

# Entwicklung einer Geldwertanzeige in einer Chipkarte mit Hilfe einer Mikropumpe

## Projektleiter

Vertretungsprofessor  
Dr. Jan Albers

## Forschungs- schwerpunkt

Mikrosystemtechnik

## Zeitraum

2004

## Mitarbeiter

Christopher Pritchard

## Externe Kooperation

Bartels Mikrotechnik  
GmbH

## Finanzierung

Fachhochschule  
Dortmund,  
Forschungsbudget

## Kontakt

Dr. Jan Albers,  
Fachbereich  
Informations- und  
Elektrotechnik,  
Fachhochschule  
Dortmund,  
Sonnenstraße 96,  
44139 Dortmund,  
Telefon:  
(0231) 9112-798  
E-Mail: jan.albers@  
fh-dortmund.de

## Kurzfassung

Mit dem hier vorgestellten Projekt soll eine Anzeige entwickelt werden, die in EC-Karten integriert werden kann und den aktuellen Stand des Geldchips anzeigt (Abb. 1). Dazu soll in die EC-Karte eine Mikropumpe integriert werden, die beim Aufladen der Geldkarte einen Flüssigkeitsbalken bis zum entsprechenden Anzeigewert pumpt. Beim Abbuchen eines bestimmten Betrages wird der Balken von der Pumpe zurückbefördert, so dass der neue Wert durch Veränderung des Flüssigkeitsbalkens angezeigt wird. Der Vorteil dieses Systems liegt darin, dass der Wert angezeigt wird, ohne dass Strom benötigt wird. Für dieses System wurde am Institut für Mikrosensorik der FH Dortmund die Elektronik sowie die PC-Steuerung entwickelt. Das Projekt wird in Zusammenarbeit mit der Firma Bartels Mikrotechnik durchgeführt, die die entsprechende Mikropumpe entwickelt. Die ersten Prototypen der Pumpe wurden ebenfalls am Institut für Mikrosensorik getestet.

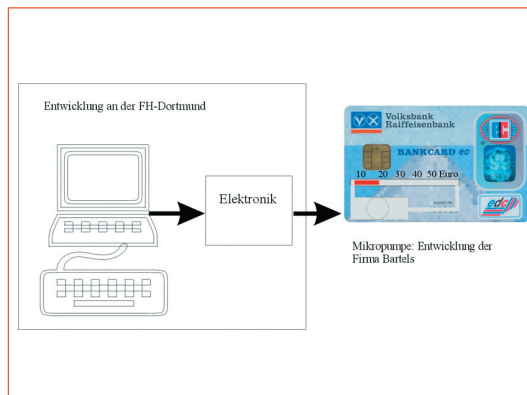


Abb. 1: schematische Aufbau

## Entwicklung der Elektronik

Die Entwicklungs-Aufgabe der FH Dortmund besteht darin, eine entsprechende Elektronik für diese Pumpe zu entwickeln, die folgende Funktion erfüllt:

- Erzeugung von Rechteckimpulse mit einer Spannungshöhe von bis zu 50V
- Einstellbarkeit der Impulsdauer und der Pausenzeit zwischen den Impulsen
- Einstellung der oben genannten Parameter mittels eines PCs und einem speziell für diese Anwendung geschriebenen Programms, sowie der Steuerung direkt mit der Platine

Zur ersten Realisierung wurde eine Testschaltung entwickelt (Abb. 2), die Rechteckpulse mit einer Pulslänge von 1 bis 500  $\mu\text{sec}$  und einstellbaren Pulspausen bis 1 sec liefert. Die Pulsamplitude kann von 1 bis 30 V eingestellt werden.

Der zentrale Baustein dieser Schaltung ist der Timer-IC NE556, der zwei Timerschaltungen enthält. Der erste Timer (Pins 1 – 7) liefert einen Rechteckimpuls am Ausgang 5. Die Pulszeiten werden bestimmt durch die Widerstände  $R_A$ ,  $R_B$  und  $C_1$ . Der Kondensator  $C_1$  wird über die Widerstände  $R_A$  und  $R_B$  bis zu einer Spannung von  $0,67 V_{DD}$  aufgeladen. In dieser Zeit  $t_{c(H)}$  ist der Ausgang 5 des ICs auf  $V_{DD}$  (high). Anschließend wird der Kondensator über den Widerstand  $R_B$  entladen bis auf  $0,33 V_{DD}$ . Der Ausgang liegt für diese Zeit  $t_{c(L)}$  auf 0 V (low).

