



# Prozessor-Frequenzzähler FZ 7001

Teil 1

**Zur Erweiterung der Meßgerätepalette in der ELV-Serie 7000 haben wir einen mikroprozessorgesteuerten Frequenzzähler entwickelt, der sowohl hinsichtlich Bedienung als auch Meßbereichsumfang neue Maßstäbe setzt, so daß dieses anspruchsvolle Gerät auch über den privaten Nutzungsbereich hinaus im professionellen und industriellen Sektor vielfältigen Einsatz finden wird.**

## Allgemeines

Die hier vorgestellte Schaltung eines 1,3-GHz-Universalzählers reiht sich in die ELV-Serie 7000 ein, sowohl hinsichtlich des anspruchsvollen Designs als auch bezüglich des guten Preis-Leistungsverhältnisses. In der Tabelle 1 sind die herausragenden Merkmale zusammengefaßt, die auch verwöhntesten Ansprüchen gerecht werden. Besonders hervorzuheben sind die hohe Auflösung (so kann z. B. auch eine 50 Hz-Frequenz mit einer Auflösung von 9 Stellen gemessen werden), die Nutzungsmöglichkeit von 3 integrierten Vorverstärkern (2 x DC bis 100 MHz und 1 x 50 MHz bis 1,3 GHz) sowie die anwenderfreundliche, prozessorgesteuerte Bedienung. Darüber hinaus bietet der FZ 7001, ähnlich wie beim Digital-Multimeter DMM 7002, ebenfalls die Möglichkeit des Rechneranschlusses. Es können sowohl Daten vom FZ 7001 zum Rechner übermittelt als auch Steuerimpulse vom Rechner an den Frequenzzähler gegeben werden.

Durch ausgereifte Schaltungstechnik in Verbindung mit optimiertem Platinenlayout

wird eine hohe Nachbausicherheit erreicht.

Im vorliegenden ersten Teil dieses Artikels stellen wir Ihnen die Bedienung und grundsätzliche Funktion des FZ 7001 vor. Es folgen die Schaltungsbeschreibung und der Aufbau.

## Bedienung und Funktion

Die Versorgung des prozessorgesteuerten Universalzählers FZ 7001 erfolgt aus dem 230 V Wechselspannungsnetz. Unmittelbar nach Einstecken des Eurostekers in die Netzsteckdose wird das Gerät mit Strom versorgt, wobei zunächst der stromsparende Stand-by-Modus gewählt wird. Nach außen hin wirkt das Gerät deaktiviert und auch die Anzeigen sind erloschen.

Durch Betätigen der links unten auf der Frontseite angeordneten Taste „Ein“ wird der FZ 7001 aktiviert. Unmittelbar danach wird ein kompletter Selbsttest durchgeführt. Hierbei leuchten sämtliche Segmente der Digital-Anzeige sowie alle Leuchtdioden für ca. 1 s zu Kontrollzwecken auf. Anschließend nimmt das Gerät automatisch den zuletzt gewählten Meßmodus wieder

auf, da sämtliche Einstellwerte gespeichert bleiben.

Bei der ersten Inbetriebnahme bzw. nach unterbrochener Netzversorgung geht das Gerät in den Frequenzmeßbereich bei höchster Auflösung (auf dem Display erscheinen 9 Nullen). Als Eingang ist der Vorverstärker „A“ gewählt.

## Funktionswahl (Meßart)

Mit den beiden Tastern „Funktion“ (unterhalb der niederwertigsten Stelle des Displays angeordnet) können folgende Gerätefunktionen des FZ 7001 (Meßarten) gewählt werden:

1. Frequenzmessung
2. Periodendauermessung
3. Ereigniszählung
4. Positiv-Impulsmessung
5. Negativ-Impulsmessung
6. Frequenzverhältnismessung (A : B)
7. Frequenzaddition (A + B)
8. Frequenzdifferenz (A - B)

Die jeweils gewählte Funktion wird auf dem rechts neben dem 9stelligen Display angeordneten LED-Feld mittels 9 Leucht-

dioden angezeigt. Zur Frequenzmessung wird der FZ 7001 mit den Tasten „Funktion“ in diese Meßart gebracht, so daß die obere LED „Hz“ aufleuchtet. Durch Betätigen der unteren Taste „Funktion“ wird das Leuchtdiodenband nach unten weitergeschaltet, während bei jeder Betätigung der oberen Taste die jeweils darüber liegende LED aufleuchtet.

In diesem Zusammenhang ist noch anzumerken, daß die Umschaltung von „Hz“ und „kHz“ sowie zwischen „µS“ und „pS“ automatisch erfolgt, je nach Höhe der Eingangsfrequenz bzw. Länge der zu messenden Perioden. Bei der Anwahl der Funktionen leuchtet daher ohne Eingangssignal zunächst die LED „Hz“ bzw. „pS“ auf.

### Auflösung (Meßgenauigkeit)

Der Universalzähler FZ 7001 bietet mit seinem 9stelligen Display eine entsprechend hohe Auflösung, die in vielen Anwendungsfällen nicht genutzt wird und manchmal sogar stören könnte. Aus diesem Grunde besteht die Möglichkeit, die Auflösung, d. h. die Anzahl der angezeigten Digitalstellen den individuellen Erfordernissen anzupassen.

Bei jeder Betätigung der unteren Taste „Auflösung“ wird von links beginnend das im Grundzustand aus 9 Nullen bestehende Anzeigenfeld um eine Stelle reduziert. Durch Betätigen der darüber angeordneten Taste wird jeweils links ansetzend eine „0“ hinzugefügt. Auf diese Weise kann die Auflösung zwischen 1 und 9 Stellen frei definiert werden.

