

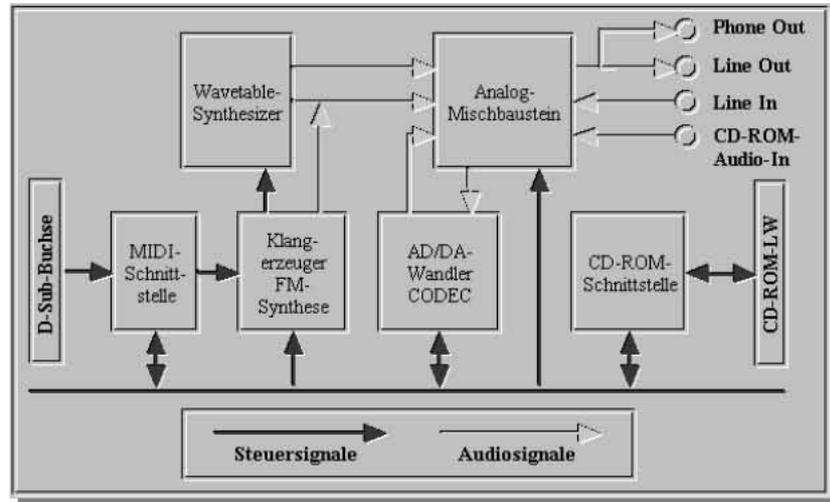
- Bis zur Entwicklung der Personal Computer hatten die Rechner keine Sound-Ausgabemöglichkeiten
- **Einer der ersten Rechner mit Soundanwendungen war der Apple2.** Bald folgten weitere Hersteller wie Comodore, Atari, u.a..
- **Die ersten IBM-PC besaßen nur einen kleinen internen Lautsprecher** zur akustischen Ausgabe von Fehlermeldungen
- **1982** wurden mit dem Comodore C64, der als erster Computer einen integrierten Sound Synthesizer Chip enthielt, die PCs auch für Soundanwendungen interessant.
- **1983** entwickelte die National Association of Music Manufacturers (MMA) einen digitalen Übertragungsstandard für Musik (**MIDI**).
- **1985** veröffentlichte Atari den 65XE PC und kurz darauf den 65XEM mit eingebautem 8-Voice-Syntesizer.



- Die Comodore und Atari Computer waren lange Zeit die beliebtesten Rechner um elektronische Musik zu erzeugen.
- **1987** brachte die Firma Adlib die erste PC-Soundkarte auf den Markt, fast zeitgleich folgte Creative Labs mit der Gameblaster
- **1989** folgte die Soundblaster-Karte.
- **1991** wurde der Multimedia-PC (MPC) - Specification Level 1 und der General MIDI Standard (GM) eingeführt.
- Der heutige Entwicklungsstand von Soundkarten, Software und PC ermöglicht ein fast unbegrenztes Spektrum an Möglichkeiten Sound/Musik zu erzeugen, abzuspielen, aufzunehmen und zu verarbeiten.



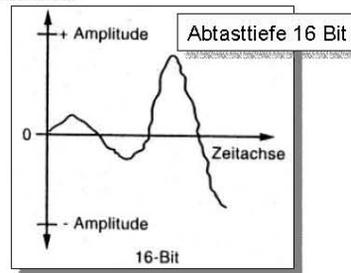
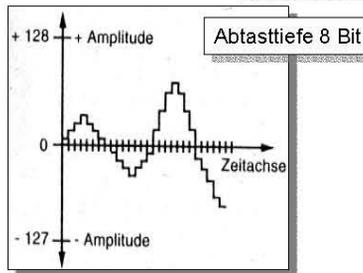
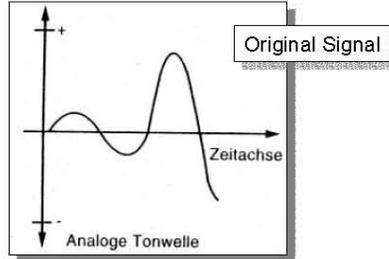
Aufbau einer Soundkarte



Komponenten einer Soundkarte

- **OPLx-FM-Synthesizer**
 - arbeitet mit FM-Synthese
 - OPL3-, OPL4- und OPL5-Chips
- **Wavetable-Synthesizer**
 - erzeugt Klänge mit Wavetable-Synthese
- **DSP-Chip**
 - Digital Signal Processor
 - zur Entlastung der CPU, z.B. für Effektberechnungen
- **AD/DA-Konverter**
 - Umwandlung analoger in digitale Signale und umgekehrt
 - zur Verarbeitung externer Tonquellen und entsprechend zur Ausgabe interner Signale über Lautsprecher
- **Ein- und Ausgangsbuchsen**
 - z.B. für Mikrofon-, Lautsprecher- oder Instrumentenanschluss
- **MIDI/Joystick-Buchsen**
 - für Anschluss von MIDI-Devices oder zur Spielsteuerungen

