

6581 SOUND INTERFACE DEVICE (SID) CHIP SPECIFICATIONS

KONZEPT

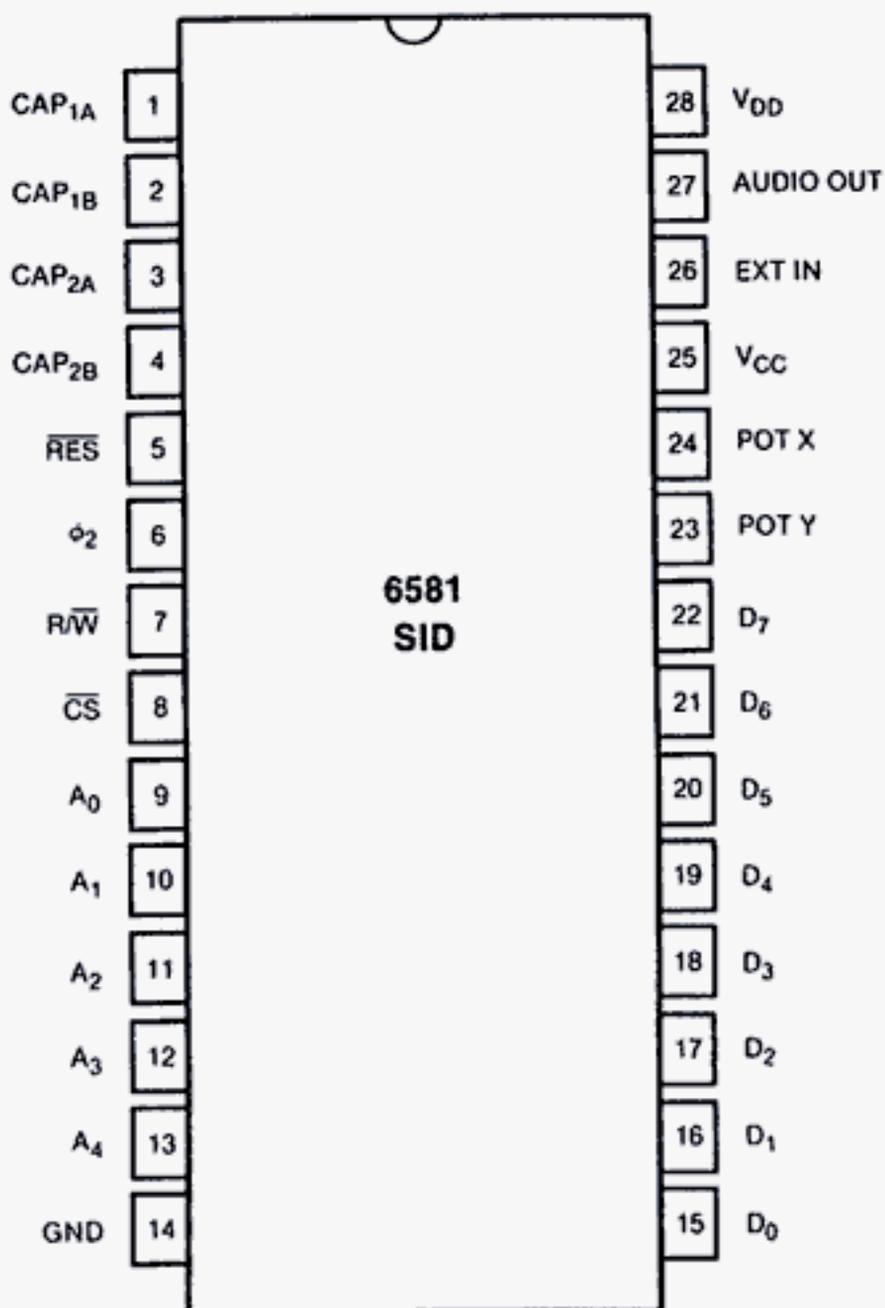
Der SID 6581 ist ein dreistimmiger, elektronischer Musik-/Geräuschgenerator, buskompatibel mit der Prozessorfamilie 65XX und ähnlichen Prozessoren. Die Tonfrequenz kann ebenso wie Klang und Lautstärke in einem weiten Bereich mit hoher Genauigkeit eingestellt werden. Spezielle Schaltkreise verringern die nötige Software, was den Einsatz in Heimcomputern und preiswerten Musikinstrumenten ermöglicht.

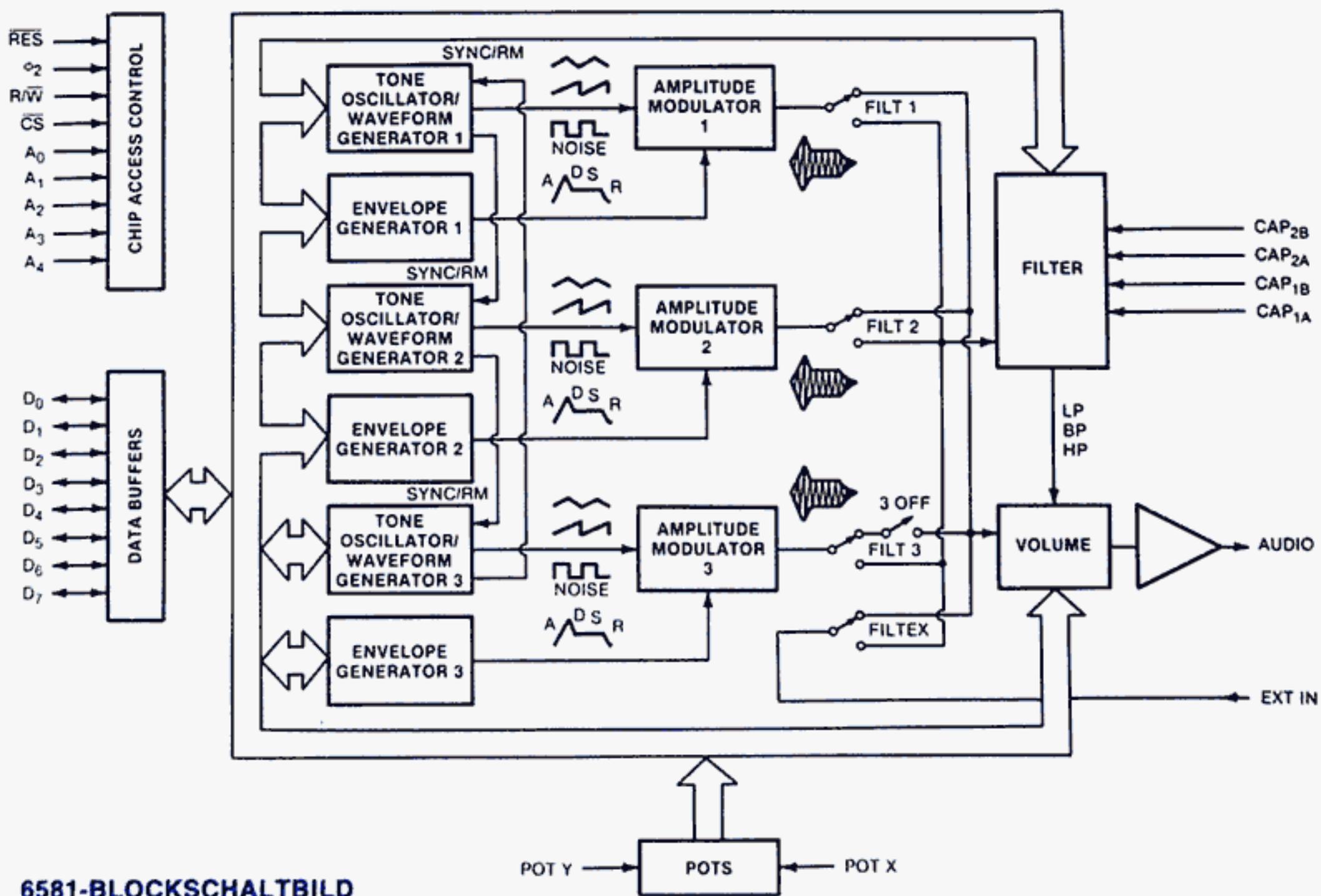
BESONDERHEITEN

- 3 Tongeneratoren, 0–4 kHz
- 4 Kurvenformen pro Generator wählbar:
Sinus, Dreieck, Rechteck (einstellbar) oder Rauschen
- 3 Amplitudenmodulatoren, jeweils 48 dB
- 3 Hüllkurvengeneratoren
exponentieller Kurvenverlauf
Anstiegszeit: 2 ms–8 s
Abfallzeit: 6 ms–24 s
Sustain-(Halte-)Pegel: 0–max. Lautstärke
Ausklingszeit: 6 ms–24 s
- Synchronisierung der Oszillatoren
- Ringmodulation
- Programmierbare Filter
Eck- bzw. Mittenfrequenz: 30 Hz–12 kHz
Abfall: 12 dB/Oktave
Tiefpaß, Bandpaß, Hochpaß oder Notchfilter

