

Drehzahlmesser

Gunther Zielosko

1. Einführung

Wer gern mit Motoren oder anderen Maschinen experimentiert, möchte hin und wieder die Drehzahl eines rotierenden Teiles messen können. Besonders Modellbauer (Flug- oder Fahrzeuge), Modelleisenbahner, Meteorologen und KFZ-Freaks werden ein Gerät zu schätzen wissen, das genau die aktuelle Drehzahl messen und darüber hinaus Aussagen über Maximaldrehzahl, durchschnittliche Drehzahl oder deren Verlauf über die Zeit machen kann. Drehzahlmesser für die verschiedensten Anwendungen gibt es, ein „Allroundgenie“ muß man selber basteln. Das ideale Feld für den BASIC-Tiger, mit wenig Hardware kann die Drehzahl erfaßt werden, die Anpassung an das jeweilige Problem erfolgt softwareseitig (Bild 1).



Bild 1 mit wenig Hard- und Software mißt der BASIC-Tiger die Drehzahl verschiedenster Objekte

Fangen wir mit einem Forderungskatalog an. Welche Drehzahlen wollen wir erfassen? Mechanische Teile im Hobbybereich können Drehzahlen über 40.000 U/min erreichen, so z.B. Miniaturwerkzeuge (Drehmel Multi). 40.000 Umdrehungen pro Minute wären 667 Umdrehungen pro Sekunde, also 667 Hz. Man sollte meinen, daß das eine Kleinigkeit für eine Frequenzmessung per BASIC-Tiger ist, aber der Teufel liegt im Detail. Nach unten wollen wir auch noch sehr geringe Drehzahlen messen, beispielsweise die Umdrehung des Minutenzeigers einer Uhr.

Für jede genaue Zeitmessung braucht man eine Zeitbasis. Beim BASIC-Tiger kann man einmal die "Ticks" der inneren Uhr als Zeitbasis benutzen (1 ms), zum anderen können spezielle Device-Treiber zur Frequenz- oder Periodenmessung (FREQ1_Pp.TDD, PLSIN1.TDD, PLSI2_Pp.TDD mit Zeitbasis unter 1 μ s) herangezogen werden. Für einen relativ engen Drehzahlbereich sind letztere besser geeignet, für ein wirklich universelles Gerät ist die Zeitbasis der "Ticks" von 1 ms trotz einiger Probleme günstiger. Was sind das für Probleme? Zunächst die Höchstdrehzahl, 667 Umdrehungen pro Sekunde heißt ja, eine Umdrehung dauert nur etwa 1,5 Millisekunden. Bei einem Zeitraster von 1 ms wäre eine Messung extrem ungenau. Je nachdem, ob nun gerade 1 oder 2 Ticks bei einer Umdrehung "erwischt" werden, gibt es große Sprünge und der Fehler kann sehr groß werden. Glücklicherweise kann der BASIC-Tiger rechnen, so daß man eine solche Aufgabe leicht lösen kann - wir messen nicht nur die Zeit für eine Umdrehung, sondern zum Beispiel die Zeit für 10, 100 oder 1000 Umdrehungen. Der Tiger rechnet dann daraus die Drehzahl pro Minute aus. Bei sehr geringen Drehzahlen ist es wieder besser, die Zeit für nur eine Umdrehung zu messen, da hier 1000 Umdrehungen eine Ewigkeit dauern würden. Die Software soll also selbst entscheiden, wie die Drehzahl am besten gemessen werden kann. In Abhängigkeit von der Drehzahl wählt sie das am besten geeignete Verfahren aus. Aus diesen Betrachtungen heraus wird klar, warum wir die "Ticks" als Zeitbasis wählen und nicht die Zeitbasen der o.a. Device-Treiber. Die Device-Treiber sind zwar erheblich schneller und ihre Zeitbasis liegt im μ s-Bereich, allerdings ist ihr Zählfumfang begrenzt. Das erschwert Messungen im geforderten großen Drehzahlbereich. Der Zählbereich des Tickzählers dagegen ist geradezu riesig, den Nachteil der schlechteren Auflösung umgehen wir mit der "Intelligenz" des BASIC-Tigers. Ein weiterer Punkt ist die Erfassung der Umdrehung selbst. Die Messung soll an verschiedenen Objekten möglichst einfach zu bewerkstelligen sein, also an Propellern, an Motorwellen von kleinen und großen Motoren, an Windrädern, unterschiedliche Materialien werden vorkommen, metallische und nichtmetallische, magnetische usw. Viele Objekte haben mehrere Segmente, wie eben z.B. ein Flugzeugpropeller. Wir müssen uns also Gedanken machen über einen geeigneten Sensor und dessen Anpassung an den BASIC-Tiger sowie die Möglichkeit, die Anzahl der Segmente des Prüflings vorher einzugeben.

