

Fuzzy-Professor

Ein Entwicklungssystem für einfache Fuzzy-Logik-Anwendungen

Norbert Bartos, Josef Kahler, G. Kucera

Zusammenfassung

Entwickelt wurde ein einfaches Schulungssystem für Fuzzy-Logik. Es ist ein Stand-Alone-System und beinhaltet den Fuzzy-Prozessor FC110. Über vier Potentiometer können Eingangsgrößen eingegeben werden, als Ausgänge stehen zwei Leuchtbalkenanzeigen zur Verfügung. Das System soll im Rahmen der HTL-Ausbildung für Laborübungen und Demonstrationen verwendet werden.

1) Allgemeines

Wirft man heute einen Blick in Richtung Regelungs- und Steuerungstechnik, klassische Prozeßtechnik, Meßtechnik, Fahrzeugtechnik, Audio- und Videotechnik, Hausleittechnik, Flugzeug- und Raumfahrttechnik, Motoren- und Maschinenbau, sowie Medizin, so streift man an die so sagenumwobene Fuzzy-Logik an oder findet diese einfach vor. Viele Beispiele gäbe es hier anzuführen; zwei von den unzähligen seien hier herausgegriffen: der "Extrakorporale Herzschrittmacher" und "Fuzzy-Logik in Foto- und Videokameras".

Sind mehrere Parameter mit nichtlinearem Verlauf oder nur schwer mathematisch beschreibbaren Funktionen und/oder wechselnden Funktionszusammenhängen vorhanden, dann kann Fuzzy-Logik die effizienteste Lösungsmöglichkeit darstellen. Durch Beobachtung und Darstellung von Prozessen (Expertenwissen) werden Zustände beschrieben und zu Regeln mit linguistischen Variablen zusammengefaßt. Die Auswertung der Fuzzy-Regeln wird mittels Fuzzy-Logik durchgeführt. Diese verhilft relativ rasch zu guten Lösungen.

Beim extrakorporalen Herzschrittmacher ist die Herzfrequenz an die biomedizinischen Parameter anzupassen. Abhängig von den Eingangsgrößen wie Sauerstoffpartialdruck im Blut, Körpertemperatur, Herzkontraktionsfähigkeit und vielen anderen nichtlinearen Parametern, wird die Information in Form von Regeln an den Fuzzy-Prozessor geliefert. Nach der Verarbeitung der Eingangsparameter wird ein elektrisches Signal dem Reizleitungssystem im Körper zur Verfügung gestellt.

Bei Foto- bzw. Videokameras sind es unter anderem die Parameter Helligkeit, Entfernung (Focus), eingelegetes Filmmaterial, Verwacklungssensor, aufgesetztes Objektiv (Brennweite) und Belichtungszeit unter Berücksichtigung der Schärfentiefe, die dann die Qualität der Aufnahme entscheidend beeinflussen. Seit langem wird hier Fuzzy-Logik eingesetzt.

Der "Fuzzy-Professor" soll als Lern- und Laborsystem für jeden an dieser Technik Interessierten als Pilotsystem dienen. Die Einsatzgebiete können Laboratorien in Klein- und Großbetrieben, Technische Universitäten und Höhere Technische Lehranstalten sein.

2) Aufgabenstellung

Die Motivation liegt in der nahezu grenzenlosen Einsatzmöglichkeit derartiger Systeme begründet. Im ersten Schritt war ein funktionsfähiges "Stand-Alone-System" mit dem Fuzzy-Prozessor FC110 von Togai InfraLogic für Übungs- und Lehrzwecke gefordert. Weiters war eine möglichst einfache, überschaubare Schaltung, sowie ein übersichtliches Layout mit allen seinen Komponenten auf einer Karte in Europaformat anzuordnen. Mit diesen Anforderungen entstand der erste Prototyp in Doppellagenausführung.

3) Aufbau

Das Blockschaltbild in Abbildung 1 läßt erkennen, daß über zwei entkoppelte Busse Informationen von und zum Fuzzy-Prozessor geführt werden können.

