

durch den bedingten Sprungbefehl angewählt. Hierbei muß am Ende des Programmteils durch einen Sprungbefehl zurückgesprungen werden. Die Pause selbst wird, wie man leicht sieht, durch eine 3fache Dekrementierschleife erzeugt. Es werden abgezählt: im Akkumulator der Tempokoeffizient, im Register E die decodierte Pausenlängenzahl und im Register D die Zahl FFH.

Die Teilprogramme für Spielanweisungen

Die Schaltung für die elektronische Umschaltung von Diskant auf Baß ist in Bild 1 dargestellt. Das Potential von D₄ des Ausgangskanals schaltet entweder D₀ (Diskant) oder D₂ (Baß) des gleichen Kanals auf den Ausgangsverstärker. In dem Umschaltprogramm, das von dem Code der Melodieliste aufgerufen wird, ist also das Ausgabe-Byte, welches im Tonerzeugungsprogramm für den Impulswechsel ausgegeben wird, vorzubereiten, indem 00 (Diskant) oder 10 (Baß) in eine RAM-Speicherstelle abgelegt wird.

Im Tonerzeugungsprogramm wird dieses Byte aus dem Speicher geholt und zur schnelleren Verfügbarkeit nun im Register L aufbewahrt. Der Impulswechsel erfolgt durch jedesmaliges Inkrementieren dieses Bytes. Um zu verhindern, daß nun der Überlauf beim 16. Inkrementierschritt das Umschaltbit zerstört, wird das Byte nach dem Inkrementieren noch mit 17H UNDiert. Dadurch bleiben D₀... D₂ und D₄ unverändert, aber D₃ wird immer wieder auf Null gesetzt und ein Überlauf durch dieses Bit damit verhindert.

Wiederholung-Anfang

Der augenblickliche Stand des Listenzeigers (Rp. HL) und die Zahl 02 auf einem weiteren Speicherplatz werden gespeichert.

Wiederholung-Ende

Dieser Code muß zweimal gesetzt werden. Sind beide Durchgänge der Wiederholung gleich, kommt an die Stelle des Wiederholungs-Ende-Zeichens zweimal 0B. Unterscheiden sich die Wiederholungen in der Endung, so sind die Code wie folgt zu setzen: Wiederholungsanfang = 0A, jeweils am Anfang und Ende des Teils, der beim ersten Durchgang anders gespielt werden soll als beim zweiten Durchgang, einmal 0B.

Im Programm wird beim ersten Durchgang die gespeicherte Zahl 02 geholt und dekrementiert. Das Ergebnis ist positiv, es wird also das Programm

mit dem nächsten Listenwort fortgesetzt. Beim zweiten Erscheinen von 0B ist das Ergebnis des Dekrementierens Null. Dann wird HL auf den am Wiederholungsanfang gespeicherten Anfangswert gesetzt, und es beginnt die Wiederholung.

Beim Wiedererreichen des ersten 0B – jetzt der dritte Durchgang durch den Programmteil – ist das Ergebnis des Dekrementierens negativ, beide Sprungbedingungen sind also nicht erfüllt. In einer Schleife wird in der Melodieliste das nächste „0B“ gesucht und dort in der Melodieliste fortgefahren.

Strophenende

Beim Erreichen von „Strophenende“ wird der Listenzeiger auf den Anfangswert gesetzt und die Strophenzahl dekrementiert. Steht diese auf Null, ist das Programm zu Ende. Da der Computer sich hier noch in einem Unterprogramm befindet, wird die im Stackpoint

ter stehende Rücksprungadresse gelöscht (POP D). Dann kann je nach der Organisation des Anwendergeräts ein HALT-Befehl oder ein Sprungbefehl kommen. Beim Verfasser bewirkt der RET-Befehl am Ende eines Anwenderprogramms automatisch die Rückkehr in das Monitorprogramm.

Schlußbemerkung

Die Programmierung des AusgabeKanals oder der Ausgabekanäle muß der Anwender nach seinen eigenen Erfordernissen vornehmen. Ein so umfangreiches Programm läuft natürlich selten auf Anhieb. Die Aufteilung in Teilprogramme erleichtert aber die Fehlersuche, weil man die verschiedenen Funktionen einzeln überprüfen kann. Zum Schluß sei noch als Beispiel die Melodieliste für das Volkslied „Horch, was kommt von draußen rein“ angegeben. In ihr kommen sämtliche Spielanweisungen vor.

Zusätzliche Befehle beim 6502

Sollten Sie den Mikroprozessor 6502 von MOS Technology in Verwendung haben, so haben Sie ihn bisher vermutlich erheblich unterschätzt, was seinen Befehlsvorrat angeht. Wegen der Struktur der Befehlsdecodierung auf dem Chip werden manche Hexadezimalzahlen, die nicht im Programmierhandbuch enthalten sind, als u. U. recht nützliche Befehle interpretiert und ausgeführt. Sie stellen Bitmuster-Kombinationen „offizieller“ Operationscodes dar und sind in der Tabelle aufgelistet. Nur eines noch: Manche Hexadezimal-Zahlen führen – als Befehl inter-

pretiert – dazu, daß der Prozessor nur noch mit einem Reset-Befehl „aus dem Weltraum“ zurückgeholt werden kann, wie z. B. 12 Befehle, deren letztes Halbbyte (niederwertiges „Nibble“) 2 ist.

Übrigens wäre es interessant, herauszufinden, ob auch andere Mikroprozessoren mehr können, als ihre Hersteller wissen – eine lohnende Aufgabe für lange Winterabende. Fe.

Literatur

Gordon, H. T.: The XF and X7 Instructions of the MOS 6502. Byte, Dez. 1977.

Zusätzliche 6502-Operationscodes

Hex-Code	Wirkung
A7 aa	Akku und X-Register werden mit dem Inhalt der Zero-Page-Adresse aa geladen
87 aa	Das Ergebnis einer UND-Funktion zwischen Akku und X-Register wird an die Zero-Page-Adresse aa gespeichert
97 aa	wie 87, jedoch wird das UND-Ergebnis an die Zero-Page-Adresse aa + Y gespeichert
9E aaaa	Das Ergebnis einer UND-Funktion zwischen dem X-Register und der Konstante 02 wird an die Adresse aaaa gespeichert
9F aaaa	Das Ergebnis einer UND-Funktion zwischen dem Akku, dem X-Register und der Konstante 02 wird an die Adresse aaaa gespeichert
E7 aa	Der Inhalt der Zero-Page-Adresse aa wird um eins erhöht; das Resultat wird dann vom Akkuinhalt subtrahiert
C7 aa	Der Inhalt der Zero-Page-Adresse aa wird um eins erniedrigt und anschließend mit dem Akkuinhalt verglichen; die Status-Flags werden wie bei CMP-Befehlen beeinflusst
AB dd	Akku und X-Register werden mit den Daten dd geladen