

# ELV-Fuzzy-Controller

## Fuzzy-Hardware für individuelle Anwendungen

**In den vier vorangegangenen Fuzzy-Grundlagenartikeln wurden der Aufbau und die Funktionsweise der Fuzzy-Logik beschrieben und der ELV-Fuzzy-Trainer vorgestellt, der die Thematik anhand verschiedener Simulationsmodelle verdeutlicht. Um nun den praktischen Einsatz der Fuzzy-Logik für eigene Anwendungen zu ermöglichen, stellen wir im vorliegenden Artikel als Hardware-Lösung den ELV-Fuzzy-Controller vor.**

### Allgemeines

Die Fuzzy-Logik hat sich in den letzten Jahren aufgrund der großen Zahl von erfolgreichen Anwendungen in Deutschland als eine zusätzliche zukunftsweisende Technik der Industrieautomation und Regelungstechnik etabliert. Mit dem hier vorgestellten ELV-Fuzzy-Controller ist es möglich, diese Technologie auch für „Ihre“ eigenen Hardware-Anwendungen zu nutzen.

Zu Beginn stehen Anwender von Fuzzy-Systemen häufig vor der Frage, wie die Regelung realisiert werden soll. Fuzzy-Logik ist vom Ursprung her weder ein soft- noch ein hardwarebezogenes Verfahren, sondern läßt beide Lösungen zu. Zunächst einmal wird man an eine Software-Lösung auf dem PC denken, wie man sie auch zur Simulation verwendet. Zur Durchführung dieses ersten Entwurfs sind zahlreiche Software-Werkzeuge erhältlich.

Das Einlesen der Eingangsgrößen und das Ausgeben der Ausgangsgrößen erfolgt über geeignete, in der Regel aber nicht sehr preisgünstige, Rechnereinsteckkarten, die sowohl AD- und DA-Wandler als auch digitale Schnittstellen enthalten müssen.

Ob eine solche Methode hinreichend schnell für eine bestimmte Anwendung ist, hängt von der Anzahl der Regeln des Fuzzy-Systems ab, die im späteren Einsatz jeweils gleichzeitig aktiv sind. Diese Größe ist jedoch am Anfang nur schwer zu bestimmen. Erst wenn ein geeigneter Entwurf für die Zugehörigkeitsfunktionen des Regelsatzes vorliegt, kann entschieden werden, ob eine PC-Lösung die notwendigen Anforderungen erfüllt.

Die ständig steigende Leistungsfähigkeit von Personal Computern wird zum immer häufigeren Einsatz dieser Ausführungsform führen, wobei berücksichtigt werden muß, daß der Rechner dann nicht mehr für andere Aufgaben zur Verfügung steht. Weiterhin sind Büro-Rechner nicht

für den harten industriellen Einsatz geeignet, so daß auf teure Industrie-PCs zurückgegriffen werden muß. Der PC-Einsatz stellt in jedem Fall eine Alternative zu speziellen Fuzzy-Hardware-Lösungen dar. Diese werden aber - nicht nur bei großen Stückzahlen - aus Kostengründen oftmals den Vorzug erhalten.

#### Mögliche Hardware-Realisierungen

- PC mit Fuzzy-Software und geeigneten Einsteckkarten
- konventioneller Mikrocontroller mit Fuzzy-Software
- spezieller Mikrocontroller mit erweitertem Fuzzy-Befehlssatz
- spezieller Fuzzy-Chip mit vorgegebener Struktur
- Fuzzy-ASIC (spezieller Chip mit fest implementiertem Fuzzy-Regler)

Mit dem ELV-Fuzzy-Controller bieten wir Ihnen einen konventionellen Single-Chip-Mikrocontroller mit Fuzzy-Software als Hardware-Lösung an, der folgende Vorteile aufweist:

- günstiges Preis-/Leistungsverhältnis
- individuell einsetzbar
- analoge und digitale Ein- und Ausgänge auf der Controller-Platine
- hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit
- der PC ist nur für die Reglererstellung erforderlich
- Watchdog-System

Die leistungsfähige Hardware konnte durch die Verwendung spezieller Bauteile sehr kompakt gehalten werden. Sie verfügt wahlweise über einen Fuzzy-Regler mit acht Eingängen und einem Ausgang oder über zwei Fuzzy-Regler mit vier Eingängen und je einem Ausgang.

