



Teil 3

2,4-GHz-Universalzähler mit TCXO - Frequenzzähler FC 8000

Infos zum Bausatz

im ELV-Web-Shop

#1415

Der FC 8000 ist ein moderner Universal-Frequenzzähler im bewährten 8000er-Gehäuse. Durch den Einsatz eines hochwertigen temperaturkompensierten Oszillators wird eine hohe Genauigkeit des Frequenzzählers gewährleistet. Der FC 8000 verfügt über drei Zählereingänge, die alle Messaufgaben bis in den GHz-Bereich abdecken. Zum Funktionsumfang des FC 8000 gehören die Frequenz-, Perioden- und Pulsbreitenmessung sowie eine Ereigniszählung, die Ausstattung wird durch eine USB-Schnittstelle vervollständigt. Nach der Beschreibung der einzelnen Schaltungsabschnitte der Spannungsversorgung, des Mikrocontrollers und der Bedien- und Anzeigeneinheit im zweiten Teil erläutern wir nun die Funktion der Mess-Eingänge und der Mess-Schaltung.

Die Schaltungstechnik des FC 8000

Die Mess-Eingänge des Zählers

Der FC 8000 verfügt über insgesamt drei Mess-Eingänge, die jeweils für eine bestimmte Messaufgabe ausgelegt sind.

TTL-Eingang 0 Hz bis 100 MHz

Der TTL-Eingang BU300 (Bild 11) ist für Mess-Signale im Bereich von 0 Hz bis 100 MHz ausgelegt. An diesem Eingang können gleichspannungsgekoppelte Signale gemessen werden, die den Vorgaben eines 5-V-TTL-Pegels entsprechen.

Das Mess-Signal gelangt zunächst auf den Eingang des NAND-Gatters IC301B, welches zusammen mit den weiteren NAND-Gattern IC301A und IC302 eine Selektionsschaltung realisiert. Hier wird durch Anlegen eines High-Pegels auf der Leitung CH-SELECT-1 das Mess-Signal an IC301B aktiv ausgewählt oder bei einem Low-Pegel das ADG736-SIGNAL an IC302A.

Das nun an Pin 7 von IC301 anliegende Mess-Signal wird über eine aus den Gattern IC304B und IC303 bestehende Inverterschaltung der eigentlichen Mess-Schaltung bereitgestellt.

Die eingesetzten NAND- und OR-Gatter sowie auch die D-Flip-Flops IC307 und IC308 und die Binärzähler IC312 bis IC314 sind vom Technologietyp 74LV, damit für Signale bis 100 MHz ausgelegt und deshalb ideal für die hier zu bewältigende Aufgabe geeignet. Auch die eigentliche Mess-Schaltung verwendet diesen Technologietyp, um die hohen Signalfrequenzen verarbeiten zu können.

Der HF-Vorteiler für 100 MHz bis 2,4 GHz

Für den oberen AC-Bereich von 100 MHz bis 2,4 GHz müssen besondere Vorkehrungen getroffen werden, da diese Signale wegen der hohen Signalfrequenz nicht mehr direkt von der Mess-Schaltung verarbeitet werden können. Aus diesem Grund wird das Mess-Sig-

