

FUZZY LOGIK ENTWICKLUNGSSYSTEME FÜR SIMULATION UND OPTIMIERUNG

Fuzzy Logik ergänzt herkömmliche Systementwicklung um neue intelligente Funktionen. Dies erhöht die Leistungsfähigkeit und beschleunigt die Entwicklung. Solche Einsatzvorteile lassen sich nur durch leistungsfähige Entwicklungswerkzeuge realisieren. Im folgenden Beitrag wird fuzzyTech[®], eine komplette Familie von Entwicklungswerkzeugen der Firma INFORM (Aachen), vorgestellt, welche sich bereits in vielen Projekten in Europa, Japan und den USA bewährt hat.

Arnulf O. Krebs

Einführung

Die Anwendungen der Fuzzy-Technologien reichen von der Automatisierungstechnik über Microcontrollertechnik bis zur Datenanalyse und Entscheidungsunterstützung. So unterschiedlich wie die Applikationsbereiche sind auch die Anforderungen der unterschiedlichen Hardwareplattformen, auf denen Fuzzy Logic eingesetzt wird. Zur optimalen Anpassung an die Anforderungen gibt es heute unterschiedliche Editionen von fuzzyTech[®] sowie diverse Zusatzmodule. Für nichttechnische Anwendungen, z.B. in der Betriebs- und Finanzwirtschaft, für kaufmännische Lösungen oder für nichttechnische Datenanalyse und Entscheidungsunterstützung wurde fuzzyTech[®] für Business entwickelt. Diese professionellen Entwicklungswerkzeuge gehören aufgrund ihrer Leistungsfähigkeit, Bedienerfreundlichkeit und universellen Portierbarkeit zu den weltweit am häufigsten eingesetzten Fuzzy-Softwareprodukten.

Durch die Technik neuronaler Netze lassen sich Fuzzy-Systeme aus Prozeß- oder Beispieldaten automatisch erzeugen und optimieren. Diese Technologie ist im NeuroFuzzy-Modul für alle fuzzyTech[®]-Editionen verfügbar

Häufig benötigen Fuzzy-Lösungen eine Datenvorverarbeitung. Zu diesem Zweck liefert das DataAnalyzer-Modul alle Funktionen der Signalverarbeitung. Auch kleinere Prozeßmodelle sind mit diesem Modul erstellbar. Eingesetzt wird es, wenn die Eingangsvariablen des Fuzzy-Systems durch Signalanalyse aus Eingangsdaten oder Sensorsignalen bestimmt werden. Soll die Lösung auf dem PC laufen, so können mit integrierten Treibern für Schnittstellenkarten auch Lösungen ohne jede Programmierung erstellt werden.

Ein besonderer Vorteil von Fuzzy Logic liegt darin, daß ingenieurmäßiges Verständnis für einen Prozeßablauf direkt in eine effiziente Lösung umgesetzt werden kann. Hier ist es in einigen Anwendungen von besonderem Vorteil, das auf der Zielhardware laufende System – ohne Unterbrechung – noch modifizieren zu können. Diese Technik wurde von INFORM erstmals 1991 für Fuzzy Logic verfügbar gemacht und ist in der fuzzyTech[®] Online Edition für alle Hardwareplattformen als portabler C-Code realisiert. Dank der besonders effizienten Umsetzung ist eine limitierte Online-Funktionalität sogar für viele Microcontroller in Form eines RTRCD Moduls verfügbar. Das Real-Time Remote Cross Debugger (RTRCD) Modul erlaubt für Microcontroller die Variation von Zugehörigkeitsfunktionen und Regelgewichten zur Laufzeit.

Allgemeiner Aufbau der verschiedenen fuzzyTech[®]-Editionen

fuzzyTech[®] enthält eine Inferenzmaschine, die man entweder direkt ansprechen kann oder aber in andere Software (Tabellenkalkulation/-Datenbank/Anwendersoftware auf PC, Workstation oder Großrechner) integriert. Die Inferenzmaschine wird in FTL programmiert, der "Fuzzy Technology Language". Diese Beschreibungssprache hat sich zum Standard entwickelt und wird von vielen Herstellern eingesetzt.

