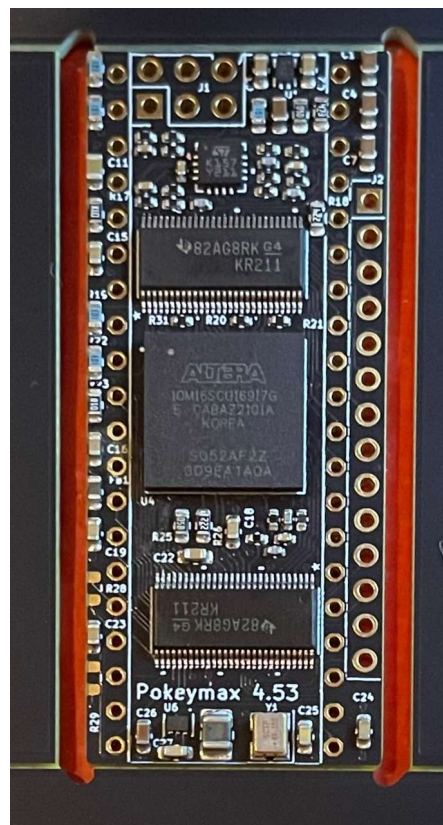


PokeyMAX

Geräteübersicht & Konfiguration

Für PokeyMAX v4.5 • pokeycfg v1.6



PokeyMAX v4.53 — Altera MAX 10 FPGA im 40-pin DIP-Format

Version: 2026-03-16

www.64kib.com

Einleitung

PokeyMAX ist ein FPGA-basierter Ersatz für den 8-Bit-POKEY-Soundchip von Atari. Es handelt sich dabei nicht um einen einfachen 1:1-Klon, sondern um eine Plattform: Je nach verbauter Variante kann sie neben bis zu vier POKEY-Kernen gleichzeitig auch SID, PSG (AY/YM), einen DMA-Sample-Player und digitales Audio im COVOX-Stil implementieren. All diese Komponenten nutzen den originalen 40-Pin-DIP-Sockel, wodurch sie sich nahtlos in jeden Atari 400/800/XL/XE oder kompatiblen Rechner einbauen lassen.

Die in dieser Anleitung beschriebene „Full Fat“-Version v4.5 enthält alle oben genannten Komponenten. Die Konfiguration erfolgt über das Dienstprogramm `pokeycfg`, das auf dem Atari selbst läuft und die Einstellungen in den Flash-Speicher im FPGA schreibt, sodass die Einstellungen auch nach dem Aus- und Einschalten erhalten bleiben.

HINWEIS

In dieser Anleitung wird erläutert, was die einzelnen Funktionen bedeuten und wie sie konfiguriert werden. Informationen zur Hardware-Installation, zur Verdrahtung der Adressleitungen und zu den Anschlüssen für die Audioausgabe findet ihr in der separaten PokeyMAX-Installationsanleitung.

Struktur des Dokuments

Diese Anleitung gliedert sich in zwei Hauptteile:

- Teil 1 - Hintergrund: Was ist der jeweilige implementierte Chip oder die jeweilige Technologie, warum gibt es sie und worauf beziehen sich die Konfigurationsoptionen?
- Teil 2 - Verwendung von `pokeycfg`: Navigation im Tool, Bedeutung der einzelnen Einstellungen und der entscheidende Unterschied zwischen „Anwenden“ und „Speichern“.

Teil 1 - Architektur und implementierte Chips

1.1 Wie PokeyMAX aufgebaut ist

Das folgende Blockdiagramm zeigt den internen Signalfluss. Wenn man diesen versteht, werden die Konfigurationsoptionen wesentlich verständlicher.

