SC5BOS

Scheduling C5 Basic Operating System

Version 0.19

Ein Projekt von
DB1OTM, Thomas Müller
DO1FJN, Jan Alte

Inhalt:

Terminologie im Dokument

- Bootloader Teil des SC5BOS der mit dem Benutzer interagiert.
- C5 Bezeichnet das Telefon Siemens C5 (auch ABB C45-5)
- SC5BOS Sheduling C5 Basic Operation System, das Betriebssystem welches hier vorgestellt wird
- SC5PRG Sheduling C5 Program, ein x86-Program das im einem C5 mit SC5BOS funktioniert.

Einleitung

warum eine weitere Umbauanleitung?

Als unbedarfter Leser und Informatik-Interessierter fragte sich der Autor vor ca. einem halben Jahr, wiso man bei einem Gerät dessen Digitalteil vollständig entfernt und eine andere Platine aufwendig einsetzt, obwohl doch auch der neue Controller auf der eingesetzten Platine programmiert werden musste. Jedoch merke der Autor schnell, das dies nicht ohne Grund geschah:
Zum original Digitalteil des C5 gehört ein GAL-Baustein mit der Bezeichnung EP200. Zu diesem zentralen Baustein gibt es keine Entwicklungsunterlagen, jedoch die Aussage, das dieser Baustein fehlerhaft arbeitet und diese Fehlfunktionen per Software ausgeglichen werden müssen. Ebenfalls eine entscheidende Rolle spielt der Motorola DSP 56001 (in den letzten C5: 56002). Es ist keine simple Aufgabe Software für einen Signalprozessor zu entwickeln. Auch der Autor hat bisher nur ein paar Erfahrungen mit einem AD2181 (EZlite-Kit).
Der Grund sich dennoch für die Entwicklung von solcher Software zu begeistern liegt zu einem in der Herausforderung dieses bewerkstelligen zu können, zum anderen in dem Gedanken, damit etwas für den Amateurfunk getan zu haben. Auch ist die Kombination Controller – DSP ein leistungsfähiges Gespann, dessen Potential hoffentlich bald nutzbar gemacht wird.

Ziele

Bei diesem Projekt geht es vorrangig darum, kostengünstig und mit minimalem Aufwand das Siemens C5 Telefon in einen FM-Amateurfunktranceiver für das 70cm Band (430-440 MHz) zu verwandeln. Eine sehr detaillierte Anleitung zu einem C5-Umbau stellt DL6INT (Uwe Henning) unter

http://home.t-online.de/home/dl6int/c5/c5idx.htm

zur Verfügung. Leider erfordert der Umbau des C5 nach dieser Anleitung einigen Aufwand in der Realisierung. Da der Autor Informatik studiert hat, und sich Hobbymäßig mit Amateurfunk beschäftigt, kam er auf die Idee ein kleines Betriebssystem für das C5 zu entwickeln. Dieses Vorhaben wurde durch die Veröffentlichung einiger Details des C5-Software-Innenlebens durch DB1OTM (Thomas Müller) unter

http://www.qsl.net/db1otm/c5.html

unterstützt. Es entstand eine Zusammenarbeit, die auf einen gegenseitigen Informationsaustausch beruhte. Basis der Entwicklung ist übrigens die von DB1OTM disassemblierte Originalsoftware, die einige Fragen beantwortet, jedoch 10mal so viele Neue aufwirft.
Leider existiert für den umbaubegeisterten Funkamateur immer noch keine „fertige“ Software, die den Betrieb des C5 als Funkgerät unter dem hier beschriebenen Betriebssystem ermöglicht. Größtes Hindernis ist neben dem Zeitmangel des Autors (Diplomarbeit!) die Entwicklung eigener DSP-Software. Hier kümmert sich jedoch DB1OTM und der Autor um entsprechende Lösungen für Phonie, PacketRadio und Funkruf. Für Funkamatuere, die ihr C5 gleich verwenden möchten, ist daher z.Z. nur die Anleitung nach DL6INT empfehlenswert. Eine Software für unsere Umbauanleitung wird voraussichtlich in ca. einem halben Jahr fertiggestellt sein.

Beschreibung des Projektes

Das Projekt „SC5BOS“ beschäftigt sich mit der Softwareentwicklung für das alte C-Netztelefon Siemens C5. Später werden wahrscheinlich noch SC2BOS, SC3BOS, SC4BOS parallel und „softwarekompatibel“ mitentwickelt (für die Telefone C2-C4). Jedoch fehlen für dieses Unterfangen noch Schaltungsunterlagen und vor allem Zeit. Alle Telefone verfügen über einen NEC V25 Microcontroller (µC) mit Ausnahme des C2 (hier ein gesockelter i80188). Der NEC V25 ist softwarekompatibel zu einem i80186 und besitzt zusätzlich noch erweiterte Befehle. Er ist ansonsten ein klassischer Controller (keine CPU) mit UART, Ports, DMA etc.). Software kann deshalb mit „alten“ PC-Assemblern und Compilern erstellt werden. Das C3 und das C5 haben neben dem µC noch einen DSP 56001 von Motorola onboard. Dieser ist über das Host-Interface und der „glue logic“ (EP200 im C5) mit dem µC verbunden.

Der Autor hat die hier vorgestellte Software mit dem A86-Assembler und dem jloc-Linker erstellt. Der A86-Assembler kennt ein paar der zusätzlichen NEC-Befehle (leider nicht alle) und verfügt über eine simples Segmentierungs-System. Der jloc-Linker wertet die von A86 erstellte OBJ-Datei aus und erzeugt mit Hilfe einer Kontrolldatei ein binäres Image des Programmes. Als „Entwicklungsumgebung“ diente der Ultraedit (http://www.ultraedit.com/), der Sysntaxhighlighting und das Einbinden von Programmen (hier z.B. make) beherrscht. Leider ist dieses Programm Shareware, dessen Registrierung mit $35 noch human ausfällt.
Neben der Softwareentwicklung konnte sich der Autor auch nicht um Hardwareentwicklung drücken. Um das C5 mit dem PC zu Verbinden, wurde ein serieller Pegelwandler (TTL←→RS232) benötigt. Als einfache Lösung wurde ein Max202 und ein kleiner 5V-Stabi auf einer Lochrasterplatine zusammen mit 2 Pfostensteckern gelötet. Die Beschaltung entspricht der im Max202-Datenblatt. Angeschlossen wird diese Baugruppe an die 26pol. Buchse des C5 (HDB26 benötigt). Über diese Buchse erfolgt auch gleich die externe Stromversorgung. Folgende Pins müssen mit dem Max202 verbunden werden: V24-TXD (Pin13) und V24-RXD (Pin20).
Neben dem Seriellen Anschluss ist leider auch ein Programmiergerät erforderlich gewesen, um einen leeren Flash-Baustein mit der Software zu beschreiben. Erst mit dem programmierten Flash konnte erstmalig „eigene“ Software ins C5 gelangen. Als Flash verwendet der Autor den PLCC32-Typ 29F040 der Firmen AMD, TI und Hyundai. Alternativ einsetzbar sind auch die Typen 29F002TC / BC. In jedem Fall muss das Original-ROM aus dem C5 entfernt und eine PLCC32-Fassung eingelötet werden (wenn nicht schon vorhanden).

Software:

Die Software SC5BOS ist nicht das einige was im Laufe der Entwicklungsarbeit entstand. Neben SC5BOS sind eine Reihe von Testprogrammen, die im C5 ausführbar sind entstanden. Dazu zählen u.a. FlashWRT, DSPTest, C5Demo, I2Ctest und C5Test. Nur letzteres wird weiterentwickelt, da die anderen Programme ihre (Test-) Aufgabe erfüllt haben. Einige Features in Kurzform:

- C5 könnte komplett per PC gesteuert werden
- neue Software wird einfach bei geschlossenem Gerät ins C5 übertragen
- selbst SC5BOS ist so updatefähig
- mehrere Dienste können parallel laufen (z.B. PacketRadio + Debugger + Bediensoftware)
- PacketRadio wird ohne Modem möglich sein (1k2 sicher, 9k6 und 19k2 muss überprüft werden)
- Entwickler brauchen sich nur noch um die eigentliche Aufgabe des Programms kümmern, den Rest erledigt dann SC5BOS (I/O, Tastenabfrage etc.)

Unweigerlich entstand auch PC (Windows-) software: Diese unter Delphi5 geschriebenen Tools sind für die Kommunikation mit dem C5 (oder „kompatiblen“ Geräten) gedacht. Kern der Kommunikation ist ein als PCP (Packet Communication Protocol) bezeichnetes Übertragungsprotokoll. Es spezifiziert eine auf Paketen aufgebaute Kommunikation zwischen 2 Geräten (hier C5 und PC). Eine nähere Beschreibung folgt später. Die Fähigkeiten der Windows-Software in Kurzform:

- OLE-Server für die Kommunikation (PCP) über eine serielle (Standart-) Schnittstelle-
- Einsehen vom C5 RAM und ROM per PCPMemoryViewer
- Ausgabe von Textmeldungen des C5 per PCPMessageViewer
- Übertragen und ausführen von Programmen im C5 per C5MemoryLoader
- Steuern von C5Test (noch im C5MemoryLoader)
- Beschreiben des Flash-ROM per PCPMemoryViewer

(Diese Software wird in einem extra Dokument behandelt.)
Der eigentlicher Kern der Entwicklung – SC5BOS – wird im Folgenden beschrieben.