Abtasten eines Audiosignals



Platzbedarf einer Sounddatei (*.wav)

$$\text{Platzbedarf einer Sounddatei [Byte]} = f_{\text{abt}} * n * \text{Aufl} * t$$

- f_{abt} = Abtastfrequenz in Hz
- n = Kanalzahl
- Aufl. = Auflösung in Byte
- t = Zeitdauer in Sekunden

Platzbedarf einer Datei pro Sekunde (KByte/s) bei versch. Abtasteinstellungen :

Abtastrate	8 Bit Mono	8 Bit Stereo	16 Bit Mono	16 Bit Stereo	Qualität
11,025 kHz	11,025 KB/s	22,05 KB/s	22,05 KB/s	44,1 KB/s	Telefon
22,050 kHz	22,050 KB/s	44,10 KB/s	44,10 KB/s	88,2 KB/s	Radio
44,100 kHz	44,100 KB/s	88,20 KB/s	88,20 KB/s	176,4 KB/s	CD



MIDI (Musical Instrument Digital Interface)

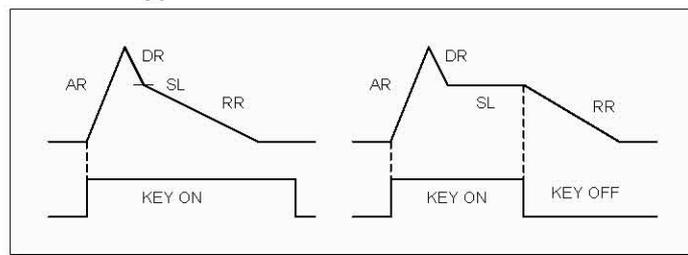
- 1982 erste Absprachen über eine einheitliche Schnittstelle für elektronische Musikinstrumente (USI – Universal Synthesizer Interface)
- 1983 Einführung des MIDI-Standards. Er wurde erforderlich, um auch Digital-Synthesizer koppeln zu können, die Anfang der Achtziger Jahre auf den Markt kamen.
- MIDI definiert eine asynchrone serielle Schnittstelle zur Studiogerätesteuerung.
- Seit seiner Vorstellung wurde der Standard mehrfach erweitert und verfeinert, z.B. durch das Standard MIDI File-Format SMF (1988) und die Einführung (1991) von General MIDI (GM) mit 128 Musikinstrumenten, 16 Kanälen, 24 Ton – Polyphonie und einem Drumkit mit 46 Schlagzeugen auf Kanal 10.
- Eine neuere, firmenspezifische Weiterentwicklung ist eXtended MIDI (XMIDI), das durch Nutzung einer dreiwertigen Logik eine enorm gesteigerte Leistungsfähigkeit besitzt, allerdings auch eine neue Hardware verlangt.



Techniken zur Klangerzeugung

Ein Klang besteht meist nicht nur aus einer Schwingung (normale Sinuswelle), sondern aus einem Grundton mit unterschiedlichen Wellenformen und Vielfachen dieses Tones (Vielfache seiner Frequenz), die diesem überlagert sind. Ein Hüllkurvengenerator gibt dem so erzeugten Klang den typischen Verlauf.

Typische Hüllkurven von Instrumenten



AR – Attack Rate (Tonanstiegs-Rate)

SL – Sustain Level (Halte-Pegel)

DR – Decay Rate (Ausschwing-Rate)

RL - Release Rate (Abkling-Rate)



Wellenformen des OPL2 und OPL3

D1	D0	Waveform
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

OPL2

OPL3

WS = 0		WS = 4	
WS = 1		WS = 5	
WS = 2		WS = 6	
WS = 3		WS = 7	



Techniken zur Klangerzeugung

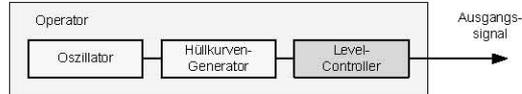
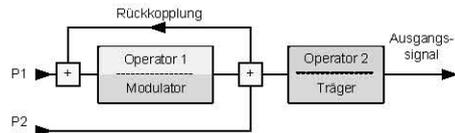
Fourier-Synthese

Diese Technik wird wegen ihres Aufwandes in der Praxis nur selten in Reinform angewandt. Mit ihr ist eine originalgetreue künstliche Synthese von Klängen möglich (keine Replizierung, wie beim Sampling). Durch mathematisch aufwendige Methoden wird dabei eine generierte Sinuswelle (Grundton) mit anderen Sinusschwingungen (Obertöne) überlagert, um einen bestimmten Klang zu erzeugen.

