Arduino, Raspberry und Co.

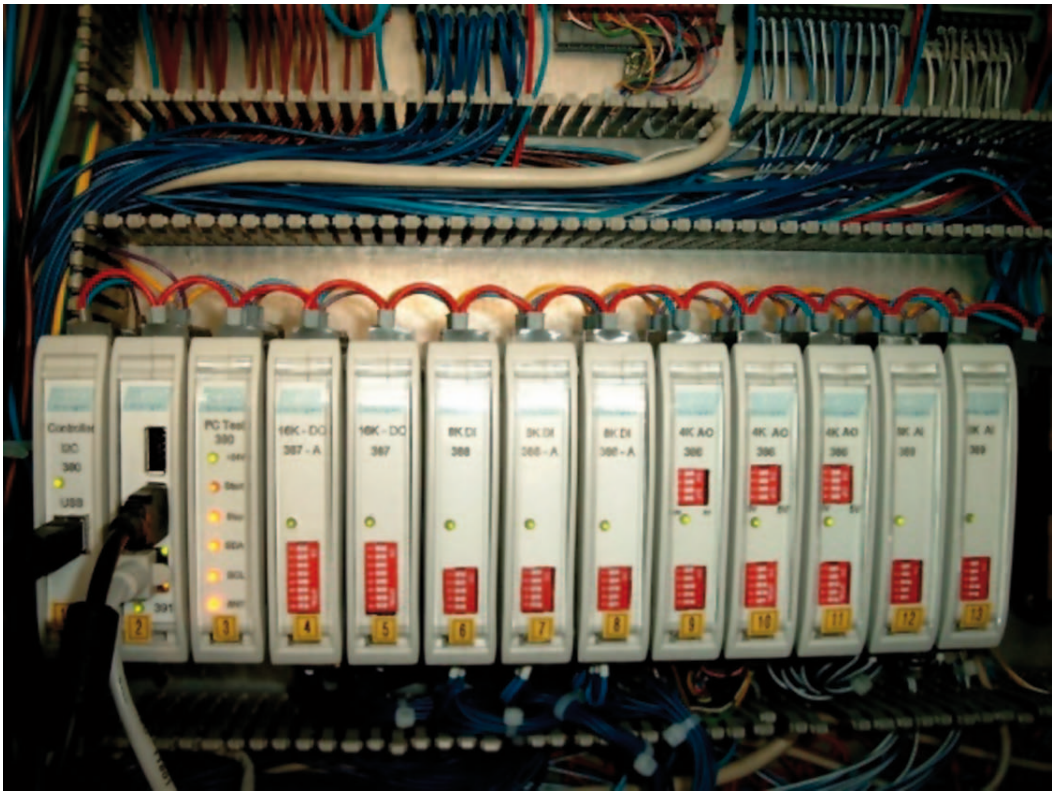

Bild 1: SPS mit Controller und mehreren Ein- und Ausgangsmodulen in einem Schaltschrank (Bilder: LSTM Erlangen und Rolf Zech)

Oft wird die Frage gestellt, ob Arduino, Raspberry und Co. für den Industriellen Einsatz tauglich sind. Rolf Zech möchte nach fast acht Jahren Entwicklung und Anwendungen seiner Entwicklung mit diesem Artikel zeigen, dass der professionelle Einstieg in die Automatisierung mit Arduino, Raspberry und Co. günstig gelingen kann. Er erläutert die Notwendigkeit dieser Entwicklung und beschreibt die Umsetzung.

Rolf Zech bringt ein Beispiel: „Zu verschiedenen Veröffentlichungen über Entwicklungsboards von Arduino, Raspberry und Co., möchte ich Ihnen hierzu eine SPS-Entwicklung aus der Praxis vorstellen die 2012 und 2013 an der UNI-Erlangen entstand und heute noch an der UNI-Erlangen / Fachbereich: Lehrstuhl für Strömungsmechanik (LSTM) erfolgreich Anwendung findet“.

