

Facharbeit

Vorname und Name des Autors

Hier steht das Thema
der
Facharbeit

Unterrichtsfach: Physik

Tutorin: Frau Heide Kraut

Betreuer: Herr Rainer Zufall

Bearbeitungszeitraum: 25.8.2008 bis 12.12.2008

Abgabetermin: 15.12.2008

Ausgehend von der Beschreibung eines Messverfahrens zur Erfassung von Temperaturen mit einem Computer wird zuerst die technische Schaltung mit einem Temperatursensor beschrieben. Dann werden die Verfahren zur Messwertwandlung formuliert sowie ein PASCAL-Computerprogramm zur Steuerung der seriellen Schnittstelle (Interface) – eingeschlossen die Erläuterung der grundlegenden Prozeduren und Funktionen – vorgestellt. Abschließend werden die Ergebnisse der Erprobung des verwendeten Informatiksystems beschrieben und Vorschläge für weitere Untersuchungen der elektrischen Messung der nicht-elektrischen physikalischen Größe Temperatur gemacht.

Inhaltsverzeichnis

1 Problemlage.....	3
2 Material und Methode.....	3
3 Ergebnisse und Diskussion.....	4
3.1 Linearisierung der Messwerte durch Interpolation.....	4
3.2 Darstellung und Speicherung der Temperaturwerte	5
3.3 Grundlegende Prozeduren und Funktionen des Messprogramms.....	5
3.3.1 Prozedur Zeitgeber.....	5
3.3.2 Prozedur Uhr.....	6
3.3.3 Funktion Frequenz.....	6
3.3.4 Funktion Temperatur.....	6
3.4 PASCAL-Programm für den Wandler.....	6
4 Zusammenfassung.....	7
5 Literatur und Quellen.....	8

1 Problemlage

Die Temperatur ist in grundlegenden physikalischen Experimenten - nicht nur in der Thermodynamik - eine physikalische Größe, zu deren Messung im Unterricht traditionell Flüssigkeitsthermometer verwendet werden. Bei Langzeitbeobachtungen oder in einem Praktikum im Fach Physik ist zum Beispiel eine automatische Erfassung, Anzeige, Speicherung und Auswertung der Temperaturwerte erstrebenswert. Eine Lösung bietet sich mit der elektrischen Messung der nicht-elektrischen Größe Temperatur durch Messwandler oder Sensoren an. Eine solche softwaregestützte Lösung sollte für den Einsatz in Schulexperimenten mit einer Messschaltung und einem Interfaces der Firma MESSTRONIC® an einem Computer entwickelt und getestet werden.

2 Material und Methode

Man unterscheidet bei der elektrischen Messung nicht-elektrischer Größen prinzipiell zwei Verfahren. Beim ersten werden durch die Änderung der zu messenden Größe elektrische Spannungen und Ströme erzeugt, während beim zweiten Spannungen durch den Einfluss der zu messenden Größe vergrößert oder verringert werden oder mit einer bestimmten Frequenz getaktet werden.

Eine Temperaturmessung kann im einfachsten Fall durch den Einsatz eines temperaturabhängigen elektrischen Widerstands – eines Thermistors – erfolgen. Gemessen wird der elektrische Strom, der bei einer konstanten Messspannung durch den temperaturabhängigen Widerstand verändert wird. Notwendig ist dabei eine Kalibrierung (Eichung) durch Anpassung der gemessenen Spannungswerte an die dazugehörigen Temperaturwerte. Wenn der Temperatursensor im interessierenden Temperaturbereich ein lineares Verhalten zeigt, dann reichen auch 2 Fixpunkte aus. Die anderen Messwerte erhält man für diesen Fall durch lineare Interpolation zwischen den zwei Fixpunkten, sofern an die Genauigkeit nur geringe Anforderungen gestellt werden.

Die Grundidee zur angestrebten Messwertwandlung und Erfassung von Temperaturen mit einem Computer besteht darin, einen Frequenzgenerator durch einen temperaturabhängigen Sensor in der Frequenz zu verstimmen.