2. Die Abnahme der Drehzahl am Objekt, der Sensor

Der beste elektronische Drehzahlmesser nützt nur etwas, wenn man die mechanische Größe Drehzahl vorher in eine elektrische Größe umwandelt. Wir brauchen Impulse, deren Abstand die Drehzahl charakterisiert. Nichts leichter als das, bauen wir uns also eine Lichtschranke, bei der ein Flügelrad den Lichtstrahl im Takt der Umdrehungen unterbricht. Bei durchsichtigen Teilen kann man ein Teil des Umfanges mit undurchsichtigem Klebestreifen

zukleben. Der Lichtempfänger könnte eine Photodiode oder ein Phototransistor sein, der Sender eine Lampe oder eine Leuchtdiode (günstig ist infrarot). Bei der Konstruktion ist zu beachten, daß die Lichtschranke gut gegen Fremdlicht abgeschirmt sein sollte. Am besten gelingt das, wenn man Lichtempfänger und –Sender jeweils in das Ende eines Röhrchens steckt, so daß sie gut aufeinander ausgerichtet sind. Das ganze wird dann auf eine gabelförmige Grundplatte montiert (z.B. gelötet oder geklebt) und dann in der Mitte zweimal durchgesägt, so daß ein entsprechend breiter Schlitz für das Flügelrad entsteht (Bild 2).

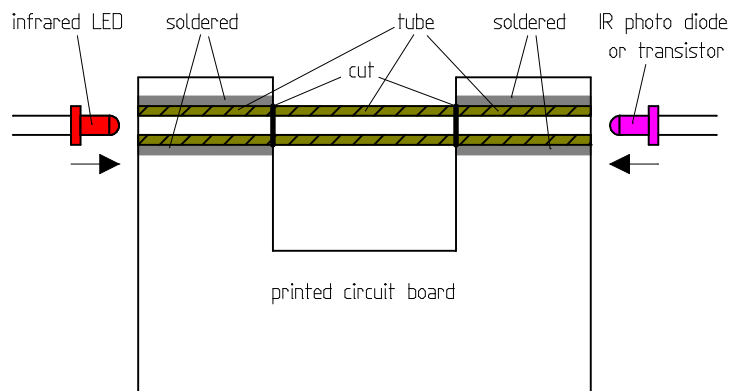


Bild 2 mechanischer Aufbau der Lichtschranke

3. Die Schaltung

Der zusätzlich zum BASIC-Tiger erforderliche Schaltungsaufwand hält sich in Grenzen (Bild 3). Damit ein eindeutiges Umschalten beim Übergang von Hell auf Dunkel und umgekehrt erfolgt, benutzen wir ein Gatter eines CD4093 (4-fach NAND mit Schmitt-Trigger-Eingängen in CMOS-Technologie), Datenblatt: <http://www.ti.com/sc/docs/products/logic/cd4093b.html>

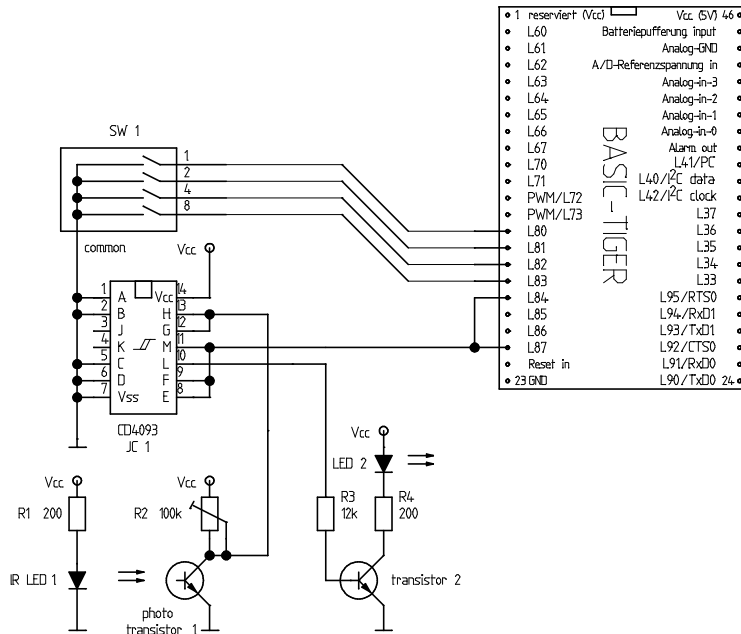


Bild 3 Schaltung der Lichtschranke

Am Ausgang M kann das Signal für den Drehzahlmesser abgenommen werden. Mit einem weiteren Gatter und einem Transistor wird über LED 2 ein optisches Signal erzeugt, mit dem man auch ohne BASIC-Tiger die richtige Funktion der Lichtschranke testen kann. Zusätzlich zu den Komponenten der Lichtschranke wird lediglich noch der Ziffernwahlschalter zur Auswahl der Anzahl der Segmente des Flügelrades angeschlossen.

