

# 500 MHz-Universalzähler

## FZ 500

Der hier beschriebene Universalzähler FZ 500 kann sich in der Tat universell nennen, er verfügt über fünf Meßarten mit vier wählbaren Torzeiten:

Frequenzmessung ..... 15 Hz–500 MHz

Periodendauermessung ..... 1  $\mu$ s— $10^5$  s

Vielfachperioden gemittelt ..... 1, 10, 100 und 1000

Frequenzverhältnismessung ..... max. 500 : 10 MHz

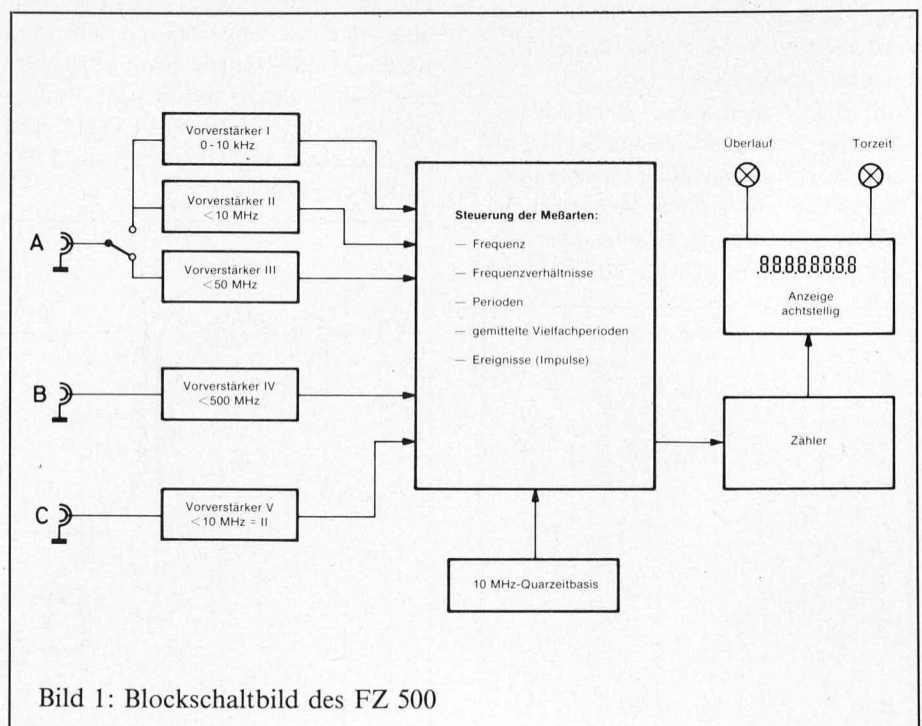
Ereignismessung (Impulszählung) ..... DC – 500 MHz

Neben dem übersichtlichen Aufbau der Elektronik wurde auch dem mechanischen Aufbau besondere Aufmerksamkeit gewidmet. So ist für den Einbau der Schaltung ein industriell gefertigtes Gehäuse vorgesehen, das sich nicht nur durch ein ganz hervorragendes Design auszeichnet, sondern auch mechanische Bearbeitungen durch den Anwender überflüssig macht.