Wird z. B. eine Auflösung von 3 Stellen gewählt, erscheint bei einer Frequenz von 999 Hz auf der Anzeige „999“ und die LED „Hz“ leuchtet auf. Nimmt die Frequenz um 1 Hz, d. h. auf 1 kHz zu, wechselt das Display zur Anzeige „1.00“ bei gleichzeitigem Aufleuchten der LED „kHz“. Diese 3stellige Anzeige bleibt erhalten bishin zu „999 kHz“. Ab 1 MHz muß zwangsläufig eine Stelle hinzugenommen werden, um diese hohe Frequenz darzustellen, entsprechend „1000 kHz“. Da jedoch nur 3 Stellen gewünscht werden, ist die nun 4stellige Anzeige so aufgebaut, daß nur die 3 höherwertigsten Stellen aussagefähig sind und die 4. Stelle permanent als „0“ ausgegeben wird. Bei einer gewählten 3stelligen Auflösung und einer Eingangsfrequenz von 11,11111 MHz würde auf der Anzeige der Wert „11100 kHz“ erscheinen (11,1 MHz entsprechen „11100 kHz“). Wird hingegen die Auflösung höher gewählt, werden die entsprechenden Nullen durch die aktuellen Ziffernwerte ersetzt. Unterschreitet die Anzeige 1 Hz, wird eine führende 0 eingeblendet, d. h. bei 0,999 Hz zeigt das Display „0,999 Hz“ bezogen auf eine gewählte 3stellige Auflösung. Wird die Auflösung auf 6 Stellen erhöht, zeigt das Dis-

### Tabelle 1

- 9stellige Digital-Anzeige mit helleuchtender 13 mm 7-Segment-Anzeige
- Volle Anzeige-Auflösung auch bei niedrigen Frequenzen
- Umfangreiche Meßmöglichkeiten
  - Frequenzen
  - Periodendauer
  - Ereigniszählung
  - Positiv-Impuls
  - Negativ-Impuls
  - Frequenzverhältnis (A : B)
  - Frequenzaddition (A + B)
  - Frequenzdifferenz (A - B)
  - Addition zu einem voreingestellten Wert
  - Differenzbildung zu einem voreingestellten Wert
- 3 hochwertige Vorverstärker
  - a) 2 x DC (0 Hz) bis 100 MHz (!)
  - b) 1 x 50 MHz bis 1,3 GHz
- Hohe Eingangsempfindlichkeit der Vorverstärker von typ. 20 mV<sub>eff</sub>
- Schnelle, vorwählbare Meßfolgefrequenz bis zu 100 Messungen pro Sekunde
- Schaltausgang (potentialfrei über Relais) mit zwei programmierbaren Schaltschwellen (getrennt für Ein- und Ausschaltwert)
- Rechneranschlußmöglichkeit über V 24 (B)-Schnittstelle
- Anwenderfreundliche, einfache und übersichtliche prozessorgesteuerte Bedienung

play bei gleicher Eingangsfrequenz jetzt „0,999000 Hz“.

Ohne anliegendes Eingangssignal zeigt das Display sofort wieder rechtsbündig die Anzahl der Nullen entsprechend der gewählten Auflösung.

### Meßfolgefrequenz

Einhergehend mit der Auflösung ändert sich die Meßfolgefrequenz.

Eine entsprechend hohe Eingangsfrequenz vorausgesetzt, werden bei Auflösungen von 1 bis 5 Stellen 100 Messungen pro Sekunde durchgeführt. Damit das Ergebnis auf dem Display gut ablesbar bleibt, ändert sich dieses allerdings nur 3 mal pro Sekunde. Die sichtbare Meßfolgefrequenz beträgt somit 3 Hz.

Über die Rechnerschnittstelle hingegen können bei einer eingestellten Baudrate von 9.600 bis zu 100 Meßwerte pro Sekunde an den angeschlossenen externen Rechner übertragen werden zur dortigen weiteren Auswertung.

Bei einer gewählten Auflösung von 6 Stellen sinkt die Meßfolgefrequenz auf 10 Hz ebenfalls bei einer Displayausgabe von 3 Hz.

Ab einer gewählten Auflösung von 7 Stellen werden vom FZ 7001 real 3 Messungen pro Sekunde vorgenommen bei gleichzeitiger Anzeige. Eine noch höhere Auflösung von 8 Stellen läßt nun die Meßzeit auf ca. 3 Sekunden ansteigen, während bei maximaler Auflösung von 9 Stellen ca. 30 Sekunden bis zur Ausgabe des Meßergeb-

nisses abzuwarten sind. Hierbei müssen allerdings auch vom FZ 7001 eine Milliarde Impulse in dieser Zeitspanne verarbeitet werden (10<sup>9</sup>!).

### Vorverstärker-Anwahl

Insgesamt stehen für die verschiedenen Messungen 3 hochwertige Eingangsverstärker zur Verfügung. Diese befinden sich im rechten Drittel der Frontplatte des FZ 7001. 2 davon überstreichen den Frequenzbereich von DC bis 100 MHz. Bemerkenswert ist, daß die Verstärker tatsächlich eine Gleichspannungskopplung besitzen, die es ermöglicht, im Extremfall auch nur einen einzigen Impuls auszuwerten. Der dritte Vorverstärker überstreicht den Frequenzbereich von 50 MHz bis 1,3 GHz.

Links neben den 3 Verstärkereingängen, die über BNC-Buchsen ihre Eingangssignale zugeführt bekommen, ist ein Bedienfeld angeordnet. Der obere Bereich ist für den Vorverstärker „A“, der mittlere für „B“ und der untere für „C“ zuständig.

Durch Betätigung einer der 3 Tasten leuchtet die daneben angeordnete LED auf zur Signalisierung, daß der betreffende Vorverstärker aktiviert ist. Soll auf einen anderen Vorverstärker gewechselt werden, so wird die zugehörige Taste des betreffenden Vorverstärkers betätigt, und die zugehörige LED leuchtet auf bei gleichzeitigem Erlöschen der zuvor leuchtenden LED. Auf diese Weise kann jeweils einer der 3 vorhandenen Vorverstärker durch Tastendruck aktiviert werden.