Lastenheft SC5BOS

- das SC5BOS soll in einem 16Kbyte großen geschützten Sektor des Flash-Roms Platz finden
- es initialiesiert die nötige Hardware, die für eine Programmierung des Flash-Bausteins nötig ist
  dazu zählen:
  - Prozessorregister
  - externe serielle Schnittstelle (57600baud, 8N1)
  - Interrupt-Vektortabelle
- es soll ein einfaches Kommunikationsprotokoll implementiert sein, das eine sichere Datenübertragung gewährleistet. Daher ist eine CRC16 wünschenswert.
- Der Telefonhörer soll bereits Meldungen ausgeben können
- Über die Tastatur des Hörers sind im Bootloader Informationen abrufbar und Testfunktionen ausführbar.
  darunter fallen:
  - Versionsausgabe
  - CRC16 des Flashbausteins
  - Flash löschen (bis auf SC5BOS)
  - Test der Seriellen Schnittstelle 0 (für ext. Kommunikation wichtig)
  - Einstellen der Übertragungsparameter, abweichend vom Standart (z.B. 9600baud).
  - Speichertest
  - Stacktest (Größe anzeigen)
- der Funktionsumfang ist einfach zu erweitern
- Über das Kommunikationsprotokoll kann ein Programm in den Speicher geladen und ausgeführt werden.
- Über das Kommunikationsprotokoll kann ein Programm in den Flash geschrieben werden.
- Über das Kommunikationsprotokoll kann ein beliebiger Datenblock in den Flash geschrieben werden.
- Über ein API werden Basisfunktionen den Anwendungsprogrammen zugänglich gemacht.
- Eintreffende Daten sind über eine Event-Schnittstelle dem laufenden Programm zu übergeben.
- ...

Ideensammlung für Kreative

Hardware

- Als Programmspeicher sollte ein Flash eingesetzt werden, das ein Bootloader enthält. Ein Update der Software ist dann über eine serielle Verbindung zum C5 möglich.
- Statt Hörer Anschluss von Bedienteilen
  - Display 4x20 Zeichen oder Grafikpanel (320x240 dots)
  - Impulsdrehgeber für Volume – Frequenz (Umschaltung durch Drücken, Timeout)
  - 10er Tastatur mit aufgedruckten Buchstaben (wie „Handys“)
  - Buchstabeneingabe über Drehgeber, Tasten
  - 4 Softkeys am Display-Rand
  - Mikrofonanschluss 2,5 Klinke
  - NF-Out oder kleine NF-PA für 4Ohm-Lautsprecher
- Benutzung der „Office“-Platine (TAE-Anschluss)
- Ethernet-Anschluss optional, sonst Seriell mit ~~115k2-Tauglichkeit~~
  Es hat sich herausgestellt, das durch die Taktfrequenz des NEC nur 57600baud möglich sind. Höhere Taktraten sind auch möglich, jedoch keine, die ein Standard-UART unterstützt.
- Ethernet-Controller -> Voice over IP, Fernbedienung, PacketRadio etc.
- ~~IrDA optional~~
- Zusatzanschlüsse auf wechselbarer Platine, von Software Erkennbar (Adresse etc.)
- ~~Stationäres oder ins Auto installiertes Gerät ohne Akkus, dafür mit Festplatte für MP3, Anrufe, PR-Mails~~
  Statt Festplatte wäre eine Smart Media Card (SMC) Kartenadapter realisierbar. Die Ankopplung an den Bus ist leicht und ein FAT12, FAT16 – Dateisystem einfach zu implementieren
- Kopplung eines anderen Funkgerätes 2m, CB etc. statt Hörer: Relaisbetrieb!
- 4 Cinch-Eingänge auf 4 Cinch-Ausgänge zum Durchschleifen von AutoRadio-NF
  - Analoger NF-Mischer

Software

- Beibehaltung des Digitalteiles rund um den NEC V25 und dem DSP
- FM-Empfang 12,5 / 25 kHz – Raster
- HUB umschaltbar
- HF-Ausgangsleistung veränderbar
- Abschaltbare digitale VOX
- Erzeugen und Verarbeiten von
  - CTCSS, DTMF, 1750Hz Tönen
- PacketRadio Modem-Funktion für 1k2 / 9k6
- SSTV-Unterstüzung
- Kartenschlitz für (Krankenkassen-)Speicherkarten nutzbar
- Ablage von Parametern auf o.g. Karten
- Timemultiplexter Betrieb von PR und Voice
- Klingelfunktion
  - Über PR-Packet
  - Über CTCSS-Ton
  - Über DTMF-Folge
- Funkruf (Pager) Empfangsfunktion
- DSP-Sprachverbesserungsfähigkeiten
  - Rauschunterdrückung, -Sperre á la FM-Select
  - Bandpassfilter, Notchfilter
  - Sprachinvertierung (C-Netz-Altlast ☺)
- Aushandeln von Sendeleistungen mit Simplexbetrieb per PR-Pakete
- Aussenden von APRS (Serieller Eingang für GPS-Antenne)
- HDS (HamDataSystem) – RDS ähnlich implementieren
- Kanal Scheduling der einzelnen digitalen Funktionen
- 2m MiniEmpfänger (aus Funkamateur 9/01 S.999) eingebaut
  - ohne ATMEL und NF-PA, Potis NF an DSP-Eingang!
- FFT-Berechnung (für Version mit Grafikdisplay)
- Automatik um Hörer, Bedienteilversionen oder PC zu Unterscheiden
- DTMF-Gesteuerter Anrufbeantworter -> Über ext. Speichermedium (SMC, Smartcard, HDD)
- Fernabfrage Anrufbeantworter über anderes Funkgerät
- Bei Funkgerätekopplung als Relais konfigurierbar, Fernbedienung über DTMF (Ausgabe QSY)
- CW-Dekodierung und Darstellung im ´Display (Kennungen von Relais)
- Über Ser. Schnittstelle Nordlinks TF-Emulation mit erweitertem Spezialbefehlssatz (@C5 ...) als Standard, 6Pack wählbar)
- Relais und DigipeaterListe (Updatebar) von EU/DL
  → durch Eingabe das Locators sind 70cm Relais auswählbar (im Umkreis erreichbare)

mögliche höhere Programmfunktionen

• Empfangsfrequenz einstellen	1 Byte Frequenz (12,5 kHz Raster)
• Sendefrequenz einstellen	1 Byte Frequenz (12,5 kHz Raster)
• Hub-Begrenzer einstellen	1 Bit : (eng: 12,5kHz weit: 25kHz)
• Sendeleistung einstellen	1 Byte
• RSSI abfragen	→ 1 Byte
• Lautstärke Hörer einstellen	1 Byte skaliert (0=Mute)
• Lautstärke LS-Gerät einstellen	1 Byte skaliert (0=Mute)
• Lautstärke Freisprech (Extern)	1 Byte skaliert (0=Mute)
• Mikrofonempfindlichkeit Hörer Kapsel	1 Byte
• Mikrofonempfindlichkeit Hörer Freisprech	1 Byte
• DSP-Grundprogramme aktivieren	1 Byte Aufzählungstyp (0=“IN to OUT“ ...)
• DSP-Programm ausführen	SEG:OFS des Programmes
• Serielle Schnittstelle Ausgabe	SEG:OFS Datablock, 1 Word Länge
• Serielle Schnittstelle Mode	1 Byte Baudrate, 1 Mode-Byte, 1 Byte FIFO-Rate
• Serielle Schnittstelle Zeichenausgabe	1 Byte Zeichen
• Serielle Schnittstelle Zeichen einlesen	→ 1 Byte
• Serielle Schnittstelle Status	→ 1 Status-Byte

- I²C Ausgabe — 1 Byte: Device, SEG:OFS Datablock, 1 Word Länge
- I²C Zeichenausgabe — 1 Byte: Device, 1 Byte Zeichen
- I²C Zeichen einlesen — 1 Byte: Device → 1 Byte RX
- I²C Status — → 1 Status-Byte
- BF-Bus Ausgabe — ?1 Byte: Device, SEG:OFS Datablock, 1 Word Länge
- BF-Bus Zeichenausgabe — ?1 Byte: Device, 1 Byte Zeichen
- BF-Bus Zeichen einlesen — ?1 Byte: Device → 1 Byte RX
- BF-Bus Status — → 1 Status-Byte
- SetIntHandler — SEG:OFS Procedure, 1Byte: Welcher INT
- SetProcess — SEG:OFS Prozess, 1 Byte Priorität (Zeitscheiben)
- SetTask — SEG:OFS Task, 1 Byte Priorität
- Schedule
- Sleep — 1 Byte PID, 1 Word (Zeit in 10ms Einheiten)
- Suspend — 1 Byte ProzessID
- Resume — 1 Byte ProzessID
- Halt
- Programm-Reset
- System-Reset

Höhere Funktionen für Standart-Hörer:

- Abfrage Taste — → 1 Byte gedrückte Taste (0: Keine Taste unten)
- Warte auf Taste — → 1 Byte Taste (0 bei timeout)
- Set Tastentimeout — 1 Byte
- Set Wiederholrate und Delay — 1 Byte Wiederholrate (Chars/s), 1 Byte Delay - 10ms
- Text2Display — SEG:OFS auf max. 16Zeichen-String (Längenbyte)
- SetDisplayPos — 1 Byte Position (0..15)
- SetCursorMode — 1 Byte für Cursorbeschreibung
- SetSymbol — 1 Byte (7Bit) Aufzählung Symbol HiBit: Blinken
- ClrSymbol — 1 Byte Symbol

Graue Punkte sind bereits im SC5BOS realisiert oder werden mit Sicherheit realisiert.

Umbau der digitalen Hardware

Leider kommt man beim Einsatz eines Flash-Bausteins nicht um das „Strippenziehen' und Patchen herum. Nachfolgend befindet sich eine kleine Einbauanleitung für ein 29F002 oder 29F040-Flash.

1. Vorsichtiges Auslöten des D810 (ROM), wenn dieser bestückt war (Achtung bitte keine Pats abreisen oder Leiterbahnen durchtrennen! → siehe Tip)
2. **Nur bei 29F040:** Auftrennen der Verbindung von Pin1 (A18) und Pin32(Vcc). Diese befindet sich auf der Oberseite direkt an den PLCC-Pads. Achtung: Pin32 bleibt weiter an Vcc
3. **Nur bei 29F040:** Verbinden des PLCC-Pin1 mit der A18 des µC (Pin8) durch einen Fädler
4. Entfernen des Pull-Up-Widerstands R885 des WE (Pin31). Dieser befindet sich auf der Platinenunterseite unter dem PLCC-Pads (hier natürlich nicht sichtbar)
5. Verbinden des WE (Pin31 des PLCC-Pads) mit dem WE am SRAM (Pin27). Diese Verbindung kann elegant auf der Unterseite von den Durchkontaktierungen aus verlegt werden.
6. Auflöten einer PLCC32-Fassung. Achtung bei dem Fädler am Pin1. Tip: Durch die Entfernung des Fassungsbodens können die Pins mit einem üblichen Feinlötkolben angelötet werden.
7. Programmiertes Flash einsetzen.

