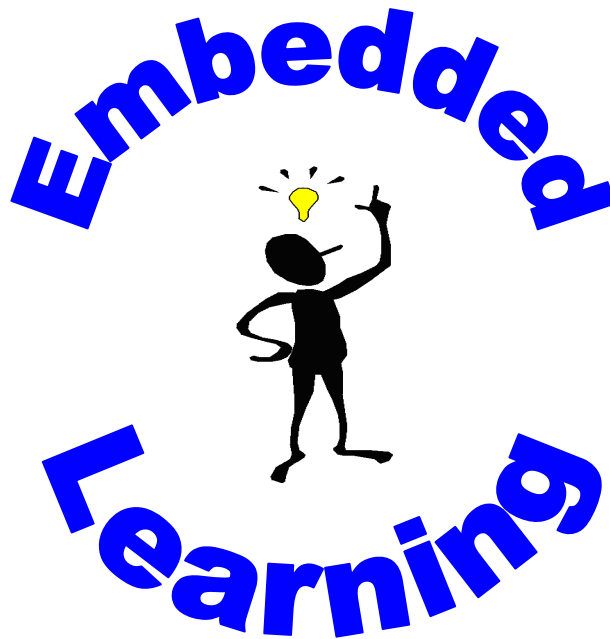


*Prof. Dr. Bernd vom Berg
Dipl.-Ing. Peter Groppe*

Embedded Learning

Die ersten Schritte in die Mikrocontroller- Technik

(Stand: 19.10.2009)



Mancher Leser wird sich nun fragen: „Schon wieder ein anderes, neues Mikrocontroller-Board in der Elektor ? Gibt es davon nicht schon genug ?“

Diese Frage ist sicherlich berechtigt und verlangt nach einer fundierten Antwort.

Das nachfolgend vorgestellte Mikrocontroller-Board '**First Step**' ist, wie der Name schon sagt, speziell für den Bereich der **Ausbildung an Schulen und in Betrieben** und zum **Einsatz beim engagierten Praktiker** konzipiert und entwickelt worden und das bedeutet:

- Das Board ist klein und kompakt aufgebaut.
- Es bietet an einigen Stellen wesentlich mehr als andere Boards, insbesondere geht der Leistungsumfang weit über das „Blinken-Lassen“ von LEDs oder das Abfragen von Tastern hinaus.
- Es wird ein moderner 8051er-Mikrocontroller eingesetzt, der bereits eine Vielzahl interessanter ON-Chip-Peripherie-Einheiten besitzt, u.a. 64 kByte Programmspeicher, 2 kByte Datenspeicher, 8-kanaliger A/D-Wandler mit 10/8-Bit Auflösung, Full-CAN-Controller, etc.
- Das Board ist preiswert in der Anschaffung und kann von den Schülern bzw. Auszubildenden selber leicht bestückt werden.

Embedded Learning

Aber der unbestritten **größte Vorteil** von 'First Step' ist: **Dieses Board steht nicht alleine da !**

Es ist vielmehr der erste Grundstein des von den Autoren entwickelten Lehr- und Ausbildungssystems für die moderne Mikrocontroller-Technik, dem **Embedded Learning-Konzept, Abb.1:**

Abb.1: Embedded Learning: Für Jeden etwas – Schritt für Schritt zum Mikrocontroller-Erfolg !

Die vierte, in Abb.1 noch fehlende, Säule bildet die verwendete Programmiersoftware bzw. die integrierte **Software-Entwicklungsumgebung (IDE)** für alle drei Systeme: hier kann zunächst einmal jede 8051er-Programmiersprache verwendet werden (Assembler, Basic, Pascal, 'C'), sofern ein downloadbarer Intel-HEX-File erzeugt wird.

Aktuell kommt zur Zeit zur Programmierung aller Boards durchgängig die IDE **µC/51** mit der **Programmiersprache 'C'** zum Einsatz.

Mit diesen drei aufeinander aufbauenden (horizontalen) Stufen wird nun die Mikrocontroller-Technik didaktisch optimal aufbereitet und effektiv vermittelt, denn:

Der näher an der Mikrocontroller-Technik Interessierte erhält seinen ersten Kontakt mit dieser faszinierenden Technik vielleicht in der Schule. Für diese ersten Schritte ist das 'First-Step'-Board gedacht. Wie nachfolgend noch beschrieben wird, schafft man damit bereits einen gut fundierten Einstieg in die Mikrocontroller-Technik.

