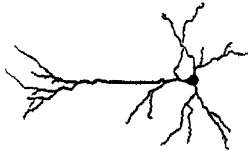


HYBRIDES NEURONALES NETZ



Betreuer: Norbert BARTOS; Projektgruppe: Kurt BOHUSLAV, Thomas HINTERSTOISSER, Harald STEINMETZ, Gregor STRNAD

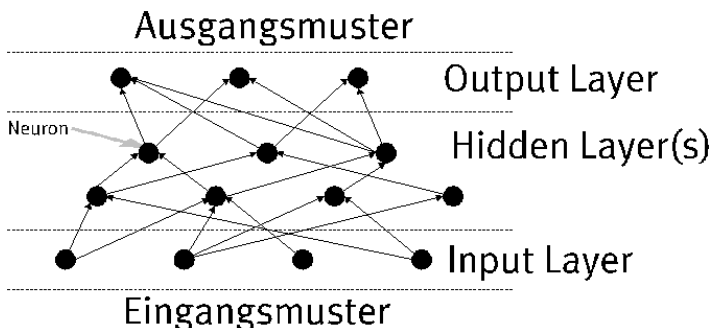
Harald STEINMETZ

1) Woher? Warum? Wieso?

Bereits in den 40er-Jahren wandte man sich der Technik der Neuronalen Netze zu. Diese weisen durch ihre parallele Datenverarbeitung eine hohe Geschwindigkeit auf. Durch ihre Spezialisierung auf ein bestimmtes Problem sind diese Architekturen wesentlich billiger als z.B. Parallelrechnersysteme. Neuronale Netze spiegeln in gewisser Weise die Gehirnstruktur von Lebewesen wider. Sie sind aus künstlich nachgebildeten Zellen (Neuronen) aufgebaut, die stark untereinander vernetzt sind. Durch Angabe der Gewichtung der einzelnen Verbindungen der Neuronen wird dem elektronischen Gehirn eine Struktur übermittelt. Es hat gelernt.

2) Was ist eigentlich ein Neuronales Netz?

Ein Neuronales Netz kann man sich als System vorstellen, das aus vielen Elementen besteht die miteinander verbunden sind. Diese Elemente verarbeiten die ihnen zur Verfügung gestellten Informationen. Die Elemente in einem Neuronalen Netz sind mathematische Modelle mit mehreren Ein- und Ausgängen. Bei den zu verarbeitenden Informationen kann es sich um Signale, Bitmuster oder Zahlenwerte handeln. Die bis jetzt erfolgten Erkenntnisse kann man sich wie in der folgenden Abbildung vorstellen:



Diese Abbildung soll die Vernetzung der Neuronen verdeutlichen. Die einzelnen Neuronen sind untereinander verbunden. Eine wichtige Erkenntnis ist, daß nicht alle Neuronen miteinander verbunden sind. Es sind nur so viele Verbindungen vorhanden, wie zur Erledigung der gestellten Aufgabe nötig sind. Diese Verbindungen erhalten sogenannte Gewichte, die aufgrund der Anforderungen, die vom Benutzer gestellt werden, festgelegt werden. Durch die Übermittlung dieser Gewichte erhält das Netz eine bestimmte Struktur. Diese Gewichte können verändert werden. Das Festlegen und Ändern von Gewichten in einem Neuronalen Netz bezeichnet man als den Lernvorgang, der sich folgendermaßen gestaltet:

Dem Neuronalen Netz werden Beispielmuster am Ein- und Ausgang präsentiert. Das Neuronale Netz wird nun dazu veranlaßt, seine Verbindungen zwischen den Neuronen und dessen Gewichte so zu setzen, daß das gewünschte Übertragungsverhalten angenommen wird. Eine besondere Eigenschaft eines Neuronalen Netzes ist, daß es in der Anwendungsphase weiterlernen kann. Man nennt dies Adaptives Verhalten.

