehlen die Benutzung von solchen Kabeln, wenn Sie Probleme mit der digitalen Verbindung haben sollten.

Als Software liegt die MS-Version von Samplitude aus dem Hause SEKD vor. Samplitude MS steuert die Hardware direkt, eine andere Software wie libraries etc. wird nicht benötigt.

Samplitude wird in diesem Handbuch nicht weiter erläutert. Alle Informationen dazu erhalten Sie in dem ebenfalls beiliegenden Handbuch zu Samplitude.

In diesem Handbuch soll vor allem die Hardware-Installation beschrieben werden. Bitte beachten Sie auch die Tips und Fehlerhilfen am Ende dieses Heftes!

## Kapitel 3

### Installation

#### 3.1 Voraussetzungen

Zum Betrieb der *MPro*-Digitalen-Audio-Schnittstelle benötigen Sie:

- Einen Commodore-Amiga mit 100-poligen Erweiterungssteckplätzen: (A 2000, A 2500, A 3000 oder A 4000)
- HiFi-Geräte mit digitalen Audioschnittstellen:  
CD-Player, DAT-Rekorder, DSR-Tuner, Digitalverstärker, DCC-Rekorder und Minidisc-Rekorder ...
- Geeignete Verbindungskabel:  
Lichtleiterkabel und/oder Koaxialleitungen mit Cinchanschlüssen (zwei einfache Lichtleiterkabel liegen bei)
- Die Amiga-OS 2/3-Systemsoftware (ab Kickstart V37.175, Workbench V37.67)  
Benutzen Sie bitte nur offiziell erschienene Versionen! Die neue Workbench 2.1/3.0 wird auch unterstützt.

Als Mindestsystemausbau werden 1 MB Chip-Memory, 2 MB Fast-Memory und eine große und schnelle SCSI-Festplatte empfohlen. Sinnvoll ist außerdem der Einsatz eines magneto-optischen Wechsellplattenlaufwerks zum Transfer und zur Archivierung der erzeugten Musikstücke.

#### 3.2 Auswahl des überwiegend benutzen Eingangs

Wenn der Rechner eingeschaltet und die *MPro*-Software nicht in Betrieb ist, schleift die Hardware einen der beiden Eingänge auf den Ausgang durch. Ob das koaxiale oder das optische Signal durchgestellt wird, kann der Anwender mit einer Steckbrücke festlegen. Auf diese Weise steht die überwiegend benutzte Audioquelle auch dann zur Weiterverwendung (z.B. zur Ausgabe auf einem Digitalverstärker) zur Verfügung, wenn das Programm nicht läuft.

Verbindet die Kodierbrücke (Jumper) den vorderen und den mittleren Pin, so wird der optische Eingang durchgeschaltet. Sind hingegen der mittlere und der hintere Stift kurzgeschlossen, dann wird das elektrische Signal weitergeleitet. Betrachten Sie dazu die Lageskizze in diesem Handbuch!

### 3.3 Installation der Hardware

Achtung: Schalten Sie als erstes Ihren Amiga und alle Zusatzgeräte aus und ziehen Sie dann den Netzstecker vom Amiga ab!

Der Ein- oder Ausbau von Hardware bei eingeschaltetem Gerät kann sowohl Ihren Amiga als auch die Erweiterung beschädigen!

Beachten Sie auch die Hinweise in den Handbüchern Ihrer Audiogeräte!