- Gesamtlautstärkeinstellung
- Zufallsgenerator
- Anschlußmöglichkeit für 2 Potentiometer
- Audioeingang

PIN-ANORDNUNG





6581-BLOCKSCHALTBILD

BESCHREIBUNG

Der 6581 hat 3 Stimmen, die voneinander unabhängig, miteinander oder mit externen Audioquellen kombiniert eingesetzt werden können. Jede Stimme besteht aus einem Tongenerator, einem Hüllkurvengenerator und einem Amplitudengenerator. Die Tonhöhe kann über einen weiten Bereich eingestellt werden. Der Generator produziert 4 Kurvenformen mit der eingestellten Frequenz. Mit den jeweiligen harmonischen Obertönen jeder Kurvenform läßt sich die Klangfarbe beeinflussen. Die Dynamik der Lautstärke wird vom Amplitudengenerator eingestellt, welcher wiederum vom Hüllkurvengenerator beeinflußt wird. Wenn er angesteuert wird, entsteht eine Hüllkurve mit programmierbarer Anstiegs- und Abfallzeit. Zusätzlich zu den 3 Stimmen gibt es noch ein programmierbares Filter, mit dem es möglich ist, komplexe, dynamische Klangfarben herzustellen (subtraktive Synthese).

SID erlaubt dem Prozessor, die Veränderungen am Ausgang des 3. Generators und den 3. Hüllkurvengenerator zu lesen. Diese Ausgänge können dazu benutzt werden, dem Prozessor die notwendigen Informationen zur Steuerung eines Vibrato, Wobbelgenerators, durchstimmbaren Filters etc. zu liefern. Der dritte Oszillator kann auch als Zufallsgenerator für Spiele benutzt werden. Zwei A/D-Umsetzer sind für den Anschluß von zwei Potentiometern vorgesehen. Diese können als "PADDLE" in einem Spiel oder zur Steuerung in einem Musiksynthesizer benutzt werden. Der SID kann externe Audiosignale verarbeiten, wodurch mehrere SIDs zu einer sogenannten "Daisy chain" oder einem polyphonen System zusammengeschaltet werden können.

SID-KONTROLLREGISTER

Es gibt 29 8-Bit-Register im SID, die die Klangerzeugung steuern. Hierbei handelt es sich um Nur-Schreib- oder Nur-Leseregister, die in Tabelle 1 aufgelistet sind.

ADDRESS						REG # (HEX)	DATA								REG NAME	REG TYPE
A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀	D ₇		D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀			
0	0	0	0	0	0	00	F ₇	F ₆	F ₅	F ₄	F ₃	F ₂	F ₁	F ₀	Voice 1	
1	0	0	0	0	1	01	F ₁₅	F ₁₄	F ₁₃	F ₁₂	F ₁₁	F ₁₀	F ₉	F ₈	FREQ LO	WRITE-ONLY
2	0	0	0	1	0	02	PW ₇	PW ₆	PW ₅	PW ₄	PW ₃	PW ₂	PW ₁	PW ₀	FREQ HI	WRITE-ONLY
3	0	0	0	1	1	03	—	—	—	—	PW ₁₁	PW ₁₀	PW ₉	PW ₈	PW LO	WRITE-ONLY
4	0	0	1	0	0	04	NOISE				TEST	RING MOD	SYNC	GATE	PW HI	WRITE-ONLY
5	0	0	1	0	1	05	ATK ₃	ATK ₂	ATK ₁	ATK ₀	DCY ₃	DCY ₂	DCY ₁	DCY ₀	CONTROL REG	WRITE-ONLY
6	0	0	1	1	0	06	STN ₃	STN ₂	STN ₁	STN ₀	RLS ₃	RLS ₂	RLS ₁	RLS ₀	ATTACK/DECAY	WRITE-ONLY
															SUSTAIN/RELEASE	WRITE-ONLY
7	0	0	1	1	1	07	F ₇	F ₆	F ₅	F ₄	F ₃	F ₂	F ₁	F ₀	Voice 2	
8	0	1	0	0	0	08	F ₁₅	F ₁₄	F ₁₃	F ₁₂	F ₁₁	F ₁₀	F ₉	F ₈	FREQ LO	WRITE-ONLY
9	0	1	0	0	1	09	PW ₇	PW ₆	PW ₅	PW ₄	PW ₃	PW ₂	PW ₁	PW ₀	FREQ HI	WRITE-ONLY
10	0	1	0	1	0	0A	—	—	—	—	PW ₁₁	PW ₁₀	PW ₉	PW ₈	PW LO	WRITE-ONLY
11	0	1	0	1	1	0B	NOISE				TEST	RING MOD	SYNC	GATE	PW HI	WRITE-ONLY
12	0	1	1	0	0	0C	ATK ₃	ATK ₂	ATK ₁	ATK ₀	DCY ₃	DCY ₂	DCY ₁	DCY ₀	CONTROL REG	WRITE-ONLY
13	0	1	1	0	1	0D	STN ₃	STN ₂	STN ₁	STN ₀	RLS ₃	RLS ₂	RLS ₁	RLS ₀	ATTACK/DECAY	WRITE-ONLY
															SUSTAIN/RELEASE	WRITE-ONLY
14	0	1	1	1	0	0E	F ₇	F ₆	F ₅	F ₄	F ₃	F ₂	F ₁	F ₀	Voice 3	
15	0	1	1	1	1	0F	F ₁₅	F ₁₄	F ₁₃	F ₁₂	F ₁₁	F ₁₀	F ₉	F ₈	FREQ LO	WRITE-ONLY
16	1	0	0	0	0	10	PW ₇	PW ₆	PW ₅	PW ₄	PW ₃	PW ₂	PW ₁	PW ₀	FREQ HI	WRITE-ONLY
17	1	0	0	0	1	11	—	—	—	—	PW ₁₁	PW ₁₀	PW ₉	PW ₈	PW LO	WRITE-ONLY
18	1	0	0	1	0	12	NOISE				TEST	RING MOD	SYNC	GATE	PW HI	WRITE-ONLY
19	1	0	0	1	1	13	ATK ₃	ATK ₂	ATK ₁	ATK ₀	DCY ₃	DCY ₂	DCY ₁	DCY ₀	CONTROL REG	WRITE-ONLY
20	1	0	1	0	0	14	STN ₃	STN ₂	STN ₁	STN ₀	RLS ₃	RLS ₂	RLS ₁	RLS ₀	ATTACK/DECAY	WRITE-ONLY
															SUSTAIN/RELEASE	WRITE-ONLY
21	1	0	1	0	1	15	—	—	—	—	—	FC ₂	FC ₁	FC ₀	Filter	
22	1	0	1	1	0	16	FC ₁₀	FC ₉	FC ₈	FC ₇	FC ₆	FC ₅	FC ₄	FC ₃	FC LO	WRITE-ONLY
23	1	0	1	1	1	17	RES ₃	RES ₂	RES ₁	RES ₀	FILTEX	FILT 3	FILT 2	FILT 1	FREQ HI	WRITE-ONLY
24	1	1	0	0	0	18	3 OFF	HP	BP	LP	VOL ₃	VOL ₂	VOL ₁	VOL ₀	RES/FILT	WRITE-ONLY
															MODE/VOL	WRITE-ONLY
25	1	1	0	0	1	19	PX ₇	PX ₆	PX ₅	PX ₄	PX ₃	PX ₂	PX ₁	PX ₀	Misc.	
26	1	1	0	1	0	1A	PY ₇	PY ₆	PY ₅	PY ₄	PY ₃	PY ₂	PY ₁	PY ₀	POT X	READ-ONLY
27	1	1	0	1	1	1B	O ₇	O ₆	O ₅	O ₄	O ₃	O ₂	O ₁	O ₀	POT Y	READ-ONLY
28	1	1	1	0	0	1C	E ₇	E ₆	E ₅	E ₄	E ₃	E ₂	E ₁	E ₀	OSC ₃ /RANDOM	READ-ONLY
															ENV ₃	READ-ONLY

