Technische Universität Wien

DIPLOMARBEIT

AUTONOM III: Spracherkennung

ausgeführt am

Institut für allgemeine Elektrotechnik und Elektronik
der Technischen Universität Wien,
Abteilung für Angewandte Elektronik,
Leiter Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. F. Seifert

unter Anleitung von

Dipl.-Ing. Christian Flachberger
Wiss.Ma. Dipl.-Ing. Paul Panek
Univ. Ass. Dipl.-Ing. Dr.techn. W. Zagler

durch

Gerhard Loidolt
Matr.Nr.: 8626111
Wiener Neustädter Straße 50c/8/3, 2490 Ebenfurth

Ebenfurth, im Mai 1995

Danksagung

Ich möchte meiner Freundin Ingrid Landl für ihre moralische Unterstützung danken.

Mein Dank gilt auch der Fa. AKG für die kostenlose Bereitstellung eines Mikrofons und eines Lautsprechers, die für den praktischen Teil meiner Arbeit nötig waren.

Weiters der Fa. Siemens für die Bereitstellung der NNSR Prototypen.

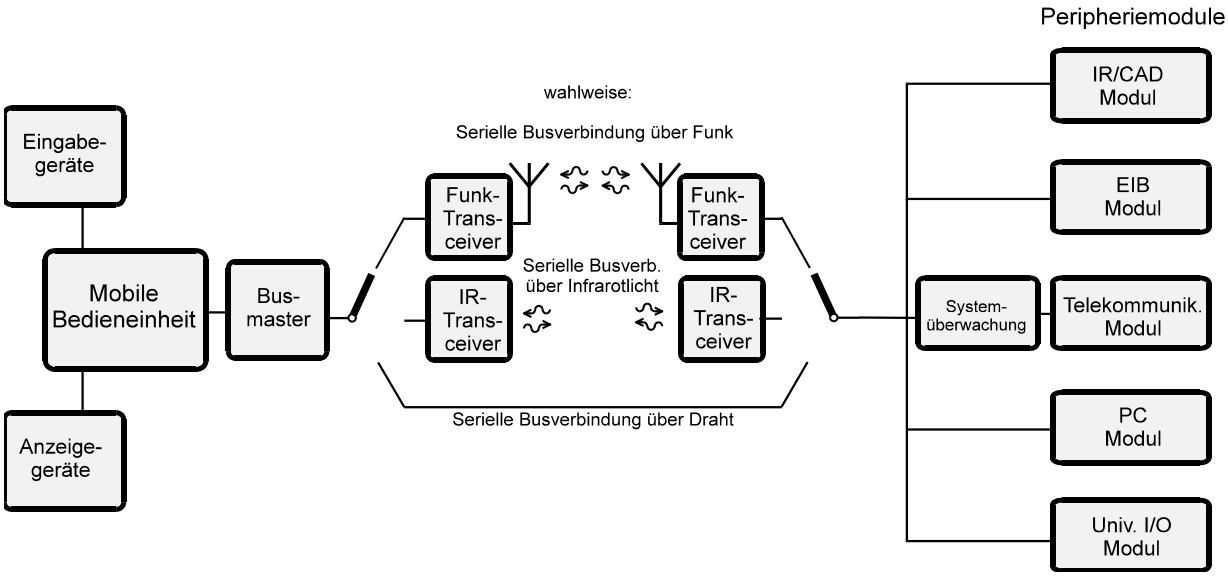
Herrn Dipl.-Ing. Christian Flachberger, Herrn Dipl-Ing. Jürgen Demuth, Herrn Dipl.-Ing. Paul Panek, Herrn Dipl-Ing. Dr. techn. Wolfgang Zagler sowie allen Mitarbeitern der Arbeitsgruppe *fortec* möchte ich für ihre Unterstützung bei Problemen und die gute Zusammenarbeit danken.

Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG

Es wurde eine Spracherkennung gebaut, die in das AUTONOM Projekt eingebunden werden kann, aber auch als eigenständiges Gerät funktioniert.
Das technische Assistenz-System AUTONOM soll Menschen mit Behinderungen im Alltagsleben zu Hause mehr Handlungsfreiheit, Unabhängigkeit, Selbstbestimmung und Lebensqualität ermöglichen. AUTONOM ist als Baukastensystem konzipiert. Das heißt, man kann aus einem Set genau jene Funktionen auswählen, die den Bedürfnissen des Benutzers entsprechen.

Das AUTONOM - Baukastensystem



Die Spracherkennung ermöglicht es, mit Sprachkommandos elektrische Verbraucher zu steuern. Im Inselbetrieb können bis zu 8 verschiedene Steckdosen geschaltet werden. Eine detaillierte Aufgabenstellung ist in Kapitel 2 nachzulesen. Realisiert wurde die Spracherkennung mit einem Spracherkennungsbaustein von Siemens, der von einem 80C537 Mikrokontroller als Hostprozessor angesteuert wird.

Kapitel 1, Grundlagen,

gibt einen Überblick über mögliche Zielgruppen von AUTONOM III, über technische Hilfsmittel, die bisher zur Verfügung standen, und stellt AUTONOM in groben Zügen vor.

Kapitel 2, Aufgabenstellung und Ergebnis,

beschreibt die Aufgabenstellung, die Auswahl einer Spracherkennung und des Host Prozessors und zieht eine Billanz über den Prototyp und das fertige Gerät.

Kapitel 3, Der Prototyp des Spracherkennungsbaustein von Siemens,

erläutert den Prototyp des Spracherkennungsbausteins der Fa. Siemens. Es werden das Host Interface, die Befehle und die Bedienung des Prototyps erklärt.

Kapitel 4, Aufbau einer Spracherkennung mit dem Prototyp von Siemens,

Der Prototyp des NNSR wird von einem PC angesteuert. Die Ergebnisse der Erkennung werden wieder an den PC zurückgeliefert und auf dem Bildschirm angezeigt. Das Programm wurde in Turbo Pascal geschrieben. Ein Listing dieses Programms findet sich in Anhang A. Die Vebindung mit dem Versuchsaufbau erfolgte über die serielle Schnittstelle des PC (Com 1). Der Versuchsaufbau wurde auf einem Steckbrett installiert.

Kapitel 5, Der Spracherkennungsbaustein von Siemens,

erläutert die Architektur und die Funktionsweise des Serienbauteils

Kapitel 6, Aufbau einer Spracherkennung mit dem NNSR

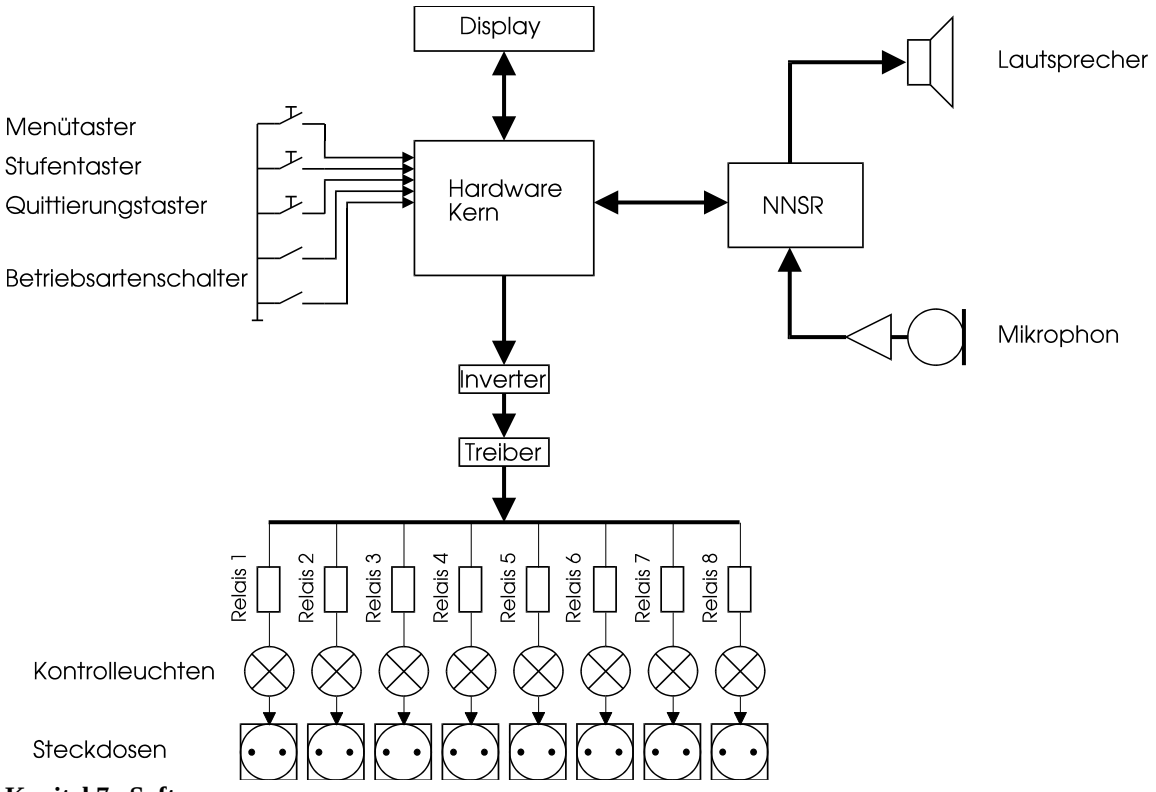
Zur Ansteuerung der Peripheriegeräte wurde der Hardware-Kern von AUTONOM verwendet, da diese Platine bereits für andere AUTONOM-Anwendungen benutzt wird und leicht für diesen Zweck adaptierbar ist.

Das Gerät besteht aus 2 Einheiten :

- Steuermodul
- Schaltmodul

Das Steuermodul ist in ein Aluminiumgehäuse in Eurokartengröße eingebaut. Der Lautsprecher befindet sich im Gehäuse des Steuermoduls.
Für das Schaltmodul kam ein Doppelseitiger Kabelkanal der Fa. Legrand zur Verwendung. In diesem Kabelkanal befindet sich ein Netzgerät zur Spannungsversorgung des Steuermoduls und der Relais, weiters die 8 Kontrolleuchten, die 8 Steckdosen, die 8 Relais und der Hauptschalter.

Blockschaltbild der Spracherkennung



Kapitel 7, Software

Hier wird in groben Zügen der Ablauf des Programms erklärt. (Listing siehe Anhang A). Das Programm wurde in der Programmiersprache Assembler geschrieben und auf dem iceMASTER Emulator der Fa. MetaLink getestet.
Es besteht aus 3 Hauptgruppen (siehe Kapitel 8):

- Betriebsmodus (MAIN_PROG)
- Programmiermodus (PROG)
- RS 232 Modus (RS232)

Kapitel 8, Bedienung des Gerätes

Dieses Kapitel ist als Bedienungsanleitung für Benutzer ohne technische Vorkenntnisse gedacht. Sie sollten damit in der Lage sein, das Gerät, in kürzester Zeit selbständig zu bedienen.
Für genauere Informationen stehen die Kapitel 5,6,7,10 und 11 zur Verfügung.

Kapitel 9 Literaturverzeichnis

Kapitel 10, Anhang A,

beinhaltet ein Listing der Programme

Kapitel 11, Anhang B,

enthält die Schaltpläne, das Layout, den Bohrplan und eine Fotografie des Geräts.

1. Grundlagen

1.1 Technische Hilfsmittel

Dieser Absatz gibt einen kurzen Überblick über mögliche technische Hilfsmittel für Menschen mit Bewegungs- und Mehrfachbehinderung. Genaueres findet sich in [9].

Technische Hilfsmittel sind u.a. :

- Fernsteuersysteme
- Spezialtastaturen
- Alternative Eingabegeräte und -verfahren

Beispiele Fernsteuersysteme:

- Infrarot und Trägerfrequenz Fernbedienung (CAD Fa. Legrand)
- James Infrarot Fernsteuerung
- Servo Link für Rollstuhlfahrer

Spezialtastaturen:

- Vergrößerte Tasten
- Tasten mit Lochmasken
- Tasten mit Verzögerung als Schutz gegen Mehrfachanschläge
- Tastaturen,die notwendige gleichzeitige Tastenbetätigungen in Einzelanschläge auflösen
- Spezielle Anordnung der Tasten
- Einhandtastaturen
- Tastaturen mit Sensortasten

Alternative Eingabegeräte und -verfahren:

- Saug-Blas-Schalter
- Zungenschalter
- Lidschlag-Schalter
- optische Pointer Systeme
- Spracheingabe (Gegenstand dieser Diplomarbeit)

1.2 Mögliche Zielgruppen für eine Sprachsteuerung (siehe auch [9] und [23])

Denkbar sind folgende Zielgruppen:

- Immobile Menschen
- Menschen mit Schwierigkeiten, technische Geräte mit komplexer Bedienung zu handhaben.

Immobile Menschen

Gründe für diese Immobilität können sein:

- Wirbelverletzungen, die nicht operativ stabilisiert sind
- Wirbelverletzungen, die nicht belastet werden dürfen
- andere Verletzungen, die nicht belastet werden dürfen
- schlechter Allgemeinzustand
- interne Erkrankungen
- Schwangerschaften, bei denen absolute Bettruhe gehalten werden muß

Gerade auch bei vorübergehender Immobilität ließe sich AUTONOM III gut einsetzen, da das System ohne großen Installationsaufwand schnell an die jeweilige Situation angepaßt werden kann.

Menschen mit Schwierigkeiten, technische Geräte mit komplexer Bedienung zu handhaben

Gründe für diese Schwierigkeiten können sein:

- Fehlen von Extremitäten
- Fehlende, unzureichende oder unkoordinierte Bewegungsmöglichkeit von Körperteilen
- Bewegungsausfälle oder Bewegungsstörungen infolge neurologischer Ursachen
- fortgeschrittenes Alter
- geistige Behinderung

Es könnten auch komplexere Steuerabläufe, durch ein einziges Sprachkommando abgewickelt werden. Für diese Steueraufgaben müßte die Spracherkennung speziell auf das jeweilige Gerät zugeschnitten werden.
Ein einfaches Beispiel wäre das Ersetzen der Fernbedienung eines Fernsehgerätes.
.

1.3 AUTONOM [28], [29]

In diesem Absatz soll das AUTONOM Projekt kurz vorgestellt werden, da die Spracherkennung nur ein Teilaspekt dieser Umfeldsteuerung ist.

1.3.1 Wie entstand das Konzept AUTONOM ?

Das technische Assistenz-System AUTONOM soll Menschen mit Behinderungen im Alltagsleben zu Hause mehr Handlungsfreiheit, Unabhängigkeit, Selbstbestimmung und Lebensqualität ermöglichen. Um dieses Ziel zu erreichen, ist eine eingehende Betrachtung der Bedürfnisse dieser Menschen erforderlich.

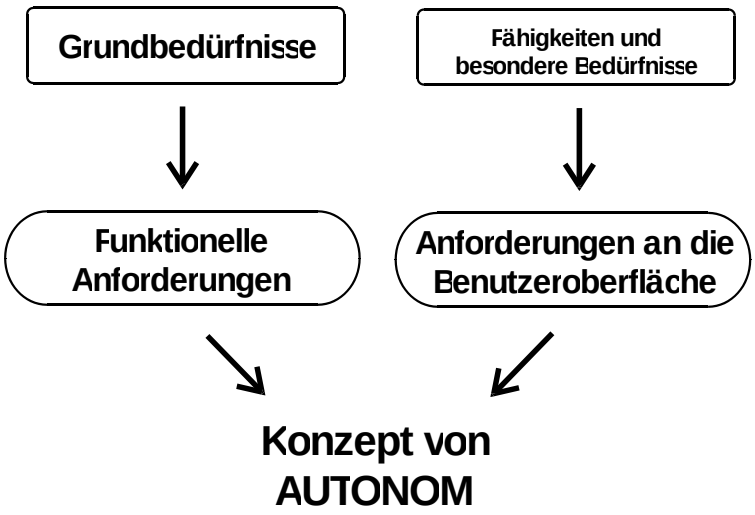


Abbildung 1.1 Das Konzept von AUTONOM

Zwei grundlegende Fragen sind von Bedeutung:
- Was soll so ein technisches Assistenzsystem alles können?
- Wie muß das technische Assistenzsystem gestaltet sein, um von Menschen mit verschiedenen Behinderungen und Kombinationen von Behinderungen optimal verwendet werden zu können.

Die Betrachtung der ersten Frage gibt Aufschluß über die funktionellen Anforderungen an das Assistenzsystem, die zweite Frage über die Anforderungen an die Benutzeroberfläche.
Funktionelle Anforderungen und Anforderungen an die Benutzeroberfläche sind gewissermaßen die beiden Standbeine des Konzeptes von AUTONOM (Abbildung 1.1).

1.3.2 Das Baukastensystem

Bevor näher auf die verschiedenen Funktionen von AUTONOM eingegangen wird, soll hier ein kurzer Überblick über das gesamte System gegeben werden.
AUTONOM ist als Baukastensystem konzipiert. Das heißt, man kann aus einem Set genau jene Funktionen und auch genau jene Bedienelemente auswählen, die exakt den Bedürfnissen des Benutzers entsprechen. Das System kann jederzeit erweitert, angepaßt und auch vereinfacht werden. Abbildung 1.2 gibt einen Überblick über das System.
Auf der linken Seite ist die **Bedieneinheit** dargestellt. Sie dient dem Benutzer als „Kommandozentrale“ für das ganze System. Sie ist mobil und kann bei Bedarf auf einem Rollstuhl mitgeführt werden. An die Bedieneinheit können verschiedene Eingabegeräte wie Spezialschalter (vergrößerte Taster, Lidschlagschalter, Saug/Blasschalter etc.), Zeigegeräte (Maus, Trackball, Touchscreen) oder auch Spracheingabe (Thema dieser Arbeit) angeschlossen werden. Zur Ausgabe an den Benutzer können verschiedene Ausgabegeräte wie CRT-Schirme, LCD-Schirme, Klanggeneratoren oder Sprachausgabe verwendet werden.

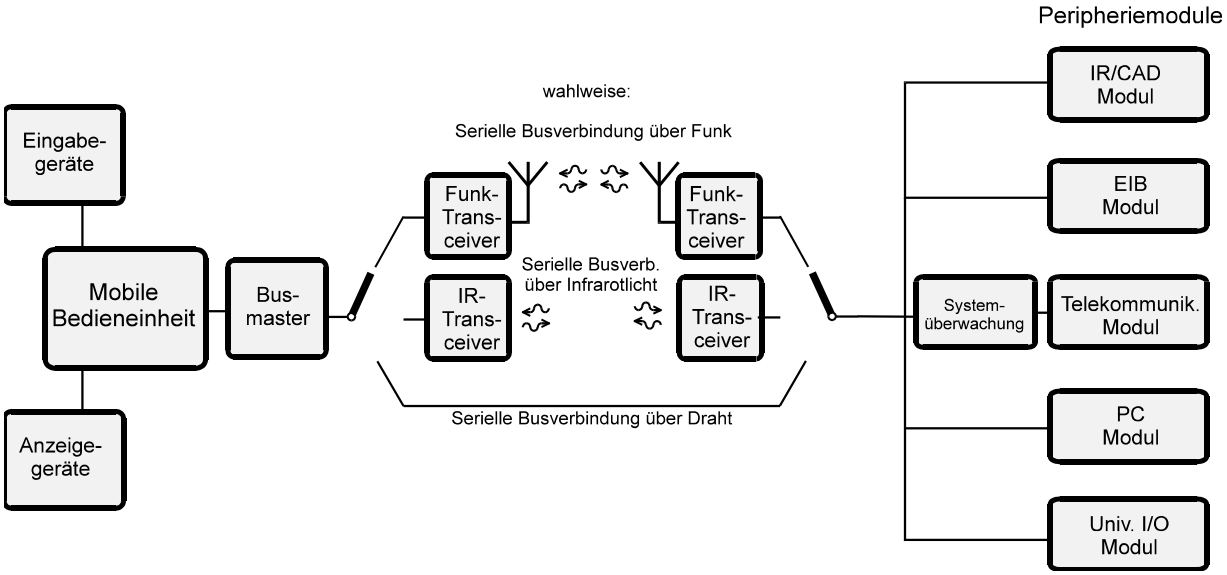


Abbildung 1.2 Das AUTONOM - Baukastensystem

Auf der rechten Seite von Abbildung 1.2 sind verschiedene **Peripheriemodule** dargestellt. Diese Bausteine sind für die Ausführung der Funktionen des Systems zuständig. Beispiele sind: Ein Modul zur Ansteuerung der Gegensprechanlage, ein Modul zur Ansteuerung des Telefons mit integrierter Notruffunktion, ein Modul zur Fernsteuerung verschiedener Geräte mittels Infrarotsignalen, ein Modul zum Anschluß an ein Installationsbussystem (EIB), ein Modul zur Ansteuerung eines Computers durch Emulation von Tastatur und Maus etc.
Die **Verbindung** zwischen der mobilen Bedieneinheit und den Peripheriemodulen kann im einfachsten Fall über ein Kabel erfolgen, ist aber auch über Infrarot- oder Funksignale möglich.

1.3.3 Funktionen von AUTONOM

Die grundlegenden Funktionen umfassen die Bereiche Kommunikation, Steuerung von Geräten, Sicherheit und Computeranwendung. Um einen raschen Überblick zu geben, werden sie im folgenden schlagwortartig erläutert.

Kommunikation

- Bildsymbolkommunikation (z. B. BLISS)
- Sprachsynthese
- Benutzung von Telefon, Gegensprechanlage,..

Steuerung von Geräten

- Fernsteuerung von HiFi/TV/Video, Beleuchtung, Jalousien, Heizung,..
- Rollstuhlsteuerung
- Steuerung von Hilfsmitteln basierend auf Robotertechnologie
- Anbindung an Installationsbussysteme

Sicherheitsfunktionen

- Telefonnotruf, Totmanneinrichtung
- Verwendung von Gegensprechanlage
- Fernsteuerung des Torschlosses

Computeranwendung

Emulation von Tastatur und Maus

- Lesen elektronischer Bücher
- Verwendung von interaktiver Schulsoftware
- Teleshopping, Telebanking, Telebooking
- Korrespondenz, persönliche Notizen, Spiele, ...

