

Wir messen analog

In vielen Fällen reichen digitale Messungen nicht aus. Bei der Untersuchung der ausgeatmeten Luft in Abb. 1 will der Mediziner z.B. nicht wissen, ob darin Kohlendioxid enthalten ist, sondern wie hoch dessen Anteil ist. Auch bei der Messung der elektrischen Potenziale des Herzens (*Elektrokardiogramm*, kurz: EKG) kommt es darauf an, analoge Werte aufzuzeichnen. Schließlich kann der Mediziner aus dem Verlauf der Graphen erkennen, ob der Patient gesund ist oder nicht.

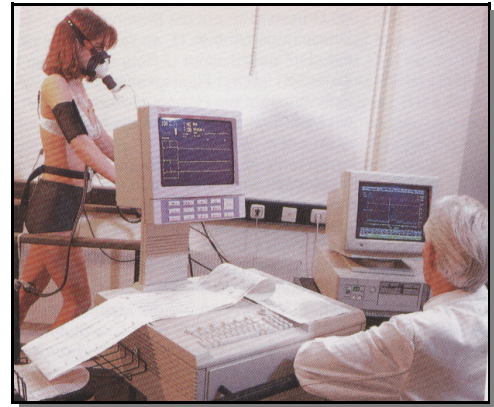


Abb. 1: Untersuchung der Atemluft

Auch ein Joystick arbeitet analog: Er kann nicht nur zwischen oben und unten bzw. rechts und links unterscheiden. Vielmehr erkennt er eine große Anzahl von Zwischenpositionen. Erst dadurch sind flüssige Steuerungen mit dem Joystick möglich.

Das Messprinzip des Joysticks bzw. der Joystick-Schnittstelle im Computer ist dabei recht einfach. Der Knüppel ist in x- und y-Richtung jeweils mit einem veränderlichen Widerstand verbunden; wenn der Knüppel bewegt wird, verändert sich der Widerstand entsprechend. Über diesen Widerstand wird in kurzen Zeitabständen immer wieder ein Kondensator auf- und entladen. Da die Ladezeit von der Größe des Widerstands abhängt, gibt ihr Wert letztlich die Position des Knüppels wieder. Die Stellung des Steuerknüppels wird also auf eine Zeitmessung zurückgeführt.



Abb. 2: Ein Joystick

Wie dieses Messprinzip mit JavaScript und unserer COMX-Komponente realisiert werden kann, davon handelt dieses Kapitel.

Wir messen die Ladezeit eines Kondensators

Zunächst bauen wir auf unsere Platine die Ladeschaltung aus Abb. 3 auf. Bei dem Kondensator C handelt es sich um einen Elektrolytkondensator; bei dieser Sorte von Kondensatoren muss beim Einstecken der Anschlussdrähte auf die richtige Polung geachtet werden. Hier muss der mit einem Minuszeichen gekennzeichnete Draht mit dem Anschluss TXD verbunden werden.

Wie geht der Ladevorgang nun vonstatten? Zunächst liegen die Ausgänge TXD und DTR auf -12 V (Low). Zum Start des Ladevorgangs

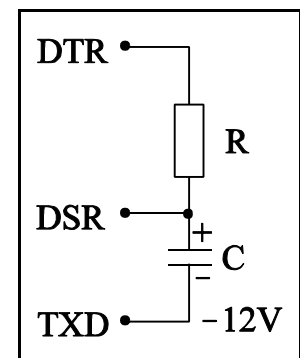


Abb. 3: Ladeschaltung

wird DTR auf +12 V (High) gelegt. Nun fließt ein Ladestrom durch den Widerstand. Der Kondensator wird geladen, und zwar um so langsamer, je größer der Widerstand R ist. Mit zunehmender Ladung steigt auch die Spannung am Kondensator. Abb. 4 zeigt, wie die Spannung am Kondensator im Laufe der Zeit anwächst. Solange die Spannung noch gering ist, misst der Eingang DSR den Zustand Low; erst wenn die Spannung den Wert 1,25 V übersteigt, wird der Zustand High registriert. Was wir nun messen, ist die Zeitspanne zwischen dem Start des Ladevorgangs und dem Zeitpunkt, an dem der Eingang DSR gerade von Low auf High wechselt. Wir wollen diese Zeitspanne als **Ladezeit** t bezeichnen, auch wenn der Kondensator in dieser Zeit nicht vollständig geladen worden ist.