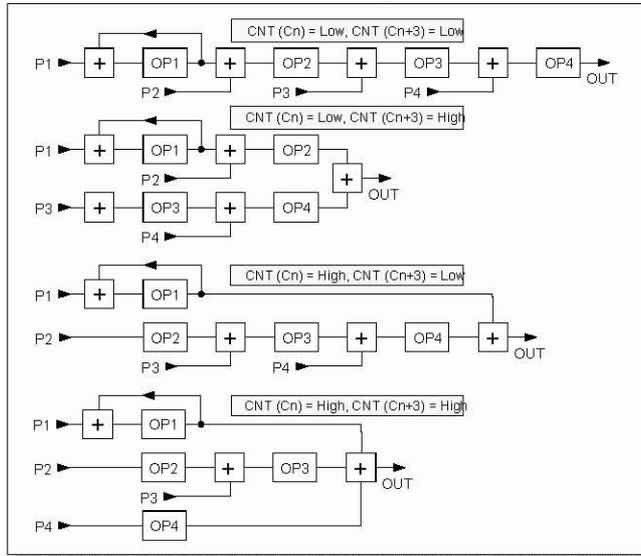
FM-Synthese

FM (Frequenz Modulation) ist eine weit verbreitete Klangerzeugungsmethode.

Der Ton wird dabei durch Hintereinanderschaltung zweier Operatoren synthetisiert, wobei der erste Operator für die Erzeugung der Obertöne verantwortlich ist (Modulator) und der dahinter geschaltete (Träger) den Grundton erzeugt. Ein Operator wiederum besteht aus einem Oszillator zur Erzeugung der Frequenz des Signals und aus einem Hüllkurvengenerator, der die Frequenz mit einer Hüllkurve (Lautstärkekurve) überlagert.



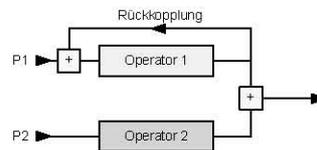
Stimmerzeugung mit vier Operatoren



Techniken zur Klangerzeugung

Additiv-Synthese

Die Additiv-Synthese ist nah verwandt mit der Frequenz-Modulation. Abweichend von dieser werden bei ihr die beiden Operatoren parallel geschaltet und nicht in Reihe. Dadurch klingen die erzeugten Töne künstlicher. Der OPL3-Chip unterstützt auch diese Synthese-Methode.



Sampling

Das Sampling wird z. Z. immer häufiger zur Sounderzeugung angewandt. Dies zählt nicht zu den eigentlichen Klangsynthesemethoden, da das Ausgangsmaterial nicht erzeugt, sondern aufgezeichnet wird. Die aufgezeichneten Klänge können dann bearbeitet werden, z.B. in ihrer Tonhöhe oder in ihrer Lautstärke verändert werden.

Verwendet wird diese Möglichkeit von PCM-(Pulse Code Modulation) Synthesizern, die über „gesampelte“ Instrumentenklänge verfügen. Das Verfahren ist auch unter der Bezeichnung **Wavetable-Synthese** bekannt.

APM

Acoustic Physical Modelling

Kenngrößen der MIDI-Übertragung

- Grundsätzlich bietet MIDI zwei Möglichkeiten der Verbindung zweier oder mehrerer Geräte:
 1. Übertragung von Notensignalen (Klang, Notenwert, andere Parameter) zur Aufzeichnung oder zum Abspielen
 2. Übertragung von Clock-Signalen zur Synchronisierung von Geräten
 - Außerdem bietet sich die Möglichkeit, Signale durch Geräte durchzuschleifen (MIDI THRU).
 - Neben PC und Keyboard lassen sich noch beliebig viele andere Komponenten (Mischpult, Mikrofon, andere MIDI- Geräte usw.) einbinden.
-
- Übertragungsart: 5 mA Stromschleife, mit Optokoppler galv. entkoppelt
 - Übertragungsrate: 31250 Baud, asynchron
 - Format: 1 Startbit, acht Datenbits, 1 Stopbit
 - Anschlüsse: DIN-Buchsen, 5 polig, Pin 1 u.3 ungenutzt
 - Leitungslänge: <15 m



Aufbau und Schaltung einer MIDI-Box