GENERATOR 1

FREQUENZ LOW/FREQUENZ HIGH (00,01)

Zusammen stellen diese Register ein 16-Bit-Wort dar, welches die Frequenz des 1. Oszillators nach folgender Gleichung festlegt:

$$F_{out} = (F_n \cdot F_{clk} / 16777216) \text{Hz} = (F_n \cdot 0,0587214734) \text{Hz}$$

F_n ist die 16-Bit-Zahl aus den Registern, F_{clk} ist der Systemtakt, der am Eingang Ø2 anliegt.

Dadurch kann die Tonhöhe ohne wahrnehmbare Tonschritte durchgestimmt werden.

PW LO/PW HI (02,03)

Diese Register bilden eine 12-Bit-Zahl (Bit 4–7 von PW HI werden nicht genutzt), welche das Tastverhältnis des Rechteckgenerators 1 bestimmt. Das Verhältnis errechnet sich wie folgt:

$$PW_{out} = (PW_n / 40,95) \%$$

PW_n ist hier die 12-Bit-Zahl in den PW-Registern. Das Tastverhältnis kann so ohne wahrnehmbare Schritte verändert werden. Diese Register haben nur dann einen hörbaren Effekt, wenn der Rechteckgenerator 1 eingeschaltet ist. Wenn in den Registern 0 oder 4095 steht, entsteht ein DC-Signal, 2048 ergibt dagegen ein Rechteck mit 50% Tastverhältnis.

KONTROLLREGISTER (04)

Dieses Register enthält 8 Kontrollbits:

GATE (Bit 0)

Steuert den Hüllkurvengenerator. Wenn es 1 gesetzt ist, beginnt der Zyklus Attack/Decay/Sustain. Wenn es 0 gesetzt wird, beginnt der Zyklus Release (genauere Erklärung im Kapitel Hüllkurvengenerator).

SYNC (Bit 1)

Wenn dieses Bit 1 gesetzt ist, wird die Frequenz des Generators 1 mit der Frequenz des Generators 3 synchronisiert ("Hard-Sync"-Effekte).

Wenn die Frequenz des Generators 1 unter Berücksichtigung der Frequenz des Generators 3 variiert wird, entsteht eine große Zahl komplexer harmonischer Strukturen. Wenn Sync funktionieren soll, muß die Frequenz des dritten Generators kleiner als die des ersten Generators sein (nicht 0). Keine anderen Parameter der 3. Stimme beeinflussen Sync.

RING MOD (Bit 2)

Wenn dieses Bit 1 gesetzt ist, wird der Dreiecksgenerator der 1. Stimme durch eine mit Frequenz 1 und 3 ringmodulierte Spannung ersetzt. Wenn jetzt die Frequenz 1 verändert wird, entstehen nichtharmonische Obertöne, welche für Klingel- oder Gonggeräusche und Spezialeffekte gebraucht werden. Hierfür muß bei Generator 1 Dreieck und bei Generator 3 eine Frequenz größer als Null eingestellt sein. Andere Parameter der 3. Stimme haben keine Wirkung.

TEST (Bit 3)

Wenn dieses Bit 1 gesetzt ist, wird der 1. Generator zurückgesetzt und auf 0 gehalten, bis das Testbit gelöscht ist. Der Rauschgenerator ist abgestellt, und der Rechteckgenerator wird auf DC gehalten. Zwar wird dieses Bit normalerweise für Testzwecke benutzt, es kann jedoch Generator 1 auch mit externen Ereignissen synchronisieren (kompliziertere Kurvenformen, Realzeit-Verarbeitung).

BIT 4

Wenn dieses Bit gesetzt ist, ist der Dreiecksgenerator eingeschaltet. Diese Kurvenform ist arm an Obertönen und hat einen weichen, einer Flöte ähnlichen Charakter.

BIT 5

Wenn dieses Bit gesetzt ist, ist der Sägezahngenerator eingeschaltet. Dieser ist reich an geraden und ungeraden Obertönen und ergibt einen breiten, an Blechbläser erinnernden Klang.

BIT 6

Wenn dieses Bit gesetzt ist, ist der Rechteckgenerator ausgewählt. Der Obertonanteil kann durch das Tastverhältnis eingestellt werden, die Möglichkeiten reichen vom hellen, hohlen Rechteckklang bis zum nasalen, schrillen Klang kurzer Impulse. Wenn das Tastverhältnis beim Spielen verändert wird, entsteht ein "pashing"-Effekt, der den Eindruck einer Bewegung erweckt. Schnelles Hin- und Herschalten zwischen verschiedenen Tastverhältnissen kann interessante Sequenzen erzeugen.

BIT 7

Wenn dieses Bit gesetzt ist, ist der Rauschgenerator eingeschaltet. Dieser produziert Rauschen, das die Klangfarbe vom tiefen Rumpeln bis zum zischenden weißen Rauschen durch die Frequenzeinstellung des Generators 1 verändern kann. Rauschen braucht man, um Explosionen, Gewehrschüsse, Düsenjäger, Wind und ähnliche Geräusche zu erzeugen, oder für Trommeln und Becken. Indem man die Frequenz beim Spielen verändert, kann man Stürme nachbilden. Obwohl einer dieser Generatoren eingeschaltet sein muß, um die 1. Stimme am Ausgang erklingen zu lassen, ist es nicht notwendig, die einzelnen Generatoren auszuschalten, um die Stimme abzustellen. Die Lautstärke wird nur durch den Hüllkurvengenerator bestimmt.

Bemerkung: Die Oszillatorausgänge können nicht addiert werden. Wenn mehr als ein Oszillator eingeschaltet ist, wird das Ergebnis eine logische "Und"-Verknüpfung der Kurvenform sein. Obwohl damit neue Kurvenformen erzeugt werden können, sollte dies vorsichtig benutzt werden. Wenn Rauschen eingeschaltet ist und zusätzlich eine Kurvenform eingeschaltet wird, verstummt das Rauschen, bis das Testbild zurückgesetzt oder der Pin 5 (RES) Low geschaltet wird.

ATTACK/DECAY (05)

Bit 4–7 wählt eine von 16 möglichen Anstiegszeiten (Attack) für den Hüllkurvengenerator der 1. Stimme. Dies bestimmt, wie schnell der Ausgang auf volle Lautstärke anschwillt, wenn der Hüllkurvengenerator eingeschaltet wird (Gate).

Bit 0 bis 3 wählen eine von 16 möglichen Abschwelzeiten (Decay) aus. Diese Zeit gibt an, wie schnell die Lautstärke vom Spitzenwert auf den ausgewählten Haltepegel (Sustain) abfällt.