- Ziehen Sie das Netzkabel sowie den Stecker der Maus und der Tastatur vom Rechner ab!
- Lösen Sie die fünf Schrauben, mit denen der Gehäusedeckel befestigt ist! Davon befinden sich je zwei an den Seiten und eine in der Mitte der Rückwand (beim A 4000 sind lediglich zwei Schrauben an der Rückwand zu lösen).
- Fassen Sie den Deckel an den Seiten und ziehen Sie ihn behutsam nach vorne! Heben Sie ihn dann vorsichtig ab!
- Wählen Sie einen beliebigen, freien, 100-poligen Erweiterungssteckplatz aus! Von diesen sind beim Amiga 2000 im vorderen Teil der Platine fünf Stück vorhanden. Beim Amiga 3000/4000 befinden sich die Expansionslots auf einem sogenannten „Daughterboard“, das senkrecht zur Hauptplatine steht.
- Entfernen Sie das zum Steckplatz gehörige Blindblech auf der Rückseite des Gehäuses!
- Setzen Sie die *MPro*-Karte im A 2000 mit den Bauteilen Richtung Laufwerksträger (also nach rechts) und im A 3/4000 nach oben zeigend ein! Wenden Sie dabei leichten Druck an und achten Sie darauf, daß die Platine bis zum Anschlag im Slot sitzt!
- Schrauben Sie das Abschlußblech der *MPro*-Platine an der Gehäuserückwand fest!
- Jetzt können Sie das Rechnergehäuse wieder schließen.

Da die *MPro*-Hardware über das Amiga-typische AutoConfig verfügt, brauchen keinerlei Adreßeinstellungen vorgenommen zu werden.

### 3.4 Anschluß digitaler Tonquellen

Die Verbindung zwischen dem Digitalausgang Ihres Audiogerätes und der *MPro*-Hardware kann entweder elektrisch über ein Koaxialkabel oder optisch über einen Lichtwellenleiter erfolgen. Geeignete Kabel sind im HiFi-Fachhandel erhältlich.

Die Umschaltung zwischen elektrischer und optischer Datenübertragung erfolgt per Software. Die Grundeinstellung wird mit einem Jumper eingestellt (siehe Abschnitt 3.2).

Ein elektrisches Anschlußkabel sollte eine wirksame, koaxiale Abschirmung (Impedanz 75  $\Omega$ ) besitzen und nicht mehr als zwei Meter lang sein. Stecken Sie einfach den einen Cinch-Stecker in die entsprechende Buchse auf der *MPro*-Hardware und schließen Sie den anderen an den Digitalausgang Ihres Audiogerätes an.

Die optischen Ein- bzw. Ausgänge werden durch eine optische Fiber (Lichtwellenleiter) miteinander verbunden, die leider recht teuer ist. Der Vorteil dieser Art von Datenübertragung besteht allerdings in der Störsicherheit gegenüber elektromagnetischen Einflüssen. Dadurch werden Leitungslängen von bis zu fünf Metern möglich. Zwei einfache optische Lichtleiterkabel liegen dem Produkt bei. Wir empfehlen aber dennoch die Anschaffung hochwertiger Kabel aus dem HiFi-Fachhandel!

Zunächst müssen an beiden optischen Anschlüssen die Schutzkappen abgezogen werden. Danach werden die beiden Stecker in die dadurch sichtbar gewordenen Vertiefungen gedrückt, bis sie spürbar einrasten.

### 3.5 Konzept der Ausgabe auf digitale Audiogeräte

*MPro* besitzt einen optischen Digitalausgang. Dadurch wird es möglich, eingelese und bearbeitete Musikstücke verlustfrei wieder auszugeben. Wird dieser Ausgang mit dem Eingang eines DAT-Rekorders verbunden, können eigenhändig aufgenommene und geschnittene Werke digital aufgezeichnet werden (z.B. zur Weiterleitung an ein CD-Preßwerk). Der Anschluß eines Digitalverstärkers erlaubt eine perfekte Wiedergabequalität sowie die Weiterreichung des Signal an andere digitale Audiogeräte.

#### 3.5.1 Mögliche Betriebsarten

Die digitale Ausgabe kann auf unterschiedliche Weise erfolgen:

- Durchschleifen eines Eingangssignals

In diesem Modus wird der gerade angewählte (entweder koaxiale oder optische) Eingangskanal unverändert auf die Ausgangsbuchse durchgeschaltet. Diese Methode findet auch Verwendung, wenn die Software nicht aktiv ist. Der Eingang wird dann durch den Jumper (siehe Abschnitt 3.2) bestimmt.