Tip:
Um ein eingelöteten ROM sauber zu entfernen kann man auch wie folgt vorgehen: Man nehme ein sehr scharfes Messer (Teppichcutter z.B.) und setzt dieses an einem Beinchen des IC's direkt am Gehäuse an. Jetzt drückt man vorsichtig senkrecht nach unten und voilá: das Beinchen ist durchtrennt. Wenn man so alle Beinchen abgedrückt hat, fällt nimmt man den IC heraus und lötet mit Entlötlitze die Beinchen ab. Bei dieser Methode ist es wichtig, das Messer direkt am IC anzusetzen und nur zu drücken. Bewegt man das Messer hin- und her ist die Gefahr gegeben darunter liegende Leiterbahnen durchzuritzen.
Eine alternative Möglichkeit besteht darin, ein Stück Kupferdraht (1-1,5mm) als Schlaufe um die Beinchen des IC's zu legen und reichlich zu verzinnen. Durch reichlich Wärme können so alle Pad's gleichmäßig erhitzt werden und der IC ist mit einer Zange, Haken o. ä. abnehmbar.

Umbau der analogen Hardware

Dieser Umbau erfolgt weitestgehend nach DL6INT und berücksichtig die dort gesammelten Erfahrungen.

Oszillator der PLL verstimmen

Für das Amateurfunk - Frequenzband muss die Resonanzfrequenz des Oszillators um etwas 33 MHz verringert werden. Der originale Oszillator schwingt bei etwas 415 MHz und soll für unsere Zwecke bei etwa 395MHz arbeiten. Dies erreicht man, indem man ca. 10mm 0,8 CuAg-Draht über einem 4mm-Bohrerschaft zu einem Halbkreis biegt und Diesen anstatt des Anschlussbeins zum Verbinden des Kreises mit der Platine benutzt. Das alte Anschlussbein sollte so vollständig wie möglich abgesägt werden (so das nur noch der Steg übrigbleibt – Höhe des Innenleiters). Ich rate ausdrücklich zum Absägen mit einer kleinen Trennscheibe, da die Methode das Bein mit einem kleinen Seitenschneider zu durchtrennen schiefgegangen ist: Durch die mechanische Belastung ist der Leitungskreis von der Platine abgerissen – siehe Achtung. Eine andere Alternative wäre das Bauteil mit einem Draht, der U-förmig über den Oszillator gelegt und mit der Platine verlötet wird, zu sichern. Um einen größeren Abstimmbereich zu bekommen wird noch C136 von. 8p2 auf 22pF vergrößert.

Nun kann die LO-Frequenz mit dem Trimmer links neben dem Leitungskreis abgestimmt werden. Leider hat dieser Trimmer einen sehr unschönen Hacken: Der Abgleichstift benötigt eine quadratische Spitze mit nur 0,63 mm **(messen!)** Kantenlänge. So was hat keine Hobby- und auch kaum eine Profiwerkstatt. Es wurde daher für den Umbau extra ein solches Teil aus einem Messingbolzen gefräst.

Da das C5 wegen den C-Netz Duplexbetrieb eine um konstant 10MHz geringere Sendefrequenz gegenüber der Empfangsfrequenz erzeugt, muß die PLL bei Empfangsfrequenzen von 428 bis 452 MHz sauber einrasten. Gemessen wird das über die Regelspannung (TP 70), die zwischen –3,5 bis +3,5 Volt liegen sollte. Alternativ gibt der TBB200 ein pulsweiten moduliertes Signal auf LD (Pin 14) aus: Je kürzer die LOW-Pulse, desto weniger muss der Baustein die Frequenz nachregeln.

Achtung:

Der Leitungskreis besteht aus einem Dielektrikum mit einer sehr hohen Dielektrizitätskonstante und darauf aufgedampfer Silberschicht. Bei groben Vorgehen (Anschlussbein abzwicken) reist diese Bedampfung von der Platine und der Leitungskreis ist erst mal hin. Abhilfe hier: Ausbauen, reinigen und mit dünner Kupferfolie sorgfältig umwickeln. Darauf achten, das am Anschlussende überstehende Folie mit einem scharfen Messer sauber abgetrennt wird.

Austausch der Sendefilter

Die SMD-Induktivität L304 vom Ausgang des zweiten Filters nach Masse ist zu entfernen (angeklebt!). Um Schwingneigungen vorzubeugen, ist der Widerstand R316 von 18Ohm auf 51Ohm zu vergrößern. Das Entfernen der alten Sendefilter gestaltet sich dann leicht, wenn man sich eine Kupferdrahtschlaufe biegt, die auf der Lötseite alle Pins eines Filters berührt und diese reichlich verzinnt. Hält ein Helfer den Filter mit einer Zange und erhitzt man die Kupferdrahtschlaufe, so fällt der Filter nach kurzer Zeit fast von selbst heraus.

Die Vorschläge zur Montage der beiden Helix-Filter sind in der Meinung des Autors „Bastellösungen“. Ein besserer Vorschlag ist die Anfertigung zweier Adapterplatinen, die je einen Filter aufnimmt.

Kleinigkeiten:

Um über den gesamten Bereich des 70cm-Bandes konstante maximal Leistung abgeben zu können, sind noch 2 „Durchlass“-Kondensatoren im Sendertreiber (C300, 2p7 und C424, 3p9) um je ein 1pF zu vergrößern (1p2 Huckepack z.B.).

Spannungsmessung:

Da am Port T des NEC die Leitungen LOW_POWER und BAT_OUTZ angeschlossen sind, kann die Spannung bereits grob bestimmt werden (der Port T ist ein Vergleicher-Port, der sich auch zur 8bit AD-Messung per Software nötigen läßt). Ansonsten wäre noch die Modifikation (Schritt 13, Uwe Henning) denkbar.

Konzeptdokumentation SC5BOS

Das SC5BOS ist in dem Flash in einem kleinen Block am oberen Aderessende untergebracht. Die für den Einsatz im C5 in Frage kommenden Flashtypen (z. B. 29F002TC, 29F040) besitzen einen 16Kbyte-Sektor (29F002TC) oder einen 64Kbyte-Sektor (29F040) am oberen Aderessende. Da Sektoren in einem externen Programmiergerät komplett gegen Überschreiben geschützt werden können, kann ein solch geschütztes SC5BOS-Flash auf fest ins C5 eingelötet werden. Da jedoch wichtige Aufgaben wie die komplette serielle Kommunikation vom SC5-API gekapselt werden (müssen), ist jedoch erst einmal ein gesockelter Flash mit ungeschützten SC5BOS vorzusehen. Bei Bedarf kann hier das gesamte Inhalt neugeschrieben werden, was jedoch kritische Momente erfordert (SC5BOS einen Moment lang nur noch im SRAM)!

Betriebssystemerfordernisse:

- Einfaches Multitasking über den Timer2 (10ms-Systick)
- Application Interface (API) über Softints (ähnlich MSDOS) mit Parameterübergabe in den Registern
- integrierter Bootloader
- Funktionen:
  - Test, ob Benutzerprogramm (SC5PRG) im Flash geladen ist
  - Kopiert bei Bedarf SC5BOS vom Flash ins SRAM und führt es von dort aus
  - PCP: Update SC5BOS über externe serielle Schnittstelle
  - PCP: Neue Software / Update -> Flash paketweise neu beschreiben
  - PCP: Programme in SRAM laden und ausführen
  - PCP: Aktivierung bei laufender Anwendersoftware über die serielle Schnittstelle möglich.
- Unterteilung
  - Bootloader (BL) als Bestandteil des SC5OS
  - Application Interface (API) als Bestandteil des SC5BOS
  - Signalisierung über Soft-Interrupts (Handler) durch das SC5BOS
  - C5-Programm (SC5PRG)
  - Texte und Funktionen, Menü, Ser. IO etc.

Bedienungsanleitung

Das SC5BOS ist vorrangig nicht für eine Benutzerinteraktion gedacht. Ist jedoch kein Programm (SC5PRG) im Flash vorhanden, startet der Bootloader um dem Benutzer einige Funktionen anzubieten. Diese sind beim Einsatz entsprechender PC-Software und einer funktionierenden seriellen Verbindung eigentlich nicht nötig, da Diese auch durch den PC ausgelöst werden könnten. Jedoch ist nicht immer ein PC zur Stelle.

Einschalten

Durch den Tastendruck auf ⦿ (On/Off-Taste) oder durch Einschalten der Zündung (*noch nicht in v0.16*, KFZ) wird das C5 eingeschaltet. Das Einschalten durch die Zündung erfolgt nur, wenn das Telefon beim Abschalten der Zündung in Betrieb war.

Ausschalten

Durch den Tastendruck auf ⦿ (On/Off-Taste) oder durch Ausschalten der Zündung (*noch nicht in v0.16*, KFZ) wird das C5 abgeschaltet. Der Ausschaltvorgang durch die Zündung kann durch das Programm unterdrückt werden (Option). Die Länge des Gedrückt-Haltens der ⦿ (On/Off-Taste) kann ebenso durch das Programm (zw. 0 und 2,5s) eingestellt werden. In kritischen Phasen kann ein Programm das Abschalten gänzlich unterdrücken. Startet der Bootloader, so schaltet das C5 nach 0,5s Tastendruck ab.

Die Bedienung des Bootloaders

Um auch bei einem vorhandenen SC5PRG den Bootloader zu starten, reicht es, die ON/OFF-Taste beim Einschalten solange weiter gedrückt zu halten, bis ein Piepton ertönt (2,5 Sekunden). Dies ist sehr sinnvoll, falls versehendlich ein fehlerhaftes Programm in den Flash geschrieben wurde.