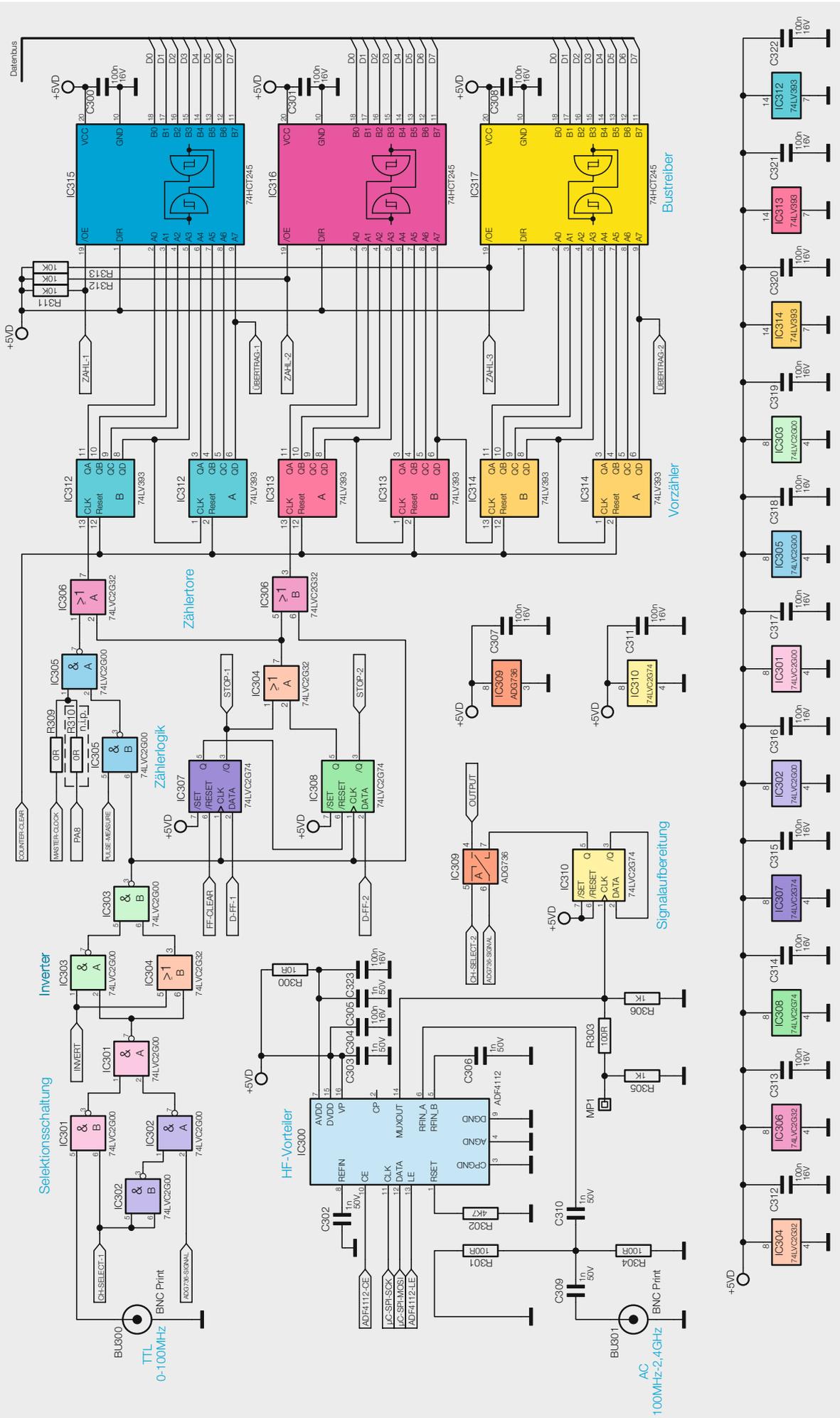


Bild 11:
Das Schaltbild des
HF-Vorteilers, des
TTL-Eingangs und
des Zählwerks

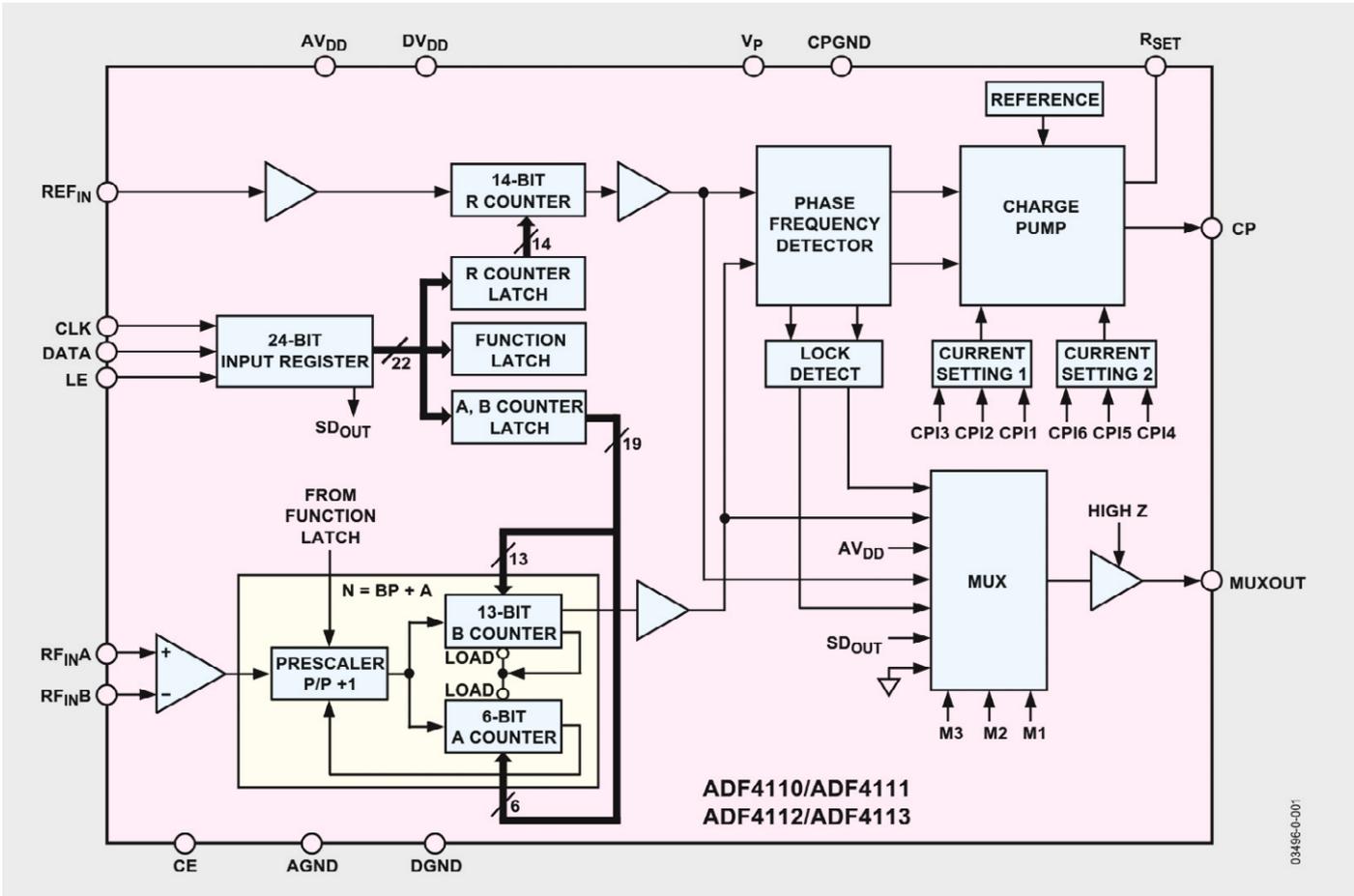


Bild 12: Das Blockschaltbild des ADF4112

nal durch den Einsatz eines speziellen, für diese hohen Frequenzen geeigneten Teilers auf eine Frequenz herabgesetzt, die von der Mess-Schaltung verarbeitet werden kann.