SUSTAIN/RELEASE (06)

Bit 4–7 wählt einen von 16 möglichen Halte-(Sustain-)Pegeln des Hüllkurvengenerators aus. Diese Phase folgt dem Abfall, der Pegel wird gehalten, solange das Gatebit gesetzt ist. Der Pegel kann von Stille (0) bis zur Spitzenlautstärke (16) linear eingestellt werden. Ein Wert von 8 würde demnach der halben Lautstärke, die beim Anstieg (Attack) erreicht wird, entsprechen.

Mit Bit 0–3 kann eine der 16 Ausklingarten gewählt werden. Der Ausklingzyklus folgt der Haltezeit, wenn das Gatebit zurückgesetzt wird. Dann fällt die Lautstärke vom Haltepegel auf Null in der eingestellten Zeit. Die Ausklingzeiten mit den Werten 0–16 sind identisch mit den Abfallzeiten 0–16.

Bemerkung: Der geschilderte Ablauf kann ohne Einschränkung jederzeit durch das Gatebit verändert werden. Wenn das Gatebit z. B. zurückgesetzt wird, bevor die Anschlagszeit abgelaufen ist, beginnt sofort bei dem erreichten Pegel die Ausklingzeit. Wenn jetzt das Gatebit wieder gesetzt wird, beginnt sofort eine neue Anstiegszeit bei dem jetzt erreichten Pegel. Dadurch können komplizierte Amplitudenverläufe durch Realzeitprogrammierung erzeugt werden.

Tabelle 2 Hüllkurvenraten

WERT	ANSTIEGSRATE	ABKLING/ABFALLRATE
DEZIMAL (HEX)	(Takt/Zyklus)	(Takt/Zyklus)
0 (0)	2 ms	6 ms
1 (1)	8 ms	24 ms
2 (2)	16 ms	48 ms
3 (3)	24 ms	72 ms
4 (4)	38 ms	114 ms
5 (5)	56 ms	168 ms
6 (6)	68 ms	204 ms
7 (7)	80 ms	240 ms
8 (8)	100 ms	300 ms
9 (9)	250 ms	750 ms
10 (A)	500 ms	1.5 s
11 (B)	800 ms	2.4 s
12 (C)	1 s	3 s
13 (D)	3 s	9 s
14 (E)	5 s	15 s
15 (F)	8 s	24 s

Bemerkung zur Tabelle: Die angegebenen Werte beziehen sich auf eine Taktfrequenz von 1 MHz. Wenn die Taktfrequenz abweicht, müssen die Werte mit $1 \text{ MHz}/F(\text{clk})$ multipliziert werden. Die angegebenen Zeiten beziehen sich auf die Zeit, die benötigt wird, um den Zyklus abzuschließen. Eine Anstiegszeit von 16 ms (Wert 2) bedeutet z. B., daß die Lautstärke nach 16 ms von Pegel 0 den Spitzenwert erreicht. Die Abfall-/Ausklingszeiten beziehen sich auf die Zeit, die benötigt wird, um vom Spitzenwert auf Null zu sinken.

STIMME 2

Die Register \$07–\$0D kontrollieren die Stimme 2 und haben die gleiche Funktion wie die Register 00–06, mit folgenden Ausnahmen:

- 1) SYNC synchronisiert den Generator 2 mit Generator 1.
- 2) RING MOD ersetzt die Dreiecksspannung durch die ringmodulierte Kombination der Generatoren 1 und 2.

STIMME 3

Die Register \$0E–\$14 haben für die 3. Stimme die gleiche Funktion wie die Register 00–06, mit folgenden Ausnahmen:

- 1) SYNC synchronisiert Generator 3 mit Generator 2.
- 2) RING MOD ersetzt die Dreiecksspannung durch ringmodulierte Kombination der Generatoren 2 und 3.

Wenn man einen Ton ansprechen will, muß man also Frequenz, Kurvenform, Effekte (SYNC, RING MOD) und Hüllkurve bestimmen. Dann kann man den Ton jederzeit mit dem Gatebit abrufen. Der Ton hält solange an, bis das Gatebit zurückgesetzt wird. Jede Stimme kann einzeln, mit unterschiedlichen Parametern oder mit anderen Stimmen zusammen benutzt werden, um eine einzelne, kräftige Stimme zu erhalten. Dabei kann eine leichte Verstimmung der Oszillatoren untereinander oder die Stimmung in musikalischen Intervallen einen wirkungsvollen Effekt ergeben.

FILTERREGISTER

FC LO/FC HI (Register \$15,\$16)

Diese Register bilden zusammen eine 11-Bit-Zahl (Bit 3–7 des Registers FC LO werden nicht genutzt). Diese bestimmt linear die Mitten- bzw. Eckfrequenz, sie kann von 30 Hz bis 12 kHz eingestellt werden.

RES/FILT (Register \$17)

Bit 4–7 dieses Registers bestimmen die Resonanz des Filters. Dieser Effekt hebt die Frequenzen in der Nähe der Eckfrequenz an, dadurch ergibt sich ein schärferer Klang. Es können 16 verschiedene Einstellungen vorgenommen werden (linear von 0 bis 16). Bit 0–3 legt fest, welches Signal gefiltert wird:

FILT 1 (Bit 0):

Eine 0 in diesem Register bedeutet, daß die Stimme 1 ohne Veränderung auf den Audioausgang geschaltet wird (Bypass). Wenn es gesetzt ist, wird die 1. Stimme gefiltert, ihr Obertonanteil verändert sich.

FILT 2 (Bit 1):

Gleiche Wirkung wie Bit 0 für die 2. Stimme.

FILT 3 (Bit 2):

Gleiche Wirkung wie Bit 0 für die 3. Stimme.

FILTEX (Bit 3):

Gleiche Wirkung wie Bit 0 für den Audioeingang.

MODE/VOL (Register \$18)

Bits 4–7 bestimmen verschiedene Filter- und Ausgabearten:

LP (Bit 4): Wenn dieses Bit gesetzt ist, ist der Tiefpaß eingeschaltet, d. h. alle Frequenzen unterhalb der Eckfrequenz bleiben unverändert, alle Frequenzen oberhalb werden mit 12 dB/Oktave abgeschwächt. Es entstehen volle Klänge.

BP (Bit 5):

Das gleiche für den Bandpaß. Alle Frequenzen unter und oberhalb der Mittenfrequenz werden mit 6 dB/Oktave abgeschwächt. Es entstehen offene, dünne Klänge.

HP (Bit 6):

Das gleiche für den Hochpaß. Alle Frequenzen oberhalb der Eckfrequenz bleiben unverändert, unterhalb werden sie mit 12 dB/Oktave abgeschwächt. Es entstehen summende und blecherne Klänge.

3 OFF (Bit 7):

Eins gesetzt, trennt dieses Bit die 3. Stimme vom Audioausgang ab. Wenn man Stimme 3 am Filter vorbei schaltet (mit $FILT\ 3=0$) und 3 OFF gesetzt ist, wird die 3. Stimme nicht auf den Ausgang geschaltet, kann aber zur Modulation der anderen Stimmen benutzt werden.

Bemerkung: Die Filter können zusammengeschaltet werden. Z. B. ergibt LP zusammen mit HP ein Notchfilter (Bandsporre). Damit der Filtereffekt hörbar wird, muß ein Filter eingeschaltet sein und eine Stimme durch das Filter geführt werden. Das Filter ist vielleicht das wichtigste Element im SID, da es durch die subtraktive Synthese viele Klangmöglichkeiten schafft (das Filter entzieht dem obertonreichen Eingangssignal bestimmte Frequenzen). Gute Ergebnisse erzielt man, wenn man die Eck- bzw. Mittenfrequenz während des Spielens variiert.

VOL 0–VOL 3 (Bit 0–3):

Hiermit wird die Gesamtlautstärke zwischen 0 (leise) und 15 (laut) in linearen Stufen eingestellt. Hiermit kann die Lautstärke beim Zusammenschalten mehrerer Chips abgestimmt oder Effekte wie Tremolo erzeugt werden. Bei $VOL=0$ ist der Ausgang stumm.