Zur Eingabe der Regeln, der Zugehörigkeitsfunktionen und weiterer Parameter steht eine Windows-Software zur Verfügung. Mit ihr können auch Fuzzy-Regelungen getestet und online optimiert werden. Die Kommunikation zwischen der Software und dem Fuzzy-Controller er-

folgt mittels der seriellen Schnittstelle des PCs.

Ist die Entwicklung einer Regelung abgeschlossen, kann die Hardware als eigenständiger Fuzzy-Controller in der Anwendung verbleiben, da alle Regelungsdaten in einem EEPROM abgelegt sind und nach dem Abschalten der Versorgungsspannung erhalten bleiben.

### Kommunikationsfreudigkeit

Die Kommunikationsfähigkeit spielt bei dem Fuzzy-Controller eine wichtige Rolle, da er für den Einsatz in unterschiedlichen Hardwaresystemen gedacht ist. Generell kann zwischen zwei grundlegenden Kommunikationsarten gewählt werden:

#### 1. Analog/PWM-Interface:

Das Analog/PWM-Interface stellt acht analoge Eingänge mit einem Spannungsbereich von 0 bis 5 V für die Reglereingabe bereit. Da der Fuzzy-Controller über einen Regler mit acht Eingängen oder über zwei Regler mit je vier Eingängen verfügt, kann je nach Bedarf mit Hilfe der Windows-Software die gewünschte Eingangskonfiguration bestimmt werden.

Zur Ausgabe der berechneten Daten ist jedem Regler ein Analog- und ein PWM-Ausgang mit einem Spannungsbereich von ebenfalls 0 bis 5 V zugeordnet. Für die Ausgabe der PWM-Signale stehen zwei Methoden zur Verfügung. Bei der ersten wird analog zur Größe des Regler-Ausgangswertes die Pulsweite von 0 bis 100% erhöht. Die zweite Methode gibt zusätzlich mittels einer Steuerleitung ein Vorzeichen aus, mit dem sich beispielsweise eine drehrichtungsabhängige Motorsteuerung realisieren läßt.

#### 2. Mikrocontroller-Interface:

Mit dem Mikroprozessor-Interface ist es möglich, den ELV-Fuzzy-Controller direkt mit anderen Mikroprozessoren zu verbinden. Die 8 Bit breite Schnittstelle ist

dabei so ausgelegt, daß die gesamte Kommunikation wie z. B. das Setzen der Eingangsdaten oder die Übermittlung des Fuzzy-Ausgabewertes über diese Schnittstelle abgewickelt werden kann. Zudem entsteht durch das Entfallen der Analog/Digital- und Digital/Analog-Wandlung ein Geschwindigkeitsvorteil.

## Blockschaltbild

Das Blockschaltbild des ELV-Fuzzy-Controllers ist in Abbildung 1 dargestellt.

Durch den Einsatz eines Mikrocontrollers, der bereits über 8 analoge Eingänge, zwei PWM-Ausgänge und ein Mikrocontroller-Interface verfügt, sind nur noch wenige externe Komponenten erforderlich, um einen Fuzzy-Controller zu realisieren.

Zur Ausgabe von zwei analogen Steuerungsspannungen steht ein DA-Wandler zur Verfügung, der durch einen seriellen Datenbus vom Mikrocontroller angesteuert wird. Die Speicherung der Reglerdaten erfolgt mit zwei EEPROMs, deren Datenübertragung ebenfalls seriell der Mikrocontroller vornimmt.