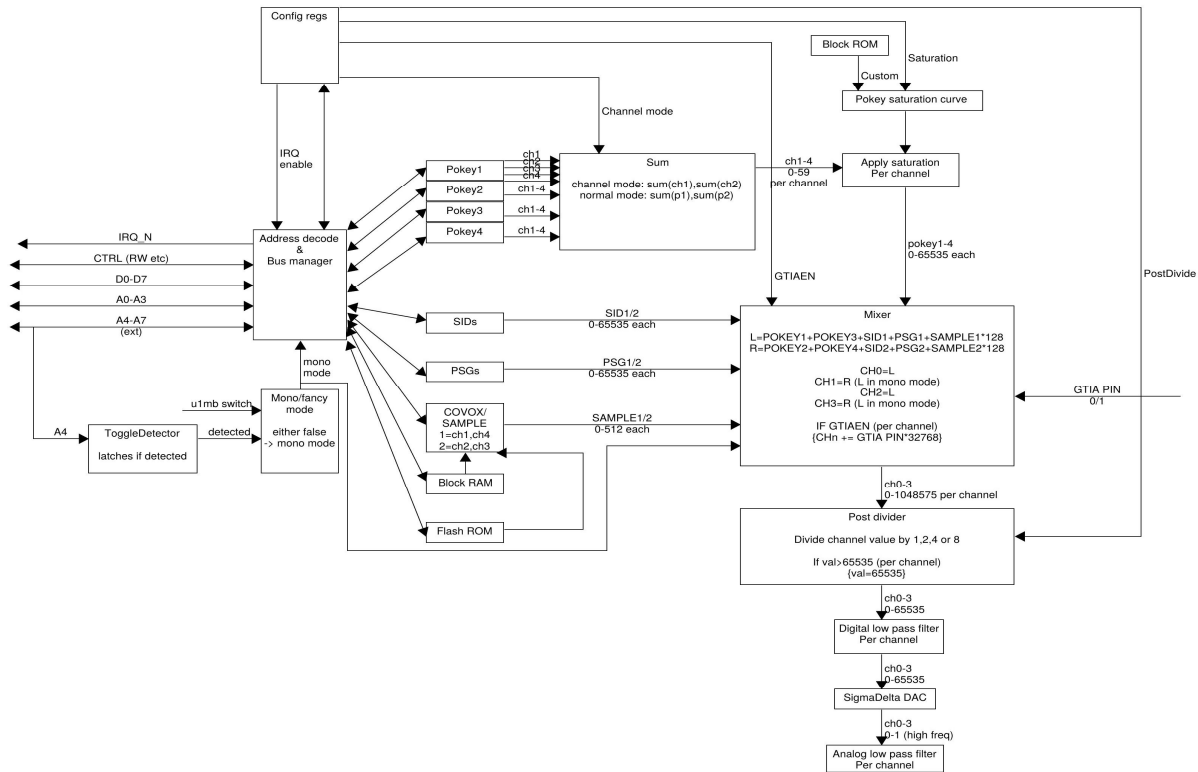


Abbildung 1: PokeyMAX interner Signalfluss

Das Diagramm von links nach rechts:

- Das Businterface dekodiert die Adressen \$D200–\$D2FF und leitet Lese- und Schreibvorgänge an den richtigen internen Block weiter.
- Bis zu vier POKEY-Kerne, zwei SID-Kerne, zwei PSG-Kerne und die COVOX/SAMPLE-Engine erzeugen jeweils 16-Bit-Audio pro Kanal.
- Ein Mixer führt sie zusammen:
 - Links = POKEY1+POKEY3+SID1+PSG1+SAMPLE1
 - Rechts = POKEY2+POKEY4+SID2+PSG2+SAMPLE2.
- Ein Post-Divider skaliert jeden Ausgangskanal unabhängig (Teilung durch 1, 2, 4 oder 8), um den Pegel zu steuern.
- Das Signal wird anschließend an einen Sigma-Delta-DAC und schließlich an einen analogen Tiefpassfilter weitergeleitet, bevor es die physischen Ausgangspins erreicht. Bei der S/PDIF-Ausgabe wird es zunächst digital tiefpassgefiltert und dann an einen S/PDIF-Encoder weitergeleitet.
- GTIA-Audio kann in jeden Ausgangskanal eingespeist werden und ersetzt dabei den Mixing-Pfad der Hauptplatine.

- Konfigurationsregister steuern all diese Funktionen und können im integrierten Flash-Speicher des Chips gespeichert werden.

TIPP

Die Adressleitungen A4-A7 (Pins 6-9 am Stecker J2) müssen an die CPU angeschlossen werden, damit die vollständige Speicherzuordnung funktioniert. Ohne diese Anschlüsse arbeitet PokeyMAX im reinen Mono-POKEY-Modus. Einzelheiten zur Verdrahtung findest du in der Installationsanleitung.

1.2 Capability Register - Was dein Build enthält

PokeyMAX liest beim Hochfahren das CAPABILITY-Register unter der Adresse \$D211 aus. Das Dienstprogramm pokeycfg zeigt in seiner Statuszeile eine Übersicht der erkannten Fähigkeiten an. Die möglichen Fähigkeiten sind:

Fähigkeit / Capability	Beschreibung
1× POKEY	Single POKEY - nur Mono
2× POKEY	Stereo POKEY Paar
4× POKEY (Quad)	Vollständiger Quad-POKEY – breiteste Softwarekompatibilität
2× SID	Zwei SID-Kerne (einer pro Stereokanal)
2× PSG	Zwei AY/YM-PSG-Kerne
COVOX	Vier manuelle 8-Bit-Lautstärkeregister für CPU-gesteuerte Samples
SAMPLE	DMA-Sample-Player mit 42 KiB Block-RAM
FLASH	On-Chip-UFM/CFM-Flash - erforderlich zum Speichern der Konfiguration

Die Vollversion v4.5 umfasst alle oben aufgeführten Funktionen.

1.3 POKEY

POKEY (POtentiometer KEYboard) ist der originale Atari-Spezialchip, der Audioerzeugung, Tastaturabfrage, serielle Ein- und Ausgabe, Timer und einen Hardware-Zufallszahlengenerator vereint. Für PokeyMAX-Nutzer ist vor allem die Audiofunktion von Bedeutung.

Der POKEY-Sound nutzt Frequenzteiler und Rauschquellen mit Polynomzählern und erzeugt so bis zu vier Audiokanäle pro Chip. Ein Standard-Atari verfügt über einen POKEY; Dual-POKEY-Stereogeräte gewannen durch Hardware-Erweiterungen und das Atari XE Game System an Beliebtheit. Für Dual-POKEY geschriebene Software erwartet zwei Chips an den Adressen \$D200 und \$D210. Quad-POKEY fügt einen dritten und vierten Chip an den Adressen \$D220 und \$D230 hinzu.

Sättigungskurve (Saturation curve)

Echte POKEY-Hardware summiert die Kanäle nicht linear - sie nutzt eine nichtlineare Sättigungskurve, die laute Signale leicht reduziert und so bei hohen Lautstärken eine charakteristische Wärme erzeugt. PokeyMAX kann diese Kurve nachbilden (Pokey-Modus) oder eine mathematisch lineare Summierung verwenden (Linear-Modus). Für die meisten Softwareprogramme ist die Pokey-Kurve vorzuziehen.