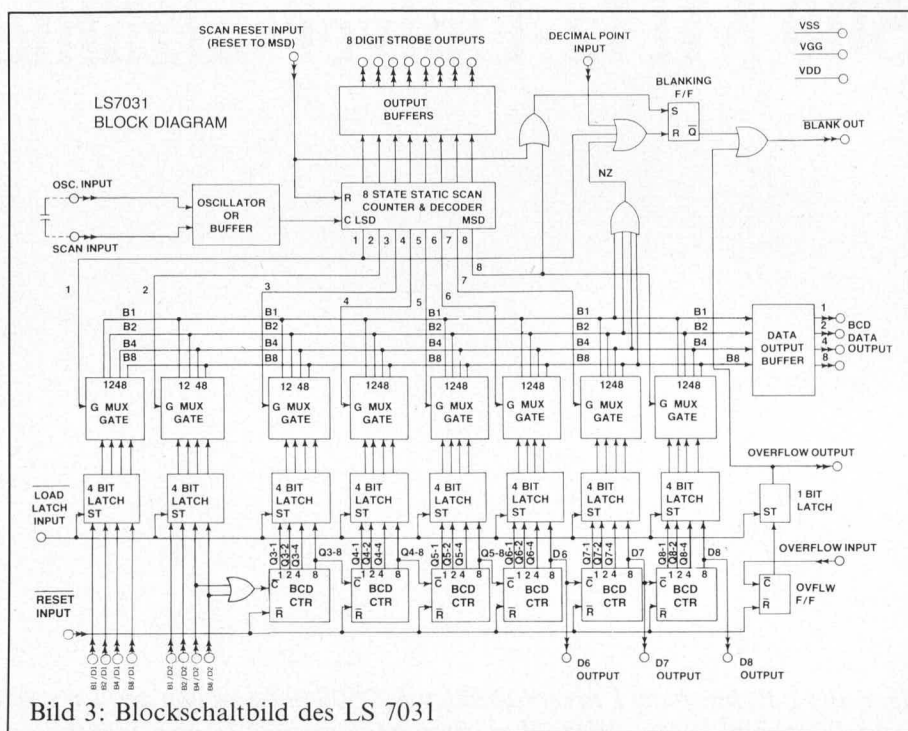
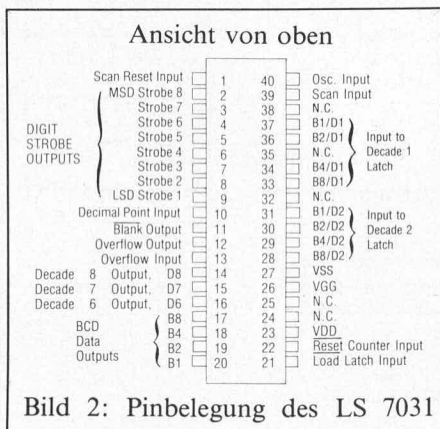
In diesem Heft wird die Schaltung des Zählers beschrieben, in der nächsten Ausgabe folgt dann das Layout der Leiterplatten und die Beschreibung des Aufbaus.

In Bild 1 ist das Prinzipschaltbild des FZ 500 wiedergegeben. Wie man sieht, ist nicht etwa der Zähler, sondern die Ablaufsteuerung beherrschender Mittelpunkt der Schaltung. Dies verwundert auch nicht weiter, wenn man bedenkt, daß für die eigentliche Zähl-schaltung ein hochintegrierter Schaltkreis eingesetzt wird, während die Steuerung der Meßprozesse einigen Schaltungsaufwand erfordert.

Der FZ 500 verfügt über drei Meßeingänge (BNC). Eingang A verarbeitet Frequenzen bis 50 MHz, Eingang B ist für Frequenzen bis 500 MHz ausgelegt. Eingang C ist für die zweite Frequenz bei Frequenzverhältnismessungen vorgesehen. Auf Eingang A folgen drei umschaltbare Vorverstärker. Vorverstärker I ist für sehr niedrige Frequenzen bestimmt, wie sie bei Periodendauermessungen und Ereigniszählungen auftreten können. Der Verstärker