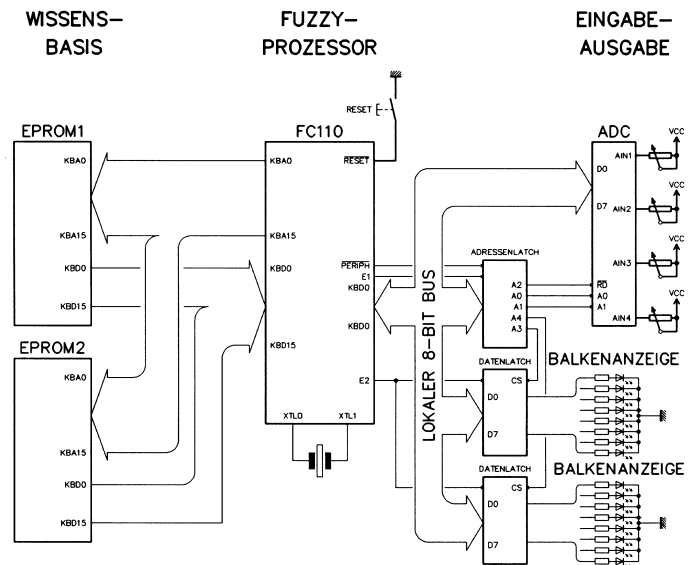


Abb. 1: Blockschaltbild

Die peripheren Bausteine für die analoge Eingabe und die digitale Ausgabe sind auf der Platine über den lokalen Bus angeschlossen. Die Kommunikation mit der Wissensbasis wird über einen getrennten Bus direkt durchgeführt.

Die Wissensbasis ist durch zwei EPROM-Bausteine mit acht Bit Breite, die zu einer Wortbreite von 16 Bit zusammengeschaltet sind, realisiert. Der maximal adressierbare Speicherbereich ist mit 16 Adressleitungen (KBA0-15) auf 64 kWorte begrenzt. Der Vorteil dieser Architektur ist die höhere Abarbeitungsgeschwindigkeit durch den entkoppelten Zugriff auf beide Busse.

Den Peripheriebausteinen stehen 256 Adressen im internen RAM (Datenspeicher) von Adresse 8000H bis 80FFH zur Verfügung. Über die vier angeschlossenen Potentiometer können analoge Eingangssignale nachgestellt werden, die dann über den A/D-Wandlerbaustein direkt dem Fuzzy-Prozessor über die Busleitungen SD0-7 zugeführt werden. Die Adressierung des A/D-Konverters und der Digitalausgabe erfolgt über das Addresslatch, welches über die Prozessorausgänge E1 bzw. E2 und /PERIPH, sowie über eine Flip-Flop-Steuerung wahlweise auf Ein- oder Ausgabe schaltet. Der A/D-Umsetzer mit seinen vier Kanälen zu je acht Bit kann über die Adressleitungen A0 und A1 den ausgewählten Analogeingang abtasten. Der Baustein hat eine Track- und Hold-Schaltungen integriert, die eine externe Sample- und Hold-Schaltung überflüssig machen. Bei vier Eingängen kann mit einer maximalen Abtastrate von 100 kHz gearbeitet werden, da die Umsetzung für einen Kanal 2,5 µs dauert. Die eingebaute Track- und Hold-Funktion erlaubt eine Verarbeitung bis zu 10 kHz bei einer Slew Rate von 157 mV/µs. Es wird kein externes Taktsignal benötigt. Als Referenzspannungsquelle wird ein handelsüblicher Baustein eingesetzt.

Die Ausgabe der Resultate erfolgt über zwei 8Bit-LED-Balkenanzeigen, die je über einen Latchbaustein angesteuert werden, um den digitalen Ausgabewert bis zu einer neuerlichen Ausgabe zwischenspeichern zu können. Der Ausgabezeitpunkt wird programmgesteuert über die bereits oben erwähnte Steuerlogik bestimmt.

Für die Taktversorgung wird ein 20MHz-Quarz direkt an die Anschlüsse XTL1 und XTL0 angeschlossen.

Das Rücksetzen der Baugruppe wird durch die Reset-Logik mittels Taste ausgelöst. Das erforderliche Reset-Zeitintervall von mindestens 10 ms wird automatisch generiert. Dieses bewirkt einen definierten Ausgangszustand des Fuzzy-Prozessors. Ist der Reset-Eingang auf Low-Signal, sind alle Ausgänge im hochohmigen Zustand.

Für die Versorgung ist ein verpolungsgeschützter Spannungseingang mit Kontroll-LED vorgesehen. Der Eingang ist mit einer superflinken 500 mA Sicherung abgesichert. Es wird eine Versorgungsspannung von 5 V benötigt. Die maximale Stromaufnahme des Systems beträgt bei voller Bestückung maximal 450 mA.

Die folgende Abbildung 2 zeigt die Ansicht der fertigen Baugruppe.