Die Situation

Zur Messwerterfassung, Auswertung und Automatisierung für einzelne Projekte werden an der UNI-Erlangen überwiegend SPS-Komponenten der Firma Siemens, Rockwell, Beckhoff, Wago, National usw. eingesetzt, da diese vor allem bei Industrieaufträgen als Empfehlung oder Wunsch der Auftraggeber einfließen, aber nicht unbedingt Voraussetzung sind. Diese industriellen Steuerungen sind sehr gut, betreffend ihrer Programmstruktur und Hartwarekomponenten. Nachteil all dieser Steuerungen ist, dass ohne intensive Einarbeitung durch Firmenseminare oder Schulung man mit der Programmierung einer solchen Steuerung schnell restlos überfordert ist, letztendlich durch die Vielfältigkeit der verschiedenen Firmenprogramme. Außerdem kosten die Steuerungen teilweise hohe Lizenzgebühren und sind im oberen Preissegment angesiedelt.

Hinzu kommt vor allem, dass an der Universität die Programmierung für ein Projekt meist nur einmalig als Prototyp von Studierenden oder Wissenschaftlern für einen einzelnen Forschungs- oder Industrieauftrag zu erstellen ist. Der Ausbildungsschwerpunkt der Wissenschaftler und Studierenden liegt aber auf einem anderen Gebiet und somit würde diese komplexe SPS-Programmierung noch zu einem zusätzlichen Nebenfach ausufern.

Suche nach einer Lösung

Die Überlegung nach einer leicht anwendbaren, kostengünstigen und für alle zufriedenstellende Lösung, nicht nur für die Industrieaufträge, sondern auch für die lehrstuhlinterne Anwendung musste daher gesucht werden.

„Arduino UNO“

Als im Jahre 2012 sich diese Forderung ergab, wurde man mit dem Microcontroller-Board von „Arduino UNO“ fündig. Ein Controller für 30 bis 40 €, der überwiegend in Hobbykreisen bekannt und verbreitet ist, bot sich förmlich an. Mit noch einigen Elektronik-Komponenten und einem Hutschienenge-

Bild 2: Controllermodul mit eingebauten Arduino UNO in einem geöffneten Railbox-Gehäuse

Autor:
Rolf Zech, Hardware-Entwicklung
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Lehrstuhl für Strömungsmechanik (LSTM)
http://www.lstm.uni-erlangen.de

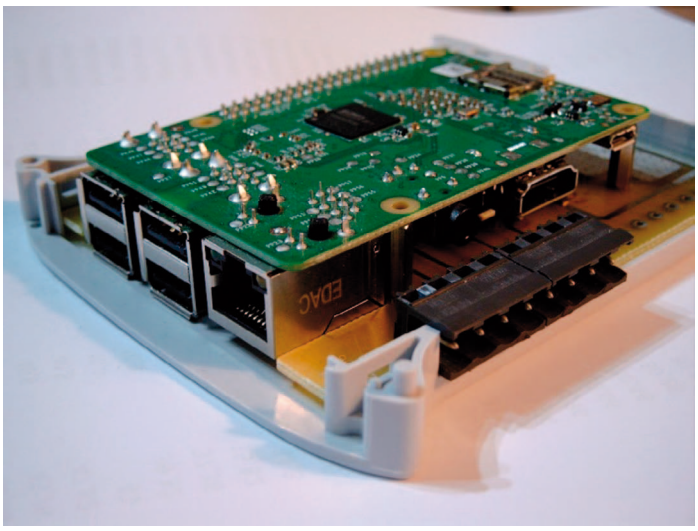

Bild 3: Controllermodul mit eingebauten Raspberry Pi in einem geöffneten Railbox-Gehäuse

häuse für einen Schaltschrankeinbau lag man bei unter 100 € Materialkosten für eine Kleinsteuerung in „Bastlerausführung“.