1.3.4 Die Benutzeroberfläche

Die Benutzeroberfläche muß indiviuell auf den jeweiligen Benutzer zugeschnitten werden können. Verschiedene Eingabegeräte und Selektionsverfahren (scanning, zeigen, ...) müssen zu Verfügung stehen.
Grundsätzlich ist die Benutzeroberfläche von AUTONOM ähnlich einer üblichen modernen Oberfläche aufgebaut. Sie besteht ebenfalls aus Menüs, die eine Art von Icons enthalten. Icons sind grafische Symbole mit einer zugeordneten Funktion. (z. B. einem Kommando, das ausgeführt wird).
Damit mehrfachbehinderte Menschen optimal unterstützt werden könnnen, müssen in das System integrierte Geräte, Funktionen und auch Meldungen (wie z. B. „Achtung: das Telefon läutet“) in einer multimodalen Form präsentiert werden. Das heißt sie können dem Benutzer nicht nur über grafische Symbole, sondern auch über Text, Klänge oder gesprochene Sprache angezeigt werden.
Da die Bedürfnisse extrem individuell sind, ist ein Konfigurationsprogramm Bestandteil des AUTONOM-Systems, das den Aufbau völlig individueller Benutzeroberflächen gestattet. Das Konfigurationsprogramm läuft unter MS-Windows, ist leicht zu bedienen und ermöglicht Therapeutinnen, Therapeuten und anderen Personen mit guter Kenntnis des Benutzers die Erstellung und Adaptierung der Benutzeroberfläche. Dies geschieht durch Erzeugen von Menüs, Plazieren von grafischen Symbolen, Auswählen und Zuordnen von Befehlen, Klängen oder Textelementen usw.

Ein leistungsfähiges technisches Assistenzsystem wie AUTONOM erfordert ein gewisses Maß an Training und Schulung des Benutzers. Die unkomplizierte aber effiziente Möglichkeit zur flexiblen Gestaltung der Oberfläche von AUTONOM ermöglicht einen pädagogischen Aufbau des Trainingsprogrammes: Es kann mit einer sehr einfachen Oberfläche begonnen werden, mit zunehmender Erfahrung des Benutzers können laufend weitere Funktionen hinzugefügt werden. Dadurch wird auch die Integration in Therapieprogramme optimal unterstützt.

1.3.5 Menschen mit Mehrfachbehinderung

Das AUTONOM-System ist für Menschen mit Bewegungs- und Mehrfachbehinderung ausgelegt. Wie werden mehrfachbehinderte Menschen unterstützt?

- **Menschen mit zusätzlicher Sehbehinderung**
  werden durch die Möglichkeit einer vergrößerten Darstellung der Icons bis hin zur bildschirmfüllenden, kontrastreichen Darstellung eines einzelnen Icons unterstützt. Für blinde Menschen kann eine komplette akustische Oberfläche aufgebaut werden.
- **Menschen mit zusätzlicher geistiger Behinderung**
  werden durch die Möglichkeit des Aufbaus vereinfachter Menüs und durch Icons mit kompletten in sich abgeschlossenen Funktionen unterstützt. Spezielle leicht assoziierbare Grafiken und die Verwendung von Touchscreens erleichtern die Benutzung.
- **Menschen, die an Demenz leiden,**
  werden durch die Möglichkeit, das System Schritt für Schritt zu vereinfachen und so immer den Fähigkeiten anzupassen, unterstützt.
- **Menschen mit zusätzlicher Sprechbehinderung**
  werden durch die eingebaute Sprachausgabe unterstützt
- **Menschen mit zusätzlicher Sprachbehinderung**
  werden durch die Möglichkeit, umfangreiche Bildsymbolkommunikationstafeln in das System zu integrieren, unterstützt.

2. Aufgabenstellung und Ergebnis

2.1 Anforderungen an das Spracherkennungsmodul

Das Hauptproblem für bewegungsbeeinträchtigte Personen ist das mechanische „handling“ technischer Geräte. Eine Möglichkeit, diese Geräte steuerbar zu machen, besteht im Einsatz verschiedener Spezialschalter z.B. Saug-Blas-Schlalter, Zungenschalter, Lidschlagschalter,...(siehe [9]). Durch die Benützung der Sprache als Steuerungsmittel kann der Bedienungskomfort jedoch wesentlich erhöht werden.

Bei der Realisierung einer solchen Sprachsteuerung sollen folgende Anforderungen erfüllt werden:

- In einem Lernmodus sollen verschiedene Sprachmuster (= benötigte Befehle in unterschiedlicher Aussprache) gespeichert werden können, damit ein flexibler Einsatz des Systems möglich ist.
- Gerät durch ein Schlüsselwort in den Ruhezustand versetzen.
- Ausführung eines Befehls erst nach einer Bestätigung
- Resetwort, um alle Schaltausgänge in einen vordefinierten Zustand zu bringen
- exakte Unterscheidung zwischen gesprochenem Befehl und Hintergrundgeräusch
- Möglichkeit eines Inselbetriebs ohne PC.
- Möglichkeit einer Einbindung in das AUTONOM Projekt
- Im Inselbetrieb sollten bis zu 8 verschiedene Verbraucher geschalten werden.
- Schaltausgänge wahlweise konstant schalten, oder gepulst für eine vordefinierte Zeitspanne (Glocke, Fensteröffner, Bett verstellen).
- Kein großer Installationsaufwand erforderlich.
- Möglichst einfache Bedienung, auch durch ungeschulte Personen.

Entwurf einer Architektur:

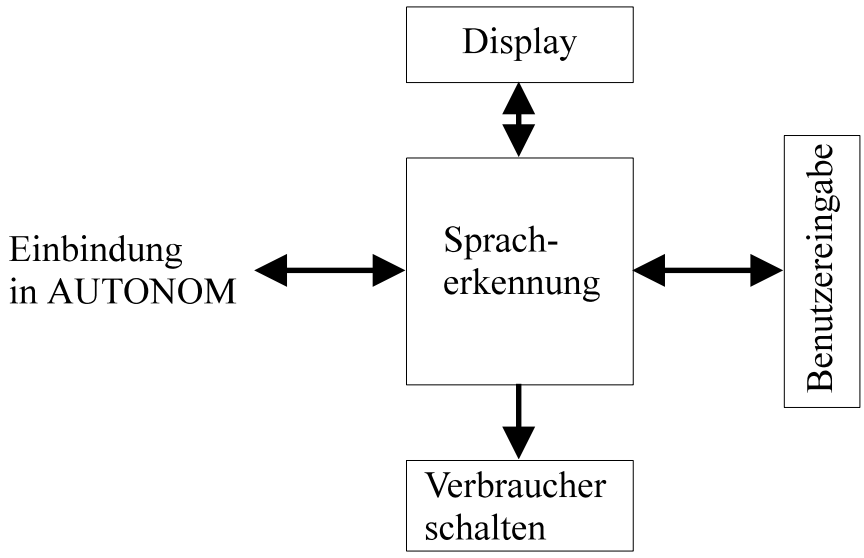


Abbildung 2.1 Blockschaltbild der Spracherkennung

2.2 Auswahl einer Spracherkennung

Es wurden folgende Systeme untersucht (siehe auch [13]):

- IBM Voice Type [24]
  Das IBM Voice Type ist für die Textverarbeitung am PC gedacht. Es ist die komplette Eingabe eines Textes durch Sprache möglich. Das Programm ist lernfähig, das heißt die Eigenheiten der Sprache des Benutzers wird registriert und für spätere Erkennungen abgespeichert. Ein über 7000 Begriffe umfassendes Wörterbuch ermöglicht die Erkennung von bis zu 2000 benutzerdefinierter Wörter und den zugehörigen Befehlen. Ein 80 000 Worte umfassendes Wörterbuch ist ebenfalls vorhanden. Das System benötigt einen leistungsfähigen PC.

- Windows Sound System [25]
  Das Windows Sound System ist eine Spracherkennung, die unter Windows arbeitet. Das Programmpaket beinhaltet neben der Spracherkennung noch Funktionen, um z.B. das Spektrum eines Wortes bearbeiten zu können. Die eigentliche Spracherkennung ist von der Fa. Dragon entwickelt worden. Das System ist lernfähig. Der Hersteller wäre auch bereit für einen speziellen Anwenderfall eine Runtime Version, die sich nur auf die Spracherkennung beschränkt, zur Verfügung zu stellen.

- Siemens Neural Net Speech Recognizer [2]
  Dieser Baustein wurde für das Autotelefon entwickelt und ermöglicht, eine Telefonnummer auszuwählen. Er kann von einem Mikrokontroller angesteuert werden. Es können maximal 64 verschiedene Wörter eingelernt werden. Der Platzbedarf beschränkt sich auf eine Platine von 60 x 70mm. Das System ist im Vergleich zu den vorgenannten äußerst preiswert.

Die Wahl fiel auf den Siemens Neural Net Speech Recognizer wegen der Möglichkeit eines Betriebs ohne PC und des geringen Preises. 64 verschiedene Wörter reichen für AUTONOM III auf jeden Fall. Weiters ausschlaggebend war die geringe Nebengeräuschempfindlichkeit.

Als Hostprozessor wurden folgende Modelle untersucht:

- Siemens 80C501 [26]
- Siemens 80C537 [5]
- Microchip PIC 16C57 [27]

Der PIC 16C57wäre insoferne eine interessante Lösung gewesen, da das PICSTART Development System nur 1300 öS kostet und sich der Baustein mit ca. 55 öS zu Buche schlägt. Jedoch hat der PIC 16C57 zu wenige Ports und ist für ein externes ROM nicht ausgelegt.
Der 80C501 hat zu wenige Ports um Display, Schalter, Relais, Serielle Schnittstelle, RAM und den Spracherkennungsbaustein zu bedienen. So fiel die Wahl auf den 80C537 Microcontroller, zumal ein Emulator am Institut vorhanden ist.

2.3 Ergebnis

2.3.1 Realisierung mit dem Prototyp des Spracherkennungsbausteins

Diese Realisierung zeigte ein gutes Ergebnis in Bezug auf die Spracherkennung:

- Sehr geringe Nebengeräuschempfindlichkeit.
- Einfache Bedienung.
- Gute Erkennsicherheit, wenn es sich tatsächlich um eines der gespeicherten Wörter handelt.

Jedoch traten folgende Schwachpunkte auf:

- Das Gerät ist langsam, da es für die Auswertung eines gesprochenen Wortes ca. 3 s braucht.
- Der Baustein muß vor jeder Erkennung angestossen werden.
- Es steht für die Spracheingabe nur ein bestimmter Zeitschlitz von 2 s zur Verfügung. Ist dieser Zeitschlitz verpaßt muß der Baustein neu angestossen werden.
- Das Gerät mißt den Dynamikumfang des Eingangsignals. Kommt es zu dem Ergebnis, daß es sich um Sprache und nicht um ein Hintergrundgeräusch handelt, wird das Wort einer Speicherplatznummer zugeordnet ohne die Wahrscheinlichkeit einer solchen Zuordnung zu berücksichtigen.
- Anzahl verschiedener Wörter auf 15 beschränkt.
- Der Platzbedarf ist relativ groß, was aber nicht so entscheidend ist.

2.3.2 Realisierung mit dem Serienmodell

Das Serienmodell zeigt einen anderen Aufbau als der Prototyp. Die in Kapitel 2.3.1 genannten Schwachpunkte wurden zum Teil behoben:

- Die Schnelligkeit der Auswertung ist erhöht worden. Sie liegt jetzt bei ca. 0,5 s
- Der Baustein gibt als Antwort nicht nur die Speicherplatznummer, sondern auch die Wahrscheinlichkeit der Erkennung, zurück.
- Die maximale Anzahl verschiedener Wörter liegt jetzt bei 64, was für diesen Anwendungsfall ausreichend ist.
- Der Platzbedarf wurde auf eine Platine von 60 x 70 mm reduziert.

Da der Baustein für das Autotelefon konzipiert wurde, blieb jedoch als wesentlicher Schwachpunkt vorerst die Tatsache, daß der Baustein angestossen werden muß und dann nur ein bestimmter Zeitschlitz zum Sprechen des Wortes zur Verfügung steht.

Die Fa. Siemens änderte jedoch 1994 die Software des Bausteins, die in einem PROM abgelegt ist und nachgerüstet werden konnte. Nun kam der wesentliche Duchbruch für die AUTONOM Spracherkennung mit zwei Neuerungen:

- Ständiges Mithöhren ist nun möglich, da das Anstossen nun von der Software des Host Prozessors erfolgt und das Sprachkommando zu einem beliebigen Zeitpunkt kommen kann.
- Die zurückkommden Parameter wurden noch durch eine Correlation und ein spektrales Moment ergänzt, was die Sicherheit einer Bewertung weiter erhöht.

Erste Selbstversuche brachten folgendes Ergebnis:

- Das Gerät wurde auf der ifabo (Internationale Fachmesse für Büro, Computer, Telecom) vom 25.-28. April 1995 in Wien ausgestellt. Dabei zeigte sich, daß das Gerät auch bei dem sehr starkem Hintergrundlärm einwandfrei funktionierte und es zu keinen Fehlschaltungen kam.
- Das Gerät wurde im privaten Wohnzimmer neben dem auf normaler Lautstärke laufenden Fernseher betrieben. Die Sprache, die aus dem Fernseher kam, beeinflußte das Gerät nicht. Auf die Kommandos des Benutzers reagierte es jedoch einwandfrei.
- Die Akustik des Raumes spielt ein große Rolle. Daraus ergibt sich, daß das Gerät in dem Raum, in dem es benutzt wird, auch trainiert werden soll.
- Ähnlich klingende Stimmen werden durchaus auch akzeptiert, allerdings bei einem großen Unterschied der Stimmen (z.B. auf Männerstimme trainiert und Sprachkommando von Frauenstimme gesprochen) ist keine Funktion mehr möglich.

Bei den Tests wurden folgende Wörter, entsprechend einer fikiven Anwendung trainiert:

Wort 1	Licht
Wort 2	Lampe
Wort 3	Fenster
Wort 4	Jalousie
Wort 5	Ventilator
Wort 6	Fernseher
Wort 7	Video
Wort 8	Alarm
Resetwort	Reset
positive Bestätigung	Ja
negative Bestätigung	Nein
Schlüsselwort	Nomi

Der nächste Schritt ist sicherlich der, das Gerät einem Praxistest zu unterziehen und die sich daraus ergebenden Verbesserungswünsche einfließen zu lassen.

3. Der Prototyp des Spracherkennungsbausteins von Siemens [1]

Der Spracherkennungsbaustein basiert auf einem neuronalen Netz. Der Begriff Neuron stammt aus dem Griechischen und ist die Bezeichnung für eine funktionelle Einheit des Nervensystems. Ein Neuron besteht aus der Nervenzelle, der Nervenfaser und Verästelungen (Synapsen), die zur Weiterleitung der Reize dienen.
Nach diesem Vorbild wurden „digitale Nervensysteme“ für Computer entwickelt, die man neuronale Netze nennt. Mit ihrer Hilfe können Computer lernen, Entscheidungen zu treffen. Gewisse Parameter dieser Elemente können sich in einer Lernphase automatisch so einstellen, daß bestimmte am Eingang anliegende Merkmalsvektoren ein bestimmtes Ergebnis am Ausgang liefern.
Neuronale Netze sind sehr gut für die Spracherkennung geeignet. Sie erweisen sich vor allem dann als besonders erfolgreich, wenn die Testmuster durch Störungen (etwa Umgebungsgeräusche) verfälscht sind.
Zur Steigerung der Leistungsfähigkeit wertet man außer der akustisch-phonetischen Information noch weitere Informatiosquellen aus. Eine sehr wichtige ist das aufgabenbezogene Wissen. Bei den meisten Anwendungen ist der Einsatzbereich inhaltlich begrenzt, so daß es nur wenige zulässige Wörter gibt (siehe [30]).

Die Fa. Siemens stellte für erste Versuche einen Prototyp des Spracherkennungsbausteins zur Verfügung (Prototyp des NNSR (Neural Net Speech Recognizer)). Das Interface zum Host Prozessor ist allerdings gänzlich anders aufgebaut wie beim späteren Serienbaustein (siehe Kapitel 5 dieser Arbeit). Auch die Funktionsweise ist etwas anders als beim Serienbaustein.

Es können 12 verschiedene Wörter, mit maximal 15 Sprachmustern pro Wort, eingelernt werden. Jedes Wort ist einer Speicherplatznummer von 1 bis 99 zuzuordnen.

3.1 Host Interface

3.1.1 Pinbelegung

Pin 2	+12 V
Pin 7	Masse
Pin 8	serieller Dateneingang
Pin 15	Masse
Pin 16	serieller Datenausgang

3.1.2 Datenformat

Übertragungsart:	asynchron	
Datenrate:	2400 baud	
Format eines Byte:	1 Startbit	(5V ⇒ logisch 0)
	8 Datenbits	(zuerst LSB)
	1 Bit parity even	
	1 Stopbit	(0V ⇒ logisch 1)

3.2 Befehle

3.2.1 Format eines Befehls

1Startbyte	N x Informationsbyte	1 Stopbyte
02h	Code	0Dh

Das Informationsbyte muß innerhalb einer Meldung einige Male wiederholt werden.

Es wird zwischen kurzen (< 0,5 s) und langen Meldungen (>0,5 s) unterschieden. Für kurze Meldungen hat N den Defaultwert 3, für lange Meldungen ist N = 220.

In Folge handelt es sich um kurze Meldungen soweit nicht anders angegeben.

3.2.2 Befehle

Befehl	Informationsbyte	Bemerkungen
Select	2A h	
Speicherplatznummer folgt	23 h	
0	30 h	
1	31 h	
2	32 h	
3	33 h	
4	34 h	
5	35 h	
6	36 h	
7	37 h	
8	38 h	
9	39 h	
Ende der Speicherplatznummr	3C h	
Löschen	3A h	lange Meldung
Playback	3B h	
Speichern	3E h	
Aufzeichen	60 h	

3.3 Bedienung des Gerätes

Nach Anlegen der Versorgungsspannung befindet sich das Gerät im Betriebsmodus (siehe 3.3.8 und 3.3.9).

3.3.1 Aufnahme von Sprachmustern beginnen

In den Programmiermodus gelangt man mit folgender Befehlsfolge (siehe 3.2 Befehle):

Select, Speicherplatznummer folgt, x, x, Ende der Speicherplatznummer

x... Zahl von 0-9

3.3.2 Sprachmuster lernen

Die Aufnahme eines Sprachmusters wird durch den Befehl **Aufzeichnen** erreicht.

Nach der Aufnahmezeit von 1 s erfolgt die automatische Wiedergabe dieses Sprachmusters auf dem Lautsprecher.

Für eine Kontrollwiedergabe siehe 3.3.3 Playback

3.3.3 Playback

Mit dem Befehl **Playback** können soeben aufgesprochene Muster nochmals angehört werden.

3.3.4 Sprachmuster speichern

Der Befehl **Speichern** speichert das Sprachmuster, das sich im Aufnahmespeicher befindet, ab.
Die erfolgreiche Ausführung wird mit einem kurzen Ton (Frequenz 1kHz; Dauer 0,1 s) quittiert.

3.3.5 Selektion eines Speicherplatzes

Sind alle gewünschten Sprachmuster zu diesem Wort abgespeichert wird mit der Befehlsfolge

Select, Speicherplatznummer folgt, x, x, Ende der Speicherplatznummer
x... Zahl von 0-9

ein neues Wort selektiert, und mit den vorstehenden Befehlen bearbeitet.

3.3.6 Wort löschen

Der Befehl **Löschen** entfernt alle Sprachmuster, die zu dem selektierten Wort gehören.
Der Programmiermodus wird mit diesem Befehl wieder verlassen.

3.3.7 Aufnahme von Sprachmustern beenden

Mit der Befehlsfolge

Select, Speicherplatznummer folgt, 0, Ende der Speicherplatznummer

wird der Programmiermodus wieder verlassen.
Zuvor erfolgt ein Lernvorgang, dessen Ende mit einem kurzen Quittierungston (Frequenz 1kHz; Dauer 1 s) angezeigt wird. Danach befindet sich das Gerät wieder im Betriebsmodus.

3.3.8 Reset

Die Befehlsfolge **Select, Select, Select** löscht alle vorhandenen Sprachmuster.
Der Resetbefehl kann im Betriebsmodus gegeben werden.

3.3.9 Erkennung

Eine Erkennung wird mit dem Befehl **Aufzeichnen** im Betriebsmodus gestartet.

Der NNSR Protoyp nimmt dann ein Sprachmuster mit der Dauer von 1 s über das angeschlossene Mikrophon auf.

Das erkannte Wort wird als Platznummer am seriellen Ausgang ausgegeben:

Clear, Playback, Playback, x, x, Ende der Speicherplatznummer

x... Zahl von 0-9

Es erfolgt auch die akustische Wiedergabe des zugehörigen Sprachkommandos über den Lautsprecher.

Sind jedoch keine gelernten Wörter vorhanden (mindestens 2 Wörter mit je einem Sprachmuster) wird ein Fehlbedienungston (Frequenz 2kHz; Dauer 0,5 s) ausgegeben.

4. Aufbau einer Spracherkennung mit dem Prototyp von Siemens

Im folgenden Kapitel werden der Versuchsaufbau und die verwendeten Bauelemente näher beschrieben.

4.1 Grundkonzept

Der Prototyp des NNSR wird von einem PC angesteuert. Die Ergebnisse der Erkennung werden wieder an den PC zurückgeliefert und auf dem Bildschirm angezeigt. Die Handshakeleitungen der RS 232 Schnittstelle werden nicht verwendet (siehe Abbildung 4.2). Das Programm wurde in Turbo Pascal geschrieben. Ein Listing dieses Programms findet sich in Anhang A. Die Vebindung mit dem Versuchsaufbau erfolgte über die serielle Schnittstelle des PC (Com 1). Der Versuchsaufbau wurde auf einer Hirschmann-Steckplatte installiert (siehe Abbildung 4.2).

Blockschaltbild der Spracherkennung

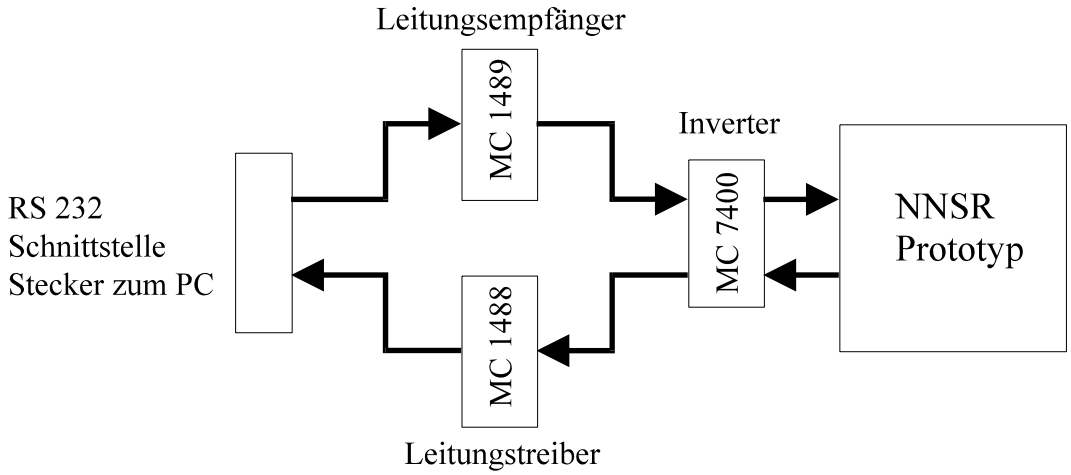


Abbildung 4.1 Blockschaltbild der Spracherkennung

4.2 Verwendete Bausteine

4.2.1 Der NNSR Prototyp

Der Prototyp des Spracherkennungsbausteines wurde bereits im Kapitel 3 dieser Arbeit ausführlich behandelt.