wird auch nur bei diesen beiden Meßarten automatisch in Betrieb gesetzt. Über die Bedienungsschalter werden je nach Höhe der zu messenden Frequenz Vorverstärker II oder III eingeschaltet. Es wäre auch möglich gewesen, diese beiden Vorverstärker zusammenzufassen. Es ist jedoch recht problematisch, einen breitbandigen Verstärker von etwa 15 Hz bis 50 MHz bei gleichzeitig hoher Empfindlichkeit aufzubauen. Die vorliegende Lösung mit zwei getrennten Vorverstärkern erleichtert den Nachbau ganz erheblich, und es ist auch kein Abgleich im eigentlichen Sinn erforderlich. Nach dem Aufbau kann mit einem Trimmer lediglich die Empfindlichkeit beeinflusst werden. Vorverstärker IV — für Frequenzen bis 500 MHz — hat eine separate Eingangsbuchse (B). Man hätte diesen Verstärker auch umschaltbar an Eingangsbuchse A anschließen können. Ein getrennter Eingang ist jedoch günstiger, damit das hochfrequente Signal möglichst ohne Umwege direkt zum Verstärker geführt werden kann. Ein weiterer fünfter Vorverstärker ist erforderlich, um die Vergleichsfrequenz bei Frequenzverhältnismessungen zu verstärken. Vorverstärker V entspricht Vorverstärker II, die Eingangsbuchse C wird später in die Rückwand des Gehäuses eingebaut. Für die Funktion des FZ 500 in allen Meßarten sind zunächst nur Vorverstärker II (= V) und III erforderlich, die nachfolgend beschrieben werden. Mit den Vorverstärkern I und IV, die in der nächsten Ausgabe erscheinen, kann dann der Zähler für die Messung sehr niedriger sowie sehr hoher Frequenzen erweitert werden. Auf die Arbeitsweise der Ablaufsteuerung wird im Verlauf der Schaltungsbeschreibung näher eingegangen. Bereits hier soll jedoch die eigentliche Zählstufe näher besprochen werden. Das verwendete IC LS 7031 Bild 2



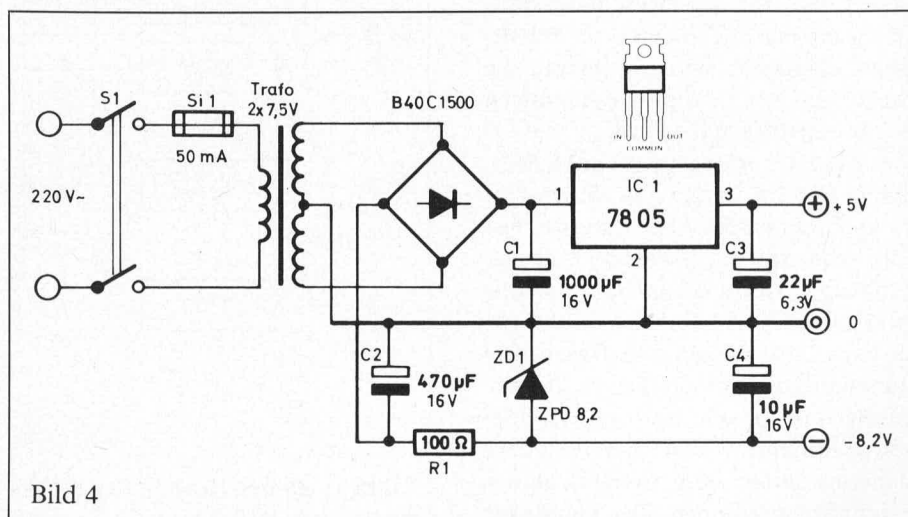
und 3) enthält sechs BCD-Zähler, aber Speicher- und Multiplexeinrichtungen für acht Stellen. Das hat den Vorteil, daß für die beiden ersten Dekaden externe Zähler-ICs eingesetzt werden können, die hohe Frequenzen verarbeiten können (74 S 196).

Es befinden sich bereits ICs auf dem Markt, bei denen fast die gesamte Ablaufsteuerung mitintegriert ist. Sie weisen jedoch alle den Nachteil auf, daß sie nur Frequenzen bis 5 MHz oder 10 MHz verarbeiten können. Bei höheren Frequenzen müssen Vorverstärker vorgeschaltet werden, wodurch natürlich die Auflösung der Anzeige herabgesetzt oder die Meßzeit sehr lang wird. Deshalb wurde beim vorliegenden Zähler dem LS 7031 der Vorzug gegeben, der bis über 50 MHz echt achtstellig anzeigt, das heißt mit einer Auflösung von 1 Hz.

Auf den Zähler folgt im Prinzipschaltbild die achtstellige Anzeige, die mit 13 mm hohen Siebensegment-Anzeigen aufgebaut ist. Die Torzeit und evtl. Überlauf werden mit Leuchtdioden angezeigt.