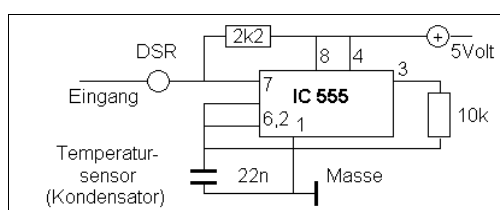


Abbildung 1: Messschaltung mit dem Schaltkreis μ 555

Die Messung von Frequenzen mit einem Computer über eine serielle Schnittstelle ist technisch einfach und erprobt. Das liegt daran, dass man für eine Messung der am seriellen Port anliegenden Wechsellspannung mit der Frequenz f nur die Polaritätswechsel in einer vorzugebenden Zeit, der so genannten Torzeit, vom Computer auszählen lässt. LEHMANN (2002) weist darauf hin, dass sich durch elektrische Schaltkreise ohne viele externe Bauelemente stabile Frequenzgeneratoren in größerer Anzahl aufbauen lassen.

Für die Experimente wurde auch ein Interface der Firma MESSTRONIC® genutzt. Eindeutige Ergebnisse wurden nur im Temperaturbereich von $+10^{\circ}\text{C}$ bis $+80^{\circ}\text{C}$ erzielt. Ein erweiterter Temperaturbereich von -10°C bis 100°C lässt sich nur mit Tantalkondensatoren sicher erreichen.

In 15 Messreihen wurden die Messungen mit dem genutzten Interface und einem Computer (MS WINDOWS ®) mit dem entwickelten PASCAL-Programm zur Erfassung, Anzeige und temporären Speicherung der Temperaturwerte bei einer Umgebungstemperatur von etwa 20 °C vorgenommen.

Bei BROWN (2008) findet sich ein Hinweis auf berührungsfreie Temperatursensoren der Firma Callex Electronics: "The new MLE Series is a range of miniature infrared temperature sensors with separate electronics. MLE sensors are capable of measuring temperatures in the range -20°C to 500°C and are available with either a current, voltage or thermocouple output.". Der Einsatz dieser Sensoren wurde wegen des nicht benötigten erweiterten Temperaturbereichs und aus Kostengründen nicht erwogen.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Linearisierung der Messwerte durch Interpolation

Für den eingesetzten Kondensator in einer Oszillatorschaltung wie in der Abbildung 1 wurden die folgenden aus 15 Messreihen gemittelten und gerundeten Temperaturen und Frequenzwerte ermittelt:

Tabelle 1: Temperatur-Frequenz-Tabelle

Temperatur in ° C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Frequenz in Hertz	220	820	1420	2020	2620	3220	3820	4420	5020	5320	5420

Wie man aus dem folgenden Diagramm 1 erkennen kann, ist der Zusammenhang zwischen der Temperatur und der gemessenen Frequenz im Temperaturbereich von 10°C bis 80°C hinreichend linear.