WEITERE EIGENSCHAFTEN

POTX (Register \$19)

Dieses Register erlaubt dem Prozessor, die Position eines Potentiometers, das an Pin 24 angeschlossen ist, in Schritten von 0 bei kleinstem Widerstand bis 255 bei vollem Widerstand zu erkennen. Das Ergebnis liegt immer vor und wird alle 512 Takte erneuert.

POTY (Register \$1A)

Das gleiche für ein zweites Potentiometer (an Pin 23).

OSC 3/RANDOM (Register \$1B)

Dieses Register erlaubt dem Prozessor, die 8 oberen Bits des Ausgangs von Oszillator 3 zu lesen. Die Art der Ziffernfolge, die entsteht, ist direkt mit der Kurvenform verknüpft. Beim Sägezahn wächst die Zahlenfolge von 0 bis 255, um dann wieder bei 0 zu beginnen. Beim Dreieck wächst die Zahl von 0 bis 255, um dann von 255 bis 0 zu fallen. Beim Rechteck springt die Zahl zwischen 0 und 255 hin und her. Beim Rauschen wird eine Kette von Zufallszahlen erzeugt, deshalb kann dieses Register auch als Zufallszahlengenerator benutzt werden. Es gibt viele Anwendungsmöglichkeiten für dieses Register, die wichtigste ist vielleicht die Steuerung von Modulationen. Die Zahlen, die erzeugt werden, können per Software zum Inhalt der Oszillator- oder Filterfrequenzregister addiert werden etc. So können viele dynamische Effekte erzeugt werden: Sirenen, indem OSC3 (Sägezahn) zum Frequenzregister eines anderen Oszillators addiert wird. Vibrato entsteht, wenn OSC3 (Dreieck, 7 Hz) zum Frequenzregister einer anderen Stimme addiert wird. Dabei sollte der Audioausgang der 3. Stimme abgeschaltet sein (3OFF=1).

ENV 3 (Register \$1C)

Im Prinzip das gleiche wie OSC3, es wird jedoch der Ausgang des Hüllkurvengenerators 3 gelesen. Die Zahlen können z. B. zum Inhalt des Filterfrequenzregisters addiert werden, es entstehen sog. "Harmonische Hüllkurven" und Wahwah-Effekte. "Phasing" entsteht, wenn dieser Ausgang zum Frequenzregister eines Oszillators addiert wird. Um dieses Signal zu erzeugen, muß das Gatebit geschaltet werden. Der Ausgang OSC3 spiegelt immer die Veränderungen am Ausgang des 3. Oszillators wider, er wird nicht vom Hüllkurvengenerator beeinflusst.

PINBESCHREIBUNG

CAP1A, CAP1B, (Pins 1, 2)/ CAP2A, CAP2B (Pins 3, 4):

Hier sollten zwei Kondensatoren für das programmierbare Filter angeschlossen werden. C1 und C2 sollten i. A. 2200 pF haben und aus Polystyrene bestehen. Wenn mehrere SIDs zusammen arbeiten sollen, sollten die Kapazitäten abgeglichen werden.

Der Frequenzbereich (normalerweise 30 Hz bis 12 kHz) kann auf spezielle Probleme zugeschnitten werden. So kann z. B. die obere Eckfrequenz beschnitten werden, um eine bessere Kontrolle über die unteren Frequenzen zu erhalten.

Die obere Eckfrequenz kann nach folgender Gleichung errechnet werden:

$$FC_{\max} = 0,000026/C$$

C ist die Kapazität. Der Filterbereich erstreckt sich 9 Oktaven nach unten.

RES (Pin 5):

Reseteingang (TTL-Pegel) für den SID. Wenn dieser 10 Takte Low geschaltet ist, sind alle internen Register auf Null zurückgesetzt und der Audioausgang stumm. Er ist normalerweise mit der Resetleitung des Prozessors oder einer Einschaltlogik verbunden.

Ø2 (Pin 6):

Takteingang des SID (TTL-Pegel). Alle Parameter beziehen sich auf diesen Takt, er steuert auch den Datentransport zwischen CPU und SID: Daten können nur dann transportiert werden, wenn Ø2 High liest (somit ist Ø2 für den Datentransport eine Art Chip Select). Normalerweise ist Ø2 mit dem Systemtakt verbunden, dessen Frequenz ungefähr 1 MHz betragen sollte.

R/W:

Dieser TTL-Eingang steuert den Datentransport. Liegt High an, kann der Prozessor Daten auslesen, bei Low Daten in ein Register schreiben.

CS:

Dieser TTL-Eingang steuert den Datentransport, er muß Low sein, damit ein Transport stattfinden kann: Es kann nur gelesen werden, wenn CS=Low, Ø2=High und R/W=High ist. Geschrieben werden kann nur, wenn CS=Low, Ø2=High und R/W=Low ist. Normalerweise ist dieser Eingang mit einer Dekodierschaltung verbunden, um den SID im gesamten Adreßbereich plazieren zu können.

A0–A4:

Mit diesen TTL-Eingängen kann eines der 29 Register ausgewählt werden. Es könnten 32 Register angesprochen werden, 3 Adressen sind jedoch nicht belegt. Wenn dort geschrieben werden soll, wird dies ignoriert, beim Lesen werden ungültige Daten gelesen. Die Anschlüsse werden mit den entsprechenden Adressenleitungen des Prozessors verbunden, um den SID genauso ansprechen zu können wie einen Speicher.

GND:

Um beste Ergebnisse zu erzielen, sollte der SID eine vom Digitalteil getrennte Erdleitung erhalten.

D0–D7:

Diese bidirektionalen Leitungen werden zum Datentransport benutzt (TTL-Pegel, können als Ausgang 2 TTL-Eingänge treiben). Sie sind hochohmig, wenn der SID nicht angesprochen wird oder vom Prozessor in den SID geschrieben wird. Beim Lesen werden sie durchgeschaltet und übermitteln die Daten an den Prozessor. Sie werden mit dem Datenbus verbunden.

POTX,POTY:

Dies sind die Eingänge der A/D-Umsetzer, mit denen die Stellung der Potentiometer digitalisiert werden kann. Der Umsetzungsprozeß hängt von der Kapazität ab, die vom Pin nach GND geschaltet ist und über das Potentiometer von $+V_{cc}$ gespeist wird. Die Werte müssen folgender Gleichung entsprechen:

$$R \cdot C = 0,00047$$

R ist der max. Widerstand des Potentiometers und C die Kapazität.

Je größer die Kapazität ist, um so kleiner muß R sein. Empfohlen werden: $C = 1000 \text{ pF}$; $R=470 \text{ kOhm}$. POTX und POTY können unterschiedliche Werte für R und C aufweisen, solange die Gleichung erfüllt ist.

V_{cc} :

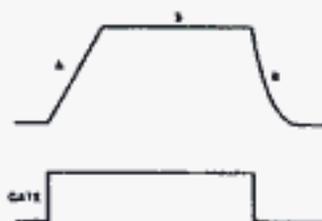
Auch für die Spannungsversorgung (+5 V) sollte eine separate Leitung zur Verfügung stehen und ein Blockkondensator dicht am SID plaziert werden.

EXT IN:

Dieser Analogeingang erlaubt es, externe Signale mit dem Ausgangssignal des SID zu mischen oder sie zu filtern. Typische Quellen sind Gesang, Gitarre und Orgel. Der Eingangswiderstand beträgt 100 kOhm . Der Eingang hat einen Offset von 6 V und kann bis zu 3 V_{p-p} verarbeiten.