### Netzteil

Bild 4 zeigt die Stromversorgung des Zählers. Die positive Versorgungsspannung beträgt 5 Volt und wird mit IC 1 (7805) stabilisiert. Das Netzteil stellt noch eine negative Hilfsspannung von ca. 9 Volt zur Verfügung, die ausschließlich an IC 7 (LS 7031) angeschlossen wird. Durch diesen „Schaltungstrick“ wird IC 7031 voll CMOS- und TTL-kompatibel, d.h. es werden keinerlei Pegelumsetzer bzw. Impedanzwandler benötigt. Um das Netzteil nicht unnötig zu belasten, sollten für die TTL-Bausteine vorzugsweise LS-Typen verwendet werden.



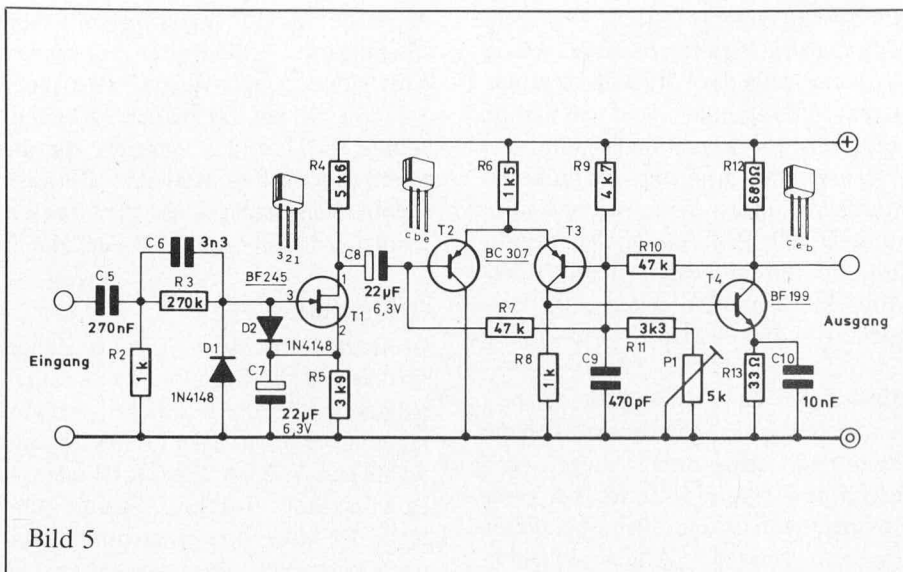


Bild 5

### Vorverstärker

Vorverstärker II und V sind identisch aufgebaut (Bild 5). Der Verstärker umfaßt einen Frequenzbereich von ca. 15 Hz bis über 10 MHz bei einer typischen Empfindlichkeit von 20 mV. Die Eingangsstufe (BF 245) besteht aus einem hochohmigen Impedanzwandler — Eingangsimpedanz 1 MΩ —, der auch bei Eingangsspannungen von gut 100 Volt noch keinen Schaden nimmt. Zwei Transistoren (BC 307) bilden den nachfolgenden Differenzverstärker, dessen Empfindlichkeit mit dem 5 k-Trimмер einjustiert werden kann. Der Ausgang des Verstärkers wird mit einem weiteren Impedanzwandler (BF 199) niederohmig, d. h. störicher, abgeschlossen. Bei offenem Meßeingang ist der Ausgangspegel des

Verstärkers undefiniert und wechselt aufgrund von Rauschspannungen gelegentlich sein Potential, was vom Zähler als ein Zählimpuls interpretiert wird. Diese Erscheinung hat jedoch keinen Einfluß auf die Meßgenauigkeit.

Für höhere Frequenzen bis 50 MHz ist Vorverstärker III vorgesehen (Bild 6). Der Eingang ist ebenfalls hochohmig und durch antiparallel geschaltete Dioden gegen Überspannungen geschützt. Die Empfindlichkeit von ca. 20 mV wird mit Trimmer P2 eingestellt.