Prinzipiell reicht eine Inferenzmaschine aus, um Fuzzy Logic auf einem "normalen" Computer ablaufen zu lassen. Allerdings ist es sehr unübersichtlich, ein Fuzzy-System durch Programmieren einer Inferenzmaschine zu entwickeln und zu testen.

fuzzyTech[®] enthält hierzu weitere Komponenten, die eine komplette grafische Entwicklung des Fuzzy-Systems erlauben. Hiermit können komplette Systeme erstellt werden ohne eine einzige Zeile in FTL zu programmieren. Mit fuzzyTech[®] ist es möglich Systemstruktur, Variablen und Regelmengen zu "zeichnen", wie man es von einem Grafikprogramm gewöhnt ist und diese Komponenten in ein komplettes Fuzzy-System umzusetzen. Typischerweise erfordert Test und Optimierung eines Fuzzy-Systems wesentlich mehr Zeit und Aufwand als die eigentliche Erstellung. Um diese Entwicklungsschritte so effizient und komfortabel wie möglich zu gestalten, bietet fuzzyTech[®] auch hierfür komplett visuelle Komponenten. Insgesamt 8 unterschiedliche Debug-Modi bieten für jede Anwendung die optimale Test- und Simulationsumgebung.

Test und Optimierung werden weiter unterstützt durch 4 grafische Analyserfunktionen, die eine Verifikation der Regelmengen auch anhand von Realdaten unterstützen.

Wird fuzzyTech[®] alleine eingesetzt, so können mit den reichhaltigen Schnittstellen komplette Systeme aufgebaut werden. Oft werden Fuzzy-Lösungen aber in Gesamtsysteme integriert. Hier bietet fuzzyTech[®] zum einen alle Standardschnittstellen unter MS-Windows für Software wie Tabellenkalkulationen und Datenbanken. Zum anderen kann es als Modul in eigene Softwareentwicklungen eingebettet werden.

fuzzyTech[®] ist eine komplett grafische Software, die unter MS-Windows abläuft. Trotz des sehr reichhaltigen Funktionsumfangs können Anwender nach wenigen Stunden Einarbeitung erste Fuzzy-Lösungen aufbauen. Hierbei wird eine methodische Systementwicklung durch spezielle Fuzzy-Design-Wizards unterstützt. Reichhaltige Beispiele und Tutorien zum schnellen Einstieg liegen den fuzzyTech[®]-Editionen bei.

Erweiterte Fuzzy-Technologien

fuzzyTech[®] bietet über die verbreiteten Verfahren der Fuzzy Logic hinaus eine ganze Reihe erweiterter Fuzzy-Technologien, die sich in vielen Projekten bewährt haben. Auch haben die Forschungsarbeiten von Prof. Zimmermann, die an der Universität Aachen durchgeführt wurden, in die Funktionalität von fuzzyTech[®] Eingang gefunden. So werden 7 unterschiedliche Defuzzifikationsverfahren unterstützt, die mit jeder Zugehörigkeitsfunktion kombinierbar sind. Weiter werden alle 8 Typen von Zugehörigkeitsfunktionen unterstützt; auch die S-Shape Funktionen, die sich besonders bei Business-Anwendungen bewährt haben.

Unterstützung normalisierter Regelmengen

Bei komplexen Aufgabenstellungen entstehen leicht unübersichtliche Fuzzy-Regeln die unterschiedliche Operationen, Klammersetzung und "if-then-else" Konstrukte verwenden. Solche Konstrukte zerstören die Vorteile von Fuzzy-Systemen wie Überschaubarkeit und leichte Erweiterbarkeit. fuzzyTech[®] geht hier einen anderen Ansatz durch die Unterstützung normalisierter Regelmengen und Verwendung eines grafischen Struktureditors. Auch komplizierteste Verknüpfungsstrukturen, die bei anderen Fuzzy-Werkzeugen in der Regelsyntax abgelegt werden müssen, sind grafisch einfach und übersichtlich zu entwickeln. Die Verwendung normalisierter Regelmengen hat den zusätzlichen Vorteil, daß Regelmengen auch in der Matrixdarstellung entwickelt werden können. Die Matrixdarstellung vermittelt auch bei großen Mengen in

der Regel einen deutlich besseren Überblick als eine Text- oder Tabledarstellung. *fuzzyTech*[®] bietet alle drei Darstellungsarten, Regelmengen lassen sich als Text, Tabelle oder Matrix entwickeln. Auch läßt sich immer zwischen den Darstellungen wechseln und es ist eine gemischte Darstellung möglich.

