

Universeller Rechteckgenerator

Stabil bis in den HF-Bereich

Für viele Messaufgaben ist ein Rechteckgenerator völlig ausreichend und manchmal ist ein rechteckförmiger Signalverlauf aufgrund seines Oberwellenanteils sogar vorteilhaft. Mit moderner integrierter Elektronik lässt sich ein solcher Generator ohne großen Aufwand selbst bauen. Auf die exakte Anzeige von Frequenz und Amplitude muss man dabei nicht verzichten.

Signalgeneratoren dienen gewöhnlich zum Einsetzen eines Signals in elektronische Schaltungen, damit man dort die Verarbeitung dieses Signals untersuchen kann. Dazu benötigt man die „passende“ Frequenz und auch die „passende“ Amplitude. Damit ein Signalgenerator universell einsetzbar ist, muss also sowohl die Frequenz als auch die Amplitude einstellbar sein. Und wenn man damit digitale Schaltungen testen möchte, dann wäre ein Extra-Ausgang mit TTL-kompatiblem Pegel ebenfalls kein überflüssiger Luxus. All diese Kriterien erfüllt die vorliegende Schaltung. Da sie mit einem potentiellen Frequenzbereich von 10 kHz bis 140 MHz ein wirklich sehr breites Spektrum überstreicht, kann man diesen Rechteckgenerator zu Recht als „universell“ bezeichnen.

Der universelle Rechteckgenerator hat einen klassischen, gleichspannungsfreien 50-Ω-Ausgang, dessen Amplitude von 0 V bis etwa 1 V einstellbar ist. Hinzu kommt noch ein digitaler TTL-Ausgang mit fester Amplitude. Ein zweizeiliges LCD zeigt die eingestellte Frequenz und die Amplitude an. Zur Versorgung genügt ein handelsübliches Steckernetzteil.

Genese der Rechtecke

Will man frequenzstabile Signale erzeugen, so greift man typischerweise zu Quarzen oder Keramikresonatoren als frequenzbestimmende Bauelemente. Der Nachteil solcher Lösungen ist, dass man entweder nur fixe Frequenzen hat, oder aber zusätzlich programmierbare Frequenzteiler einsetzen muss, welche die Schaltung dann aber deutlich komplexer machen und ein „analoges“ Überstreichen

eines Frequenzbereichs erschweren. RC-Oszillatoren sind zwar einfach und im Prinzip auch einstellbar, aber eben für viele Anwendungen nicht stabil genug.

Ein Ausweg aus diesem Dilemma ist die Verwendung „fertiger“ integrierter Oszillator-ICs wie etwa die zwei hier vorgesehenen Exemplare des Halbleiter-Herstellers Linear Technology. Da diese beiden ICs pin-kompatibel sind, kann man mit der gleichen Schaltung in Variante „V1“ durch Bestückung mit dem IC LTC1799 [1] potentiell einen Frequenzbereich von erstaunlichen 1 kHz bis gut 30 MHz erreichen. Für reine HF-Zwecke ist in Variante „V2“ mit dem IC LTC6905 [2] ein Frequenzbereich von 17 bis 170 MHz machbar. Dies alles bei für einstellbare Generatoren recht geringer Frequenzdrift.