Der FC 8000 verwendet hierfür mit IC300 (Bild 11) ein Bauteil, mit dem eigentlich Signalfrequenzen vervielfacht werden, einen PLL-Chip vom Typ ADF4112 von Analog Device. Mit diesem Bauteil ist es aber auch möglich, hochfrequente Signale über den im Chip vorhandenen Teiler flexibel auf eine geringere Frequenz umzusetzen. Die Konfiguration des ADF4112 wird über die serielle SPI-Schnittstelle des Mikrocontrollers und die beiden zusätzlichen Steuerleitungen ADF4112-CE und ADF4112-LE realisiert. In Bild 12 ist zur Information das komplexe Blockschaltbild des ADF4112 zu sehen.

Das über die BNC-Buchse BU301 eingespeiste hochfrequente Signal wird gleichspannungsentkoppelt über das RC-Netzwerk R301, R304, C309 und C310 auf den Pin 6 (RFIN_A) und somit auf die analoge Eingangsstufe des Chips geführt. Das Signal wird nun intern verstärkt und gelangt anschließend auf die Teilereinheit (siehe Bild 12). Das am Ausgang des Teilers noch einmal gepufferte Signal wird über den Multiplexer zum Pin 14 (MUXOUT) des ADF4112 geleitet und steht so wieder unserer Schaltung zur Verfügung. Durch den Einsatz des internen Teilers wird aus dem „analogen“ Eingangssignal ein „digitales“ Signal mit einem kurzen Puls, welches mit dem nachfolgenden D-Flip-Flop IC310 noch, wie in Bild 13 gezeigt, aufbereitet wird.

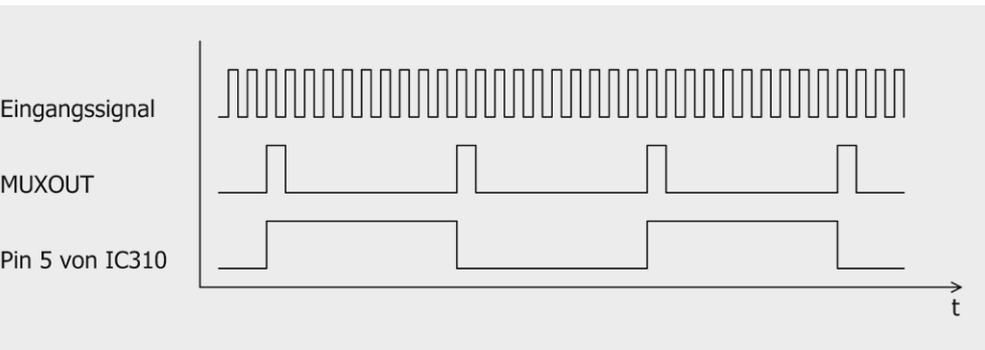


Bild 13: So erfolgt die Signalumformung des hochfrequenten Eingangssignals.



Nach der Signalaufbereitung gelangt das Mess-Signal über Pin 5 von IC310 zum CMOS-Umschalter IC309 und von dort aus über die Leitung ADG736-SIGNAL zur Selektionsschaltung, bestehend aus den LV-Gattern IC301A/B und IC302A/B. Mit einem Low-Pegel auf der CH-SELECT-1-Leitung wird das Signal dann der Mess-Schaltung aktiv zugeführt.

Hinweis:

Wird dieser Kanal ohne angeschlossenes Messobjekt genutzt, kann es zu einer willkürlichen Frequenzanzeige im Display kommen. Dies beruht auf der Eigenart des hochempfindlichen HF-Vorteilers, dessen differentielle Eingänge kapazitiv entkoppelt sind und somit ohne Mess-Signal eine differentielle Eingangsspannung von 0 V haben. Der direkt hinter RFIN_A und RFIN_B liegende Verstärker sorgt nun dafür, dass schon kleine Unterschiede an den Eingängen verstärkt werden und die Eingangsstufe zu schwingen beginnt.

Wenn ein Mess-Signal mit einer Frequenz unterhalb von 100 MHz verwendet wird, muss dieses Signal für die Verarbeitung im HF-Vorteiler eine gewisse Flankensteilheit einhalten. Dazu ist dann die Signalamplitude entsprechend einzustellen.