Es gilt:

$$t_{c(H)} = C_T (R_A + R_B) \ln 2 \text{ und } t_{c(L)} = C_T R_B \ln 2$$

Dieses Signal triggert den zweiten Timer (Pins 8 – 14). Ist der Triggereingang 8 auf high, wird der Kondensator  $C_2$  entladen. Geht der Triggereingang auf low, wird der Kondensator  $C_2$  über  $R_C$  bis zu einer Spannung von  $0,67 V_{DD}$  aufgeladen. Der Ausgang 9 liegt während dieser Zeit auf ein high Signal.

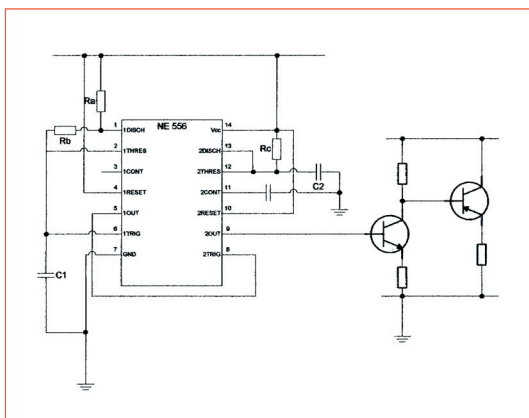
Es gilt:

$$t_{c(H)} = C_T R_C \ln 2$$

Ist die Spannung am Kondensator 3  $0,67 V_{DD}$ , dann wird der Kondensator wieder entladen, und der Ausgang 9 geht auf ein low Signal. Damit wird die Pulsbreite am Ausgang durch die Kombination von  $R_3$  und  $C_3$  bestimmt, während die Länge der Pulspausen durch  $R_1$ ,  $R_2$  und  $C_1$  bestimmt wird.

Der Ausgang 9 des Timer-ICs steuert die Basis des Transistors T1, der bei einem high-Signal aufschaltet. Während dieser Zeit  $t_{c(H)}$  liegt die Basis des Transistors T2 auf Masse und dieser Transistor sperrt.

Bei einem low-Signal des Timers sperrt der Transistor T1 und die Basis des Transistors T2 bekommt über den Widerstand  $R_C$  eine positive Spannung, so dass er für die Zeit  $t_{c(L)}$  öffnet. Durch die Pumpe fließt ein Stromstoß für die Zeit  $t_{c(L)}$  mit der Spannung  $V_A$  minus des Spannungsabfall am Transistor T2. Mit dieser Schaltung wurde der erste Testaufbau realisiert, mit der die ersten Prototypen der Mikropumpe getestet wurden.



zeit erfolgt über die am Port A angeschlossenen Potentiometer. Die Eingänge am Port A arbeiten als Analog- Digital- Converter. Die am Schleifer der Potentiometer abgegriffene einstellbare Spannung wird digitalisiert und im Programm des Mikrocontrollers proportional zum gemessenen Wert die Pulsdauer bzw. die Pausenzeit eingestellt. Port C wird ausschließlich zur Ansteuerung eines LCD Displays im 4-bit Modus benutzt, das mit einer Flachbandleitung an dem im Schaltplan dargestellten Fostenverbinder angeschlossen ist. Es dient zur Anzeige der Pulsdauer und der Pausenzeit, wenn die Platine ohne PC betrieben wird.

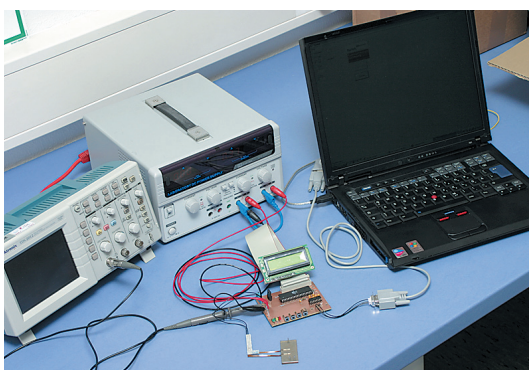
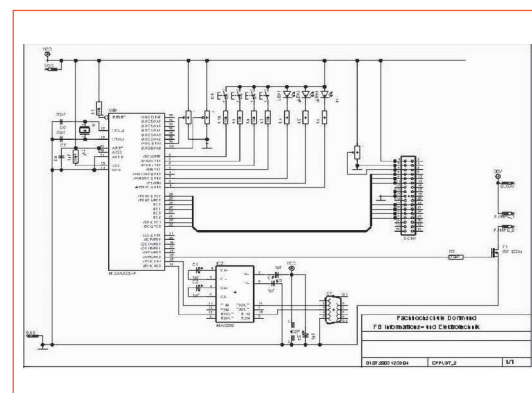


Abb. 2: erste Pulsschaltung und Testaufbau

Der Pin PD2 liefert den eigentlichen Steuerimpuls des Mikrocontrollers, welcher proportional der Impulsdauer und der Pausenzeit ist. Damit eine Spannungen von 0..50V erreicht werden können, wird mit diesem Steuersignal ein FET geschaltet, welcher in Source-Schaltung in Reihe mit der Pumpe an der über einen separaten Netzteilanschluss angelegten Spannung anliegt.