Kanalmodus (Channel mode)

Normalerweise werden die vier Kanäle jedes POKEY-Chips zu einem einzigen Ausgangswert pro Chip summiert. Im Kanalmodus werden die einzelnen Kanäle stattdessen auf separate Ausgangspins geleitet. Bei Version 4.5 gibt es in diesem Pfad nur einen physischen Ausgangspin, sodass insgesamt drei statt vier Kanäle zur Verfügung stehen. Daher ist diese Option in der Praxis nur begrenzt nutzbar und kann in der Regel deaktiviert bleiben.

1.4 SID

Der SID (Sound Interface Device) ist der Audio-Chip des Commodore 64, der für seine Filter, die dreistimmige Synthese und seinen charakteristischen Klang bekannt ist. PokeyMAX implementiert zwei SID-Kerne, wobei SID1 auf dem linken Kanal (\$D240) und SID2 auf dem rechten Kanal (\$D260) liegt.

6581 vs 8580

Es gibt zwei wesentliche SID-Generationen, die für Komponisten und Playback-Engines von Bedeutung sind:

Modell	Charakter
6581 (1982-85)	Frühere Version. Rauere, unreinerer Klang. Das Filterverhalten variiert bei echten Chips erheblich. Assoziiert mit älterer C64-Musik und dem warmen „klassischen“ SID-Klang.
8580 (1987+)	Spätere Version. Sauberere, stabiler, mit anderer Filtercharakteristik. Bevorzugt für spätere Produktionen und eine emulationsfreundliche Wiedergabe.

Wenn in einer SID-Musikdatei oder einem Tracker ein Zielmodell angegeben ist, wähle es entsprechend aus. Im Zweifelsfall versuche es zunächst mit 6581 für älteres Material und mit 8580 für neueres.

Filterverzerrung (6581-Modus)

Die echten 6581-Chips wiesen elektrische Unvollkommenheiten auf: Ihre Filterstufen verursachten nichtlineare Verzerrungen, auf die viele Komponisten zur Gestaltung der Klangtextur zurückgriffen. Der 6581-Modus in PokeyMAX bildet dieses Verhalten nach. Wenn man ihn deaktiviert, erhält man eine sauberere Emulation, die eher wie ein 8580 klingt, selbst wenn der Typ auf 6581 eingestellt ist.

Digifix

Frühe C64-Demo-Programmierer nutzten DAC-Offsets und analoge Biases in echter 8580-Hardware, um digitalisierte Samples abzuspielen. Digifix gleicht das Fehlen dieser Unvollkommenheiten in einer digitalen Implementierung aus, indem es einen kleinen Bias in den simulierten ADC-Eingang einspeist und so die Klangtreue dieser Tricks zur Sample-Wiedergabe verbessert. Dies ist nur im 8580-Modus relevant - bei Verwendung des 6581 auf 0 belassen.

SID-Takt

Der SID wird mit etwa 1 MHz getaktet, abgeleitet von PHI2: 5/9 PHI2 im PAL-Modus und 4/7 PHI2 im NTSC-Modus. Dies entspricht dem ursprünglichen C64-Timing genau genug, um eine korrekte Tonhöhenwiedergabe zu gewährleisten.

1.5 PSG (AY-3-8910 / YM2149)

PSG steht für „Programmable Sound Generator“ (programmierbarer Klangerzeuger), insbesondere für den General Instrument AY-3-8910 und dessen Yamaha-kompatibles Pendant, den YM2149. Dabei

handelt es sich um dreistimmige Rechteckwellen-Chips mit einer gemeinsamen Rauschquelle und einem hardwarebasierten Hüllkurvengenerator, die im ZX Spectrum, MSX, Amstrad CPC, Atari ST und vielen Arcade-Platinen zum Einsatz kommen.

PokeyMAX implementiert zwei PSG-Kerne an den Adressen \$D2A0 und \$D2B0. Da die Register direkt speicherabgebildet sind, steuern Schreibvorgänge an \$D2A0–\$D2AF den PSG1 direkt, ohne den bei den Originalchips verwendeten indirekten Register-Adressbus.

Frequenz / Takt

Die PSG-Taktfrequenz kann direkt auf 1 MHz, 2 MHz oder PHI2 eingestellt werden. Die richtige Wahl hängt von der Wiedergabesoftware ab: Die meisten Spectrum- und MSX-Ports gehen von 1,77 MHz aus und funktionieren am besten mit der Einstellung 2 MHz, da dies die am nächsten liegende verfügbare Option ist. Einige Atari-ST-Ports sind genau auf 2 MHz abgestimmt.

Stereomodi

Die AY/YM-Chips verfügen über drei Tonkanäle (A, B, C). Im Laufe der Zeit haben sich unterschiedliche nationale und regionale Konventionen dafür etabliert, welcher Kanal an welchen Lautsprecher geht:

Modus	Kanalaufteilung
Mono	Alle Kanäle (A, B, C) auf der linken und rechten Seite
Polish (Polnisch)	A+B → Links, B+C → Rechts (Standard)
Czech (Tschechisch)	A+C → Links, B+C → Rechts
Max / L–R	PSG1 komplett nach links, PSG2 komplett nach rechts

Der polnische Modus wird von der meisten AY-Player-Software für Atari 8-Bit unterstützt. Wenn ein Titel verzerrt oder unausgewogen klingt, probier einen anderen Modus aus.