Im Unterschied dazu sind für die Messung von Frequenzverhältnissen und Additionen/Differenzen 2 Vorverstärker einzuschalten. Dies geschieht wie folgt:

Mit den Tasten „Funktion“ wird die Meßart „Verh.“ (Verhältnis) oder „Addi“ (Addition und Subtraktion) angewählt (eine der beiden unteren Funktionen-LEDs leuchtet auf). Jetzt erwartet der FZ 7001 die Anwahl von 2 Vorverstärkern. Zunächst wird die Taste desjenigen Vorverstärkers betätigt, dessen Eingang mit der ersten Frequenz beaufschlagt wird, welche durch die zweite Frequenz zu teilen ist bzw. zu der die zweite Frequenz hinzuzuzählen oder von der die zweite Frequenz abzuziehen ist. Anschließend wird die Taste des anderen Vorverstärkers betätigt, dessen Eingang die zweite Frequenz zugeführt bekommt. Im einzelnen läuft die Programmierung nach folgender Formel ab:

1. Verhältnismessung

$$\text{Anzeige} = \frac{\text{MW 1}}{\text{MW 2}}$$

MW 1 = Meßwert des zuerst eingeschalteten Vorverstärkers

MW 2 = Meßwert des zuletzt eingeschalteten Vorverstärkers

2. Addition

$$\text{Anzeige} = \text{MW 1} + \text{MW 2}$$

### 3. Subtraktion

Anzeige = MW 1 - MW

Mit der +/- Taste kann in der Meßart „Addi“ die Polarität des Wertes des 2. Verstärkers vorgegeben werden („+“ oder „-“ LED leuchtet auf).

Unter dem Kapitel Betriebsbeispiele werden hierzu noch weitere Erläuterungen gegeben.

### Voreinstellung/Programmierung

Als weiteres Feature bietet der FZ 7001 die Möglichkeit, einen vorwählbaren Zahlenwert entweder zur Meßfrequenz hinzuzuzählen oder davon zu subtrahieren. Dies ist besonders nützlich, um bei Messungen an Empfängern z. B. die Zwischenfrequenz herausrechnen zu können.

Besonders hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang, daß die Programmierung nicht allein im Frequenzmeßbereich arbeitet, sondern auch für die weiteren Meßbereiche „Periodendauer, Ereignis, Positiv-Impuls und Negativ-Impuls“, jeweils unabhängig voneinander, ein zum Meßergebnis hinzuzuzählender Zahlenwert sowie ein weiterer vom Meßergebnis abzuziehender Zahlenwert erfaßt werden kann. Insgesamt sind somit 10 Zahlenwerte unabhängig voneinander programmierbar.

Hierzu wird der FZ 7001 zunächst in die gewünschte Meßart (z. B. Frequenzmessung in „Hz“) gebracht. Als nächstes wird die +/- Taste rechts neben dem Viererblock „Voreinstellung“ einmal betätigt. Es leuchtet die darüber angeordnete „+“ LED auf. Insgesamt können mit der +/- Taste 4 Zustände eingeschaltet werden, die vom Grundzustand ausgehend bei jeder Tastenbetätigung nacheinander wie folgt aufgerufen werden:

1. „+“ LED,
2. „-“ LED,
3. beide LEDs (für Schaltaufgaben),
4. Grundzustand...

Wurde bereits ein zu addierender Zahlenwert erfaßt, erscheint dieser sofort mit dem Aufleuchten der „+“ LED (nach Betätigung der +/- Taste) auf dem 9stelligen Digital-Display, ansonsten zeigt das Display 9 Nullen, die schwächer leuchten als üblich.

Wird innerhalb von 2 Sekunden keine Programmier Taste betätigt, kehrt das Display zur normalen Helligkeit zurück und zu jedem Meßwert wird nun der abgespeicherte Wert addiert (die „+“-LED leuchtet auf).

Zur Erfassung des zum Meßergebnis hinzuaddierenden Wertes muß innerhalb von 2 Sekunden nach Betätigen der +/- Taste der erste Schritt (Tastendruck) erfolgen. Hierzu geht man wie folgt vor:

Mit dem Vierertastenblock über dem Schriftzug „Voreinstellung“ wird der gewünschte Zahlenwert einprogrammiert, indem zunächst die linke Taste einmal

betätigt wird. Hierdurch leuchtet die ganz rechte Stelle des Displays (niederwertigstes Digit) nun heller auf. Mit jeder weiteren Betätigung der eben erwähnten Taste rückt das helleuchtende Digit um eine Stelle weiter nach links. Jede Betätigung der rechten Taste läßt das helleuchtende Digit wieder um eine Stelle nach rechts rücken. Hierdurch wird diejenige Dezimalstelle markiert, deren Wert gerade einprogrammiert werden soll.

Durch Betätigen der oberen und unteren Voreinstell Tasten kann nun der Zahlenwert des helleuchtenden Digits herauf- bzw. heruntergezählt werden. Bei jeder Betätigung der oberen Taste erhöht sich der Zahlenwert um „1“ und bei jeder Betätigung der unteren Taste verringert sich der Wert entsprechend. Ist beginnend mit dem niederwertigsten Digit der Wert programmiert, so wird auf das nächste Digit umgeschaltet, und der nächste Wert wird eingegeben, bis zur gesamten gewünschten Zahlenfolge. Die Anzeige erfolgt hierbei zunächst in „Hz“ (in der Funktion Frequenzmessung) bzw. in „pS“ (in der Funktion Periodendauermessung). Bei sehr hohen Frequenzen bzw. sehr langen Periodendauern kann auf „kHz“ bzw. „µS“ wie folgt umgeschaltet werden:

Mit der rechten Voreinstell Taste wird das helleuchtende Digit ganz nach rechts verschoben, um dann noch einmal die betreffende Taste zu betätigen. Das ganze Display leuchtet nun gleichmäßig schwach. Mit der oberen bzw. unteren Taste kann jetzt zwischen „Hz“ und „kHz“ bzw. „pS“ und „µS“ (bei entsprechend angewählter Meßart) umgeschaltet werden und der vorgewählte Zahlenwert wird jetzt in dieser Einheit gewertet.

Ist z. B. der Wert „123456789 Hz“ erfaßt und wird eine Frequenz von 100,0 MHz gemessen, erscheint auf dem Display „223456789“ bei einer gewählten 9stelligen Auflösung. Auch in dieser Betriebsart können selbstverständlich andere Auflösungen gewählt werden, wobei lediglich die Erfassung des zu programmierenden Wertes immer 9stellig erfolgen muß. Die nicht benötigten Stellen zeigen „0“.