Grenzen

Es zeigte sich allerdings auch sehr schnell, dass man mit einem Arduino UNO an dessen physikalische Grenze stößt. Die Ein- und Ausgangs-Ports sind auf 20 Kanäle begrenzt. Der Strom für jeden Schaltausgang liegt bei 40 mA, darf aber in der Summe nicht über 200 mA betragen. Dadurch ist man auf wenige Verbraucher bzw. Relais begrenzt. Dazu kommt noch die unübliche Betriebsspannung der Relais mit 5 V in einem Schaltschrank, was auch für die Digitaleingänge gilt. Analogausgänge können nur über externe RC-Filter wegen der PWM realisiert werden. Bei Reset schalten die Ports auf „High“, was auch nicht immer vorteilhaft in einer Schaltschrankinstallation ist. Die Anschlüsse zum Arduino sind nur über Stiftleisten möglich und für einen Schaltschrankeinbau so völlig ungeeignet. Geeignete Gehäuse um den Arduino und/oder dessen aufsteckbaren Zusatzmodule (Shields) mit Schraubklemmen professionell in einen Schaltschrank einzubauen standen nicht zur Verfügung.

Die Weiterentwickung

Deshalb entstand hier die Idee, an Stelle der 20 Ports am Arduino UNO seine I²C- Schnittstelle (Zweidrahttechnik mit Adressen) zu benutzen. Geeignete I²C-Peripherie-Bausteine dafür wurden bereits in den 80er Jahren für die Fernsehtechnik von Philips und später von unzähligen anderen IC-Herstellern (Texas, Maxim, Linear, AD usw.) entwickelt und standen somit zur Verfügung.

Es waren auch fertige I²C-Tragschienen-Module mit Analogwandler, Portbausteine usw. zum Schaltschrankeinbau von verschiedenen Herstellern (Gravitech, Horter, SkPang usw.) verfügbar, die aber nicht in Betracht kamen, bedingt durch ihre Breite/Größe, ihrer offenen Bauweise der Elektronik, und daneben teilweise auch weitere Einschränkungen besaßen.

Es wurde 2013 beschlossen das vielversprechende Arduino-System mit dem I²C-Bus beizubehalten und durch Eigenentwicklung die verschiedenen Ein- und Ausgangsfunktionen in einzelne Module aufzuteilen.

Ein dafür geeignetes Hutschienengehäuse wurde bei der Firma „ITALTRONIC“ von der Serie „RAILBOX“ gefunden. Das nur 22,5 mm breite Gehäuse hat einen modularen Aufbau und ist dadurch platzsparend.

Neuentwicklung von Leiterplatten

Für jeden Modul-Typ mussten neue Leiterplatten entwickelt und mit den erforderlichen Komponenten in das Railbox-Gehäuse eingebaut werden, wodurch die SPS-Module nun auch schaltschranktauglich ausgeführt werden konnten. Durch diese Neuentwicklung der Leiterplatten für die jeweiligen Module konnten alle oben erwähnten negativen Punkte direkt korrigiert werden.

Die Betriebsspannung der Module wurde auf einen schaltschranktypischen Wert von 24 V DC gebracht. Die Schaltleistung der Digitalausgänge wurde für Verbraucher auf ca. 150 mA gesteigert. Die Digitaleingänge können TTL bis 30 V mit galvanischer Trennung verarbeiten. Der Ausgang wird „LOW“ bei Reset und Start. Die „Standard-Verdrahtung: Relais an Masse“ im Schaltschrank wird beibehalten. Die Anschlüsse der Module erfolgen über steckbare Klemmen bis 1,5 mm² und im 5,08-mm-Raster, wodurch auch eine 230-V-Verkabelung an den Modulen (z. B. Relaismodul) erfolgen kann.

Die Module (Bild 1) sind je nach Typ als 4, 8 und 16 Kanäle, als Digital-, Analog- und Relais-Stufen bestückt, wobei von jedem Modul-Typ bis zu 8 Module verbaut werden dürfen. Das bedeutet, dass teilweise bis zu 128 Kanäle (16 Kanäle x 8 Module) von jedem Modul-Typ über Adressen steuerbar sind. Auch Buserweiterungen, Multiplexer, galvanische Trennung, Watchdog, PWM Leistungsstufen und Schrittmotorstufen sind vorbereitet bzw. ausgeführt. Der Arduino als Controller für die SPS wurde ebenso in einem getrennten Modul (Bild 2) untergebracht.

Ab 2015 ist zusätzlich ein Raspberry Pi 2B, sowie ein Arduino ZERO (M0 Pro) als Controller-Modul zum bisherigen Arduino UNO Modul hinzugekommen. Die drei Controllermodule sind an den Steckklemmen „Pin-Kompatibel“ untereinander und die Steuerung unterscheidet sich nur durch die jeweilige Software für die jeweiligen Controller.