Vor einer erneuten Messung muss der Kondensator wieder entladen werden. Dazu wird der Ausgang DTR wieder auf -12 V (Low) gesetzt. Nun entlädt sich der Kondensator. Dabei fließt der Strom wieder über den Widerstand – diesmal allerdings in entgegengesetzter Richtung. Der Entladevorgang nimmt wieder eine gewisse Zeit in Anspruch; er dauert um so länger, je größer der Widerstand R ist. Um diesen Entladevorgang zu beschleunigen, schalten wir jetzt eine Diode D parallel zum Widerstand R . Eine Diode lässt – ähnlich wie die Leuchtdiode – den Strom nur in eine Richtung hindurch. Wenn wir sie mit der Kathode K an DTR und mit der Anode A an DSR anschließen, dann ist sie beim Entladevorgang in Durchlassrichtung geschaltet; der Entladestrom erfolgt fast ausschließlich über die Diode; das verkürzt den Entladevorgang enorm. Beim Ladevorgang hingegen ist Diode in Sperrrichtung geschaltet, der Ladestrom fließt also wie bislang nur über den Widerstand R .

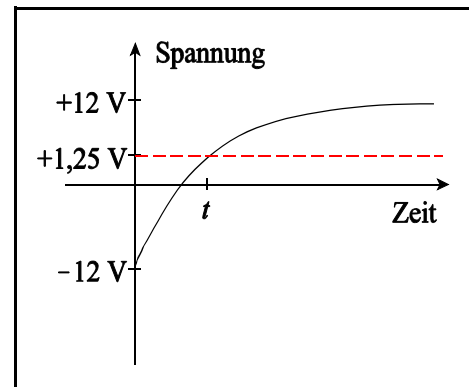


Abb. 4: U - t -Diagramm des Ladevorgangs

Jetzt gilt es, die entsprechenden Funktionen zu schreiben. Die Funktion `init` wird wie üblich beim Laden des Dokuments aufgerufen. Hier wird nicht nur die Schnittstelle geöffnet, sondern es werden auch die beiden Ausgänge DTR und TXD auf -12 V gelegt.

```
function init()
{
    COMX.open(1);
    COMX.TXD = 0;
    COMX.DTR = 0;
}
```

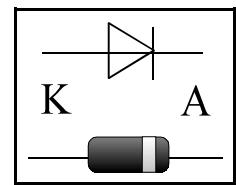


Abb. 5: Eine Diode

Der Messvorgang wird durch Betätigen einer Schaltfläche Aufladen eingeleitet; hierdurch wird die Funktion `laden` aufgerufen. Das Programm merkt sich als erstes die Startzeit im Date-Objekt `zeit1`. Unmittelbar anschließend wird der Ausgang DTR auf +12 V gelegt. In der darauf folgenden Zeile sehen wir eine `while`-Schleife; sie wartet solange, wie der Eingang DSR auf Low bleibt. Erst wenn DSR den Zustand High registriert, die Spannung am Kondensator über +1,25 V liegt, wird das Programm mit der Anweisung in der nächsten Zeile fortgesetzt. Hier merkt sich das Programm die aktuelle Zeit im Date-Objekt `zeit2`. Die Ladezeit ergibt sich dann aus der Differenz dieser beiden Zeitangaben.

```

function laden()
{
    var zeit1 = new Date();
    COMX.DTR = 1;
    while (COMX.DSR == 0) { };
    var zeit2 = new Date()
    var zeit = zeit2.getTime() - zeit1.getTime();
    ladenform.zeit.value = zeit;
}

```

Zum Entladen schließlich muss der Ausgang DTR nur für eine kurze Zeit (z.B. 500 ms) auf Low gesetzt werden.

```

function entladen()
{
    COMX.DTR = 0;
    COMX.delay(500);
    ladenform.zeit.value = 0;
}