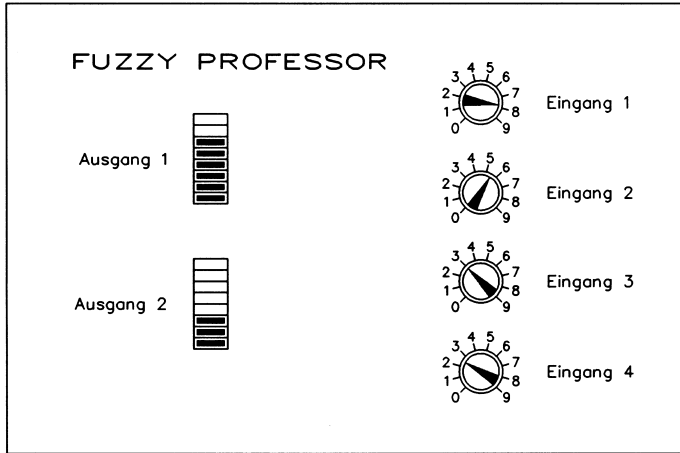


Abb. 2: Geräteansicht

4) Der digitale Fuzzy-Prozessor FC110

Grundsätzlich handelt es sich bei diesem Prozessor um einen eigenständigen echten Fuzzy-Prozessor mit eigenem Befehlssatz. Seine möglichen Wortbreiten sind, je nach Befehlscode, 8, 16 oder 32 Bit. Sein Systembus kann als 8051- oder 6800-kompatibel definiert werden.

Der Prozessor unterstützt eine Wissensbasisgröße von über 800 Regeln. Der genaue Wert ist vom Regelformat abhängig. Es sind maximal 256 Prämissen und 256 Konklusionen je Regel zulässig. Bei den Memberships sind bis zu 256 Labels möglich, die Auflösung beträgt 8 Bit. Beim Defuzzifizieren kann zwischen Schwerpunkts- und Höhenmethode gewählt werden. Die Geschwindigkeit wird mit 100 kLIPS (bei 20 MHz) angegeben.

Falls die Ansteuerung durch einen Mikrokontroller erfolgt, beginnt der zu realisierende Ablauf (nach dem System-Reset) zunächst mit dem Abspeichern der Eingabedaten in einem gemeinsamen Speicherbereich. Sodann wird eine Initialisierungsnachricht in das Input-Communication-Register (ICR) des FC110 übertragen, sodaß dieser mit der Abarbeitung seiner Regelbasis beginnt. Anschließend wird vom Mikrokontroller das Output-Communication-Register (OCR) abgefragt, solange bis der Fuzzy-Prozessor mit der Abarbeitung der Regeln fertig ist. Zuletzt können die Ausgabedaten im gemeinsamen Speicher gelesen und bei Bedarf ein neuer Verarbeitungszyklus begonnen werden.

Der Befehlssatz des FC110 besteht aus den folgenden Gruppen:

- Datentransferbefehle (Laden, Speichern)
- allgemeine arithmetische und logische Befehle (Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division, Vergleich)
- Fuzzy-Befehle (Fuzzy-AND, Fuzzy-OR, Evaluate Left-Hand-Side, Evaluate Right-Hand-Side, Defuzzifikation)
- Steuerbefehle (Jump, Call, Return)
- sonstige Befehle (Betriebsmodus einstellen, Halt, NOP)

Der Registersatz besteht aus den oben erwähnten Registern ICR und OCR, sowie aus dem Program Counter (PC), dem Status Register (SR; beinhaltet die Condition Codes "Pending Communication", Carry", "Zero", "Divide-by-Zero") und 16 General Purpose Registers zu je 2 Byte. Diese letzteren Register können (je nach Befehl)

- byteweise (low oder high),
- wortweise (2 Byte),
- tripelweise (3 Byte),
- langwortweise (4 Byte), oder
- in Viererblöcken (8 Byte) adressiert werden.

Die möglichen Adressierungsarten sind:

- Immediate,
- Register Direct,
- Memory Direct,
- Memory Direct Indexed,
- Data Memory Indirect with Pre-Increment und
- Data Memory Indirect with Post-Decrement.

5) Geplante Weiterentwicklungen

Derzeit wird das Programm über fix programmierte EPROM-Bausteine bereitgestellt. In der zweiten Ausbaustufe soll es möglich sein, daß die Programme über PC oder Mikrokontroller-Systeme geladen werden können. Dazu ist eine Hardware-Schnittstelle notwendig, über die das "Download" erfolgen kann. Damit ist ein wesentlich einfacheres Debugging möglich. Weiters ist geplant, daß typische Standardbeispiele (Invertiertes Pendel, Kransteuerung, Fuzzy-Logik-gesteuertes Fahrzeug, ...) als Softwaremodule beigefügt werden.