Es erscheint die Meldung: "**`SC5BOS vx.xx`**" (x.xx ist die Versionsnummer des SC5BOS). Die Meldung wechselt sich eventuell im Sekundentakt mit einer Status- oder Fehlermeldung ab.

Folgende Statusmeldungen kann die Version 0.16 ausgeben:

Bootload invoked	Durch Gedrückt-Halten der ⦿-Taste wurde der Start des Bootloaders erzwungen.
Flashrom is empty	SC5BOS hat im Flash kein Programm entdeckt
Serial malfunc.	Die serielle Schnittstelle funktioniert nicht (Hardwarefehler). Somit kann keine Kommunikation mit dem PC stattfinden!
SC5BOS in RAM	Das SC5BOS startete aus dem Speicher des C5 und ist dadurch befähigt, auf den Flash-ROM zuzugreifen.

Durch Drücken einer beliebigen Taste wechselt man in ein Menü. Es Erscheint der erste Eintrag („**Show Info**“) im Display.

Man wählt mit den Cursortasten ▲ oder ▼ einen der Menüpunkte und ruft die Funktion mit ► auf.
In Version 0.16 sind folgende Funktionen sind abrufbar:

Show Info	Zeigt die Seriennummer (obere Zeile) und die Version (untere Zeile) an. Die Version **xxyyyzzz** besteht aus Folgendem: **xx** = „52“, Jahr-1950, ab v0.15: Jahr-2000 **yyy** = „455“, Gerätebezeichnung (aus ABB C45-5) **zzz** = laufende Nummer „001“ bis „zzz“ *Ausgabebsp:* **52455001** **v0.14**
Serial0 adjust	*(ab Version 0.16a)* Einstellen der Baudrate durch die Tasten ◄ ► (57600, 19200, 9600 Baud). Mit ❨ (Hörer) wird bestätigt – mit ⦿ wird die Baudrate nicht verändert
Serial0 test	Überprüft die Funktion der seriellen Schnittstelle mittels internen Loopback (im EP200-IC). Dieser Test findet auch bei jedem Einschalten statt. Meldet entweder „**Serial0 is ok**“ oder „**Serial0 malfunc**“. Letzteres deutet auf einen Defekt im NEC V25-µC oder an den Leiterbahnen zu Diesem hin.
Memory test	Testet den sRAM des Telefons, ob alle Speicherzellen korrekt arbeiten. Jedoch werden die unteren 2Kbyte nicht getestet, da sich dort wichtige Daten des SC5BOS befinden. Der Terst besteht aus Schreiben 2 komplementärer Bitmuster und zählt die fehlerhaften Wörter. Bei 0 Fehlern meldet der Test „**Memory is ok**“. Bei 1 oder mehr Fehlern „**Memory malfunc.**“ ausgegeben. In späteren Versionen sollen auch die Adressleitungen getestet werden. Befindet sich SC5BOS im RAM, so wird „**not possible**“ ausgegeben.
EPROM size	Ermittelt die Größe des eingesetzten Flash- oder Eprom-Bausteins. Der Test überprüft, ob sich das SC5BOS 256KByte tiefer spiegelt (passiert, wenn 256KByte-Typ). Gibt „**EPROMsiz 256Kbyte**“ oder „**EPROMsiz 512Kbyte**“ auf dem Display aus. Hinweis: Dieser Test funktioniert dann nicht, wenn die A18 beim Einsatz des 29F040 nicht verbunden wurde. Dafür detektiert diese Funktion auch die Größe eines Eproms.
Execute from RAM	mit dieser Funktion wird der Programmiermodus aktiviert. SC5BOS wird in den RAM des C5 kopiert und von dort gestartet. Erst dadurch ist es möglich den Flash zu manipulieren (Löschen, Beschreiben). *Hinweis:* Das RAM ist nach ausführen dieser Funktion schreibgeschützt. Befindet sich SC5BOS schon im RAM, so wird „**not possible**“ ausgegeben.
SC5BOS: show CRC	Berechnet eine Prüfsumme (CRC nach CCITT) von SC5BOS und stellt diese neben der programmierten Prüfsumme dar. Diese Funktion dient dem Vergleich mit der durch die

Update-Software errechneten und an die Stelle 0xxFFFAh programmierten Prüfsumme. Die ersten 4 Stellen in der Anzeige sind das Ergebnis der Berechnung und sollten mit den nächsten 4 Stellen übereinstimmen (programmierte CRC).
Hinweis: Die letzten 4 Bytes werden nicht mitgerechnet, da im C5 an reservierter Stelle.
Ausgabebsp:
FlashCRC
EC39EC39

Erweiterte Funktionen „Programmiermodus"

Flash type

Ermittelt die Manufacturer-ID und die Device-ID des eingesetzten Flash-Bausteins.
Beide IDs werden hexadezimal hintereinander als **xxyy** dargestellt, wobei
xx = Manufacturer-ID
yy = Device-ID
Ausgabebsp:
FlashIDs
01A4 bedeutet: 01 = AMD, A4 = 29F040

Flash erase!

Löscht den Flash, bis auf das SC5BOS. Gibt „Erasing complete" aus, wenn Löschen erfolgreich war. Im Fehlerfall wird „Erasing failed" ausgegeben.
Löscht den gesamten Flashbaustein und schreibt „sich" (SC5BOS) neu an die letzten 16Kbyte im Flash.

Update SC5BOS

Wurde das Update erfolgreich ausgeführt, so gibt die Funktion „**Update complete**" zurück, ansonsten wird „**Update failed**" ausgegeben. In diesem Falle sollte der Update wiederholt werden, bis kein Fehler auftritt. Lässt sich der Flash dennoch nicht updaten, so ist er danach wahrscheinlich gelöscht und muss in ein Programmiergerät! Die Seriennummer des Gerätes wird durch den Update nicht verändert.

technische Beschreibung des SC5BOS

Funktionen und Fähigkeiten des SC5BOS und des Bootloaders

Nach dem Drücken des Einschaltknopfes am C5 springt der Prozessor den Reset-Vektor (0FFFF0h) an. An ihm befindet sich ein far-jump, der auf eine Reset-Routine zeigt. In dieser Routine werden alle wichtigen Speicherbereiche und benötigte Peripherie initialisiert und eine Startmeldung (Licht, 3xBeep) zum Hörer geschickt. Danach sucht das Programm an den 64k-Segmentanfängen im Flash nach der Kennung „SC5PRG“. Die Flash-Größe wird über eine Datenspiegelung detektiert (Daten spiegeln sich beim 256K-Modell). Findet der Bootloader eine Kennung, so führt er das Programm, das dort abgelegt ist aus. Ansonsten wird der Bootloader (eine einfaches Not-Programm) gestartet, das dem Benutzer ein Update der Software erleichtern soll.
Durch die Initialisierung werden auch Behandlungsroutinen aktiviert, die den 10Hz-Watchdog triggern, die Pakete (Tastenbetätigungen) vom BF-Bus und dem Hörer entgegennehmen und weiterleiten, die On/Off-Taste überwachen, Tastenwiederholungen generieren, Pakete auf dem BF-Bus und der seriellen Schnittstelle ausgeben, PC-Anfragen / Befehle (Port0) beantworten und noch etliche Kleinigkeiten mehr erledigen.

Kommunikationsprotokoll

Für eine geordnete Kommunikation über die externe serielle Schnittstelle ist das SC5BOS verantwortlich. Es ist ein Kommunikationsprotokoll implementiert, das auf Paket-Transfer basiert. Das Protokoll stellt 10 Ports (eigene Kanäle auf der seriellen Leitung) zu Verfügung, von denen 2 vom SC5BOS benutzt werden. Die Kommunikation mit SC5BOS erfolgt der Einfachheit halber im PingPong-Betrieb. 5 Ports sind so genannte well-known-ports, deren Funktion bekannt und hier dokumentiert ist.

well-known-ports

Port	Implementiert in	Funktion(en)	Daten
0	Bootloader	• Speicher (SRAM) auslesen • Speicher beschreiben • Programm starten • Programm unterbrechen • Gerät resetten, ausschalten • interne Testroutinen starten	Steuerpakete der Form Cmd, {Param}, Datenpakete (spez. Aufbau) (Master-Slave)
1	Debugging-Modul	• Prozessorstatus ausgeben	Registerbank-Struktur
2	Bootloader, Anwenderprogramm	• Textmeldungen ausgeben	ASCII-Zeichenketten ohne Steuerzeichen
3	Anwenderprogramm	• Gerätesteuerung	Steuerpakete der Form Cmd, {Param} (Master-Slave)
4	Anwenderprogramm	• Packet-Radio 1k2	gekapselte AX25-Pakete
5	Anwenderprogramm	• Packet-Radio 9k6	gekapselte AX25-Pakete

Application Interface

Das Basis-Funktionen werden über mehrere Software-Intrerrupts aufgerufen. Die Parameterübergabe erfolgt über Register (analog DOS). Die Nummer der aufzurufenden Funktion wird im AH-Register übergeben, ein Byte-Parameter immer im AL-Register. Die Rückgabe erfolgt im AX-Register Funktions-spezifisch. Allgemein gilt AX=0 als fehlerfreie Ausführung. Die Funktionen des SC5BOS sind in 4 Funktionsgruppen unterteilt:

1. Steuerungsfunkionen SC5BOS
2. BF-Bus – Zugriff und Abfrage
3. Serielle I/O-Funktioenen (Ser0 / I²C-Bus)
4. Informations- und Konvertierungsfunktionen

Nachfolgend sind die implementierten und zukünftigen Funktionen tabellarisch aufgeführt. Der I-Status (Implementierungsstatus) gibt an, ab welcher SC5BOS-Version die Funktionen enthalten sind. Ist das Feld leer, so ist die Funktion nicht implementiert.