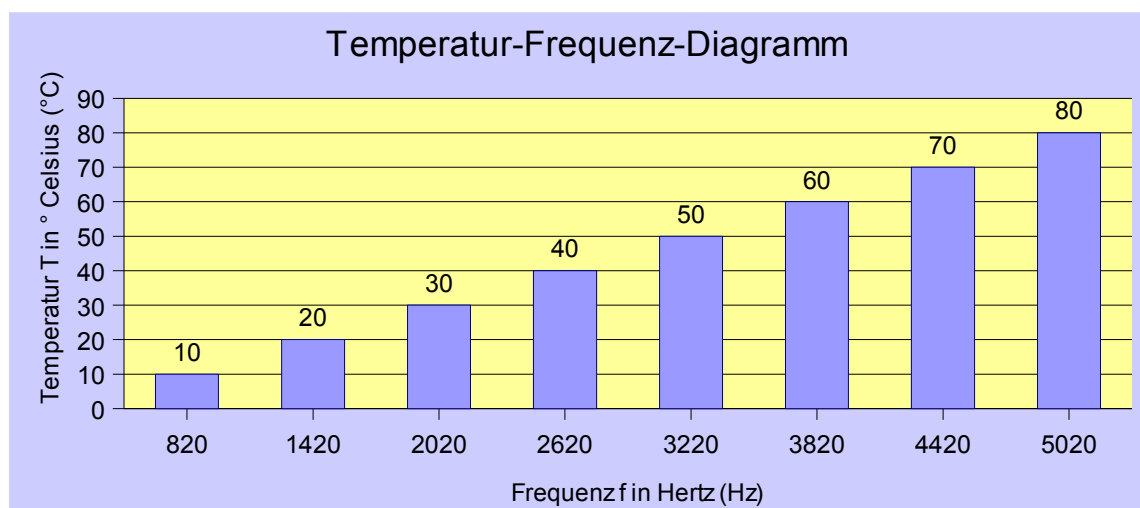


Abbildung 2: Frequenz-Temperatur-Diagramm

Das auswertende Computerprogramm nimmt eine geeignete Linearisierung vor. Dazu wurde für das betrachtete Temperatur-Intervall eine lineare Funktion $T(f)$ aufgestellt, mit der jedem Frequenzwert f genau ein Temperaturwert $T = T(f)$ aus dem Intervall von 10°C bis 80°C zugeordnet wird.

1. Es gilt allgemein mit dem eingeschränkten Definitionsbereich $f_a < f < f_e$ die Funktionsgleichung

$$T - T_a = \frac{T_e - T_a}{f_e - f_a} \cdot (f - f_a) = m \cdot f + n.$$

2. Für die Temperatur T als lineare Funktion des Arguments f ergibt sich im oben aufgeführten Temperaturintervall von 10°C bis 80°C : $T(f_{\text{messung}}) = 0,016666 \cdot f - 3,666667$ mit $[T] = ^\circ\text{C}$.
3. Eine sehr gute Approximation für das gesamte Temperatur-Intervall erhält man zum Beispiel in MS EXCEL® durch eine Trendlinie 6. Ordnung vom Typ polynomisch. Diese Möglichkeit wurde nicht genutzt, weil die Linearisierung hinreichend genaue Temperaturwerte lieferte.

3.2 Darstellung und Speicherung der Temperaturwerte

Damit bei den Experimenten im Unterricht die Temperatur gut auf dem Monitor ablesbar ist, wurde auf eine Unit grossziffer eines Programms zur Anzeige von Ziffern zurückgegriffen werden und für das Temperaturmessprogramm in geeigneter Weise angepasst. Die Darstellung erfolgt mit Vorzeichen, Temperaturwert mit einer Dezimale und der Einheit Grad Celsius. In der Testversion A ist diese Darstellung jedoch noch nicht realisiert worden. Auf eine permanente Speicherung der Temperaturwerte wurde in der ersten Programmversion verzichtet. Bei Langzeitexperimenten wäre die Speicherung von Zeit und Temperatur in einem zweidimensionalen Feld (Array) denkbar, das in einer Datei abgespeichert wird. Damit können die erfassten Daten dann auch in anderen Programmen eingelesen und ausgewertet werden.

3.3 Grundlegende Prozeduren und Funktionen des Messprogramms

Das Computerprogramm zur Erfassung der Temperatur-Frequenzen, zur Umrechnung dieser Frequenzen in Temperaturen durch lineare Interpolation in den Temperaturintervallen und zur Ausgabe der Temperatur auf den Monitor wurde in der Computersprache PASCAL entwickelt und ausführlich getestet. Wertvolle Anregungen zur direkten Programmierung der seriellen Schnittstellen COM1 und COM2 im Computer mit Hilfe von Bitmasken wurden MÜLLER (2008) entnommen. Die hinreichend linearen Temperaturintervalle der Sensoren sind in Vorversuchen mit großer Sorgfalt ermittelt worden.

Die Tabelle 1 enthält die Temperaturwerte und die zugehörigen Frequenzen für eine Klasse von Versuchen. Ausgehend vom Messverfahren, der Änderung der Frequenz eines Frequenzgenerators durch einen temperaturabhängigen Sensor musste das Computerprogramm in der Lage sein, Frequenzen zu messen und den ermittelten Frequenzen Temperaturwerte zuzuordnen.

Das PASCAL-Programm ist aus folgenden grundlegenden Prozeduren und Funktionen aufgebaut:

- Prozedur Zeitgeber
- Prozedur Uhr
- Funktion Frequenz
- Funktion Temperatur

3.3.1 Prozedur Zeitgeber

Die interne Uhr, die RealTimeClock (RTC), wird im Mode 2 so programmiert, dass eine Torzeit von genau einer Sekunde erzeugt wird. Dazu erzeugt der Timer 0 genau 59659 Ticks, was einer zwan-

zigstel Sekunde entspricht. Ein Zähler zählt diese zwanzigstel Sekunden. Wenn der Zähler den Wert 20 erreicht hat, dann ist die Torzeit 1 Sekunde groß.