Hüllkurvenschritte

Der AY-3-8910 verwendet einen 16-stufigen Hüllkurvengenerator; der YM2149 nutzt 32 Stufen für sanftere Lautstärkeschwankungen. Die Standardeinstellung von 32 Stufen entspricht dem Verhalten des YM2149 und klingt weicher. Wechsle nur dann zu 16 Stufen, wenn du strikte Kompatibilität mit dem AY-3-8910 für Software anstrebst, die auf die gröbere Hüllkurvenform angewiesen ist.

Lautstärkekurve

Der AY-3-8910 verwendet eine logarithmische Lautstärketabelle; beim YM2149 ist dies etwas anders. PokeyMAX bietet eine logarithmische Kurve, die dem AY entspricht, oder eine lineare Kurve für Software, die von Linearität ausgeht. Die meisten Klänge klingen mit der logarithmischen Kurve besser.

1.6 COVOX und der Sample Player

COVOX

COVOX ist ein einfaches DAC-Konzept auf Basis einer Widerstandsleiter, das einen Byte-Wert direkt auf einen analogen Spannungspegel abbildet, sodass Software digitale Audiodaten wiedergeben kann, indem sie Sample-Werte schnell in ein Register schreibt. Auf dem PokeyMAX bieten die COVOX-Register (\$D280–\$D283) vier 8-Bit-Lautstärkenkanäle für CPU-gesteuerte digitale Audiowiedergabe. Die CPU schreibt die Sample-Bytes in einer schnellen Schleife mit der gewünschten Wiedergaberate.

DMA Sample Player

Der DMA-Sample-Player erweitert das COVOX-Konzept erheblich. Er speichert bis zu 42 KiB Audiodaten in einem speziellen Block-RAM innerhalb des FPGA und gibt diese nach dem Start ohne Eingriff der CPU wieder. Die CPU muss lediglich Adresse, Länge, Periode und Lautstärke für jeden der vier Kanäle festlegen und anschließend auf den End-of-Sample-IRQ reagieren, um den nächsten Puffer in die Warteschlange zu stellen.

Es werden drei Datenformate unterstützt:

- 4-Bit-PCM signed - gleicher Speicherbedarf wie ADPCM, jedoch unkomprimiert. Einfacheres Suchen und Neustarten mitten im Sample, da kein Encoder-Zustand verfolgt werden muss.
- 8-Bit-PCM signed - Standardqualität, doppelt so viel Speicherplatz wie bei 4-Bit.
- 4-Bit-IMA-ADPCM - komprimiert mit einer wahrgenommenen Qualität von etwa 13 Bit. Erfordert eine vorherige Kodierung: `sox input.wav -t ima-adpcm output.ima`. Das Suchen innerhalb des Streams ist schwieriger, bietet jedoch das beste Verhältnis von Qualität pro Byte.

Es werden Abtastraten von bis zu 48 kHz unterstützt, allerdings schränkt der verfügbare Speicher von 42 KiB die Aufnahmedauer bei hohen Abtastraten ein. Zum Vergleich: Bei 8-Bit-Mono mit 22 kHz stehen pro RAM-Füllung etwa 1,9 Sekunden zur Verfügung.

HINWEIS

Der Sample-Player ist stark vom Paula-Chip des Amiga inspiriert, der als Vorreiter für die DMA-gesteuerte Wiedergabe von Vierkanal-Samples in Heimcomputern galt. In Diskussionen zu diesem Thema wird Paula möglicherweise erwähnt – dies bezieht sich auf diese konzeptionelle Abstammung und nicht auf einen buchstäblichen Kompatibilitätsmodus.

1.7 Ausgabepfad und Pegelregelung

Alle Audio-Engines werden in einen gemeinsamen Mixer eingespeist. Das gemischte Signal durchläuft anschließend den Post-Divider, einen digitalen Tiefpassfilter, den Sigma-Delta-DAC und schließlich einen analogen Tiefpassfilter. Wenn man diese Kette versteht, wird klar, warum es Pegel- und Routing-Einstellungen gibt.

Der Mixer erzeugt vier Ausgangskanäle. Alle vier summieren denselben Satz an Chip-Audio-Engines (POKEY, SID, PSG, SAMPLE), aber AUDIO_0/1 und AUDIO_2/3 unterscheiden sich darin, was sie sonst noch enthalten:

- AUDIO_0 (links) → DIP-Pin 37: wird an die internen Audioausgänge weitergeleitet. Es wird kein GTIA oder ADC eingemischt - das Atari-Motherboard übernimmt dies bereits auf dem internen Audiopfad.
- AUDIO_1 (rechts) → In Version 4.5 nicht vorhanden.
- AUDIO_2 (links) → J2-Line-Out + S/PDIF-Quelle: Chip-Audio sowie GTIA- und SIO/ADC-Audio zusammengemischt. Diese sind auf dem externen Signalweg erforderlich, da die Mischung auf der Hauptplatine umgangen wird.
- AUDIO_3 (rechts) → J2-Line-Out + S/PDIF-Quelle: wie AUDIO_2, jedoch für den rechten Kanal.

Post-Divide

PokeyMAX gibt standardmäßig 0-5 V pro Kanal aus. Eine einzelne Audio-Engine liefert bei maximaler Lautstärke 5 V; wenn alle vier POKEY-Kerne sowie SID und PSG gleichzeitig spielen, kann die intern erzeugte Summenspannung deutlich höher liegen, bevor bei 5 V eine Übersteuerung eintritt. Mit dem Post-Divider lassen sich die einzelnen physischen Ausgangskanäle (CH0-CH3) durch 1, 2, 4 oder 8 teilen.