0xh – Steuerungsfunktionen

Funktion	AH	AL	Beschreibung	I-Status
Programm beenden oder Gerät abschalten	00h	-	Schaltet das C5 aus (INT3Bh-Aufruf)	v0.14
	01h	-	Hardware-Reset des C5 (INT3Bh-Aufruf)	v0.14
	02h	-	Softwarereset normal	v0.14
	03h	-	Softwarereset, Start des Bootloaders	v0.14
	04h	-	Startet Bootloader ohne Reset	v0.14
Interruptvector / Behandlungs-routine setzen	05h	Vec	*IN:* AL=Interruptvektor, DS:[SI]=INT-Routine, bei Behandlungsroutine ES = benutztes Datensegment	v0.15 Ä0.17b
Stack in den SRAM verlagern	06h	-	Die Funktion kopiert einmalig den Stack an das obere SRAM-Ende (für Programme, die mehr als 64Words Stack benötigen).	v0.14
Stackwarnung, Fehler	07h	00h	Stackwarnung ausschalten	v0.14
		01h	Stackwarnung einschalten (**default**)	
Gerät abschalten steuern	08h	00h	Ausschalten erlaubt (**default**)	v0.14
		01h	Ausschalten verboten (Taste keine Wirkung)	
Unterbrechung durch BL	09h	00h	Unterbrechungen zulassen (**default**)	v0.14
		01h	Unterbrechungen verbieten (für kritischen Code)	
AUS-Taste Drucklänge	0Ah	Val	*IN:* AL = Länge (x10ms), die der Benutzer die Aus-Taste gedrückt halten muss.	v0.14
Behandlungsroutine entfernen	0Bh	Vec	*IN:* AL = Vektor der Behandlungsroutine	v0.17b
Warten (passives Warten)	0Eh	-	*IN:* CX: Wartezeit in (CX*10ms)	
Warten (aktive Warteschleife)	0Fh	-	*IN:* CX: Wartezeit (CX=256 → 30ms Warten)	v0.14

1xh – BFBus - Zugriff und Abfrage

Funktion	AH	AL	Beschreibung	I-Status
BF-Bussteuerung	10h	00h	BFBus-Behandlung abschalten (→ INT 3Ah wird nicht ausgeführt)	v0.14
		01h	BFBus-Behandlung einschalten (→ INT 3Ah ist aktiviert, **default**)	
Sende Paket zum Hörer	11h	-	*IN:* Paket in DS:[SI] mit der Länge CL,	v0.15
Warte auf Hörer-Taste	14h	-	*OUT:* AL = Tastencode	v0.15
Letzte Hörertaste abfragen	15h	-	*OUT:* AL = Tastencode, AH = 0h, wenn Taste neu	v0.15
Setze Wiederholrate	16h	Val	*IN:* AL = Tastenwiederholrate in 10ms	v0.15
Setze Startverzögerung	17h	Val	*IN:* AL = Verzögerungszeit erste Wiederh. (10ms)	v0.15

2xh – Serielle I/O-Funktioenen (Ser0 und I²C-Bus)

Funktion	AH	AL	Beschreibung	I-Status
~~Serial0: Sende-/Empfangsmodus~~	20h			
Serial0: Baudraten Ser0	21h	Val	*IN:* AL=Aufzählung Baudrate	
Serial0: Sende Zeichen	22h	Val	*IN:* Ein Zeichen, das direkt auf die Leitung ge-schickt wird	
Serial0: Sende Paket	23h	-	*IN:* DS:[SI], CX = Paket, analog zu 22h	
Serial0: Send-PCP_Short	24h	Port	*IN:* AL=Port, DL=Zeichen	v0.14
Serial0: Send-PCP-Long	25h	Port	*IN:* AL=Port, DS:[SI], CX = Paket	v0.15
Serial0: Sende zur Chipkarte	26h	-	*IN:* DS:[SI], CX = Paket	
Serial0: Lese von Chipkarte	27h	-	*IN:* ES:[DI] = Buffer, CX = ReadLength (max)	
I²C: Abbruch ausgeben	28h	Char	*IN:* AL = Zeichen, das gesendet wird	v0.15c
I²C: Daten ausgeben	29h	Adr	*IN:* AL = I²C-Geräteadresse, DS:[SI], CX = Paket	v0.15c
I²C: Daten auslesen	2Ah	Adr	*IN:* AL = I²C-Geräteadresse, ES:[DI] = RXBuffer, CX = Anzahl auszulesender Bytes	v0.15c
I²C: Kombi: Ausgabe, Einlesen	2Bh	Adr	*IN:* AL = I²C – Geräteadresse (Schreibadr.) DS:[SI], CL = Paket für Aussendung, ES:[DI] = RXBuffer, CH = Anzahl auszulesender Bytes	v0.15c

I²C: Acknowledge Polling	2Ch	Adr	*IN:* AL = I²C – Geräteadresse, *OUT:* AX = 0, wenn Gerät ein ACK gesetzt hat. AX > 0, wenn Gerät kein ACK gesetzt hat.	v0.15e

3xh – Informations- Konvertierungsfunktionen

Funktion	**AH**	**AL**	**Beschreibung**	**I-Status**
Informationen über SC5BOS	30h	-	*OUT:* Version in AX (Hi.LOW)	v0.14
	31h	-	*OUT:* Einschaltdauer in AX, BH, BL (H, M, S)	v0.14
	32h	-	Fehlerzähler des BFBusses (Frame, Overrun → AX)	v0.14
	33h	-	Fehlerzähler der ext. Schnittstelle (analog 02h)	v0.14
Flashgröße bestimmen	34h	-	*OUT:* AX = Flashgröße in Kbyte	v0.15
Flashhersteller und Device-ID	35h	-	*OUT:* AH = Hersteller ID, AL = Device ID	v0.15
Interruptvector lesen (zum Sichern z.B.)	36h	Nr	*IN:* AL = Interruptvektor *OUT:* DX:AX = Adresse der Interruptbehandlungsfunktion (Seg:Ofs)	v0.15e
Zahl→ASCII (DS:[DI])	3Dh	Val	*IN:* AL = Zahl, Umwandlung in 2.-Hexdarstellung *OUT:* Ascii → ES:[DI], DI = DI + 0	v0.14
	3Eh	-	*IN:* DX = Zahl, Umwandlung in 4.-Hexdarstellung *OUT:* Ascii → ES:[DI], DI = DI + 4	
	3Fh	Val	*IN:* AL = Zahl, Umwandlung in 8.-Binärdarstellung *OUT:* Ascii → ES:[DI], DI = DI + 8	

Handler

Handler sind normale FAR-Prozeduren, die durch SC5BOS aufgerufen werden. (vor Version 0.18 waren Handler-Routinen als Soft-Interrupts implementiert.) Die Routinen werden analog „normalen“ Interrupt-Behandlungsroutinen mit dem „set Interruptvector“-Befehl gesetzt. Jedoch muss SC5BOS vor jedem Handeler-Aufruf wissen, welches Datensegment das passende ist. Daher wird SC5BOS im ES das Datensegment zusätzlich übergeben. Die Datensegmente werden im Anschluß an die Handler-Vektoren in die Interruptvektortabelle geschrieben, daher können keine Soft-Ints 40h-4Fh benutzt werden!
Diese Routine muss mit einem „retf“-Befehl abgeschlossen sein (unter Hochsprachen erreicht man das mit einer FAR-Direktive. Es sind folgende Register mit Ausnahmen gesichert.:

- AX, BX, CX, DX, SI, DI, DS, ES
- **Nicht** gesichert dagegen: SS, SP, BP

INT	**Funktion**		**Beschreibung**	**I-Status**
30h . . . 39h	**well-known-Ports des PCP-Protokolles**	**00h**	KommunikationsINT (Rx) des SC5BOS	v0.1
		01h	KommunikationsINT (Rx) des DebuggingModuls	-
		02h	Reserviert (Textmeldungen)	v0.11
	Ports geräteabhängiger Kanäle (SC5COM)	03h	C5-Gerätesteuerung, Fernbedienung	-
		04h	KommunikationsINT (Rx) für 1k2 PR	-
		05h	KommunikationsINT (Rx) für 9k6 PR	-
3Ah	INT-Handler des BFBusses*		Ein Paket ist auf dem BFBus empfangen worden (gilt nicht für Tastenbetätigungen am Hörer)	
3Bh	Abschalt-Handler		Das C5 wird abgeschaltet (kein Watchdog mehr)	v0.12b
3Ch	Tastenbetätigung am Hörer*		*PARAM:* AL=Tastencode, AH= Betätigungszähler	v0.12b
3Dh	periodischer Handler (Timer)		keine Parameter, Aufruf alle 50ms (10Htz)	v0.17
3Eh				
3Fh				
40h bis 4Fh	Reserviert, siehe Text			

* → Wenn die Anwendersoftware den INT 3Ah benutzt, so ist zu bedenken, das Tastenbetätigungen nicht im INT 3Ah abgefangen werden können. Dafür muss die Software zusätzlich den INT 3Ch auf eine eigene Behandlungsroutine setzen.

Programmieranleitung

Eine Programmerstellung mit Hilfe der API-Funktionen ist ganz einfach. Zunächst muß man sich drüber im klaren ein, das im Speicher nur 30Kbyte Platz zur Verfügung stehen. Bei der Programmierung in einer Hochsprache ist dieser Platz sicher recht knapp.

Speichermodell

Als Speichermodell wird Tiny (oder das kleinst mögliche) gewählt. Das Programm benötigt am Beginn einen 16Byte-langen Header, der als erste 6 Zeichen „SC5PRG“ enthält. **Danach folgt ein Word, das die Speichergröße des Datensegmentes aufnimmt.** Dieses Segment befindet sich am Anfang des Programms und wird im vor dem Start in den Speicher kopiert, falls das Programm sich im Flash befindet. Die anderen 8 Zeichen sind beliebig und können für Namen, Versions- oder Prüfsummernkonstanten verwendet werden. Ab dem Offset 10h beginnt das SC5PRG. Das Programm wird immer so vom SC5BOS gestartet, das der Offset im Null beginnt. Die Segmentregister CS und DS zeigen beim Start auf das (gleiche) Programmsegment wenn das Programm sich im RAM befindet. Dadurch sind alle Variablen gleich verfügbar (kein „seg DATA“ etc.). Da zur Assemblierungszeit nicht feststeht, in welchem Segment das Programm geladen wird (kann ja auch in den Flash geschrieben werden), sind **alle Aufrufe** wie „mov ax, seg Var“ ungültig, da die Segmentkostanten zur Assemblierungszeit gesetzt werden.
Sehr große Programme (>64Kbyte), die nicht ohne FAR-Calls auskommen, müssen als „Executable“ compeliert werden und mit einem Programm „SC5-EXE-Loader“[*] für den passenden Flashspeicherbereich konvertiert werden. Das damit entstehende Image kann auch nur an die vorgegebene Stelle ins Flash geschrieben werden.