Die Programmierung ist abgeschlossen, wenn die linke Voreinstell Taste so oft betätigt wird, bis das helleuchtende Digit ganz links an der höherwertigsten Stelle erscheint und die betreffende Taste noch einmal betätigt wird. Hierdurch erfolgt die Abspeicherung der einprogrammierten Zahlenfolge und auf dem Display erscheint nun das aktuelle Meßergebnis unter Hinzuzählung des vorprogrammierten Wertes.

Um die Addition auszuschalten, ohne den einprogrammierten Wert zu löschen, ist die +/- Taste noch dreimal zu betätigen, bis beide darüber angeordnete LEDs erloschen sind.

Für die Programmierung eines vom Meß-

ergebnis abzuziehenden Wertes geht man in ähnlicher Weise wie vorstehend beschrieben vor. Hierzu wird vom Ruhezustand ausgehend die +/- Taste zweimal betätigt, bis die „-“ LED aufleuchtet (bei der ersten Tastenbetätigung leuchtet die „+“ LED, bei der zweiten die „-“ LED, bei der dritten beide und die vierte Tastenbetätigung läßt den Grundzustand wieder einnehmen).

Während die „-“ LED aufleuchtet, kann mit den 4 Voreinstell Tasten die gewünschte Zahlenfolge eingegeben werden. Die Abspeicherung erfolgt ebenfalls, wie bereits beschrieben, indem das helleuchtende Programmierdigit mit der linken Voreinstell Taste nach links aus dem Display herausgeschoben wird.

Vom Meßergebnis wird jetzt der einprogrammierte Zahlenwert abgezogen, wobei keine negativen Vorzeichen angezeigt werden können. Als Ergebnis wird der Betrag der Differenz ausgegeben.

Um die Funktion zu verlassen, ohne die programmierte Zahlenfolge zu löschen, wird die +/- Taste zweimal betätigt, bis die beiden zugehörigen LEDs erloschen sind.

Erneutes Aufrufen dieser Betriebsart erfolgt, indem jeweils zunächst mit den Funktionstasten die Meßart „Addi“ angewählt wird, um anschließend mit der +/- Taste entweder den zu addierenden oder zu subtrahierenden Wert aufzurufen. Dieser wird für 2 Sekunden nach Betätigung der +/- Taste angezeigt, wobei das 9stellige Digitaldisplay zur Kennzeichnung dieses Zustandes schwächer leuchtet. Soll die Programmierung geändert werden, ist innerhalb von 2 Sekunden mit den Voreinstell Tasten die Programmierung aufzunehmen. Sobald eine dieser 4 Tasten betätigt wurde, hat man bis zur nächsten Tastenbetätigung 20 Sekunden Zeit, bevor das System automatisch in den Grundzustand zurückwechselt.

Zur Abspeicherung eines geänderten Zahlenwertes muß, wie bereits erwähnt, das helleuchtende Programmierdigit mit der linken Voreinstell Taste aus dem Display nach links herausgeschoben werden. Andernfalls wird 20 Sekunden nach der letzten Tastenbetätigung der ursprünglich gespeicherte Wert beibehalten und das System verläßt den Programmiermodus.

Der Additions- bzw. Subtraktionsbetrieb wird 2 Sekunden nach Betätigung der +/- Taste aufgenommen, sofern keine weitere Taste innerhalb dieser Zeitspanne betätigt wurde („+“ oder „-“ LED leuchtet auf).

### Single-Triggerung

In den Funktionen Frequenz-, Periodendauer- und Impulsmessung besteht die Möglichkeit, einzelne Perioden bzw. Impulse auszumessen.

Während z. B. in der Funktion Frequenzmessung über einen bestimmten Zeitraum

die Perioden aufsummiert werden, um anschließend daraus die Frequenzanzeige zu gewinnen, erfolgt durch Aktivierung der Single-Funktion die Berechnung der Frequenz ausschließlich aufgrund einer einzelnen Periode.

Der Vorteil dieser Meßart liegt darin, daß z. B. auch kleine Frequenzschwankungen erkannt werden können, und zwar durch den Vergleich mehrerer nacheinander durchgeführter Single-Messungen, deren Ergebnisse dann mehr oder weniger genau übereinstimmen. Mit steigender Eingangsfrequenz sinkt hierbei allerdings die Auflösung.

Zur Aktivierung wird zunächst in der bereits beschriebenen Weise mit den Tasten „Funktion“ die gewünschte Meßart (Frequenz, Periodendauer, Impuls) angewählt, um anschließend die Taste „Single“ (links neben den Tasten „Funktion“) zu betätigen. Im selben Moment leuchtet die darüber angeordnete LED „Trigger“ auf, zusammen mit der links oben auf der Frontplatte angeordneten LED „Tor“.

Sobald am Eingang des zu diesem Meßzweck eingeschalteten Vorverstärkers ein entsprechender Flankenwechsel detektiert wurde (die Schaltung triggert), erlischt die LED „Trigger“ zur Kennzeichnung, daß der Zählvorgang gerade läuft. Die LED „Tor“ bleibt weiterhin eingeschaltet. Nach Ablauf der auszumessenden Periode (bzw. Impuls) erlischt die LED „Tor“ und die LED „Trigger“ leuchtet wieder auf, zur Kennzeichnung, daß diese Funktion weiterhin aktiviert ist. Da die LED „Tor“ jedoch erloschen ist, erkennt man, daß der Meßvorgang bereits abgeschlossen ist und das Ergebnis auf der Anzeige abgelesen werden kann.

Um einen neuen Meßzyklus zu starten, wird die Taste „Reset“ (unterhalb der Taste „Single“) betätigt. Unmittelbar nach Loslassen dieser Taste startet der nächste Meßvorgang.

Durch nochmaliges Betätigen der Taste „Single“ wird diese Funktion wieder verlassen.

### Der Schaltausgang

Eine weitere Besonderheit des FZ 7001 stellt der Schaltausgang dar. Ein potentialfreier Relaiskontakt kann vorprogrammiert in Abhängigkeit vom Meßergebnis ein- und ausgeschaltet werden. Der Relaiskontakt ist bis zu 40 V und 2 A belastbar.