□

Electrical Engineering Purity Test

This test consists of 50 yes/no questions to test your Electrical Engineering Purity. You score 1 point for each "Yes" and 0 points for each "No," except where noted.

$$\text{Total Score} = \sum_{k=0}^{49} \text{your score for question } k$$

(that's a summation symbol)

- 0 Have you ever discharged a capacitor?
- 1 Done 0 twice in one day?
- 10 Done 0 with your tongue?
- 11 Have you ever doped silicon?
- 100 Done 11 with someone else?
- 101 Done 11 with two or more people?
- 110 Done 11 with someone without knowing their name?
- 111 Have you ever tweaked a resistor? (oh, that's so sexy...)
- 1000 Have you ever blown up an electrolytic capacitor?
- 1001 Done 1000 while an animal watched?
- 1010 Have you ever fondled a 10K resistor?
- 1011 Have you ever derived an equation?
- 1100 Done 1011 with a member of the opposite sex?
- 1101 Have you ever worn a pocket protector?
- 1110 Have you ever checked your email more than 10 times in one day?
- 1111 Done 1110 for one week straight?
- 10000 Have you ever made a joke about transistors?
- 10001 Have you ever laughed at a joke about transistors? (this one is worth 3 points)
- 10010 Have you ever wondered how the circuitry would work in that liquid metal guy in T2?
- 10011 Have you ever used Ohm's Law to excess?
- 10100 Done 10011 while someone of the opposite sex watched?
- 10101 Done 10011 with a large ungulate (hooved animal)?
- 10110 (Guys only) Have you ever counted the number of females in one of your EE classes so you could gain sympathy from friends in Liberal Arts?

- 10111 Do you speak in assembly?
- 11000 Has your skin color changed as a result of spending too much time in front of a terminal? (That green tone really works for me...)
- 11001 Have you ever had a serious discussion with someone about whether CISC is better than RISC?
- 11010 Have you ever used :-) to excess?
- 11011 Have you ever had to explain :-) to a friend?
- 11100 Have Fourier, LaPlace, or Maxwell ever visited you in a dream? (This one is worth 20 points. You "should" not, under any circumstances, fantasize about EE!)
- 11101 Have you ever read "The Sex Life of an Electron"?
- 11110 Can you rapidly count to 100d in binary?
- 11111 Do you have more than 5 computer accounts?
- 100000 Do you have more than 10 computer accounts? (Geek!)
- 100001 Have you ever laughed at a Liberal Arts major because they couldn't find a job? (You should...it's really fun)
- 100010 Are you addicted to reverse polish (HP) notation?
- 100011 Have you ever slept with your significant other (girlfriend/boyfriend) on the floor of a computer lab?
- 100100 Have you ever been in a relationship with someone you met through email or a newsgroup?
- 100101 Have you ever been turned on by a transistor?
- 100110 Have you ever turned on a transistor?
- 100111 Have you ever measured ground bounce?
- 101000 Done 100111 with an inanimate object?
- 101001 Done 100111 with a cadaver?
- 101010 Have you ever faked a bias point? (Have you no shame???)
- 101011 Have you ever had an intimate encounter with a voltage supply?
- 101100 Have you ever watched while someone else had an intimate encounter with a voltage supply?
- 101101 Have you ever probed a circuit?
- 101110 Done 101101 with other people watching?
- 101111 Done 101101 more than five times in one day?
- 110000 Done 101101 without protection? (You should really wear a ground strap!)
- 110001 Did you laugh while taking this quiz? (This one should be worth 30, but it's only worth 2)

Scoring Scale

00-15 points ==> Go back to your English class.
 15-25 points ==> Either you have a life or you are an underclassman/woman.
 25-35 points ==> You can feel your life slipping through your fingers as you get sucked into the world of Electrical Engineering. It could be worse...you could be in CS.
 35-45 points ==> You should definitely go to grad school in EE.
 45-72 points ==> You are a lost cause. You're the EE equivalent of Carl Sagan. Please do not contact me... ever.
 Note: Please send me your score, as I am trying to accumulate enough data to do a statistical analysis... seriously!!
 mail any comments/suggestions to:
 ibrahim@leland.stanford.edu (Nabeel Ibrahim) (Pink Panther)