APPLIKATOR

Programmierbarer Soundgenerator

Bereits vor einigen Monaten (im September 1978) stellte Elektor in dieser Rubrik einen "Complex Sound Generator" vor, ein IC von Texas Instruments, das eine Anzahl unterschiedlicher Klänge und Geräusche erzeugen kann. Das Programmieren geschah mit Hilfe von Hardware: Welcher Klang aus dem Lautsprecher zum Vorschein kam, hing von der Beschaltung einiger IC-Anschlüsse mit Drahtbrücken, Widerständen und Kondensatoren sowie von zwei externen analogen Spannungen ab.

Ein entfernter Verwandter des im September besprochenen Bausteins ist ein neues IC von General Instrument Microelectronics (GIM), das die Typenbezeichnung AY-3-8910 trägt. Es handelt sich hierbei um einen Soundgenerator (oder so man will: Klanggenerator), der für die Steuerung durch ein Mikroprozessorsystem vorgesehen ist.

Konzipiert wurde das IC in erster Linie für das Mikroprozessorsystem PIC 1600 vom gleichen Hersteller; es eignet sich jedoch auch für die Steuerung durch andere 8- oder 16-bit-Mikroprozessoren (z.B. TMS 1000 von Texas Instruments, 8000er Typenreihe von Intel und andere).

Zu den Anwendungen des AY-3-8910 gehört nicht nur der Einsatz als akustischer Signalgeber, zum Beispiel für Computer- und andere elektronische Spiele, auch im Bereich der Musikelektronik läßt sich das IC laut Herstellerangaben verwenden.

Bei General Instrument Microelectronics ist man über den Soundgenerator so begeistert, daß man eine Einrichtung schuf, die einige Hörproben über Telefon vorführt: Wählt man die Londoner Telefonnummer 439 70 52 (aus dem Netz der Deutschen Bundespost: 00441 439 70 52), so erhält man hiervon einen Eindruck.

Eine Vorstellung davon, auf welche Weise der programmierbare Soundgenerator gesteuert wird, vermittelt dagegen Bild 1. Dort wurde der AY-3-8910 zusammen mit dem aus dem gleichen Hause stammenden Mikroprozessor CP 1600 gezeichnet; wie bereits erwähnt, sind hierfür jedoch auch andere Mikroprozessoren geeignet.

Das Mikroprozessorsystem ist mit dem Soundgenerator über den Daten-/Adreßbus (DA0 . . . DA7), drei Bus-Control-Signale (BC1, BC2 und BD1R) sowie über das gemeinsame Taktsignal Φ1 gekoppelt. Vom Mikroprozessor wird der Soundgenerator wie ein gewöhnlicher, aus 16 aufeinanderfolgenden Speicherplätzen bestehender Speicherabschnitt behandelt. Die Basisadresse dieses Speicherabschnitts kann über drei Chip-Select-Eingänge (CS0 . . . CS2) festgelegt werden.

Außer den Verbindungen mit dem Mikroprozessorsystem besitzt der Soundgenerator noch eine Anzahl weiterer Anschlüsse. Zu seinem Innenleben gehören zwei digitale, 8 Bit breite I/O-Register, die als Eingangs- oder als Ausgangsregister dienen können. Diese Register, die über bidirektionale Treiber an den IC-Anschlüssen 6 . . . 21 zugänglich sind, lassen sich für verschiedene Zwecke verwenden. Mit ihnen erhält die Kombination von Mikroprozessor und Soundgenerator zwei neue "I/O-Einheiten".

Außer diesen digitalen Ein- und Ausgängen besitzt der AY-3-8910 drei analoge Ausgänge (A, B und C), die die Audiosignale liefern. In Bild 1 sind diese Ausgänge miteinander verbunden, so daß ein Signalgemisch entsteht. Jedes der drei Einzelsignale kann unabhängig von den anderen programmiert werden, soweit es die Signalfrequenz und das Hinzufügen von Rauschen betrifft. Die Möglichkeiten der Hüllkurvenformung sind beschränkter, da im Soundgenerator nur ein einziger Hüllkurvengenerator integriert ist. Das Hüllkurvensignal kann direkt oder mit einem konstanten Faktor multipliziert jedes der drei Audiosignale modulieren.

Der Hüllkurvengenerator liefert abhängig von der Programmierung einzelne oder periodische Hüllkurven. In Bild 2 sind die verschiedenen programmierbaren Hüllkurvenarten skizziert. Ausgewählt wird die Art der Hüllkurve über ein 4-Bit-Signal, dessen einzelne Bits nach ihrer Funktion mit Hold, Alternate, Attack und Continue bezeichnet sind. Die durchbrochenen waagerechten Linien, die in Bild 2 die Fortsetzung der nichtperiodischen Signale bilden, bedeuten "Channel Off", d.h. kein Signal.