Für die Ansteuerung der Pumpe durch einen PC musste ein Programm für den Mikrocontroller sowie ein Programm für die Visualisierung am PC geschrieben werden. Da die beiden Programme über die bereits erwähnte serielle Schnittstelle kommunizieren, muss zusätzlich ein entsprechender Kommunikationsablauf festgelegt werden. Das Programm für den Mikrocontroller wurde mit dem CodeVision AVR Compiler geschrieben. Dieser Compiler ermöglicht das Programmieren in einer Hochsprache und ist speziell auf Atmel Mikrocontroller ausgelegt. Damit wird für den eingesetzten Mikrocontroller, der Code generiert der die Funktionalität der Ports festlegt. Das PC Programm wurde mit dem VisualStudio.net 2003 von Microsoft erstellt, mit dem auch die folgende

Zur Realisierung einer PC-gesteuerten Schaltung wurde eine weitere Schaltung entwickelt, deren zentrales Bauelement der Mikrocontroller ATmega 8535 der Firma Atmel darstellt (Abb. 3). Im beigefügten Schaltplan sieht man die Anschlussbelegung des Mikrocontrollers. Der Mikrocontroller besitzt drei parallele Ports, die Funktion (Eingang, Ausgang oder Sonderfunktion) der einzelnen Pins jedes einzelnen Ports wird im Mikrocontroller-Programm festgelegt. Die zwei niederwertigsten Bits von Port D werden verwendet um mittels einer UART-Übertragung (universal asynchronous receiver transmitter) über die serielle Schnittstelle mit einem PC zu kommunizieren. Da die serielle RS-232 Schnittstelle an einem PC synchronisiert mit +/- 15V arbeitet und der Mikrocontroller mit TTL-Pegeln, müssen mit einem zusätzlichen Baustein, einem MAX232, die Pegel umgesetzt werden. Die am Port B angeschlossenen Bauteile dienen hauptsächlich der Bedienung der Platine ohne angeschlossenen PC. Mit Hilfe der Taster kann die Bedienung vom PC auf eine manuelle Einstellung umgeschaltet werden. Die LEDs dienen der Statusanzeige der Schaltung. Die Einstellung der beiden Zeiten Pulsdauer und Pausen-



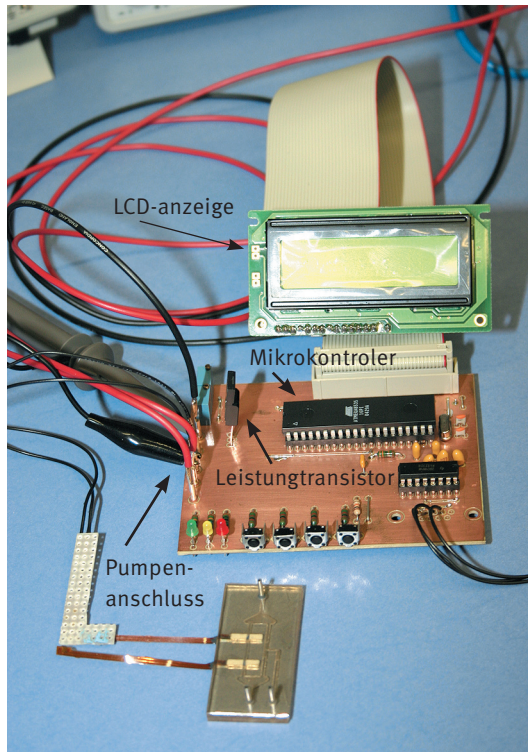


Abb. 3: fertige Schaltung

Bildschirmoberfläche gestaltet wurde (Abb. 4). Das PC-Programm ermöglicht auch die Einstellung einer bestimmten Anzahl an Impulsen.

Die Entwicklung der Elektronik ist damit weitestgehend abgeschlossen. Es wurde ein äußerst preisgünstiger Funktionsgenerator entwickelt, der die notwendigen Pulse für die Pumpe zur Verfügung stellen kann. Durch den PC-Anschluss ist der Funktionsgenerator sehr flexibel einsetzbar und ist damit hervorragend für die Pumpensteuerung geeignet.



Abb. 4: Bildschirmoberfläche

### Entwicklung der Pumpe

Für dieses Projekt soll eine neue Pumpe entwickelt werden, die nach dem Bubble-Jet-Prinzip arbeitet, wie es auch bei einem Tintendruckkopf eingesetzt wird. Diese Mikropumpe benötigt nur eine Widerstandsheizung, die in einem entsprechend geformten fluidischen Kanal eingesetzt ist (Abb. 5).