[*] Der SC5-EXE-Loader existiert noch nicht (bisher war kein Bedarf).

Aufruf von API-Funktionen

Das Application-Interface wird über den Interruptvektor 22h angesprochen. Die Funktionsnummer wird im AH-Register übergeben. Parameter sind funktionsspezifisch in anderen Registern zu übergeben. Durch den Aufruf des Int 22h wird das BX-Register **in jedem Fall zerstört** und je nach Funktion werden auch andere Register verändert. Am häufigsten wird das ES-Register von der API benutzt. Das DS-Register bleibt jedoch immer unangetastet. Eine genaue Übersicht und Einzelbeschreibung der API-Funktionen wird später der Dokumentation hinzugefügt.

Benutzen eines eigenen Handlers

Ein eigener Handler ist eine einfache Funktion, die mit einem FAR-Call endet. Da das DS-Register initialisiert wurde, gibt es im Grund nichts weiter zu beachten. Da beim PCP-Empfangs-Handler jedoch DS:[si] auf den empfangenen Block zeigt und ES auf das eigene Datensegment, muss hier der Programmierer aufpassen, nicht ins falsche Segment zu schreiben. Um einen Handler beim SC5BOS zu registrieren, wird einfach die API Funktion „setintvec“ mit der passenden Handler-Nummer verwendet . SC5BOS erkennt, das es sich um einen Handler handelt und speichert das ES-Register zusätzlich in dem Reservierten Bereich ab, der auf die Handlervektoren folgt. Bei jedem Handler-Aufruf stellt SC5BOS DS anhand dieses Bereiches wieder her. Diese Funktionalität hat einen Nachteil: Ein von einem anderen Programm belegter Handlervektor kann nicht einfach Temporär überschrieben und wiederhergestellt werden. Diese Funktionalität ist jedoch hoffentlich nicht nötig – eine Anwendung im C5 sollte z.B. immer einen eigenen PCP-Port benutzen. Auch mehrere um Tastatureingaben konkurrierende Programme werden hoffentlich nicht die Regel im C5!
Ein Handler wird mit der Funktion 0Bh „entferne Handler“ wieder sauber entfernt (incl. Datensegment-Wert).

Informationen zur C5-Hardware

In diesem Abschnitt ist in Stichpunkten zusammengetragen, was es so übers C5 als Entwickler wissen sollte. Leider lassen sich nicht besonders viele Informationen zur Technik des C-Netzes auffinden. Hier ist eine kleine aber gute Zusammenfassung:

http://www.e-online.de/sites/kom/0408091.htm

Aufgrund der kombinierten Daten- und Sprachübertragung gibt es auch in der C5-Hardware ein paar Besonderheiten (näheres siehe Codec-Signalweg).

Speicheraufteilung

Der Adressraum des NEC-Microcontrollers beträgt 1024kByte. Davon wird im C5 nur die unteren 64Kbyte und die obersten 256Kbyte (Originalsoftware, nach dem Umbau 512Kbyte) benutzt. Das C5 besitzt 32Kbyte statischen RAM an der Adresse 0000h bis 3FFFh. Hier befinden sich die Interruptvektortabelle des x86-kompatiblen NEC's, (1Kbyte) sowie beim Betrieb von SC5BOS ein weiteres KByte Daten. Die weiteren 30Kbyte sind vollständig durch Programme nutzbar, wenn der Stack im Internen RAM des NEC belassen wird. Ansonsten sollte an der oberen RAM-Grenze der Stack-Bereich nicht beschrieben werden. In dem Bereich von 4000h bis 7FFFh befinden sich verschiedene Speichereinblendungen:

- **C000h – CFFFh**: Host-Interface des DSP (Register an C101h, C202h usw.)
- **D000h – D001h**: Paralleler DAC für AFC und TXLEV_REF (Sendeleistung)
- **E000h – E01Fh**: Speichereinblendung auf Register des EP200 – welche genau was bewirken ist noch Forschungsarbeit. Der Autor bittet Jeden, der neue Infos zum EP200 hat, ihm Diese mitzuteilen.
- **FE00h – FEFFh**: Interner RAM des NEC-µC (der Bereich wird hier sowohl in der Originalsoftware, als auch bei SC5BOS eingeblendet, ist jedoch in 4K-Schritten wählbar)
- **FF00h – FFFFh**: Special-Function-Register des NEC-µC (Einblendung mit int. RAM gekoppelt)

Danach folgt erst mal eine Weile nix. Ab der Adresse 80000h ist dann der Flashrom eingeblendet. Glücklicherweise generiert der EP2000 sowohl /CS als auch /WE Signale für den Bereich von 80000h bis BFFFFh. Im C5 wäre eigentlich keine Veranlassung für ein solches Verhalten, da der EPROM erst ab Adresse C0000h benutzt wird (von 80000h bin BFFFFh spiegelt er sich).

Der EP200

Leider ist der GAL mit der Bezeichnung EP200 immer noch ein großes Rätsel für sich. Er ist gehört von seiner Funktion weder zur reinen „Glue-Logic" noch zur reinen Signalverarbeitung. Dieser Baustein vereinigt verschiedenste Funktionen in sich. Hier eine kurze Aufzählung:

- aus Quarzoszillator werden verschiedene Takt- und Clocksignale erzeugt: µC, Combo-Clock-Signale etc. (bis auf µC sind alle Signale ein-/abschaltbar)
- I²C realisieren.
- Bereitstellen von zusätzlichen I/O-Ports.
- „multiplexen" der zweiten seriellen Schnittstelle.
- C-Netz-Datenpakete (zwischen den komprimierten Audiodaten) herausfiltern und verarbeiten (hier wurde der DMA des NEC benutzt).
- ... (bestimmt noch mehr Features)

Laut Aussage eines nicht näher bekannten Insiders:
„...habe mit einem Entwickler vom FP100 ASIC (EP200 , Entwicklungsprojekt 2000) gesprochen. In diesem Baustein wird nur die Signalverarbeitung vom C-Netz gemacht. Als Komprimierung, Dekomprimierung, ausfiltern der Daten usw. aber keine NF Bearbeitung. Da von den IC nur 2 Schüsse gemacht wurden ist er Fehlerhaft und stürzt öfters ab. Diese Probleme wurden Softwaremäßig kompensiert." (Zitat Ende)

Clockgenerierung

folgt noch...

EP200-Ports

folgt noch...

Übersicht des Speichermapping

folgt noch...

Portfunktionen des NEC und des EP200

folgt noch...

Serielle Schnittstellen

Der NEC-Microcontroller verfügt über 2 unabhängige fullduplex UARTs die synchron oder asynchron betrieben werden können. An dem ersten Port (Ser0) ist im C5 der BFBus angeschlossen. Der zweite Port (Ser1) ist dagegen nur mit dem EP200 verbunden. Außerdem ist die CCData-Leitung des Kartenlesers mit der RXD-Leitung verbunden. Über Controlregister im EP200 kann die Benutzung von Ser1 gesteuert werden. Dabei kann bestimmt werden, ob die Schnittstellen an die V24-RXD, TXD Leitungen am SubD-Anschluß oder intern am Kartenleser betrieben werden. Ein Loopback durch den EP200 ist möglich (wird für die Kartenkommunikation auch benötigt) und wird zum Test der Schnittstelle verwendet (SC5BOS).

BFBus

Der BFBus ist ein serieller Eindraht-Bus, der den Telefonhörer und die Optionsbaugruppen mit dem C5-Grundgerät verbindet. Die Kommunikation erfolgt dabei paketbasiert, halb-duplex und bidirectional mit 19200baud 8N2 und TTL-Pegel (der inaktive Zustand ist High). Physikalisch ist der BFBus fest mit dem Seriellen Port 0 des NEC verbunden. Zur Kommunikation benötigt SC5BOS alle Ser0-Interrupt-Vekoren und zusätzlich den Timer0 im SingleShot-Mode.
Die Kollisionsvermeidung (da mehrere sendefähige Baugruppen) erfolgt durch einen einfachen Signalisierungsmechanismus: Die sendewillige Station signalisiert Ihren bevorstehende Bus-Benutzung mit dem Umschalten der BFBus-Leitung auf den aktiven Zustand (Low) für ca. 3-5ms. Alle anderen Baugruppen erkennen dies und halten die BFBus-Leitung ebenfalls auf Low. Die sendende Baugruppe (z.B. Höher) kann nach Umschalten auf den inaktiven Zustand erkennen, ob die Leitung weiterhin auf Low bleibt. Nachdem auch die anderen Baugruppen die Leitung wieder inaktiv geschaltet haben, beginnt die sendewillige Baugruppe (nach ca. 3-13ms) mit der Aussendung des (ersten) Paketes. Folgen noch weitere Pakete, so können diese in einem Zeitfenster auch ohne Bus-Request hinterhergesendet werden. Nach ca. 5ms erfolgt bei Bedarf vom Empfänger ein Antwort(ACK)-Paket. Das Zeitfenster für weitere Pakete beträgt ca. 10ms.