Durch die begleitende Teachware und mit der IDE μ C/51 zur Softwareentwicklung in 'C' bleibt nicht Alles nur graue Theorie, sondern das erworbene Wissen kann sofort in die Praxis umgesetzt werden.

Kostenfrei erhältlich Beispiele, Applikationen und Laborpraktikumsversuche zeigen eindrucksvoll auf, wozu man Mikrocontroller eigentlich einsetzen kann und geben daher einen guten Überblick über dieses Themengebiet.

Für einen verstärkten Einstieg in die Materie kann auf dieser Stufe auch schon der Elektor-Fernlehrgang „Mikrocontroller – leicht gemacht“ eingesetzt werden.

Ist dann der „Hunger nach mehr“ geweckt worden, oder soll z.B. ein Mikrocontroller-Leistungskurs an einer Schule gestaltet werden, so erfolgt der Umstieg auf den nächsten Baustein, das Upgrade auf die nächste Stufe, auf den PT-CORE ONE mit der Zusatz-Platine TFH-DAA ONE und dem leistungsfähigen Mother-Board TFH-BBO ONE.

Mit Hilfe der gesamten Teachware des Elektor-Fernlehrgangs ist dann ein didaktisch sehr gut aufbereiteter tieferer Einstieg in die Mikrocontroller-Technik möglich:

- 12 Lehrbriefe, mit mehr als 1.500 didaktisch optimal aufbereiteten Seiten Mikrocontroller-Fachwissen.
- Programmierung in der Programmiersprache 'C', wobei diese von Grund auf erlernt wird und keine besonderen Vorkenntnisse erforderlich sind, außer dem Spaß am Arbeiten mit Mikrocontrollern.
- Beginnend mit einfachen grundlegenden Beispielen der Mikrocontroller-Programmierung über die Verwendung der ON-Chip-Peripherie-Einheiten des Mikrocontrollers, dem Anschluss von externen Peripherie-Einheiten wie LC-Display, RTC, D/A-Wandler, dem Aufbau von Funkdatenübertragungsstrecken bis hin zum SPI-, I²C- und CAN-Bus wird dem Lernenden ein sehr breiter Querschnitt durch die gebräuchlichsten Mikrocontroller-Anwendungen und Einsatzgebiete vermittelt.
(Die ausführlichen Inhaltsverzeichnisse der Lehrbriefe befinden sich im Info-Pack zu diesem Artikel auf dem Elektor-Server).

Der unmittelbare **Vorteil** hierbei ist nun: alles was man mit dem 'First Step'-Board gelernt und sich erarbeitet hat, ist nicht verloren: das gesamte Wissen, alle erstellten Programme und Applikationen können sofort 1:1 auf das größere System mit dem PT-CORE ONE übertragen werden, da auch hier als Herz der gleiche Mikrocontroller schlägt und die Hardware des 'First Step'-Boards mit integriert worden ist. Selbstverständlich kann die IDE zur Programmentwicklung in 'C' problemlos weiter verwendet werden.

Und selbst der letzte Schritt auf das „**TFH-System ONE**“ für die Lehre und Ausbildung im gewerblich-technischen Bereich ist „verlustfrei“ möglich, da auch hier die Grundhardware und die Software-IDE eine Teilmenge dieser Stufe sind.

Nur sind jetzt die neu hinzugekommenen Möglichkeiten noch einmal um ein Vielfaches größer geworden, da dieses System auf der 19"-Europakarten-Basis beruht und durch eine Vielzahl von bereits vorhandenen Zusteckkarten optimal erweitert werden kann, [1].

Die **PAL** (Prüfungsaufgaben- und Lehrmittelentwicklungsstelle, angesiedelt bei der IHK Stuttgart), als zentrale, Deutschland-weite Instanz für die Organisation und die Durchführung der Prüfungen im gewerblich-technischen Ausbildungsbereich hat dieses gesamte „TFH-

System ONE“ (Hardware, Software, Teachware) als Ausbildungs- und Prüfungssystem für den Beruf des „Systeminformatikers“ empfohlen.