Für einen Line-Pegel-Ausgang (~1 V peak) von einem einzelnen Gerät ist /4 ein sinnvoller Ausgangspunkt und die Standardeinstellung für die externen Ausgänge (CH3/CH4). Der interne Pin-37-Ausgang (CH1) ist standardmäßig auf /1 eingestellt, da die Verstärkerstufe der Hauptplatine den Pegel regelt. Wenn mehrere Engines gleichzeitig spielen, ist möglicherweise /8 erforderlich, um Verzerrungen

zu vermeiden. Die Installationsanleitung enthält weitere Informationen zum Anschluss von Audioausgängen an bestimmte Hardware.

GTIA-Mixing

Das Atari-Motherboard mischt normalerweise den Schaltausgang des GTIA zusammen mit dem POKEY in den Audioverstärker ein. Dies sorgt vor allem für den Tastenklick-Summer, aber auch Software kann die GTIA-Audioleitung direkt umschalten. Einige clevere Programmierer nutzten diesen Weg sogar, um digitalisierte Samples abzuspielen, indem sie den Ausgang schnell umschalteten. Bei Verwendung der externen Ausgänge von PokeyMAX (Line-Pegel oder S/PDIF) wird diese Mischung auf der Hauptplatine umgangen, sodass das GTIA-Audio andernfalls fehlen würde. PokeyMAX kann das GTIA-Signal digital in jeden der vier Ausgangskanäle einspeisen, um diese Klänge zu erhalten.

Das GTIA-Mixing ist für jeden Kanal separat konfigurierbar. Kanal 1 ist Pin 37 (der interne Pfad) und standardmäßig ausgeschaltet, da das Motherboard GTIA dort bereits verarbeitet. Die Kanäle 3 und 4 sind die externen linken und rechten Line-Ausgänge und standardmäßig eingeschaltet. Kanal 2 ist bei v4.5-Hardware nicht belegt. Die GTIA-Mixing-Einstellung in `pokeycfg` zeigt alle vier Kanäle an; setze Kanal 1 nur auf 1, wenn du GTIA auch auf dem internen Pfad einspeisen möchtest (ungewöhnlich).

Mono-Erkennung

Wenn diese Funktion aktiviert ist, überwacht PokeyMAX den rechten Ausgangskanal und leitet, falls dieser stumm ist, den linken Kanal automatisch auf beide Ausgänge weiter. Dadurch wird verhindert, dass der rechte Kanal stumm bleibt, wenn Mono-Software über ein Stereo-System wiedergegeben wird.

Teil 2 - Verwendung von pokeycfg

2.1 Überblick

pokeycfg (pokeycfg.xex) ist das offizielle Konfigurationsprogramm für PokeyMAX. Es läuft direkt auf dem Atari selbst – für den normalen Gebrauch sind weder ein PC noch eine JTAG-Verbindung erforderlich. Das Programm liest die aktuellen Live-Registerwerte aus und zeigt sie in einer Text-Oberfläche an. Die Einstellungen können geändert und entweder sofort angewendet werden, um die Wirkung zu hören, oder im Flash-Speicher gespeichert werden, damit sie beim nächsten Einschalten automatisch wirksam werden.

pm_update.xex ist ein inoffizielles Tool, das von MADRAFi entwickelt wurde. Es wird hier nicht näher beschrieben. Es verfügt über eine sehr ansprechende menübasierte Benutzeroberfläche.

WICHTIG

pokeycfg funktioniert nur, wenn die Adressleitungen A4–A7 angeschlossen sind. Ohne diese Leitungen kann der Baustein nicht unterscheiden, auf welche Registerbank zugegriffen wird, und das Tool meldet, dass PokeyMAX nicht gefunden wurde.

2.2 Das Programm starten

Lade „pokeycfg.xex“ wie jedes andere Atari-Programm von Diskette oder Kassette. Beim Start erkennt das Programm den PokeyMAX, indem es das ID-Register unter der Adresse \$D20C ausliest. Bei erfolgreicher Erkennung werden der Firmware-Versionsstring und eine Übersicht über die verfügbaren Funktionen angezeigt, gefolgt vom ersten Konfigurationsabschnitt (Core).

```
PokeyMAX config v1.5   Core: v4.5Q
Sid:2 pokey:4 psg:2 covox:1 sample:1

▶ Mono support   : Left only
Post divide     : 1=1 2=1 3=4 4=4
GTIA mixing    : 1=0 2=0 3=1 4=1
Restrict       : quad sid psg covox
Output         : 1=1 2=1 3=1 4=1 5=1
PHI2->1MHz     : PAL (5/9)
ADC volume     : 1x
SIO DATA vol  : 1x

Cursor keys + Enter to change   SPACE to change section
(A)pply config (S)tore config (U)pdate core (Q)uit
```

Abbildung 2: pokeycfg – Abschnitt „Core“ (rekonstruierter Bildschirm)

2.3 Navigation

Aufgrund der Atari-Tastaturbelegung sind die Funktionen der Pfeiltasten wie folgt zugeordnet:

Auf den Atari-Cursorstasten sind Pfeilsymbole aufgedruckt. Ihre Tastencode-Zuordnungen in pokeycfg lauten:

Taste	Aktion
↑ Cursor auf (Aufdruck -)	Auswahl nach oben verschieben
↓ Cursor ab (Aufdruck =)	Auswahl nach unten verschieben
← Cursor links (Aufdruck +)	Ausgewählten Wert nach links ändern / verringern
→ Cursor rechts (Aufdruck *)	Ausgewählten Wert nach rechts ändern / erhöhen
SPACE	Weiter zum nächsten Konfigurationsabschnitt
RETURN	Ausgewähltes Element bestätigen / umschalten
A (APPLY)	Aktuelle Einstellungen sofort auf die Live-Register anwenden
S (SAVE)	Aktuelle Einstellungen im Flash-Speicher speichern
U	FPGA-Kern aus der Datei core.bin auf D1-D4 aktualisieren
V	FPGA-Kern anhand der Datei core.bin auf D1-D4 verifizieren
Q	pokeycfg beenden und zum DOS zurückkehren

Es gibt vier Konfigurationsabschnitte, die durch Drücken der Leertaste nacheinander aufgerufen werden:

- Core - Systemweite Einstellungen: Ausgangspegel, GTIA, Einschränkungen, Takt
- POKEY - Sättigungskurve, Channel-Modus, IRQ-Routing
- PSG - Taktfrequenz, Stereomodus, Hüllkurve, Lautstärkekurve
- SID - Chipmodell, Filtertyp, Digifix

TIPP

Drücke wiederholt die Leertaste, um durch alle vier Abschnitte zu blättern. Der Name des Abschnitts wird oben auf dem Bildschirm angezeigt. Es gibt keine Tasten für direkte Sprünge zu einem Abschnitt.

2.4 „Apply“ oder „Save“ – die wichtigste Unterscheidung

Das ist das wichtigste Konzept in pokeycfg. Die beiden Aktionen haben völlig unterschiedliche Auswirkungen:

Taste	Effekt	Bleibt nach Neustart bestehen?
A (Apply)	Schreibt die aktuellen Einstellungen direkt in die Live-Register von PokeyMAX. Der	NEIN. Geht beim Ausschalten verloren.

Taste	Effekt	Bleibt nach Neustart bestehen?
	Effekt ist sofort hörbar, ohne dass ein Neustart erforderlich ist.	
S (Save)	Schreibt die Einstellungen in den Flash-Speicher im FPGA. Die aktuell ausgeführte Konfiguration wird dabei NICHT geändert. Die Änderungen werden erst beim nächsten Einschalten wirksam..	JA. Wird beim Systemstart automatisch geladen.

Der empfohlene Arbeitsablauf beim Anpassen einer Einstellung lautet:

- Navigiere zu der Einstellung und ändere sie mit den Cursortasten links/rechts.
- Drücke A, um die Änderung zu übernehmen.
Die Änderung wird sofort wirksam – hör dir das Ergebnis an.
- Bei Bedarf nachjustieren und jedes Mal erneut „apply“ ausführen.
- Sobald du zufrieden bist, drücke S, um die Einstellung zu speichern. Sie wird dann zum neuen Standard beim Einschalten.

2.5 Einstellungen für den Abschnitt „Core“

Der Abschnitt „Core“ enthält systemweite Einstellungen, die sich auf alle Sound-Engines und Ausgangskanäle auswirken.

Einstellung	Was sie bewirkt
Mono support	Wenn die Option „Play on both channels“ ausgewählt ist und der rechte Ausgang stummgeschaltet ist, wird das Signal des linken Kanals automatisch dorthin kopiert. Dies ist nützlich, wenn Mono-Software über Stereolautsprecher wiedergegeben wird. Standard: „Left only“ (nur links).
Post divide (CH1–4)	Teilt den Pegel jedes physischen Ausgangskanals durch 1, 2, 4 oder 8. Die Standardeinstellung lautet CH1/CH2 = ÷1 (interner Pfad bei vollem Pegel) und CH3/CH4 = ÷4 (externe Line-Ausgänge, gedämpft auf etwa Line-Pegel). Die Teilung sollte weiter erhöht werden, wenn der Ausgang bei mehreren aktiven Engines verzerrt.
GTIA mixing (CH1–4)	Ermöglicht die digitale Einspeisung des GTIA-Audiosignals pro Ausgangskanal. CH1 = Pin 37 (intern), standardmäßig deaktiviert – das Motherboard mischt GTIA hier bereits ein. CH2 = bei Version 4.5 nicht verfügbar. CH3/CH4 = externe Line-Ausgänge links/rechts, standardmäßig aktiviert – bitte aktivieren, um GTIA-Sounds an den Line- und S/PDIF-Ausgängen beizubehalten.
Restrict	Aktiviert oder deaktiviert einzelne Sound-Engines. Bei deaktivierten Engines wird deren Adressbereich von POKEY 1 überlagert, wodurch die Kompatibilität mit Software gewährleistet bleibt, die den Bus abtastet. Optionen: Mono-/Dual-/Quad-POKEY, SID ein/aus, PSG ein/aus, COVOX ein/aus.

Einstellung	Was sie bewirkt
Output (CH1–5)	Fünf separate Ein-/Aus-Schalter, einer pro Ausgangskanal, sowie der S/PDIF-Ausgang. Mit der Einstellung „0“ wird ein Kanal vollständig deaktiviert. Durch die Deaktivierung von S/PDIF (Kanal 5) bei Nichtgebrauch werden digitale Störgeräusche am ADC-Eingang reduziert. Standardmäßig sind alle Kanäle aktiviert.
PHI2→1MHz	Legt den Takteiler für den abgeleiteten 1-MHz-Takt fest, der von SID und PSG verwendet wird. Wahlweise „PAL“ (5/9 PHI2) für PAL-Geräte oder „NTSC“ (4/7 PHI2) für NTSC-Geräte. Eine falsche Einstellung führt zu Tonhöhenfehlern.
ADC volume	Verstärkungsfaktor für den digitalisierten SIO/PBI-Audioeingang (0x = stumm, 1x–4x). Bei nicht angeschlossenem SIO-Audio-Pin auf 0 setzen.
SIO DATA vol	Mischt SIO-Störsignale digital in das Audiosignal ein und ahmt so das bei echter Hardware auftretende analoge Übersprechen nach. Stelle den Wert auf 0, um ein sauberes Audiosignal zu erhalten, oder auf einen niedrigen Wert, um ein authentisches Klangbild zu erzielen.