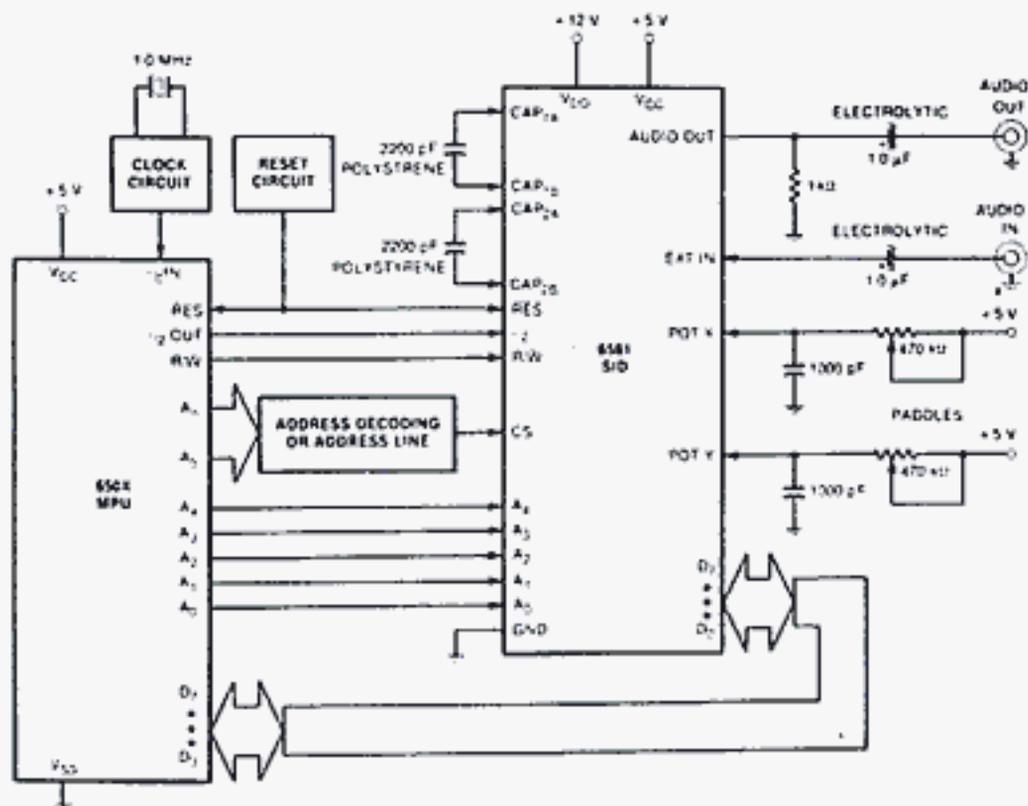
Die wirkliche Stärke des SID liegt aber in der Erzeugung künstlicher Klänge. Der ADSR kann Hüllkurven erzeugen, die bei keinem Instrument vorkommen. Ein gutes Beispiel ist hierfür die "Rückwärts"-Hüllkurve. Sie wird von einem langsamen Anstieg und einem scharfen Abfall bestimmt, was so klingt, als hätte man das Instrument auf Tonband aufgenommen und würde die Aufnahme rückwärts abspielen. Sie sieht folgendermaßen aus:

ATTACK: 10 (\$A) 500 ms
DECAY: 0 6 ms
SUSTAIN: 15 (\$F)
RELEASE: 3 72 ms



Viele bemerkenswerte Klänge entstehen, wenn der Hüllkurvenverlauf des einen Instrumentes mit dem Klang eines anderen kombiniert wird. Dadurch entstehen Klänge, die bekannten Instrumenten ähneln, aber irgendwie fremd klingen. Da Klänge im allgemeinen subjektiv empfunden werden, muß man mit verschiedenen Klangfarben und Hüllkurven experimentieren, bis man den gewünschten Klang erhält.

TYPISCHE 6581/SID-ANWENDUNG



ELEKTRISCHE EIGENSCHAFTEN ($V_{CC}=12\text{ VDC} \pm 5\%$, $V_{CC}=5\text{ VDC} \pm 5\%$, $T_A=0\text{ bis }70^\circ\text{C}$)

CHARACTERISTIC		SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS
Input High Voltage	(RES, $\phi 2$, R/W, CS,	V_{IH}	2	—	V_{CC}	VDC
Input Low Voltage	A0-A4, D0-D7)	V_{IL}	-0.3	—	0.8	VDC
Input Leakage Current	(RES, $\phi 2$, R/W, CS,	I_{in}	—	—	2.5	μA
Three-State (Off)	A0-A4; $V_{in}=0-5\text{ VDC}$) (D0-D7; $V_{CC}=\text{max}$)	I_{TSI}	—	—	10	μA
Input Leakage Current	$V_{in}=0.4-2.4\text{ VDC}$					
Output High Voltage	(D0-D7; $V_{CC}=\text{min}$, $I_{load}=200\ \mu\text{A}$)	V_{OH}	2.4	—	$V_{CC}-0.7$	VDC
Output Low Voltage	(D0-D7; $V_{CC}=\text{max}$, $I_{load}=3.2\ \text{mA}$)	V_{OL}	GND	—	0.4	VDC
Output High Current	(D0-D7; Sourcing, $V_{OH}=2.4\text{ VDC}$)	I_{OH}	200	—	—	μA

Output Low Current	(D0-D7; Sinking, $V_{OL}=0.4\text{ VDC}$)	I_{OL}	3.2	—	—	mA
Input Capacitance	(RES, $\phi 2$, R/W, CS, A0-A4, D0-D7)	C_{in}	—	—	10	pF
Pot Trigger Voltage	(POTX, POTY)	V_{pot}	—	$V_{CC}/2$	—	VDC
Pot Sink Current	(POTX, POTY)	I_{pot}	500	—	—	μA
Input Impedance	(EXT IN)	R_{in}	100	150	—	k Ω
Audio Input Voltage	(EXT IN)	V_{in}	5.7 —	6 0.5	6.3 3	VDC VAC
Audio Output Voltage	(AUDIO OUT; 1 k Ω load, volume=max) One Voice on: All Voices on:	V_{out}	5.7 0.4 1.0	6 0.5 1.5	6.3 0.6 2.0	VDC VAC VAC
Power Supply Current	(V_{DD})	I_{DD}	—	20	25	mA
Power Supply Current	(V_{CC})	I_{CC}	—	70	100	mA
Power Dissipation	(Total)	P_D	—	600	1000	mW

SID TONLEITER

Im Anhang E sind alle Werte aufgelistet, die in die Frequenzregister eingeschrieben werden müssen, um die Töne einer "wohltemperierten" Tonleiter zu erhalten. Diese besteht aus einer Oktave mit 12 Halbschritten: C, D, E, F, G, A, H, C und C#, D#, F#, G#, A#. Die Frequenz jedes Halbtones läßt sich durch Multiplikation der Frequenz des vorigen Halbtones mit der 12. Wurzel aus 2 errechnen. Der Tabelle liegt ein Systemtakt von 1,02 MHz zugrunde. Für andere Taktfrequenzen muß man die bei den Frequenzregistern angegebene Umrechnung anwenden. Die angegebene Stimmung bezieht sich auf A4 = 440 Hz. Es ist möglich, eine andere Stimmung zu verwenden oder diese Tonfolge umzustellen.

Obwohl dies eine einfache und schnelle Methode ist, die Tonleiter zu programmieren, werden allein zur Speicherung dieser Tabelle 192 Bytes benötigt. Diese Verschwendung des Speicherplatzes kann durch einen Algorithmus umgangen werden, mit dem die Notenwerte berechnet werden können. Da eine Oktave die Verdoppelung der Frequenz bedeutet, brauchen nur die 12 Notenwerte einer Oktave gespeichert zu werden. Wenn diese 12 Eingaben (24 Bytes) aus den Werten für die 8. Oktave bestehen (C7–H7), kann der Wert für jede beliebige Note errechnet werden, indem die Frequenz des entsprechenden Tones der 8. Oktave für jede Oktave Unterschied einmal durch 2 geteilt wird. Eine Division durch 2 ist in binärer Darstellung eine Verschiebung um ein Bit nach rechts. Deshalb kann die Berechnung durch eine einfache Routine durchgeführt werden. Obwohl die Frequenz von H7 von dem Oszillator nicht gebildet werden kann, sollte sie zur Berechnung in die Tabelle aufgenommen werden.