4.2.2 Der Leitungsempfänger, der Leitungstreiber und der Inverter

Die Signale vom und zum NNSR Prototyp müssen einen Pegel von 0V und 5V haben. Die Daten auf der seriellen Schnittstelle werden mit einem Pegel von +12V und -12V übertragen. Der Grund für diese höheren Spannungen liegt in der erhöhten Datensicherheit auch bei langen Übertragungsstrecken.

Der Leitungsempfänger
Der 4-fache Leitungsempfänger bringt die Signale auf den benötigten 5V Pegel zurück.
Zur Verwendung kam ein MC 1489 Baustein.

Der Leitungstreiber
Der 4-fache Leitungstreiber invertiert die logischen Signale vom NNSR-Prototyp und bringt sie auf den höhern Pegel.
Zur Verwendung kam ein MC 1488 Baustein.

Der Inverter
Der Inverter ist notwendig um die Signale von und zum NNSR Prototyp logisch richtig aufzubereiten.

5 V ⇒ logisch 0
0 V ⇒ logisch 1

Zur Verwendung kam ein NAND Gatter MC 7400. Die Beschaltung ist aus Abbildung 4.2 zu ersehen.

4.3 Aufbau auf einer Hirschmann-Steckplatte

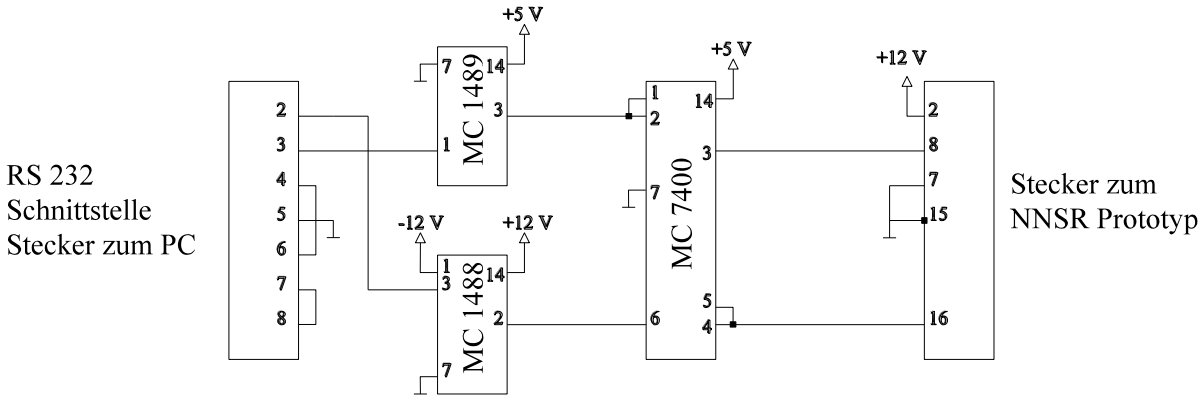


Abbildung 4.2 Versuchsaufbau

5. Der Spracherkennungsbaustein von Siemens [2]

5.1 Architektur

Für die Spracherkennung wurde ein NNSR (Neural Net Speech Recognizer) der Fa. Siemens herangezogen. Der NNSR basiert auf einen DSP (Digital Signal Processor) mit Host Interface Port der Fa. ANALOG DEVICES. Er wurde für die Erkennung einzelner Wörter, wie Namen, Befehle, Zahlen gebaut.
Auf der Platine befinden sich folgende Einheiten:

DSP (Digital Signal Processor)
A/D Converter
D/A Converter
Anti Aliasing Filter
Sample & Hold
RAM für Sprachmuster und Neural Net Weights
RAM Batterie
Batterie Controller

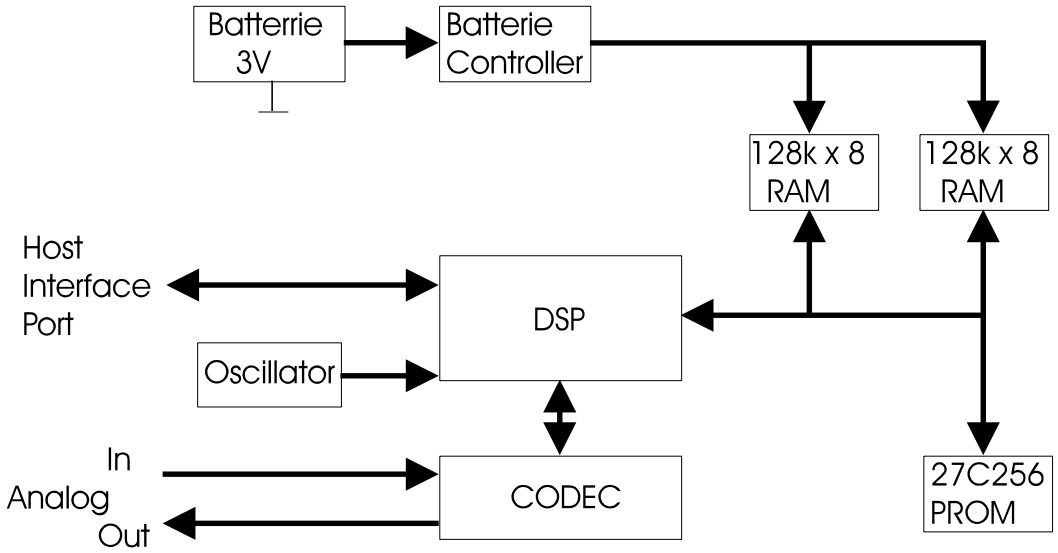


Abbildung 5.1 Blockdiagramm des NNSR

Es können 320 Sprachmuster gespeichert werden. Die Anzahl der Sprecher wird nur durch die Kapazität des NNSR begrenzt. Die 320 Sprachmuster können z.B. auf 40 Wörter, mit je 4 Sprachmuster von 2 Sprechern, aufgeteilt werden. Der Spracherkennungsbaustein ist sehr unempfindlich für Nebengeräusche.
Die minimale Anzahl verschiedener Wörter ist 2. Die maximale Anzahl 32 wenn acoustic_feedback gesetzt ist, 64 wenn acoustic_feedback nicht gesetzt ist.

5.2 Host Interface

Das HIP (Host Interface Port) des NNSR ist ein paralleles I/O Port (siehe [3]). Durch das HIP kann der NNSR vom Host Prozessor memory mapped als Peripheriebaustein angesprochen werden.

Die Kommunikaton mit dem Host Prozessor wird über die HMSG (Host message) und HREADY Leitungen abgewickelt.
150ms nach einem Reset sendet der NNSR ein „Ready"-Signal. Ein Befehl vom Host Prozessor mit der HIP Adresse 0 (opcode Byte) erzeugt im NNSR einen Interrupt, der ihn zwingt den Befehl (opcode und Parameter) zu lesen. Deswegen muß bei Kommandos, die mehrere Bytes lang sind, das Byte 0 als letztes gesendet werden.
Nachdem der NNSR einen Befehl erhalten hat, erzeugt er die Antwort und wartet bis der Host Prozessor bereit ist, eine Nachricht vom NNSR zu empfangen und die HREADY- Leitung setzt. Nachdem der Host Prozessor die Nachricht aus dem NNSR ausgelesen hat, ist der NNSR bereit, den nächsten Befehl zu empfangen.

Zwei Pins konfigurieren den NNSR für verschiedene Typen von Host Prozessoren.

HMD0 konfiguriert den Bus Strobe:

HMD0 = 0	separater Read und Write Strobe
HMD0 = 1	Read/ Write Strobe und Data Strobe

HMD1 konfiguriert die Adress/ Daten-Leitungen:

HMD1 = 0	separate Daten und Adress-Leitungen
HMD1 = 1	gemultiplexte Daten/ Adress-Leitung

Pin Belegung des Host Interface Port:

1	QRESET	Reset input
2	HD0	Daten/ Adressleitung 0
3	HD1	Daten/ Adressleitung 1
4	HD2	Daten/ Adressleitung 2
5	HD3	Daten/ Adressleitung 3
6	HD4	Daten/ Adressleitung 4
7	HD5	Daten/ Adressleitung 5
8	HD6	Daten/ Adressleitung 6
9	HD7	Daten/ Adressleitung 7
10	ALE	Address latch enable/ Host address 2
11	HA0	Host address 0
12	HA1	Host address 1
13	QHWR	write strobe
14	QHRD	read strobe
15	HMD1	address/data mode
16	HMD0	bus strobe select
17	QSEL	HIP select input
18	QHACK	HIP acknowledge
19	HMSG	Message to host available
20	HREADY	Host ready to receive
21	ANOUTA	Analog audio output a
22	ANOUTB	Analog audio output b
23	ANGND	Analog audio ground
24	ANIN	Analog audio input
25	GND	Ground
26	VCC	Power supply

5.3 Analog Audio Interface

Für optimale Ergebnisse sollte der Audio Eingang an einen Mikrofon Verstärker angeschlossen werden. Der Mikrofon Verstärker sollte im Bereich von 0,2 bis 3,4 kHz eine gleichmäßige Verstärkung aufweisen. Der Audio Ausgang kann an einen Ausgangsverstärker, oder direkt an einen 300 Ohm (zw. a und b) bzw. 600 Ohm (a oder b gegen Masse) Lautsprecher angeschlossen werden.

5.4 Host Befehle und NNSR Antworten

Host Befehle	NNSR Antwort
Send_status_info	Status_info
Send_configuration	Configuration
Configure_new	Ready
Initialize_words	Ready
Send_word_info	Word_info
Clear_word	Ready
Record	Ready
Playback_immediate	Ready
Playback_word	Ready
Store_pattern	Ready
Learn	Ready
Listen	Word_recognize

5.5 Host Befehle

Die Byte Nummern korrespondieren mit den Host Interface Port Adressen.

5.5.1 Send_status_info

Byte 0	opcode	00h	

Überprüft den aktuellen Status des NNSR.

5.5.2 Send_configuration

Byte 0	opcode	01h	

Überprüft die aktuelle Konfiguration des NNSR

5.5.3 Configure_new

Byte 0	opcode	02h	
Byte 1	acoustic_feedback	00h	acoustic_feedback set
		anders	acoustic_feedback reset
Byte 2	number_of_words	xxh	Anzahl verschiedener Wöter die erkannt werden sollen. (02h bis 20h mit acoustic_feedback 02h bis 40h ohne acoustic feedback)

Konfiguriert den NNSR. Wenn acoustic_feedback gesetzt ist, wird das erste trainierte Sprachmuster jedes Wortes gespeichert, um es nach einer Erkennung wiederzugeben. Wenn die gewünschte Konfiguration ungültig ist, bleibt die alte Konfiguration und der Status unverändert. Wenn die Konfiguration geändert wird, werden alle trainierten Sprachmuster gelöscht, und der NNSR befindet sich im untrainierten Zustand.

Ausnahmen hiervon:

- die neue Konfiguration enspricht der alten
- nur acoustic_feedback wird zurückgesetzt

Beeinflußte Flags:	acoustic_feedback	abhängig von der Konfiguration
	nnsr_trained	unverändert, wenn die Konfiguration kompatibel gelöscht, wenn Konfiguration gültig aber inkompatibel
	recording_available	gelöscht, bei gültiger Konfiguration

5.5.4 Initialize_words

Byte 0	opcode	03h

Löscht die Wort Liste, alle trainierten Sprachmuster und bringt den NNSR in den untrainierten Status. Die Konfiguration bleibt erhalten.

5.5.5 Send_word_info

Byte 0	opcode	10h	
Byte 1	word_index	xxh	Index des gewünschten Wortes (01..number_of_words)h

Verlangt Information über das gewünschte Wort.

5.5.6 Clear_word

Byte 0	opcode	11h	
Byte 1	word_index	xxh	Index des Wortes das gelöscht werden soll (01..number_of_words)h

Entfernt das gewünschte Wort von der Wort Liste und löscht alle dazugehörigen Sprachmuster.

Beeinflußte Flags:	nnsr_trained	gelöscht, wenn die Wort Liste nach der Ausführung leer ist

5.5.7 Record

Byte 0	opcode	18h

Startet eine Sprachaufnahme. Das Sprachaufnahmefenster ist 1,792 s geöffnet. Die maximale Energie der aufgezeichneten Sprache wird normiert und die Aufnahme im Aufnahme Speicher abgelegt.

Beeinflußte Flags:	recording_available	gesetzt

5.5.8 Playback_immediate

Byte 0	opcode	19h

Startet ein Playback des Inhaltes des Aufnahme Speichers.

5.5.9 Playback_word

Byte 0	opcode	1Ah	
Byte 1	word_index	xxh	Index des gewünschten Wortes (01..number_of_words)h

Startet ein Playback des ausgewählten Wortes (wenn acousitc feedback gesetzt ist). Der Inhalt des Aufnahme Speichers wird mit dem Sprachmuster des ausgewählten Wortes überschrieben.

Beeinflußte Flags:	recording_available	gelöscht, wenn erfolgreich ausgeführt

5.5.10 Store_pattern

Byte 0	opcode	1Bh	
Byte 1	word_index	xxh	Index des Wortes für das der Inhalt des Aufnahme Speichers gespeichert werden soll

Speichert den Inhalt des Aufnahme Speichers auf die angesprochene Wortnummer. Wenn acoustic_feedback gesetzt, und noch kein Sprachmuster für dieses Wort gespeichert ist, wird eine 16kbit/s Version für Playback erzeugt. Zusätzlich wird, wenn das Sprachmuster für dieses Wort das erste ist, die Wort Nummer zur Wort Liste hinzugefügt.

Beinflußte Flags:	recording_available	gelöscht, wenn erfolgreich ausgeführt
	nnsr_trained	gelöscht, wenn erfolgreich ausgeführt

5.5.11 Learn

Byte 0	opcode	1Ch

Startet die Lern Procedure. Sie muß ausgeführt werden, wenn das NNSR gelöscht ist und ein Listen Befehl kommen soll. Diese Procedure kann bis zu 5 Minuten dauern.

Beeinflußte Flags:	nnsr_trained	gesetzt, wenn erfolgreich ausgeführt gelöscht, sonst

5.5.12 Listen

Byte 0	opcode	1Eh

Startet eine Sprachaufzeichnung, wenn ein Pegel am Analog Eingang anliegt, gefolgt von einer Auswertung. Verarbeitete Länge der Sprache = 1,820 s

Beeinflußte Flags:	recording_available	gelöscht

5.6 NNSR Antworten

Der execution_success_code (Byte 1) enthält die Fehlermeldung. Wenn mehr als ein Fehler bei einem Befehl auftritt, wird nur der mit der höchsten Priorität (niedrigster Code) angezeigt.

5.6.1 Status_info

Byte 0	opcode	20h	
Byte 1	execution_success_code	00h	erfolgreich
Byte 2	number_of_free_words	xxh	Anzahl der Wörter, für die keine Sprachmuster gespeichert sind.
Byte 3	first_free_word_index	xxh	Index des ersten Wortes, für das keine Sprachmuster gespeichert sind.
Byte 4	nnsr_trained	00h	NNSR trainiert
		01h	NNSR nicht trainiert

Antwortet mit dem aktuellen Status des NNSR.

5.6.2 Configuration

Byte 0	opcode	21h	
Byte 1	execution_success_code	00h	erfogreich
Byte 2	acoustic_feedback	00h	acoustic_feedback gesetzt
		anders	acoustic_feedback nicht gesetzt
Byte 3	number_of_words	xxh	maximale Anzahl verschiedener Wörter, die erkannt werden können
Byte 4	pattern_per_word	xxh	maximale Anzahl speicherbarer Sprachmuster pro Wort. (Diesen Wert errechnet der NNSR in Abhängigkeit von number_of _words und dem acoustic_feedback Flag)

Antwortet mit der aktuellen Konfiguration des NNSR.

5.6.3 Ready

Byte 0	opcode	28h	
Byte 1	execution_success_code	00h	erfolgreich
		01h	ungültige Konfiguration (in Verbindung mit Configure_new)
		02h	ungültiger Wort Index (in Verbindung mit Clear_word, Playback_word und Store_pattern)
		04h	acoustic_feedback ist nicht gesetzt (in Verbindung mit Playback_word)
		08h	Aufnahme Speicher leer (in Verbindung mit Playback_immediate, Playback_word, Store_pattern)
		10h	maximale Anzahl der Sprachmuster für dieses Wort gespeichert (in Verbindung mit Store_pattern)
		20h	keine Sprachmuster gespeichert (in Verbindung mit Learn)
		80h	keine Sprachaktivität erkannt (in Verbindung mit Store pattern)

Zeigt an, das der aktuelle Befehl ausgeführt wurde (Nur in Verbindung mit Befehlen, die keine Parameter zurückerwarten).

5.6.4 Word_info

Byte 0	opcode	30h	
Byte 1	execution_success_code	00h	erfolgreich
		02h	ungültiger Wort Index
Byte 2	word_index	xxh	Index des gewünschten Wortes
Byte 3	store_patterns	xxh	Anzahl der gespeicherten Sprachmuster

Zeigt wieviele Sprachmuster für ein selektiertes Wort gespeichert sind.

5.6.5 Word_recognized

Byte 0	opcode	3Fh	
Byte 1	execution_success_code	00h	erfolgreich
		40h	NNSR nicht trainiert
		80h	keine Sprache erkannt
Byte 2	word_index	xxh	Index des erkannten Wortes
Byte 3	probability_code	xxh	Code für die Wahrscheinlichkeit einer korrekten Erkennung
Byte 4	correlation_code	xxh	Code für die Correlation des Wortes
Byte 5	spectral._mom._code	xxh	Code für das spektrale Moment des Wortes

Antwortet mit der Nummer des erkannten Wortes.

probability_code:		00h	bestmögliche Erkennung
		0Fh	Erkennung zu 50% (schlechtester Fall)
			Werte < 0Ch stehen für zuverlässige Erkennung
correlation_code:		00h	schlechtester Fall
	bis	7Fh	bester Fall
		dabei ist zu beachten, daß kurze Worte eine höhere Correlation haben als lange.	
spectral._mom._code:		00h bis 7Fh	
		Kurze Worte haben ein kleines Moment, lange ein großes.	

Die Fa. Siemens gibt folgenden Algorithmus für eine praxisgerechte Auswertung einer Erkennung an:

correlation_code + (spectral._mom._code / 2) > 60h Schwelle für positive Erkennung

6. Aufbau einer Spracherkennung mit dem NNSR

Im folgenden Kapitel werden, die einzelnen Bauteile, die für den Aufbau der Spracherkennung verwendet wurden, näher beschreiben.

6.1 Grundkonzept

Das Gerät besteht aus 2 Einheiten :

- Steuermodul (siehe Abbildung 8.1)
- Schaltmodul (siehe Abbildung 8.2)

Das Steuermodul ist in ein Aluminiumgehäuse ,in Eurokartengröße, eingebaut. Der Lautsprecher befindet sich im Gehäuse des Steuermoduls. Der Schaltplan, der Spracherkennungsplatine, ist Abbildung 11.4, in Kapitel 11, zu entnehmen.
Zur Ansteuerung der Peripheriegeräte wurde der sogenannte Hardware-Kern (siehe 6.2.1) von AUTONOM verwendet, da diese Platine bereits für andere AUTONOM-Anwendungen benutzt wird und leicht für diesen Zweck adaptierbar ist.

Für das Schaltmodul kam ein doppelseitiger Kabelkanal der Fa. Legrand zur Verwendung (siehe [18]). In diesem Kabelkanal befindet sich ein Netzgerät, zur Spannungsversorgung des Steuermoduls und der Relais, weiters die 8 Kontrolleuchten, die 8 Steckdosen, die 8 Relais und der Hauptschalter. Der Schaltplan des Schaltmoduls ist aus Abbildung 11.5 in Kapitel 11 zu ersehen.

Blockschaltbild der Spracherkennung

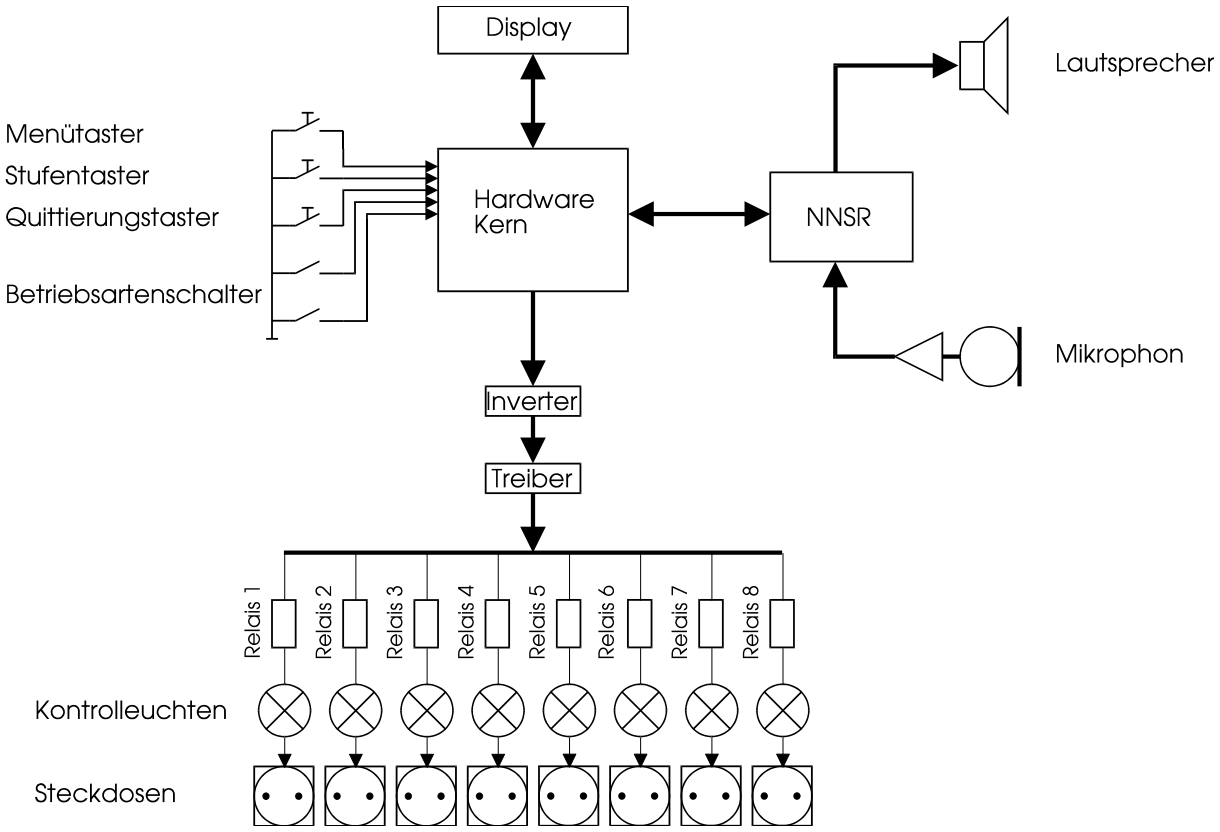


Abbildung 6.1 Blockschaltbild der Spracherkennung

6.2 Verwendete Bausteine

6.2.1 Der Hardware-Kern

Der Hardware-Kern wurde von Hrn. Jürgen Demuth für das AUTONOM-Projekt entwickelt.