Die Einteilung der Neuronen erfolgt in drei verschiedene Klassen. Die Neuronen des Input Layers sind direkt mit den Leitungen verbunden, die das Eingangsmuster an das Neuronale Netz weiterleiten. Analoges gilt für die Neuronen des Output Layers, die das Ausgangsmuster an die nachgeschalteten Geräte weiterleiten. Die Neuronen der Hidden

Layers zeichnen sich durch die besondere Eigenschaft aus, daß ihre Verbindungen nur unter Neuronen existieren. Die Hidden Layers übernehmen daher die Hauptaufgabe der Neuronalen Netzes. Mit unseren bisherigen Erkenntnissen können wir somit sagen, daß ein Neuronales Netz ein System zur Informationsverarbeitung ist, das mit einfach vernetzten Elementen mit gerichteten Ein- und Ausgängen aus einem anliegenden Eingangsmuster ein Ausgangsmuster erzeugt.

3) Was sollte konstruiert werden?

Es war beabsichtigt, ein Gerät zu entwickeln, das in einem Laborübungsbetrieb die grundlegenden Funktionen des Lernens eines Neuronalen Netzes demonstriert.

Das Gerät besteht aus Einzelkomponenten, die je nach den gefragten Anforderungen während des Laborübungsbetriebes zusammengefügt werden können.

Bis wir jedoch zu diesen Angaben gelangten, vergingen einige Tage, denn anfangs war lediglich geplant, eine Sprachausgabe mit Hilfe eines Digitalen Neuronalen Netzes zu realisieren. Die Eingabe der Zeichen sollte über die PC-Tastatur erfolgen.

Es wurden Überlegungen angestellt, ob die sprachliche Ausgabe von eingelesenen Ziffern möglich wäre. Diese Erwägung wurde wegen zu hoher Komplexität der Aussprache von Ziffern, und Ziffernfolgen (Zahlen) verworfen, um sich der Aussprache von Worten der deutschen Sprache zu widmen.

Weiters wurde beschlossen, das zweite Projekt zum Thema „Neuronale Netze“ mit einzubeziehen. Es handelt sich dabei um ein Analoges Neuronales Netz, welches zur Zeichenerkennung eingesetzt wird. Anfangs bestand der Wunsch durch die Bewegung eines Stiftes, vergleichbar mit dem Schreiben von Buchstaben mit einem Bleistift, das Einlesen der Zeichen zu realisieren. Bei genauerer Überlegung dieses Problems stießen wir jedoch an die Grenzen des Möglichen.

Wie erwähnt, besteht ein Neuronales Netz aus Neuronen, wobei jedes Neuron für sich selbst arbeitet, woraus zu schließen ist, daß alle am Eingang anliegenden Signale im Neuronalen Netz parallel weiterverarbeitet werden müssen.

Aufgrund dessen ist ein serielles Einlesen, wie es mit dem Stift erfolgen würde ein viel zu langsamer Vorgang. Das Neuronale Netz benötigt zur Erkennung von Buchstaben alle Informationen über das Aussehen des Buchstabens zur gleichen Zeit, also ein paralleles Anliegen der zu verarbeitenden Daten.

Die Lösung dieses Problems besteht darin, daß das Einlesen über eine beleuchtete Phototransistormatrix erfolgt, auf die der Anwender mit Buchstaben beschriebene Folien auflegen kann. Die aufgelegten Buchstaben werden vom Analogen Neuronalen Netz erkannt, die Auswertung der eingelesenen Buchstaben zu einem Wort erfolgt über das Digitale Neuronale Netz, das die Daten zur Sprachausgabe weiterleitet.

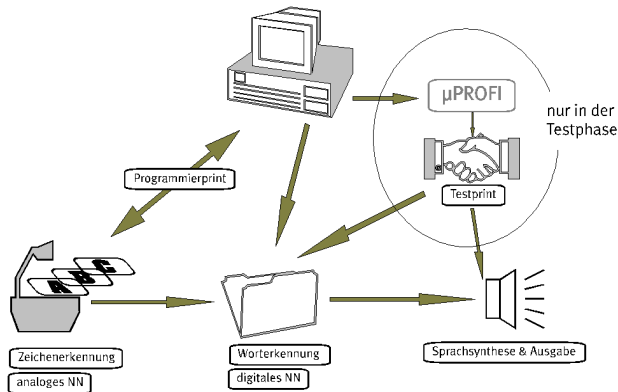
Weiters soll eine Testschaltung entwickelt werden, bevor die einzelnen Geräte gemeinsam in Betrieb genommen werden.