### Frequenzmessung

Für Frequenzmessungen stehen vier Torzeiten zur Verfügung, die aus der Quarzeitbasis abgeleitet werden. Die 10 MHz-Frequenz des Quarzes wird

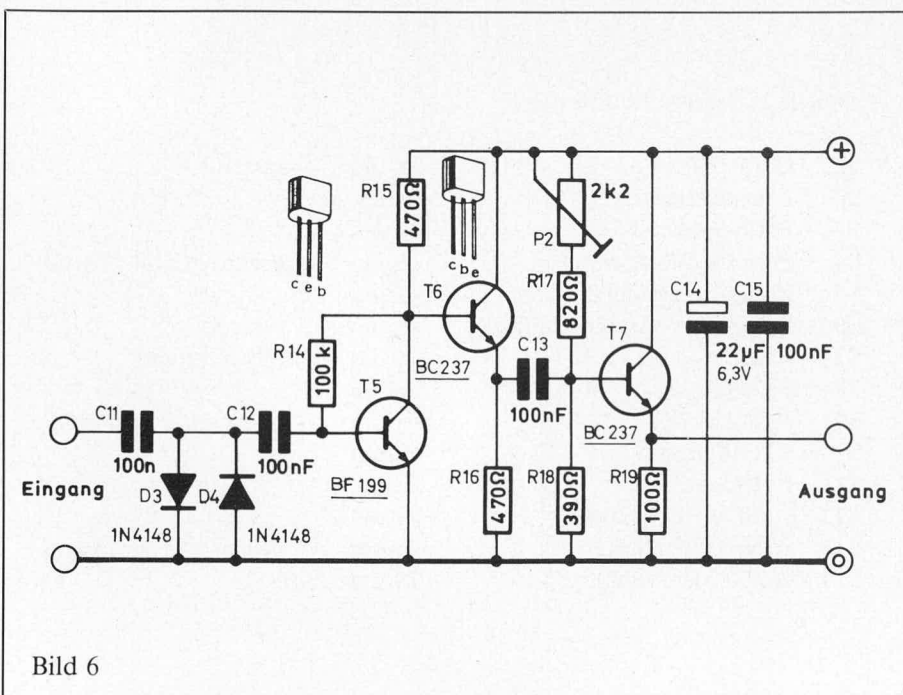


Bild 6

von den ICs 8—12 (Bild 7) dekadisch bis auf 0,1 Hz herabgeteilt. An den Ausgängen von IC 11 und 12 können die vier Torzeiten 0,1 Hz bis 100 Hz (E, F, G, H) abgegriffen werden. Soll die Torzeit z. B. 1 Hz betragen (Punkt G), wird Schalter S9 betätigt, und das 1 Hz-Signal gelangt über S9 und den gedrückten Schalter S2 (Frequenzmessung) auf den Eingang des Flip-Flops von IC 2 (Pin 3). Im Rhythmus der Torzeit öffnet und schließt dieses Flip-Flop das Zählertor, das von IC 4 gebildet wird. IC 4 ist ein Analogschalter für hohe Frequenzen, übliche Gatter würden hier ihren Zweck nicht erfüllen. Bei geöffnetem Zählertor wird gleichzeitig Transistor T8 angesteuert, so daß die LED-Anzeige „Torzeit“ aufleuchtet.

Das zu messende Signal gelangt von einem der Vorverstärker über die Schalterkette S4, S3 und S5 und über das geöffnete Zählertor zu IC 5. IC 5 und IC 6 stellen die beiden Dekadenzähler dar, die den sechsstufigen Zähler des IC 7031 zu einem achtstelligen Zähler vervollständigen. Nach Ablauf der Meßzeit sperrt IC 2 das Zählertor. Gleichzeitig werden aus diesem Signal mit Hilfe von IC 3 der Latch-Impuls (Speicherübernahme) und der Rücksetz-Impuls für die Zähler gewonnen. Ein eventueller Überlauf wird von Leuchtdiode D6 angezeigt.