Vorverstärker bis 100 MHz

Für den unteren AC-Bereich bis 100 MHz fungiert der in diskreter Technik bestückte Vorverstärker (Bild 14) mit den beiden Hochfrequenz-Transistoren T200 und T201 als Eingangssignalaufbereitung.

Über die BNC-Buchse BU200 (AC, 10 Hz bis 100 MHz) wird das Eingangssignal durch den in Reihe liegenden 10-µF-Kondensator C222 von einer eventuellen Gleichspannung entkoppelt. Nun folgen ein aus den Bauteilen IC200, R206 und C221 bestehender 10:1-Signalabschwächer und ein Tiefpass, der aus den Komponenten IC201, R218 und C228 gebildet wird. Die eingesetzten CMOS-Umschalter vom Typ ADG736 (IC200 und IC201) ermöglichen ein mikrocontrollergesteuertes Umschalten der Signalpfade und damit das Ein- bzw. Abschalten des Signalabschwächers oder des Tiefpasses. Die Umschaltung erfolgt bequem durch die Änderung des Signalpegels auf den Steuerleitungen 10:1 und LP. Der ADG736 zeichnet sich besonders durch seine sehr kleine Bauform und einem geringen Durchlasswiderstand bei einer Bandbreite von über 200 MHz aus.