Zur Vorbereitung der Schaltfunktion können hierzu in jede der 5 Meßarten „Frequenz, Periodendauer, Ereignis, Positiv-Impuls und Negativ-Impuls“ jeweils 2 Schaltschwellen (insgesamt 10 Zahlenwerte) eingegeben werden, die in identischer Weise programmierbar sind, wie in dem Kapitel „Voreinstellung/Programmierung“ bereits beschrieben wurde.

Zur Ausführung der Schaltaufgaben muß sich der FZ 7001 in der gewünschten Betriebsart (z. B. Frequenzmessung) befinden. Daß die erfaßten Zahlenfolgen jetzt nicht zu einem Meßwert zu addieren bzw. davon zu subtrahieren sind, sondern daß sie als Schaltschwellen dienen sollen, wird dem FZ 7001 dadurch mitgeteilt, daß vom Grundzustand ausgehend die +/- Taste dreimal hintereinander betätigt wird, so daß beide darüber angeordnete Kontroll-LEDs gemeinsam aufleuchten.

Die Schaltfunktion wird vom FZ 7001 wie folgt interpretiert und ausgeführt:

Überschreitet das Meßergebnis den Wert der unter „+“ abgespeicherten Zahlenfolge, zieht das Relais an. Darunter ist das Relais abgefallen. Unterschreitet das Meßergebnis den Absolutbetrag des Zahlenwertes der unter dem „-“ Speicherplatz abgelegt wurde, zieht das Relais ebenfalls an. Darüber ist es abgefallen.

Nachfolgendes Beispiel soll zur besseren Veranschaulichung beitragen.

Unter dem „+“ Speicherplatz sei der Zahlenwert „1000 Hz“ abgelegt in der Meßfunktion Frequenzmessung in „Hz“. Der unter dem „-“ Speicherplatz abgelegte Wert sei „950 Hz“.

Ohne Eingangssignal und eingeschalteten Vorverstärker „A“ erscheint auf der Anzeige das Ergebnis „0000 Hz“ bei einer gewählten Auflösung von 4 Stellen. Das Relais ist eingeschaltet, da der untere Wert unterschritten wurde. Wird jetzt ein Frequenzgenerator am Eingang des Vorverstärkers „A“ angelegt und die Frequenz langsam erhöht, so wird genau bei 950 Hz das Relais abfallen. Es bleibt ausgeschaltet bis zum Erreichen der Frequenz von 1000 Hz. Exakt bei 1001 Hz zieht das Relais wieder an.

Soll die umgekehrte Funktion gewählt werden (nur im Bereich von 950 Hz bis 1000 Hz soll das Relais angezogen sein), so wird als obere Schwelle 950 Hz einprogrammiert („+“ Speicherplatz) und als untere Schwelle 1000 Hz („-“ Speicherplatz). Oberhalb von 1000 Hz ist das Relais ausgeschaltet, darunter eingeschaltet, während außerdem gilt: Oberhalb von 950 Hz einschalten, darunter ausschalten. Dies bedeutet, daß von DC an aufwärts das Relais zunächst abgefallen ist, um bei 951 Hz anzuziehen und bei 1000 Hz wieder abzufallen.

Soll nur eine Schaltschwelle verwendet werden, so wird die jeweils nicht benutzte Schaltschwelle auf „000000000“ gesetzt. Dies ist für den FZ 7001 die Kennzeichnung zur Ignorierung dieser Schaltschwelle.

Zur Desaktivierung, ohne Löschung der einprogrammierten Zahlenfolge, wird die +/- Taste erneut betätigt und die darüber angeordneten Kontroll-LEDs erlöschen.

Immer wenn das Relais angezogen ist,

leuchtet die entsprechende Kontroll-LED „Relais Ein“ oberhalb des Vorverstärkers „A“.

### Rechneranschluß

Auf der Geräterückseite besitzt der FZ 7001 eine V 24-Rechnerschnittstelle. Hierdurch besteht die Möglichkeit, die Meßergebnisse des FZ 7001 an jeden handelsüblichen Rechner mit Standard V 24-Schnittstelle zu übermitteln. Über Codierbrücken sind verschiedene Baudraten einstellbar.

Außerdem besteht die Möglichkeit, den FZ 7001 mit einer busfähigen V 24 B-Schnittstelle zu betreiben, wie sie von ELV konzipiert wurde. Diese Schnittstellenmodifikation bietet den Vorteil an einer Rechnerschnittstelle mehrere Geräte mit V 24 B-Schnittstelle parallel betreiben zu können, wobei am steuernden Rechner nur ein Schnittstellensteckplatz hierfür erforderlich ist.

Die V 24 B-Schnittstelle ist in einem ausführlichen Artikel im ELV journal 4/89 beschrieben. Unabhängig davon kann, wie bereits erwähnt, der FZ 7001 auch an jeder Standard V 24-Schnittstelle betrieben werden, und zwar ohne Hardwareänderung.

Neben der Übergabe der Meßdaten vom FZ 7001 zum externen Rechner kann dieser Steuerkommandos an den FZ 7001 liefern, um die Einstellwerte, die sonst über die Tastatur erfaßt werden vorzugeben. In diesen Fällen und während der Datenübertragung leuchtet die links auf der Frontplatte angeordnete LED „Remote“ auf.

Eine manuelle Eingabe ist in diesem Zeitraum nicht möglich, um ein irrtümliches Verändern der eingestellten Parameter zu vermeiden. Durch den entsprechenden Befehl vom Rechner oder 2malige Betätigung der Taste „Ein“ kann diese Funktion jederzeit aufgehoben werden.

Zur einfachen Bedienung des FZ 7001 durch einen externen Rechner ist eine entsprechende Software für IBM PCs und kompatible Rechner auf Diskette verfügbar.

### Überlaufanzeige

Links oben auf der Frontplatte ist die LED „Over“ angeordnet. Diese LED leuchtet auf, wenn der Zählerstand übergelaufen und das Anzeigeergebnis somit nicht mehr brauchbar ist.

