



Technische Dokumentation

für die Elektronikbaugruppe

TWI-Slave LCD TSL

Version 1.0

Dateiname: BA21-TSL.ZIP Ausgabe 01.03.2018

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Beschreibung der Baugruppe -----	3
1.1 Allgemeines -----	3
1.2 Das Bussystem TWI -----	3
1.3 Schaltungsaufbau -----	3
2 Software und Programmierung -----	5
3 Ausführung -----	7
3.1 Beschreibung der Anschlüsse -----	7
4 Allgemeines -----	8
4.1 Literaturverzeichnis -----	8
4.2 Dateienverzeichnis -----	8
4.3 Elektronische Bauelemente -----	9
4.4 Hinweise zu den Nutzungsrechten -----	9
4.5 Technische Hinweise -----	10
4.5.1 Ausdrucken der Dateien -----	10
4.5.2 Gehäuse und Frontplattenbeschriftungen -----	10
4.5.3 Bauelementeauswahl -----	10
4.5.4 SMD-Bestückung -----	10

1 Beschreibung der Baugruppe

1.1 Allgemeines

Die heutzutage verfügbaren LCD reduzieren bereits erheblich den Aufwand, Informationen visuell auszugeben. Einen Wermutstropfen gibt es aber dennoch: Auch im 4-Bit-Betrieb benötigen diese Module mehrere Signalleitungen. Möchte man noch etwas mehr Komfort, muss auch an die Kontrasteinstellung und Hintergrundbeleuchtung gedacht werden. Eine Lösung - der Betrieb als Slave an einem Bussystem - soll in diesem Beitrag vorgestellt werden.

Häufig steht man vor der Entscheidung, für die eigenen Projekte entweder den Einsatz eines leistungsfähigeren Mikrocontrollers (MC) vorzusehen oder - weil die Kanäle nicht ausreichen - auf eine Anzeige zu verzichten.

Eine Alternative bietet das TWI (two-wire serial interface), ein 2-Draht-Bussystem, welches technisch dem I²C-Bus entspricht, diese Bezeichnung jedoch aus lizenzrechtlichen Gründen von mehreren Herstellern nicht verwendet wird.

Das Bussystem wurde entwickelt, um auf eine einfache Art und Weise verschiedene Schaltkreise untereinander verbinden zu können. Die Realisierung eines Bussystems scheint im ersten Moment relativ schwierig zu sein, wenn man sich aber mit der Thematik etwas mehr beschäftigt, ist man schnell von der Technik fasziniert.

Da die AVR's der Firma Microchip - vordergründig die der ATmega-Serie - diesen Busmodus durch eine integrierte Schnittstelle unterstützen (USI: Universal Serial Interface), ist ein Modul entstanden, dass im vorliegenden Fall die Einbeziehung eines LC-Displays ermöglicht, darüber hinaus durch Anpassungen in der Software die verschiedensten Aufgaben als Slave in einem Bussystem übernehmen kann. Ein weiterer Vorteil ist die freie Gestaltungsmöglichkeit der Funktionalität, die bei den industriell gefertigten I²C-Bausteinen nicht immer möglich ist.

1.2 Das Bussystem TWI

An dieser Stelle soll nur ganz kurz auf die Busstruktur eingegangen werden, da die Anfänge der Entwicklung dieses Bussystems in die 1980er Jahren führen und seitdem eine große Anzahl von Publikationen entstanden sind, die die Thematik tiefgründiger behandeln, als es an dieser Stelle möglich wäre.

Mit den Informationen in [1] und [2] erhält man schnell eine Übersicht.

Sehr vereinfacht handelt es sich bei diesem Bussystem um die Kopplung von Schaltkreisen über zwei Signalleitungen, der Takt- und Datenleitung (SCL, SDA). Alle Module (Master, Slave) verfügen über entsprechende Kanäle, die im Zusammenwirken mit den Pull-up-Widerständen einen korrekten Datentransfer zwischen den Teilnehmern mittels Adressierung steuern. Werden mit dem Bussystem Schaltkreise der verschiedensten Hersteller verbunden, ist auf die Art und Weise der Festlegung von Basis- und Subadresse zu achten. Das in diesem Beitrag vorgestellte Modul ist in diesem Fall flexibler, da die Basisadresse des MCs, der als Slave am Bus eingebunden ist, frei initialisiert werden kann. Dies trifft in einem weiten Bereich auch auf den Bustakt zu, der durch den Master ausgegeben wird; spezielle Formeln vereinfachen die Bestimmung der einzuhaltenden Zeitkonstanten.