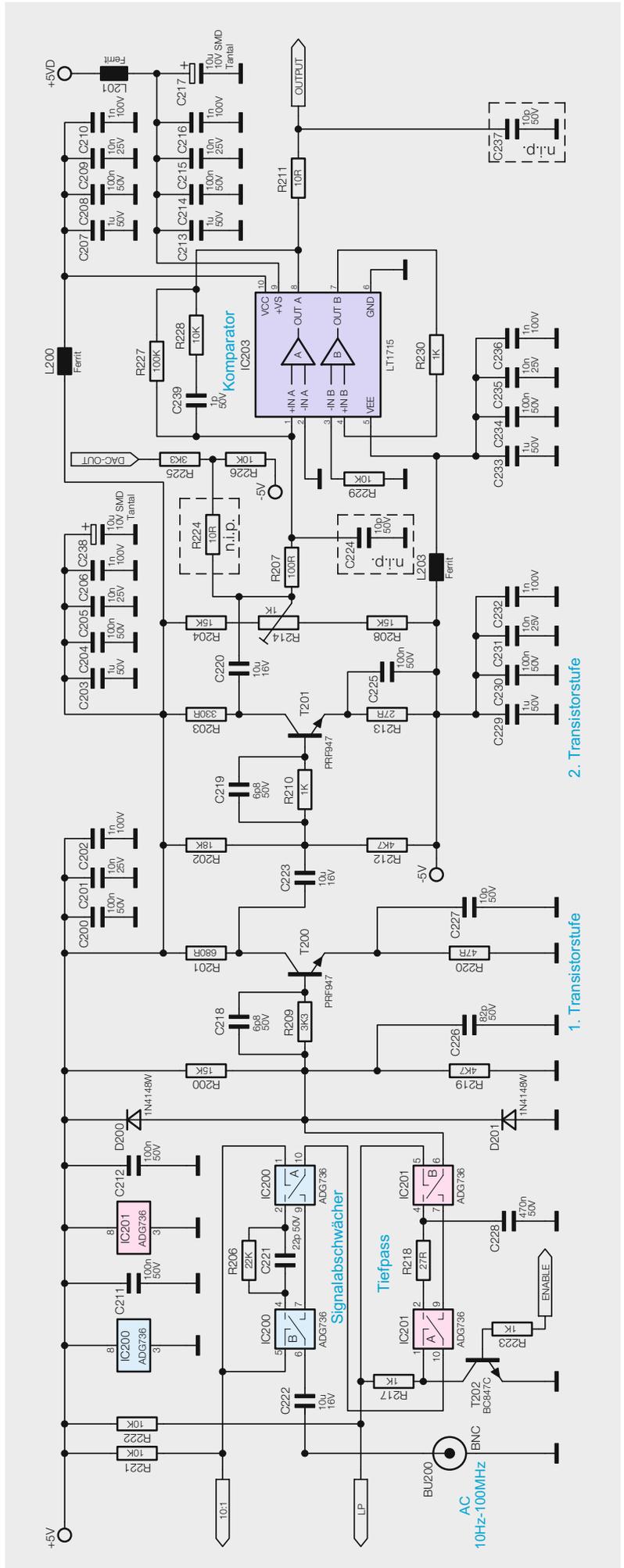


Bild 14: Das Schaltbild des Vorverstärkers für den Bereich 10 Hz bis 100 MHz

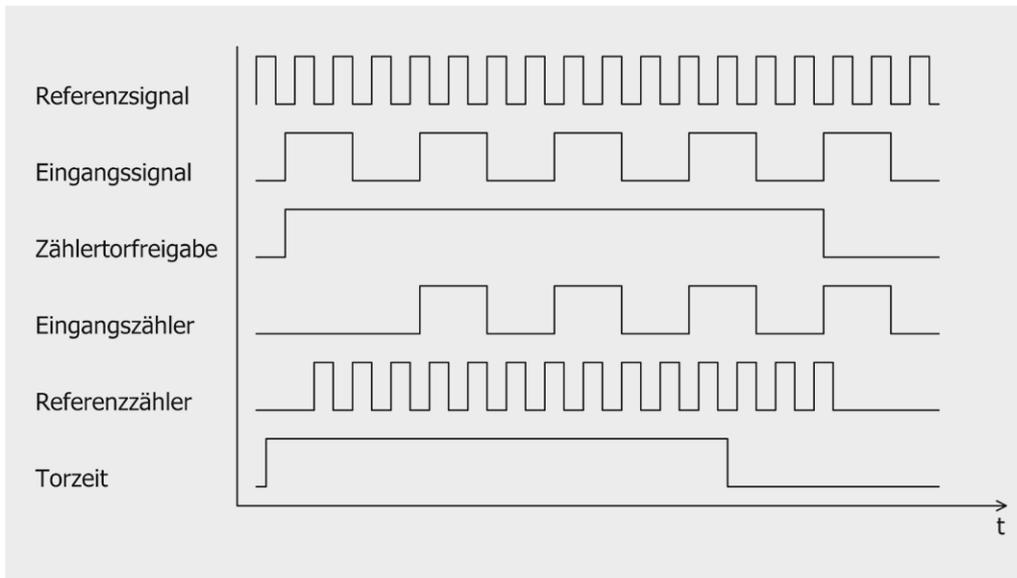


Bild 15: Der Prinzipablauf der Zählerlogik

Über den Pin 6 des Umschalters IC201 wird das eventuell vorkonditionierte Mess-Signal nun auf die erste Transistorstufe geführt, die eingangs vorhandene Diodenkombination D200/D201 dient dem Schutz des Vorverstärkers vor Spannungsspitzen. Die beiden Widerstände R200, R219 und der Kondensator C226 ziehen das Signal dabei an den optimalen Arbeitspunkt. Das dann am Kollektor vom Transistor T200 anliegende verstärkte Signal wird abermals durch den Kondensator C223 gleichspannungsentkoppelt, auf den Arbeitspunkt eingestellt und zur weiteren Verstärkung auf die zweite Transistorstufe geführt.

Nach dieser letzten Signalverstärkung gelangt das Mess-Signal nun schlussendlich auf den nicht invertierenden Eingang A des Komparators IC203. Dieser Komparator vom Typ LT1715 vergleicht das Mess-Signal mit dem vorhandenen Massepotential. Ist das Mess-Signal gegenüber der Masse positiv, wird am Ausgang (Pin 8) eine Spannung von +5 V ausgegeben. Ist das Mess-Signal gegenüber der Masse negativ, liegt am Ausgang ebenfalls das Massepotential an.