2.6 Einstellungen für den Abschnitt „POKEY“

PokeyMAX config v1.5	Core: v4.5Q	[POKEY]
► Mixing	: Non-linear	
Channel mode	: Off	
IRQ	: Pokey 1	

Abbildung 3: Abschnitt „POKEY“

Einstellung	Was sie bewirkt
Mixing (Saturation)	„Non-linear“: Wendet die POKEY-Hardware-Sättigungskurve an, komprimiert laute Signale und erzeugt den charakteristischen warmen Atari-Sound. „Linear“: Addiert die Kanäle mathematisch ohne Kompression. „Non-linear“ ist für die überwiegende Mehrheit der Atari-Software die richtige Einstellung.
Channel mode	„Off“: Die vier Kanäle jedes POKEY-Chips werden zu einem gemeinsamen Ausgang gemischt (Standard). „On“: Jede einzelne Stimme wird an einen separaten Audioausgang geleitet. Bei Version 4.5 gibt es in diesem Signalweg nur einen physischen Ausgang, sodass statt vier Kanälen nur drei zur Verfügung stehen. Wird für Mehrkanal-Aufnahmesysteme verwendet, nicht für die normale Wiedergabe.
IRQ	„Pokey 1“ - Nur „POKEY 1“ sendet IRQ-Signale an die CPU (Standardverhalten). „All“ - Aktiviert IRQ-Signale von allen POKEY-

Einstellung	Was sie bewirkt
	Chips. Dies ist nur für Software relevant, die mehrere POKEYs für Timer- oder serielle Funktionen nutzt, nicht nur für Audiozwecke.

2.7 Einstellungen für den Abschnitt „PSG“

```
PokeyMAX config v1.5   Core: v4.5Q           [ PSG ]
▶ PSG frequency : 2MHz
PSG stereo       : polish (L:AB R:BC)
PSG envelope    : 32 steps
PSG volume      : Log 0
```

Abbildung 4: Abschnitt „PSG“

Einstellung	Was sie bewirkt
PSG frequency	Taktfrequenz für beide PSG-Chips. „2 MHz“ eignet sich für die meisten Spectrum- und MSX-Ports. „1 MHz“ entspricht der Taktfrequenz einiger originaler AY-Hardware. „PHI2“ speist den Bus-Takt direkt. Eine falsche Taktfrequenz führt zu Tonhöhenfehlern.
PSG stereo	Kanalzuordnung zwischen dem linken und rechten Ausgang. Die Variante „Polish“ (A+B / B+C) ist der Standard in der Atari-8-Bit-Community. Die Variante „Czech“ (A+C / B+C) entspricht einigen anderen Plattformen. Bei „L/R“ werden die beiden PSG-Chips jeweils vollständig auf separate Kanäle geleitet.
PSG envelope	32-Stufen-Hüllkurven sorgen für sanftere Lautstärkeverläufe. 16-Stufen entsprechen eher dem Verhalten der Original-Hardware. Die meisten modernen Player gehen von 32 Stufen aus.
PSG volume	„Log 0“: AY-3-8910 logarithmische Lautstärketabelle (empfohlen). „Linear“: gleichmäßige Lautstärkeschritte. Logarithmische Kurven kommen dem Original näher; lineare Kurven können bei hoher Lautstärke schriller klingen.

2.8 Einstellungen für den Abschnitt „SID“

```
PokeyMAX config v1.5   Core: v4.5Q   [ SID ]
▶ SID detect          : Auto
SID version           : 1:6581       2:6581
SID ext                : 1:Digifix    2:Digifix
```

Abbildung 5: Abschnitt „SID“

Einstellung	Was sie bewirkt
SID detect	„Auto“: PokeyMAX erkennt durch Überwachung der Busaktivität, ob SID-fähige Software ausgeführt wird, und aktiviert den SID-Adressbereich nur bei Bedarf. „Manual“: SID-Adressen sind immer (oder nie) aktiv. Für die meisten Benutzer wird die Einstellung „Auto“ empfohlen.
SID version (1 and 2)	Legt das emulierte SID-Modell für jeden Chip separat fest. „6581“: älter, rauer, wärmer, mit nichtlinearem Filtercharakter. „8580“: neuer, klarer, stabiler. Pass das Modell an das an, wofür die Musik komponiert wurde.
SID ext	Steuert, was an den externen Audioeingang des SID-Chips angelegt wird. „GND“: Der Eingang wird auf Masse gelegt (stumm, sauberstes Signal). „Digifix“: Es wird ein kleines Vorspannungssignal eingespeist, um das Fehlen der analogen ADC-Unvollkommenheiten zu kompensieren, auf die sich echte 8580-Hardware für Tricks bei der Wiedergabe digitaler Samples stützte. Nur im 8580-Modus relevant - bei Verwendung des 6581 auf „GND“ belassen.