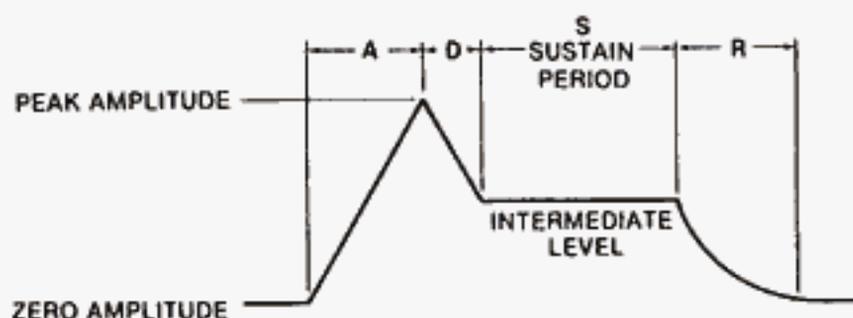
Für jeden Ton muß nun festgelegt werden, um welchen Halbton es sich handelt und in welcher Oktave er erklingen soll. Da man 4 Bit braucht, um 1 von 12 Halbtönen zu wählen, und 3 Bit, um eine von 8 Oktaven zu bestimmen, reicht ein Byte aus. Die unteren 4 Bit bestimmen z. B. den Halbton (sie adressieren einen Platz der Tabelle) und die oberen 4 Bit, um wieviel Stellen der Tabellenwert nach rechts verschoben werden muß.

SID HÜLLKURVENGENERATOR

HÜLLKURVENGENERATOR

Der vierteilige ADSR (Attack, Decay, Sustain, Release) hat sich in der elektronischen Musik als optimaler Kompromiß zwischen Flexibilität und einfacher Bedienung erwiesen. Passende Wahl der Parameter erlaubt es, eine Vielzahl von Instrumenten nachzuahmen.

Die Geige ist ein gutes Beispiel für ein Instrument mit lang anhaltendem Ton: Er schwillt langsam an, erreicht eine Spitzenlautstärke und fällt dann auf einen niedrigeren Wert ab. Der Geiger kann diesen Ton lange halten, um ihn dann langsam ausklingen zu lassen. Ein "Schnappschuß" dieser Hüllkurve zeigt dieses Bild:



Diese Hüllkurve kann folgendermaßen nachgebildet werden:

ATTACK:	10 (\$A)	500 ms
DECAY:	8	300 ms
SUSTAIN:	10 (\$A)	
RELEASE:	9	750 ms

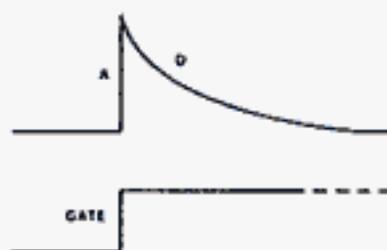


Man beachte, daß der Ton solange anhält, bis das Gatebit zurückgesetzt wird. Mit wenigen Änderungen kann diese Hüllkurve für Blech- und Holzblasinstrumente und alle Streichinstrumente verwendet werden.

Eine ganz andere Hüllkurve besitzen Schlag- und Tasteninstrumente. Die Hüllkurve von Schlaginstrumenten wird von einem nahezu augenblicklichen Anstieg und einem darauf folgenden Abfall bestimmt, diese Instrumente können den Ton nicht auf einer konstanten Lautstärke halten. Eine Trommel erreicht in dem Moment, in dem sie angeschlagen wird, ihre volle Lautstärke, um dann schnell auszuklingen.

Die typische Hüllkurve eines Beckens wird hier gezeigt:

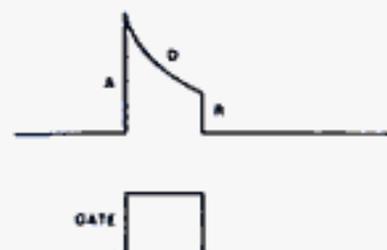
ATTACK: 0 2ms
DECAY: 9 750ms
SUSTAIN: 0
RELEASE: 9 750ms



Man beachte, daß der Ton vollkommen ausklingt, obwohl das Gatebit nicht zurückgesetzt wird.

Der Amplitudenverlauf von Klavieren ist komplizierter, er kann aber mit dem ADSR leicht erzeugt werden. Der Ton erreicht seine volle Lautstärke, wenn die Taste angeschlagen wird, und beginnt dann abzuschwellen. Wenn die Taste losgelassen wird, wird der Ton durch die Mechanik abgedämpft. Diese Hüllkurve ist hier dargestellt:

ATTACK: 0 2 ms
DECAY: 9 750 ms
SUSTAIN: 0
RELEASE: 0 6 ms

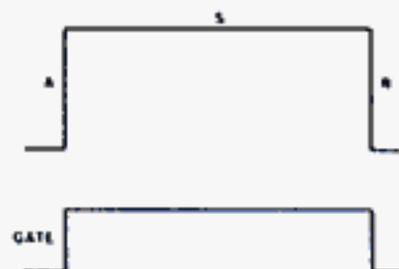


Man beachte, daß der Ton abklingt, bis das Gatebit zurückgesetzt und dann abgestellt wird.

Die einfachste Hüllkurve ist die einer Orgel: Solange eine Taste gedrückt ist, hat der Ton volle Lautstärke und wird sofort abgestellt, wenn die Taste wieder losgelassen wird.

Diese Hüllkurve ist hier dargestellt:

ATTACK: 0 2 ms
DECAY: 0 6 ms
SUSTAIN: 15 (\$F)
RELEASE: 0 6 ms



Deshalb sollte der Eingang mit einem Elektrolytkondensator von 1000–10000 nF entkoppelt werden. Mit FILTEX = 0 können viele SIDs zusammenschaltet werden (Verstärkung = 1), die Anzahl wird nur durch den Geräuschspannungspegel im Ausgangssignal begrenzt.

Der Gesamtlautstärkereger wirkt auch auf diesen Eingang.

AUDIO OUT:

Dieser Ausgang (Open-source) umfaßt die 3 Stimmen, den Filter und den externen Eingang. Der Pegel wird durch den Gesamtlautstärkereger bestimmt und erreicht max. 2 V_{p-p} bei einem Offset von 6 V. Es muß ein Widerstand (1 kOhm) gegen Masse geschaltet werden, und ein Elektrolytkondensator von 1000–10000 nF sollte den Ausgang entkoppeln.

V_{DD}:

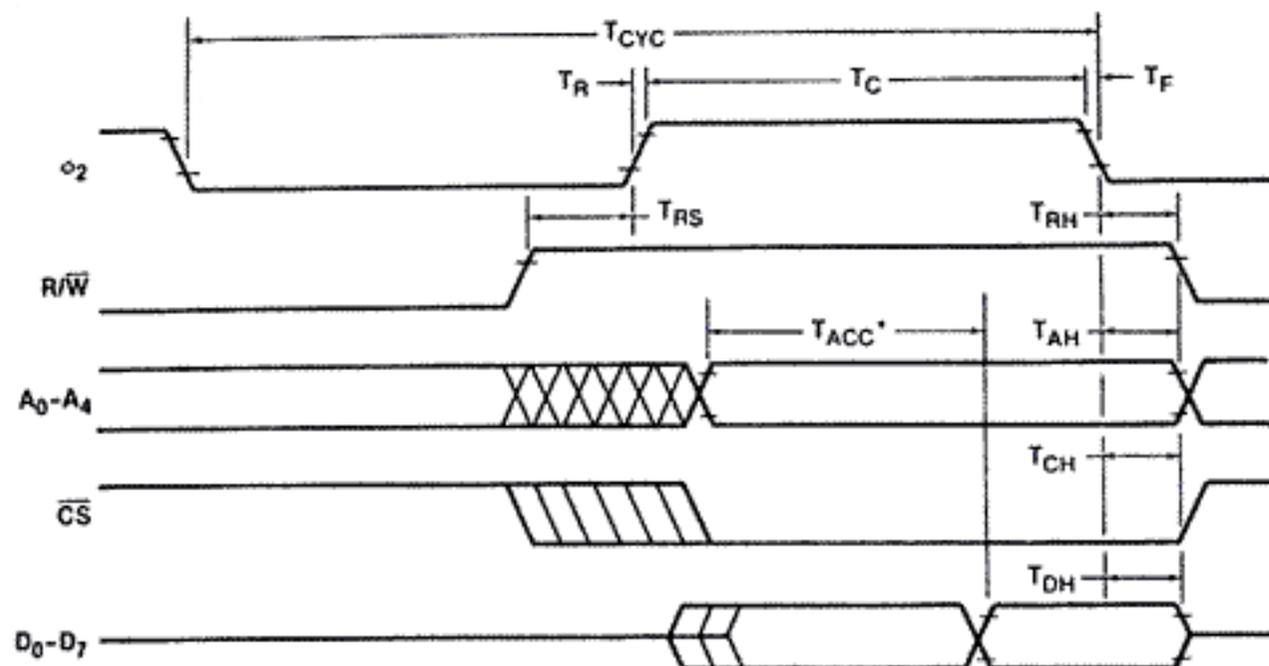
Auch hier sollte eine separate Leitung vorgesehen werden (+12 V).

