

Frequenzzähler sind beliebte Bastelobjekte, weil dieses Thema für alle bastlerischen Horizonte und Fertigkeiten etwas bietet - von unterbelichtet bis hochprofessionell. Dabei darf man aber nicht die unterschiedlichen Voraussetzungen vergessen: Der eine hat Zugriff auf neueste Bauelemente, kommerziell gefertigte Leiterplatten und teure Laborausrüstungen - und der andere muß sich mit dem begnügen, was sein Taschengeld und die heimische Bastelkiste so hergibt. Aber abseits der rein materiellen Randbedingungen sehe ich immer wieder, daß gar viele Leute von sich aus einfach keine pfiffigen Lösungen zuwege bekommen. Liegt es nun an der Bequemlichkeit oder am Unvermögen, ausgetretene Denkpfade zu verlassen, oder am Mangel an interessanten Vorbildern? Wer weiß..

Der Frequenzzähler, den ich hier vorstelle, geht zum Teil auf eine steinalte, aber recht pfiffige Anregung von MicroChip zurück: Ein Frequenzzähler, der nur aus einem PIC und einem einzigen Widerstand besteht... Aber ich will nicht vorgreifen, die Bauteilediskussion kommt weiter unten.

Zum Prinzip: Wie zählt man Frequenzen?

Eigentlich ist es ganz einfach: Das Eingangssignal wird für eine bestimmte Zeit, der Torzeit einem Zähler zugeführt, der die Anzahl der Perioden bzw. die Anzahl der LH-Flanken (oder HL-Flanken) zählt. Aus deren Anzahl und der Länge der Torzeit errechnet sich die Frequenz des Eingangssignales. Ganz einfach, ja?

Ist die Frequenz des Eingangssignales hoch und die Torzeit lang, dann gibt das eine große Anzahl von Zählereignissen und die ausgebbare Stellenzahl ist ebenso hoch.

Ist die Frequenz jedoch niedrig, dann ergibt dies nur wenige ausgebbare Stellen. Das liegt daran, daß die gezählten Perioden nur wenige sind und daß deren Anfänge und Enden nicht mit dem Anfang und dem Ende der Torzeit übereinstimmen. Ein Frequenzzähler mit einer festen Torzeit ist also nur gut für hohe Frequenzen.

Aber es gibt einen ganz einfachen Trick, um auch bei niedrigen Frequenzen eine hohe Auflösung zu erhalten. Dazu wird die Torzeit variabel gemacht und an das Eingangssignal gekoppelt. Damit ist die Torzeit *immer* ein ganzzahliges Vielfaches der Periode des Eingangssignales. Das Dumme daran ist, daß nun die Torzeit ausgemessen werden muß, weil sie ja nicht mehr fest, sondern variabel ist. Dazu braucht man einen zweiten Zähler, der

während der Torzeit die Impulse eines Referenzoszillators mißt. Aber das ist ja gar nicht schlimm, denn bei der 'Geradeaus'-Methode muß die Torzeit ja auch irgendwie gemacht werden und dafür braucht man ja auch einen Referenzoszillator und einen Zähler.

Nun hat man also eine variable Torzeit und zwei Zähler, die während dieser Torzeit Impulse zählen: der eine vom Eingang und der andere von der Referenz. Nach dem Ende der Torzeit kann man die Zählerstände ins Verhältnis setzen und mit der Frequenz des Referenzoszillators multiplizieren. Das ergibt die Frequenz des Eingangssignales - und zwar mit einer Auflösung, die nicht mehr vom Eingangssignal abhängt. Stattdessen wird die Auflösung *nur* durch das Verhältnis der Torzeit zu der Periodenlänge der Referenz bestimmt. Das ergibt Stelleneinbußen oberhalb der Referenzfrequenz und Stellengewinn unterhalb selbiger.

Professionelle Frequenzzähler arbeiten deshalb mit einer möglichst hohen Referenzfrequenz und sie enthalten schon seit vielen Jahren Anlogschaltungen, die die Restzeit bei Torbeginn und -ende erfassen. Das geht so, daß ein Analogintegrator mit Beginn der Torzeit gestartet wird und mit dem Eintreffen der ersten Zählflanke der Referenz wieder gestoppt wird. Dasselbe passiert dann am Meßende nochmal. Aus der per ADC meßbaren Spannung des Integrators kann dann nochmal

eine oder gar zwei Stellen im Ergebnis gewonnen werden.

Für ein Bastelprojekt sind solche Schaltungen jedoch außer Reichweite, denn das, was sich da abspielt, ist im Bereich von 10 Nanosekunden angesiedelt.

Zur Hardware: Was nehmen wir denn?

Der hier vorgestellte Frequenzzähler soll einfach aufgebaut sein und kein TTL-Grab werden. Meine Vorstellung ist es, daraus einen batteriebetriebenen Zähler für die Westentasche zu bauen oder einen ganz kleinen Modul, den man zum Nachrüsten in ein Analogradio oder einen analogen Funktionsgenerator einbauen kann und der deshalb sowohl vom Platzbedarf als auch von der Stromversorgung her bescheiden daherkommen soll.