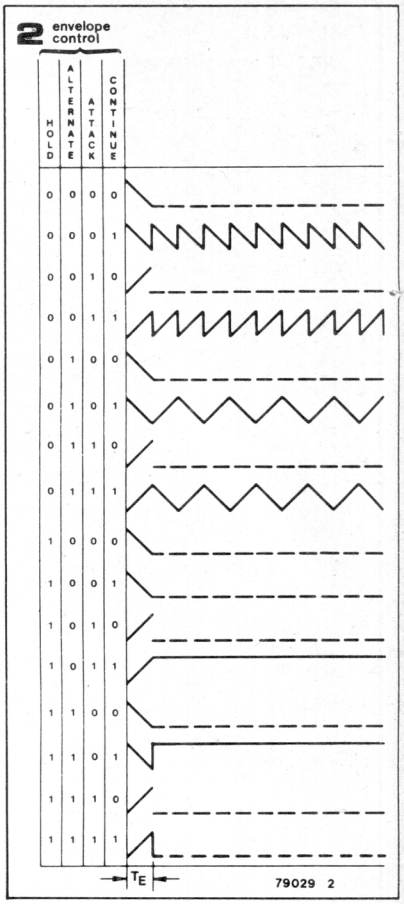
Im einzelnen haben die vier Bits des Envelope-Control-Signals ungefähr folgende Funktionen:

Hold: Wenn dieses Bit "0" ist, kann sich die Amplitude des Hüllkurvensignals nach einer Periode noch ändern, anderenfalls nicht.

Alternate: Das Hüllkurvensignal wechselt mit jeder Periode seine Richtung; es steigt an, fällt ab, steigt an usw.

Attack: Wenn dieses Bit "1" ist, zeigt die Hüllkurve einen "Attack-Verlauf" (ansteigend); anderenfalls einen "Decay-Verlauf" (abfallend).

Continue: Bei einer "1" verläuft die Hüllkurve im allgemeinen kontinuierlich, bei einer "0" hat sie periodischen Charakter.



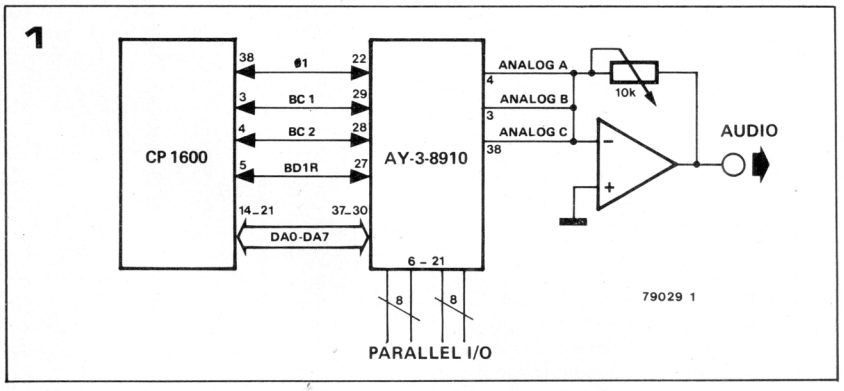
Aus Bild 2 wird deutlich, daß die Bezeichnungen der vier Envelope-Control-Bits nicht wortwörtlich genommen werden dürfen.

Der im AY-3-8910 integrierte Hüllkurvengenerator arbeitet nicht analog, sondern digital. Das interne Ausgangssignal ist ein digitales 4-Bit-Signal; die in Bild 2 gezeichneten Kurven sind die digitale "Übersetzung" dieses Signals.

Klangprogrammierung

Der endgültige Verlauf der drei analogen Ausgangssignale wird von den Informationen bestimmt, die sich in 14 der insgesamt 16 Register befinden (die beiden erwähnten I/O-Register haben hierauf nur indirekten Einfluß). Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Register und ihre Funktionen. Die Frequenz der drei Ausgangssignale hängt von insgesamt 12 Bits ab, von denen die niederwertigen Bits (R0 . . . R2) zur Feineinstellung und die höherwertigen Bits (R4 . . . R6) zur Grobabstimmung dienen. Die Frequenzen der analogen Ausgangssignale sind zu den binären Zahlenwerten der im betreffenden Register stehenden Informationen umgekehrt proportional. Auf ähnliche Weise wird die Periode der Hüllkurve (T_E in Bild 2) festgelegt; sie ist zu dem in Register R3 und R4 stehenden binären Zahlenwert (insgesamt 16 Bits) proportional.

Register R8 wird in Tabelle 1 "Enable-Register" genannt. Die Bits dieses Registers haben



Applikator ist eine Rubrik, in der über neue oder gerade auf dem Markt erschienene und über weniger bekannte aber interessante Bauelemente in typischen und speziellen Applikationen berichtet wird. Der Inhalt basiert auf Informationen der Hersteller und stellt keinen Praxisbericht dar.

APPLIKATOR

Tabelle 1.

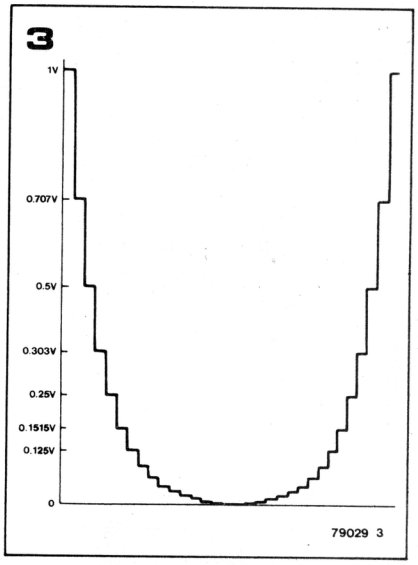
Registerinhalt.