Zur Kommunikation mit dem PC dient die Standard-RS232-Schnittstelle eines PCs, wobei lediglich ein Pegelwandler benötigt wird.

16C74-Mikrocontroller, dessen Betriebsprogramm im internen Programmspeicher enthalten ist.

Die Spannungsversorgung des Controller-Boards erfolgt im Regelfall direkt aus dem Zielsystem (in dem die Schaltung eingesetzt werden soll) über die Kontakte der Stiftleisten BU 1 und BU 2. Ebenso kann die Spannungsversorgung über ein Steckernetzgerät erfolgen, das an die Klinkebuchse BU 4 anzuschließen ist, um den Fuzzy-Controller auch alleinstehend betreiben zu können.

Die Diode D1 vom Typ 1N4001 schützt die Schaltung, wenn versehentlich ein Netzgerät mit falscher Polarität angeschlossen wird. Die Stabilisierung der 5V-Betriebsspannung übernimmt der Spannungsregler IC 6 vom Typ 7805, wobei die Kondensatoren C 11 bis C 14 zur Pufferung und Unterdrückung von Schwingneigungen dienen. Die Diode D 2 ist erforderlich, um die Eingangsspannung des IC 1 anzuheben, wenn die Schaltung extern mit der 5V-Betriebsspannung versorgt wird, um den Spannungsregler nicht zu zerstören. Zur Anzeige der Betriebsbereitschaft dient die Diode D 3.

Um Störspitzen auf der 5V-Betriebsspannung abzuschwächen, die zum Absturz des Mikrocontrollers oder sogar zur

Da die Mikrocontroller-Schnittstelle mit 5V-Pegeln arbeitet, ist ein Pegelwandler zur Anpassung an die PC-Schnittstelle erforderlich. Dazu dient das IC 5 vom Typ MAX232, das mit 5 V betrieben wird und mit nur wenigen externen Bauteilen zu beschalten ist.

Zur Ausgabe von analogen Steuergrößen ist der DA-Wandler IC 2 vom Typ MAX 522 in die Schaltung integriert, der zwei analoge Ausgangsspannungen an den Pins 5 und 6 im Bereich von 0 bis 5 V liefert. Die Steuerung erfolgt seriell über die Pins 1, 2 und 8 vom Mikrocontroller.

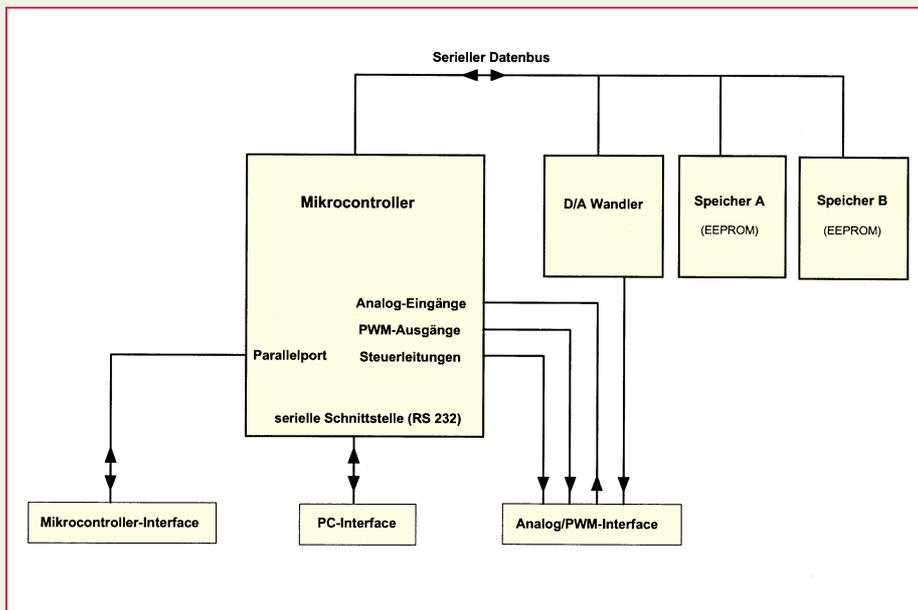
Dazu wechselt die  $\overline{CS}$ -Leitung auf Low-Potential, um den DA-Wandler zu selektieren. Die Datenübertragung läuft nun seriell über die Pins 2 und 8, wobei der Mikrocontroller die Daten seriell an Pin 8 anlegt und durch einen Takt an Pin 2 zur Übernahme eines Bits auffordert. Die Daten werden in ein 16 Bit breites Register des DA-Wandlers geschoben, der beim Wechseln der  $\overline{CS}$ -Leitung auf High-Pegel die entsprechenden Analogspannungen ausgibt.