### Tor-Anzeige

Ebenfalls auf der linken Frontplattenseite ist eine weitere Kontroll-LED mit der Bezeichnung „Tor“ angeordnet. Immer dann wenn der eigentliche Auswertevorgang (Zählvorgang) abläuft, leuchtet zu Kontrollzwecken die LED „Tor“.

### Ein/Ausschalten

Soll das Gerät ausgeschaltet werden, ohne die Löschung abgespeicherter Werte vor-

zunehmen, wird die links unten auf der Frontplatte angeordnete Taste „Ein“ betätigt und das Gerät nimmt den stromsparenden Stand-by-Modus ein. Alle Leuchtdioden sind hierbei erloschen und es werden lediglich die notwendigsten internen Funktionen aufrecht erhalten.

Eine erneute Betätigung dieser Taste versetzt das Gerät in den zuletzt eingenommenen Betriebszustand und es kann unmittelbar weiter gearbeitet werden. Um das Gerät vollständig stromlos zu machen, wird der Netzstecker gezogen. In diesem Fall werden allerdings auch sämtliche Geräteeinstellungen und Speicherwerte gelöscht. Nach dem ersten Einschalten erfolgt dann ein sogenannter „Kaltstart“ mit Selbsttest, wie dies auch eingangs bereits beschrieben wurde.

### Betriebsbeispiele

Nachdem wir uns mit der grundsätzlichen Bedienung und Funktion des prozessorgesteuerten Universalzählers FZ 7001 befaßt haben, wollen wir nachfolgend die einzelnen zum Teil recht komplexen Meßmöglichkeiten weiter ausführen und anhand einiger Beispiele näher erläutern. So kann das umfangreiche Leistungsspektrum, dieses professionellen Anforderungen gerecht werdenden Frequenzzählers, besser und schneller genutzt werden.

### Frequenzmessung

Mit der Taste „Funktion“ wird auf dem aus 9 LEDs bestehenden Meßart-Display die Funktion „Frequenzmessung“ angewählt, und die oberste LED „Hz“ leuchtet auf.

Über die Tasten „Auflösung“ kann die Anzahl der anzeigenden Stellen gewählt werden.

Als nächstes wird einer der 3 Vorverstärker durch Betätigung der betreffenden Taste (A, B oder C) eingeschaltet. Günstig ist hierbei, daß alle 3 Vorverstärker sowohl einzeln als auch gleichzeitig mit Signalen beaufschlagt werden können und nur durch Betätigung einer Taste der gewünschte Eingang freigegeben und das Meßergebnis zur Anzeige gebracht wird.

Die +/- LEDs als auch die Trigger-LED sind in der Grundbetriebsart der Frequenzmessung ausgeschaltet.

Soll zum Meßergebnis eine bestimmte Zahlenfolge hinzuaddiert werden, ist die +/- Taste einmal zu betätigen und die „+“ LED leuchtet auf. Soll eine bestimmte Zahlenfolge vom Meßergebnis subtrahiert werden, ist die +/- Taste ein weiteres Mal zu betätigen, und die „-“ LED leuchtet. Für jeweils 2 Sekunden nach der betreffenden Tastenbetätigung erscheint auf dem in dieser Zeit schwächer leuchtenden Digital-Display der hinzuzuaddierende oder abzuziehende Zahlenwert. Unmittelbar darauf

kehrt das Gerät automatisch zur helleuchtenden Anzeigeform zurück, wobei jetzt der betreffende Zahlenwert berücksichtigt wird. Durch 2 weitere Betätigungen der +/- Taste verlöschen die beiden LEDs, und diese Betriebsart ist abgeschaltet - normale Frequenzmessungen, ohne Berücksichtigung eines zusätzlichen Wertes werden ausgeführt.

Die Erfassung der betreffenden Zahlenfolgen ist unter dem Kapitel „Voreinstellung/Programmierung“ ausführlich beschrieben.

Eine Umschaltung zwischen „Hz“ und „kHz“ erfolgt automatisch, sofern der Meßwert dies erfordert. Wird z. B. bei einer gewählten Auflösung von 4 Stellen eine Frequenz von 900 Hz gemessen, erscheint auf dem Display „900,0 Hz“. Erhöht sich die Frequenz auf 1000 Hz, zeigt das Display „1000 Hz“. Eine weitere Steigerung auf 10.000 Hz würde die Auflösungserhöhung auf 5 Stellen bedeuten, was laut vorgegebener 4stelliger Auflösung nicht gewünscht ist. In diesem Fall wechselt die Anzeige auf „10,00 kHz“.

Die 4stellige Anzeige wird beibehalten bis hin zu „9999 kHz“, entsprechend 9,999 MHz. Ab 10 MHz zeigt das Display „10,000 kHz“, entsprechend 10 MHz, wobei jetzt die Anzeige 5stellig erfolgt, obwohl nur 4 Stellen vorgegeben wurden. Dies ist deshalb notwendig, weil die Meßfrequenz entsprechend große Werte angenommen hat. Diejenigen Stellen, die über die gewählte Auflösung hinaus angezeigt werden, zeigen von der niederwertigsten Stelle beginnend jedoch permanent „0“ an, so daß auch jetzt nur die gewählte Stellenanzahl effektiv angezeigt wird (auf unser Beispiel bezogen zeigt die niederwertigste Stelle permanent „0“).

### Periodendauermessung

Formelmäßig ist die Periodendauer definiert als Kehrwert der Frequenz (1/f).

Zur Messung der Periodendauer einer anliegenden Eingangsfrequenz wird mit den Tasten „Funktion“ die entsprechende Meßart gewählt und die LED „pS“ auf der aus 9 LEDs bestehenden Leuchtdiodenkette leuchtet auf.

Mit den Tasten „Auflösung“ kann hier wie auch in allen übrigen Meßarten die Anzahl der angezeigten Stellen festgelegt werden.

Mit den Vorverstärkerwahl-tasten (A, B, C) wird einer der 3 Vorverstärker angewählt (z. B. Vorverstärker „A“, und die entsprechende LED leuchtet auf).