Das Ergebnis

Rolf Zech resümiert: „Eine SPS auf der Grundlage von Arduino, Raspberry und Co. mit dieser schmalen und kompakten modularen Gehäuseform, die in einfacher Ausführung, d. h. ohne zusätzliche I²C-Buserweiterung auskommt und trotzdem ca. 200 Kanäle bedienen kann, habe ich bis heute am Markt noch nicht gesehen“.

Fazit

Der professionelle Einstieg in die Automatisierung mit dem Arduino, Raspberry und Co, ist von der Bastelecke in den industriellen Schaltschrankbau bestens gelungen. Die in diesem Beispiel gezeigte modular aufgebaute SPS ist mit ihren Controllern eine gute Kombination von Elektronik, montagefreundlichem Gehäusedesign und leicht bedien- und erlernbarer Software. Zusammen mit der Entwicklungsumgebung und der von den „Community Gleichgesinnten“ bereitgestellten kostenlosen Nutzung der Software aus dem Internet ist eine preisgünstige, lizenzfreie und pro-

Bild 4: Verschiedene SPS-Module im Gehäuse

Bild 5: Anschlüsse für Stromversorgung und I²C-Bus an den SPS-Modulen

grammüberschaubare Entwicklung entstanden, die von Studierenden und Wissenschaftlern schnell und erfolgreich angenommen wurde.

Der Einsatz

Ein störungsfreier Betrieb dieser Controller in Verbindung mit seinen Ein- und Ausgabemodulen beweist die Tatsache, dass die SPS diverse Heizungen, Ventile, Frequenzumrichter, teilweise auch im oberen kW-Bereich, sowie G-Motor und Lichtsteuerungen mit PWM-Leistungsstufen problemlos ansteuert. Ebenso sind die Module für die Messwerterfassung bzw. Sensorauswertung im mV- bzw. mA-Bereich eingesetzt. Mehrere Anlagen mit diesen SPS-Modulen laufen bereits über Jahre ohne Beanstandung. Durch die steckbare Klemmenausführung an den Modulen ist eine sichere Verbindung im Schaltschrank gegenüber den instabilen Kontakten mit den Buchsenleisten möglich, und nicht zu vernachlässigen spiegelt sich dadurch die Servicefreundlichkeit beim Umbau einer Anlage wieder.

Diese Arduino- oder Raspberry-SPS kann durchaus im kommerziellen Schaltschrankbau der Industrie, Haustechnik wie auch in Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen als zuverlässige Steuerung zum Einsatz kommen.

Als Qualitätsmerkmal und als Grundlage für die Entwicklung dieser modularen SPS im Jahre 2012/2013 sind die damals schon nahezu millionenfach verkauften Microcontroller von Arduino und Raspberry, sowie das 2006 abgelaufene, und heute immer noch angewendete und bewährte Patent der Firma Philips (NXP), mit dem I²C-Bus. Eine Verbindung dieser beiden meines Erachtens exzellenten Voraussetzungen, bestätigt die Validierung dieser offenen und nahezu grenzenlosen SPS-Entwicklung auf der I²C-Basis. Das heißt, die spezifizierten Anforderungen sind reproduzierbar, dokumentiert und werden im praktischen Einsatz von dieser modularen SPS voll erfüllt.

Einschränkungen

Allerdings gilt es ein paar Punkte bei der Entwicklung und Anwendung zu beachten. Einer davon ist der kostenlose Source-Code. Wird er verwendet, muss er wieder unter freier Lizenz veröffentlicht werden, auch wenn nur einzelne Teile daraus entnommen wurden, was unter Umständen Anwender vor allem in der Industrie davon abhalten könnte.

Bei der I²C-Technik ist nur der Datentransfer begrenzt und die Buskapazität (kapazitive Last = 400 pF) als kritisch anzusehen, d. h. ohne Buserweiterung können keine längeren Kabelstrecken und nur ca. 20 bis 25 Module am I²C-Bus betrieben werden, was aber mit über 200 Kanälen für Eingang und Ausgang einer kleinen Steuerung in einem Schaltschrank ausreichen sollte.