Wichtig ist, dass die Heizung versetzt zu einer Seite eingebaut ist. Wird der Widerstandsdraht dann mit einem kurzen Heizpuls aufgeheizt, so entsteht im Kanal eine Blase aus heißen Wasserdampf. Da die Wassersäule im Kanal zur kürzeren Kanalseite eine geringere Trägheit besitzt als zur längeren Seite, breitet sich die Blase in diese Richtung schneller aus.

Dadurch entsteht eine spezielle Form der Blase, die zur kürzeren Kanalseite eine größere Oberfläche aufweist. Wird der Heizer ausgeschaltet, so kühlt die Blase ab und implodiert wieder. Da die Oberfläche der Blase zum kürzeren Kanalende größer ist als zum langen Kanalende ist auf dieser Seite auch die Oberflächenspannung der Blase größer.

Es existiert dadurch eine größere Kraft auf der kürzeren Seite, durch die die Blase hier schneller implodiert. Der Implosionsmittelpunkt der Blase wird dadurch zur längeren Kanalseite verschoben, so dass hier eine Bewegung der Flüssigkeit in Richtung der langen Kanalseite erfolgt. Die aktuelle Literatur zeigt, dass dieses Prinzip schon erfolgreich umgesetzt wurde, um Flüssigkeitssäulen zu pumpen.

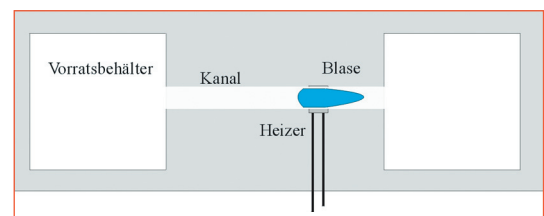


Abb. 5: schematische Darstellung der Pumpe

Die ersten Untersuchungen zeigten sehr schnell, dass zum Erreichen einer entsprechenden Blasenform der Kanal sehr sauber hergestellt werden muss. Die ersten Prototypen der Pumpe erwiesen sich dafür als ungeeignet. Der Kanal muss sehr dicht sein, damit der Druck durch die Blase nicht durch Undichtigkeiten abgebaut wird.

Außerdem dürfen keine Verunreinigungen z. B. Kleberreste im Kanal sein, da diese die Ausbreitung der Blase behindern. Erst nach einigen Versuchen konnte ein Herstellungsverfahren von Bartels entwickelt werden, das die Anforderungen annähernd erfüllte (Abb. 6). Hierbei zeigte sich, dass zur Erreichung der geeigneten Blasenform die Pulslängen und die Pulsspannung aber auch die Pulspausen in engen Grenzen sehr genau eingestellt werden müssen.

Waren z. B. die Pulspausen zu kurz, so kühlte der Heizer nicht mehr stark genug ab, und das Implodieren der Blase wurde sehr langsam oder fand nicht vollständig statt. Auch waren viele Blasen stabil im Kanal und sind nicht mehr vollständig implodiert. Es zeigte sich auch, dass ein Vorheizen des Heizers sinnvoll ist.

Bei geeigneter Wahl der Parameter zeigte sich bei einigen wenigen Versuchen das nicht implodierte Blasen zur langen Kanalseite gepumpt wurden. Allerdings war die Situation nicht sehr stabil, so dass keine reproduzierbaren Ergebnisse möglich waren. Hier sind weitere Untersuchungen notwendig.

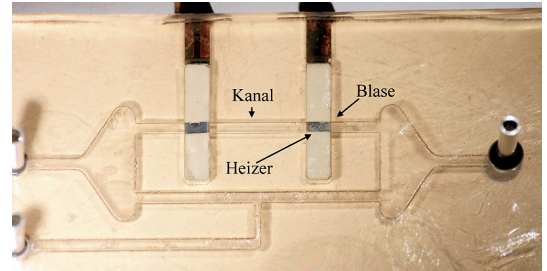


Abb. 6: Prototyp der Mikropumpe

#### Literatur zum Thema

- [1] W. Wehl; Tintendrucktechnologie – Paradigma und Motor der Mikrosystemtechnik; F&M Feinwerktechnik Mikrotechnik; Teil 1 Jahrgang 103 (1995) Heft 6, Seite 318 – 324
- [2] W. Wehl; Nur nicht kleckern; CHIP 8/94 S. 104–112
- [3] H. Yuan, A. Prosperetti; The pumping effect of growing and collapsing bubbles in a tube; J. Micromech. Microeng. 9 (1999) 402 –413
- [4] H. Yuan, A. Prosperetti, S. Pooinet, S. Zaleski ; Growth and collaps of a vapor bubble in a narrow tube; Physics of Fluids Volume 12 Nummer 6 (2000)