Bevor jetzt jeder nach *seinem* Lieblings-Controller ruft, sollte man erstmal abklopfen, was es denn so gibt und wie sich das eignet.

8051 und Konsorten: Ab ins Museum damit. Ich will mit sowas nix mehr zu tun haben.

ARM: Da gibt es mittlerweile auch in den für Bastler zugänglichen Quellen einigermaßen preisgünstige Chips. Mit der weiteren Verbreitung der Cortex-Controller wird sich die Situation weiter verbessern. Angenehm ist, daß eigentlich alle ARM's mit einer internen Taktvervielfachung arbeiten. Meist genügt extern ein 10 MHz Quarztakt und intern arbeiten sie dann mit 50 MHz oder mehr. Sie können deshalb problemlos ihre eigene Quarzfrequenz ohne externe Vorteiler zählen. Wie hoch die maximale Zählfrequenz tatsächlich ist, hängt von dem konkreten Chip ab. Da gibt es Unterschiede zwischen den Herstellern, aber im Allgemeinen kann man veranschlagen, daß deren Counter mit Peripherieclock laufen, selbige oft 1/2 der CPU-Clock ist, die Pin-Zustände mit der Peripherieclock synchronisiert werden und damit die maximale Zählfrequenz kleiner als 1/4 der CPU Frequenz ist, also rund 12 MHz. Das ist wenig und macht ARM Controller nicht gut geeignet als Frequenzzähler.

Andere Nachteile gibt es eigentlich nicht und für den Bastlerbedarf benutzbare Compiler usw. sind vorhanden. Sonstige Gründe dagegen sind die zumeist recht kleinen Pinabstände, die bei dem Selbstätzen von Leiterplatten Probleme machen können und es sind oft mentale Gründe, daß viele Bastler vor ARM-Controllern zurückschrecken.

MIPS: CPU's dieser Bauart sind fast allgegenwärtig, denn sie werkeln in vielen DVD-Playern, SAT-Empfängern, Settop-Boxen und so weiter. Trotzdem kennt fast niemand diesen Zweig der Mikrorechner. Eine Variante ist jedoch auch für Bastler mittlerweile zugänglich: der PIC32 von Microchip. Der hat außer dem Namen nichts(!) mit den bekannten PIC's zu tun. Übliche Taktfrequenzen liegen bei 80 MHz und auch der PIC32 hat im Gegensatz zu vielen anderen Controllern die Möglichkeit, seine Counter asynchron zu betreiben. MicroChip garantiert auch hier mindestens 50 MHz und mit einiger Wahrscheinlichkeit ist da viel mehr drin. Vom Strombedarf und Gehäuse sind sie mit den ARM's vergleichbar.

Atmel's **ATmegas:** Die sind bei vielen Bastlern sehr beliebt, wahrscheinlich deswegen, weil sie eine sehr konventionelle Architektur mit Registern, RAM und I/O-Bereich bieten. Zum Frequenzzähler taugen sie jedoch nur sehr schlecht. Das liegt daran, daß sie alle Signale an ihren Anschlüssen mit dem internen Befehlstakt von maximal 16 MHz synchronisieren. Das hat zur Folge, daß die höchste noch sicher zählbare Frequenz geringer sein muß als der halbe Befehlstakt. Ein mit 16 MHz getakteter ATmega kann also höchstens 7.9 MHz zählen. Selbst die Hälfte seines eigenen externen Taktes kann ein Atmel nicht zuverlässig zählen. Die Folge davon ist, daß sich das halbe Frequenzmessen in einer externen Schaltung abspielen muß. Entweder macht man das mit TTL-Logik oder einem kleinen CPLD. Beides kostet Platz und Strom und macht die Leiterplatte komplizierter als sie eigentlich sein müßte. Als Ausgleich für die Hardware-Schwäche bieten die ATmegas eine Programmierung in C, was denjenigen

ich wegen des Betriebsstromes von 30..50 mA, was für Batteriebetrieb schlecht ist.

4. Platz: ein ARM, z.B. LPC2103 oder ein kleiner STM32Fxx.

5. der Rest.

Zum Zähltor: Was nehmen wir als (Bill) Gates?

Bild 1 zeigt die Prinzipschaltung. Das eigentliche Tor wird von den zwei Bustreibern 74"125 oder 74"126 gebildet. Deren Ausgänge führen zu zwei Zähler-Eingängen (entweder direkt zum Controller oder zu zwei Vorteilern, z.B. 74VHC393 o.ä.)

Der D-FF synchronisiert das Zähltor mit dem Eingangssignal. Seinen Ausgangszustand kann der Controller über das Signal **GQuery** abfragen.