- Durchschleifen mit modifizierten Statusbits

Das einlaufende Musiksignal wird in dieser Betriebsart zunächst dekodiert und sofort darauf wieder kodiert und ausgegeben. Dabei können die Status- und User-Informationen variiert werden, weil diese bei der Neukodierung sowieso wieder zu den Musikdaten dazugemischt werden müssen. Auf diese Weise könnte zum Beispiel der Kopierstatus verändert werden. Das Kopierschutz-Bit des verbreiteten SCMS-Systems (Serial Copy Management System) kann so ignoriert und sogar zurückgesetzt werden – ein neues

Masterband entsteht. Wie beim Durchschalten des Original-Datenstroms wird dazu keine Rechenleistung des Amiga benötigt.

- **Ausgabe zuvor eingelesener Musik**

Hierbei werden früher auf Festplatte gespeicherte und eventuell zwischenzeitlich editierte Musikpassagen direkt von Harddisk auf den Digitalausgang ausgegeben.

- **Echtzeiteffekte**

Echtzeiteffekte werden dadurch erzeugt, daß die Musikdaten in den Rechner eingelesen, dort schnell verändert und/oder kurzzeitig im RAM zwischengespeichert und anschließend direkt wieder ausgegeben werden. Dafür wird Rechenzeit des Amiga benötigt.

- **Stille**

Es wird ein (natürlich rauschfreies) Nullsignal erzeugt. Für dieses „Muting“ wird wiederum keinerlei Rechenkapazität gebraucht.

### 3.5.2 Auswahl der Taktfrequenz

*MPro* ist grundsätzlich in der Lage, digitale Musikschnale mit unterschiedlichstem Grundtakt korrekt wiederzugeben. Die Hardware verfügt allerdings nur über eine einzige Quarzfrequenz, die einem Musikdatentakt von 48 kHz entspricht. Diese Frequenz wird in der international anerkannten AES-Norm für die digitale Musikaufzeichnung empfohlen.

Werden jedoch andere Taktfrequenzen (z.B. 44.1 oder 32 kHz) gebraucht, muß am augenblicklich ausgewählten Eingang ein stabiles Musikschnal mit der gewünschten Frequenz (Referenztakt) anliegen, aus dem der benötigte Arbeitstakt gewonnen werden kann. Was für Tondaten dabei empfangen werden, ist vollkommen unwichtig. So reicht ein eingeschalteter CD-Spieler ohne eingelegte Compact Disk aus, um an die notwendige 44.1 kHz Frequenz zu kommen.

Wenn Sie also mit einem DAT-Rekorder arbeiten und Musikmaterial auf DAT mit 44.1 kHz benutzen wollen, so können Sie nicht einfach den DAT an Ein- und Ausgang von *Maestro* Professional anschließen. Sowohl DAT als auch *Maestro* würden auf ein Referenzsignal warten! Der Anschluß eines CD-Players an den Eingang von *Maestro* ist notwendig.

Das gilt nicht, wenn Sie nur mit 48 kHz-Daten arbeiten.

## 3.6 Hardware

- **Koaxialer Eingang**

- **Optischer Eingang**

*MPro* hat einen koaxialen und einen optischen Eingang. Welcher davon benutzt wird, kann softwaregesteuert umgeschaltet werden. Ist die Software nicht aktiv, wird der aktive Eingang durch die Stellung des Jumpers auf der *MPro*-Platine bestimmt.

- **Optischer Digitalausgang**

- **Analog-Ausgang über Amiga-Audio**

Es kann zwischen zwei verschiedenen Möglichkeiten der Ausgabe gewählt werden. das professionellere und qualitativ beste ist natürlich der digitale, optische Ausgang. Nicht jeder hat natürlich einen DAT-Rekorder oder einen digitalen Verstärker. Daher können auch die normalen, analogen Amiga-Ausgänge gewählt werden. Durch eine spezielle Programmierung werden die Daten hier in Stereo mit 14 Bit (!) pro Kanal ausgegeben. Die Qualität ist besonders in Bezug auf Dynamik und Rauschabstand deutlich besser als die auf dem Amiga übliche 8 Bit Wiedergabe!