Beginnend mit einem Flankenwechsel von High nach Low werden jetzt so viele Perioden einer anliegenden Frequenz gemessen wie in den Zeitraum eines Meßzyklus hineinpassen. Bei sehr niedrigen Frequenzen, entsprechend sehr langen Perio-

denauern, wird für eine Messung mindestens die Zeitspanne einer einzelnen Periode benötigt, d. h. die Meßfolgefrequenz sinkt ggf. auf Werte unterhalb der Meßfrequenz ab. Bei einer Eingangsfrequenz von 0,1 Hz entsprechend einer Periodendauer von 10 Sekunden wird für eine Messung eine Zeitspanne von 10 Sekunden bis 20 Sekunden benötigt, und zwar abhängig davon, zu welchem Zeitpunkt bezogen auf die Eingangsfrequenz das Meßsignal angelegt wurde.

Die längste mit dem FZ 7001 meßbare Periode liegt bei 1000 Sekunden mit einer Auflösung von einer Millionstel Sekunde.

Bei sehr langen Periodendauern wechselt die Anzeige automatisch auf die geringere Auflösung „µS“ und die entsprechende Kontroll-LED rechts neben dem 9stelligen Digitaldisplay leuchtet auf.

### Ereigniszählung

Zur fortlaufenden Impulszählung ohne automatischen Reset dient die Meßart „Ereigniszählung“.

Mit den Tasten „Funktion“ wird die entsprechende Meßart angewählt, so daß die LED „Ereig.“ (Ereigniszählung) aufleuchtet.

Die Auflösungsvorwahl ist hierbei nicht aktiviert und es werden so viele Stellen angezeigt, wie für die Darstellung der Impulszählung benötigt werden. Zum Startzeitpunkt, ohne Eingangssignal, leuchtet lediglich die niederwertigste Stelle (ganz rechts auf dem Digitaldisplay erscheint „0“).

Für die Einspeisung des Meßsignals kommen in dieser Betriebsart im allgemeinen nur die Vorverstärker „A“ und „B“ in Frage, da der Vorverstärker „C“ nur für Frequenzen ab 50 MHz eingesetzt werden sollte und ohne Eingangssignal bereits Eigenschwingungen auftreten.

Es wird also einer der beiden Vorverstärker durch Betätigung der entsprechenden Taste „A“ oder „B“ angewählt, und die zugehörige Kontroll-LED leuchtet auf. Im selben Moment beginnt die Ereigniszählung und je nach anliegender Frequenz läuft die Anzeige mehr oder weniger schnell hoch, bis der Zählvorgang gestoppt wird, z. B. durch Umschalten auf den zweiten Vorverstärker, an dem in diesem Fall kein Signal anliegen sollte.

Mit der Taste „Reset“ (rechts neben den Tasten „Funktion“) kann jederzeit ein Rücksetzen des Displays vorgenommen werden, wobei unmittelbar nach Loslassen der Taste der Zählvorgang erneut beginnt.

### Impulsmessung

Mit den Tasten „Funktion“ wird auf die Meßart „Impulsmessung“ geschaltet, indem eine der beiden LEDs „+Imp.“ oder „-Imp.“ auf der aus 9 LEDs bestehenden Leuchtdiodenzeile aufleuchtet.

In der Funktion „+Imp.“ wird der positive Impuls, beginnend mit einer Flanke von Low nach High, gezählt und in der Funktion „-Imp.“ wird die Zeitdauer eines negativen Impulses, beginnend mit einem Flankenwechsel von High nach Low, ausgezählt. Auch hier richtet sich die Meßzeit zum einen nach der eingestellten Auflösung und zum anderen nach der Länge eines Impulses. Liegen in einem Meßzeitraum mehrere Impulse, so werden alle positiven oder negativen Anteile (je nach gewählter Funktion) berücksichtigt und auf die Länge eines Impulses zurückgerechnet. Bei sehr langen Impulsen verlängert sich auch die Meßzeit des FZ 7001 entsprechend.

In der bereits beschriebenen Weise wird auch bei der Impulsmessung ein Vorverstärker ausgewählt, wobei auch hier wie bei der Ereigniszählung im allgemeinen nur die Vorverstärker „A“ und „B“ in Frage kommen.

Da die Zeitdauer einer Impulslänge gemessen werden soll, erscheint zusätzlich auf dem Display die Einheit „pS“ (bei sehr kurzen Impulszeiten) oder „µS“. Die Umschaltung auf „µS“ erfolgt automatisch, sobald der Anzeigenumfang des Digitaldisplays dies erfordert.

### Verhältnismessung

In dieser Betriebsart wird das Verhältnis von 2 Frequenzen zueinander gemessen. Im Unterschied zu den vorher beschriebenen Funktionen sind für die Messung von Frequenzverhältnissen 2 Vorverstärker einzuschalten.

Zunächst wird mit den Tasten „Funktion“ die Meßart „Verh.“ (Verhältnis) angewählt und die zweitunterste LED des Leuchtdiodenbandes signalisiert diese Funktion. Als nächstes erwartet der FZ 7001 die Ansprache von 2 Vorverstärkern. Zunächst wird die Taste desjenigen Vorverstärkers betätigt, dessen Eingang mit der ersten Frequenz beaufschlagt wird, welche durch die zweite Frequenz zu teilen ist. Danach wird die Taste des anderen Vorverstärkers betätigt, dessen Eingang die zweite Frequenz erhält, die als Divisor gewertet wird. Die Interpretation erfolgt nach der Formel:

$$\text{Anzeige} = \frac{\text{MW 1}}{\text{MW 2}}$$

MW 1 = Meßwert des zuerst eingeschalteten Vorverstärkers

MW 2 = Meßwert des zuletzt eingeschalteten Vorverstärkers

Hierzu nachfolgend ein kurzes Beispiel: Soll das Frequenzverhältnis zwischen der ersten Frequenz (1000 Hz) und der zweiten Frequenz (300 Hz) gemessen werden, wird die erste Frequenz an Vorverstärker „A“ und die zweite an Vorverstärker „B“ gelegt. Zuerst ist nun die Taste „A“ und

danach „B“ zu betätigen. Die entsprechenden Kontroll-LEDs leuchten auf. Voraussetzung für die Frequenz-Verhältnismessung ist, wie bereits erwähnt, das Anwählen der betreffenden Meßart „Verh.“ (die zweitunterste Funktionen-LED leuchtet auf). Auf der Anzeige erscheint jetzt der Wert „,3.33“ bei einer gewählten Auflösung von 3 Stellen.