Somit konnten wir folgende Gerätespezifikationen festlegen:

- Es soll ein Laboraufbau zur Demonstration der Lernfähigkeit eines Neuronalen Netzes konstruiert werden.
- Das Gerät soll in Hardwareform aufgebaut werden.

- Auf Folien geschriebene Buchstaben werden über eine Phototransistormatrix eingelesen.
- Das angeschaltete Analoge Neuronale Netz bewerkstelligt die Buchstabenerkennung. Es wird ein Signal mit einer Länge von 8 Bit pro Buchstabe erzeugt.
- Dieses Signal wird in das Digitale Neuronale Netz weitergeführt. Hier erfolgt die Verarbeitung der eingelesenen Buchstaben zur Worterkennung.
- Die Sprachausgabe übernimmt die Signale des Digitalen Neuronalen Netzes, und bringt sie über den Sprachprozessor zum Lautsprecher.
- Zum Testen der Sprachausgabe und des Digitalen Neuronalen Netzes dient eine Testschaltung in Zusammenhang mit den µProfi-51.

Das folgende Bild veranschaulicht den Aufbau des Gerätes:

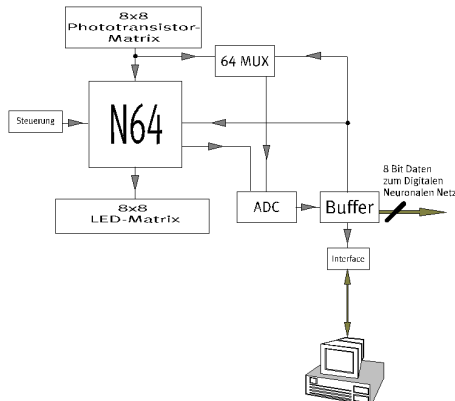


3.1) Analoges Neuronales Netz

Auf der Platine des Analoges Neuronalen Netzes befindet sich eine optische Eingabe- und Ausgabeschnittstelle. Eine Anordnung von 8x8 Phototransistoren ermöglicht die Erfassung eines Grauwertbildes, des Bildes, das auf die Matrix aufgelegt wurde. In unserem Fall sind dies die auf Folien geschriebenen Buchstaben. Weiteres befindet sich eine 8x8 Matrix von Low Current LEDs, die als direkte optische Ausgabe dienen. Das Herzstück dieser Platine bildet der analoge neuronale Prozessor N64 von Intel.

Die Ausgangswerte dieses Prozessors bewegen sich zwischen 0V und 5V. Damit kann ein Ausgang dieses Prozessors theoretisch unendlich viele Ausgangspegel annehmen. Aus diesem Grund kann die Zeichen-erkennung durch die Zusammensetzung mehrerer Grauwerte viel genauer erfolgen als mit einem digitalen Baustein, der pro Ausgang nur zwei Ausgangswerte (in diesem Fall. Schwarz und Weiß) zur Verfügung stellen kann.

Über einen ADC und einen Buffer werden die erkannten Buchstaben in ein 8-Bit-Muster umgewandelt und dem Digitalen Neuronalen Netz zur Sprachauswertung gestellt.



3.2) Digitales Neuronales Netz

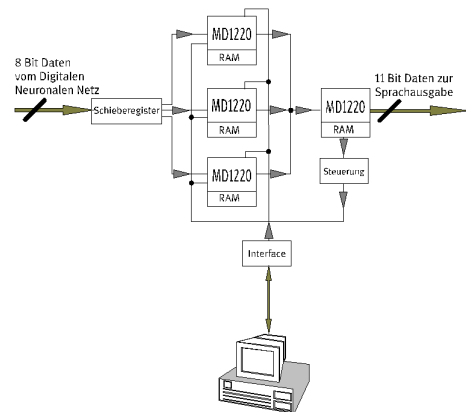
Die Platine des Digitalen Neuronalen Netzes besteht aus vier neuronalen Prozessoren des Typs MD1220 der Firma Micro-Devices. Es handelt sich dabei um einen Non-Von-Neumann-Prozessor, der 8 Neuronen enthält. Jeder dieser Neuronen hat in der Grundkonfiguration 8 Neuroneneingänge, die mit einem 16 Bit Gewicht gewichtet werden. Die 16

Bit Gewichte für die Neuroneneingänge werden in einem externen RAM (256 Byte für einen Prozessor) gespeichert. Über eine der 3 Aktivierungsfunktionen des MD1220 wird nach den Berechnungen der entsprechende Neuronenausgang aktiviert bzw. deaktiviert. Wir erhalten eine digitale Ausgangsinformation.