Struktur	Register	Bits	Bezeichnung	Funktion
	R0	8	f0	Frequenz-"Feinabstimmung" des betreffenden Kanals A, B oder C.
	R1	8	f1	
	R2	8	f2	
	R3	8	fE	Perioden-"Feinabstimmung" für Hüllkurvengenerator
	R4	4	P0	Frequenz-"Grobabstimmung" des betreffenden Kanals A, B oder C.
	R5	4	P1	
	R6	4	P2	
	R7	8	PE	Perioden-"Grobabstimmung" für Hüllkurvengenerator
	R8	8	enable	jedes Bit besitzt eigene Funktion; siehe Tabelle 2
	R9	5	N clock	Taktfrequenz des Rausch-generators siehe Bild 2
	R10	4	envelope control	
	R11	6	envelope A	Hüllkurve des betreffenden Ausgangssignal des Kanals A, B oder C
	R12	6	envelope B	
	R13	6	envelope C	
	R14	8	I/O A	Eingangs/Ausgangs-Register für allgemeine Anwendung
	R15	8	I/O B	

Tabelle 2

Enable bits R8

bit 0 Ton auf Kanal A	aktiv "0"
bit 1 Ton auf Kanal B	
bit 2 Ton auf Kanal C	
bit 3 Rauschen auf Kanal A	
bit 4 Rauschen auf Kanal B	
bit 5 Rauschen auf Kanal C	
bit 6 Register R14	Ø→input, 1→output
bit 7 Register R15	



General Instrument Microelectronics: Preliminary Information AY-3-8910 Programmable Sound Generator.

unterschiedliche Funktionen; sie sind in Tabelle 2 angegeben. Wichtig ist hier, daß die einzelnen Enable-Funktionen von Bit 0 . . . 5 durch eine logische "0" aktiviert werden. So erscheint zum Beispiel an Ausgang A ein Ton, wenn Bit 0 logisch "0" ist; durch eine "1" wird der Ton blockiert. Bit 6 und 7 bestimmen die Funktion der I/O-Register R14 und R15.

Der Wert der letzten fünf Bits von Register R9 ist für die Taktfrequenz des internen digitalen Rauschgenerators verantwortlich. Register R10 enthält die vier "Envelope Control"-Bits, deren Funktionen in Bild 2 dargestellt sind. Die letzten beiden Register, von denen der Verlauf der Ausgangssignale abhängt, sind die Register R11 . . . R13. Die jeweils letzten (niederwertigen) sechs Bits bestimmen, ob und in welcher Weise die Ausgangssignale von der Hüllkurve moduliert werden. Hierüber gibt Tabelle 3 Auskunft: Wenn die ersten beiden der sechs Bits logisch "1" sind, bleibt die Amplitude des betreffenden Ausgangssignals konstant. In diesem Fall ist sie zum binären Zahlenwert der letzten vier Bits proportional. In allen anderen Fällen wird der Amplitudenverlauf vom Signal des Hüllkurvengenerators direkt oder unter Berücksichtigung eines konstanten Faktors geformt.

Die Amplituden der Ausgangssignale werden ebenso wie die Amplitude der Hüllkurve durch interne digitale Signale repräsentiert. Um die digitalen Signale in analoge Spannungsänderungen umzusetzen, verfügt das IC über einen Digital-Analog-Konverter. Da die Empfindlichkeit des menschlichen Ohrs logarithmisch verläuft, wird die Umsetzung logarithmisch vorgenommen; die Abhängigkeit der Lautstärke von der Hüllkurve ist daher linear. Bild 3 verdeutlicht die Arbeitsweise des im IC integrierten Digital-Analog-Wandlers. In diesem Bild ist der Spannungsverlauf eines Signals gezeichnet, dessen Hüllkurve linear abfällt und anschließend wieder linear ansteigt. Die Steuerung des Soundgenerators durch das Mikroprozessorsystem (Schreiben und Lesen der Registerinhalte) findet statt in Abhängigkeit von den drei Bus-Control-Signalen BC1, BC2 und BD1R.

Tabelle 3.

Hüllkurven A, B und C.

letzten sechs Bits von R11 . . . R13	Amplitude		Bemerkungen
	bestimmt durch Hüllkurven-generator	konstant	
00 – – – –	*		Hüllkurve x 1
01 – – – –	*		Hüllkurve x 1/2
10 – – – –	*		Hüllkurve x 1/4
11 D3 D2 D1 D0		*	Amplitude bestimmt durch D3 . . . D0

Applikator ist eine Rubrik, in der über neue oder gerade auf dem Markt erschienene und über weniger bekannte aber interessante Bauelemente in typischen und speziellen Applikationen berichtet wird. Der Inhalt basiert auf Informationen der Hersteller und stellt keinen Praxisbericht dar.