Darüber hinaus steht den Lernenden und den Lehrenden auf allen Stufen dieser Ausbildungspyramide ein **Hilfe-Forum** auf der Elektor-Homepage zu Verfügung, in dem Fragen beantwortet und neue Anwendungen bzw. Applikationen vorgestellt und veröffentlicht werden, [2].

Zu guter Letzt erhalten die Teilnehmer des Elektor-Fernlehrgangs noch Zugriff auf den e-Learning-Server der technischen Fachhochschule Georg Agricola zu Bochum, auf dem sie dann weiter gehende Übungs- und Prüfungsaufgaben und neue Anwendungen zu diesem System vorfinden.

Für einen sofortigen und intensiven Einstieg in die Materie, speziell für Lehrer und Ausbilder, werden innerhalb des Embedded Learning-Konzeptes zusätzlich noch eintägige Workshops oder auch mehrtägige Seminare an verschiedenen Orten in Deutschland, in Österreich und in der Schweiz angeboten.

Als **Fazit** kann hier also festgehalten werden:

Der Anfänger, der Schüler, der Auszubildende, der Lehrer und der Ausbilder, der mit der 'First Step'-Platine seinen ersten Einstieg in die Mikrocontroller-Technik beginnt, kann jederzeit sein System auf die nächste Stufe „upgraden“, nichts geht verloren, das gesamte bisher erworbene Wissen kann weiter verwendet und dann beliebig erweitert werden. Alles ist kompatibel und baut aufeinander auf.

Und ganz wichtig: nach zwei, drei oder vier Anwendungen mit dem Einstiegs-Board bleibt der Anwender, wie das oft der Fall ist, eben nicht allein gelassen und fragt sich, wie es nun eigentlich weiter geht und wo denn die nächsten Anwendungen bleiben.

Bei diesem hier vorgestellten Konzept ist die „Zukunfts-Dynamik“ bereits mit eingebaut und das ganze System wird permanent ausgebaut.

Das 'First Step'-Board

Kommen wir jetzt nun zum ersten Grundbaustein des Embedded Learning-Konzeptes, zum **'First Step'-Board**.

Die Hardware

Werfen wir zunächst einen Blick auf die Kenndaten dieser Platine, **Tab.1**:

- Moderner 8051er-Mikrocontroller: AT89C51CC03 der Firma Atmel.
- 4 Taster zur Eingabe von binären Informationen.
- 4 LEDs zur Anzeige von binären Informationen.
- 1 Piezo-Summer.

- 2 Potentiometer zum Einstellen von analogen Spannungssignalen für den A/D-Wandler.
- BNC-Buchse zur Eingabe von TTL-Spannungssignalen (Zählfunktion) bzw. zur TTL-Signalausgabe (Rechteckschwingungen).
- Spannungsversorgungsbaugruppe mit Spannungsstabilisator, Verpolschutzdiode und Feinsicherung.
- Betrieb des Board z.B. durch ein Steckernetzteil, 9V, 60 mA.
- Ankopplung des Boards an den Entwicklungs-PC/LapTop über RS232 bzw. USB/Seriell-Adapter.
- Einfacher Anschluss von SPI- und I²C-Bus-Komponenten über zwei MiniDIN-Buchsen (Bit-Banging-Betrieb).
- Einige Portleitungen sind mit VCC und GND auf Schraubklemmen geführt.
- Wichtige Systemsignale sind zur weiteren Verwendung auf Pfostenstecker geführt.

Tab.1: Die Kenndaten des 'First Step'-Boards

Ein Blick auf das Blockschaltbild, **Abb.2**, verschafft bereits einen detaillierteren Überblick über die kompakte Leistungsfähigkeit dieses Boards:

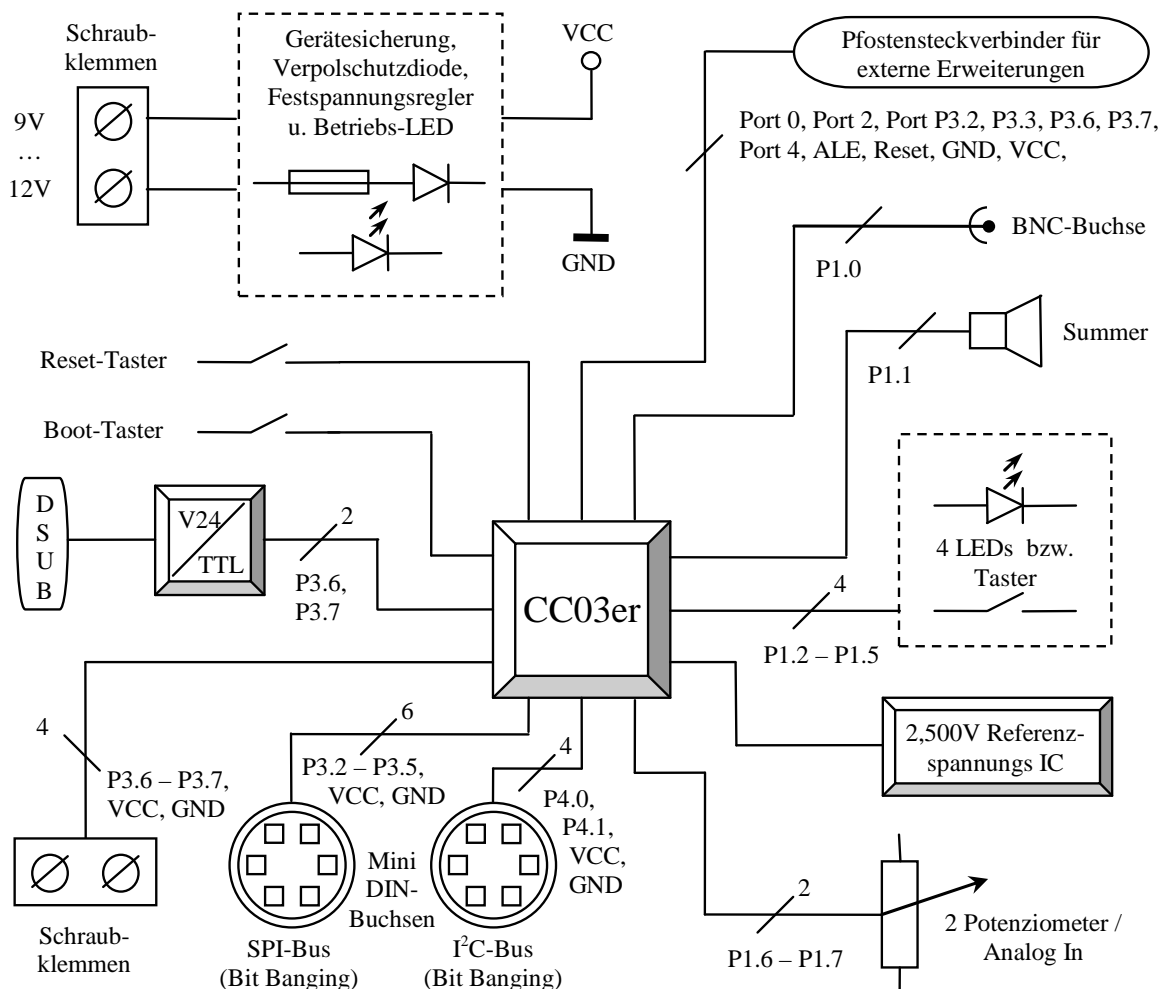


Abb.2: Das Blockschaltbild des 'First-Step'-Boards

Im Mittelpunkt steht der AT89C51CC03er-Mikrocontroller der Firma Atmel, ein sehr leistungsfähiger Vertreter der bekannten 8051er-Familie (die Tabelle **Tab.2** zeigt einige Kenndaten dieses Bausteins).

8051er-Kerneigenschaften

- 8051er-Kern (CPU)
- 256 Byte ON-Chip-RAM
- 14 Interrupt-Quellen auf 4 Interrupt-Ebenen
- 16-Bit Timer 0 und Timer 1
- Vollduplex UART
- Max. 30/60 MHz Taktfrequenz
- Getunter 8051er-Kern mit n = 6 (Maschinenzyklus)
- 8-Bit-Ports P0, P1, P2, P3

Zusätzliche Speicherausstattung:

- 64 kByte Flash Memory Programmspeicher (100 k Schreibzyklen, 10 Jahre Datenerhalt)
- 2 kByte Flash Memory für Boot-Loader
- 2 kByte ERAM (Expanded RAM, erweiterter Datenspeicher)
- 2 kByte EEPROM (zusätzlicher Datenspeicher; 100k Schreibzyklen)