Das nun sozusagen digitalisierte Mess-Signal wird dann über die Leitung OUTPUT dem CMOS-Umschalter IC309 (Bild 11) und von dort aus wiederum der Selektionsschaltung aus den LV-Gattern IC301A/B und IC302A/B zugeführt. Wird nun noch ein Low-Pegel auf die CH-SELECT-1-Leitung gelegt, ist das ADG736-SIGNAL aktiv ausgewählt.

Zum Abschluss dieses Kapitels noch zwei Hinweise zum LT1715 (IC203):

Ein oft großes Problem beim Einsatz von Komparatoren ist das unkontrollierte Umschalten des Ausgangs, bedingt durch ein vorhandenes Rauschen auf dem Mess-Signal. Um diese Thematik in den Griff zu bekommen, besitzt der LT1715 eine eingebaute Hysteresis, die durch die Rückführung des Ausgangssignals über die Bauteile R227, R228 und C239 noch etwas vergrößert wird.

Damit sich die Signalumschaltungen am Ausgang des Komparators nicht zu stark auf die restliche Schaltung auswirken, wird die Spannungsversorgung des Ausgangsschaltkreises gegenüber dem Rest der

Schaltung über den Ferrit L201 und die Kondensatoren C213 bis C217 separat abgeblockt und gefiltert.

Mess-Schaltung

Beschäftigen wir uns nun mit der eigentlichen Mess-Schaltung des FC 8000 (Bild 11). Über die Gatter IC301A/B und IC302A/B sowie den CMOS-Umschalter IC309 kann der Mikrocontroller, abhängig von der ausgewählten Eingangsquelle, mittels der beiden Steuerleitungen CH-SELECT-1 und CH-SELECT-2 das entsprechende Eingangssignal selektieren. Es gelangt dann über den schaltbaren Inverter, der aus den Bauteilen IC303A/B und IC304B besteht, zu der mikrocontrollergesteuerten Zählerlogik, bestehend aus den Gattern IC304A, IC305A/B, IC306A/B sowie den beiden D-Flip-Flops IC307 und IC308. Mit den NAND-Gattern IC305A/B kann über die Steuerleitung PULSE-MEASURE entschieden werden, ob das Referenzsignal über die volle Periode des Eingangssignals an den Vorzählern anliegt oder nur zu den Puls- bzw. Pausenzeiten.

Die Zähllogik ermöglicht die eingangssynchrone Frequenzmessung und schaltet die beiden Zählertore IC306A und IC306B nur jeweils bei entweder einer positiven oder negativen Flanke des Eingangssignals frei. Während dieser Freischaltung gelangen das Eingangs- und das Referenzsignal über diese Tore an die binären Vorzähler IC312A/B, welche für das Referenzsignal zuständig sind, und an IC313A/B sowie IC314A/B für das Eingangssignal. Durch die eingangssynchrone Messung wird gewährleistet, dass immer volle Perioden des Eingangssignals erfasst werden und somit auch der Referenztakt für die volle Periode gezählt wird. Für die angegebene Torzeit zuzüglich der Zeit für die Vollendung der Eingangssignalperiode werden die anliegenden Perioden der jeweiligen Signale in den Vorzählern gezählt. In Bild 15 ist der prinzipielle Ablauf der Zählerlogik dargestellt.