Er beinhaltet folgende Einheiten:

- 80C537 Mikrokontroller der Fa.Siemens (siehe [5])
- EPROM mit dem Programm
- Jumper zur Auswahl des EPROM´s
- gepufferte SRAM (siehe [17])
- Schwingquarz
- Spannungswandler
- 96-polige Federleiste als Verbindung zur Spracherkennungsplatine
- Stecker für Betriebsartschalter, Menütaster und Stufentaster
- MAX 232 und Stecker für RS 232
- Stecker für Resettaster

Die Daten- und Adressleitungen des NNSR, auf der Spracherkennungsplatine, können über die externen Speicheradressen FF00h, FF01h, FF02h, FF03h, FF04h und FF05h angesprochen werden. Die Handshakeleitungen hängen auf Port 1 und 3 des Mikrokontrollers. Der Betriebsartenschalter, der Menütaster und der Stufentaster hängen auf Port 6 des Mikrokontrollers. Das Display ist an Port 3 und 5 angeschlossen und der Inverter befindet sich an Port 4.Die Schwingfrequenz des Quarzes liegt bei 14,7456 MHz.

Die Stellung der Jumper für das EPROM ist der Abbildung 11.7 in Anhang B zu entnehmen. Der Schaltplan des Hardware-Kern befindet sich in Anhang B Abbildung 11.6.

Das gepufferte SRAM:

> Die Daten zur Relaiseinstellung (siehe 8.2.2.5 Schaltausgänge definieren) müssen in ein gepuffertes RAM abgelegt werden, damit sie auch nach einer zeitweiligen Abschaltung des Gerätes noch vorhanden sind. Zur Verwendung kam ein DS1225AD 64 K Nonvolatile SRAM der Fa. DALLAS Semiconductor.

Anschließend noch eine Auflistung der verwendeten Pins, auf der 96-poligen Federleiste:

Pin	Hardware-Kern	Spracherkennungsplatine
A14	P3.2	Enable für Display
A15	P3.3	$R / \overline{W}$ für Display
A16	P3.4	Register Select für Display
A17	P3.5	QRESET für NNSR
A18	P3.6	QHWR für NNSR
A19	P3.7	QHRD für NNSR
A23	$\overline{SEL1}$	QHSEL für NNSR
A26	ALE	ALE für NNSR
A30	VCC	5V Spannungsversorgung für NNSR und Display
A31	GND	Masse
A32	U++	12 V Spannungsversorgung für Hardware-Kern

Pin	Hardware-Kern	Spracherkennungsplatine
B22	AD0	HD0 für NNSR
B23	AD1	HD1 für NNSR
B24	AD2	HD2 für NNSR
B25	AD3	HD3 für NNSR
B26	AD4	HD4 für NNSR
B27	AD5	HD5 für NNSR
B28	AD6	HD6 für NNSR
B29	AD7	HD7 für NNSR
B30	VCC	5V Spannungsversorgung für NNSR und Display
B31	GND	Masse
B32	U++	12 V Spannungsversorgung für Hardware-Kern
C11	GND	GND für Displaykontrast
C12	P5.0	DB0 für Display
C13	P5.1	DB1 für Display
C14	P5.2	DB2 für Display
C15	P5.3	DB3 für Display
C16	P5.4	DB4 für Display
C17	P5.5	DB5 für Display
C18	P5.6	DB6 für Display
C19	P5.7	DB7 für Display
C26	P1.4	HMSG des NNSR
C28	P1.6	HREADY für NNSR
C29	P1.7	Pin für Taster 4
C30	VCC	5V Spannungsversorgung für NNSR und Display
C31	GND	Masse
C32	U++	12 V Spannungsversorgung für Hardware-Kern

6.2.2 Der Spracherkennungsbaustein

Der Spracherkennungsbaustein wurde bereits in Kapitel 5 dieser Arbeit ausführlich behandelt.

6.2.3 Das LCD-Display

Zur Verwendung kommt ein DMC16106A der Fa. Optrex (siehe [4]).
Es handelt sich dabei um ein Display mit 16 Zeichen in einer Zeile. Jedes Zeichen besteht aus 8x11 Punkten.

Blockschaltbild des Display

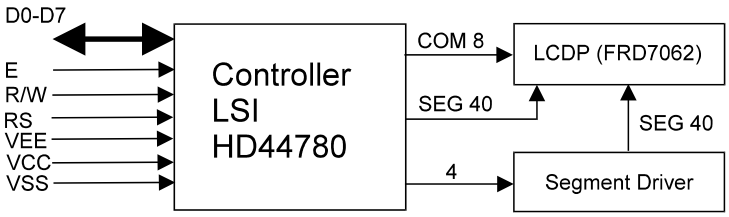


Abbildung 6.2 Blockschaltbild des Display

Das Display wird über die E , R/W und RS Leitung vom Mikrokontroller angesprochen. Die Zeichen werden im ASCII-Code über die Datenleitungen an das Display geschickt.
Genauere informationen über die nötige Ansteuerung bietet [4].

6.2.4 Das Mikrophon

Der Spracherkennungsbaustein braucht an seinem Analog Eingang ein Mikrophon mit folgenden Daten:

Eingangswiderstand	20kOhm
max. Eingangsspannung	4,5 Vss
Frequenzbereich	0,2-3,4 kHz

Zur Auswahl standen 2 Mikrophone mit einem eingebauten Vorverstärker:

- Das ME 2 der Fa. Peiker
- Die AKG Maus Q 400 MK II T (siehe [14])

Die Fa. Siemens gibt für diese Version des NNSR jedoch an, daß das ME 2 die bessere Qualität liefert.

Notwendige Beschaltung des ME 2

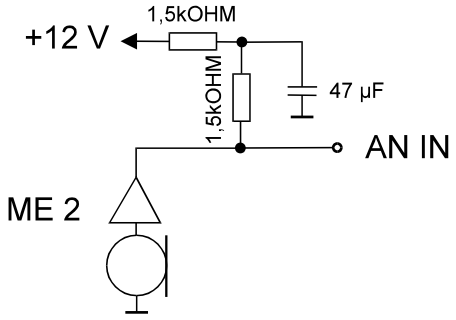


Abbildung 6.3 Beschaltung des Mikrophon

6.2.5 Der Lautsprecher

Der Spracherkennungsbaustein hat einen Analog Ausgang mit folgenden Daten (bei 1kHz):

maximale Ausgangsspannung:

a oder b gegen Masse	4 Vss
a gegen b	8 Vss

Ausgangswiderstand:

a oder b gegen Masse	1 Ohm/10µF
a gegen b	1 Ohm/ 5µF

Eingangswiderstand des Lautsprechers :

a oder b gegen Masse	600 Ohm
a gegen b	300 Ohm

Die Fa. AKG Acoustics Ges.m.b.H., Wien stellte dankenswerter weise den Prototyp eines 300 Ohm Lautsprechers zu Verfügung. Das Serienmodell wird im Sommer 1995 im Handel erhältlich sein. Dieser 300 Ohm Lautsprecher kann direkt, ohne Vorverstärker, an die Klemmen a und b des NNSR angeschlossen werden.

6.2.6 Der Inverter 74HC540 [15]

Der 74HC540 ist ein 8-fach Inverter. Der Baustein ist zwischen Mikroprozessor und Relais geschaltet, damit bei einem Reset des Mikroprozessors die Relais und damit die Ausgänge nicht auf „Ein“ gehen.
Er wurde ausgewählt, da sich bei diesem Baustein alle Eingänge auf einer, und die Ausgänge auf der gegenüberliegenden Seite befinden. Das kommt den beschränkten Platzverhältnissen auf der Spracherkennungsplatine entgegen.

6.2.7 Der Treiber ULN2803A [16]

Der ULN2803A ist ein 8-fach Treiber mit Darlington-Transistoren:

- NPN Darlington-Transistoren
- Open-Collector Ausgänge
- Mit integrierter Supressdiode

Er befindet sich zwischen Mikroprozessor und den Relais.

6.2.8 Die Relais

Die Relais befinden sich im Schaltmodul und schalten die 8 Steckdosen und dazugehörigen Kontrollampen.
Die maximale Schaltleistung eines Relais liegt bei 250 W / 220V≈.
Die Relaisspule braucht eine Schaltspannung von 12 V-.
Zur Verwendung kamen JW1FSN Relais der Fa. Matsushita / Thailand.

7. Software

Hier wird in groben Zügen der Ablauf des Programms erklärt werden. (Listing siehe Anhang A).
Das Programm wurde in der Programmiersprache Assembler geschrieben und auf dem iceMASTER Emulator der Fa. MetaLink getestet. Ergänzende und weiterführende Literatur findet sich in [2], [4], [5], [6], [7], [19], [20], [21] und [22].
Es besteht aus 3 Hauptgruppen (siehe Kapitel 8):

- Betriebsmodus (MAIN_PROG)
- Programmiermodus (PROG)
- RS 232 Modus (RS232)

7.1 Betriebsmodus

Zuerst wird der Betriebsartenschalter abgefragt, dann wird an den Spracherkennungsbaustein der Befehl Listen (siehe 5.5.12) geschickt und die Antwort abgewartet. Die Antwort wird auf eine Fehlermeldung, positive Erkennung, Schlüsselwort, Bestätigungsworte, Resetwort und Selektion eines Ausgangs hin überprüft. Danach wird auf das Display die Nummer des erkannten Wortes ausgegeben. War die Fehlermeldung positiv wird die Prozedur NOT TRAINED aufgerufen.

7.2 Programmiermodus

Zuerst wird der Betriebsartenschalter abgefragt, dann werden die Prozeduren TRAINW, CLEARW, PLAYBACKW, LEARNALL, RELSET (siehe 7.4) durchlaufen.

7.3 RS 232 Modus

Zuerst wird der Betriebsartenschalter abgefragt, dann wird auf das Display „RS 232“ geschrieben. Nach der Initialisierung der Schnittstelle wird auf ankommende Daten vom PC gewartet. Diese 6 Byte werden in den OUT_BUF geschrieben und an den Spracherkennungsbaustein geschickt. Die 6 Byte lange Antwort des Spracherkennungsbaustein wird in den IN_BUF geschrieben und der Inhalt des IN_BUF an den PC zurückgeschickt.

7.4 Prozeduren

7.4.1 TRAINW

Zuerst wird der Betriebsartenschalter abgefragt, dann wird auf das Display „LERNEN WORT x“ geschrieben.
Es werden ständig der Menütaster, der Stufentaster und der Quittierungstaster abgefragt.
Wird der Menütaster betätigt, wird in das CLEARW Menü gesprungen.
Wird der Stufentaster betätigt, wird die Ausgangnummer erhöht.
Wenn die Quittierungstaste gedrückt wird, wird an den Spracherkennungsbaustein der Befehl REC_WORD geschickt und die Antwort abgewartet. Danach durch den Befehl PLAYBIMM der Inhalt des Recording Buffer an den Lautsprecher ausgegeben. Mit dem Befehl STORWORD wird der Inhalt des Recording Buffer abgespeichert.

7.4.2 CLEARW

Zuerst wird der Betriebsartenschalter abgefragt, dann wird auf das Display „LÖSCHEN WORT x“ geschrieben.
Es werden ständig der Menütaster, der Stufentaster und der Quittierungstaster abgefragt.
Wird der Menütaster betätigt, wird in das PLAYBACKW Menü gesprungen.
Wird der Stufentaster betätigt, wird die Ausgangnummer erhöht.
Wenn die Quittierungstaste gedrückt wird, wird an den Spracherkennungsbaustein der Befehl CLEAWORD geschickt.

7.4.3 PLAYBACKW

Zuerst wird der Betriebsartenschalter abgefragt, dann wird auf das Display „PLAYBACK WORT x“ geschrieben.
Es werden ständig der Menütaster, der Stufentaster und der Quittierungstaster abgefragt.
Wird der Menütaster betätigt,wird in das LEARNALL Menü gesprungen.
Wird der Stufentaster betätigt, wird die Ausgangnummer erhöht.
Wenn die Quittierungstaste gedrückt wird, wird an den Spracherkennungsbaustein der Befehl PLAYBWOR geschickt. Dieser legt das gewünschte Sprachmuster an den Lautsprecher.

7.4.4 LEARNALL

Zuerst wird der Betriebsartenschalter abgefragt, dann wird auf das Display „TRAINIEREN“ geschrieben.
Es werden ständig der Menütaster und der Quittierungstaster abgefragt.
Wird der Menütaster betätigt, wird in das RELSET Menü gesprungen.
Wenn die Quittierungstaste gedrückt wird, wird an den Spracherkennungsbaustein der Befehl LEARN geschickt.
Der Spracherkennungsbaustein verarbeitet dann alle gespeicherten Sprachmuster.

7.4.5 RELSET

Zuerst wird eine Initialisierung des Hilfsakkumulators und der Ausgangnummer vorgenommen, dann der Betriebsartenschalter abgefragt. Die abgespeicherte Einstellung des Ausgangs wird aus dem SRAM geholt und auf dem Display angezeigt. Es werden ständig der Menütaster, der Stufentaster und der Quittierungstaster abgefragt.
Wird der Menütaster betätigt, wird in das TRAINW Menü gesprungen.
Wird der Stufentaster betätigt, wird die nächste Ausgangsbelegung angezeigt. Sind alle Möglichkeiten durchgespielt wird die Ausgangnummer erhöht (siehe 8.2.2.5 Schaltausgänge definieren).
Bei betätigen der Quittierungstaste wird der aktuelle Wert im SRAM abgespeichert und die Ausgangnummer erhöht.

7.4.6 TO_NNSR

Hier werden die Befehle, die im OUT_BUF stehen, an den Spracherkennungsbaustein geschickt. Das Byte 0 muß als letztes gesendet werden, da es im NNSR einen Interrupt auslöst. Der Spracherkennungsbaustein wird über die externe Speicheradresse FF00h angesprochen.

7.4.7 FROM_NNSR

Der Mikroprozessor sendet Host Ready an den NNSR und wartet, bis der NNSR mit Host Message antwortet. Diese Antwort löst einen Interrupt im Mikroprozessor aus, in dessen Abarbeitung das NNSR_MSG Flag gesetzt wird. Ist dies geschehen, werden die Antworten des NNSR von seinem Host Interface Port ausgelesen und in den IN_BUF geschrieben.

7.4.8 INIT_NNSR

In der Initialisierung des NNSR wird der Befehl CONFINEW mit den Optionen acoustic_feedback set und 11 verschiedene Wörter an den Spracherkennungsbaustein geschickt. Da diese Configuration von der vorherigen nicht abweicht, bleiben die gespeicherten Sprachmuster erhalten.

7.4.9 SCHLAFE

Wird im Betriebsmodus das Schlüsselwort erkannt, springt das Programm in diese Prozedur. Auf das Display wird „ICH SCHLAFE“ geschrieben, dann wird an den NNSR der Befehl LISTEN geschickt und die Antwort, auf eine positive Erkennung hin, ausgewertet. Wenn das erkannte Wort das Schlüsselwort war, wird die Prozedur wieder verlassen.

7.4.10 ERKENNUNG

Hier wird untersucht ob ein Wort als erkannt akzeptiert werden kann.

Die Schwelle für eine positive Erkennung wird wie folgt angesetzt:

correlation_code + (spectral._mom._code / 2) > 60h

Der correlation_code steht im IN_BUF+4, der spectral._mom._code im IN_BUF+5
Ergibt die Auswertung, daß ein Wort als erkannt akzeptiert ist, wird das Flag POSITIV gesetzt.

7.4.11 RELAIS_SCHALTEN

Zuerst wird überprüft, ob das Flag RELAIS gesetzt ist, dann ob das Resetwort gesprochen wurde.Wurde das Resetwort gesprochen, werden die jeweiligen Relaiseinstellungen aus dem REL_BUF ausgelesen und die dazugehörigen Zeitwerte in den REL_TIMER geschrieben. Wurde ein einzelnes Relais selektiert, wird überprüft,ob es ein oder ausgeschaltet werden soll.

- Relais soll eingeschaltet werden: Aus dem zugehörigen REL_BUF wird ausgelesen, ob das Relais konstant oder gepulst geschaltet wird. Der entsprechende Zeitwert wird in den REL_TIMER geschrieben.
- Relais soll ausgeschaltet werden: Der entsprechende Zeitwert wird in den REL_TIMER geschrieben.

7.4.12 TIMER

Diese Prozedur enthält die Zählregister für den Zeitschlitz und die Relais. Im Hintergrund des Programms läuft der Timer 0 des Mikroprozessors, dieser löst bei einem Timer overflow einen Interupt aus. Jede Sekunde wird die Timerprozedur aufgerufen und wenn nötig die Zählregister decrementiert. Steht im ZEITSCHLITZ eine Zahl grösser 0, ist die Zeit für die Bestätigung noch nicht abgelaufen.
In den Zählregistern für die Relais (REL_TIMER) können folgende Werte stehen:

- FFh Relais ist auf Dauer ein, das Zählregister wird nicht decrementiert
- 01-064h Relais ist ein, bei jedem Durchlauf der Prozedur wird das Zählregister decrementiert
- 00h Relais ist auf Dauer ausgeschaltet, das Zählregister wird bei einem Durchlauf nicht beinflußt.

7.4.13 TIMER0

Diese Prozedur ist der Zähler für den Timer 0 Interrupt. Sie wird benötigt da ca. alle 62.5 ms ein Interrupt ausgelöst wird, die Prozedur Timer aber nur 1 mal pro Sekunde aufgerufen werden soll.

7.4.14 NOT_TRAINED

Diese Fehlermeldung wird vom Betriebsmodus aus aufgerufen, wenn der NNSR nicht trainiert war.
Auf das Display wird dann „NICHT TRAINIERT“ ausgegeben.

7.4.15 SPEICHER_VOLL

Diese Fehlermeldung wird von der Prozedur TRAINW aufgerufen, wenn die maximale Anzahl speicherbarer Sprachmuster pro Wort überschritten wurde. Auf das Display wird „SPEICHER VOLL“ ausgegeben.

7.4.16 INIT_DISPLAY

In dieser Prozedur wird die Initialisierung des Displays vorgenommen. Die Bedeutung der Befehle kann aus [4] entnommen werden.

7.4.17 CLEAR_DISPLAY

Hier wird die Anzeige des Display gelöscht.

7.4.18 SEND_DISPLAY

Hier wird der Inhalt des DISP_BUF an das Display geschickt. Nach jedem Bit wird abgewartet, bis das Display wieder bereit ist.

7.4.19 LCD_RDY

In dieser Prozedur wird abgewartet bis das Display für das nächste Zeichen ist bereit.

7.4.20 TASTER2_ABF

Diese Prozedur fragt den Taster 2 ab. Es ist eine Tastenentprellung eingebaut. Wenn er gedrückt und wieder losgelassen wurde wird die Menünummer erhöht.

7.4.21 TASTER3_ABF

Diese Prozedur fragt den Taster 3 ab. Es ist eine Tastenentprellung eingebaut. Wenn er gedrückt und wieder losgelassen wurde wird die Ausgangnummer erhöht. Weiters wird aus der ASCII-Code Tabelle der ASCII-Code der Ausgangnummer für das Display geholt.

7.4.22 REL_ABF

Diese Prozedur wird aus dem Menü RELSET aufgerufen und fragt den Taster 3 ab. Es ist eine Tastenentprellung eingebaut. Wenn er gedrückt und wieder losgelassen wurde, wird die nächst mögliche Ausgangbelegung erzeugt, oder wenn alle Möglichkeiten durchgespielt wurden, die Ausgangnummer erhöht.

7.4.23 REL_EIN

In dieser Prozedur werden die Relaiseinstellung aus dem SRAM ausgelesen und in den REL_BUF übertragen.

7.4.24 TASTER4_ABF

Diese Prozedur fragt den Taster 4 ab. Es ist eine Tastenentprellung eingebaut. Wurde die Taste gedrückt und wieder losgelassen, wird das Bit QUITT gesetzt.

7.4.25 SCHLEIFE

Diese Prozedur beinhaltet die Warteschleife für die Tastenentprellung. Sie wird aufgerufen wenn Taster 2, 3 oder 4 gedrückt und wieder losgelassen werden.

7.4.26 RAM_OK

Diese Prozedur stellt sicher, daß bei der allerersten Inbetriebnahme des SRAM keine ungültigen Werte für die Relaiseinstellungen eingeschrieben sind.

7.4.27 Commands HOST -> NNSR

Hier stehen die Hexadezimal-Codes für die Befehle, die an den Spracherkennungsbaustein geschickt werden.

7.4.28 ASCII-Tabellen

In den ASCII-Tabellen stehen die ASCII-Codes für die Ausgangnummer und die Relaiseinstellungen, die am Display angezeigt werden.

8. Bedienung des Gerätes

Dieses Kapitel ist als Bedienungsanleitung, für Benutzer ohne technische Vorkenntnisse, gedacht. Sie sollten damit in der Lage sein das Gerät, in kürzester Zeit, selbständig zu bedienen.
Für genauere Informationen stehen die Kapitel 5,6,7,10 und 11 zur Verfügung.

8.1 Anschlüsse und Bedienungselemente

8.1.1 Steuermodul

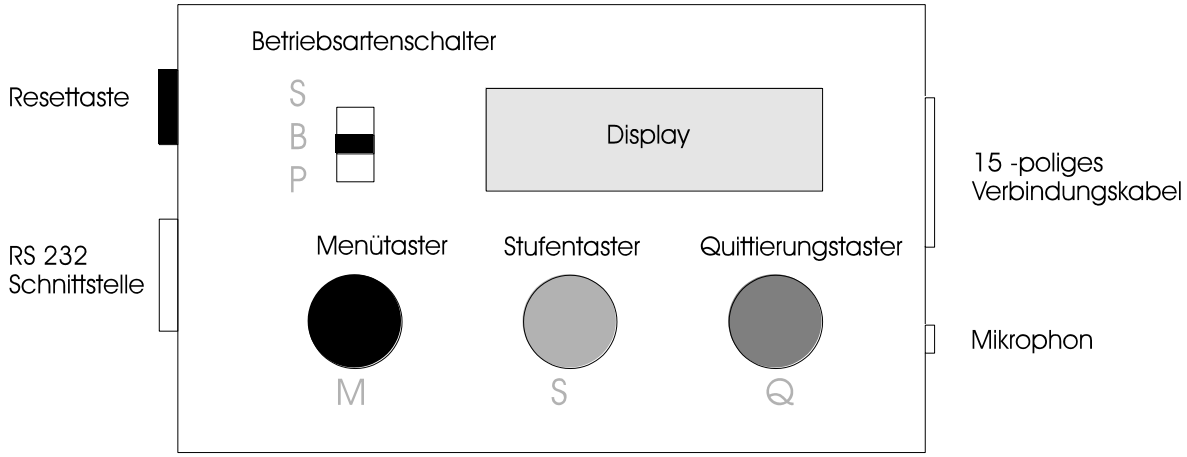


Abbildung 8.1 Gehäuse des Steuermoduls

Das Steuermodul wird mit Hilfe des 15-poligen Verbindungskabels an das Schaltmodul angeschlossen.
Da auch die Energieversorgung über dieses Kabel erfolgt, ist ohne Schaltmodul keine Funktion möglich.
Die RS 232 Schnittstelle wird nur benötigt, wenn die Steuerung der Spracherkennung über einen PC erfolgt (siehe 8.2.3 RS 232 Modus).
An die Mikrophon-Buchse wird das ME 2 (Fa. Peiker) angeschlossen.