Je nach den Komponenten der Lichtschranke (LED 1, Phototransistor) muß die Schaltung so abgeglichen werden, daß bei ungestörtem Lichtdurchgang sicher low und bei Unterbrechung des Lichtdurchganges sicher high an den Eingängen H und G (12, 13) des CD 4093 erkannt wird, auch bei Frequenzen um 2 kHz! Die Leuchtdiode LED 2 zeigt zumindest bei niedrigen Drehzahlen die Funktion der Lichtschranke an. Der Abgleich kann zunächst mit R2 erfolgen, je niederohmiger R2, desto schneller schaltet der Phototransistor um (Richtwert 10...50kΩ). Die Leistung der LED 1 kann mit R 1 variiert werden (Verlustleistung der LED beachten!). Typische Oszillogramme der Signalaufbereitung zeigen die Bilder 4 und 5.

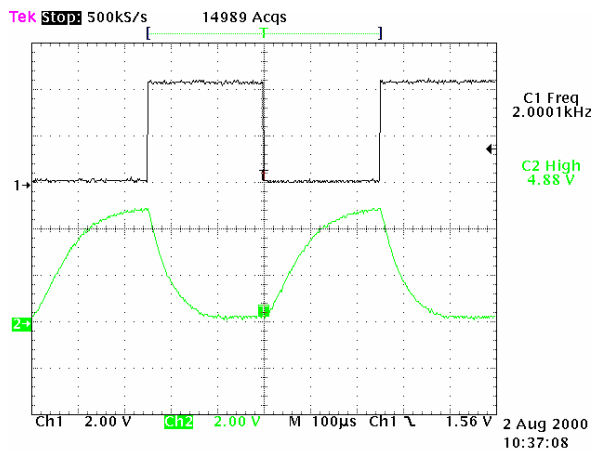


Bild 4 Oszillogramm 1, Taktsignal der IR-LED (oben), Signal am Kollektor des Phototransistors bzw. Eingang des CD4093 (unten)

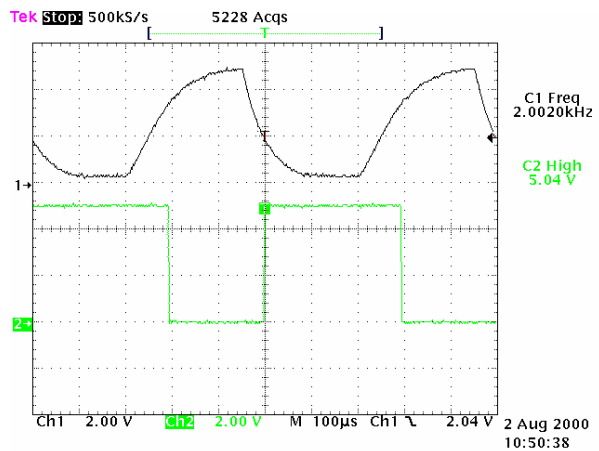


Bild 5 Oszillogramm 2, Eingangssignal am CD4093 (oben), Ausgangssignal des CD4093 (unten) - klare Schaltflanken durch Schmitt-Trigger Eingänge

4. Die Software

Mit dem Programm DREHZ_01.TIG steht ein komfortables Meßprogramm für das Erfassen von Drehzahlen in extremen Bereichen zur Verfügung. Prinzipiell gibt es praktisch keine untere Grenze, derzeit wird die Anzeige nur formal auf 3 Stellen nach dem Komma beschränkt - das sind Tausendstel U/Min Auflösung! Kein Problem, die Drehzahl eines Minuten- oder Stundenzeigers einer Uhr auszumessen, wenn Sie genug Zeit haben. Nach oben wird der Meßbereich durch das Reagieren eines digitalen Einganges des BASIC-Tigers und der dazugehörigen BASIC-Abfrage begrenzt. 100000 Impulse/Minute sind hier etwa das Ende des Machbaren. Sie haben bestimmt gemerkt, daß jetzt von Impulsen pro Minute die Rede ist. Wir müssen beachten, daß manche Aufgabenstellungen mit mehreren Impulsen pro Umdrehung antworten, z.B. ein Flugzeugpropeller mit 3 Blättern. Wenn die Welle hier mit 10000 U/min dreht, kämen mit einer Lichtschranke als Sensor bereits 30000 Impulse pro Minute an. Insofern macht es Sinn, den Meßbereich eines Drehzahlmessers für mechanische Objekte derart hoch zu legen.