Inferenzmethoden

fuzzyTech[®] unterstützt neben den Standardmethoden der Fuzzy-Inferenz (MAX-MIN, MAX-PROD) die erweiterte FAM-Inferenz. FAM steht für Fuzzy Associative Map und ist eine Erweiterung der Fuzzy-Inferenz, die aus der Verbindung neuronaler Techniken mit Fuzzy Logic entstanden ist. Sie erlaubt das feinere Abstimmen einer Regelbasis auf eine Aufgabenstellung und vermindert in der Regel die für eine Lösung erforderliche Anzahl von Regeln. *fuzzyTECH* for Business unterstützt neben dem Maximum-Operator für die Resultat-Aggregation auch den BSUM-Operator (Bounded-Sum). Der BSUM-Operator sorgt dafür, daß auch sogenannte "Support-Rules", also Regeln, die eine bereits feuernde Regel unterstützen, berücksichtigt werden.

Die in *fuzzyTech*[®] implementierte Fuzzy-Inferenz stellt eine Kombination von Forward/Backward-Chaining dar, die für den Anwender vollkommen transparent ist. Automatisch wird das optimale Berechnungsschema für jedes Fuzzy-System bestimmt.

Fuzzy-Operatoren

fuzzyTech[®] unterstützt verallgemeinerte Operatorfamilien für die Fuzzy-Inferenz. Das bedeutet, daß man durch freie Parametrierung des Operators einen beliebigen Fuzzy-Operator einstellen kann. Drei Familien von Operatoren werden unterstützt: Min-Max-, Avg-Max- und Gamma-Familie. Die Min-Max-Familie ist eine Generalisierung der "klassischen" Fuzzy-Operatoren. Diese können als Sonderfälle durch entsprechende Parameterwahl hieraus erzeugt werden. Für die Gamma-Familie wurde erstmals in der Geschichte der Fuzzy Logic durch breite empirische Forschung nachgewiesen, daß sie menschliches Entscheidungsverhalten angemessen abbilden kann. Durch die Parametrierung kann der Gamma-Operator individuell an unterschiedliche Aufgabenstellungen angepaßt werden. Die Avg-Max-Familie ist eine rechen-technisch effizientere Approximation der Gamma-Familie. Zur Berechnung größerer Datenmengen mit *fuzzyTech*[®] innerhalb kurzer Zeit kann die Avg-Max-Familie mit geringen Verlusten an Genauigkeit statt der Gamma-Familie eingesetzt werden.

Recheneffizienz der Fuzzy-Inferenzmaschine

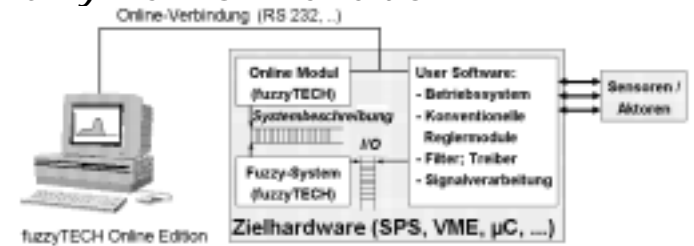
Auch größere Datenmengen können mit den *fuzzyTech*[®]-Editionen schnell abgearbeitet werden. Beispielsweise erzeugt der Codegenerator Fuzzy-Systeme, die lizenzkostenfrei weitergegeben werden dürfen und ein Fuzzy-System mit 8 Eingängen / 4 Ausgängen à 7 Terme und 500 gewichteten Regeln in nur 0,4 Millisekunden auf einem 486SX-PC/33MHz berechnet. Dies entspricht 2500 Entscheidungen pro Sekunde.

Kurzbeschreibung der verschiedenen (technischen) *fuzzyTech*[®]-Editionen

fuzzyTECH[®]-Precompiler Edition

Die universelle Standardsoftware für alle Anwendungsbereiche. Erzeugt portablen C-Code, der flexibel an die Zielhardware angepaßt werden kann. Die hohe Effizienz des C-Codes erlaubt den Einsatz auch in schnellen Echtzeitregelungen. Da auch die erweiterten Inferenzverfahren unterstützt werden, ist die Precompiler Edition auch für Anwendungen in der Entscheidungsunterstützung und Datenanalyse gut geeignet.

fuzzyTECH[®]-Online Edition



Zusätzlich zu der Funktionalität der Precompiler Edition läßt sich das erzeugte Fuzzy-System auch noch zur Laufzeit verändern. Dazu wird das Fuzzy-System zuerst auf dem PC entwickelt, getestet und als C-Code erzeugt. Dieser C-Code wird dann auf die Zielhardware gebracht und kompiliert. Das Fuzzy-System wird mit den Prozeßschnittstellen der Zielhardware verbunden und gestartet. Über eine serielle Schnittstelle oder eine andere Kommunikationsverbindung kann nun das Zielsystem zu jedem Zeitpunkt Kontakt mit der Zielhardware aufnehmen.

