

Drucksensor mit 80C522

Markus Andlinger, TGM/NT/OSL90

TGM-DSK-166, TGM-LIT-008

Anm.d.Red.: Die gesamte Dokumentation, insbesondere alle erklärenden Zeichnungen, Konstruktionsunterlagen können getrennt beim Clubbüro bestellt werden. (TGM-LIT-014: Layouts, Schaltplan, Bestückungsplan, Ausdruck des Assemblerprogrammes und des Pascalprogramms(zum Empfang der Daten am PC), Zusammenstellungszeichnung, Drehplan für Distanzbolzen, Verschiedene Datenblätter des 80C552 und DG509. Die PCAD-Zeichnungen, sowie die Source-Codes des TURBO-PASCAL-, sowie des ASSEMBLER-Programms sind auf Diskette TGM-DSK-166.

Aufgabenstellung

Für einen Robotergreifarm soll ein Drucksensor entwickelt werden. Dieser soll mittels kapazitiver Druckmessung arbeiten und aus acht Feldern bestehen. Das Meßsystem soll mit einem Mikrokontroller arbeiten, wobei der 80C552 empfohlen wurde. Die Genauigkeit der Messung soll im Promillbereich liegen.

Problemlösung

Aufbau des Sensors

Der Sensor besteht aus acht einzelnen Sensorflächen, die auf einer Fläche von 88 mm x 38mm untergebracht sind. Bei einem Abstand von ca. 3mm der einzelnen Flächen voneinander und von Rand ergibt sich eine Fläche von ca. 250 mm² (14 x 18) .

Um eine möglichst große Kapazität zu erreichen wird der Sensor als Schichtkondensator mit zwei Lagen aufgebaut. Die beiden aussenliegenden Flächen werden dabei auf GND gelegt, wodurch die Störeinstrahlung verringert wird. (Die obenliegende GND-Fläche ist unterbrochen ausgeführt um die gegenseitige Belastung der Flächen gering zu halten).

Der Sensor wird aus acht einzelnen Flächen aufgebaut und mit einer durchgehenden Gummischicht abgedeckt. (1mm) Die Einzelnen Kupferflächen wurden mit Fädeldraht verbunden

Der Plattenabstand wird durch einen 2mm Moosgummi bestimmt. (angenommene Dielektrizitätsk. $\epsilon_r = 3,5$)

Aus diesen Angaben kann C wie folgt berechnet werden:

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A}{d}$$

d ... Abstand der Platten ca. 2mm
A ... Sensorfläche ca. 2 x 250 mm²
Dielektrizitätskonst. ca. 8,8E-12 x 3,5 As/Vm

Es ergibt sich so eine Kapazität von $C = 7,7 \text{ pF}$

Es wird angenommen, daß die maximale Kapazitätsänderung ca. 50% des errechneten Wertes ist. Der errechnete Wert ist der Minimalwert.

Durch die geringe Kapazität ergeben sich Schwierigkeiten bei der Messung, da sich bereits die Kapazitäten des Aufbaues in dieser Größenordnung befinden. Diese Kapazitäten werden jedoch als konstant angenommen und werden daher bei der Eichung des Systems mitgeeicht und somit ausgeschaltet. Dies gilt auch für alle anderen Fehler, die kurzzeitig konstant bleiben. Langzeitige Änderungen müssen durch wiederholtes Eichen korrigiert werden.

Meßsystem

Die zu messenden Kapazitäten liegen im Bereich von 10 pF !

Zur Messung wird die Kapazität auf eine Referenzspannung (2.5V) aufgeladen und über einen Widerstand (10M) entladen. Nach einer bestimmten Entladedauer (ca. 300 μs) wird die Spannung U_x am Kondensator gemessen.

Berechnung der Kapazität aus der Spannung U_x

Die Kapazität kann aus den nun bekannten Größen : $U_t=0$
 $U_x=U_t=300 \mu\text{s}$ t berechnet werden.

Da der Sensor geeicht wird, ist eine Umrechnung nicht nötig. Es wird nur die Spannung U_x einem gewissen Druck zugeordnet, da die Referenzspannung und die Periodendauer t gleichbleiben.