Bei der analogen Wiedergabe ist zu beachten, daß die Wiedergabe mit der vollen Samplefrequenz von z.B. 44100 Hz nur bei aktivem Productivity-Screen möglich ist. Der Amplitude-Screen muß also entsprechend eingestellt werden. Auf normalen Screens erfolgt die Ausgabe mit der halben Frequenz.

### 3.6.1 Studio Betrieb

Hiermit können die Subcode-Informationen im digitalen *MPro*-Ausgangsschnal an die Broadcast-Studio-Norm angepaßt werden. Im normalen Heimbereich darf dieser Menüpunkt nicht aktiviert werden.

### 3.6.2 FIFO-Überlauf

*Maestro* benutzt eine FIFO-Puffertechnik, um Daten von und auf Festplatte lesen und schreiben zu können. Diese FIFOs stellen sicher, daß auch bei längeren Unterbrechungen durch andere Festplattenzugriffe die Daten vollständig und unterbrechungsfrei fließen können.

Sind die FIFOs allerdings vollständig gefüllt und werden die Daten immer noch nicht vom Amiga abgenommen, kommt es zu einem Problem: Die FIFOs laufen über.

Hier soll kurz erklärt werden, wie es zu einem solchem FIFO-Überlauf kommen kann. *Maestro* arbeitet mit Hilfe von Interrupts. Es setzt dazu einen Interrupt mit sehr hoher Priorität ein (IVEXTER, Pri=105). Es ist dadurch kaum möglich, daß der *Maestro*-Interrupt durch einen Interrupt mit höherer Priorität beeinflußt wird.

Allerdings können andere Programme über die Funktion Disable() generell alle Interrupts verbieten. Commodore hat für den Einsatz dieser Funktion jedoch strenge Richtlinien erlassen. So darf die Zeit, während der die Interrupts gesperrt sind, d.h. die Zeit zwischen Disable() und Enable(), 250 µs nicht überschreiten. Die *Maestro*-Hardware und Software ist so tolerant, daß selbst eine deutlich längere Unterbrechung nicht stört. Die Daten fließen in die FIFOs, die als Zwischenspeicher fungieren. Sobald wieder Interrupts verfügbar sind, werden die FIFO-Speicher abgebaut. Sind die Interrupts jedoch für mehr als einige Millisekunden gesperrt, kommt es zu einem Überlauf der FIFOs. Da damit ein Datenverlust verbunden ist, der zu hörbaren Störungen führen kann, wird in einem solchen Fall die Datenübertragung mit einer Fehlermeldung abgebrochen.



Wenn mit einem Programm solche Probleme auftreten, sollte auf seine Benutzung verzichtet werden, solange Maestro arbeitet. Erkundigen Sie sich ggf. bei dem Hersteller des Programms, ob er für Abhilfe sorgen kann.

Eine andere Möglichkeit für einen FIFO-Überlauf ist der Einsatz von spezieller Hardware, die über DMA arbeitet. Dazu gehören z.B. Festplattencontroller. In der Regel sollten aber auch solche Geräte problemlos mit Maestro zusammenarbeiten, wie z.B. der DMA-Controller im Amiga 3000. Wenn Probleme mit Ihrem Controller auftauchen, so fragen Sie bei dem Hersteller des Controllers nach einer Fehlerabhilfe. Solche Controller haben nämlich oft auch Probleme mit Modems, sodaß es häufig Patch-Programme oder neue Treibervarianten gibt, die diese Fehler verhindern – solche Abhilfen lösen dann auch das Problem unter Maestro.

### 3.6.3 Puffer-Überlauf

Handelt es sich bei der FIFO-Technik um eine Hardware-Methode zur Überbrückung kleiner, aber totaler Unterbrechungen, so ist die Puffertechnik eine softwareseitige Methode zur Überbrückung langer Unterbrechungen beim Speichern auf Festplatte.