Je nach Länge der Busleitung und Anzahl der Busteilnehmer sind die Pull-up-Widerstände anzupassen. Dabei spielt das Verdrillen der Leitungen nur eine untergeordnete Rolle. Bei extremen Leitungslängen können spezielle Treiberschaltkreise eingesetzt werden.

1.3 Schaltungsaufbau

Die Einbeziehung der Baugruppe in das Bussystem ist im Übersichtsbild dargestellt.

Der erforderliche Master wird in diesem Beitrag nicht näher behandelt. Für ihn wurde ebenfalls ein Mikrocontroller eingesetzt. Seine Außenbeschaltung kann der entsprechen, die bereits für den TSL zum Einsatz kommt. Nur auf die andere Pinbelegung ist zu achten, wenn statt des ATmega8 der ATmega16 eingesetzt wird.

Alle Hinweise dazu finden sich im Kommentarbereich der im folgende kurz beschriebenen Software.

Ein ausbaufähiges Beispielprogramm, das zyklisch einen Code (1. Byte: Anzahl der folgenden Datenbytes, 2. Byte: Datenbyte I, welches dem Index für die anzuzeigende Text entspricht) über den Bus (TWI) ausgibt, ist im Downloadbereich zu dieser Baugruppe verfügbar.

LC-Displays gibt es in den verschiedensten Bauformen. Um eine kompakte Baugruppe zu erhalten, wurde eine Leiterplatte entwickelt, die sich direkt unter ein 2-zeiliges Modul passender Abmessungen befestigen lässt. Module dieser Bauform können u. a. über den Elektronikhandel Reichelt bezogen werden.

Dieses, im Huckepack-System einsetzbare Modul gewährleistet damit hohe Funktionalität bei geringstem Raumbedarf.

Der Schaltplan der Slave-Baugruppe zeigt, dass nur wenige zusätzliche Bauelemente für die Baugruppe benötigt werden. Die Taktfrequenz für den MC (IC1) wird mit dem Quarz (Q1) auf 16 MHz festgelegt. Durch eine RC-Kombination (R1, C3) wird ein „Reset“ (Einschaltimpuls) erzeugt. Die Stromversorgung, die Kopplung an das Bussystem oder der Anschluss eines Programmiergerätes erfolgt über den Steckverbinder X1. Natürlich kann der MC auch extern programmiert werden, wenn eine Schaltkreisfassung eingesetzt wird. Stellt das Programmiergerät keine Versorgungsspannung für die angeschlossene Baugruppe zur Verfügung, kann diese während der Programmierung über den Steckverbinder X2 angeschlossen werden.

Zur optischen Anzeige des im Beispielprogramm generierten „Lebensbits“ ist eine LED (VD1) vorgesehen.

Ein weiterer Kanal (Port D.6), zusammen mit einer RC-Kombination (R3, R4, C7), dient der Kontrasteinstellung des Displays. Am Kondensator C7 ergibt sich durch das pulswidenmodulierte Signal eine Spannung, deren Wert den Kontrast bestimmt.

Pulsweitenmoduliert ist ebenfalls das Steuersignal für die Hintergrundbeleuchtung des Displays. Mit dem Widerstand R5 kann die maximal erreichbare Helligkeit (Datenblatt beachten) festgelegt werden.

Die eingestellten Werte für den Kontrast und der Helligkeit der Hintergrundbeleuchtung werden im internen EEPROM abgelegt und stehen damit dem Programm nach einem Neustart zur Verfügung.

Ohne weitere Beschaltung erfolgt der Anschluss des Displays über den Steckverbinder X5.

Alle Einstellungen für das Display (Kontrast, Dauer und Helligkeit der Hintergrundbeleuchtung) könnten durch die Software realisiert werden.