2.9 Aktualisierung des FPGA-Cores

pokeycfg kann den FPGA-Bitstream direkt vom Atari aus aktualisieren. Lege eine Datei namens core.bin auf D1-D4 ab und dann:

- Drücke U, um ein Core-Update zu starten. Bestätige mit Y, wenn du dazu aufgefordert wirst.
- Bei diesem Vorgang wird der Flash-Speicher gelöscht, das neue Core geschrieben und anschließend überprüft. Während dieses Vorgangs darf der Computer nicht ausgeschaltet werden.
- Drücke V, um ein vorhandenes Core-Image mit der Datei core.bin in D1-D4 zu vergleichen, ohne es zu überschreiben.
- Wenn der Core-Versionsstring nicht übereinstimmt, gibt das Tool eine Warnung aus und fordert eine Bestätigung an. Du kannst den Vorgang mit „F“ erzwingen, wenn du sicher bist, dass die Datei für deine Hardware korrekt ist - ein nicht passendes Core führt dazu, dass das Bauteil nicht mehr reagiert, bis es über JTAG neu geflasht wird.

WICHTIG Die Datei core.bin muss zu deiner spezifischen Board-Variante passen. Lade immer das richtige Core-Image für deine Hardware von www.64kib.com herunter.

2.10 Begleitdokumente

In dieser Anleitung wird erläutert, was die Funktionen bedeuten und wie man sie konfiguriert. Zwei weitere Dokumente vervollständigen den Satz:

Dokument	Inhalt
PokeyMAX Installationsanleitung	Einbau, Ausrichtung von Pin 1, Anschluss der Adressleitungen, Audioausgänge (analog und S/PDIF), GTIA- und SIO-Audio-Anschlüsse, PS/2-Tastaturunterstützung.
PokeyMAX Entwicklerhandbuch	Vollständige Registerübersicht, Beschreibungen aller Konfigurations- und erweiterten Register auf Bit-Ebene, Varianten der Speicherzuordnung, Details zu den SID-/PSG-/SAMPLE-Registern. Unverzichtbar für Softwareentwickler.

Beide sind unter www.64kib.com verfügbar, zusammen mit den Dateien „pokeycfg.xex“ und „core.bin“ sowie Beispielprojekten.

Kurzreferenz: Empfohlene Einstiegspunkte

Standard Atari-Anwendung

- POKEY Mixing: Non-linear
- Mono support: Left only (es sei denn, du verwendest Stereolautsprecher und Mono-Software)
- PHI2→1MHz: Passend zu deiner Maschine (PAL or NTSC)
- Post divide: Standardwerte sind CH1/CH2 = ÷1, CH3/CH4 = ÷4. Erhöhen, wenn der Ausgang bei mehreren aktiven Engines verzerrt
- ADC volume: 0x wenn kein SIO-Audio angeschlossen ist
- Erst nach dem Testen speichern – speichere experimentelle Einstellungen nicht, bevor du sie mit „Apply“ getestet hast

SID Wiedergabe

- Probiere zuerst 6581 für C64-Musik aus den 1980er Jahren
- Probiere 8580 für spätere Produktionen oder wenn ein Titel auf 6581 zu stark verzerrt klingt
- DigiFix auf dem 8580 aktivieren, wenn Digi-Samples falsch klingen
- Verwende die automatische SID-Erkennung, es sei denn, du brauchst die Funktion ständig aktiv

PSG / AY Wiedergabe

- Frequenz: 2MHz für die meisten Spectrum- und MSX-Programme
- Stereo: Polish für Atari 8-bit AY-Player; probiere Czech oder L/R aus, wenn die Titel unausgewogen klingen
- Volume: Log 0 (Standard AY-Kurve)
- Hüllkurve: 32 Schritte (Standard; nur auf 16 umstellen, wenn ein bestimmter Titel falsch klingt)

Sample Wiedergabe

- Halte die „Post-Divide“ Pegel konservativ - die Samples können lauter sein als das Chip-Audio
- Vor dem Speichern testen mit "Apply"
- Verwende das IMA-ADPCM-Format für längere Samples innerhalb der 42-KiB-Grenze des Block-RAMs

Anhang: Memory Map (v4.5 Full)

Die vollständige Memory-Map für die Version 4.5 ist unten dargestellt. Der Zugriff auf die Konfigurationsregister erfolgt durch das Schreiben von 0x3F in \$D20C, wodurch sie in den Bereich \$D210–\$D21F eingeblendet werden.

Adressbereich	Wenn die Konfiguration eingeblendet ist	Funktion
\$D200–\$D20F	—	POKEY 1
\$D210–\$D21F	Konfigurationsregister	POKEY 2 / Konfigurationsbank
\$D220–\$D22F	—	POKEY 3
\$D230–\$D23F	—	POKEY 4
\$D240–\$D25F	—	SID 1
\$D260–\$D27F	—	SID 2
\$D280–\$D283	—	COVOX (4 × 8-bit Lautstärke)
\$D284–\$D29F	—	DMA Sample Player
\$D2A0–\$D2AF	—	PSG 1
\$D2B0–\$D2BF	—	PSG 2
\$D2C0–\$D2FF	—	Reserviert

Der Zugriff auf die Konfigurationsregister erfolgt durch das Schreiben von 0x3F in \$D20C (das SKCTL-Register im Normalbetrieb). Nach dem Banking wird \$D210 zu MODE, \$D211 zu CAPABILITY, \$D212 zu POSTDIVIDE usw. Durch das Schreiben eines beliebigen Werts außer 0x3F in \$D20C werden \$D210–\$D21F auf POKEY 2 zurückgesetzt.

Weitere Informationen und Downloads: www.64kib.com