Heutiger Stand und Ausblick

Zwischenzeitlich sind ähnliche Gehäusemodule und Kleinsteuerungen mit diesem Bus-System von verschiedenen Firmen und Händlern verfügbar. Denkbar ist, dass noch weitere Microcontroller- Boards mit I²C-Schnittstelle (Banana, Leonardo, Nano, Odroid, SMTxx, Pi 4B usw.), für diese Modulare-SPS hier auch eine Anwendung als Controllermodul finden könnten. Mit Buserweiterungen oder Feldbus-Gateways kann die Busstruktur noch weiter ausgebaut werden.

Der I²C-Bus findet heute nach ca. 40 Jahren immer noch unzählige Anwendungen z. B. bei Chipkarten Lesegeräte, Haushaltsgeräte, Sensorik und neuerdings in Blinklichtsteuerungen mit Lauflicht (LT39xx) in der Automobilindustrie.◀

Quellen:

Hardware-Entwicklung:
Rolf Zech,
zech-erlangen@t-online.de,
Software (u.a.): Liam Pettigrew
www.github.com/liampetti
Ansprechpartner an der Uni Erlangen: tobias.t.beck@fau.de
oder andreas.baur@fau.de

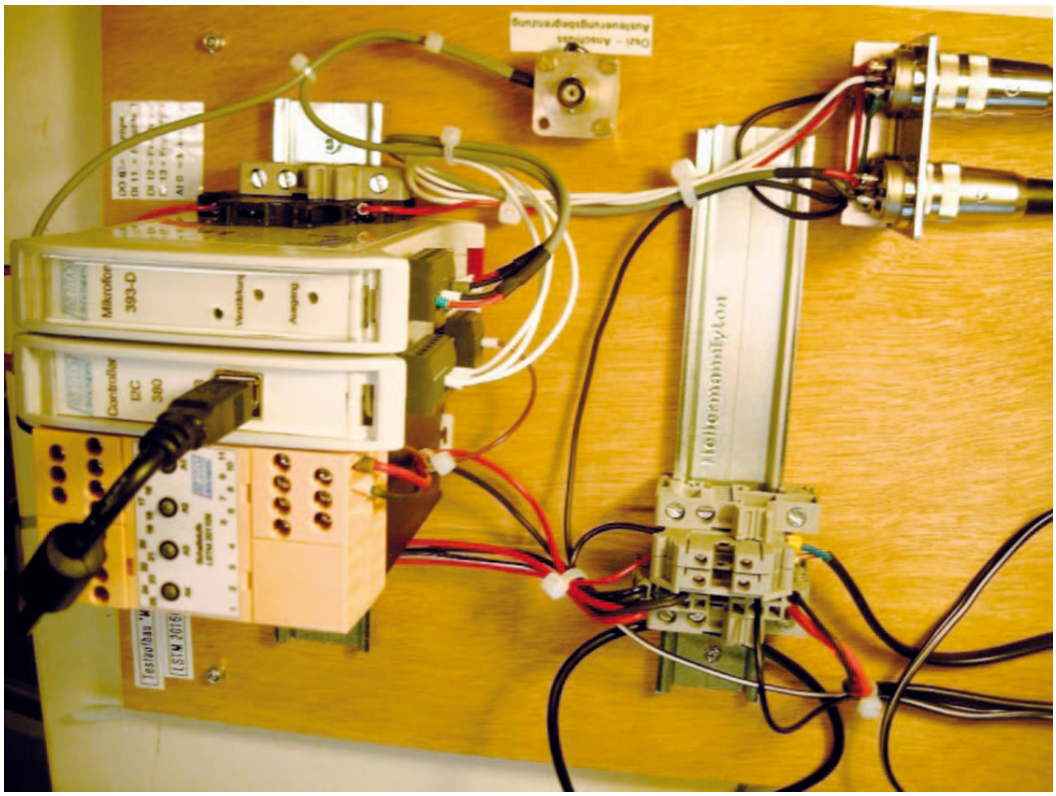

Bild 6: Brettaufbau für Test am Schreibtisch