Wer dies nicht möchte, kann die im Beispielprogramm verwendete multifunktionale Tastenauswertung verwenden, bei der außerdem die Länge einer gedrückten Taste ausgewertet wird. Es werden folgende Funktionen bereitgestellt:

Taste	Tastendruck kurz	Tastendruck lang
1	Einschalten der Hintergrundbeleuchtung für eine feste Zeitdauer	Ausgabe aller Meldungen des Textspeichers
2	Kontrasteinstellung mit Richtungsumkehr	(nicht belegt)
3	Test des Displays	alternierende stufenweise Änderung der Hintergrundbeleuchtung

Für die Taster sind zwei Ausführungen für eine direkte Leiterplattenmontage einsetzbar (senkrechte und gewinkelte Bedienrichtung). Die symmetrisch aufgebauten Taster können auch auf der Leiterseite der Platine angebracht werden, um ihre Bedienung zu vereinfachen.

Die Kanäle, an denen die Taster angeschlossen sind, sind im Beispielprogramm als digitale Eingänge initialisiert.

Ebenso könnten darüber hinaus auch analoge Werte eingelesen werden (z. B. eine Spannung, die der Umgebungshelligkeit entspricht), die in die Steuerung des Displays eingreifen. Durch eine geschickte Programmierung ist sogar beides möglich.

2 Software und Programmierung

Das Herzstück der vorgestellten Schaltung ist der MC ATmega8 der Firma Microchip (früher Atmel), von dem die kompletten Datenblätter über die Homepage des Herstellers bezogen werden können [6]. Neben dieser Ausführung kann auch der Typ mit dem erweiterten Spannungsbereich eingesetzt werden (/L). Dabei ist auf die maximal mögliche Taktfrequenz zu achten, die möglicherweise Softwareänderungen erforderlich machen.

Für die Erstellung der Software für den MC ist Bascom - eine komplette Basic-Entwicklungsumgebung für die verschiedensten AVR Controller - zum Einsatz gekommen. Aber auch jede andere Software, mit der sich Code für diese MC erstellen lässt, ist einsetzbar.

Das Programm ermöglicht den Betrieb eines LC-Displays am Bus (TWI). Softwaremäßig ist einer Basisadresse von (50 Hex) eingestellt, die über drei Jumper in Zwischenschritten verändert werden kann. Passt die Basisadresse nicht in die eigene Busstruktur, kann sie beliebig verändert werden. Neben der Steuerung von Kontrast und Helligkeit der Hintergrundbeleuchtung, auf die weiter oben bereits eingegangen wurde, besteht die Aufgabe des MCs darin, intern gespeicherte Textbausteine entsprechend dem über den Bus empfangenen Index (Datenbyte) anzuzeigen.

Der Flashspeicher des MCs ist mit der aktuellen Softwareversion mit fast 40% belegt. Es ist also genügend Speicherkapazität vorhanden, um Textbausteine zu hinterlegen. Durch eine geringe Programmänderung könnte der EEPROM-Bereich eingebunden werden.

Durch diese Möglichkeit der Auslagerung von Textbausteinen und der LCD-Steuerung durch einen Slave-Baustein gewinnt man also nicht nur Ein- bzw. Ausgangskanäle und eine Verkürzung der Programmbearbeitungszeit, sondern auch mehr Speicherplatz für das Programm im Master-Baustein.

Der Programmaufbau soll an dieser Stelle nicht weiter erläutert werden, da die Struktur und umfangreiche Kommentare innerhalb des Quellcodes den Programmablauf schnell erkennen lassen.

Eine mögliche Erweiterung der Software könnte darin bestehen, Kontrast, Helligkeit der Hintergrundbeleuchtung oder die Steuerung des Cursors (Blinken) durch den Master-Baustein zu realisieren. Die Übertragung von ein oder zwei Byte mehr sollte nicht problematisch sein und kann schnell programmtechnisch umgesetzt werden.

Für Einsteiger unter den Anwendern der MC noch ein Hinweis:

Viele Einstellungen, die weitestgehend vom Typ abhängig sind, werden über die Fuse- und Lockbits parametrisiert. Zunächst muss im jeweiligen Datenblatt recherchiert werden, für welche Optionen diese Bits zur Verfügung stehen. Kann die per Werkseinstellung vorgenommene Konfiguration übernommen werden oder muss einmalig eine Veränderung durchgeführt werden? Man kann schnell die Übersicht verlieren und die Optionen so wählen, dass der MC nicht so wie vorgesehen arbeitet.

Sollen Änderungen vorgenommen werden, ist ein entsprechendes Kalkulationsprogramm sehr hilfreich. Als Beispiel soll der Engbedded Atmel AVR® Fuse Calculator [4] genannt werden, der online benutzt werden kann.