Die Arbeitsfolgen des MD1220 lassen sich wie folgt beschreiben:

- Daten von den Eingängen einlesen
- Daten auf die 8 Neuronen verteilen
- Datenverteilung entsprechend gewichten
- Neuronen berechnen
- Neuronenausgänge aktivieren bzw. deaktivieren

Die Neuroprozessoren erhalten die eingelesenen Buchstaben vom Analogen Neuronalen Netz über 8 Leitungen. Jeder Buchstabe wird mit 8 Bit kodiert; das heißt pro Zyklus gelangen 8 Bit eines Buchstabens über die 8 Leitungen. Die Besonderheit an der Schaltung des Digitalen Neuronalen Netzes besteht darin, daß der eingelesene Buchstabe nicht sofort an den die Sprachausgabe weitergeleitet wird, denn dazu bräuchte man ja kein Neuronales Netz! Das Digitale Neuronale Netz analysiert jeweils 3 Buchstaben und wählt aus dieser Erkenntnis das richtige Phonem aus. Das folgende Bild illustriert die Arbeitsweise des Digitalen Neuronalen Netzes:



Jedes Bit der Buchstaben wird in ein 16 Bit Schieberegister geschoben, bis die Bits des ersten Buchstabens am Ende des Registers stehen. Die Schieberegister übernehmen in diesem Fall die Funktion des Input Layers, der ja nicht in jedem Fall aus Neuronen bestehen muß. Hat das Wort weniger als 16 Buchstaben, so werden die Schieberegister mit 0 aufgefüllt.

Der Hidden Layer des Digitalen Neuronalen Netzes hat 3 Prozessoren, wobei jeder Prozessor **einen** Buchstaben "betrachtet". Das heißt die jeweils letzten Stellen der Schieberegister sind mit den 8 Eingängen des 1. Prozessors verbunden, die vorletzten Stellen mit dem 2. Prozessor und analoges gilt für den 3. Buchstaben.

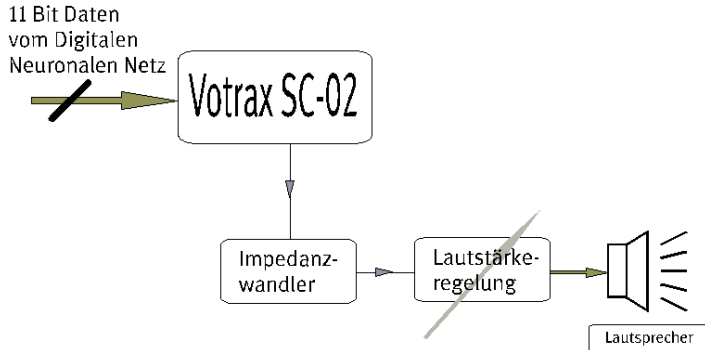
Die 3x8 Ausgänge des Hidden Layer werden auf 8 Leitungen zusammengefaßt und dem 4. Prozessor des Typs MD1220, der den Output Layer repräsentiert, zugeführt.

Die zur Steuerung benötigten Logikschaltungen, sowie die Schieberegister des Input Layers sind aus platzsparenden Gründen nicht diskret aufgebaut, sondern mittels eines FPGA-Bausteins der Firma XILINX realisiert.