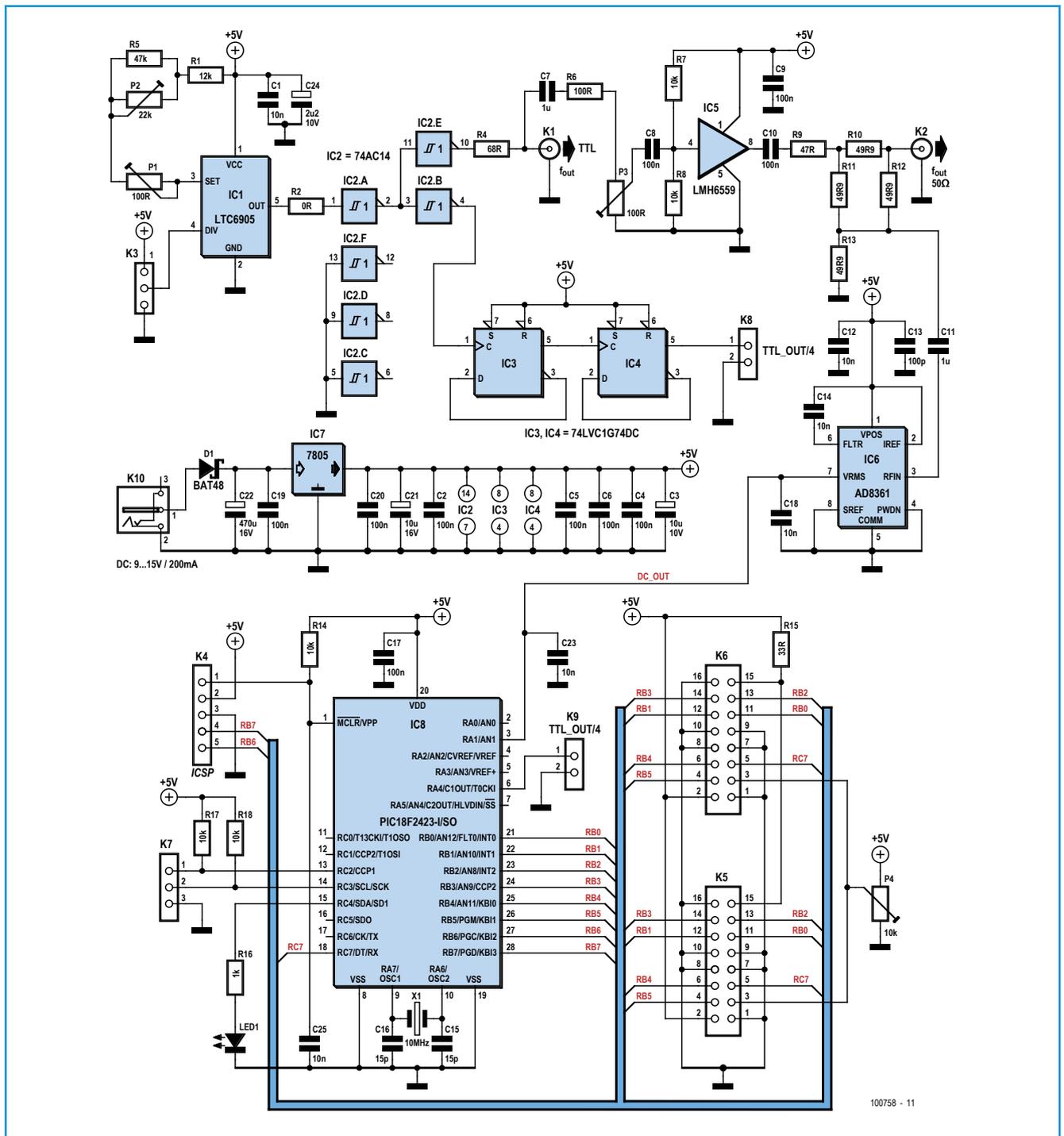
Die Frequenz dieser ICs lässt sich über einen Widerstand R_{set} zwischen +5 V und Pin 3 einstellen. Zudem kann über den Pegel an Pin 4 ein zusätzlicher Frequenzteiler N eingestellt werden. N hat bei V1 die Werte 1, 10 oder 100 bei Masse, offenem Eingang oder +5V an Pin 4. Bei V2 ergeben sich bei diesen Pegeln für N die Teiler 1, 2 oder 4.

Die Frequenzen der beiden Varianten errechnen sich zu:

$$f_{V1} = \frac{10 \text{ MHz} \cdot 10 \text{ k}\Omega}{R_{set} \cdot N}$$

$$f_{V2} = \left(\frac{168,5 \text{ MHz} \cdot 10 \text{ k}\Omega}{R_{set}} + 1,5 \text{ MHz} \right) \cdot \frac{1}{N}$$

Von Kai Riedel (D)



Aus Stabilitätsgründen sollte man bei $N = 1$ in der Version V1 nicht weit unter 0,5 MHz und über 20 MHz sowie bei V2 nicht über 140 MHz gehen.

Generatorschaltung

Der Einfachheit halber zeigt **Bild 1** die komplette Schaltung in der Variante V2. An K3

kann man mit einem Jumper den Teiler N auf die Werte 1, 2 oder 4 festlegen. Bei $N = 1$ kommt man mit den angegebenen Werten von P1, P2, R1 und R5 auf einen Bereich von etwa 64...145 MHz. Mit den binären Teilern 1:2:4 erhält man also drei schön überlappende Frequenzbereiche. P1 ist hierbei für die Feineinstellung im Prozentbereich zuständig.