Samplitude speichert die Daten bei einer Aufnahme jeweils in 200 KByte-Blöcken, was in der Regel eine nahezu maximale Datenübertragungsgeschwindigkeit garantiert. Ein solcher 200 KByte-Block muß innerhalb von etwa einer Sekunde gespeichert sein, damit der Puffer danach wieder frei für neue Daten ist.

Ist die Festplatte nicht schnell genug oder wird der Abspeichervorgang durch andere Programme gebremst, fordert Samplitude zusätzlichen Arbeitsspeicher an, um die anfallenden Musikdaten vorübergehend aufzunehmen. Rekalibrierungen der Festplatte oder Organisationsaufgaben des Amiga-DOS werden so problemlos aufgefangen. Hat die Festplatte wieder ihre gewohnt hohe Geschwindigkeit, werden die zwischengelagerten Daten abgespeichert. Dieser etwas komplizierte Vorgang sorgt in der Regel für eine störungsfreie Aufnahme.

Ein Beispiel: Fällt beim Speichern die Harddisk aus (etwa durch ein länger andauerndes Rekalibrieren, so wird einfach weiter in das RAM des Rechners geschrieben. Steht die Festplatte wieder zur Verfügung, wird diese sofort wieder benutzt. Dabei werden zunächst alte (im RAM befindliche) Daten gespeichert. Ist der RAM-Puffer abgebaut, werden wieder aktuelle Daten gespeichert. Wenn die Platte also für 4 Sekunden steht, werden ca. 800 kByte ins RAM geschrieben. Angenommen, Sie haben eine Festplatte, die 400 kByte pro Sekunde speichert, so würde der Speicher innerhalb von 4 Sekunden abgebaut sein (denn es müssen ja noch aktuelle Daten verarbeitet werden). Danach kann dann wieder ohne RAM-Belegung gearbeitet werden.

Ein Pufferüberlauf kann bei einer Aufnahme dann auftreten, wenn nicht ausreichend Speicher zur Überbrückung kurzer Ausfälle verfügbar ist. Die Aufnahme wird dann abgebrochen.

Sowohl eine Aufnahme als auch eine Wiedergabe ist natürlich nicht möglich, wenn die durchschnittliche Lade- bzw. Speichergeschwindigkeit der Festplatte unter 200 KByte pro Sekunde liegt. Denken Sie in solchen Fällen einmal über die Anschaffung einer schnelleren (und größeren?) Festplatte nebst Controller nach!

## Kapitel 4

# Grundlagen digitaler Signalverarbeitung

Dieses Kapitel soll einige Informationen mehr theoretischer Natur vermitteln. Zur Benutzung von Maestro sind solche Kenntnisse nicht erforderlich. Sie können dieses Kapitel also getrost überspringen, wenn Sie keinen Bedarf am theoretischen Grundwissen haben!

### 4.1 Funktionsprinzip der Digitalschnittstelle

Bei der digitalen Audioverbindung handelt es sich um eine serielle Schnittstelle mit hoher Übertragungsgeschwindigkeit, die zunächst nur bei professionellen Studiogeräten eingesetzt wurde. Mit zunehmender Verbreitung der CD-Spieler wurde eine vereinfachte Version dieses Interfaces von Philips und Sony auch in den 'Consumer-Bereich' eingeführt.

Es haben sich zwei unterschiedliche Hardware-Techniken zur Übertragung durchgesetzt: Die eine verwendet ein Koaxialkabel, über das die Daten mit einer Wechselspannung von 500 Millivolt Amplitude übertragen werden. Die andere Methode benutzt ein Lichtwellenleiter-Kabel aus Kunststoff. Diese optische Fiber führt einen roten Lichtstrahl ( $\lambda=660\text{ nm}$ ), der von der Sendediode mit den Audiodaten moduliert wurde, zum Empfänger.