Um Störungen durch einen 50 Hz Brumm auszuschließen soll über 20 ms gemessen werde. Dies ist jedoch nicht möglich, da für einen sinnvolle Endspannung U_x , C mit einem Widerstand von ca. 1,5 GOhm !! entladen werden muß. Es wird daher t mit ca 300 μs angenommen und über eine Periode von 20 ms wiederholt gemessen. Die erhaltenen Werte werden dann gemittelt.

Maximalwert der SPANNUNGSÄNDERUNG

Die maximale Spannungsänderung ist bei bekannten C_{min} und C_{max} von t abhängig.

Bei fertig aufgebautem Sensor muß die Leerlaufkapazität des Systems bestimmt werden. Dazu werden die ADC-Werte mit der oben beschriebenen Formel auf Kapazitäten umgerechnet. Diese Werte stellen C_{min} dar. C_{max} ist $C_{\text{min}} + 7 \text{ pF}$. Dieser Wert entspricht der Kapazität des Sensors die im Absatz 2.2 ungefähr errechnet wurde.

Diese Werte werden nun in die obige Formel eingesetzt und t ermittelt. Diese Zeit t sollte dann auch im Programm als Entladezeit eingestellt werden. (das ist nur in 100 μs -Schritten möglich; ändern: ADCON, ZAHL1)

Messungen am Multiplexer

Es wurde festgestellt, daß es beim Schalten des Multiplexers zu Einschwingvorgängen kommt. Diese wurden am Oszilloskop gemessen.

Um diese Einschwingvorgänge bei der Messung möglichst zu unterdrücken wird die Messung 11 μs nach dem Schaltvorgang gestartet.

Hardware

Da das gesamte Meßsystem im Greifarm untergebracht werden soll, wird die Hardware auf ein Minimum reduziert. Sie besteht daher nur aus dem Mikrokontroller, einem ROM mit PLCC-Sockel, einem 8fach Multiplexer, Widerständen und Kondensatoren. Der Sensor soll mittels I²C - Bus oder der V24-Schnittstelle kommunizieren.

Software

Die Software muß für die richtigen Meßintervalle, Einlesen der Meßwerte, eventuelle Fehlerkontrolle und die Datenübertragung sorgen. Zur Zeit dieser Dokumentation wurde die Software gerade mittels eines 8052 - Emulators getestet. Es wurde die Meßwertermittlung, die Mittelwertbildung, Differenzwertbildung und die Übertragung über eine RS232 realisiert und getestet.

Das Programm ist in Assemblercode geschrieben. Das Programm DRSENS.ROM ist funktionsfähig und kann ins ROM gebrannt werden.

Softwarebeschreibung

Prinzipieller Aufbau:

Das Programm ist in vier Abschnitte gegliedert:

- Initialisierung
- Messung
- Bearbeitung der Meßwerte
- Übertragung der Meßwerte

Meßroutine

Die Meßroutine ist in ein 100 µs-Raster unterteilt, in dem die Messungen vorgenommen werden. Dieser Takt wird mit dem Timer 0 erzeugt, der regelmäßig Interrupts erzeugt. Während eines solchen Taktes wird zuerst der Multiplexer weitergeschaltet, ca. 20 µs (erzeugt mit Timer 1) später der ADC gestartet (um Einschwingvorg. des MUX nicht mitzumessen) und nach weiteren 54 µs (Wandelzeit des ADC) der eben gemessene Wert ausgelesen und teilweise bearbeitet (Addition zu den vorherigen Werten). Es muß dabei beachtet werden, daß der jeweilige Sensor erst 3 Perioden (320 µs) nach der erfolgten Aufladung gemessen wird.

Beispiel der Messung an C1

Da vor der Messung zuerst alle Kondensatoren aufgeladen werden müssen, sind während des ersten Meßzyklusses (ersten 4 ADC-Interrupts) die ADC-Werte ungültig.