Schalter S8 bis S11, mit denen die Torzeit gewählt wird, sorgen mit weiteren Kontakten für die Unterdrückung führender Nullen (Pin 5, 6, 7, 8 und 10 von IC 7) und für die stellenrichtige Anzeige des Dezimalpunktes.

### Frequenzverhältnismessung

Als Ergebnis dieser Meßart erscheint auf der Anzeige eine Zahl, die das Verhältnis der Frequenz, die an Buchse A oder B anliegt, zu der (kleineren) Frequenz, die an der rückwärtigen Buchse C anliegt, angibt. Beispiel: Eingangsfrequenz = 100 kHz, Vergleichsfrequenz = 8 kHz:

$$\text{Anzeige} = \frac{100}{8} = 12,5$$

Die Auflösung richtet sich danach, welcher Torzeitschalter (S8—S11) betätigt wurde.

Die Frequenzverhältnismessung entspricht grundsätzlich der Frequenzmessung, die Länge der Torzeit wird jedoch nicht von der Quarzeitbasis, sondern über Schalter S15 und S2 von der Vergleichsfrequenz bestimmt.

## Periodendauermessung

In dieser Meßart wird das Meßsignal unmittelbar mit Schalter S3 auf den Eingang von IC 2 (Pin 3) gelegt, so daß die Torzeit der Periodendauer entspricht. Der andere Eingang des Zähltores (Pin 1 von IC 4) wird über Schalter S3 und je nach Meßbereich einem der Schalter S8—S11 mit der Quarzeitbasis verbunden (Punkt A, B, C oder D). In Schalterstellung S8 wird die Periode mit 1 MHz-Impulsen ausgezählt und damit das Ergebnis mit einer Auflösung von 1  $\mu$ s angezeigt. In Schalterstellung 11 liegt nur noch eine Frequenz von 1 kHz am Zähler an, d. h. man kann die Periode sehr niederfrequenter Signale ausmessen, da der Zähler erst nach 100 000 Sekunden überläuft (das sind fast 28 Stunden). Solche Signale kommen in der Praxis wohl kaum vor, die Sache hat aber einen anderen Vorteil: Man kann den Zähler in dieser Stellung als Stoppuhr einsetzen. Mit dem ersten (möglichst prellfreien) Impuls an Eingangsbuchse A startet der Zähler und zählt so lange, bis er — nach Ablauf der zu messenden Zeit — von einem weiteren Impuls gestoppt wird. Die gemessene Zeit wird in Sekunden angezeigt, mit einer Auflösung von einer tausendstel Sekunde. Wer es noch genauer haben möchte, kann Taste 10 drücken, die Auflösung beträgt dann eine zehntausendstel Sekunde.

Jetzt wird auch ersichtlich, welchen Zweck Vorverstärker I erfüllt, nämlich sehr niederfrequente Signale zu verstärken, die Vorverstärker II mit seiner unteren Grenzfrequenz von ca. 15 Hz nicht mehr verarbeiten kann. Vorverstärker I ist immer dann in Betrieb, wenn Schalter S3 oder S5 betätigt wurde, d. h. bei den Meßarten Periodendauermessung und Ereigniszählung. Soll die Periodendauer höherfrequenter Signale (über 10 kHz) gemessen werden, kann Vorverstärker III (Schalter S13) benutzt werden. Schalter S12 rastet dann aus und schaltet Vorverstärker I ab.

Meßtechnisch ist es allerdings wenig sinnvoll, die Periodendauer hoher Frequenzen (maximal bis 1 MHz beim FZ 500) zu bestimmen, wie folgende Überlegung zeigt. Bei jeder digitalen Anzeige ist die letzte Stelle um eins unsicher. Wenn der Zähler zum Beispiel eine Frequenz von 100 Hz anzeigt, weiß man nicht, ob es nicht vielleicht tatsächlich 100,99 Hz sind, d. h. der mögliche Fehler kann (bei 100

Hz) bis zu einem Prozent betragen. Mißt man die Periodendauer derselben Frequenz, zeigt der Zähler als Ergebnis 10,000 Millisekunden an. Auch hier ist natürlich die letzte Stelle um eins unsicher, aber aufgrund der höheren Auflösung beträgt der mögliche Fehler nur noch 0,01 Prozent. Das ist um zwei Zehnerpotenzen besser, denn 10,000 Millisekunden entsprechen einer Frequenz von 100,00 Hz.