In den letzten Jahrgängen des Funkamateurs findet man eine große Anzahl von Schaltungen zur Programmierung der AVR-Mikrocontroller. Häufig werden darin die älteren Schnittstellen (RS232, LPT) genutzt. Bei den modernen Computern wird meist auf diese Schnittstellen verzichtet. Mit Schnittstellenkarten können diese zwar nachgerüstet werden, aber es gibt eine elegantere Möglichkeit.

Es soll an dieser Stelle auf ein kleines und nachbausicheres USB-Programm-Interface (Bezeichnung: UBasp) [5] hingewiesen werden.

Über die Homepage [5] kann ein kompletter Bausatz oder nur die Firmware einschließlich aller Bauanleitungen kostenfrei bezogen werden. Mit einem frei verfügbaren Treiber und dem eingestellten Testmodus (Verwendung von unsignierten Treibern) unter Windows 7 (32/64 Bit) gibt es keine Probleme.

Ein weiterer Vorteil ist, dass dieses Interface von der Software-Entwicklungsumgebung (Bascom) direkt unterstützt wird. Die Belegung des Programmieranschlusses (Wannenstecker X1) entspricht der Signalbelegung dieses Interfaces.

Daneben gibt es eine große Anzahl an Modifikationen dieses Gerätes, welche weitestgehend auf derselben Firmware beruhen.

Der Bezug einer leicht modifizierten, durchkontaktierten Leiterplatte und Hilfestellungen beim Einsatz können über den Autorenkontakt dieser Bauanleitung erfolgen.

Für die Beispielpprogramme sind die einzustellenden Fuse- und Lockbits für dieses Programmiergerät in einem „screenshot“ dargestellt.

3 Ausführung

3.1 Beschreibung der Anschlüsse

Folgende Übersicht erleichtert den Anschluss des Moduls:

Programmier- und Busanschluss

X1. 1	MOSI	Programmier-Steuerleitung
X1. 2	+5V	DC Betriebsspannung
X1. 3	-	-
X1. 4	SCL	Busleitung (Takt)
X1. 5	/Reset	Programmier-Steuerleitung
X1. 6	SDA	Busleitung (Daten)
X1. 7	SCK	Programmier-Steuerleitung
X1. 8	GND	Masse
X1. 9	MISO	Programmier-Steuerleitung
X1. 10	GND	Masse

LCD-Modul

X5. 1	GND	Masse
X5. 2	+5V	DC Betriebsspannung
X5. 3	KON	Kontrasteinstellung
X5. 4	RS	Steuerleitung RS
X5. 5	RW	Steuerleitung RW (auf GND gelegt)
X5. 6	E	Steuerleitung E
X5. 7	-	-
X5. 8	-	-
X5. 9	-	-
X5.10	-	-
X5.11	DB4	Datenbit 4
X5.12	DB5	Datenbit 5
X5.13	DB6	Datenbit 6
X5.14	DB7	Datenbit 7
X5.15	A	Hintergrundbeleuchtung (Anode)
X5.16	K	Hintergrundbeleuchtung (Katode)

Hinweis

Es ist darauf zu achten, dass der LCD-Controller von Bascom unterstützt wird.

4 Allgemeines

4.1 Literaturverzeichnis

AVR, TWI

[1] http://www.mikrocontroller.net/artic-les/AVR_TWI

[2] <http://www.rn-wissen.de/index.php/TWI>

Software-Entwicklungsumgebung

[3] BASCOM
<http://www.mcselec.com>

[4] Fuse-Calc
<http://www.engbedded.com/fusecalc>

Programmierinterface

[5] USBasp - USB programmer for Atmel AVR controllers
<http://www.fischl.de/usbasp>

Datenblätter

[6] Datenblätter Mikrocontroller (Fa. Microchip)
<http://www.microchip.com/design-centers/8-bit>

4.2 Dateienverzeichnis

Für das Arbeiten mit der Dokumentation können der kostenfreie Adobe- oder Foxit-Reader verwendet werden, da alle Dateien im *.pdf Format veröffentlicht sind.

Für das Öffnen der Target-Datei (T3001-Format) kann die kostenfrei angebotene Version vom Leiterplattenhersteller Beta-LAYOUT (<https://de.beta-layout.com/leiterplatten/technik/downloads/>) eingesetzt werden.