Zur Speicherung der Reglerparameter dienen die EEPROMs IC 3 und IC 4 vom Typ 93C66, die auch nach Abschalten der Betriebsspannung ihren Speicherinhalt beibehalten. Auch die Kommunikation zwischen dem Mikrocontroller und den Speichern erfolgt seriell über die Pins 1 bis 4 der EEPROMs. Zum Aktivieren der Speicher dient hier die CS-Leitung (Pin 1), die vom Microcontroller auf High-Pegel gelegt wird. Die Dateneingabe erfolgt über Pin 3 (DIN), wobei der Übertragungstakt durch die SCLK-Leitung (PIN 2) vorgegeben wird. Zum Auslesen des Speicherinhaltes dient der serielle Datenausgang DOUT (PIN 4), der mit dem Mikrocontroller verbunden ist und dessen Datenübertragung ebenfalls durch die SCLK-Leitung synchronisiert wird.

Über die Stiftleiste BU 1 wird die Verbindung mit der Zielhardware hergestellt. An BU 1 stehen die acht analogen Eingänge, die zwei analogen Ausgänge, die zwei PWM-Ausgänge und die sechs Digital-Signale zur Verfügung. Das Interface BU 2 ist zur Kommunikation mit anderen Mikrocontrollern vorgesehen. Über diesen 8 Bit breiten Datenbus können Daten bidirektional ausgetauscht werden, wobei die Steuerung der Datenübertragung über die Leitungen  $\overline{RD}$ ,  $\overline{WR}$  und  $\overline{CS}$  erfolgt. So wird die AD- und DA-Wandlung umgangen, um direkt die Eingangsgrößen an den Fuzzy-Controller zu übertragen und die Ausgangsgrößen auszulesen.

Damit ist die Schaltungsbeschreibung abgeschlossen. Im nächsten Artikel folgt die Beschreibung des Nachbaus und die Vorgehensweise zur Einbindung in eigene Anwendungen.

**ELV**



**Bild 1: Blockschaltbild des ELV-Fuzzy-Controllers**

## Schaltung

Das Schaltbild des ELV-Fuzzy-Controllers ist in Abbildung 2 dargestellt. Den zentralen Bestandteil der Schaltung stellt der Mikrocontroller IC 1 mit der Bezeichnung ELV 9627 dar. Es handelt sich hierbei um einen bereits programmierten PIC

Zerstörung von Bauelementen führen könnte, ist eine Transil-Schutzdiode (D 4) parallel zur Betriebsspannung geschaltet.

Die Verbindung zum PC, die zur Konfiguration des Fuzzy-Controllers erforderlich ist, erfolgt über die Standard-RS 232-Schnittstelle eines PCs, die über ein 1:1-Verbindungskabel an die Buchse BU 3 angeschlossen wird. Der Mikrocontroller IC 1 verfügt über eine interne Schnittstelle, die an den Pins 25 und 26 nach außen geführt ist.