Bei der digitalen Audiotechnik beträgt die Abtastrate für jeden Stereokanal bei der Compact-Disk 44.1 kHz, bei DAT-Aufnahmen 48 kHz und beim Digital-Satelliten-Rundfunk 32 kHz. Pro Sample werden insgesamt zwei 32 Bit-Worte (ein Frame) übertragen, so daß sich Übertragungsraten von ungefähr drei Megahertz ergeben. Die eingesetzte Codierung (Biphase-Mark-Code) benötigt jedoch zwei Bits für ein Datenbit. Daher ist die übertragene Taktfrequenz doppelt so hoch (ca. 6 MHz) wie die Bitrate.

Jedes 32 Bit-Datenwort (Subframe) wird durch ein 4 Bit langes Synchronisationswort (Preamble) eingeleitet. Danach folgen 24 Bits mit Audiodaten, von denen jedoch nur 16 Bit benutzt werden. Im letzten Abschnitt sind insgesamt vier Spezialbits zu finden. Das Validity-Bit zeigt an, daß der Sender momentan nur gestörte Daten übermitteln kann. Danach werden das User-Bit und das Channel-Bit übertragen. Das Datenwort wird schließlich mit einem Prüfbit (Parity) abgeschlossen.

Die User- und Channel-Bits haben eine besondere Bedeutung. Je 192 Frames werden zu einem Block zusammengefaßt und die hintereinander einlaufenden Spezialbits somit durchnummeriert. Die verschiedenen Kanalstatus-Bits enthalten Informationen über die Audioquelle. So enthält etwa Bit 3 das Kopiersperre-Bit, das Preemphase-Bit Nr. 4 zeigt an, das hohe Frequenzen digital überbetont aufgezeichnet wurden u.s.w. Die User-Bit-Blöcke stehen dem Anbieter der Daten zur freien Verfügung. In ihnen legen CD-Hersteller z.B. CD + Graphics-Daten ab.

Die oben angesprochenen technischen Einzelheiten dienen nur zu Ihrer Information. Die *MPro* Hard- und Software verwaltet die Schnittstelle selbstständig und präsentiert dem Anwender die übertragenen Daten in anschaulicher Form.

## 4.2 Quantisierung

Im Folgenden wird davon ausgegangen, daß das zu verarbeitende Signal (in unserem Fall Schall) in der üblichen Form der *Pulscodemodulation* (PCM) aufgezeichnet wurde. Dabei werden die Tonfrequenzen in konstantem Zeitabstand abgetastet und die jeweils aktuelle Impulshöhe aufgezeichnet.

Das Eingangssignal (die Musik) wird durch den *Analog/Digital-Wandler* in eine Reihe von digitalen Werten umgesetzt. Der A/D-Konverter ordnet dabei die kontinuierlich fortlaufende Signalamplitude in ein Schema von Stufenhöhen (in Form von ganzen Zahlen) ein. Diese Umwandlung des analogen Meßwertes in eine Folge von diskreten Werten mit begrenzter Abtastrate wird als *Quantisierung* bezeichnet.

Wie zu erwarten, tritt durch diesen Prozeß eine Verschlechterung des Signals in Form von zusätzlichem Rauschen auf. Dieses (weiße) Rauschen wird während der Digitalisierung durch die Rundung der Signalamplitude auf das niederwertigste Bit im Datenwort verursacht und wird daher *Quantisierungsrauschen* genannt.

Der A/D-Wandler kann natürlich nur eine endliche Anzahl von Datenbits liefern. Der *Dynamikumfang* wird nun definiert als Verhältnis zwischen der maximalen und der minimalen Signalamplitude, die mit solchen Datenworten darstellbar sind. Er wird also durch die Zahl der Binärstellen der Digitalzahl bestimmt. Durch den stets vorhandenen Rauschhintergrund wird er jedoch wiederum verringert. Der maximal mögliche Dynamikumfang kann allerdings nur dann erreicht werden, wenn das Eingangssignal voll ausgesteuert wird.