Zusätzliche ON-Chip-Peripherie-Einheiten

- Timer 2: 16-Bit Timer/Counter mit AutoReload- und Capture-Funktion
- Watchdog-Timer: Überwachungszeit in 8 Stufen zwischen 16,38 ms ... 2,10 s einstellbar
- PCA (Programmable Counter Array): zusätzlicher Timer/Counter mit 4 verschiedenen Eingangstaktquellen und 5 Compare/Capture Modulen mit 6 Betriebsarten
- A/D-Wandler mit 8 gemultiplexten Eingängen und 10 Bit Auflösung; 16 µs Conversion Time; Eingangsspannungsbereich: 0 ... 3 V; externe Referenzspannung
- Full-CAN-Controller gem. den Spezifikationen 2.0A und 2.0B mit vielfältigen Betriebs- und Filtermöglichkeiten (Port P4 als CAN-Port betrieben)
- Interne Spannungsüberwachungseinheit (Power Monitor)
- Betriebsspannung: 3 V ... 5,5 V

Tab.2: Einige Leistungsdaten des CC03ers

Über einen **Standard-TTL/V24-Pegelwandler** erfolgt nun die Ankopplung der 'First Step'-Platine an den PC bzw. den Laptop. Der gesamte Datentransfer zum und vom Entwicklungsrechner erfolgt über diese serielle Schnittstelle (COM-Port auf der PC-Seite bzw. Anschluss an einen USB-Port über USB/Seriell-Wandler).

Ebenfalls wird die Programmierung, also der Programm-Download zum CC03er, über diese serielle Verbindung abgewickelt: ein besonderer Programmieradapter oder eine spezielle Programmierhardware auf dem Board bzw. für den CC03er ist nicht erforderlich.

Für die ersten Schritte auf dem Gebiet der Mikrocontroller-Technik stehen dem engagierten Anwender, neben den ON-Chip-Baugruppen des CC03ers selber, nun eine Vielzahl von bereits auf dem Board mit integrierten Zusatzbaugruppen zur Verfügung:

- **Binäre Eingangsinformationen** können über 4 Taster eingegeben werden, wobei jeweils parallel geschaltete LEDs die Tastzustände anzeigen.
- Andererseits können **binäre Ausgangsdaten** (Port-Pin setzen/zurücksetzen) über die gleichen vier LEDs sichtbar gemacht werden.
- Der **Port-Pin P1.0** erfüllt beim CC03er einige sehr interessante Alternativ-Funktionen, so dass wir diesen Anschluss besonders auf eine **BNC-Buchse** gelegt haben. Somit ist hierüber einfach die Verbindung zu einem Oszilloskop (digitaler Ausgang) oder zu einem Funktionsgenerators (digitaler Eingang) herstellbar. Alternativ kann hierüber auch eine analoge Spannung für einen weiteren Kanal des

A/D-Wandlers eingespeist werden.

- Zur Verbesserung der **akustischen Wahrnehmung** des Boards kommt ein lautstarker Piezo-Summer zum Einsatz.
- Eine **Simulation von analogen Messwerten** kann durch zwei Potentiometer erfolgen, ohne dass bereits konkret Sensoren angeschlossen sein müssen (Eingangsspannungsbereich 0 ... +2,5 V, 10/8-Bit-Auflösung).

Weitere wichtige Peripherie-Baugruppen ergänzen den Leistungsumfang der 'First Step'-Platine:

- Ein **+2,5 V-Referenzspannungsgeber** für den ON-Chip-A/D-Wandler des CC03ers.
- Ein **Spannungsversorgungsmodul** zu Erzeugung der notwendigen Betriebsspannung: Feinsicherung, Verpolschutzdiode, 7805er-Festspannungsregler.

Zusätzlich sind noch interessante Möglichkeiten zum Anschluss von externen Erweiterungsmodulen vorhanden: über zwei MiniDIN-Buchsen können eine Vielzahl von Peripherie-Komponenten mit **SPI-** oder **I²C-Bus-Ansteuerung** hinzu geschaltet und so der Leistungsumfang des 'First Step'-Moduls fast beliebig erweitert werden.