Die Kommunikation ist zweiseitig. Zum einen wird der gesamte Inferenzverlauf des Fuzzy-Systems grafisch auf der Zielhardware visualisiert. Zum anderen können alle Systemkomponenten (linguistische Variable, Regelmengen, ..) ohne das System auf der Zielhardware zu stoppen, vom PC aus verändert werden. Da auch die Analyzer von *fuzzyTech*[®] hier am laufenden Prozeß verfügbar sind, ist eine Optimierung am laufenden Prozeß möglich. Auch lassen sich für besonders langsame oder besonders schnelle Prozesse Traceläufe auf der Zielhardware fahren.

fuzzyTECH[®] MCU-C Editionen

Erzeugt Fuzzy-Systeme als C-Code, der speziell für Microcontroller und -prozessoren optimiert ist. Beherrscht wie alle anderen MCU-Editionen nur die für Microcontrolleranwendungen relevanten Fuzzy-Funktionen.

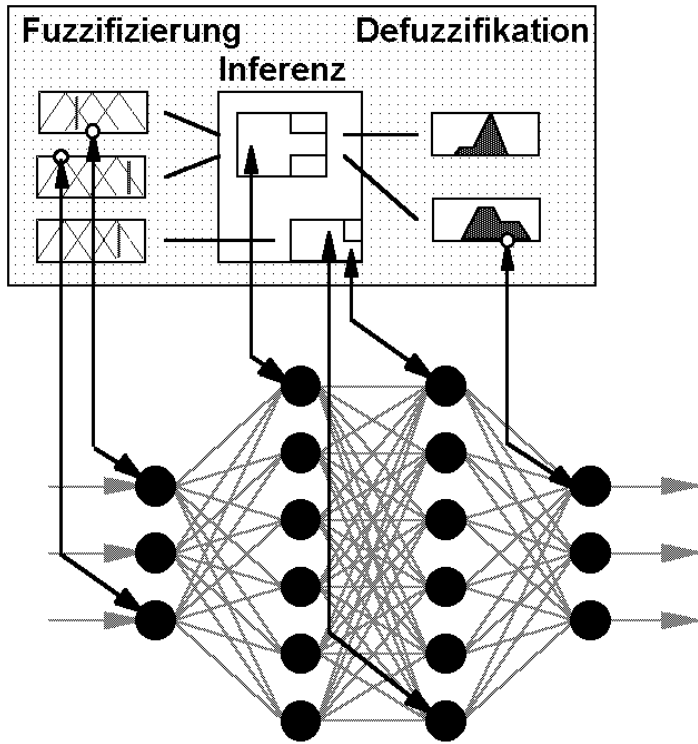
Spezielle MCU-Editionen unterstützen eine Vielzahl von Microcontrollern, wie beispielsweise Produkte von SGS-Thomson, Arizona Microchip, alle Derivate der 8051 und 80251 Familie, der MCS-96 Familie von Intel (8096, 80C196, ...), der C166-Familie von Siemens (80C165, 80C166, 80C167, FUZZY166), der TMS-320 Familie von Texas Instruments, die *fuzzySPS* von Klöckner-Moeller sowie spezielle Versionen für FOXBORO IAS Prozeßleitsysteme, die Siemens SIMATIC S5 SPS inklusive Fuzzy-Koprozessor auf Zusatzkarte u. v. m.

RTRCD[™]-Modul

Der *fuzzyTech*[®]-Real Time Remote Cross Debugger (RTRCD) ist ein Zusatzmodul, das für einige *fuzzyTech*[®]-MCU Editionen verfügbar ist. Es ermöglicht, ein auf einem Microcontroller laufendes Fuzzy-System während der Laufzeit zu analysieren und zu optimieren. Hierbei sind alle grafischen Editoren und Analyzer der *fuzzyTech*[®]-MCU Edition verfügbar. Während bei der *fuzzyTech*[®]-Online Edition aber alle Systemparameter während der Laufzeit verändert werden können, läßt das RTRCD Modul nur die Veränderung von Zugehörigkeitsfunktionen und Regelgewichtungen zu. Die Kommunikation zwischen PC und Microcontroller erfolgt über eine serielle Verbindung.

Das NeuroFuzzy-Modul

In vielen Anwendungen kann das gewünschte Entscheidungsverhalten – oder Teile davon – leichter durch Beispiele beschrieben werden als durch die Formulierung von Fuzzy-Regeln. Diese Daten können beispielsweise aus Fallentscheidungen stammen, die ein Mensch getroffen hat. Das NeuroFuzzy-Modul ist ein vollkommen integrierter Bestandteil von *fuzzyTech*[®] und ermöglicht eine automatisierte Generierung sowohl von Fuzzy-Regeln als auch von Zugehörigkeitsfunktionen.