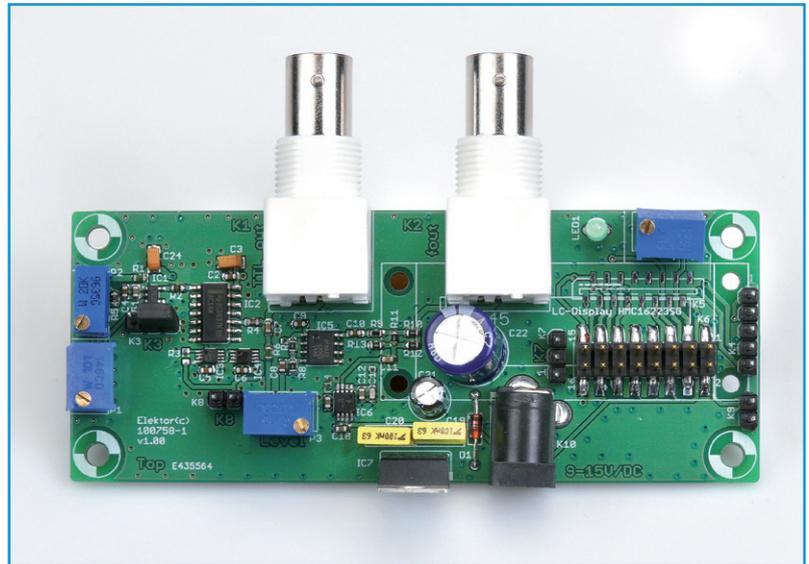
Bild 1. Die Schaltung des universellen Rechteckgenerators sieht komplizierter aus als sie ist. IC1 erzeugt die Signale, IC5 verstärkt sie und IC6 vermischt sie.

Verwendet man für IC1 ein LTC1799, dann muss man die Werte der beiden Potis und der Widerstände ändern, damit die Sache mit R_{set} hinhaut. Mit $R1 = 4,7\text{ k}\Omega$, ohne $R5$, $P1 = 2,2\text{ k}\Omega$ und $P2 = 100\text{ k}\Omega$ erhält man bei $N = 1$ einen Frequenzbereich von 1...20 MHz, was mit den dezimalen Teilern 1:10:100 ebenfalls drei schön überlappende Bereiche ergibt. In der Stückliste stehen die Werte für V1 in Klammern.

Der Ausgang von IC1 wird zunächst durch die Gatter von IC2 gepuffert. Während an K1 das Signal direkt TTL-kompatibel anliegt, wird es mit IC5 (einem Videoverstärker mit einem Verstärkungsfaktor von 1) auf einen gleichspannungsfreien Pegel am 50- Ω -Ausgang K2 gebracht, der mit P3 von 0 V bis etwa 200 mV_{eff} einstellbar ist.

An dieser Stelle könnte die Schaltung eigentlich schon fertig sein. Wäre sie das, dann würde man aber nicht so recht wissen, welche Frequenz und welche Amplitude man denn eigentlich eingestellt hat. Hierzu braucht es nicht nur ein Display, sondern auch Elektronik, die Frequenz und Amplitude misst. In modernen Schaltungen ist hierfür selbstverständlich ein Mikrocontroller zuständig. Hier wurde ein PIC18F2423 (IC8) ausgewählt, da dieses Modell als Frequenzzähler immerhin bis ca. 40 MHz reicht. Außerdem beherbergt der Controller einen 12-bit-A/D-Wandler, der eine Amplitudenmessung mit einer Auflösung von guten 0,2 mV_{HF}/Bit ermöglicht.

Damit IC8 diese beiden Aufgaben erledigen kann, braucht es noch etwas Hilfe. Für die Frequenz ist zumindest bei V2 noch ein Verteiler notwendig, der bei V1 entfällt (und durch einen 0- Ω -Widerstand ersetzt wird). IC3 und IC4 teilen die Frequenz von IC1 durch den Faktor 4 und erlauben so einen Messbereich bis immerhin 160 MHz. Die Torzeit der Frequenzmessung von 100 ms wird durch LED1 angezeigt. Das Ausgangssignal von IC4 an K8 wird über ein geschirmtes Kabel via K9 an den Mikrocontroller-Eingang Pin 6 geführt. Auch für die Amplitude ist noch etwas Feines eingebaut: Beim AD8361 handelt es sich um einen sehr linearen Effektivwertdetektor für hohe Frequenzen, der an seinem Ausgang eine der gemessenen Wechselspannung proportionale Gleichspannung liefert.