Und letztendlich sind alle wichtigen Systemsignale (Daten- und Adress-Bus, Steuersignale wie RD\ und WR\, etc.) auf Pfostenstecker geführt, so dass die 'First Step'-Platine bei selbst entwickelten Erweiterungen wie ein „**großer IC**“ auf ein Mother-Board gesteckt werden kann.

Ein Blick auf das Foto des First Step'-Moduls, **Abb.3**, zeigt den kompakten Aufbau, wobei zu Gunsten der einfachen Bestückbarkeit und Reparatur in einem Schul- oder Ausbildungslabor konsequent auf den Einsatz von SMD-Bauteilen verzichtet wurde.

Abb.3: Das 'First Step'-Modul

Der Schaltplan ist in **Abb.4** dargestellt und zeigt keinerlei Besonderheiten: alle verwendeten Bauteile sind Standard-Bauteile und bei den einschlägigen Distributoren leicht erhältlich.

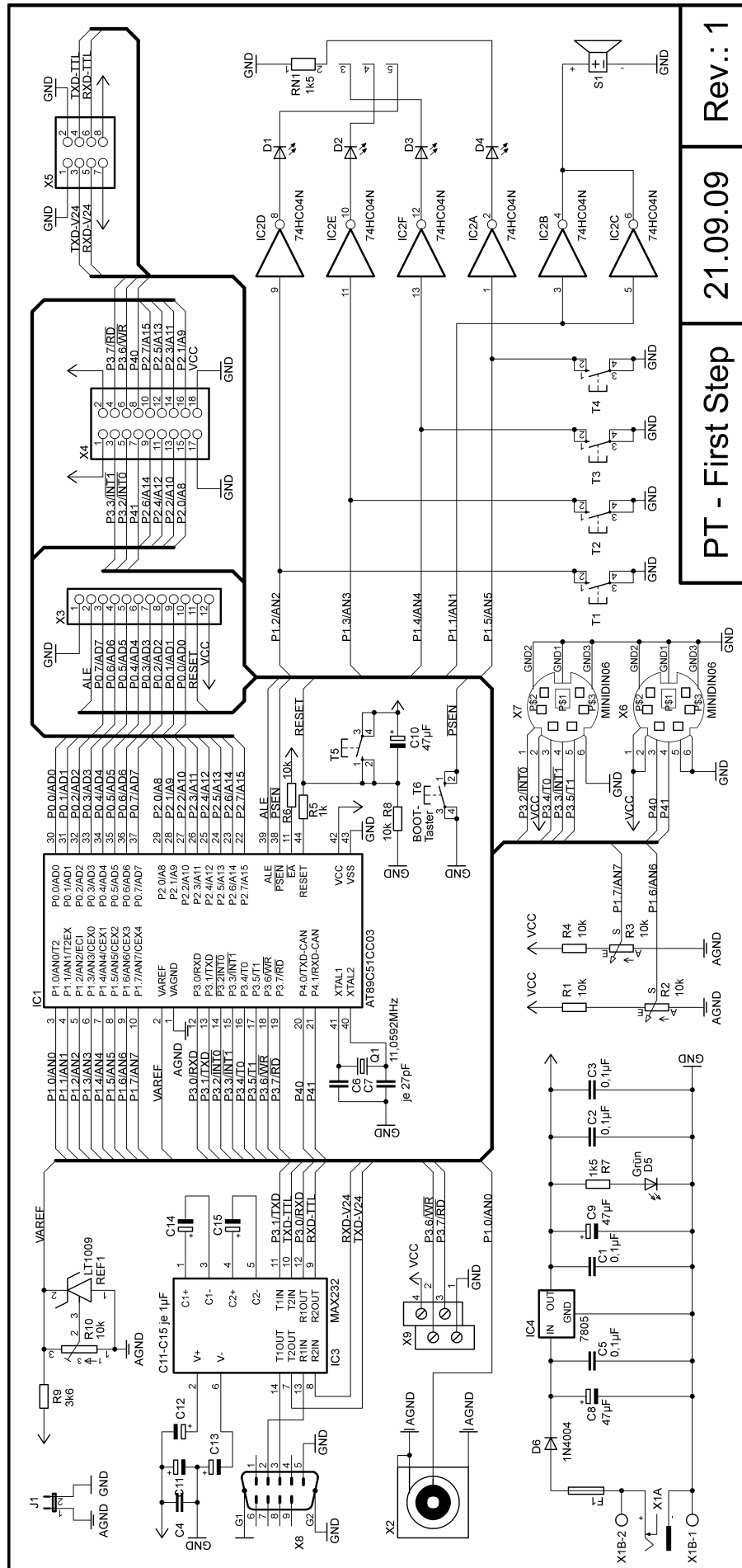


Abb.4: Der Schaltplan der 'First Step'-Platine

Die Software für das 'First Step'-Board

Auf dem Gebiet der Softwareentwicklung für das 'First Step'-Board stehen dem Anwender eine Vielzahl von Möglichkeiten und (Internet)Quellen zur Verfügung, denn die 8051er-Mikrocontroller gehören nun mal nach wie vor zu den „**World-Leading**“-Controllern auf dem Gebiet der 8-Biter.

Somit findet man jede Menge Tools und sofort einsetzbare fertige Routinen zur komfortablen Programmentwicklung.

Auch bei den verwendbaren Programmiersprachen ist man (fast) keinerlei Beschränkungen unterworfen, was gerade im Ausbildungsbereich sehr wichtig ist: ob die Schüler/Auszubildenden nun Assembler, 'C', Pascal oder Basic lernen sollen, solange als Endergebnis des Übersetzungs- bzw. Compilierungsprozesses ein Intel-HEX-File entsteht, ist dieses problemlos in den CC03er auf dem 'First Step'-Board einladbar.