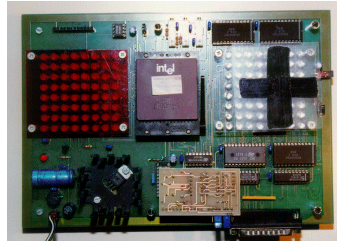
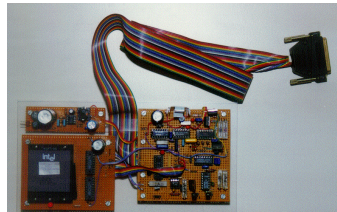
3.3) Sprachausgabe:

Zur Realisierung der Sprachausgabe wurde ein integrierter Schaltkreis der Firma Votrax gewählt. Der Votrax SC-02 ist ein Baustein, der auf 64 Adressen Phoneme der menschlichen Sprache gespeichert hat. Phoneme sind Bausteine der gesprochenen Sprache. Um die menschliche Sprache nachzubilden ist es nicht zielführend, Buchstaben aneinander zu reihen, und diese von einem Synthesizer aussprechen zu lassen. Zur Nachbildung der menschlichen Sprache sind die 26 Buchstaben des Alphabets noch lange nicht ausreichend. Wenn wir sprechen, so reihen wir Phoneme aneinander. So besteht das Wort „HALLO“ zwar aus fünf Buchstaben, jedoch nur aus drei Phonemen, nämlich <ha>+<l>+<o>. Nun gibt es eine Vielzahl dieser Phoneme. Der Votrax SC-02 kann 64 Phoneme der amerikanischen, britischen, deutschen, und französischen

Sprache zur Verfügung stellen. Zugegeben ist das nicht sehr viel, aber für unseren Laboraufbau ist dieser Umstand mehr als zufriedenstellend. Der Votrax SC-02 erhält seine Daten vom Digitalen Neuronalen Netz über 11 Leitungen. Davon liegen 8 Bit an den Aktivierungseingängen zur Auswahl der Phoneme an. Über die verbleibenden 3 Leitungen werden die Register die zur Einstellung der Phonemlänge, Artikulation und Höhe angesteuert. Am Ausgang des SC-02 befindet sich ein Impedanzwandler, der das Ausgangssignal an den Lautsprecher über eine Lautstärkeregelung weiterleitet wie die folgende Abbildung demonstriert:



8 Bit Datenleitungen des Analogen Neuronalen Netzes zu simulieren. Zum Testen des Digitalen Neuronalen Netzes wurde diese Möglichkeit herangezogen.



4) Testphase und Testschaltung

Zum Testen des SC-02 wurde der Baustein laut der beiliegenden Applikationsschaltung in den mitgelieferten Unterlagen beschalten. Die Auswahl der Adressen wurde vorerst mittels DIL-Schalter vorgenommen. Das ledigliche Einstellen der Phonemadressen führte zu keinem sichtlichen Erfolg. Aus den Datenblättern zu dem integrierten Schaltkreis der von der Distributorfirma nachgefordert wurde, war zu entnehmen, daß das Register mit mehreren Informationen zum gesprochenen Phonem geladen werden muß. Die Registerauswahl wurde vorerst ebenfalls mit DIL-Schaltern vorgenommen. Nachdem die Register und das gewünschte Phonem ausgewählt waren, konnte das gesprochene Phonem gehört werden. Um den Ausgang des Neuronalen Netzes zu simulieren, wurde der µProfi-51 zur Hilfe herangezogen. Über die Ausgangsleitungen und einen Adreßdecoder wurde die Testschaltung mit dem µProfi-51 in Betrieb genommen. Das Bestreben war, einige Phoneme hintereinander sprechen zu lassen. Dies wurde durch ein Assemblerprogramm verwirklicht. Genauso wie die 8 Bit Datenleitungen für die Sprachausgabe simuliert werden können, ist es auch möglich die

Technische Daten:

<i>Analoger Neuronaler Chip:</i>	Intel N64
<i>Digitaler Neuronaler Chip:</i>	Micro Devices MD1220
<i>Sprachausgabe Chip:</i>	Votrax SC-02
<i>Logikbaustein:</i>	XILINX 8064
<i>Schnittstellen:</i>	RS232, Centronics
<i>Betriebsspannung:</i>	12 V DC

□

Mathematiker, Informatiker und Physiker in Irland

Ein Mathematiker, ein Informatiker und ein Physiker fahren nach Irland. Bei der Ankunft sehen sie eine Herde Schafe, darunter ein Schwarzes.

Physiker: „Ah, hier gibt es schwarze Schafe.“

Informatiker: „Nein. Hier gibt es e i n schwarzes Schaf.“

Mathematiker: „Alles Unsinn. Das einzige, was wir wissen, ist: Hier gibt es mindestens ein Schaf, das von mindestens einer Seite schwarz ist.“