8.1.2 Schaltmodul

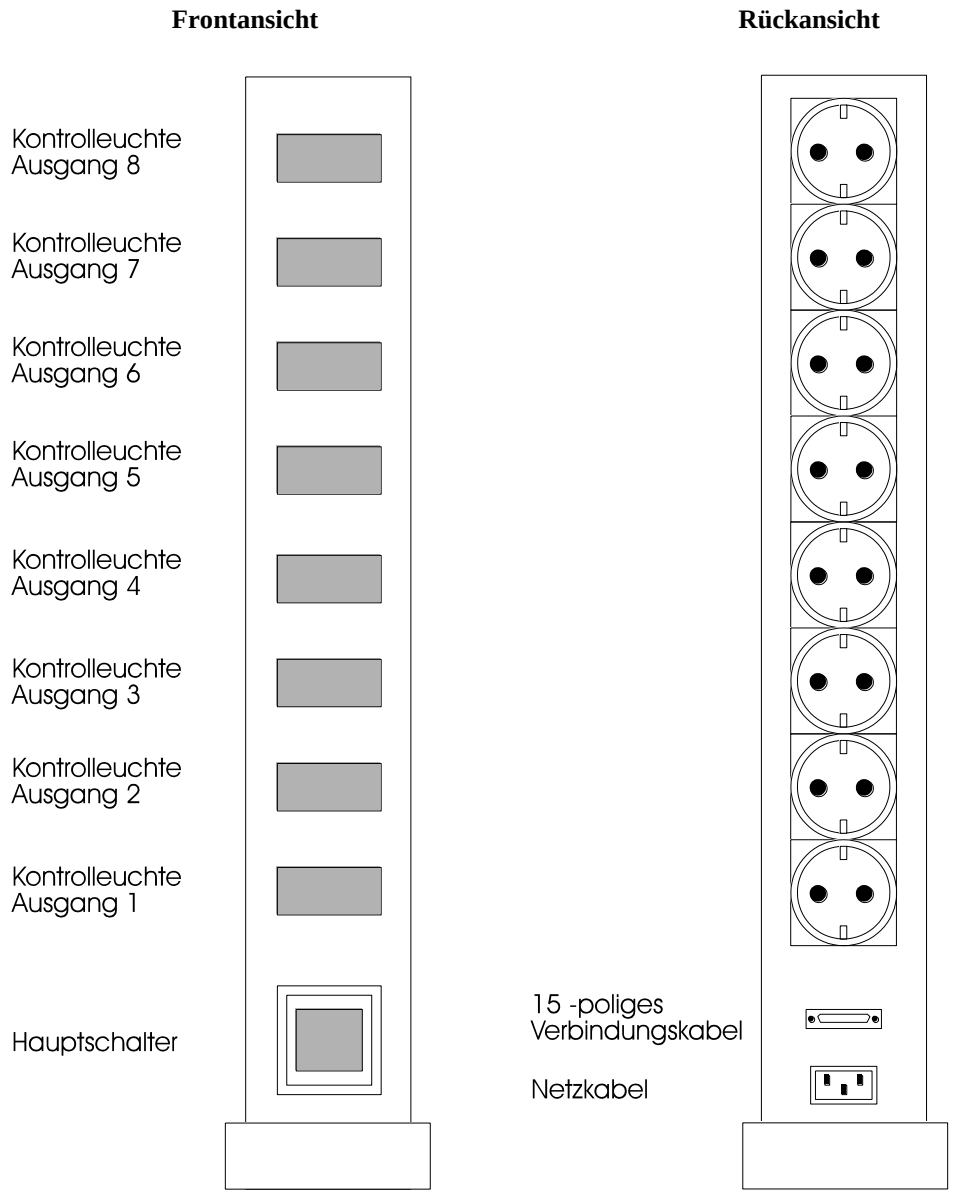


Abbildung 8.2 Gehäuse des Schaltmoduls

Das Schaltmodul wird mit Hilfe des Netzkabels an die Spannungsversorgung (220 V) angeschlossen.
Dann das Schaltmodul mit dem Steuermodul verbinden und den Hauptschalter einschalten. An die 8 Steckdosen können die Verbraucher angeschlossen werden. Dabei ist zu beachten, daß die einzelnen Verbraucher eine Leistung von 250 W nicht überschreiten dürfen und die Versorgung für maximal 2000 Watt ausgelegt ist. Das Gerät ist jetzt betriebsbereit.

8.2 Steuermodul

8.2.1 Betriebsmodus

Der Betriebsartenschalter wird in Stellung B gebracht (siehe Abbildung 8.1). War das Gerät vorher im RS 232 Modus muß die Resettaste gedrückt werden. Die Anzeige am Display erlischt nun und das Gerät ist im Betriebsmodus. Zeigt das Display statt dessen die Meldung „NICHT TRAINIERT“, muß zuvor in den Programmiermodus gegangen werden und die Trainierprozedur ausgeführt werden. Sind keine Worte abgespeichert, muß auch das zuerst vorgenommen werden (siehe 8.2.2 Programmiermodus). Im Betriebsmodus kann das Gerät über das Mikrophon angesprochen werden. Es genügt leise zu sprechen. Der Abstand Mikrophon - Mund des Sprechers sollte im Idealfall ca. 20 - 50 cm betragen, da es sich um ein Nahbesprechungsmikrophon handelt. Ist dies nicht möglich, sollten die Sprachmuster zumindest im selben Abstand gelernt werden, wie er im Betrieb vorkommt (siehe 8.2.2.1 Wort Lernen). Die Wörter sollten mit einem Abstand von ca. 2 s gesprochen werden, damit eine fehlerfreie Bearbeitung gewährleistet ist.

8.2.1.1 Schaltausgang auswählen

Mit einem der Wörter 1-8 kann ein Ausgang selektiert werden. Die korrekte Erkennung wird am Display angezeigt. Es wird noch kein Schaltvorgang eingeleitet, da erst die Bestätigung abgewartet werden muß. Kommt diese nicht innerhalb von 10 s, oder wird inzwischen ein anderer Befehl gesprochen und auch erkannt, erlischt die Selektion des Wortes wieder.

8.2.1.2 Befehl Bestätigen

Ist ein Ausgang selektiert, und kommt die Bestätigung zeitgerecht, wird ein Schaltbefehl durchgeführt.
Die Form desselben hängt von folgendem ab (siehe 8.2.2.5 Schaltausgänge definieren):

- Ausgang konstant geschaltet; Bestätigung positiv ==> Ausgang wird eingeschaltet
  War er bereits eingeschaltet, gibt es keine Änderung.
- Ausgang konstant geschaltet; Bestätigung negativ ==> Ausgang wird ausgeschaltet
  War er bereits ausgeschaltet, gibt es keine Änderung.
- Ausgang gepulst geschaltet; Bestätigung positiv ==> Ausgang wird eingeschaltet . Die Zeituhr beginnt zu laufen. Nach Ablauf der eingestellten Zeit schaltet sich der Ausgang von selbst ab.

  War er bereits eingeschaltet, bleibt er eingeschaltet, die Zeituhr wird zurückgesetz und läuft nochmals ab.
- Ausgang gepulst geschaltet; Bestätigung negativ ==> Die Zeituhr wird unterbrochen, der Ausgang sofort abgeschaltet.
  War er bereits ausgeschaltet, bleibt er ausgeschaltet.

8.2.1.3 Grundeinstellung

Wird das Resetwort (Wort R für Reset) gesprochen und positiv bestätigt, werden alle Ausgänge in einen vordefinierten Zustand gebracht (siehe 8.2.2.5 Schaltausgänge definieren).

8.2.1.4 Schlüsselwort

Wird das Schlüsselwort gesprochen, geht die Spracherkennung in einen Ruhezustand. Auf das Display wird „ICH SCHLAFE“ geschrieben, und die Spracherkennung reagiert auf keinen Befehl mehr. Wird das Schlüsselwort nochmals gesprochen geht das Gerät wieder in den normalen Betriebszustand über. Die ein- oder ausgeschalteten Ausgänge werden von diesem Befehl nicht beeinflußt.

8.2.2 Programmiermodus

Um in den Programmiermodus zu gelangen, wird der Betriebsartenschalter in Stellung P gebracht (siehe Abbildung 8.1). Befand sich das Gerät zuvor im Betriebsmodus, muß ein Wort gesprochen oder die Resettaste betätigt werden. Das Display zeigt dann „LERNEN WORT 1“. Hiermit befindet sich das Gerät im Programmiermodus.
Es stehen nun 3 Tasten zur Verfügung , um das Gerät zu bedienen:

- Menütaster
  Mit dieser Taste kann im Menü weitergeschaltet werden

  LERNEN WORT x
  LÖSCHEN WORT x
  PLAYBACK WORT x
  TRAINIEREN
  AUSGANG x K0

- Stufentaster
  Mit dieser Taste kann die Wortnummer bzw. die Ausgangsnummer erhöht werden

  Wort Nummern 1 - 8 korrespondieren mit den zugehörigen Ausgängen
  Wort R bezeichnet das Resetwort
  Wort E bezeichnet die positive Bestätigung
  Wort A bezeichnet die negative Bestätigung
  Wort S bezeichnet das Schlüsselwort

  Ausgangnummer 1 - 8 K0, K1, P1 - P 99 (siehe 8.2.2.5 Schaltausgänge definieren)

- Quittierungstaster
  Mit dieser Taste kann eine Aktion ausgeführt werden.

Diese 3 Tasten sind nur im Programmiermodus aktiv, im Betriebsmodus und im RS 232 Modus sind sie ohne Bedeutung.

8.2.2.1 Wort Lernen

Vor der Aufzeichnung sollte man sich überzeugen, ob schon Sprachmuster zu diesem Wort gespeichert sind (siehe 8.2.2.3 Playback). Ist ein unerwünschtes Muster abgespeichert, muß das Wort zuvor gelöscht werden (siehe 8.2.2.2 Wort Löschen).
Mit dem Menütaster wird „LERNEN WORT x“ aufgerufen, dann die gewünschte Wortnummer mit dem Stufentaster eingestellt. Nach Drücken und wieder Loslassen der Quittierungstaste muß unmittelbar gesprochen werden.
Zwischen den einzelnen Aufzeichnungen sollte man einige Sekunden vergehen lassen, da das Steuermodul etwas Zeit zur Verarbeitung braucht. Das aufgezeichnete Wort wird auf dem Lautsprecher wiedergegeben. Hört man nur ein Rauschen, hat man den Zeitschlitz, der zur Aufnahme zur Verfügung steht, verpaßt. Es müssen dann alle Sprachmuster, die zu diesem Wort gehören, gelöscht werden (siehe 8.2.2.2 Wort Löschen) und die Aufzeichnung für dieses Wort neu begonnen werden. Ist nichts im Lautsprecher zu hören, war nur die Zeit zwischen den einzelnen Aufzeichnungen zu kurz, die Aufzeichnung wurde nicht vorgenommen, es kann aber normal fortgefahren werden (ohne Wort Löschen und Neubeginn).
Bis zu 26 Sprachmuster pro Wort können aufgezeichnet werden. Ist diese maximale Anzahl erreicht, erscheint am Display die Meldung „ SPEICHER VOLL“. Diese Sprachmuster müssen nicht auf einmal eingelernt werden, sondern können nach und nach ergänzt werden. Wird das Steuermodul vom Netz getrennt, bleiben die gelernten Sprachmuster erhalten.

Anschließend noch einige Regeln:

- Keine Worte, die ähnlich klingen z.B. „Ein“ und „Nein“
- Keine sehr langen Worte
- Sprachmuster eventuell mit verschiedenen Hintergrundgeräuschen aufnehmen
- Worte, die nicht gut erkannt werden, nachlernen oder durch andere ersetzen
- Für das Schlüsselwort ein ungewöhnliches, im täglichen Sprachgebrauch selten vorkommendes Wort verwenden
- Einzelne Sprachmuster mit verschiedener Betonung sprechen, eventuell zu verschiedenen Tageszeiten
- Abstand und Winkel zum Mikrophon variieren

8.2.2.2 Wort Löschen

Mit dem Menütaster wird „LÖSCHEN WORT x“ aufgerufen, dann die gewünschte Wortnummer mit dem Stufentaster eingestellt. Durch Drücken der Quittierungstaste werden sämtliche zu diesem Wort gehörigen Sprachmuster gelöscht. Mit Playback Wort kann überprüft werden, ob dies auch geschehen ist (siehe 8.2.2.3 Playback).

8.2.2.3 Playback

Mit dem Menütaster wird „PLAYBACK WORT x“ aufgerufen, dann die gewünschte Wortnummer mit dem Stufentaster eingestellt. Durch drücken der Quittierungstaste kann das erste abgespeicherte Sprachmuster eines Wortes angehört werden. Ist nichts zu hören, sind keine Sprachmuster zu diesem Wort gespeichert.

8.2.2.4 Trainieren

Mit dem Menütaster wird „TRAINIEREN“ aufgerufen. Durch Drücken der Quittierungstaste wird die Prozedur gestartet. Danach kann der Betriebsartenschalter in Stellung B gebracht werden, erlischt die Anzeige, ist das Gerät betriebsbereit. Die Ausführung dieser Prozedur kann einige Minuten dauern.

Wann muß trainiert werden:

- Nachdem verschiedene Sprachmuster zu verschiedenen Wörtern gelernt wurden (siehe 8.2.2.1 Wort Lernen) und wieder in den Betriebsmodus umgeschaltet wird.
- Wenn zu einem bereits vorhandenen Wort neue Muster hinzugelernt werden.

Wann muß nicht trainiert werden:

- Wenn ein oder mehrere Wörter nur gelöscht werden.
- Wenn die Schaltausgänge neu definiert werden.
- Wenn mit Playback ein Wort angehört wird.

8.2.2.5 Schaltausgänge definieren

Mit dem Menütaster wird „AUSGANG x xxx“ aufgerufen. Der zum entsprechenden Ausgang abgespeicherte Wert wird angezeigt: z.B.: AUSGANG 3 P 5

Bedeutung der Abkürzungen:

- K 0 Der Ausgang wird konstant geschaltet wenn ein Schaltbefehl kommt (siehe 8.2.1.1 Schaltausgang auswählen). Wird das Resetwort gesprochen (siehe 8.2.1.3 Grundeinstellung), ist dieser Ausgang stromlos.
- K 1 Der Ausgang wird konstant geschaltet wenn ein Schaltbefehl kommt (siehe 8.2.1.1 Schaltausgang auswählen). Wird das Resetwort gesprochen (siehe 8.2.1.3 Grundeinstellung), ist dieser Ausgang stromführend.
- P1 - P99 Der Ausgang wird für 1 s - 99 s eingeschaltet wenn ein Schaltbefehl kommt (siehe 8.2.1.1 Schaltausgang auswählen). Wird das Resetwort gesprochen (siehe 8.2.1.3 Grundeinstellung), ist dieser Ausgang stromlos.

Mit dem Stufentaster können jetzt alle Möglichkeiten ausgehend vom abgespeicherten Wert durchgegangen werden. Der nächste Ausgang erscheint, wenn alle Werte für diesen Ausgang durchlaufen wurden, oder mit der Quittierungstaste ein Wert abgespeichert wird. Die Anzeige für diesen Ausgang beginnt wieder mit dem aktuell gespeicherten Wert.
Wird das Steuermodul vom Netz getrennt, bleibt die Ausgangsbelegung erhalten.

8.2.3 RS 232 Modus

Das Gerät wird mit einem RS 232 Kabel an einen PC angeschlossen. Um in den RS 232 Modus zu gelangen, wird der Betriebsartenschalter in Stellung S gebracht (siehe Abbildung 8.1). Befand sich das Gerät zuvor im Betriebsmodus, muß ein Wort gesprochen, oder die Resettaste betätigt werden. Das Display zeigt dann „RS 232“. Hiermit befindet sich das Gerät im RS 232 Modus. Jetzt kann die Spracherkennung über einen PC gesteuert werden. Die möglichen Befehle und die Antworten finden sich im Kapitel 5 dieser Arbeit.
Die serielle Schnittstelle arbeitet mit 9600 baud , 1 Start-, 8 Daten-,und 1 Stoppbit.
Befehle, die vom PC kommen, werden an den Spracherkennungsbaustein weitergegeben, und die Antworten an den PC zurückgeliefert.
Wurde der RS 232 Modus ohne angeschlossenen PC aktiviert, kann er durch Umstellen des Betriebsartenschalters auf B oder P und anschließendem Drücken der Resettaste wieder verlassen werden.

8.2.4 Reset

Wird die Resettaste betätigt, werden alle Ausgänge spannungslos geschaltet, und in den am Betriebsartenschalter eingestellten Modus gegangen.

8.3 Schaltmodul

Mit dem Hauptschalter werden sowohl das Schaltmodul als auch das Steuermodul eingeschaltet.
Die Kontrolleuchten zeigen an, welcher Ausgang gerade ein- oder ausgeschaltet ist.

9. Literaturverzeichnis

[1] NNSR - Hardware - Schnittstelle, Prototypbeschreibung
Siemens AG, Wien,1992

[2] NNSR Neural Net Speech Recognizer
Siemens AG, Wien,1993

[3] DSP Microcomputer mit Host Interface Port
ADSP - 2111
Analog Devices, Norwood, 1993

[4] OPTREX Liquid Crystal Display
OPTREX CORPORATION, Tokyo, 1993

[5] Microcomputer Components SAB 80C517 / 80C537
User´s Manual
Siemens AG, München, 1994

[6] Microcontroller Family SAB 8051
Pocket Guide
Siemens AG, München, 1994

[7] 8051 Cross Asembler User´s Manual
MetaLink Corporation, Arizona, 1989

[8] Friedrich, Tabellenbuch Elektrotechnik / Elektronik
Dümmler Bonn, Bonn, 1982

[9] Wolfgang L. Zagler, Franz Peter Seiler
„ Elektronische Hilfsmittel für Behinderte, Rehabilitationstechnik“
Arbeitsunterlage zur Vorlesung Rehabilitationstechnik, TU Wien, 4/1992

[10] Ditmar Schultschik
„Autonom I: Grundlagen für AUTONOM und Fernbedienungsmodul“, Diplomarbeit
TU Wien, 11/1992

[11] Jürgen Demuth
„Autonom II: Software AUTOSOFT für ein Steuerungs- und Kommunikationssystem für behinderte Menschen“, Diplomarbeit
TU Wien, 2/1993

[13] Karl Watz
„Autonom IV: Telefonsteuermodul“, Diplomarbeit
TU Wien, 11/1994

[14] Q 400 Mk II (T)

AKG Acoustics Ges.m.b.H., Wien, 1992

[15] High-speed CMOS 74HC/HCT/HCU Logic family
PHILLIPS Semiconductors, Eindhoven, 1993

[16] Distrelec Katalog
Distrelec GmbH, Wien, 1995

[17] Dallas Semiconductor Product Data Book
Dallas Semiconductor, Dallas, 1990

[18] Legrand Produktkatalog 1994/95
Legrand Österreich GmbH, Wernberg, 1994

[19] Mikrocomputerarchitektur
Prof. Dr. R. Eier
Skriptum zur Vorlesung, TU Wien, 1992

[20] Digitale Systeme
Prof. Dr. R. Eier
Skriptum zur Vorlesung, TU Wien, 1987

[21] iceMASTER User´s Manual
MetaLink Corporation, Arizona, 1991

[22] Host Demo NNSR Diskette
Siemens AG, Wien,1993

[23] QUERSCHNITT GELÄHMT
ein Rehabilitationsteam präsentiert seine Arbeitsmethoden
Allgemeine Unfallversicherungsanstalt, Wien

[24] IBM Voice Type (Personal Dictation System), Broschüre
IBM Österreich Personal Software Marketing, Wien, 1994

[25] Windows Sound System, Benutzerhandbuch
Microsoft Corporation, 1992

[26] SAB-C501 8-Bit Single Chip Microcontroller
User´s Manual
Siemens AG, München, 1993

[27] Embedded Control Handbook
Microchip Technology Inc., Chandler, 1992

[28] AUTONOM- Ein technisches Assistenzsystem für Menschen mit Bewegungs- und Mehrfachbehinderung
Christian Flachberger
Vortrag im Rahmen der integra, Fachmesse für Rehabilitation und Integration
Altenhof am Hausruck, September 1994

[29] Compose Autonomy-An Adaptable User Interface for Assistive Technology Systems
Christian Flachberger, Paul Panek, Wolfgang L. Zagler
fortec Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik,
Papier, präsentiert beim 2. TIDE Congress (The European Context for Assistive Technology), Paris, 1995

[30] Spracherkennung durch Computersysteme, Seminararbeit
Wolfgang Wangel
Institut für Wirtschaftsinformatik, Wien, 1995