Wird bei gleicher Eingangsbelegung (1000 Hz an Vorverstärker „A“ und 300 Hz an Vorverstärker „B“) anschließend die Taste „A“ betätigt, wechselt die Anzeige auf „,0.300“, da jetzt die letzte Tastenbetätigung dem Vorverstärker mit 1000 Hz am Eingang gilt und die vorletzte Tastenbetätigung demjenigen mit 300 Hz. Die Folge ist, daß jetzt der Faktor 300 durch 1000 dividiert wird und auf der Anzeige „,0.300“ erscheint bei einer gewählten Auflösung von 3 Stellen.

### Addition/Subtraktion

Der FZ 7001 bietet 2 grundlegend verschiedene Möglichkeiten der Addition bzw. der Subtraktion:

- 1) Betriebsart mit 2 Eingangsfrequenzen
- 2) Betriebsart mit 1 Eingangsfrequenz und einem festen vorprogrammierten Zahlenwert.

In der ersten Betriebsart werden 2 Eingangsfrequenzen miteinander verglichen. Hierzu ist das Einschalten von 2 Vorverstärkern erforderlich, die beide unabhängig voneinander eine Meßfrequenz zugeführt bekommen.

Bei der zweiten Betriebsart wird eine Frequenz gemessen und ein fester vorprogrammierter Zahlenwert wird hierzu addiert bzw. davon subtrahiert.

Nachfolgend sollen die beiden Betriebsarten in ihrer Bedienung näher erläutert werden:

1. Betriebsart mit 2 Eingangsfrequenzen: Mit den Tasten „Funktion“ wird zunächst die Meßart „Addi“ angewählt (untere LED leuchtet auf) und mit den Tasten „Auflösung“ wird die Anzahl der gewünschten Anzeigenstellen festgelegt.

Der FZ 7001 weiß durch die Anwahl der Meßart „Addi“, daß nun 2 Eingangsfrequenzen zu verarbeiten sind. Vom Anwender müssen daher 2 Vorverstärker ausgewählt werden. Zunächst wird die Taste desjenigen Vorverstärkers betätigt, dessen Eingang mit der ersten Frequenz beaufschlagt wird, zu der eine weitere Frequenz hinzuzuzählen ist, bzw. von der die zweite Frequenz abzuziehen ist. Danach wird die Taste des anderen Vorverstärkers betätigt, dessen Eingang die zweite Frequenz erhält, die zu addieren bzw. zu subtrahieren ist. Die Interpretation erfolgt nach der Formel:

$$\text{Anzeige} = \text{MW 1} + \text{MW 2}$$

oder

• Anzeige = MW 1 - MW 2

MW 1 = Meßwert des zuerst eingeschalteten Vorverstärkers

MW 2 = Meßwert des zuletzt eingeschalteten Vorverstärkers.

Gleichzeitig leuchtet die „+“ LED (oberhalb der +/- Taste) auf zur Kennzeichnung, daß beide Werte addiert werden. Durch einmalige Betätigung der +/- Taste erlischt die „+“ LED und die „-“ LED leuchtet auf. Jetzt wird die zweite Frequenz von der ersten Frequenz subtrahiert. Bei der nächsten Betätigung der +/- Taste leuchtet wieder die „+“ LED usw.

2. Betriebsart mit einer Meßfrequenz und einem festen vorprogrammierten Zahlenwert:

Ausgehend von einem Meßwert, der über einen der 3 Vorverstärker erfaßt wurde, kann hierzu ein fest vorprogrammierter Zahlenwert addiert bzw. davon subtrahiert werden. Für jede der Meßarten „Frequenz, Periodendauer, Ereignis, Positiv-Impuls und Negativ-Impuls“ können jeweils 2 Zahlenwerte, insgesamt also 10 Werte, unabhängig voneinander erfaßt werden. Zu jeder Meßart gehört somit ein zum Meßergebnis zu addierender sowie ein weiterer vom Meßergebnis zu subtrahierender Zahlenwert.

Zunächst wird der FZ 7001 in eine der 5 Meßarten (z. B. Frequenzmessung in „Hz“) gebracht. Anschließend wird die +/- Taste einmal betätigt und die darüber angeordnete „+“ LED leuchtet auf. Die Erfassung des zum Meßergebnis hinzuzuzählenden Wertes erfolgt wie in dem Kapitel „Voreinstellung/Programmierung“ bereits ausführlich beschrieben wurde. Als nächstes kann für dieselbe Meßart (hier: Frequenzmessung) durch nochmalige Betätigung der +/- Taste ein zweiter Zahlenwert erfaßt werden, der vom Meßergebnis abgezogen wird. Die Programmierung erfolgt in gleicher Weise.

Für die anderen eingangs beschriebenen Meßarten können ebenfalls je 2 Zahlenwerte erfaßt werden, die unabhängig voneinander im Speicher erhalten bleiben (solange die Netzversorgung nicht ausfällt).

Die auf diese Weise programmierten Zahlenwerte dienen in den betreffenden Meßarten u. a. auch zur Festlegung der Schaltschwellen für den Relaisausgang, sofern mit der +/- Taste durch 3malige Betätigung (vom Grundzustand ausgehend) beide Kontroll-LEDs („+“ und „-“ LED) aufleuchten. Eine weitere Tastenbetätigung läßt diese LEDs wieder erlöschen und der FZ 7001 befindet sich wieder im Grundbetriebszustand (Vorprogrammierung ist deaktiviert, ohne die gespeicherten Zahlenwerte jedoch zu löschen).

Im zweiten Teil dieses Artikels wird das Schaltbild des Prozessor-Frequenzzählers FZ 7001 vorgestellt, gefolgt von der ausführlichen Beschreibung des Nachbaus. **ELV**