Die Eingangsimpulse werden am Pin L8-7 ausgewertet, die Software wartet hier einen kompletten Durchlauf mit High- und Low-Phase der Sensorschaltung ab, daraus wird abgeleitet, ob mehrere Durchläufe zur Erhöhung der Genauigkeit erforderlich sind. Ggf. werden bis zu 1000 Umdrehungen gemessen. Das Programm rechnet dann mit den besten Werten.

Die Pins L8-0 bis L8-3 dienen zur Eingabe der Anzahl der Segmente des zu messenden Teiles. Hier können Sie beispielsweise binärkodierte Ziffernwahlschalter einsetzen, die ein komfortables Eingeben von bis zu 15 Segmenten ermöglichen. Eine Besonderheit ist die etwas ungewöhnliche Eingabe und "Berechnungsmethode" dieser Variablen. Solche Ziffernwahlschalter werden meist zum Einstellen von binär kodierten Zahlen an normal auf 0 liegenden Eingänge benutzt. Deshalb liegt der gemeinsame Pol auf Plus. Im Falle des BASIC-

Tigers lesen die Eingänge aber bereits logisch eine 1, auch wenn sie gar nicht beschaltet sind. Deshalb polen wir die Logik einfach um, der gemeinsame Pol ist jetzt Masse und die jeweils ausgewählten Bits werden auf Masse gelegt. Dann stimmen aber die Ziffern auf dem Schalter nicht mehr mit der eingelesenen Binärzahl überein. Die etwas ungewöhnliche Wandlung der Zahlen (erst alles negieren, dann die untersten 4 Bit auswählen) im Programm DREHZ_01.TIG stellt alles wieder auf die Füße. Wenn also der Ziffernschalter 5 anzeigt, ist die am Ende ausgerechnete Zahl wieder 5.

Für den erfahrenen Bastler mit BASIC-Tiger-Kenntnissen dürfte es nun kein Problem mehr sein, den Grundbaustein Drehzahlmesser hard- und softwareseitig an spezielle Probleme anzupassen. Da der Lichtschrankenausgang bereits zusätzlich an Pin L8-4 geführt ist, kann sofort der schnellere Treiber PLSIN1.TDD oder andere eingesetzt werden. Ebenso ist es kein Problem, die Software zum Erfassen von Maximum und Minimum einzurichten. Die durchschnittliche Drehzahl über eine bestimmte Zeit kann ausgerechnet werden, ebenfalls die Gesamtzahl der Umdrehungen usw. Wer möchte, kann den zeitlichen Verlauf der Drehzahl auch mit dem Grafik-Display anzeigen oder z.B. einen komfortablen Windmesser bauen. Der könnte auf dem Dach arbeiten und die Drehzahl über die serielle Schnittstelle nach unten melden. Oder, wie wäre es mit der Anzeige der Pulsfrequenz, die ja auch in (Im)pulsen pro Minute gemessen wird?

Im übrigen steht auch einer völlig anderen Nutzung der fertig aufgebauten Lichtschranke mit Signalaufbereitung nichts im Wege, so daß sich die Beschäftigung mit diesem Thema lohnt. Die Bilder 6 und 7 zeigen den modularen Aufbau eines Drehzahlmesser-Musteraufbaues.

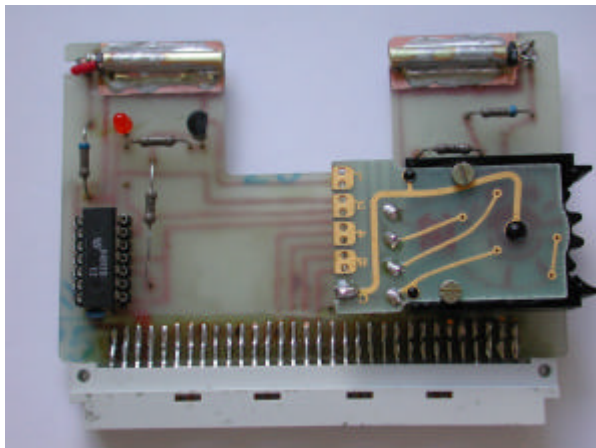


Bild 6 Lichtschrankenmodul

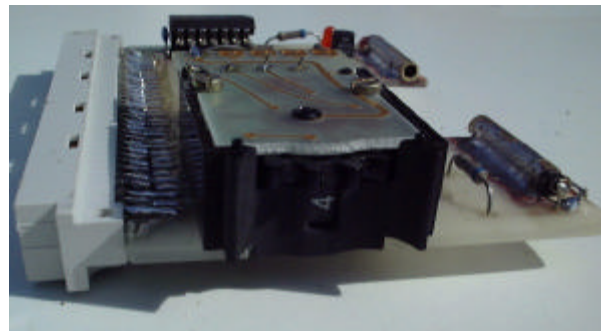


Bild 7 Details, Ziffernwahlschalter und das durchgesägte Röhrchen mit eingesetzten Photobauteilen