Die binären Vorzähler IC312 bis IC314 sind notwendig, weil der Mikrocontroller die maximale Eingangsfrequenz von bis zu 100 MHz nicht verarbeiten kann. Durch den Einsatz der Vorzähler reduziert sich die maximal zu verarbeitende Signalfrequenz beim Referenzsignal um den Faktor 2^8 , also 256, auf ca. 40 kHz. Beim Eingangssignal liegt der Faktor sogar bei 2^{16} , also 65536, wodurch eine Frequenz von ca. 1526 Hz als Maximum erreicht wird. Diese maximalen Signalfrequenzen treten dann an den beiden Signalleitungen ÜBERTRAG-1 und ÜBERTRAG-2 auf. Bei einem Überlauf eines Vorzählers werden die fallenden Flanken an diesen Signalleitungen direkt vom Controller erfasst und dieser zählt dann die intern vorhandenen Zählervariablen für die jeweiligen Überträge hoch.

Um nach jedem Messzyklus an die Zählerwerte der Vorzähler zu gelangen, werden die einzelnen Bustreiber IC315 bis IC317 nacheinander



Technische Daten	Geräte-Kurzbezeichnung:	FC 8000
	Versorgungsspannung:	230 V/50 Hz
	Stromaufnahme:	50 mA max.
	Anzeige:	monochromes Grafikdisplay mit 192 x 64 Bildpunkten
	Bedienelemente:	8 Taster, 1 Inkrementalgeber mit zusätzlicher Tastfunktion
	Referenzfrequenz:	10-MHz-Quarzoszillator (temperaturkompensiert)
	Frequenzstabilität:	±0,9 ppm
	Alterung:	±1,0 ppm
	Schutzart:	IP20
	Umgebungstemperatur:	5 bis 35 °C
	Abmessungen Bausatz (B x H x T):	315 x 204 x 109 mm
	Gewicht:	1750 g
	Anzahl Mess-Eingänge:	3
	Eingang TTL	
	Frequenzbereich:	0 Hz bis 100 MHz
	Empfindlichkeit:	TTL-Pegel
	Koppelung:	DC
	Max. Eingangsspannung:	5,5 V
	Eingang AC1	
	Frequenzbereich:	100 MHz bis 2,4 GHz
	Empfindlichkeit:	-10 dBm
	Eingangsimpedanz:	50 Ω
	Koppelung:	AC
	Max. Eingangsspannung:	0 dBm ± 10 V _{oc}
	Eingang AC2	
	Frequenzbereich:	10 Hz bis 100 MHz
	Empfindlichkeit:	20–360 mV _{pp}
Eingangsimpedanz:	> 1 kΩ	
Koppelung:	AC	
Filter:	12 kHz, schaltbar	
Abschwächer:	20 dB, schaltbar	
Max. Eingangsspannung:	5 V _{pp} ± 5 V _{oc}	
Torzeit		
Einstellbereich:	10 ms bis 30 s	
Torzeitauflösung:	10 ms bis 100 ms: 10 ms 100 ms bis 1000 ms: 100 ms 1000 ms bis 30 s: 1000 ms	
Messauflösung:	8 Stellen	
Messmöglichkeiten:	Frequenz, Periodendauer, pos. Pulsbreite, neg. Pulsbreite, Ereigniszählung	
Sonstiges:	eingangssynchrone Frequenzmessung (d. h. volle Auflösung auch bei niedrigen Frequenzen), Haltefunktion	

vom Controller aktiv geschaltet, indem die Steuerleitungen ZAHL-1 bis ZAHL-3 auf Massepotential gelegt werden. Anschließend können die jeweils 8 Bit der Bustreiber auf dem Datenbus ausgelesen werden. Zusammen mit den internen Übertragszählern im Mikrocontroller ergeben sich so nach jeder Messung zwei Zählerstände. Das sind jeweils die Anzahl der Referenzperioden und die Anzahl der Eingangssignal-

perioden, woraus der Controller durch Division und Multiplikation den Messwert errechnet und auf dem Display anzeigt.

Damit ist die Schaltungsbeschreibung abgeschlossen. Im vierten und abschließenden Teil der Beschreibung des FC 8000 kommen wir zum Aufbau und zu der Inbetriebnahme des Geräts. 