Hinsichtlich der Genauigkeit der beiden Meßarten Frequenzmessung bzw. Periodendauermessung liegt der Schnittpunkt beim FZ 500 bei einer Frequenz von 1 kHz. Denn bei dieser Frequenz zeigt der Zähler in beiden Fällen 1000 an (1000 kHz bzw. 1000 ms). Oberhalb von 1 kHz führt damit die Frequenzmessung, unterhalb von 1 kHz die Periodendauermessung zu genaueren Ergebnissen. Hierbei wurde außer acht gelassen, daß der FZ 500 noch über einen Meßbereich von 0,1 Hz verfügt. Dieser Bereich wird jedoch wegen der Länge des Meßzyklus von 20 Sekunden seltener gewählt. Ebenso wurde der Fehler der Quarzeitbasis nicht berücksichtigt, der jedoch mit  $20 \times 10^{-6}$  vernachlässigbar klein ist.

## Periodenmittelwertmessung

Um die Periodendauer einer Frequenz noch genauer zu messen, empfiehlt es sich, mehrere Perioden auszuzählen und dann den Mittelwert zu bilden. Referenzfrequenz ist in diesem Fall immer 1 MHz, Punkt A der Quarzeit-

basis, der über Schalter S4 mit dem Eingang des Zähltores verbunden wird. Die Meßfrequenz wird über Schalter S4 auf die beiden Dekadenzähler IC 11 und 12 geleitet, die die Meßfrequenz herunterteilen. Je nach Meßbereich entspricht die Torzeit dann 1, 10, 100 oder 1000 Perioden.

## Ereignismessung

In dieser Betriebsart zählt der Zähler fortlaufend die Impulse, die an seinen Eingängen A oder B anliegen. Abhängig von der erwarteten Frequenz kann wahlweise Vorverstärker I, III oder IV eingeschaltet werden. Beginn und Ende der Messung werden durch Betätigen des Start/Stopp-Schalters S6 bestimmt, d. h. die Steuerung des Zähltores erfolgt manuell. Nach beendeter Messung bleibt das Ergebnis so lange auf der Anzeige sichtbar, bis mit der Reset-Taste S7 der Zählerstand wieder auf Null zurückgesetzt wird. Reset kann jederzeit — auch bei laufender Messung — erfolgen. Die Latcheinrichtung ist bei Ereigniszählungen abgeschaltet. Der Zähler zeigt fortlaufend das aktuelle Ergebnis an. Zum Abschluß dieses ersten Teils sei noch auf Tabelle I hingewiesen, in der zum leichteren Verständnis der Schaltung alle Schalter- und Tastenfunktionen aufgeführt sind.

Mit der Beschreibung des mechanischen Aufbaus, der Platinen und der noch nicht behandelten Vorverstärker wird die Bauanleitung im nächsten Heft abgeschlossen.

Tabelle I: Schalterfunktionen

S1	ON/OFF	2x um	rastend
S2	Frequenzmessung	4x um	
S3	Periodendauer	4x um	
S4	Periode (Mittelwert)	4x um	gegenseitig auslösend
S5	Ereignismessung	6x um	
S6	Stop/Start (Ereigniszählung)	2x um	rastend
S7	Reset	2x um	nicht rastend
S8	1000 (10 s)	6x um	
S9	100 (1 s)	6x um	gegenseitig auslösend
S10	10 (100 ms)	6x um	
S11	1 (10 ms)	6x um	
S12	< 10 MHz Vorver-	4x um	
S13	< 50 MHz stärker-	2x um	gegenseitig auslösend
S14	< 500 MHz wahl	2x um	