Die Signale A und B kommen vom Controller und dienen zwei verschiedenen Zwecken. Vor dem Zählen dienen sie dazu, den Zählern bei geschlossenem Zähltor (Bustreiber sind hochohmig) einen definierten Pegel über R1 bzw. R2 zu geben. Am Meßende nach dem Schließen des Zähltores dienen sie dazu, den Zählerstand der Vorteiler zu ermitteln. Dazu wird natürlich zuerst nach dem tatsächlichen Schließen des Tores der Stand des jeweiligen Zählers im Controller ausgelesen und gemerkt. Dann kann man über den jeweiligen Widerstand den Vorteiler so oft per Software takten, bis sich der Stand des eigentlichen Zählers ändert. Man zählt mit, wie oft man taktet und weiß daraus, welcher Stand im Vorteiler am Meßende gewesen sein muß.

Beispiel: Als Vorteiler dient ein halber 74VHC393, der von 0 bis 15 zählen kann. Wenn sich der Zähler im Controller beim 1. Takt ändert, dann weiß man, daß im Vorteiler eine 15 gesteckt haben muß. Wenn man hingegen 16 mal takten muß, dann war im Vorteiler eine Null drin. Ich finde dieses Verfahren schick und pfiffig, denn es braucht dafür nur 2 Widerstände und 2 Controller-Ausgänge,

die man obendrein außerhalb der Torzeit auch für was anderes benutzen kann.

Wenn man einen PIC oder PIC32 verwendet, dann erübrigt sich der TTL-Vorteiler. Das eigentliche Meßverfahren und auch das beschriebene verfahren zum Ermitteln des Vorteiler-Standes bleiben jedoch gleich.

Bleibt noch die Frage nach den Bauteilen für das Zähltor. Wir benötigen ein einzelnes Gatter mit oder ohne Hysteresis (7404 oder 7414 z.b.) als Eingangsstufe, einen einzelnen D-Flipflop und zwei Bustreiber 125 oder 126.

All dies gibt es seit über 15 Jahren von Fairchild in der UHS Einzelgatter-Serie: NC7SZ04, NC7SZ14, NC7SZ125, NC7SZ126, NC7SZ74. Diese IC's sind klein, stromsparend und sehr, sehr schnell. Mittlerweile ist auch Texas Instruments auf diesen Zug aufgesprungen und bietet ebenfalls schnelle Einzelgatter an. Beispiel: SN74LVC1G79.

Mit ein wenig Glück kann man von beiden Firmen ein paar Muster bekommen, so daß dem Eigenbau von dieser Seite nichts entgegensteht.

Zum Rest: was man ansonsten noch braucht.

Natürlich eine Art Frontend, ein Display und die Stromversorgung.

Wenn aus dem Teil ein Einbau-Frequenzzähler werden soll, beispielsweise um einem analogen Radio eine digitale Frequenzanzeige zu verschaffen, dann bietet es sich an, einfach einen 5 Volt Low Drop Analogregler zu nehmen. Ein einfacher 78L05 geht nur dann, wenn die Rohspannung deutlich über 7 Volt liegt.

Wenn das Ganze ein Taschen - Frequenzzähler werden soll, dann wird er am besten mit einem Lithium-Akku versorgt. Die o.g. Einzelgatter und auch die PIC's vertragen Versorgungsspannungen von 3..5 Volt.

Beim Display scheiden sich die Geister. Manche Leute lieben immer noch LED-Anzeigen, wohl weil die so schön von selbst

leuchten. Aber LED's brauchen richtig Strom und sie brauchen entweder viele Portbeine am Controller oder Multiplex, was bei den geschalteten Strömen zu Störungen im Radio führt. Früher gab es mal intelligente kleine 4-stellige LED-Anzeigen, die man einfach seriell ansteuerte. Aber sowas findet sich bestenfalls noch ganz am Boden der Bastelkiste.

Also ist ein LCD angesagt. Für ein richtiges Laborgerät würde ich ein Grafik - LCD bevorzugen, weil man damit eine große, gut lesbare Anzeige nach eigenem Geschmack hinkommt. Aber für ein kleines Taschen- oder Einbaugerät mit nur einem kleinen 18-beinigen PIC ist das nicht machbar.

Was bleibt ist ein 1 oder 2 zeiliges alphanumerisches LCD, für das man zum Glück nur 7 Anschlüsse braucht: D4..7, CE, R/W und RS. Sowas findet man bei Pollin für wenig Geld.

Auch das Frontend wird sich je nach Anwendungsfall unterscheiden. Für einen Einsatz als Nachrüst-Frequenzanzeige steht fest, was für eine Art Inputsignal der Zähler bekommt. Bei TTL kann man das allererste Gatter im Bild 1 weglassen. ansonsten reicht es bei ausreichend großem Pegel aus, einen passenden Spannungsteiler zum Festlegen des Mittenpegels und einen Koppelkondensator vorzusehen. Beim Taschen-Frequenzzähler muß der Eingang etwas anders aussehen und gegen Überspannung geschützt werden. Wie das konkret aussehen soll, wird erst noch ausgedacht.

Die erste konkrete Schaltung

Auf den folgenden Seiten sieht man eine erste Version des Zählers. Bei dieser habe ich noch einen einfachen Pegelmesser eingebaut, damit man sieht, ob man gerade ein echtes Signal mißt oder nur den Sender Eriwan empfängt.