Dateien der Dokumentation

01. TSL (001 Kurzinformation).pdf	Vorstellung der Elektronikbaugruppe
02. TSL (002 Dokumentation).pdf	Dokumentation (geöffnet)
03. TSL (003 Fuse-Lock-Bits).pdf	Einstellung für MC
04. TSL (100 Blockschaltbild).pdf	
05. TSL (101 Stromlaufplan).pdf	
06. TSL (V x).T3001	Leiterplatte (kpl.); x: aktuelle Version

Hinweis

Folgende Dateien können bei Bedarf aus der beiliegenden Target-Datei generiert werden:

- Blockschaltbild
- Stromlaufplan
- Bestückungsplan
- Löt- und Bestückungsseite der Leiterplatte

Programmbeispiel (Quelltext)

10. TSL TWI-Master LCD (V x).bas	Quellcode (BASCOM); x: aktuelle Version
11. TSL TWI-Slave LCD (V x).bas	

Hinweis

Der Quellcode kann mit dem SDK eingelesen, kompiliert und in den MC übertragen werden. Die Angaben zu den Fuse- und Lock-Bits sind zu beachten.

4.3 Elektronische Bauelemente

Für Elektronikamateure, die in Ihrer Nähe keinen Fachhandel für elektronische Bauteile haben oder denen die Bestellung, zum Beispiel beim Elektronikversand Reichelt (<http://www.reichelt.de/>) für ein oder zwei Fehlern zu aufwendig sein sollte, können wir (nur innerhalb von Deutschland) eventuell Hilfe bei der Beschaffung anbieten.

Das Angebot an Leiterplatten ist abhängig von der Nachfrage und der jeweiligen Baugruppe. Die Leiterplatten sind ein- oder zweiseitig, gebohrt und beschichtet; zweiseitige seit mehreren Jahren durchkontaktiert.

4.4 Hinweise zu den Nutzungsrechten

Die Bauanleitungen (einschließlich eventueller Software) darf unter den folgenden Bedingungen frei kopiert oder weitergegeben werden:

- es darf kein Preis für die Dokumentation (*.zip) erhoben werden, außer einer angemessenen Kopiergebühr
- für einen kommerziellen Vertrieb der Baugruppen ist das Einverständnis des Autors erforderlich
- die Verwendung von Teilen der Dokumentation in eigenen Publikationen ist erlaubt, sofern ein eindeutiger Hinweis auf die Quelle erfolgt
- eine eventuell der Baugruppe beigelegte Software kann als Shareware konzipiert sein; dann ist sie zeitlich nicht limitiert, besitzt jedoch nur in der registrierten Version ihren vollen Funktionsumfang

Die Registrierung der Software ermöglicht Ihnen, Hinweise über die neueste (eventuell fehlerbehebene) Version zu erhalten. Wir haben uns bemüht, fehlerfrei zu programmieren. Die Erfahrung mit vielen Programmen zeigt aber, daß Software der „Version 1.0“ selten fehlerfrei funktioniert.

Hardwarefehler sind auf Grund der Anfertigung von Mustergeräten weitestgehend ausgeschlossen; Maßabweichungen bei der Bestückung können durch verschiedene Bauformen der Bauelemente auftreten.

Sollten Sie glauben, einen Fehler gefunden zu haben, senden Sie uns bitte per Email folgendes zu:

- eine kurze, aber präzise Beschreibung für die Reproduzierbarkeit des Fehlers
- eine Beschreibung der eingesetzten Hard- und Software

Ohne diese Informationen ist eine Bearbeitung nicht möglich.

Einige Programme laufen unter Visual Basic (VB) der Versionen 4/5. Die jeweilige *.exe funktioniert daher nur unter Windows, wenn VB oder ein zusätzliches Softwarepaket mit den erforderlichen Dateien installiert ist.

Anwender, die darüber nicht verfügen, können sich eine Übersicht über die Funktionalität des Programms verschaffen. Das zusammengestellte Material beschreibt in Kurzform die Funktionalität der Software.

Da die entsprechenden Installationsroutinen für Anwender ohne VB recht groß sind (ca. 1 ... 5 MB), macht eine Verteilung über Online-Dienste kaum einen Sinn. In diesem Fall sollte per Email unter Angabe des Elektronikmoduls ein Informationsblatt angefordert werden.

In der Zukunft entstehende PC-Programme werden mit der Programmiersprache PROFAN entwickelt. Möglich sind auch Excel-Dateien mit Makrounterstützung.