10. Anhang A

10.1 Listing des Assembler Programms

Das Listing des in Kapitel 7 beschriebenen Programms

```
;       Betrieb des NNSR
;
;       by Gerhard Loidolt
;
;
; Primary controls
$MOD517
$TITLE(BETR.NNSR)
$PAGEWIDTH(120)
$DEBUG
$OBJECT
$NOPAGING
;
;
;
;       Variable declarations
;
BSEG                AT      20h             ; bitadressable segment
QUITT:              DBIT    1               ; Bit für Quittierungs-Taster
POSITIV:            DBIT    1               ; Bit für positive Erkennung
RELAIS:             DBIT    1               ; Bit für Relaisbestätigung
NNSR_MSG:           DBIT    1               ; Flag message from NNSR
                                            ; received
DISP_RS             BIT     P3.4            ; Register Select for display
DISP_RW             BIT     P3.3            ; Display read/write
DISP_E              BIT     P3.2            ; RS232
RTS_I               BIT     P1.1            ; RS232
TASTER4             BIT     P1.7            ; QUITTIERUNG_TASTER
ASCII_NUM           DATA    2Ch             ; ASCII-Code der
                                            ; AUSGANGNUMMER
AUSGANGNUMMER       DATA    2Dh
MENUENUMMER         DATA    2Eh
ZAEHLER             DATA    2Fh             ; Zähler für SCHLEIFE
;
;
DSEG                AT      30h             ; internal data memory
OUT_BUF:            DS      6               ; buffer for commands to NNSR
IN_BUF:             DS      6               ; buffer for messages from NNSR
DISP_BUF:           DS      16              ; buffer for display messages
REL_BUF:            DS      9               ; buffer für Relaiseinstellungen
REL_NUM:            DS      1               ; buffer für selectiertes Relais
REL_TIMER:          DS      9               ; buffer für Relaistimer
ZEITSCHLITZ:        DS      1               ; für Bestätigung
ZAEHLERT0:          DS      1               ; Zähler für TF0
;
                    ORG     60h             ; stack area
STACK:              DS      0
```

```
XSEG            AT      0000h                   ; gepuffertes RAM
RELAIS1:        DS      1                       ; Relais 1 konstant oder gepulst
RELAIS2:        DS      1                       ; Relais 2 konstant oder gepulst
RELAIS3:        DS      1                       ; Relais 3 konstant oder gepulst
RELAIS4:        DS      1                       ; Relais 4 konstant oder gepulst
RELAIS5:        DS      1                       ; Relais 5 konstant oder gepulst
RELAIS6:        DS      1                       ; Relais 6 konstant oder gepulst
RELAIS7:        DS      1                       ; Relais 7 konstant oder gepulst
RELAIS8:        DS      1                       ; Relais 8 konstant oder gepulst
;
XSEG            AT      0FF00h                  ;  NNSR über externe
                                                ; Speicheradresse FF00h
                                                ; angesprochen
HDR0:           DS      1                       ; external memory mapped
HDR1:           DS      1                       ; HOST DATA REGISTERS
                                                ; (HDR0 bis HDR5)

;****************Interupt Vector Tabelle*****************************************

CSEG            AT      0000h                   ; after RESET
INT_RES:        JMP     INIT                    ; jump to initialisation

; Timer 0 wird zum gepulsten schalten der Relais verwendet.
; Der Timer 0 Interrupt incrementiert den Zähler für T0
CSEG            AT      000Bh                   ; TF0
INT_TFO:        CALL    TIMER0
                RETI

; Der externe Interrupt 2 wird ausgelöst wenn der NNSR eine Antwort in seinem Register hat
CSEG            AT      004Bh                   ; external interupt 2
INT_EX2:        SETB    NNSR_MSG                ; set flag message from NNSR
                RETI

;****************Initialisierung*************************************************

INIT:           SETB    IEN0.7                  ; ermöglicht Interrupts
                SETB    IEN0.1                  ; ermöglicht TF0
                CLR     T2CON.5                 ; INT 2 auf fallende Flanke
                                                ; getriggert
                MOV     TMOD,#1h                ; T0 MOD 1
                MOV     P4,0FFh                 ; alle Relais ausschalten
                MOV     REL_TIMER+1,#00h        ; alle Relais ausschalten
                MOV     REL_TIMER+2,#00h        ; alle Relais ausschalten
                MOV     REL_TIMER+3,#00h        ; alle Relais ausschalten
                MOV     REL_TIMER+4,#00h        ; alle Relais ausschalten
                MOV     REL_TIMER+5,#00h        ; alle Relais ausschalten
                MOV     REL_TIMER+6,#00h        ; alle Relais ausschalten
                MOV     REL_TIMER+7,#00h        ; alle Relais ausschalten
                MOV     REL_TIMER+8,#00h        ; alle Relais ausschalten
                CLR     P3.5                    ; Reset des NNSR
                SETB    P3.5
                SETB    P1.4                    ; Eingang auf high
                SETB    P1.6                    ; setze HREADY
                CLR     NNSR_MSG
                SETB    IEN1.1                  ; ermöglicht INT 2
                CLR     NNSR_MSG
```

```
INIT_WAIT:      JNB     NNSR_MSG,INIT_WAIT      ; Warte auf Ready vom NNSR
                CLR     IEN1.1                  ; dreht INT 2 ab
                CLR     P1.6                    ; lösche HREADY
                SETB    TASTER4                 ; Eingang auf high
                MOV     P6,0FFh                 ; Eingang auf high
                CALL    INIT_DISPLAY            ; Initialisierung des Display
                CALL    CLEAR_DISPLAY           ; löscht das Display
                CALL    INIT_NNSR               ; Initialisierung des NNSR
                CALL    RAM_OK                  ; SRAM gültig?
                MOV     ZAEHLERT0,#0h           ; T0 Zähler zurückgesetzt
                SETB    TCON.4                  ; startet Timer 0
                JMP     MAIN_PROG               ; goto mainprogram

;***************** Mainprogramm  Betrieb des NNSR ******************************

MAIN_PROG:      MOV     A,P6
                JB      ACC.4,MAIN4             ; liest Betriebsart Schalter 1 ein
                CALL    SCHLEIFE                ; zur Schalterentprellung
                MOV     A,P6
                JB      ACC.4,MAIN4
                CALL    PROG                    ; in den Programmiermodus
                CALL    CLEAR_DISPLAY
MAIN4           MOV     A,P6
                JB      ACC.5,MAIN1             ; liest Betriebsart Schalter 5 ein
                CALL    SCHLEIFE                ; zur Schalterentprellung
                MOV     A,P6
                JB      ACC.5,MAIN1
                CALL    RS232                   ; Modus RS232
                CALL    CLEAR_DISPLAY
MAIN1:           MOV    OUT_BUF+0,#LISTEN       ; Befehl LISTEN in den
                                                ; Ausg.-Buffer
                CALL    TO_NNSR                 ; sendet Befehl zum NNSR
                CALL    FROM_NNSR               ; wartet auf Antwort
                MOV     A,IN_BUF+1              ; execution success code
                CJNE    A,#40h,MAIN7            ; executed sucessfull?
                CALL    NOT_TRAINED
                JMP     MAIN_PROG
MAIN7:          CALL    ERKENNUNG
                JB      POSITIV,MAIN2           ; Wort erkannt?
                CALL    CLEAR_DISPLAY
                JMP     MAIN_PROG               ; kein Wort erkannt
MAIN2:          MOV     A,IN_BUF+2              ; Nummer des erkanntenWortes
                CJNE    A,#0Ch,MAIN5            ; vergleicht mit Schlüsselwort
                CALL    SCHLAFE
                JMP     MAIN3
MAIN5:          MOV     A,IN_BUF+2              ; Nummer des erkannten Wortes
                CJNE    A,#0Ah,MAIN8            ; vergleicht mit Bestätigung EIN
                CALL    RELAIS_SCHALTEN
MAIN8:           MOV    A,IN_BUF+2
                CJNE    A,#0Bh,MAIN6            ; vergleicht mit Bestätigung AUS
                CALL    RELAIS_SCHALTEN
                JMP     MAIN3
```

```
MAIN6:          MOV   A,IN_BUF+2
                CLR   C
                SUBB  A,#0Ah                ; Relais selectiert ?
                                            ; Relais Nr.1-8 und Reset-Wort
                                            ; < Ah
                JNC   MAIN3
                SETB  RELAIS                ; wird gesetzt wenn ein Relais
                                            ; oder Reset-Wort selectiert
                MOV   ZEITSCHLITZ,#Ah       ; Zeitschlitz für Bestätigung öffnen
                MOV   REL_NUM,IN_BUF+2      ; in IN_BUF+2 steht die erkannte
                                            ; Wortnummer
MAIN3:          MOV   DISP_BUF+0,#20h       ; LEERZEICHEN
                MOV   DISP_BUF+1,#20h       ; LEERZEICHEN
                MOV   DISP_BUF+2,#20h       ; LEERZEICHEN
                MOV   DISP_BUF+3,#20h       ; LEERZEICHEN
                MOV   DISP_BUF+4,#20h       ; LEERZEICHEN
                MOV   DISP_BUF+5,#4Eh       ; N
                MOV   DISP_BUF+6,#52h       ; R
                MOV   DISP_BUF+7,#2Eh       ; .
                MOV   A,IN_BUF+2            ; erkannte Wortnummer
                MOV   DPTR,#ASCII_NUMM      ; DPTR steht auf ASCII_NUMM
                                            ; Tabelle
                MOVC  A,@A+DPTR             ; ASCII-Code des erkannten
                                            ; Wortes wird geladen
                MOV   ASCII_NUM,A           ; ASCII_NUM enthält ASCII-
                                            ; Code des erkannten Wortes
                MOV   DISP_BUF+8,ASCII_NUM  ; Speicherplatz-Nummer
                MOV   DISP_BUF+9,#20h       ; LEERZEICHEN
                MOV   DISP_BUF+10,#20h      ; LEERZEICHEN
                MOV   DISP_BUF+11,#20h      ; LEERZEICHEN
                MOV   DISP_BUF+12,#20h      ; LEERZEICHEN
                MOV   DISP_BUF+13,#20h      ; LEERZEICHEN
                MOV   DISP_BUF+14,#20h      ; LEERZEICHEN
                MOV   DISP_BUF+15,#20h      ; LEERZEICHEN
                CALL  CLEAR_DISPLAY
                CALL  SEND_DISPLAY
                LJMP  MAIN_PROG

;****************Programmiermodus*********************************************

PROG:           MOV   AUSGANGNUMMER,#01h    ; AUSGANGNUMMER wird auf
                                            ;1 gesetzt
                MOV   MENUENUMMER,#01h      ; MENUENUMMER wird auf
                                            ; 1 gesetzt
                MOV   ASCII_NUM,#31h
TRAINW:         ;hier wird ein Wort zuerst im recording buffer aufgenommen, dann der Inhalt
                ; des recording buffer auf den Lautsprecher ausgegeben und dann das Wort
                ; unter der angegebenen Speicherplatznummer im NNSR abgespeichert.
                MOV   A,P6
                JNB   ACC.4,WEITER1A        ; liest Betriebsart Schalter 1 ein
                CALL  SCHLEIFE              ; zur Schalterentprellung
                MOV   A,P6
                JNB   ACC.4,WEITER1A
                RET
```

```
WEITER1A:   MOV   DISP_BUF+0,#20h          ; LEERZEICHEN
            MOV   DISP_BUF+1,#4Ch          ; L
            MOV   DISP_BUF+2,#45h          ; E
            MOV   DISP_BUF+3,#52h          ; R
            MOV   DISP_BUF+4,#4Eh          ; N
            MOV   DISP_BUF+5,#45h          ; E
            MOV   DISP_BUF+6,#4Eh          ; N
            MOV   DISP_BUF+7,#20h          ;LEERZEICHEN
            MOV   DISP_BUF+8,#57h          ; W
            MOV   DISP_BUF+9,#4Fh          ; O
            MOV   DISP_BUF+10,#52h         ; R
            MOV   DISP_BUF+11,#54h         ; T
            MOV   DISP_BUF+12,#20h         ; LEERZEICHEN
            MOV   DISP_BUF+13,ASCII_NUM    ; AUSGANGSNUMMER
            MOV   DISP_BUF+14,#20h         ; LEERZEICHEN
            MOV   DISP_BUF+15,#20h         ; LEERZEICHEN
            CALL  SEND_DISPLAY
            CALL  TASTER2_ABF              ; MENÜ-TASTER
            CALL  TASTER3_ABF               ; STUFEN-TASTER
            CALL  TASTER4_ABF              ; QUITTIERUNG
            JNB   QUITT,WEITER1C           ; Keine Quittierung
                                           ; ==> überspringe AUSGABE
WEITER1B:   MOV   OUT_BUF+0,#REC_WORD      ; Wort im recording buffer
                                           ; aufzeichnen
            CALL  TO_NNSR
            CALL  FROM_NNSR
            MOV   OUT_BUF+0,#PLAYBIMM      ; Playback recording buffer
            CALL  TO_NNSR
            CALL  FROM_NNSR
            MOV   OUT_BUF+0,#STORWORD      ; Wort speichern
            MOV   OUT_BUF+1,AUSGANGNUMMER
            CALL  TO_NNSR
            CALL  FROM_NNSR
            MOV   A,IN_BUF+1               ; execution success code
            CJNE  A,#10h,WEITER1C          ; Speicher voll?
            CALL  SPEICHER_VOLL            ; „Speicher voll“ auf Display
WEITER1D:   CALL  TASTER2_ABF
            MOV   A,MENUENUMMER
            CJNE  A,#1,CLEARW              ; springt ins nächste Menü wenn
                                           ; Taste 2 betätigt
            MOV   A,AUSGANGNUMMER
            CALL  TASTER3_ABF
            CJNE  A,AUSGANGNUMMER,WEITER1C
            JMP   WEITER1D
WEITER1C:   MOV   A,MENUENUMMER
            CJNE  A,#1,CLEARW              ; springt ins nächste Menü wenn
                                           ; Taste 2 betätigt
            LJMP  TRAINW

CLEARW:     ; hier können alle abgespeicherten Sprachmuster eines Wortes gelöscht
            ; werden
            MOV   A,P6
            JNB   ACC.4,WEITER2A           ; liest Betriebsart Schalter 1 ein
            CALL  SCHLEIFE                 ; zur Schalterentprellung
            MOV   A,P6
            JNB   ACC.4,WEITER2A
            RET
```

```
WEITER2A:   MOV   DISP_BUF+0,#20h          ; LEERZEICHEN
            MOV   DISP_BUF+1,#4Ch          ; L
            MOV   DISP_BUF+2,#0EFh         ; Ö
            MOV   DISP_BUF+3,#53h          ; S
            MOV   DISP_BUF+4,#43h          ; C
            MOV   DISP_BUF+5,#48h          ; H
            MOV   DISP_BUF+6,#45h          ; E
            MOV   DISP_BUF+7,#4Eh          ; N
            MOV   DISP_BUF+8,#20h          ; LEERZEICHEN
            MOV   DISP_BUF+9,#57h          ; W
            MOV   DISP_BUF+10,#4Fh         ; O
            MOV   DISP_BUF+11,#52h         ; R
            MOV   DISP_BUF+12,#54h         ; T
            MOV   DISP_BUF+13,#20h         ; LEERZEICHEN
            MOV   DISP_BUF+14,ASCII_NUM    ; AUSGANGSNUMMER
            MOV   DISP_BUF+15,#20h         ; LEERZEICHEN
            CALL  SEND_DISPLAY
            CALL  TASTER2_ABF              ; MENÜ-TASTER
            CALL  TASTER3_ABF              ; STUFEN-TASTER
            CALL  TASTER4_ABF              ; QUITTIERUNG
            JNB   QUITT,WEITER2C           ; Keine Quittierung
                                           ; ==> überspringe AUSGABE
WEITER2B:   MOV   OUT_BUF+0,#CLEAWORD      ; Wort aus Wortspeicher löschen
            MOV   OUT_BUF+1,AUSGANGNUMMER
            CALL  TO_NNSR
            CALL  FROM_NNSR
WEITER2C:   MOV   A,MENUENUMMER
            CJNE  A,#2,PLAYBACKW           ; Springt ins nächste Menü
                                           ; wenn Taste 2 betätigt
            LJMP  CLEARW


PLAYBACKW:  ; hier kann das erste abgespeicherte Sprachmuster eines Wortes auf den
            ; Lautsprecher ausgegeben werden
            ; nur bei „acustic_feedback“  in Funktion
            MOV   A,P6
            JNB   ACC.4,WEITER3A           ; liest Betriebsart Schalter 1 ein
            CALL  SCHLEIFE                 ; zur Schalterentprellung
            MOV   A,P6
            JNB   ACC.4,WEITER3A
            RET
WEITER3A:   MOV   DISP_BUF+0,#50h          ; P
            MOV   DISP_BUF+1,#4Ch          ; L
            MOV   DISP_BUF+2,#41h          ; A
            MOV   DISP_BUF+3,#59h          ; Y
            MOV   DISP_BUF+4,#42h          ; B
            MOV   DISP_BUF+5,#41h          ; A
            MOV   DISP_BUF+6,#43h          ; C
            MOV   DISP_BUF+7,#4Bh          ; K
            MOV   DISP_BUF+8,#20h          ; LEERZEICHEN
            MOV   DISP_BUF+9,#57h          ; W
            MOV   DISP_BUF+10,#4Fh         ; O
            MOV   DISP_BUF+11,#52h         ; R
            MOV   DISP_BUF+12,#54h         ; T
            MOV   DISP_BUF+13,#20h         ; LEERZEICHEN
            MOV   DISP_BUF+14,ASCII_NUM    ; AUSGANGSNUMMER
            MOV   DISP_BUF+15,#20h         ; LEERZEICHEN
            CALL  SEND_DISPLAY
            CALL  TASTER2_ABF              ; MENÜ-TASTER
            CALL  TASTER3_ABF              ; STUFEN-TASTER
```

```
                CALL    TASTER4_ABF             ; QUITTIERUNG
                JNB     QUITT,WEITER3C          ; Keine Quittierung
                                                ; ==> überspringe AUSGABE
WEITER3B:       MOV     OUT_BUF+0,#PLAYBWOR     ; Wort auf Lautsprecher
                MOV     OUT_BUF+1,AUSGANGNUMMER
                CALL    TO_NNSR
                CALL    FROM_NNSR
WEITER3C:       MOV     A,MENUENUMMER
                CJNE    A,#3,LEARNALL           ; springt ins nächste Menü
                                                ; wenn Taste 2 betätigt
                LJMP    PLAYBACKW


LEARNALL:       ; nachdem verschiedene Wortmuster abgespeichert wurden, müssen sie
                ; mit dem Learn - Befehl gelernt werden
                MOV     A,P6
                JNB     ACC.4,WEITER4A          ; liest Betriebsart Schalter 1 ein
                CALL    SCHLEIFE
                MOV     A,P6
                JNB     ACC.4,WEITER4A
                RET
WEITER4A:       MOV     DISP_BUF+0,#20h         ; LEERZEICHEN
                MOV     DISP_BUF+1,#20h         ; LEERZEICHEN
                MOV     DISP_BUF+2,#20h         ; LEERZEICHEN
                MOV     DISP_BUF+3,#54h         ; T
                MOV     DISP_BUF+4,#52h         ; R
                MOV     DISP_BUF+5,#41h         ; A
                MOV     DISP_BUF+6,#49h         ; I
                MOV     DISP_BUF+7,#4Eh         ; N
                MOV     DISP_BUF+8,#49h         ; I
                MOV     DISP_BUF+9,#45h         ; E
                MOV     DISP_BUF+10,#52h        ; R
                MOV     DISP_BUF+11,#45h        ; E
                MOV     DISP_BUF+12,#4Eh        ; N
                MOV     DISP_BUF+13,#20h        ; LEERZEICHEN
                MOV     DISP_BUF+14,#20h        ; LEERZEICHEN
                MOV     DISP_BUF+15,#20h        ; LEERZEICHEN
                CALL    SEND_DISPLAY
                CALL    TASTER2_ABF             ; MENÜ-TASTER
                CALL    TASTER4_ABF             ; QUITTIERUNG
                JNB     QUITT,WEITER4C          ; keine Quittierung
                                                ; ==> überspringe AUSGABE
WEITER4B:       MOV     OUT_BUF+0,#LEARN
                CALL    TO_NNSR
                CALL    FROM_NNSR
                LJMP    RELSET                  ; springt nach der Learn Procedur
                                                ; ins nächste Menü
WEITER4C:       MOV     A,MENUENUMMER
                CJNE    A,#4,RELSET             ; springt ins nächste Menü
                                                ; wenn Taste 2 betätigt
                LJMP    LEARNALL
```

```
RELSET:     ; hier kann die Einstellung der Relais vorgenommen werden
            ; K0:          Relais konstant, bei Resetwort wird es ausgeschaltet
            ; K1:          Relais konstant, bei Resetwort wird es eingeschaltet
            ; P1-P99:      Relais gepulst 1-99s möglich, bei Resetwort wird es
            ;              ausgeschaltet
            ; beim anwählen eines Relais ist die zuerst angezeigte immer die im SRAM
            ; abgespeicherte
            MOV   B,#00h                    ; Hilfsacc. wird als Zähler
                                            ; verwendet
            CALL  REL_EIN                   ; von SRAM in REL_BUF
            MOV   A,AUSGANGNUMMER           ; wenn AUSGANGNUMMER
            CLR   C                         ; grösser als 8 ist
            SUBB  A,#09h                    ; auf 1 zurücksetzen
            JNC   WEITER5E
            JMP   WEITER5A
WEITER5E:   MOV   AUSGANGNUMMER,#01h
            MOV   ASCII_NUM,#31h            ; ASCII-Code für 1
WEITER5A:   MOV   A,P6
            JNB   ACC.4,WEITER5B            ; liest Betriebsart Schalter 1 ein
            CALL  SCHLEIFE
            MOV   A,P6
            JNB   ACC.4,WEITER5B
            RET
WEITER5B:   MOV   A,AUSGANGNUMMER           ; liest aktuelle Einstellung
                                            ; des Relais
            ADD   A,#REL_BUF
            MOV   R0,A
            MOV   A,@R0
            MOV    REL_BUF+0,A              ; aktuelle Einstellung des Relais
                                            ; in REL_BUF+0
            MOV   DISP_BUF+0,#41h           ; A
            MOV   DISP_BUF+1,#55h           ; U
            MOV   DISP_BUF+2,#53h           ; S
            MOV   DISP_BUF+3,#47h           ; G
            MOV   DISP_BUF+4,#41h           ; A
            MOV   DISP_BUF+5,#4Eh           ; N
            MOV   DISP_BUF+6,#47h           ; G
            MOV   DISP_BUF+7,#20h           ; LEERZEICHEN
            MOV   DISP_BUF+8,ASCII_NUM      ; AUSGANGSNUMMER
            MOV   DISP_BUF+9,#20h           ; LEERZEICHEN
            MOV   DISP_BUF+10,#20h          ; LEERZEICHEN
            MOV   DISP_BUF+11,#20h          ; LEERZEICHEN
            MOV   A,REL_BUF+0
            MOV   DPTR,#ASCII_REL1
            MOVC  A,@A+DPTR
            MOV   DISP_BUF+12,A
            MOV   A,REL_BUF+0
            MOV   DPTR,#ASCII_REL2
            MOVC  A,@A+DPTR
            MOV   DISP_BUF+13,A
            MOV   A,REL_BUF+0
            MOV   DPTR,#ASCII_REL3
            MOVC  A,@A+DPTR
            MOV   DISP_BUF+14,A
            MOV   DISP_BUF+15,#20h          ; LEERZEICHEN
            CALL  SEND_DISPLAY
            CALL  TASTER2_ABF               ; MENÜ-TASTER
            CALL  REL_ABF                   ; RELAIS-Einstellungen
            CALL  TASTER4_ABF               ; QUITTIERUNG
```

```
                JNB     QUITT,WEITER5C          ; keine Quittierung==>
                                                ; überspringe SRAM einschreiben
                INC     AUSGANGNUMMER
                MOV     A,AUSGANGNUMMER
                CJNE    A,#9,WEITER5D           ; NUR AUSGANG 1-8 möglich
                MOV     AUSGANGNUMMER,#1h
WEITER5D:       MOV     A,AUSGANGNUMMER
                MOV     DPTR,#ASCII_NUMM        ; DPTR steht auf
                                                ; ASCII_NUMM Tabelle
                MOVC    A,@A+DPTR               ; ASCII-Code d.
                                                ; AUSGANGSNUMMER wird
                                                ; geladen
                MOV     ASCII_NUM,A             ; ASCII_NUM enthält ASCII-
                                                ; Code der aktuellen
                                                ; AUSGANGSNUMMER
                MOV     B,#0h
                MOV     DPTR,#RELAIS1
                MOV     R0,#REL_BUF+1
NEXT5B:         MOV     A,@R0
                MOVX    @DPTR,A                 ; schreibt Relaiseinstellungen von
                                                ; REL_BUF in SRAM
                INC     DPTR
                INC     R0
                CJNE    R0,#REL_BUF+9,NEXT5B    ; alle Einstellungen in SRAM?
WEITER5C:       MOV     A,MENUENUMMER
                CJNE    A,#5,ZURUECK            ; springt ins nächste Menü
                                                ; wenn Taste 2 betätigt
                LJMP    WEITER5A
ZURUECK:        LJMP    TRAINW
                RET

;***************** RS 232 ***************************************************

RS232:          ; hier werden ankommende Befehle an den NNSR weitergeschickt
                ; die Antworten wieder auf die RS232 ausgeschrieben
                ; die serielle Schnittstelle ist 9600 baud, 1Startbit 8 Datenbit 1 Stopbit
        ; initialisiert
                MOV     A,P6
                JNB     ACC.5,W_232A            ; liest Betriebsart Schalter 5 ein
                CALL    SCHLEIFE
                MOV     A,P6
                JNB     ACC.5,W_232A
                RET
```

```
W_232A:             MOV   DISP_BUF+0,#20h       ; LEERZEICHEN
                    MOV   DISP_BUF+1,#20h       ; LEERZEICHEN
                    MOV   DISP_BUF+2,#20h       ; LEERZEICHEN
                    MOV   DISP_BUF+3,#20h       ; LEERZEICHEN
                    MOV   DISP_BUF+4,#20h       ; LEERZEICHEN
                    MOV   DISP_BUF+5,#52h       ; R
                    MOV   DISP_BUF+6,#53h       ; S
                    MOV   DISP_BUF+7,#20h       ; LEERZEICHEN
                    MOV   DISP_BUF+8,#32h       ; 2
                    MOV   DISP_BUF+9,#33h       ; 3
                    MOV   DISP_BUF+10,#32h      ; 2
                    MOV   DISP_BUF+11,#20h      ; LEERZEICHEN
                    MOV   DISP_BUF+12,#20h      ; LEERZEICHEN
                    MOV   DISP_BUF+13,#20h      ; LEERZEICHEN
                    MOV   DISP_BUF+14,#20h      ; LEERZEICHEN
                    MOV   DISP_BUF+15,#20h      ; LEERZEICHEN
                    CALL  SEND_DISPLAY
RS232_DOWN_INIT:                                ; Serial Interface
                    CLR   SM0                   ; Mode 1
                    SETB  SM1
                    CLR   SM20
                    SETB  REN0                  ; Empfangen
                    ANL   PCON,#7Fh             ; SMOD=0
                    CLR   BD                    ; Baudratengenerator nicht
                                                ; verwenden
                    SETB  CTS_I                 ; Eingang
                    SETB  RTS_I                 ; RTS Rücksetzen
                                                ; Timer 1 (Baudrate)
                    ORL   TMOD,#0F0h            ; TMOD=0010 xxxx B
                    ANL   TMOD,#02Fh            ; (Mode 2)
                    MOV   TH1,#0FCh             ; Reload-Wert (Baudrate)
                    MOV   TL1,#0FCh             ; Vorbelegung
                    SETB  TR1                   ; Timer starten
                    SETB  EAL                   ; Interrupts generell enable
RS232_DOWN:         MOV   R0,OUT_BUF+0
NEXT_DOWN:          ORL   IEN2,#08h             ; ES1=1
WARTE_DOWN1:        MOV   A,P6
                    JNB   ACC.5,W_232B          ; liest Betriebsart Schalter 5 ein
                    CALL  SCHLEIFE
                    MOV   A,P6
                    JNB   ACC.5,W_232B
                    RET
W_232B:             JNB   CTS_I,WARTE_DOWN1     ; CTS set?
                    ANL   IEN2,#0F7h            ; ES1=0
                    CLR   RI0                   ; Receive Flag reset
                    CLR   TI0                   ; Transmit Flag reset
                    CLR   RTS_I                 ; RTS setzen
                    ORL   IEN2,#08h
WARTE_DOWN2:        JNB   RI0,WARTE_DOWN2
                    MOV   @R0,S0BUF
                    INC   R0
WARTE_DOWN3:        JNB   CTS_I,WARTE_DOWN3
                    SETB  RTS_I
                    CJNE  R0,#OUT_BUF+6,NEXT_DOWN

                    CALL  TO_NNSR
                    CALL  FROM_NNSR
```

```
RS232_UP_INIT:      CLR   SM0                    ; Mode 1
                    SETB  SM1
                    CLR   SM20
                    CLR   REN0                   ; Senden
                    ANL   PCON,#7Fh              ; SMOD=0
                    CLR   BD                     ; Baudratengenerator nicht
                                                 ; verwenden
                    SETB  CTS_I                  ; Eingang
                    SETB  RTS_I                  ; RTS Rücksetzen
                                                 ; Timer 1 (Baudrate)
                    ORL   TMOD,#0F0h             ; TMOD=0010 xxxx B
                    ANL   TMOD,#02Fh             ; (Mode 2)
                    MOV   TH1,#0FCh              ; Reload-Wert (Baudrate)
                    MOV   TL1,#0FCh              ; Vorbelegung
                    SETB  TR1                    ; Timer starten
                    SETB  EAL                    ; Interrupts generell enable
RS232_UP:           MOV   R0,#IN_BUF+0
NEXT_UP:            CLR   RTS_I                  ; RTS setzen
                    ORL   IEN2,#08h              ; ES1=1
WARTE_UP1:          JB    CTS_I,WARTE_UP1        ; CTS set ?
                    ANL   IEN2,#0F7h             ; ES1=0
                    CLR   TI0                    ; Transmit Flag reset
                    MOV   S0BUF,@R0
                    CLR   RI0                    ; Receive Flag reset
                    ORL   IEN2,#08h
WARTE_UP2:  JNB     TI0,WARTE_UP2                ; fertig Übertragen?
WARTE_UP3:  JNB     CTS_I,WARTE_UP3
                    INC   R0
                    CJNE  R0,#IN_BUF+6,NEXT_UP   ; end of buffer?
                    SETB  RTS_I
                    LJMP  RS232
                    RET

;**************** Initialisierung des NNSR ************************************

INIT_NNSR:          ; wird die Configuration geändert werden die Wortliste und die Sprachmuster
                    ; gelöscht.
                    MOV   OUT_BUF+0,#CONFINEW    ; Configuration des NNSR
                    MOV   OUT_BUF+1,# 00h        ; acoustic_feedback set
                    MOV   OUT_BUF+2,# 0Ch        ; 11 verschiedene Wörter
                    CALL  TO_NNSR
                    CALL  FROM_NNSR
                    RET
```

```
;**************** Sende Befehl vom OUT_BUF zum NNSR ************************

TO_NNSR:        ; hier werden  Befehle, die in OUT_BUF+0 bis OUT_BUF+5 stehen an den
                ; NNSR geschickt. Das Byte 0 muß zuletzt geschickt werden, da es im NNSR
                ; einen Interrupt auslöst
                MOV   DPTR,#HDR1            ; Adresse 2.
                                            ; HOST-DATA-Register
                MOV   R0,#OUT_BUF+1         ; Adresse 2. Byte in OUT_BUF
NEXTOUT:        MOV   A,@R0                 ; lese Byte vom Buffer
                MOVX  @DPTR,A               ; schreibe in HOST-DATA-Reg.
                INC   DPTR                  ; inc. Pointer f. HOST-DATA-Reg.
                INC   R0                    ; inc. Pointer für Buffer
                CJNE  R0,#OUT_BUF+6,NEXTOUT ; Ende des Buffer?
                MOV   DPTR,#HDR0            ; JA: address 1.
                                            ; HOST-DATA-Reg.
                MOV   A,OUT_BUF+0           ; lese 1.Byte vom Buffer
                MOVX  @DPTR,A               ; schreibe in HDR0
                                            ; (Interupt in NNSR)
                RET

;**************** Lese Antwort vom NNSR ************************************

FROM_NNSR:      ; Antworten vom NNSR werden in IN_BUF+0 bis IN_BUF+5 geschrieben.
                ; Der NNSR löst über seine HMSG-Leitung einen Interrupt aus, danach
                ; werden die 6 Byte eingelesen
                CLR   NNSR_MSG
                SETB  P1.6                  ; signal HOST-READY to NNSR
                SETB  IEN1.1                ; ermöglicht INT 2
HMSG_WT:        JNB   NNSR_MSG,HMSG_WT      ; warte auf Antwort vom NNSR
                CLR   IEN1.1                ; schaltet INT 2 ab
                CLR   P1.6                  ; löscht HOST_READY
                MOV   DPTR,#HDR0            ; Adresse HDR0
                MOV   R0,#IN_BUF            ; Adresse IN_BUF+0
NEXTIN:         MOVX  A,@DPTR               ; lese Byte vom externen
                                            ; HOST-DATA-Register
                MOV   @R0,A                 ; und schreibe es in IN_BUF
                INC   DPTR
                INC   R0                    ; increment Pointer
                CJNE  R0,#IN_BUF+6,NEXTIN   ; alles eingeschrieben?
                CALL  SCHLEIFE
                RET
```

```
;**************** NNSR schläft ************************************************

SCHLAFE:        ; wird das Schlüsselwort erkannt springt der NNSR erst nach nochmaliger
                ; Erkennung des Schlüsselwortes aus dieser Routine
                CALL   CLEAR_DISPLAY
                MOV    DISP_BUF+0,#20h          ; LEERZEICHEN
                MOV    DISP_BUF+1,#20h          ; LEERZEICHEN
                MOV    DISP_BUF+2,#49h          ; I
                MOV    DISP_BUF+3,#43h          ; C
                MOV    DISP_BUF+4,#48h          ; H
                MOV    DISP_BUF+5,#20h          ; LEERZEICHEN
                MOV    DISP_BUF+6,#53h          ; S
                MOV    DISP_BUF+7,#43h          ; C
                MOV    DISP_BUF+8,#48h          ; H
                MOV    DISP_BUF+9,#4Ch          ; L
                MOV    DISP_BUF+10,#41h         ; A
                MOV    DISP_BUF+11,#46h         ; F
                MOV    DISP_BUF+12,#45h         ; E
                MOV    DISP_BUF+13,#20h         ; LEERZEICHEN
                MOV    DISP_BUF+14,#20h         ; LEERZEICHEN
                MOV    DISP_BUF+15,#20h         ; LEERZEICHEN
                CALL   SEND_DISPLAY
                MOV    OUT_BUF+0,#LISTEN
                CALL   TO_NNSR
                CALL   FROM_NNSR
                CALL   ERKENNUNG
                JB     POSITIV,WEITERSCH
                JMP    SCHLAFE
WEITERSCH:      MOV    A,IN_BUF+2
                CJNE   A,#0Ch,SCHLAFE           ; vergleicht mit Schlüsselwort
                RET

;**************** Auswertung des erkannten Wortes *******************************

ERKENNUNG:      ; ein Wort wird als Erkannt akzeptiert wenn
                ; corell. + (spectr. moment / 2) > 60h  erfüllt ist
                CLR    POSITIV
                MOV    A,IN_BUF+5               ; spetr. Moment wird in A geladen
                MOV    B,#2h
                DIV    AB
                ADD    A,IN_BUF+4               ; corell. wird in A geladen
                CLR    C
                SUBB   A,#60h                   ; Schwelle für positive Erkennung
                JC     NEGATIV_ERK              ; negative Erkennung wenn
                                                ; Carry-Flag gesetzt
                SETB   POSITIV                  ; positive Erkennung
NEGATIV_ERK:    RET
```

```
;**************** SCHALTET DIE RELAIS ************************************

RELAIS_SCHALTEN:  JB    RELAIS,REL_WEITER      ; wenn kein Relais selectiert
                                               ; zurück
                  RET