```

Aufgaben

1. Erstelle ein Dokument wie in Abb. 6 und gib die zugehörigen Funktionen ein. Baue die Schaltung auf: Benutze einen 47 μF -Kondensator und einen 5,6 k Ω -Widerstand (Farbcode grün-blau-rot). Schließe die Platine mit dem fertigen Aufbau an die serielle Schnittstelle an und teste das Programm. Stimmen die Ladezeiten immer überein?
2. Benutze die Schaltung und das Programm aus Aufgabe 1. Welche Ladezeit wird ausgegeben, wenn man mehrfach hintereinander die Aufladen-Schaltfläche betätigt, ohne zwischendurch den Kondensator zu entladen. Erkläre das angezeigte Ergebnis.
3. Miss die Ladezeiten t für die Widerstände 2,2 k Ω (rot-rot-rot), 3,9 k Ω (orange-weiß-rot), 5,6 k Ω (grün-blau-rot), 8,2 k Ω (grau-rot-rot), 10 k Ω (braun-schwarz-orange) und 12 k Ω (braun-rot-orange). Stelle sie in einem R - t -Diagramm dar (t auf der horizontalen Achse). Was fällt auf? Wozu kann das Ergebnis benutzt werden?
Beachte: Je nach Lieferant des Experimentiersets stehen nicht alle der hier aufgeführten Widerstände zur Verfügung. Gegebenenfalls musst du einige Widerstände im Elektronikhandel nachkaufen; sie kosten nur wenige Cent.