Die verwendeten Lernverfahren bauen auf der Technik der neuronalen Netze auf. Doch während der eigentliche Lerninhalt in einem normalen neuronalen Netz weder direkt nachvollziehbar ist noch explizit optimiert werden kann, ist dies bei NeuroFuzzy möglich, da als Resultat des Lernvorgangs ein Fuzzy-System entsteht.

Die in *fuzzyTech*[®] verwendete Technologie der Fuzzy Associative Maps (FAM-Inferenz) erlaubt Regeln, die selbst "fuzzy" sind. Daher können diese als assoziative Speicher ("Approximate Reasoning") betrachtet werden, deren Plausibilitätsgrade im NeuroFuzzy-Modul durch Wettbewerbslernen (Competitive Learning) ermittelt werden. Optional erzeugt das NeuroFuzzy Modul auch automatisch Standard-Zugehörigkeitsfunktionen, die an die Struktur der bereitgestellten Beispieldaten angepaßt sind.

Steht bereits ein Teil von Fuzzy-Regeln zur Verfügung (Vorabwissen), so können diese Regeln als Ausgangspunkt weiteren Lernens eingesetzt werden. Auch können Regelmengen, die mit dem NeuroFuzzy-Modul generiert wurden, nachträglich "von Hand" optimiert werden. Der gesamte Lernprozeß wird grafisch visualisiert und kann jederzeit angehalten und – auch nach Veränderungen – wieder gestartet werden.

fuzzyTECH 80C166 Hardware Paket

Das *fuzzyTECH* 80C166 Hardware Paket ist ein vollständiges Entwicklungspaket zur Erstellung von Fuzzy-Logic-Systemen auf Basis der Technologie des FUZZY166 Fuzzy-Prozessors. Diese Technik erlaubt die Realisierung von sehr schnellen Fuzzy-Systemen -- zum einen durch die leistungsstarke On-Chip-Peripherie, zum anderen durch den besonders optimierten FUZZY166 Laufzeitkern, der diesem Paket als portables Softwaremodul beiliegt.

Lieferumfang

- Komplette *fuzzyTECH* MCU-166 Edition Entwicklungssoftware für den 80C166 auf Basis des im FUZZY166 Fuzzy-Prozessor eingesetzten Laufzeitkerns.
- Real-Time Remote Cross Debugger (RTRCD-166) Modul zur Optimierung von Fuzzy-Systemen zur Laufzeit.
- Spezieller C-Compiler (BSO/Tasking) zur Integration konventioneller Codemodule auf dem 80C166 (small model)
- Monitorprogramm zum Download von Code auf das Entwicklungsboard.
- Entwicklungsboard mit 80C166/40Mhz, 64 KB RAM, Platz für weiteren Speicher oder EPROM, zwei serielle Schnittstellen, analoger und digitaler Peripherie.

Schnelle Fuzzy-Systeme

Auch schnellste Lösungen sind mit dem *fuzzyTECH* Hardware Paket möglich. Ein Lageregler mit 2 Eingängen, einem Ausgang und 7 Fuzzy-Regeln benötigt nur 0.05 Millisekunden Rechenzeit, die On-Chip Peripherie benötigt für eine 10-bit Analog-Digitalwandlung weniger als 0.01 Millisekunden.

Grafische Entwicklung

Das *fuzzyTECH* 80C166 Hardware Paket bietet grafische Tools für die Erstellung aller Design-Schritte an. Auf Knopfdruck kann aus dem entwickelten System über einen Codegenerator ein ASM-Code erzeugt werden. Dieser ASM-Code konfiguriert die FUZZY166-Inferenzmaschine, die als optimierte Assemblerbibliothek dem Paket beiliegt. Die Peripherie des 80C166 und die Nichtfuzzy-Funktionen des Systems können mit dem beigefügten C-Compiler oder Assembler programmiert werden.

Debugging und Optimierung zur Laufzeit

Online-Funktionalität wird durch die Verbindung des Entwicklungs-PC mit dem Entwicklungsboard über ein serielles Kabel erreicht. Die Kommunikation ist bidirektional: Echtzeitdaten der Zielhardware werden zum Debuggen an das Entwicklungssystem geschickt, Modifikationen zur Regleroptimierung an das Board zurückgegeben. Durch die Änderungen der Regelstrategien auf dem 80C166 können verschiedene Fuzzy-Systeme miteinander in Echtzeit verglichen werden. Entscheidende Codesegmente werden dabei zwischen den Regeldurchläufen verändert.