Für Digitalzahlen mit einer Auflösung von  $b$  Bits gilt theoretisch:

$$\text{Dynamikumfang (dB)} = 20 \cdot \lg \frac{2^b - 1}{1} \approx 6.02 \cdot b$$

Jedes Bit erhöht demnach den Störabstand um ca. 6 dB. Mit der in der digitalen Audiotechnik üblichen 16 Bit-Darstellung erreicht man also einen Dynamikumfang von etwa 96 dB — mit der bisherigen Amiga-Auflösung von 8 Bit nur die Hälfte (ca. 48 dB).

## 4.3 Abtasttheorem

Um ein sich kontinuierlich veränderndes Eingangssignal darstellen zu können, würde man eine unendlich große Anzahl an digitalen Meßwerten benötigen. In der Realität können wir allerdings das Signal nur zu diskreten, periodischen Zeitpunkten abtasten. Dieser Vorgang wird auf Englisch *sampling* genannt.

Das Shannonsche *Abtasttheorem* (sampling theorem) besagt nun, daß das Eingangssignal dann ohne Störungen rekonstruiert werden kann, wenn es keine Frequenzen enthält, die größer als die *halbe Abtastrate* sind. Das Eingangssignal wird also durch die einzelnen Abtastwerte (*samples*) vollständig wiedergegeben, solange diese Bandbreitenbeschränkung eingehalten wird.

Bei digitalen Audioquellen wird folglich der gesamte Hörbereich des Menschen durch die hohen Abtastfrequenzen abgedeckt — bei Amiga-Musik vermißt man hingegen (wegen der geringen Abtastraten) häufig die hohen Töne.

## 4.4 Aliasing

Bei der digitalen Aufnahme (Studio, DAT) wird das Abtasttheorem berücksichtigt, indem man dem Analog/Digital-Wandler noch ein analoges Tiefpaßfilter vorschaltet, das höhere Frequenzen herausfiltern soll. Würde man das Frequenzband des Eingangssignals nicht begrenzen, entstünden Störungen mit zwei unterschiedlichen Effekten:

Durch die impulsförmige Abtastung entstehen im Frequenzbereich zusätzliche Spiegelungen des Eingangsspektrums. Diese sind jeweils bei Vielfachen der Abtastrate zu finden. Ohne die Verwendung einer Bandbreitenbegrenzung würden sich die einzelnen Frequenzintervalle überlappen. Die Folge dieses Überlappungsphänomens sind Störungen durch hohe Spiegelfrequenzen, die sich als Rauschen bemerkbar machen.

Eine weitere Konsequenz besteht darin, daß sich hohe Frequenzanteile im Eingangssignal mit einer Harmonischen der Abtastfrequenz mischen. Dadurch entstehen neue, niedrige Frequenzen, die im Frequenzbereich des Eingangssignals liegen. Bei Musiksignalen liegen diese Störgeräusche also mitten im hörbaren Bereich, obwohl sie nur Abbilder (*alias*) nicht hörbarer, hoher Töne sind. Deshalb wird dieser Effekt als *aliasing* bezeichnet.

## 4.5 Digitalfilter

Digitale Filter können aus dem digital abgetasteten Eingangssignal unerwünschte Frequenzanteile dämpfen oder andere anheben. Die Anwendung bestimmter Filter auf Musiksignale kann (mit etwas Kreativität) zu erstaunlichen neuen Klängen führen.

*MPro* benötigt seine *Digitalfilter* jedoch vorwiegend zu einem anderen Zweck: Das Herunterrechnen auf andere Abtastraten stellt im Prinzip einen weiteren Sampling-Vorgang dar. Um dabei entstehende Aliasing-Effekte (s.o.) zu vermeiden, müssen wir deshalb das abgetastete Musiksignal vor der Umrechnung mit einem geeigneten, digitalen Tiefpaßfilter bearbeiten.