Jedes Paket ist nach folgenden Schema aufgebaut:

Absenderadresse	Empfängeradresse	Länge Paket	Nutzdaten (Länge-4 Bytes)	XOR Prüfsumme

Folgende Nutzdaten kann der Hörer zum Grundgerät schicken:

- **2Eh, 01h, Key** (Key enthält den Tastencode, beim Loslassen der Taste +80h)
- **2Fh, S01, S02, S03, S04** (S0x = Antwort auf 0Fh, enthält u.a. Status den Reed-Kontakts)

Die Nutzdaten, die das Grundgerät zum Hörer schicken kann, sind wie folgt aufgebaut:
Das erste Datenbyte ist ein Kommando. Danach folgen mit variabler Länge die Parameter zu einem Kommando.
Folgende Kommandos werden vom Hörer unterstützt:

- **02h** - Textausgabe, es werden die folgenden 16 ASCII-Zeichen im Display dargestellt (s. Zeichentab.)
- **06h** - Symbolanzeige, mit 7 Steuer-Bytes werden die Symbole im Display ein, aus oder blinkend geschaltet
- **07h** - Einstellung, mit einem Steuerbyte werden Licht, Hörkapsel aus/ein, Mikrofon-Auswahl und die Hörerlautstärke gesteuert
- **08h** - Töne/Klingeln ausgeben, durch 6 Bytes wird eine Tonsequenz über den „Piepser“ ausgegeben.
- **0Fh** - Version/Statusabfrage, keine näheren Infos ☹
- **10h** - Bestätigung (ACK) senden, keine Parameter

Typ 06h: Display-Symbole

Bsp	Beschreibung	Details (Bits)
00h	Absender	
1Ah	Empfänger (Hörer)	
0Ch	Länge 12 Bytes	
06h	Typ 6 Paket	
00h	Display-Symbole	1=Schlüssel, 2=Pfeil heraus, 4=Pfeil hinein, 8=Lautsprecher, 16=Hörer, 32=Kreis
01h	Display-Balken	1=S-Rahmen, 2=S1, 4=S2, 8=S3, 16=S4, 32=S5, 64=TAE-Rahmen, 128=TAE-Symbol
00h	???	
20h	Display-Symbole blinkend	1=Schlüssel, 2=Pfeil heraus, 4=Pfeil hinein, 8=Lautsprecher, 16=Hörer, 32=Kreis, Rest=???
01h	Display-Balken blinkend	1=S-Rahmen, 2=S1, 4=S2, 8=S3, 16=S4, 32=S5, 64=TAE-Rahmen, 128=TAE-Symbol
00h	???	
00h	???	1=komplettes Display blinkt
30h	Prüfsumme	

Typ 07h: Einstellungen

Bsp	Beschreibung	Details (Bits)
00h	Absender	
1Ah	Empfänger (Hörer)	
06h	Länge 6 Bytes	
07h	Typ 7 Paket	
71h	Einstellungen am Hörer	1=Licht ein, 2=Hörkapsel ein, 4=Mikro ein, 8=Auswahl Freisprech-Mikro, 16, 32, 64=Hörerlautstärke (8 Stufen)
6Ah	Prüfsumme	

Typ 08h: Tonerzeugung

Bsp	Beschreibung	Details (Bits)
00h	Absender	
1Ah	Empfänger (Hörer)	
0Bh	Länge 11 Bytes	
08h	Typ 8 Paket	
C1h	Tonhöhe 1	Bei Tonhöhe2=0x4F ist Periodendauer des Tons T=(256-Tonhöhe1)*8,138µs
4Fh	Tonhöhe 2	???
0Fh	Tonlänge	
01h	Pausenlänge	
01h	Tonanzahl	
13h	Steuerbits	1=Ton ein, 2=Single shot, 4=???, 8=Portamento, 16=Tastenklick, 32=leiser Beep
8Bh	Prüfsumme	

Typ 2Eh: Tastencode

Bsp	Beschreibung	Details (Bits)
1Ah	Absender BT	
00h	Empfänger GG	
07h	Länge 7 Bytes	
2Eh	Typ 2Eh Paket	
01h	???	
30h	Tastencode	Beim Loslassen einer Taste wird der Tastencode plus 80h gesendet.
02h	Prüfsumme	

Die (Tasten-)Nachricht muss vom Grundgerät mit dem ACK-Paket (Typ 10h) bestätigt werden, ansonsten wird sie automatisch nach einigen Millisekunden wiederholt.

Kartenleser

Der Kartenleser ist mit CC_Clock und CC_Data an den EP200 angeschlossen. Wahrscheinlich erzeugt der EP200 analog zum I²C-Bus das Clocksignal automatisch, wenn Daten gesendet oder ausgelesen werden. Die Kommunikation mit der Karte erfolgt dabei in der Originalsoftware mit 9600baud über Ser1. Daher ist auch CC_Data physikalisch mit RXD1 verbunden.
Weitere Nachforschungen werden später noch vorgenommen. Ziel: Einfache Benutzung einer Standart-Speicherkarte (E²Prom) als transportable und am PC editierbare Frequenzspeicherablage.

externe Schnittstelle

Die externen Leitungen V24-RXD und V24-TXD können durch den EP200 mit Ser1 verbunden werden. Dadurch ist es möglich ohne Umbau bei geschlossenem Gerät Daten zu transportieren. In der Originalsoftware wurden im Servicebetrieb Meldungen mit 19200baud ausgegeben. SC5BOS nutzt diese Schnittstelle jedoch viel intensiver und stellt eine PCP-Kommunikation mit bis zu 57600baud bereit. Eine höhere Standartbaudrate (115k2) ist aufgrund der Taktfrequenz von 4.032MHz des NEC nicht machbar, da es dafür keine ganzen Teiler mehr gibt. Die V24-Leitungen haben jedoch einen entschiedenen Nachteil: Sie führen nur ein TTL-Signal (5V – 0V). Eine PC-RS232-Schnittstelle benötigt jedoch ein Signal mit rund ±10V. Daher ist ein einfacher Pegelwandler wie z.B. ein Max232A oder Max202 (viele Typen) nötig. Die Flusskontrollsignale V24-CTS, V24-RTS werden nicht benutzt, um keine zusätzliche Konkurrenz für den I²C-Bus (Signale gleich I²C-Clock und -Data) darzustellen.

I²C-Bus und Slave-IC's

Der I²C-Bus wird komplett durch den EP200 gesteuert. Er stellt 2 byte-große Register die an den Adressen 0E002h und 0E003h eingeblendet sind (MemoryMapped-I/O).
An 0E002h werden die Datenbytes des I²C-Busses geschrieben (oder ausgelesen), während an 0E003h Controlbits die Übertragung steuern und einen Status der Übertragung beinhalten.
Die I²C-Bus-Benutzung funktionier jedoch erst, nachdem der EP200 initialisiert worden ist. Welches Controlbit dabei die Clocksignalgenerierung für die Ausgabe einschaltet liegt leider noch im Dunkeln. SC5BOS initialisiert den EP200 nach dem Reset (so wie Originalsoftware) so, das I²C funktioniert. Ist I²C erst mal aktiv, wird mit jedem Schreibzugriff auf das Datenregister das geschriebene Byte (+ 9tes Bit) auf den Bus geshiftet. Das 9te Byte stellt bei I²C-Übertragungen das ACK-Bit dar. Weitere Infos zu I²C bitte aus Datenblättern o. ä. herausnehmen.

I²C-Controlregister

Damit eine korrekte Übertragung getätigt werden kann, muss der EP200 verschiedene Conditions auf dem I²C-Bus erzeugen können. Es handelt sich dabei um die im I²C-Protokoll spezifizierten Start- und Stop-Conditions. Auch fehlt im Datenregister noch das 9te Bit (Acknowledge). Daher existieren im Controlregister folgende Bits:

Bit0: "1" erzeuge Start-Condition (SDA H->L, bei SCL = H).
"0" keine Start-Condition (SDA, SCL werden beim Start einen Clock-Zyklus auf LOW gesetzt).
Bit1: "1" erzeuge Stop-Condition (SDA L->H, bei SCL = H).
"0" keine Stop-Condition (SDA, SCL werden nach dem 9ten Bit auf LOW gesetzt).
Bit2: "1" ACK = HIGH : Nicht bestätigen oder Slave bestätigt.
"0" ACK = LOW : Slave bestätigen (beim Daten-Einlesen)

Damit die Programmroutine weiß, wann ein ins Datenregister geschriebenes Byte vollständig herausgeschiftet ist, existier im Controlregister ein Busy-Flag (Bit 3), das solange HIGH bleibt, wie der EP200 das Datum herausshiftet. Das Bit 2 (Acknowledge) scheint beim Auslesen den Zustande der Datenleitung SDA zu beinhalten. Damit kann detektiert werden, ob ein Slave das Datum bestätigt hat.

Folgende Bitkombinationen für das Controlregister sind üblich:
TX:
05 101 Erstes Zeichen an Slave, Slave bestätigt mit ACK->L
04 100 ein weiteres Zeichen wird gesendet,
06 110 Das letzte Zeichen wird gesendet, Slave bestätigt mit ACK->L oder I²C-Reset
RX:
00 000 Ein Zeichen wird empfangen und vom Master bestätigt
06 110 Das letzte Zeichen wird vom Master empfangen und NICHT bestätigt

I²C-Timing

Die Pulslänge eines Clock-Signals auf der SCL-Leitung liegt bei 15,4µs (High =7,5µs, Werte gemessen). Die Zeit von der ersten steigenden Flanke bis zu letzten entspricht rund 123,2µs. Eine Ausgabe eines Bytes mit Start- und Stop-Condition beträgt rund 162,4µs. Das Timing ist somit für normale I²C-IC's völlig unkritisch und liegt bei ca. der halben Frequenz, die als obere Grenze bei den in C5 eingesetzten IC's spezifiziert ist.

I²C-Bausteine im C5

Im C5 sind 3 Bausteine mit über den I²C-Bus an den EP200 angeschlossen:

- die PLL („TBB200" od. „Zarlink NJ88C33")
- der kombinierte AD/DA-Wandler PCF8591 von Philips
- ein E²Prom 24C02 mit 256Byte Speicher

Mit der PLL und dem AD/DA-Wandler klappt die Kommunikation hervorragend. Mit dem E²Prom ist noch nicht so viel anzufangen, hier muss noch einmal das s.g. „Acknowledge-Polling" überprüft werden – erste Test waren lieferten recht merkwürdige Ergebnisse (nur 4 statt max. 16Byte beim PageWrite geschafft etc.).