Nach der Messung von 8x25 Werten ist die 20 mS Messung vollständig, und die Meßroutine wird beendet. (es besteht jedoch die Möglichkeit vielfache von 20 mS zu messen [Wert von MPER]). Diese 20 mS Messungen sollen eine Unterdrückung des 50 Hz-Brumms bewirken.

Zeitlicher Ablauf der Interrupts während der Messung

Da in einem fixen Zeitraster gearbeitet wird, muß darauf geachtet werden, daß die Abarbeitung der Routinen in dieses Raster paßt.

Die ADC-Interruptroutine (einlesen und Addition der Werte) muß abgeschlossen sein wenn ein neuer ADC-Interrupt auftritt (alle 100 µs).

Verwendete Funktionen des µC während der Meßroutine

Timer 0 : erzeugt 100 µs Raster HIGH Interruptpriority
Timer 1 : startet nach 20 µs den ADC HIGH Interruptpriority

(wird für die V24 benötigt und muß umprogrammiert werden wenn er hier verwendet wird. Es kann der ADC-Start jedoch auch mit NOP's verzögert werden. Diese 20 µs fehlen jedoch als Rechenzeit und verkürzen somit die maximale Länge der ADC-Interruptroutine)

ADC : braucht 50 µs/Wandlung LOW Interruptpriority

Bearbeitung der Meßwerte

Die durch die Messung erhaltenen Werte sind Summen von 25 Einzelwerten. Es wird nun dividiert (mit DIVI-Routine) und so der Mittelwert gebildet.

Divisionsroutine

Die Divisionsroutine dividiert eine 16-Bitzahl durch eine 8-Bitzahl, wobei das Komma um zwei Stellen verschoben wird und so eine 12-Bitzahl das Ergebnis ist. (durch Oversampling gewonnene 2 Bit).

Formel für Bitgewinn :

Oversampling = $2^{2 \cdot n}$ n ... gewünschter Bitgewinn

Die Divisionsmethode beruht auf dem gleichen Prinzip wie die Division am "Papier" .

Da der Divisor beliebig gewählt werden kann, können Fehler ausgeschlossen werden und dann durch den entspr. verringerten Divisor dividiert werden. (Es müssen jedoch mindestens 16 Werte für das Oversampling vorhanden sein)

Differenzwertbildung

Die Ergebnisse der ersten 20 ms Messung (nach starten des Programmes; Sensor muß unbelastet sein) werden als 'Nullabgleich' verwendet und die darauf folgenden Werte darauf bezogen. Diese Differenzbildung soll bewirken, daß nur die Änderung angezeigt wird die durch einen Druck auf den Sensor verursacht wird. Durch einen EXTINT1 wird ein neuerlicher Nullabgleich durchgeführt.

Übertragung der Meßwerte

Die Übertragung der Werte erfolgt über die V24-Schnittstelle. Es wird dazu der Timer 1 benötigt, der neu programmiert werden muß, wenn er in der Meßroutine verwendet wird.

Die Übertragung erfolgt mit 4800 Baud, wobei der Timer auf den Wert #0FAh programmiert werden muß. (Reloadmode; kein Interrupt) Der Start der Übertragung der Meßwerte wird mit dem zweimaligen Senden von #AAh angezeigt.

Wird die SIO nur zum Senden benutzt, so ist eine unterschiedliche Verwendung von Timer 1 im Programm möglich. Soll jedoch auch empfangen werden können, so muß dieser fix programmiert werden. (ausser wenn der PC als 'SLAVE' verwendet wird)

Verwendete Funktionen des µC

RS232-Schnittstelle, Timer 1

SOFTWARESTAND

Die Software erfüllt folgende Aufgaben:

- Messung der Kapazitäten der einzelnen Meßflächen
- Mittelung der erhaltenen Meßwerte
- Differenzbildung der gemittelten Werte zu einem Referenzwert (Nullabgleich)
- Übertragung der Differenzen bzw. der Absolutwerte über die RS232

Um die übertragenen Werte am PC einzulesen wurde das Pascalprogramm DRSENS.PAS geschrieben.