3.3.2 Prozedur Uhr

In dieser Prozedur wird die RTC nach einer Messung so umprogrammiert, dass die RTC wieder genau das tut, wofür sie im Computer normalerweise zuständig ist - für die Erzeugung der Uhrzeit- und Datumswerte.

3.3.3 Funktion Frequenz

In der Funktion Frequenz werden die Vorzeichenwechsel der am Eingang DSR der seriellen RS232-Schnittstelle anliegenden Wechselspannung mit der Frequenz f in der Torzeit von genau einer Sekunde gezählt. Die Summe aller Wechsel in der Torzeit wird als Funktionswert Frequenz gespeichert.

Für einen 2-Kanal-Analog-Digital-Wandler über die Eingänge DSR und CTS der seriellen Schnittstelle RS232 gibt KAINKA (2001) mehrere BASIC-Programmbeispiele an.

3.3.4 Funktion Temperatur

Der Funktionswert Temperatur ist das Ergebnis der linearen Interpolation im zugehörigen Frequenzintervall. Die mathematischen Grundlagen sind im Abschnitt 3 dargestellt. Dabei wird dem Funktionswert Frequenz ein Temperaturwert zugewiesen. Dieser Wert ist um so genauer, je kleiner die in den Vorversuchen zur Kalibrierung (Eichung) des Sensors ermittelten Temperaturintervalle sind oder je linearer der Zusammenhang zwischen Temperatur und Frequenz ist. Ein Sensor mit hinreichend linearem Umsetzverhalten von Temperaturänderung in Frequenzänderung wird von ZEIDLER (2006) ausführlich vorgestellt.

3.4 PASCAL-Programm für den Wandler

Das Programm wandler.pas aus KAINKA (2007) wurde stark verändert und an die genutzte Messschaltung angepasst. Es wird hier mit vollständigem Programm-Quelltext aufgelistet, weil es in einem Turbo-Pascal-Dialekt geschrieben worden ist, der sich vom moderneren DELPHI-Pascal in Syntax und Semantik stark unterscheidet.

```
{ Kommentare werden in der Farbe grau dargestellt }
Program wandler;
Uses Crt;
Const BA = $3F8;      { COM 1 }
var   Spannung, Kalibrierung : Real; Ch : Char;

procedure Zeitgeber;
begin
    Port[$43] := $24;      { Timer 0, Mode 2, Lesen über Byte }
    Port[$40] := lo (59659); { Teilerfaktor } Port[$40] := hi (59659); { = 1193180 / 20 }
end;

procedure Uhr;
begin
    Port[$43] := $36; { Timer 0, Mode 3 } Port[$40] := 0; { Teilerfaktor } Port[$40] := 0;
end;
```

```

function Frequenz (Torzeit: Integer): Real;
var   Dummy, Timer, Timer_alt : Integer; Eingang, Eingang_alt, Zeit : Byte;
      Portwert : Byte; Zaehler : Word;
begin
  Portwert := 16; { Eingang CTS } Zaehler := 0; Zeit := 0;
  Inline ($FA);           { Interrupt sperren ! }
  Timer := Port[$40] and 128; { höchstwertiges Bit }
  repeat
    Timer_alt := Timer; Timer := Port[$40] and 128;
  until Timer > Timer_alt; { 1. Timer-Überlauf }
  Eingang_alt := Port[BA+6] AND Portwert;
  repeat
    Timer_alt := Timer; Eingang := Port[BA+6] AND Portwert; { Flanken zählen }
    if Eingang > Eingang_alt then Zaehler := Zaehler + 1;
    Eingang_alt := Eingang; Timer := Port[$40] and 128; { Überläufe zählen }
    If Timer > Timer_alt then Zeit := Zeit + 1;
  until Zeit = Torzeit;
  Inline ($FB); { Interrupt freigeben } Frequenz := Zaehler/Torzeit*20;
end;
begin
  Kalibrierung := 1.000; { Wert individuell anpassen } Zeitgeber; ClrScr;
  repeat
    GotoXY (1,1);
    writeln ('Spannung, Auflösung: <1> 1mv <2> 0,1mV <3> 0,01mV <Esc>');
    repeat until KeyPressed;
    Ch := ReadKey;
    Case Ch of
      '1': repeat
              Spannung := Frequenz(2)/10*Kalibrierung; GotoXY (10,10);
              write ('U = ',Spannung:3:0, ' mV'); ClrEol;
            until KeyPressed;
      '2': repeat
              Spannung := Frequenz(20)/10*Kalibrierung; GotoXY (10,10);
              write ('U = ',Spannung:3:1, ' mV'); ClrEol;
            until KeyPressed;
      '3': repeat
              Spannung := Frequenz(200)/10*Kalibrierung; GotoXY (10,10);
              write ('U = ',Spannung:3:2, ' mV'); ClrEol;
            until KeyPressed;
    end;
  until Ch = chr (27); Uhr;
end. {Programmende}