(Periodenanzahl  
bzw. Torzeit)

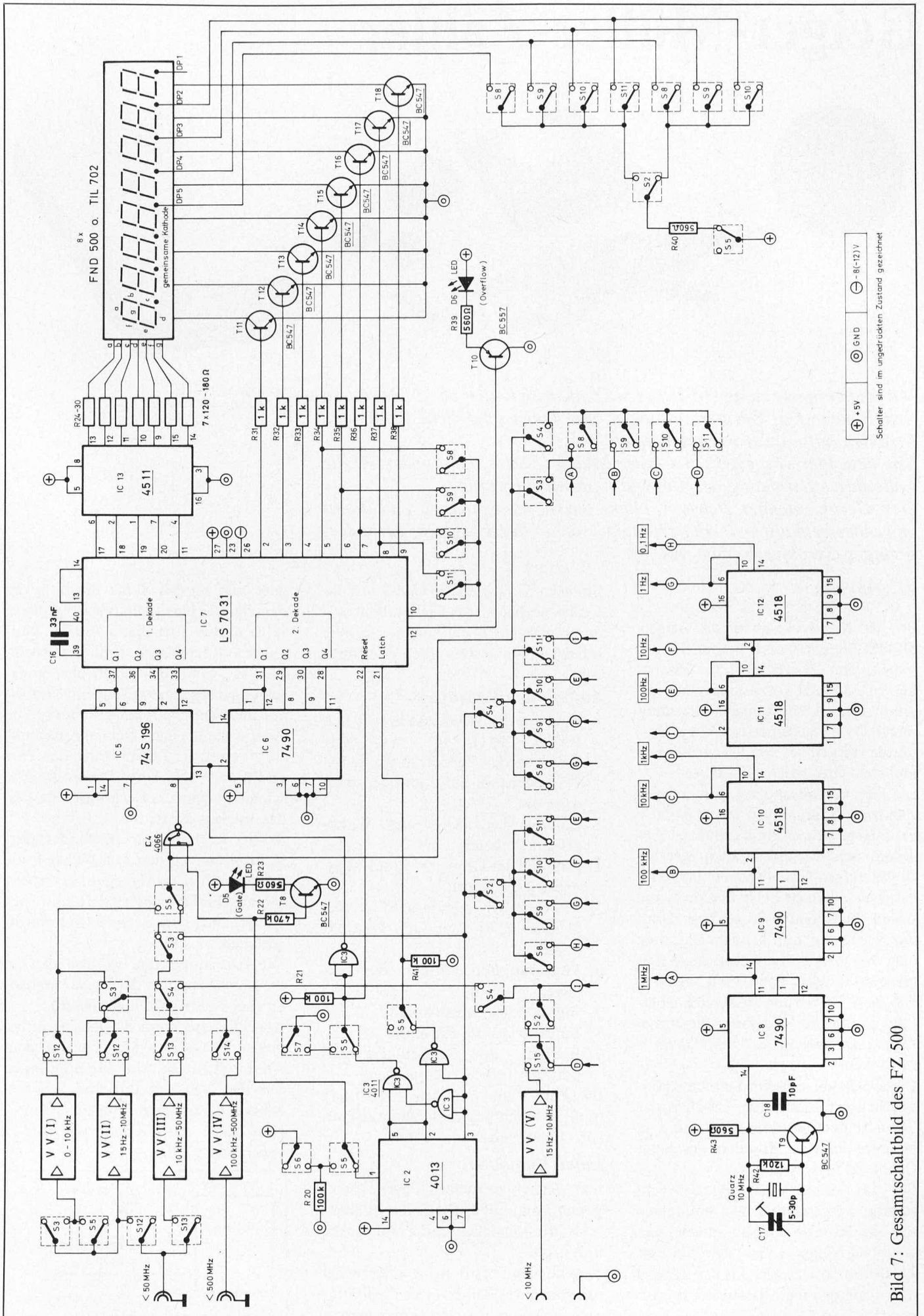


Bild 7: Gesamtschaltbild des FZ 500