Für Baugruppen, in denen Mikrocontroller (AVR der Fa. Microchip) eingesetzt werden, dient als SDK BASCOM (Basicdialekt). BASCOM ist bis zu einer Programmgröße von 4 kByte ohne Einschränkungen verwendbar und unserer Meinung nach recht schnell zu beherrschen.

4.5 Technische Hinweise

4.5.1 Ausdrucken der Dateien

Der Ausdruck der Dateien sollte keine Probleme bereiten.

Im Gegensatz zu den Frontplattenbeschriftungen, die im Maßstab 1:1 vorliegen, sind die Leiterplattenzeichnungen der ersten Module im Maßstab 2:1 erstellt, was bei der Fertigung beachtet werden muß.

Für die Leiterplattenentwicklung jüngerer Datums wurde die vom Leiterplattenhersteller Beta-LAYOUT (<https://de.beta-layout.com/leiterplatten/technik/downloads/>) angebotene kostenfreie TARGET-Version eingesetzt.

Bei der Erstellung des Layouts der Leiterplatten wurde auf eine einfache Leitungsführung geachtet. Allerdings sind nicht mehr alle Bauelemente in einem DIL-Gehäuse verfügbar, so dass häufiger die SMD-Technik zum Einsatz kommt.

Die Bestückung gestaltet sich dann zwar etwas komplizierte, es kann aber Platz gespart werden, was geringere Kosten bei der Leiterplattenherstellung bedeutet.

Es ist bei der Leiterplattenbestellung ebenfalls möglich, einen Bestückungsauftrag zu erteilen.

4.5.2 Gehäuse und Frontplattenbeschriftungen

Sofern bei einer Baugruppe ein größeres Gehäuse verwendet wurde, handelt es sich um ein Kunststoff-Halbschalen-Gehäuse, was zum Beispiel über den CONRAD-Elektronikversand bezogen werden kann.

Diese Gehäuseform hat den Vorteil, daß mit geringem Aufwand eine ansprechende Frontplatte gestaltet werden kann. Die den jeweiligen Baugruppen beigefügten Datei „* (Frontplatte).pdf“ beinhaltet jeweils einen Vorschlag. Sie können auf entsprechenden Papier (nicht zu dickes verwenden) ausgedruckt und unter Verwendung eines Klebestiftes auf die Frontplatte geklebt werden. Nach dem Trocknen kann noch eine selbstklebende Transparentfolie aufgeklebt werden. Mit einer Rasierklinge lassen sich jetzt überstehende Papier- und Folienreste schnell entfernen. Entsprechend den Konturen kann nun gekörnt und vorhandene Ausschnitte mit einer Laubsäge angefertigt werden. Nach Montage der Bedienelemente und der Verdrahtung mit der Leiterplatte kann die Montage des Gehäuses durchgeführt werden.

Stecker- oder Hutschienegehäuse können vom gleichen Anbieter, Reichelt-Elektronik oder direkt vom Hersteller (BOPLA) bezogen werden.

4.5.3 Bauelementeauswahl

Bauelemente ohne besonderen Hinweis sind als Vorschläge zu verstehen. An diesen Stellen können natürlich Typen verschiedener Hersteller zum Einsatz kommen, sofern sich ihre elektrischen Parameter gleichen.

Weitergehende Erläuterungen und Hinweise zum Aufbau elektronischer Schaltungen werden als bekannt vorausgesetzt bzw. können aus entsprechenden Literaturquellen bezogen werden.

4.5.4 SMD-Bestückung

Leider gibt es einige Bauelemente, die nicht in einem DIL-Gehäuse angeboten werden. Die Bestückung der Leiterplatte gestaltet sich daher komplizierter. Im Internet findet man zum Thema auch mehrere Anregungen und Tipps.

Zur Bestückung mit dem FTDI232RL wurde die LötKolbenspitze durch einen angespitzten 1,5 mm² Kupferdraht ersetzt. Die Leistung des LötKolbens mit 30 Watt ermöglicht ein gutes Fließen des Lötzinns. Eine Lupe, ausreichende Beleuchtung und eine ruhige Hand sind weitere Voraussetzungen für die Montage des ICs.

Anfragen, egal zu welcher Problematik, beantworten wir gerne per Email.

Viel Spaß beim Aufbau und Einsatz der Baugruppe wünscht Ihnen das

Amatronik Entwicklungsteam