REL_WEITER:       CLR   RELAIS                 ; Bestätigung löschen
                  CALL  REL_EIN                ; liest Relaiseinstellung aus
                                               ; SRAM
                  MOV   A,REL_NUM              ; Relaisnummer
                  CJNE  A,#09h,REL_EINSCHALTEN
REL_RESET:        MOV   A,IN_BUF+2             ; Besätigung EIN oder AUS
                  CJNE  A,#0Bh,REL_RES
                  RET
REL_RES:                                       ; Reset aller Relais
                  MOV   A,REL_BUF+1            ; Einstellung von Relais 1
                  CJNE  A,#01h,REL_RES1B
                  MOV   REL_TIMER+1,#0FFh      ; Relais 1 ein
                  JMP   REL_RES2A
REL_RES1B:        MOV   REL_TIMER+1,#00h       ; Relais 1 aus
REL_RES2A:        MOV   A,REL_BUF+2
                  CJNE  A,#01h,REL_RES2B
                  MOV   REL_TIMER+2,#0FFh      ; Relais 2 ein
                  JMP   REL_RES3A
REL_RES2B:        MOV   REL_TIMER+2,#00h       ; Relais 2 aus
REL_RES3A:        MOV   A,REL_BUF+3
                  CJNE  A,#01h,REL_RES3B
                  MOV   REL_TIMER+3,#0FFh      ; Relais 3 ein
                  JMP   REL_RES4A
REL_RES3B:        MOV   REL_TIMER+3,#00h       ; Relais 3 aus
REL_RES4A:        MOV   A,REL_BUF+4
                  CJNE  A,#01h,REL_RES4B
                  MOV   REL_TIMER+4,#0FFh       ; Relais 4 ein
                  JMP   REL_RES5A
REL_RES4B:        MOV   REL_TIMER+4,#00h       ; Relais 4 aus
REL_RES5A:        MOV   A,REL_BUF+5
                  CJNE  A,#01h,REL_RES5B
                  MOV   REL_TIMER+5,#0FFh      ; Relais 5 ein
                  JMP   REL_RES6A
REL_RES5B:        MOV   REL_TIMER+5,#00h       ; Relais 5 aus
REL_RES6A:        MOV   A,REL_BUF+6
                  CJNE  A,#01h,REL_RES6B
                  MOV   REL_TIMER+6,#0FFh      ; Relais 6 ein
                  JMP   REL_RES7A
REL_RES6B:        MOV   REL_TIMER+6,#00h       ; Relais 6 aus
REL_RES7A:        MOV   A,REL_BUF+7
                  CJNE  A,#01h,REL_RES7B
                  MOV   REL_TIMER+7,#0FFh      ; Relais 7 ein
                  JMP   REL_RES8A
REL_RES7B:        MOV   REL_TIMER+7,#00h       ; Relais 7 aus
REL_RES8A:        MOV   A,REL_BUF+8
                  CJNE  A,#01h,REL_RES8B
                  MOV   REL_TIMER+8,#0FFh      ; Relais 8 ein
                  JMP   REL_EXIT
REL_RES8B:        MOV   REL_TIMER+8,#00h       ; Relais 8 aus
                  RET
```

```
REL_EINSCHALTEN:                                    ; einzelnes Relais selectiert
                    MOV     A,IN_BUF+2              ; Relais EIN oder AUS
                    CJNE    A,#0Ah,REL_AUSSCHALTEN
                    MOV     A,REL_NUM               ; Relaisnummer
                    ADD     A,#REL_BUF+0            ; Adresse des
                                                    ; angesprochenen REL_BUF
                    MOV     R0,A
                    MOV     A,@R0                   ; Einstellung des
                                                    ; angesprochenen Relais
                    MOV     REL_BUF+0,A             ; in REL_BUF+0 abgespeichert
                    CJNE    A,#00h,REL_KONSTE       ; Relais konstant
                    JMP     REL_KONSTE1
REL_KONSTE: CJNE    A,#01h,REL_PULS                 ; Relais konstant
REL_KONSTE1:        MOV     A,REL_NUM               ; Nummer des ausgewählten
                                                    ; Relais
                    ADD     A,#REL_TIMER+0          ; Adresse des Zählers
                    MOV     R0,A
                    MOV     @R0,#0FFh               ; angesprochenes Relais
                                                    ; einschalten
                    RET
REL_PULS:           MOV     A,REL_NUM               ; Nummer des ausgewählten
                                                    ; Relais
                    ADD     A,#REL_TIMER+0          ; Adresse des Zählers
                    MOV     R0,A
                    MOV     A,REL_BUF+0
                    DEC     A
                    MOV     @R0,A                   ; schreibt Pulsdauer
                                                    ; in selectierten Relaistimer
                    RET
REL_AUSSCHALTEN:
                    MOV     A,REL_NUM               ; Relaisnummer
                    ADD     A,#REL_TIMER+0          ; Adresse des Zählers
                    MOV     R0,A
                    MOV     @R0,#000h               ; angesprochenes Relais
                                                    ; ausschalten
REL_EXIT:           RET

;**************** ZÄHLER für die Relais ***************************************

TIMER:              ; nachdem ein Relais selectiert wurde, muß innerhalb von 10 s eine Bestätigung
                    ; kommen. Ist diese Zeit überschritten, wird die Selection wieder gelöscht
                    JNB     RELAIS,REL_TI1          ; Relais selectiert ?
                    DEC     ZEITSCHLITZ             ; Zeit läuft ab
                    MOV     A,ZEITSCHLITZ
                    CJNE    A,#00h,REL_TI1      ; Zeit abgelaufen?
                    CLR     RELAIS                  ; Selection löschen
                    ; in REL_TIMER steht ob das Relais ein- ,aus- oder gepulst geschaltet wird
                    ; FFh          Relais ein
                    ; 00h          Relais aus
                    ; 0-63h        Relais ein, Zähler wird im Sekundentakt decrementiert
REL_TI1:            MOV     A,REL_TIMER+1
                    CJNE    A,#0FFh,REL_TI1A
                    CLR     P4.0                    ; Relais 1 ein
                    JMP     REL_TI2
REL_TI1A:           CJNE    A,#000h,REL_TI1B
                    SETB    P4.0                    ; Relais 1 aus
                    JMP     REL_TI2
REL_TI1B:           DEC     REL_TIMER+1             ; Relais 1 gepulst
                    CLR     P4.0
REL_TI2:            MOV     A,REL_TIMER+2
```

```
                CJNE    A,#0FFh,REL_TI2A
                CLR     P4.1
                JMP     REL_TI3
REL_TI2A:       CJNE    A,#000h,REL_TI2B
                SETB    P4.1
                JMP     REL_TI3
REL_TI2B:       DEC     REL_TIMER+2
                CLR     P4.1
REL_TI3:        MOV     A,REL_TIMER+3
                CJNE    A,#0FFh,REL_TI3A
                CLR     P4.2
                JMP     REL_TI4
REL_TI3A:       CJNE    A,#000h,REL_TI3B
                SETB    P4.2
                JMP     REL_TI4
REL_TI3B:       DEC     REL_TIMER+3
                CLR     P4.2
REL_TI4:        MOV     A,REL_TIMER+4
                CJNE    A,#0FFh,REL_TI4A
                CLR     P4.3
                JMP     REL_TI5
REL_TI4A:       CJNE    A,#000h,REL_TI4B
                SETB    P4.3
                JMP     REL_TI5
REL_TI4B:       DEC     REL_TIMER+4
                CLR     P4.3
REL_TI5:        MOV     A,REL_TIMER+5
                CJNE    A,#0FFh,REL_TI5A
                CLR     P4.4
                JMP     REL_TI6
REL_TI5A:       CJNE    A,#000h,REL_TI5B
                SETB    P4.4
                JMP     REL_TI6
REL_TI5B:       DEC     REL_TIMER+5
                CLR     P4.4
REL_TI6:        MOV     A,REL_TIMER+6
                CJNE    A,#0FFh,REL_TI6A
                CLR     P4.5
                JMP     REL_TI7
REL_TI6A:       CJNE    A,#000h,REL_TI6B
                SETB    P4.5
                JMP     REL_TI7
REL_TI6B:       DEC     REL_TIMER+6
                CLR     P4.5
REL_TI7:        MOV     A,REL_TIMER+7
                CJNE    A,#0FFh,REL_TI7A
                CLR     P4.6
                JMP     REL_TI8
REL_TI7A:       CJNE    A,#000h,REL_TI7B
                SETB    P4.6
                JMP     REL_TI8
REL_TI7B:       DEC     REL_TIMER+7
                CLR     P4.6
REL_TI8:        MOV     A,REL_TIMER+8
                CJNE    A,#0FFh,REL_TI8A
                CLR     P4.7
                JMP     TIMER_END
```

```
REL_TI8A:           CJNE    A,#000h,REL_TI8B
                    SETB    P4.7
                    JMP     TIMER_END
REL_TI8B:           DEC     REL_TIMER+8
                    CLR     P4.7
TIMER_END:  RET

;***************** Zähler für T0 *********************************************

TIMER0:             ; wenn der Timer 0 einen Interrupt auslöst wird der ZAEHLERT0
                    ; incrementiert. Wenn er von 0-Fh gezählt hat ist ca. 1 Sekunde vergangen
                    ; und die Routine TIMER aufgerufen
                    INC     ZAEHLERT0
                    MOV     A,ZAEHLERT0
                    CJNE    A,#0Fh,TIMER0_W
                    MOV     ZAEHLERT0,#0h
                    CALL    TIMER
TIMER0_W:           RET

;***************** Fehlermeldung "nicht trainiert" ***************************

NOT_TRAINED:        MOV     DISP_BUF+0,#20h         ; LEERZEICHEN
                    MOV     DISP_BUF+1,#4Eh         ; N
                    MOV     DISP_BUF+2,#49h         ; I
                    MOV     DISP_BUF+3,#43h         ; C
                    MOV     DISP_BUF+4,#48h         ; H
                    MOV     DISP_BUF+5,#54h         ; T
                    MOV     DISP_BUF+6,#20h         ; LEERZEICHEN
                    MOV     DISP_BUF+7,#54h         ; T
                    MOV     DISP_BUF+8,#52h         ; R
                    MOV     DISP_BUF+9,#41h         ; A
                    MOV     DISP_BUF+10,#49h        ; I
                    MOV     DISP_BUF+11,#4Eh        ; N
                    MOV     DISP_BUF+12,#49h        ; I
                    MOV     DISP_BUF+13,#45h        ; E
                    MOV     DISP_BUF+14,#52h        ; R
                    MOV     DISP_BUF+15,#54h        ; T
                    CALL    SEND_DISPLAY
                    RET
```

```
;**************** Fehlermeldung "Speicher voll" ********************************

SPEICHER_VOLL:  MOV   DISP_BUF+0,#20h          ; LEERZEICHEN
                MOV   DISP_BUF+1,#20h          ; LEERZEICHEN
                MOV   DISP_BUF+2,#53h          ; S
                MOV   DISP_BUF+3,#50h          ; P
                MOV   DISP_BUF+4,#45h          ; E
                MOV   DISP_BUF+5,#49h          ; I
                MOV   DISP_BUF+6,#43h          ; C
                MOV   DISP_BUF+7,#48h          ; H
                MOV   DISP_BUF+8,#45h          ; E
                MOV   DISP_BUF+9,#52h          ; R
                MOV   DISP_BUF+10,#20h         ; LEERZEICHEN
                MOV   DISP_BUF+11,#56h         ; V
                MOV   DISP_BUF+12,#4Fh         ; O
                MOV   DISP_BUF+13,#4Ch         ; L
                MOV   DISP_BUF+14,#4Ch         ; L
                MOV   DISP_BUF+15,#20h         ; LEERZEICHEN
                CALL  CLEAR_DISPLAY
                CALL  SEND_DISPLAY
                RET

;**************** Initialisierung des Display ***************************************

INIT_DISPLAY:   MOV   DISP_BUF+0,#110000b      ; Function set
                MOV   DISP_BUF+1,#001000b      ; Display off
                MOV   DISP_BUF+2,#000001b      ; Clear Display
                MOV   DISP_BUF+3,#000010b      ; Cursor at Home
                MOV   DISP_BUF+4,#001100b      ; Display on
                MOV   DISP_BUF+5,#000000b      ; schrweibe "end of text"
                MOV   R0,#DISP_BUF             ; Adresse von DISP_BUF
INIT_DIS0:      CALL  LCD_RDY
                CLR   DISP_RW
                SETB  DISP_E                   ; set Display enable
                MOV   P5,@R0                   ; Befehl ins Display- Register
                CLR   DISP_E                   ; falling edge of enable
                SETB  DISP_RW
                INC   R0                       ; increment pointer for buffer
                CJNE  @R0,#00H,INIT_DIS0       ; Ende ?
                SETB  DISP_RS                  ; Register Select on "data"
                RET

;**************** Clear Display ****************************************************

CLEAR_DISPLAY:  CALL  LCD_RDY
                CLR   DISP_RW
                SETB  DISP_E                   ; set display enable
                MOV   P5,#01H                  ; "clear display"
                CLR   DISP_E                    ; falling edge of enable
                SETB   DISP_RW
                SETB  DISP_RS                  ; Register Select on "data"
                RET
```

```
;**************** sende ASCII- Code von DISP_BUF zum Display ******************

SEND_DISPLAY:   MOV   R0,#DISP_BUF              ; Adresse des DISP_BUF
SEND_NEXT:      CALL  LCD_RDY
                SETB  DISP_RS                   ; Register Select on "data"
                CLR   DISP_RW
                SETB  DISP_E                    ; set display enable
                MOV   P5,@R0                    ; schreibe nächsten ASCII-Code
                                                ; zum Display
                CLR   DISP_E                    ; falling edge of enable
                SETB  DISP_RW
                INC   R0                        ; increment Pointer
                CJNE  R0,#DISP_BUF+16,SEND_NEXT         ; Ende ?
                RET                             ; Ja

;**************** Abfrage ob LCD bereit ***************************************

LCD_RDY:        CLR   DISP_E
                CLR   DISP_RS                   ; Register Select on "command"
                SETB  DISP_RW                   ; BUSY-Flag lesen
                SETB  DISP_E
                MOV   P5,0FFh                   ; P5 muß high sein beim lesen
                JB    P5.7,LCD_RDY              ; warte bis Display not busy
                CLR   DISP_E
                RET
;**************** Abfrage von Taster 2 ****************************************

TASTER2_ABF:    MOV   A,P6
                JB    ACC.6,ZURUECK_T2          ; MENÜ-TASTER wird abgefragt
                CALL  SCHLEIFE                  ; Zählschleife zur
                                                ; Tastenentprellung
                MOV   A,P6
                JB    ACC.6,ZURUECK_T2          ; MENÜ-TASTER wird
                                                ; nochmals abgefragt
WARTE_T2:       MOV   A,P6
                JNB   ACC.6,WARTE_T2            ; Wartet auf loslassen der Taste
                CALL  SCHLEIFE                  ; Zählschleife zur
                                                ; Tastenentprellung
                MOV   A,P6
                JNB   ACC.6,WARTE_T2            ; MENÜ-TASTER wird
                                                ; nochmals abgefragt
                INC   MENUENUMMER
                MOV   A,MENUENUMMER
                CJNE  A,#6,ZURUECK_T2           ; NUR MENÜ 1-5 möglich
                MOV   MENUENUMMER,#1h
ZURUECK_T2:     RET

;**************** Abfrage von Taster 3 ****************************************

TASTER3_ABF:    MOV   A,P6
                JB    ACC.7,ZURUECK_T3          ; STUFEN-TASTER
                                                ; wird abgefragt
                CALL  SCHLEIFE                  ; Zählschleife zur
                                                ; Tastenentprellung
                MOV   A,P6
                JB    ACC.7,ZURUECK_T3          ; STUFEN-TASTER wird
                                                ; nochmals abgefragt
WARTE_T3:       MOV   A,P6
                JNB   ACC.7,WARTE_T3            ; Wartet auf loslassen der Taste
```

```
                CALL    SCHLEIFE                ; Zählschleife zur
                                                ; Tastenentprellung
                MOV     A,P6
                JNB     ACC.7,WARTE_T3          ; STUFEN-TASTER wird
                                                ; nochmals abgefragt
                INC     AUSGANGNUMMER           ; nächster AUSGANG
                MOV     A,AUSGANGNUMMER
                CJNE    A,#13,WEITER_T3         ; NUR AUSGANG 1-12 möglich
                MOV     AUSGANGNUMMER,#1h
WEITER_T3:      MOV     A,AUSGANGNUMMER
                MOV     DPTR,#ASCII_NUMM        ; DPTR steht auf
                                                ; ASCII_NUMM Tabelle
                MOVC    A,@A+DPTR               ; ASCII-Code der
                                                ; AUSGANGSNUMMER wird
                                                ; geladen
                MOV     ASCII_NUM,A             ; ASCII_NUM enthält
                                                ; ASCII-Code der aktuellen
                                                ; AUSGANGSNUMMER
ZURUECK_T3:     RET
```

```
;**************** Abfrage von Taster 3 und Relaiseinstellung **********************

REL_ABF:        MOV   A,P6
                JB    ACC.7,ZURUECK_REL       ; STUFEN-TASTER wird
                                              ; abgefragt
                CALL  SCHLEIFE                ; Zählschleife zur
                                          ; Tastenentprellung
                MOV   A,P6
                JB    ACC.7,ZURUECK_REL       ; STUFEN-TASTER wird
                                              ; nochmals abgefragt
WARTE_REL:      MOV   A,P6
                JNB   ACC.7,WARTE_REL         ; Wartet auf loslassen der Taste
                CALL  SCHLEIFE                ; Zählschleife zur
                                          ; Tastenentprellung
                MOV   A,P6
                JNB   ACC.7,WARTE_REL         ; STUFEN-TASTER wird
                                              ; nochmals abgefragt
                MOV   A,REL_BUF+0
                MOV   A,B
                CJNE  A,#64h,WEITER_REL2
                CALL  REL_EIN
                MOV   B,#00h
                INC   AUSGANGNUMMER           ; nächster AUSGANG
                MOV   A,AUSGANGNUMMER
                CJNE  A,#9,WEITER_REL1        ; NUR AUSGANG 1-8 möglich
                MOV   AUSGANGNUMMER,#1h
WEITER_REL1:    MOV   A,AUSGANGNUMMER
                MOV   DPTR,#ASCII_NUMM        ; DPTR steht auf
                                              ; ASCII_NUMM Tabelle
                MOVC  A,@A+DPTR               ; ASCII-Code der
                                              ; AUSGANGSNUMMER wird
                                              ; geladen
                MOV   ASCII_NUM,A             ; ASCII_NUM enthält
                                              ; ASCII-Code der aktuellen
                                              ; AUSGANGSNUMMER
                JMP   ZURUECK_REL
WEITER_REL2:    INC   B
                INC   REL_BUF+0
                MOV   A,REL_BUF+0
                CJNE  A,#065h,WEITER_REL3
                MOV   REL_BUF+0,#00h
WEITER_REL3:    MOV   A,AUSGANGNUMMER
                ADD   A,#REL_BUF
                MOV   R0,A
                MOV   @R0,REL_BUF+0
ZURUECK_REL:    RET

;**************** Liest Relaiseinstellung in REL_BUF ein ***************************

REL_EIN:        MOV   DPTR,#RELAIS1
                MOV   R0,#REL_BUF+1
REL_EINA:       MOVX  A,@DPTR                 ; ladet Relaiseinstellungen vom
                                              ; SRAM in REL_BUF
                MOV   @R0,A
                INC   DPTR
                INC   R0
                CJNE  R0,#REL_BUF+9,REL_EINA  ; alle Einstellungen
                                              ; geladen?
                RET
```

```
;**************** Abfrage von Taster 4 ****************************************

TASTER4_ABF:    CLR   QUITT                    ; Quittierungsbit wird gelöscht
                JB    TASTER4,ZURUECK_T4       ; QUITTIERUNG wird abgefragt
                CALL  SCHLEIFE                 ; Zählschleife zur
                                               ; Tastenentprellung
                JB    TASTER4,ZURUECK_T4       ; QUITTIERUNG wird nochmals
                                               ; abgefragt
WARTE_T4:       JNB   TASTER4,WARTE_T4         ; Wartet auf loslassen der Taste
                CALL  SCHLEIFE                 ; Zählschleife zur
                                               ; Tastenentprellung
                JNB   TASTER4,WARTE_T4         ; QUITTIERUNG wird nochmals
                                               ; abgefragt
                SETB  QUITT                    ; Quittierungsbit wird gesetzt
ZURUECK_T4:     RET

;**************** Zählschleife zur Tastenentprellung*******************************

SCHLEIFE:       MOV   ZAEHLER,#0FFFFh          ; Zähler wird auf FFh gesetzt
WARTESCHLEIFE:  ACALL SCHLEIFE10               ; Springt zur  Schleife
                ACALL SCHLEIFE10               ; Springt zur  Schleife
                ACALL SCHLEIFE10               ; Springt zur  Schleife
                DJNZ  ZAEHLER,WARTESCHLEIFE
                RET
SCHLEIFE10:     NOP
                NOP
                RET

;**************** ÜBERPRÜFUNG OB RELAISEINSTELLUNGEN GÜLTIG ********

RAM_OK:         ;wird nur bei der allerersten Inbetriebnahme des gepufferten SRAM benötigt
                CALL  REL_EIN
                MOV   R0,#REL_BUF+1
                MOV   DPTR,#RELAIS1
RAM_OK1:        MOV   A,@R0
                CLR   C
                SUBB  A,#65h                   ; Zahl > 64h ungültige Einstellung
                JNC   RAM_OK2
                JMP   RAM_OK3
RAM_OK2:        MOV   A,#00h                   ; setzt Relais auf konstant,
                                               ; bei Reset offen
                MOVX  @DPTR,A
RAM_OK3:        INC   R0
                INC   DPTR
                CJNE  R0,#REL_BUF+9,RAM_OK1
                RET
```

```
;****************Commands Host -> NNSR*************************************

;OPCODE (OUT_BUF)   +(Param.No.1)   +(Param.No.2)

SENDSTAT    EQU 00H                                          ;Send Status
SENDCONF    EQU 01H                                          ;Send Configuration
CONFINEW    EQU 02H;Configure NNSR new +(acoustic feedback) +(Number of Words)
INIWORDS    EQU 03H                                          ;Initialize words
INFOWORD    EQU 10H                                          ;Send Wordinfo  +(wordindex)
CLEAWORD    EQU 11H                                          ;Clear Word     +(wordindex)
REC_WORD    EQU 18H                                          ;Record word
PLAYBIMM    EQU 19H                                          ;Playback immediate)
PLAYBWOR    EQU 1AH                                          ;Playback word  +(wordindex)
STORWORD    EQU 1BH                                          ;Store word     +(wordindex)
LEARN       EQU 1CH                                          ;Learn
LISTEN      EQU 1EH                                          ;Listen for recognize

;**************** ASCII-TABELLEN *********************************************

ASCII_NUMM:         DB      30h             ; 0
                    DB      31h             ; 1
                    DB      32h             ; 2
                    DB      33h             ; 3
                    DB      34h             ; 4
                    DB      35h             ; 5
                    DB      36h             ; 6
                    DB      37h             ; 7
                    DB      38h             ; 8
                    DB      52h             ; R für Reset
                    DB      45h             ; E für Bestätigung EIN
                    DB      41h             ; A für Bestätigung AUS
                    DB      53h             ; S für Schlüsselwort

ASCII_REL1:         DB      4Bh             ; K
                    DB      4Bh             ; K
                    DB      50h             ; P             1
                    DB      50h             ; P
                    DB      50h             ; P
                    DB      50h             ; P
                    DB      50h             ; P
                    DB      50h             ; P
                    DB      50h             ; P
                    DB      50h             ; P
                    DB      50h             ; P             9
                    DB      50h             ; P             10
                    DB      50h             ; P
                    DB      50h             ; P
                    DB      50h             ; P
                    DB      50h             ; P
                    DB      50h             ; P
                    DB      50h             ; P
                    DB      50h             ; P
                    DB      50h             ; P
                    DB      50h             ; P             19
                    DB      50h             ; P             20
                    DB      50h             ; P
                    DB      50h             ; P
                    DB      50h             ; P
                    DB      50h             ; P
                    DB      50h             ; P
```

```
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P             29
DB      50h             ; P             30
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P             39
DB      50h             ; P             40
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P             49
DB      50h             ; P             50
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P             59
DB      50h             ; P             60
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P             69
DB      50h             ; P             70
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P             79
DB      50h             ; P             80
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
DB      50h             ; P
```

```
                DB      50h             ; P
                DB      50h             ; P
                DB      50h             ; P
                DB      50h             ; P             89
                DB      50h             ; P             90
                DB      50h             ; P
                DB      50h             ; P
                DB      50h             ; P
                DB      50h             ; P
                DB      50h             ; P
                DB      50h             ; P
                DB      50h             ; P
                DB      50h             ; P
                DB      50h             ; P             99

ASCII_REL2:     DB      30h             ; 0
                DB      31h             ; 1
                DB      32h             ; 2
                DB      33h             ; 3
                DB      34h             ; 4
                DB      35h             ; 5
                DB      36h             ; 6
                DB      37h             ; 7
                DB      38h             ; 8
                DB      39h             ; 9
                DB      31h             ; 1             10
                DB      31h             ; 1
                DB      31h             ; 1
                DB      31h             ; 1
                DB      31h             ; 1
                DB      31h             ; 1
                DB      31h             ; 1
                DB      31h             ; 1
                DB      31h             ; 1
                DB      31h             ; 1
                DB      31h             ; 1
                DB      32h             ; 2             20
                DB      32h             ; 2
                DB      32h             ; 2
                DB      32h             ; 2
                DB      32h             ; 2
                DB      32h             ; 2
                DB      32h             ; 2
                DB      32h             ; 2
                DB      32h             ; 2
                DB      32h             ; 2
                DB      32h             ; 2
                DB      33h             ; 3             30
                DB      33h             ; 3
                DB      33h             ; 3
                DB      33h             ; 3
                DB      33h             ; 3
                DB      33h             ; 3
                DB      33h             ; 3
                DB      33h             ; 3
                DB      33h             ; 3
                DB      33h             ; 3
                DB      33h             ; 3
                DB      34h             ; 4             40
                DB      34h             ; 4
                DB      34h             ; 4
                DB      34h             ; 4
                DB      34h             ; 4
```

```
                DB      34h             ; 4
                DB      34h             ; 4
                DB      34h             ; 4
                DB      34h             ; 4
                DB      34h             ; 4
                DB      35h             ; 5             50
                DB      35h             ; 5
                DB      35h             ; 5
                DB      35h             ; 5
                DB      35h             ; 5
                DB      35h             ; 5
                DB      35h             ; 5
                DB      35h             ; 5
                DB      35h             ; 5
                DB      35h             ; 5
                DB      35h             ; 5
                DB      36h             ; 6             60
                DB      36h             ; 6
                DB      36h             ; 6
                DB      36h             ; 6
                DB      36h             ; 6
                DB      36h             ; 6
                DB      36h             ; 6
                DB      36h             ; 6
                DB      36h             ; 6
                DB      36h             ; 6
                DB      36h             ; 6
                DB      37h             ; 7             70
                DB      37h             ; 7
                DB      37h             ; 7
                DB      37h             ; 7
                DB      37h             ; 7
                DB      37h             ; 7
                DB      37h             ; 7
                DB      37h             ; 7
                DB      37h             ; 7
                DB      37h             ; 7
                DB      37h             ; 7
                DB      38h             ; 8             80
                DB      38h             ; 8
                DB      38h             ; 8
                DB      38h             ; 8
                DB      38h             ; 8
                DB      38h             ; 8
                DB      38h             ; 8
                DB      38h             ; 8
                DB      38h             ; 8
                DB      38h             ; 8
                DB      38h             ; 8
                DB      39h             ; 9             90
                DB      39h             ; 9
                DB      39h             ; 9
                DB      39h             ; 9
                DB      39h             ; 9
                DB      39h             ; 9
                DB      39h             ; 9
                DB      39h             ; 9
                DB      39h             ; 9
                DB      39h             ; 9
                DB      39h             ; 9             99

ASCII_REL3:     DB      20h             ; LEERZEICHEN
                DB      20h             ; LEERZEICHEN
                DB      20h             ; LEERZEICHEN
                DB      20h             ; LEERZEICHEN
```

```
DB      20h             ; LEERZEICHEN
DB      20h             ; LEERZEICHEN
DB      20h             ; LEERZEICHEN
DB      20h             ; LEERZEICHEN
DB      20h             ; LEERZEICHEN
DB      20h             ; LEERZEICHEN
DB      20h             ; LEERZEICHEN
DB      30h             ; 0             10
DB      31h             ; 1
DB      32h             ; 2
DB      33h             ; 3
DB      34h             ; 4
DB      35h             ; 5
DB      36h             ; 6
DB      37h             ; 7
DB      38h             ; 8
DB      39h             ; 9
DB      30h             ; 0             20
DB      31h             ; 1
DB      32h             ; 2
DB      33h             ; 3
DB      34h             ; 4
DB      35h             ; 5
DB      36h             ; 6
DB      37h             ; 7
DB      38h             ; 8
DB      39h             ; 9
DB      30h             ; 0             30
DB      31h             ; 1
DB      32h             ; 2
DB      33h             ; 3
DB      34h             ; 4
DB      35h             ; 5
DB      36h             ; 6
DB      37h             ; 7
DB      38h             ; 8
DB      39h             ; 9
DB      30h             ; 0             40
DB      31h             ; 1
DB      32h             ; 2
DB      33h             ; 3
DB      34h             ; 4
DB      35h             ; 5
DB      36h             ; 6
DB      37h             ; 7
DB      38h             ; 8
DB      39h             ; 9
DB      30h             ; 0             50
DB      31h             ; 1
DB      32h             ; 2
DB      33h             ; 3
DB      34h             ; 4
DB      35h             ; 5
DB      36h             ; 6
DB      37h             ; 7
DB      38h             ; 8
DB      39h             ; 9
DB      30h             ; 0             60
DB      31h             ; 1
DB      32h             ; 2
```

```
                DB      33h             ; 3
                DB      34h             ; 4
                DB      35h             ; 5
                DB      36h             ; 6
                DB      37h             ; 7
                DB      38h             ; 8
                DB      39h             ; 9
                DB      30h             ; 0             70
                DB      31h             ; 1
                DB      32h             ; 2
                DB      33h             ; 3
                DB      34h             ; 4
                DB      35h             ; 5
                DB      36h             ; 6
                DB      37h             ; 7
                DB      38h             ; 8
                DB      39h             ; 9
                DB      30h             ; 0             80
                DB      31h             ; 1
                DB      32h             ; 2
                DB      33h             ; 3
                DB      34h             ; 4
                DB      35h             ; 5
                DB      36h             ; 6
                DB      37h             ; 7
                DB      38h             ; 8
                DB      39h             ; 9
                DB      30h             ; 0             90
                DB      31h             ; 1
                DB      32h             ; 2
                DB      33h             ; 3
                DB      34h             ; 4
                DB      35h             ; 5
                DB      36h             ; 6
                DB      37h             ; 7
                DB      38h             ; 8
                DB      39h             ; 9             99

END
```