An K7-1 bzw. Pin RC2 von IC8 unterscheidet IC8 die beiden Varianten: V1 gilt bei „low“ und V2 entsprechend bei „high“. K7-2 bzw. Pin RC3 ist für eigene Erweiterungen gedacht.

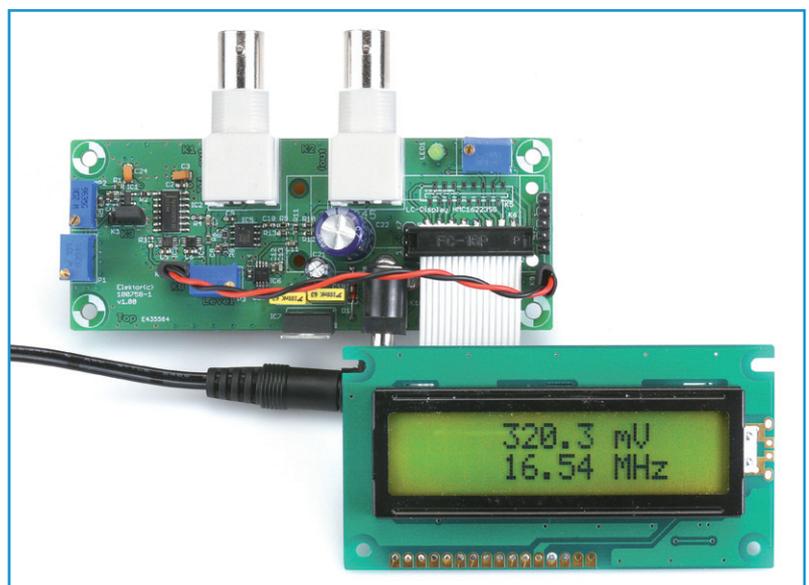
Firmware

Die Firmware ist wie immer kostenlos von der Elektor-Webseite zu diesem Artikel [3] erhältlich. Sie wurde mit der kostenlosen Evaluationsversion des C-Compilers MPLAB 18 entwickelt. Vereinfacht funktioniert sie so:

Timer0 zählt die Impulse am externen Takteingang T0CKI. Alle 100 ms wird ein Timer1-Interrupt ausgelöst. In der zugehörigen Inter-

Bild 2. Der universelle Rechteckgenerator fällt dank konsequenter SMD-Bestückung sehr kompakt aus.

Bild 3. Der Prototyp des universellen Rechteckgenerators samt Display in Funktion.



Technische Daten

Universeller Rechteckgenerator als kompaktes Modul mit einstellbarer Frequenz und Amplitude.

- Frequenzbereiche: V1 = 10 kHz bis 20 MHz; V2 = 17 MHz bis 145 MHz
- aufgeteilt in je drei Bänder zu:
 - V1: 10...200 kHz; 0,1...2 MHz und 1...20 MHz
 - V2: 17...36 MHz; 33...73 MHz und 64...145 MHz
- Frequenzstabilität: V1 = ±40 ppm/K; V2 = ±20 ppm/K
- Kurvenform: Rechtecksignal

- Tastverhältnis: 50 %
- Zwei Ausgänge an BNC-Buchsen:
 - K1: TTL-kompatibel (5 V)
 - K2: Einstellbar 0...200 mV_{eff} an 50 Ω, gleichspannungsfrei
- Anzeige: LCD mit zwei Zeilen für Amplitude und Frequenz
- Stromversorgung: 9...15 V, max. 200 mA

Bild 4.
Das Oszillogramm des Ausgangssignals zeigt eine für diese Frequenz recht gute Kurvenform.