```

4 Zusammenfassung

Die vorgestellte Lösung der Messung der nicht-elektrischen Größe Temperatur für den Einsatz in Schulexperimenten durch einen Messwandler und ein Interface der Firma MESSTRONIC ® konnte mit der adaptierten und entwickelten Software erfolgreich erprobt und getestet werden. Die Ergeb-

nisse sind – bezogen auf die im Physik-Unterricht angestrebten Ziele – hinreichend und bieten die Gewähr für ein ergebnisorientiertes und erfolgversprechendes Arbeiten der Schülerinnen und Schüler in einem Messpraktikum.

Das vorgestellte Computerprogramm sollte auf die modernen Programmiersprachen DELPHI-Pascal unter WINDOWS ® oder GAMBAS unter dem Betriebssystem LINUX umgeschrieben werden, weil beide Betriebssysteme und Programmiersprachen gegenwärtig im Unterricht der Kursstufe am Markgraf-Albrecht-Gymnasium in Osterburg im Fach Informatik eingesetzt werden. Damit ergeben sich für Schülerinnen und Schüler in den Informatikkursen in der Kursstufe gute Möglichkeiten, in weiteren Facharbeiten die Codierung in den oben genannten modernen Programmiersprachen DELPHI-Pascal und GAMBAS vorzunehmen und die neuen Programme zu testen. Das korrespondiert mit den Vorhaben von KAINKA (2007), der zur Weiterentwicklung seiner Programme schreibt: "Außerdem wird ... eine neue DLL zur seriellen Schnittstelle in Delphi 4 entwickelt und im Quelltext vorgestellt. Der Leser erhält die Informationen, die nötig sind, um eine eigene DLL mit selbst definierten Funktionen zu schreiben." .

5 Literatur und Quellen

KAINKA, BURKHARD (2007): PC-Schnittstellen angewandt. Elektor-Verlag Aachen, 66-68

KAINKA, BURKHARD (2001): Elektronik am PC - Visual Basic in der Praxis. Elektor-Verlag Aachen

LEHMANN, HANS (2002): Die RS232-Schnittstelle. Gymnasium Osterburg, unveröffentlichtes Material

MÜLLER, HEINZ (2008): Interface-Schaltungen. Technikverlag Berlin

ZEIDLER, VOLKER (2006): Lineare Temperatursensoren in der Medizin. Computerwoche Heft 12, 8-10

BROWN, JEFF: Berührungsfreier Temperatursensor.

<http://www.directindustry.de/prod/calex-electronics/~.html> (Stand: 19.08.2008)

Die folgende Erklärung steht auf einer eigenen Seite am Ende der Facharbeit. Diese Erklärung ist zu unterschreiben.

Erklärung

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst habe. Alle Formulierungen, die wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Quellen entnommen wurden, sind kenntlich gemacht worden. Die verwendeten Bilder, Grafiken oder Diagramme sind selbst angefertigt worden. Für alle anderen multimedialen Objekte liegt eine Freigabe vor.

Verwendete Informationen aus dem Internet sind vollständig auf einem mobilen Datenspeicher zur Verfügung gestellt worden, einschließlich der genauen Angabe der Internetadressen.

Sofern sich – auch zu einem späteren Zeitpunkt – herausstellt, dass die Arbeit oder Teile davon nicht selbstständig verfasst wurden, Zitat-Hinweise fehlen oder Teile ohne Quellennachweis aus dem Internet entnommen wurden, so wird die Arbeit nachträglich mit Null Punkten gewertet.

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass die vorliegende Facharbeit für den Einsatz am Markgraf-Albrecht-Gymnasium verwendet werden kann.

Ort, Datum

Unterschrift