Für unsere ersten Anwendungen haben wir uns für die '**C**'-Entwicklungsumgebung **µC/51** der Firma Wickenhäuser Elektrotechnik entschieden, weil diese leistungsfähige IDE zum einen in der kostenfreien Demo-Version bereits die Erstellung von 8051er-Programmen bis zu einer Größe von 8 kByte zulässt und zum anderen die Vollversion (Entwicklung von Programmen bis zu einer Größe von 64 kByte) für unter 70,00 € erworben werden kann. Im Info-Pack zu diesem Artikel auf dem Elektor-Server findet man eine ausführliche Beschreibung dazu, wie man mit dieser IDE arbeitet.

Die Tabelle **Tab.3** zeigt eine Übersicht über die bereits entwickelten Demo-Programme, die ebenfalls im Info-Pack enthalten sind und die im Unterricht sofort für einen schnellen Einstieg in die Mikrocontroller-Technik mit dem 'First Step'-Board eingesetzt werden können (diese Sammlung wird natürlich laufend erweitert, aktuelle Infos dazu unter [1]).

Stand-Alone-Betrieb des 'First Step'-Boards

- Blinken von LEDs.
- Ansteuerung eines Piezo-Summers.
- Erfassung von Tastendrücken.
- Erfassung von analogen Messwerten und deren Darstellung auf einem Terminal.
- Ausgabe von Rechteckschwingungen variabler Frequenz.
- Messung von Frequenzen.
- Das Arbeiten mit Interrupts

Betrieb des 'First Step'-Boards mit externen Erweiterungsbaugruppen

Einfache Zusatzbaugruppen:

- Betrieb einer Analog-Tastatur.

- Empfang und Auswertung der DCF77er-Zeitzeichensignale.
- 4-fach Schaltrelais-Karte.

SPI-Bus-Baugruppen:

- LED-Display-Treiber MAX7219 - 8-fach 7-Segment Anzeige
- 2-kanaliger D/A-Wandler MAX522

I²C-Bus-Baugruppen:

- Digitaler Temperatur-Sensor DS1621
- Digitaler Frequenzsynthesizer DS1085
- Digitale I/O-Porterweiterung mit PCF8574: vier Schaltrelais und 4 Taster.

Tab.3: Die bereits vorhandenen Demo-Programme für das 'First Step'-Board

Man sieht also:

Das 'First Step'-Modul bildet die ideale Basis, um in die Mikrocontroller-Technik einzusteigen !

Die unbestückte Platine des Boards mit der kompletten Systemdokumentation kann bei [1] bezogen werden, vielfältige Zusatzinformationen und die Demo-Programme sind im Info-Pack zu diesem Artikel auf dem Elektor-Server erhältlich.

Literatur und Bezugsquellen

[1] www.palmtec.de

[2] www.elektor.de/forum