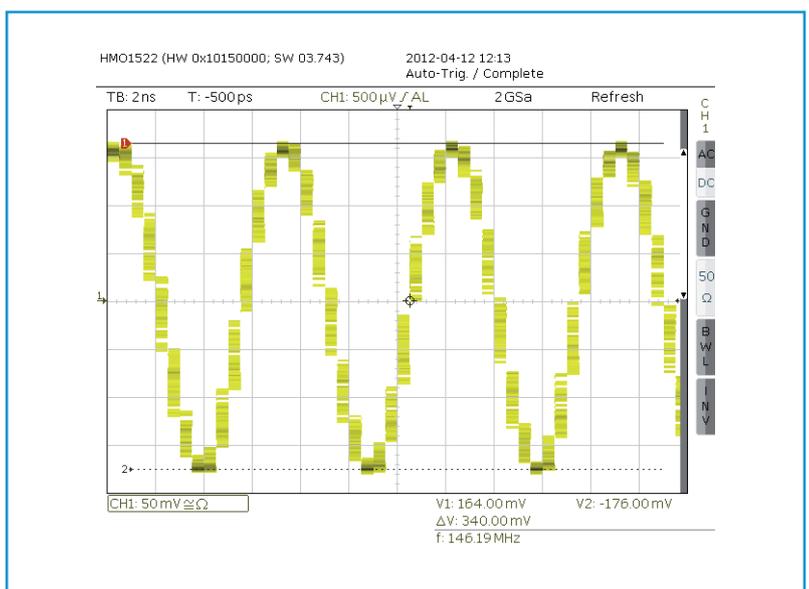
rupt-Routine wird das Zählerregister von Timer0 zur Frequenzmessung ausgelesen und eine A/D-Wandlung zur Erfassung des Ausgangspegels gestartet. Auf dem Display werden nach entsprechender Skalierung Frequenz und Pegel (Effektivwert) des Rechtecksignals angezeigt. Danach werden die beiden Timer wieder mit den nötigen Startwerten geladen und die Sache beginnt von vorn. Zur Programmierung des Controllers ist die Schnittstelle K4 vorgesehen. Da der Speicher von IC8 nur partiell genutzt wurde, ist hier noch reichlich Platz für eigene Erweiterungen.



Anzeige & Montage

Wie in **Bild 2** zu sehen ist, kann man den universellen Rechteckgenerator dank weitgehender SMD-Bestückung sehr kompakt aufbauen. Wie schon erwähnt erfasst IC8 Frequenz und Amplitude. Entsprechend aufbereitet wird mit diesen Daten dann ein zweizeiliges LCD angesteuert. Wird ein Display mit FPC-Steckverbindern wie das Modell 120545 von Pollin verwendet, kann man eine Sandwich-Konstruktion

Bild 5.
An der oberen Frequenzgrenze von Variante V2 (bei 143 MHz) sieht das Signal dann nicht mehr ganz so rechteckig aus. Für Messzwecke ist es aber durchaus brauchbar.



Am Schluss noch ein Warnhinweis:

Trotz der relativ geringen Pegel sollte man es vermeiden, offene Kabelenden an die Ausgänge anzuschließen, da diese durchaus als Antenne wirken. Ganz besonders beim TTL-Ausgang stört man sonst leicht diverse genutzte Frequenzbänder.

Wichtig ist für beide Varianten das Folgende: möchte man die Frequenz statt mit Trimpotis praktischerweise mit „richtigen“ Potis einstellen, dann müssen die Drahtverbindungen zur Platine so kurz wie irgend möglich gehalten werden, da Pin 3 von IC1 sehr sensibel für alle Arten von Störpegeln ist. Möchte man die Frequenzbereiche bequem an einer Frontplatte statt per Jumper umschalten, dann genügt der Anschluss eines Umschalters mit Mittelstellung an K3. Pin 4 von IC1 ist dabei nicht so sensibel wie Pin 3.

Unter [3] kann man übrigens nicht nur die Firmware herunterladen oder eine Platine bestellen. Wer keinen eigenen Programmierer hat, kann dort auch einen fertig programmierten Mikrocontroller ordern. Sogar ein passendes LCD-Modul kann hier über Elektor bezogen werden. Zur Versorgung genügt ein handelsübliches kleines Steckernetzteil, dessen Ausgangsspannung nicht einmal stabilisiert sein muss.

(100758)

Weblinks

[1] www.linear.com/product/LTC1799

[2] www.linear.com/product/LTC6905

[3] www.elektor-magazine.de/100758

Über den Autor

Kai Riedel ist Entwicklungsingenieur bei der Firma Turck in Beierfeld. Er beschäftigt sich schon seit der Kindheit mit Elektronik. Seine Schwerpunkte sind kleine Prüf- und Messgeräte mit Controllerunterstützung, Experimente mit HF-Technik und die Reparatur diverser elektronischer Geräte. Außerdem spielt er gerne Klavier und Kirchenorgel.