Hardware/Software Anforderungen

- 386er PC (oder höher) mit mindestens 4 MB Speicher
- MS-Windows 3.1 oder höher und MS-DOS 5.0 oder höher
- 80C166 Assembler und C-Compiler
- Harddisk mit 10 MB freiem Plattenspeicher und 3.5" Floppy
- mind. VGA Monitor und Maus unter Windows

Spezifikationen

Grafische Design Editoren

- Editor für linguistische Variablen
 - bis zu 8 Terme pro Variable, 127 insgesamt
 - volle 16-Bit Auflösung
 - S, Z, Lambda und Pi-Typ Zugehörigkeitsfunktionen
- Regel-Editor
 - grafische Regeleingabe als Matrix oder Tabelle
 - Standard MAX-MIN/MAX-DOT Fuzzy Associative Map (FAM) Inferenz
 - Regelblöcke mit bis zu 8 Inputs \ 4 Outputs
- Struktur Editor
 - bis zu 8 Input- und 4 Outputvariablen pro Modul, bis zu 127 Module insgesamt
 - Center-of-Maximum und Mean-of-Maximum Defuzzifikationsmethoden

Offline Optimierung

- Interaktiver Debugger
 - grafischer Test des Systemverhaltens
 - Visualisierung des Informationsflusses
 - Interaktive Optimierung der Systemparameter
- Simulation mit Realdaten
 - grafische Simulation mit realen Prozeßdaten
 - Time Response Analyzer
 - Erzeugung von Datentabellen zur Ankopplung externer Simulations- oder Analysensysteme
- Prozeßmodellbasierte Simulation
 - jede Programmiersprache unter MS-Windows kann zum Programmieren des Prozeßmodells verwendet werden
 - grafische Darstellung des laufenden Reglers
- Grafische Analysetools
 - Kennfeldanalysator
 - Regeltracer
 - Zugehörigkeitsfunktionstracer

Echtzeit Code Generatoren

- 80C166/FUZZY166 Code Generator

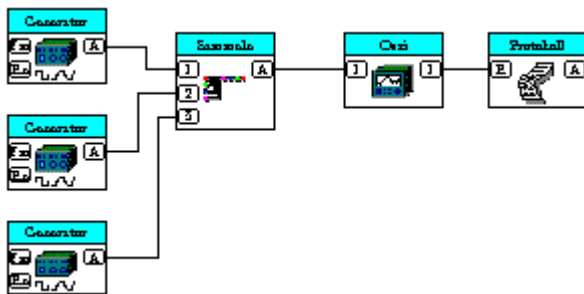
- generiert die Fuzzy Funktionen zur Ansteuerung der FUZZY166 Bibliothek als Assemblercode
- generiert einen C-Header File für eine einfache Softwareanbindung
- verwendet 16-Bit Auflösung des 80C166/FUZZY166
- Keine Lizenzgebühr für Runtime Code
- C-Code Generator
 - generiert die Fuzzy Funktionen als portablen ANSI-C Code
 - verwendet denselben Algorithmus wie im 80C166 Code
 - Keine Lizenzgebühr für Runtime Code

Benchmark Performance

- Codegröße
 - 440 Byte ROM, 30 Byte RAM für 2 In/1 Out mit 7 Regeln
 - 610 Byte ROM, 30 Byte RAM für 2 In/1 Out mit 20 FAMS
 - 990 Byte ROM, 36 Byte RAM für 3 In/1 Out mit 80 Regeln
- Codegeschwindigkeit
 - 0,05 ms für 2 Inputs und 1 Output mit 7 Regeln
 - 0,07 ms für 2 Inputs und 1 Output mit 20 FAMS
 - 0,13 ms für 3 Inputs und 1 Output mit 80 Regeln

Das komplette Fuzzy-Entwicklungssystem unter MS-WINDOWS bietet zusätzlich interaktives Messen und Auswerten mit dem

DataAnalyzer™



Fuzzy

Logic wird zunehmend zur Konstruktion intelligenter Sensoren sowie zur Lösung von Datenanalyse- und Klassifikationsaufgaben eingesetzt. In diesen Anwendungsfeldern ist häufig eine Vorverarbeitung der Daten notwendig, um Rohdaten für die Bewertung mit einem Fuzzy- oder NeuroFuzzy-System aufzuarbeiten.