MERKMALE VON 6581 SID

ABSOLUTE MAX. NENNWERTE

NENNWERT	SYMBOL	WERT	EINHEIT
Versorgungsspannung	V _{DD}	–0,3 bis +17	VDC
Versorgungsspannung	V _{CC}	–0,3 bis +7	VDC
Eingangsspannung (analog)	V _{ina}	–0,3 bis +17	VDC
Eingangsspannung (digital)	V _{ind}	–0,3 bis +7	VDC
Betriebstemperatur	T _A	0 bis 70	°C
Lagertemperatur	T _{STG}	–55 bis +150	°C

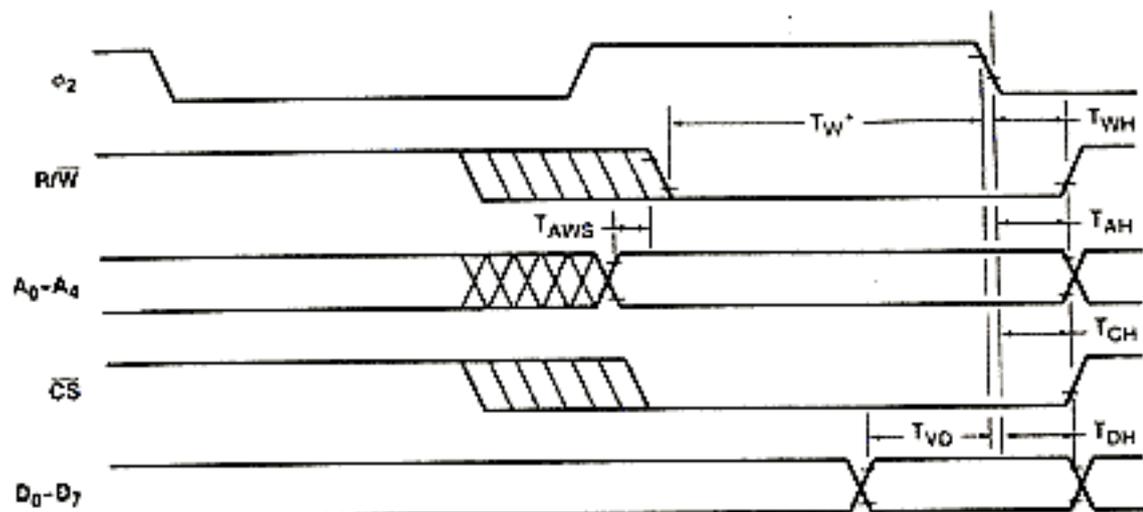
6581 SID-TIMING



* T_{ACC} wird nach dem letzten Auftreten von ϕ_2 , \overline{CS} , A_0-A_4 gemessen.

LESEZYKLUS

SYMBOL	NAME	MIN	TYP	MAX	UNITS
T_{CYC}	Clock Cycle Time	1	—	20	μs
T_C	Clock High Pulse Width	450	500	10,000	ns
T_R, T_F	Clock Rise/Fall Time	—	—	25	ns
T_{RS}	Read Set-Up Time	0	—	—	ns
T_{RH}	Read Hold Time	0	—	—	ns
T_{ACC}	Access Time	—	—	300	ns
T_{AH}	Address Hold Time	10	—	—	ns
T_{CH}	Chip Select Hold Time	0	—	—	ns
T_{DH}	Data Hold Time	20	—	—	ns



* T_W wird nach dem letzten Auftreten von ϕ_2 , \overline{CS} , $\overline{R/\overline{W}}$ gemessen.

SCHREIBZYKLUS

SYMBOL	NAME	MIN	TYP	MAX	UNITS
T_W	Write Pulse Width	300	—	—	ns
T_{WH}	Write Hold Time	0	—	—	ns
T_{AWS}	Address Set-up Time	0	—	—	ns
T_{AH}	Address Hold Time	10	—	—	ns
T_{CH}	Chip Select Hold Time	0	—	—	ns
T_{VD}	Valid Data	80	—	—	ns
T_{DH}	Data Hold Time	10	—	—	ns

MUSIKNOTENWERTE

In diesem Anhang finden Sie eine vollständige Liste der Noten, zugehörigen Frequenzen und Frequenzparameter und der Werte, die in die Register FREQ HI und FREQ LO des Klangchips gePOKEt werden müssen, um den gewünschten Ton zu erzeugen.

NOTE	OKTAVE	DEZIMAL	HI	LOW
0	C-0	278	1	22
1	C#-0	295	1	39
2	D-0	313	1	57
3	D#-0	331	1	75
4	E-0	351	1	95
5	F-0	372	1	116
6	F#-0	394	1	138
7	G-0	417	1	161
8	G#-0	442	1	186
9	A-0	468	1	212
10	A#-0	496	1	240
11	H-0	526	2	14
12	C-1	557	2	45
13	C#-1	590	2	78
14	D-1	625	2	113
15	D#-1	662	2	150
16	E-1	702	2	190
17	F-1	743	2	231
18	F#-1	788	3	20
19	G-1	834	3	66
20	G#-1	884	3	116
21	A-1	937	3	169
22	A#-1	992	3	224
23	H-1	1051	4	27
24	C-2	1114	4	90

NOTE	OKTAVE	DEZIMAL	HI	LOW
25	C#-2	1180	4	156
26	D-2	1250	4	226
27	D#-2	1325	5	45
28	E-2	1403	5	123
29	F-2	1487	5	207
30	F#-2	1575	6	39
31	G-2	1669	6	133
32	G#-2	1768	6	232
33	A-2	1873	7	81
34	A#-2	1985	7	193
35	H-2	2103	8	55
36	C-3	2228	8	180
37	C#-3	2360	9	56
38	D-3	2500	9	196
39	D#-3	2649	10	89
40	E-3	2807	10	247
41	F-3	2974	11	158
42	F#-3	3150	12	78
43	G-3	3338	13	10
44	G#-3	3536	13	208
45	A-3	3746	14	162
46	A#-3	3969	15	129
47	H-3	4205	16	109
48	C-4	4455	17	103
49	C#-4	4720	18	112
50	D-4	5001	19	137
51	D#-4	5298	20	178
52	E-4	5613	21	237
53	F-4	5947	23	59
54	F#-4	6301	24	157
55	G-4	6676	26	20
56	G#-4	7072	27	160
57	A-4	7493	29	69
58	A#-4	7939	31	3
59	H-4	8411	32	219
60	C-5	8911	34	207
61	C#-5	9441	36	225
62	D-5	10002	39	18
63	D#-5	10597	41	101