## 4.6 Analogausgabe

Sobald die Verarbeitung der Musikdaten abgeschlossen ist, möchte man diese wieder hörbar machen, sie also durch einen *Digital/Analog-Konverter* wieder in ein kontinuierliches Analogsignal zurückwandeln. Ein analoges *Tiefpaßfilter* im Musikausgang soll das treppenförmige Signal wieder glätten, indem es Frequenzanteile oberhalb der halben Abtastrate entfernt. Dieses Filter ist gerade bei geringen Abtastfrequenzen besonders wichtig.

Normalerweise werden Sie die Daten digital ausgeben. Die Wandlung wird dann vom DAT oder vom Digitalverstärker übernommen. Externe Wandler sind im HiFi-Handel erhältlich! Die Qualität der Musik ist dabei nur von der Leistungsfähigkeit des Wandlers abhängig.

Wenn Sie die Daten über den im Amiga eingebauten Wandler ausgeben wollen, so wird die Qualität nicht optimal sein. Der Wandler kann zwar durch einen Trick auf 14 Bit Dynamik gesetzt werden, fügt dem Audiosignal aber dennoch ein hörbares Rauschen zu.

Das in den Tonausgängen des Amiga vorhandene Tiefpaßfilter setzt (aus historischen Gründen) schon bei 4 kHz ein, so daß sich normale digitale Musik recht dumpf anhört. Höhere Frequenzen lassen sich aber trotzdem ausgeben, weil sich das Filter softwaremäßig abschalten läßt.

## Kapitel 5

## Verschiedenes

### 5.1 Tips und Fehlerhilfen

Dieser Abschnitt soll bei auftretenden Problemen Hilfestellung bieten. Leider werden Mißverständnisse oder Bedienungsfehler oft für Störungen und Fehlfunktionen gehalten. Wenn Sie den Eindruck haben, daß Ihr Exemplar von *MPro* nicht in Ordnung ist, überprüfen Sie die unten aufgeführten Punkte! Untersuchen Sie aber auch Ihre übrigen Systemkomponenten! Sollten Sie die Schwierigkeiten nicht selbst beheben können, setzen Sie sich bitte mit Ihrem Fachhändler oder mit MacroSystem direkt in Verbindung.

- *Zwischen Maestro und der digitalen Audioquelle ist keine (stabile) Datenübertragung möglich.*
  - Ein Stecker des Verbindungskabels hat keinen richtigen Kontakt.
  - Ihr Audiogerät ist versehentlich ausgeschaltet.
  - Falls möglich: Der Digitalausgang des Audiogerätes ist abgeschaltet. Bei mehreren Ausgängen: Haben Sie den richtigen Anschluß verkabelt?
  - Die beiliegenden Digitalkabel sind nicht leistungsfähig genug für Ihr Audio-Equipment. Das kann bei einigen Geräten vorkommen! Wir empfehlen die Verwendung hochwertiger Kabel aus dem Zubehör-Handel.
  - Halten Sie Ihr Audiogerät und das Kabel von elektromagnetischen Störquellen (z.B. Bildschirmen) fern!
  - Wenn Sie mit DAT-Aufnahmen von CDs arbeiten, so dürfen Sie nicht Ein- und Ausgang des DATs an Maestro anschließen. Maestro benötigt ein Referenzsignal, um in 44.1 kHz ausgeben zu können. Schließen Sie bei der Ausgabe einen CD-Player an Maestros Eingang an, um ein Referenzsignal erhalten!
  - Oft sind preiswerte CD-Spieler empfindlich gegen zu lange Koaxialkabel. Achten Sie auch auf eine gute Abschirmung!
- *Die digitale Ausgabe funktioniert nicht richtig.*
  - Eventuell kann Ihr Audiogerät die benutzte Taktfrequenz nicht verarbeiten.

- Das Audiogerät könnte vielleicht auch durch ein Umschalten der *MPro*-Musikquelle oder ein Verändern der Taktfrequenz verwirrt worden sein. „Spielen“ Sie in diesem Fall etwas mit den Einstellungen Ihres HiFi-Bausteins oder schalten Sie ihn kurz aus!