Das **fuzzyTECH DataAnalyzer**-Modul ermöglicht den kompletten Aufbau von Datenanalysesystemen und dient zusätzlich der Erfassung, Ausgabe und Dokumentation von Meßdaten oder anderen Datenreihen unter MS-WINDOWS. Hierzu stellt das **DataAnalyzer**-Modul Werkzeuge der konventionellen Datenanalyse und Signalverarbeitung als Funktionsblöcke, **fuzzyTECH** als entsprechende Fuzzy-Funktionsblöcke zur Verfügung.

Das Funktionsprinzip ist schnell erklärt: Der Anwender fertigt mit der Maus am Bildschirm ein Blockschaltbild an, indem er die Funktionsblöcke auswählt, sie entsprechend platziert und untereinander verbindet. Das so erstellte Blockschaltbild definiert und steuert den gesamten Datenfluß. Durch diese Aufteilung der Aufgabe auf die einzelnen Funktionsblöcke wird ein streng modularer Aufbau erreicht. Durch die völlige Freiheit des Anwenders in der Anordnung der Funktionsblöcke und ihrer Verbindung zueinander wird der **DataAnalyzer** zum universellen Meßinstrument.

Für die Datenvorverarbeitung stehen verschiedene Funktionsblöcke durch einfaches Anklicken zur Verfügung. Zur Visualisierung können Oszilloskope, Meßgeräte und Plots frei konfiguriert werden. Für die Schnittstellen zu technischen Prozessen oder anderen Programmen bestehen weitere Funktionsblöcke. Die Funktionsbibliothek des DataAnalyzer-Moduls ist durch eigene Funktionsblöcke ergänzbar, die als DLL integriert werden. Eine Übersicht der Funktionsblöcke:

Mathematische Funktionsblöcke

- Funktionsgenerator
 - Sinus, Rechteck, Sägezahn, Rauschen, Impuls, Konstant
 - Parameter: Frequenz, Amplitude, Phase
- Arithmetische Funktionen

- +, -, *, /, exp
- Mathematische Funktionen
 - Absolut, Signum, x^2 , Wurzel, sin, cos, tan, ln, e^x
- Fensterfunktionen
 - Signalfaltung (Transformation in den Frequenzbereich)
 - Rechteck, Dreieck, Hamming, Hanning, Blackman Fenster
- Spektralanalyse
 - Fouriertransformation
 - Normal oder logarithmisch, Autokorrelation, Cepstrum
- Digitales Filter
 - Tiefpass, Hochpass, Bandpass, Bandsperre
 - Charakteristiken: Butterworth, Bessel, Tschbycheff
 - Parameter: Mittenfrequenz, Gütefaktor, Filterordnung
- Statistische Funktionen
 - Minimal, Maximal, Mittelwert, Standardabweichung, Effektivwert sowie Histogramme (Häufigkeitsanalyse)
- Logische (Boolsche) Funktionen
 - AND, OR, NAND, NOT in TTL-Logik
- Kennlinie
 - Lineare Umrechnung von physikalischen Einheiten
- Formelparser
 - Freie Eingabe von bel. math. und logischen Formeln

Funktionsblöcke für die Visualisierung

- Mehrkanaloszilloskop
 - Normaldarstellung, 3D-Modus, Schreibermodus
- Analoge und Digitale Instrumente
- Protokollliste
- Signallampe

Funktionsblöcke für Schnittstellen

- PC-Schnittstellenkarte (analog und digital)
- Datei I/O
- Serielle Schnittstelle COM1..4 (RS 232C)
- DDE Schnittstelle zu anderen Programmen
- Programmierbare Zeitgeber
- Manuelle Eingabe
 - Schieber, Drehknopf, Taster, Schalter, Bit-Switch

Weitere Funktionsblöcke

- Grenzwertkontrolle (Schwellwert)
- Programmierbare Zähler
- Relaischalter
- Programmierbare Datenpuffer

Das **fuzzyTECH DataAnalyzer**-Modul wird von GFS GmbH, einem Marktführer bei Datenanalyse-Werkzeugen, in Zusammenarbeit mit INFORM hergestellt. Es ist nur zusammen mit **fuzzyTECH** lauffähig.