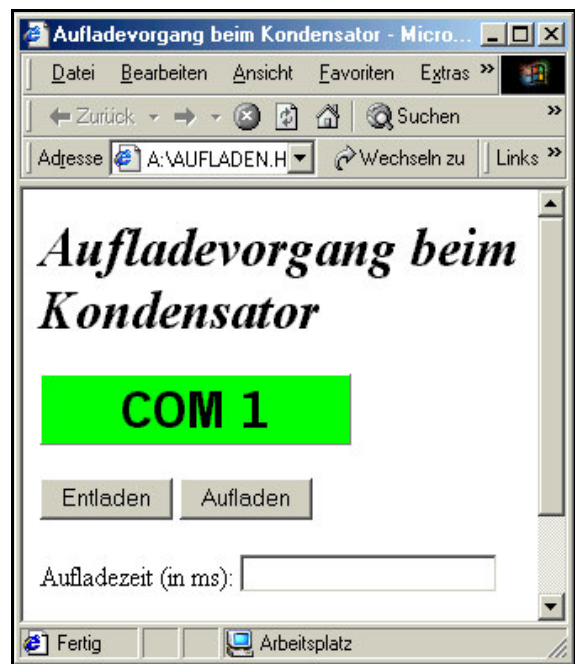


Abb. 6: Zu Aufgabe 1

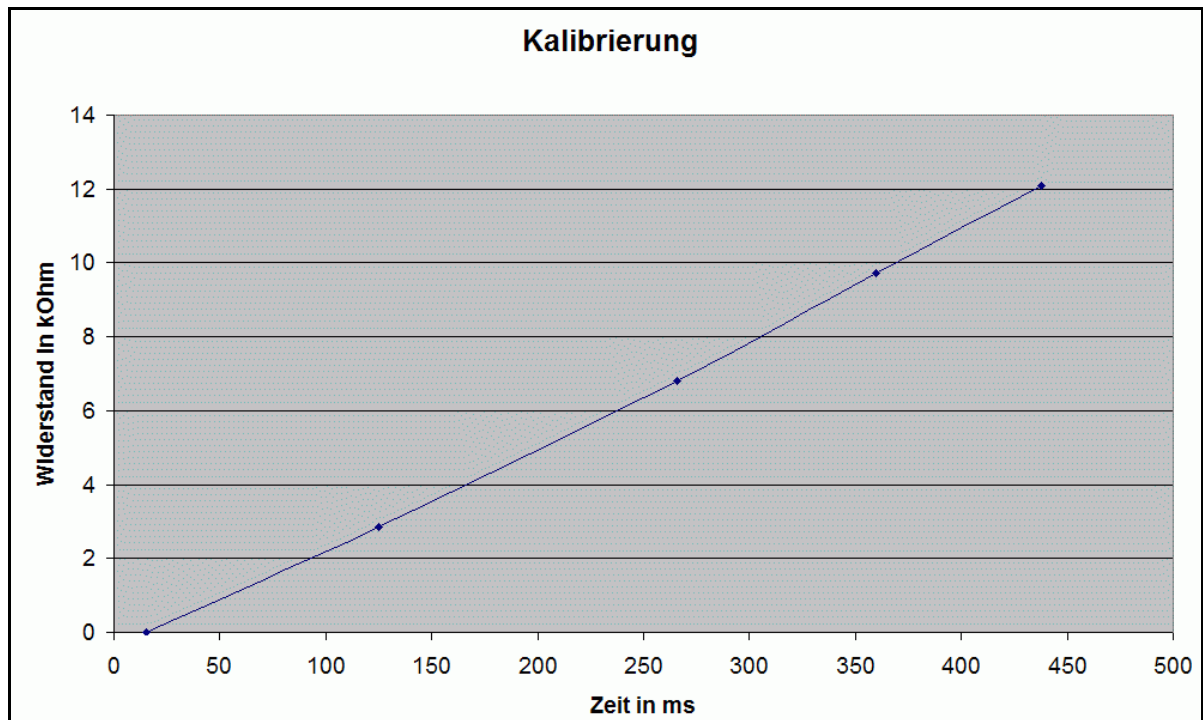


Abb. 7: R - t -Diagramm

Wir kalibrieren unseren Widerstandsmesser

Versuche mit verschiedenen Widerständen bestätigen: Die Ladezeit ist um so länger, je größer der benutzte Widerstand ist. Trägt man die Messwerte in einem R - t -Diagramm auf, so erkennt man, dass sie nahezu auf einer Geraden liegen (Abb. 7). Diese Gerade kann benutzt werden, um aus den Zeitwerten die zugehörigen Widerstandswerte zu bestimmen.

In unserem Fall hat die Gerade die Gleichung¹

$$R = 0,02867 \cdot t - 0,6083 ;$$

dabei wurden die Einheiten Ω und ms der Einfachheit halber nicht hingeschrieben. Durch diese Beziehung können wir aus jeder gemessenen Zeit den zugehörigen Widerstandwert berechnen lassen. Um ihn auch anzeigen zu lassen, fügen wir in unserem Messprogramm die Zeile

```
ladenform.widerstand.value = 0.02867 * zeit - 0.6083
```

ein. Damit haben wir unsere Anordnung zur Messung von Widerständen kalibriert.

¹ Kondensatoren unterscheiden sich meist leicht in ihren elektrischen Eigenschaften, auch wenn sie die gleiche Nennkapazität (z. B. 47 μ F) besitzen; außerdem können die High-Pegel bei manchen seriellen Schnittstellen auch kleiner als 12 V sein. Deswegen wirst du in der Regel bei deinen Experimenten mit einer anderen Geradengleichung arbeiten müssen.

Aufgaben

1. Zeichne für *deinen* Aufbau zur Ladezeitmessung die Kalibriergerade und bestimme ihre Gleichung.
2. Ergänze das Ladezeit-Messprogramm zu einem Widerstandsmessprogramm.
3. Ersetze den Widerstand in deiner Schaltung durch einen LDR. Miss seinen Widerstand bei verschiedenen Beleuchtungsstärken. Was geschieht, wenn die Beleuchtung sehr schwach ist?
4. Facharbeit: Ein LDR steht in einem bestimmten Abstand zu einer Kerze. Wie verhält sich der Widerstand des LDR, wenn die Kerze durch zwei bzw. drei dicht beieinander stehende Kerzen ersetzt wird? Wie verhält sich der Widerstand, wenn der Abstand des LDRs zur Kerze verändert wird? Trage die Ergebnisse in Diagrammen zusammen. Forche nach: Wie hängt die auf den LDR treffende Lichtenergie von der Anzahl der Kerzen, wie von dem Abstand ab? Versuche, mit deiner Anordnung einen Lichtenergiemesser zu bauen. Denke dir eine passende Einheit aus. Benutze zur Kalibrierung die bisherigen Ergebnisse.
5. Facharbeit: Erläutere die Funktionsweise eines NTCs, baue mit seiner Hilfe ein Temperaturmessgerät und kalibriere es.
6. Facharbeit: Erläutere die Funktionsweise eines Lügendetektors. Versuche einen Lügendetektor zu bauen. Gegebenenfalls muss der Strom, welcher durch die Haut fließt, mithilfe eines Transistors verstärkt werden. Teste ihn an verschiedenen Personen aus. Arbeitet er zuverlässig? Sind Lügendetektoren als Beweismittel vor Gericht zugelassen?