10.2 Listing des Turbo Pascal Programms

Listing des in Kapitel 4 beschriebenen Programms

```
program sr;

uses crt, dos;

{Programm zur Ansteuerung des NNSR Prototyp}

var
        richtig, x, y: char;
        N: longint;
        pfiff: char;
        aux: file of char;

funktion readchar: Char;                    {Lesen eines Zeichens von der seriellen Schnittstelle}

var
        r: Registers;

begin
        r.AH:=2;
        r.DX:=0;
        Intr($14,r);
        readchar:= Char(r.AL);
end;

procedure Ausgabe;

begin
        {$I-}
        write(aux,y);
        if ioresult<> 0 then
        writeln(´Plotterfehler´);
        {$I+}
end;

procedure init;                             {Initialisierung der seriellen Schnittstelle}

var
        r: Registers;

begin
        r.AH:= $00;
        r.AL:= $BB;                         {2400 baud,  8 Datenbits, 1Stoppbit, Parität even}
        r.DX:= $00;
        intr($14,r);
end;
```

```
procedure lesen (var richtig:char);

var
        Wert: char;

        begin
                {$ I-}
                for N:=0 to 30 do
                begin
                        wert:= readchar;
                        if  N=24 then
                        begin
                                richtig:= wert;
                                case wert of
                                #49: writeln (´Richtig´);
                                #50: writeln (´Falsch´);
                                #51: writeln (´Telefon´);
                                #52: writeln (´Sprechanlage´);
                                #53: writeln (´Licht´);
                                #54: writeln (´Fernseher´);
                                #55: writeln (´Radio´);
                                #56: writeln (´Eingabe´);
                                #57: writeln (´Ausschalten´);
                        end
                end;
        end;
writeln;
{$I+}
end;

begin                                                   {Hauptprogramm}
        writeln(´Programm starten  J´)
        readln (pfiff);
        if pfiff = ´J´ then
        repeat
                sound (440);
                delay (200);
                nosound;
                repeat
                        haupt;
                        writeln (´Ist der Befehl richtig ?´);
                        writeln (´Richtig/Falsch´);
                        haupt;
                        writeln (´Wert: ´, richtig ?´);
        until richtig = #49;
        writeln (´Beenden J/N´);
        readln (pfiff);
        until pfiff = ´J´;
end;

end.
```