Literatur zur Fuzzy Logic

Praktische Anwendung und Fallbeispiele

1. „Fuzzy Logic - Technologie“, v. Altrock, Oldenbourg Verlag 1993, ISBN 3-486-22673-8
2. „Fuzzy Logic - Anwendungen“, H.-J. Zimmermann und v. Altrock (Hrsg.), Oldenbourg, 1994, ISBN 3-486-22677-0
3. „Fuzzy Logic - Werkzeuge“, v. Altrock et. al., Oldenbourg Verlag 1994, ISBN 3-486-22693-2

Wissenschaftliche Grundlagen

1. „Fuzzy Set Theory - And Its Applications“, H.-J. Zimmermann, Kluver Verlag 1992

Anschrift des Autors

Dipl.-Ing. Arnulf O. Krebs, ARGE KLEX® Neue Technologien
Entwicklung & Vertrieb, A-1190 Wien, Rodlergasse 5/17, Tel. +431 36 80 228-0



Die angegebenen Preise gelten ab dem 1. März 1995.
Vorherige Preislisten verlieren damit ihre Gültigkeit.
Irrtümer und Änderungen vorbehalten.

fuzzy logic
entwicklung & vertrieb
 dipl.-ing. arnulf o. krebs
 rodlergasse 5/17

a-1190 wien

Bitte kreuzen Sie nachfolgend Ihre Bestellung und/oder Nachfragen an und senden Sie uns die Seite per Post oder per Fax.

= 0222 - 36 80 228-0 ☎ 0663 - 82 88 71

Fax: 0222 - 36 80 228-9

Name, Titel, Funktion	Zugehörigkeit (nur bei Erwerb von Schullizenzen)
Institut/Firma/Organisation	Adresse
Telefon	Unterschrift, Datum <small>(Ich bestätige durch meine Unterschrift, daß ich Schullizenzen weder für industrielle Projekte noch zur Drittmittelforschung einsetzen werde.)</small>
Telefax	

Ich bestelle nachfolgend angekreuzte Produkte:

Menge	fuzzyTECH-Produktname		à öS		öS
_____	<i>fuzzy</i> Tech 4.0 for BUSINESS ¹⁾	neu!	35.750,--	=	_____
_____	<i>fuzzy</i> Tech 4.0 MCU-C Edition		17.300,--	=	_____
_____	<i>fuzzy</i> Tech 4.0 Precompiler Edition		33.400,--	=	_____
_____	<i>fuzzy</i> Tech 4.0 Online Edition ¹⁾		88.900,--	=	_____
_____	<i>fuzzy</i> Tech 4.0 NeuroFuzzy Modul ²⁾		12.900,--	=	_____
_____	<i>fuzzy</i> Tech 4.0 DataAnalyzer ²⁾		21.600,--	=	_____
_____	<i>fuzzy</i> Tech 4.0 MCU-ST6 Edition		22.950,--	=	_____
_____	<i>fuzzy</i> Tech 4.0 MCU-51 + RTRCD-51		36.150,--	=	_____
_____	<i>fuzzy</i> Tech 4.0 MCU-96 + RTRCD-96		37.400,--	=	_____
_____	<i>fuzzy</i> Tech 4.0 MCU-166 + RTRCD-166		37.400,--	=	_____
_____	<i>fuzzy</i> Tech 4.0 Fuzzy-166 Hardware-Paket ³⁾		45.600,--	=	_____
_____	<i>fuzzy</i> Tech 4.0 81C99 Hardware-Paket ⁴⁾		64.200,--	=	_____
_____	<i>fuzzy</i> Tech 3.1 Explorer Edition ⁵⁾		1.900,--	=	_____
Zwischensumme				=	_____
zzgl. 20% Umsatzsteuer				=	_____
Bestellsumme					_____

Alle *fuzzy*TECH-Editionen enthalten Schulungssoftware mit integrierter Simulation zum schnellen Einstieg.
¹⁾ Inklusive NeuroFuzzy-Modul. ²⁾ Als Zusatz für alle *fuzzy*TECH Editionen.
³⁾ Enthält *fuzzy*TECH MCU-166 Edition, RTRCD-166 Modul, 80C166-Board + Zubehör, spez. C-Compiler.
⁴⁾ Enthält *fuzzy*TECH MCU-99 Edition, *fuzzy*TECH RTRCD-99 Modul, Echtzeitemulationshardware von ERTEC (inklusive komplette 81C99 Hardware für in-circuit-emulation und stand-alone Betrieb).
⁵⁾ Komplette Schulungssoftware mit *fuzzy*TECH-Entwicklungsumgebung nur noch als Version 3.1 ohne Handbuch.

Wartungsverträge (16% vom Neupreis), Mehrfach- (-20% bis -50%) sowie Hochschullizenzen (-30%) sind erhältlich. Sichern Sie sich die Zusendung des aktuellsten Releases Ihrer Software durch Abschluß eines Wartungsvertrages.

Bitte schicken Sie mir Ihr neuestes Informationsmaterial zu