PLL
Die PLL arbeitet im double Modulus Betrieb mit einem Vorteiler-IC mit Frequnez/64 und Frequenz/65. Die Referenzfrequenzquelle liegt im Empfänger des C5, liefert 14,85MHz und ist über den PCF8591 justierbar. Um ein Raster von 12,5kHz zu bekommen, wird der Referenzteiler (RCounter) auf 1188 gesetzt. Der Gesamtteiler des Systems muss jetzt so gesetzt werden, das die gewünschte Oszillatorfrequenz / Gesamtteiler = 12,5kHz ergibt. Dieser Teiler (Counter) muss nun so „zerlegt" werden, das A- und N-Counter entstehen. Es gibt mehrere Möglichkeiten dafür. die einfachste: Der N-Counter = Counter DIV 64, falls Counter MOD 64 > 0, sonst N-Counter = Counter DIV 64 – 1. Der A-Counter = Counter MOD 64, falls Counter MOD 64 > 0, sonst A-Counter = 64.
Natürlich muss die PLL auch initialisiert werden (Status, im C5 = 7Eh). Einfach Datenblatt einsehen.

AD/DA-Wandler
Der Wandler ist weiter nichts Besonderes: Ein Lesezugriff befördert ein Byte aus dem internen Datenregister des Wandlers nach Draußen. Mit Schreibzugriffe können der Wandlungsmodus, die Kanalverschaltungen, der als nächstes zu wandelnde Kanal oder der Ausgabewert verändert werden. Einfach Datenblatt einsehen.

Motorola DSP 56001 / 56002

Der Motorola DSP 56001 ist ein inzwischen veralteter „klassischer" digitaler Signalprozessor mit 24bit-Festkomma-Arithmetik. Er verfügt über 512Wörter Programmspeicher und 2 mal 256Wörter Datenspeicher (X, Y). Auch hat er eine 256Wörter große Sinustabelle mit an Board. (Jedes Word hat natürlich 24Bit.)
Externen Speicher oder ROM wurde im C5 nicht angeschlossen. Programme und Daten bekommt der DSP über das Host-Interface (HI), einem parallelem 8bit breiten High-Speed-Port, der mit dem EP200 verbunden ist. Der NEC kann den HI über eine Speichereinblendung erreichen und erhält zusätzlich noch ein INT-Signal vom DSP. Seine eigentlichen Daten bekommt der DSP über seine beiden SPI-Schnittstellen an denen je ein Audio-PCM-Codec angeschlossen ist. Die Taktung des SPI-Busses und der Codecs übernimmt dabei der EP200, im DSP sind nur die beiden RX-Ints zu behandeln.

Host-Interface

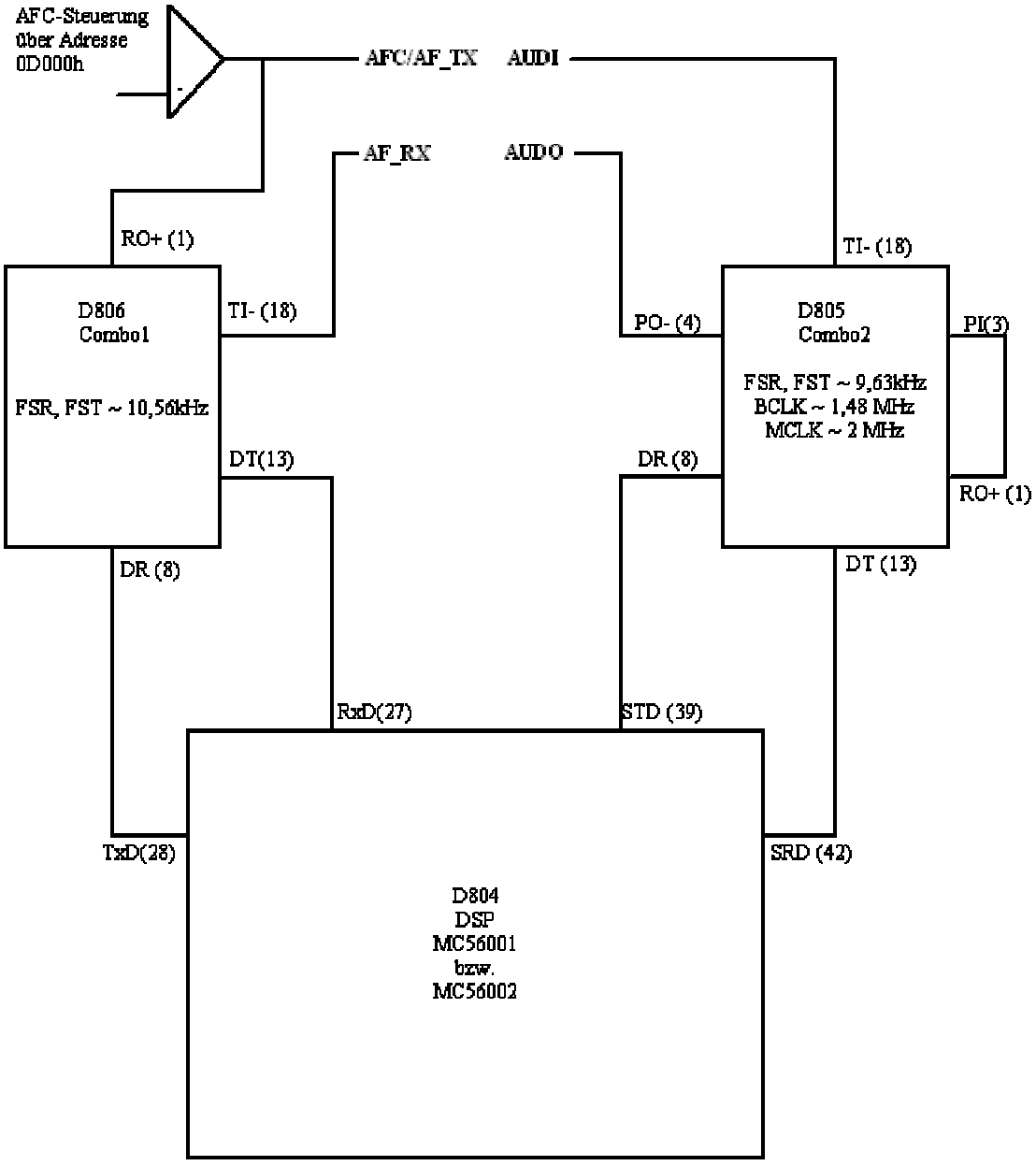
in Arbeit.

SPI-Ports

in Arbeit.

Der Codec-Signalweg

Aufgrund der kombinierten analogen Sprach- und digitalen Datenübertragung ergeben sich Unterschiede zwischen dem AF-Codec-Teil (an Modulator / Empfänger angeschlossen) und dem NF-Codec-Teil. Die beiden an sich gleichen MC145480-PCM-Codecs werden mit unterschiedlichen Samplingraten betrieben (siehe Bild). Damit wurde die Sprache einfach durch Pufferung im DSP komprimiert. Weiterhin hat der DSP die Sprachverschleierung (Invertierung) vorgenommen und sicher auch DTMF-Töne erzeugt.



Zeichensatz des Standard-Hörers

Der Hörer des C5 verfügt nicht über einen kompletten ASCII- oder erweiterten ASCII-Zeichensatz. Es können daher nur folgende Zeichen (20h bis 91h) dargestellt werden:

	2xh	3xh	4xh	5xh	6xh	7xh	8xh	9xh
x0h		0	@	P	`	p	Ä	↵
x1h	!	1	A	Q	a	q	Ö	..
x2h	"	2	B	R	b	r	Ü	
x3h	#	3	C	S	c	s	ä	
x4h	$	4	D	T	d	t	ö	
x5h	%	5	E	U	e	u	ü	
x5h	&	6	F	V	f	v	ß	
x7h	'	7	G	W	g	w	→	
x8h	(	8	H	X	h	x	←	
x9h	)	9	I	Y	i	y	↑	
xAh	*	:	J	Z	j	z	↓	
xBh	+	;	K	[	k	{		
xCh	,	<	L	\	l	|	▶	
xDh	-	=	M	]	m	}	◀	
xEh	.	>	N	^	n	~	▲	
xFh	/	?	O	_	o		▼	

In wieweit eigene Zeichendefinitionen in den Hörer geladen werden können steht nicht fest. Wahrscheinlich geht so etwas nicht. Zeichen mit Nummern unter 20h (0 bis 31) werden vom Hörer ignoriert – der Rest des Textes rückt einfach nach. Alle Zeichen mit Nummer größer 91h sind ebenfalls '..' (horizontaler Doppelpunkt). Das Zeichen 8Bh stellt das Netzstecker-Symbol dar. das Zeichen 90h ist ein solcher Return, der Pfeil beginnt jedoch von unten (an x-Achse gespiegelt).

Tastaturcode des Standard-Hörers

Taste	Code	ASCII	Taste	Code	ASCII
0	30h	'0'	*	2Ah	'*'
1	31h	'1'	#	23h	'#'
2	32h	'2'	C	3Ah	':'
3	33h	'3'	.	3Bh	';'
4	34h	'4'	..	3Ch	'<'
5	35h	'5'	◀	4Bh	'K'
6	36h	'6'	▶	21h	'!'
7	37h	'7'	▲	3Fh	'?'
8	38h	'8'	▼	3Dh	'='
9	39h	'9'	(	3Eh	'>'
			Kontakt	48h	'H'

SC5BOS erzeugt für die ⦿-Taste (On/Off) zusätzlich noch den Tastencode **27h** beim Loslassen dieser Taste (natürlich nur wenn sie nicht zu lange gedrückt wurde und das Telefon abschaltet). Jedoch gibt es kein BFBus-Paket dafür, der Tastencode wird nur dem Tastaturhandler übergeben.