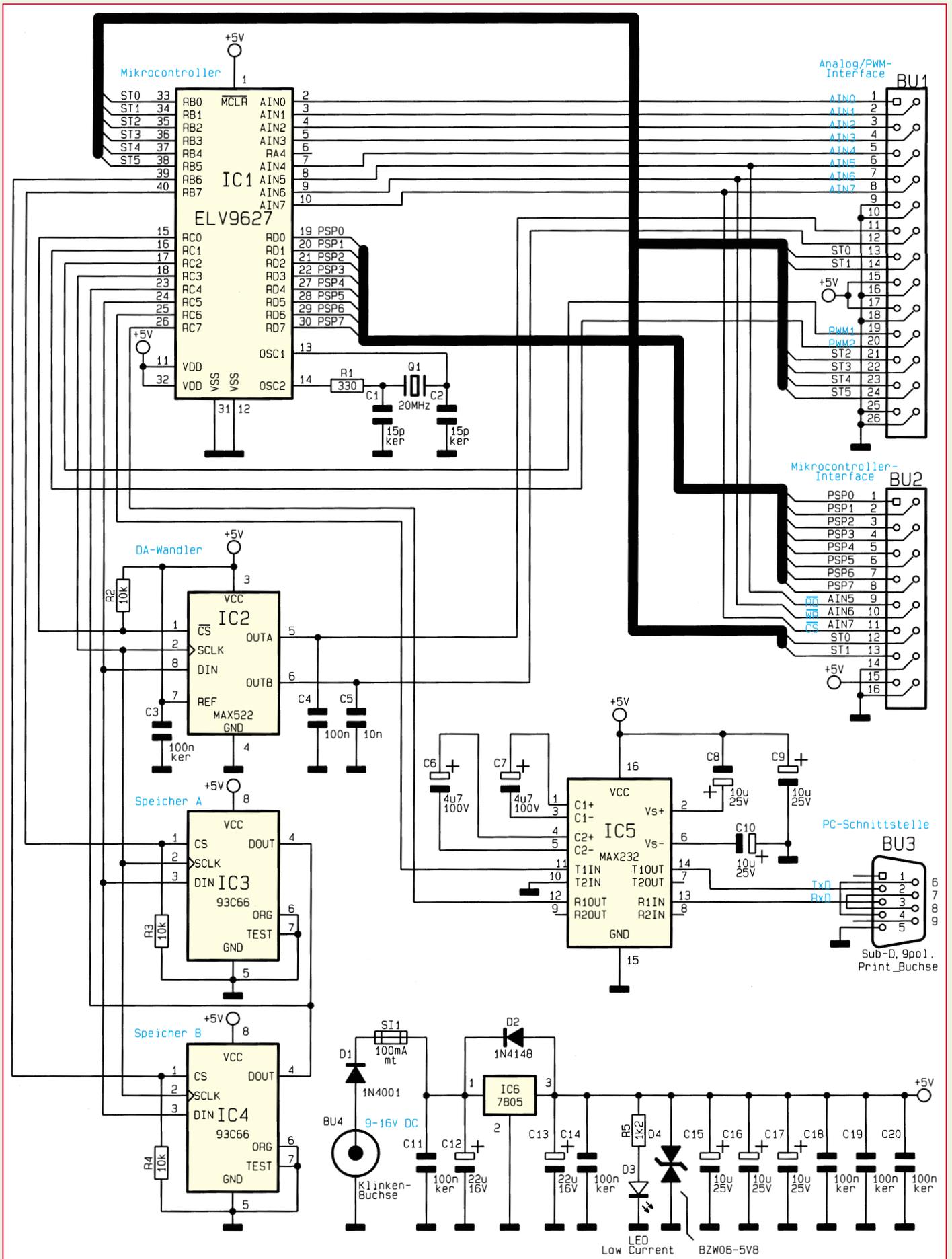


Bild 2: Schaltbild des ELV-Fuzzy-Controllers