



Teil 2

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 Funktionsbeschreibung im ersten Teil erläutern wir nun die einzelnen Schaltungsabschnitte der Spannungsversorgung, des Mikrocontrollers und der Bedien- und Anzeigeeinheit.

Die Schaltungstechnik des FC 8000

Die Schaltung des Frequenzzählers basiert auf einer komplexen Mikrocontrollersteuerung, die den Schaltungsaufwand besonders im Steuer- und Anzeigebereich reduziert, dennoch liegt es in der Natur der Gerätefunktion, dass besonders für die Signalaufbereitung noch ein gewisser Aufwand notwendig ist.

In diesem Artikel werden die Spannungsversorgung, die Mikrocontrollerschaltung mit Portpin-Erweiterung und die Anzeige- und Bedienelemente erläutert. Bild 7 und Bild 8 zeigen die Mikrocontrollerschaltung der FC-8000-Basisplatine und die dem 8000er-Gehäuse beiliegende Netzteilplatine, Bild 9 das Schaltbild der Frontplatine mit dem Displaymodul. In Bild 10 sind die Steckverbinder dargestellt, über die die elektrischen Verbindungen zwischen der Basis- und Frontplatine hergestellt werden.

Beginnen wir bei der Beschreibung mit der Aufbereitung der benötigten Betriebsspannungen des Zählers.

Spannungsversorgung

Die Spannungsversorgung des FC 8000 ist in Bild 7 zu sehen. Auf den ersten Blick fallen die hier ausschließlich eingesetzten Linearregler für die einzelnen Spannungszweige auf. Deren Vorteil ist hier gegenüber einem Schaltregler die völlig entfallende Erzeugung von Störspannungen, die sich gerade in diesem Schaltungsumfeld mit sehr empfindlichen Vorverstärkern fatal auswirken können.

Von KL1 gelangt die Netzspannung über die Netzsicherung SI1 und den 2-poligen Netzschalter S1 zur Schraubklemme KL2. Von diesen Schraubklemmen aus geht es über zwei Leitungen und die beiden Spulen L400 und L401 direkt an die Primärwicklung des Netztransformators TR400. Der X2-Kondensator C1 sowie die beiden Spulen L400 und L401 dienen zur Unterdrückung eventuell vorhandener Störungen auf der Netzleitung. Die Sekundärwicklung des Netztransformators liefert die benötigten Spannungen zum Betrieb des FC 8000. Diese Sekundärwick-

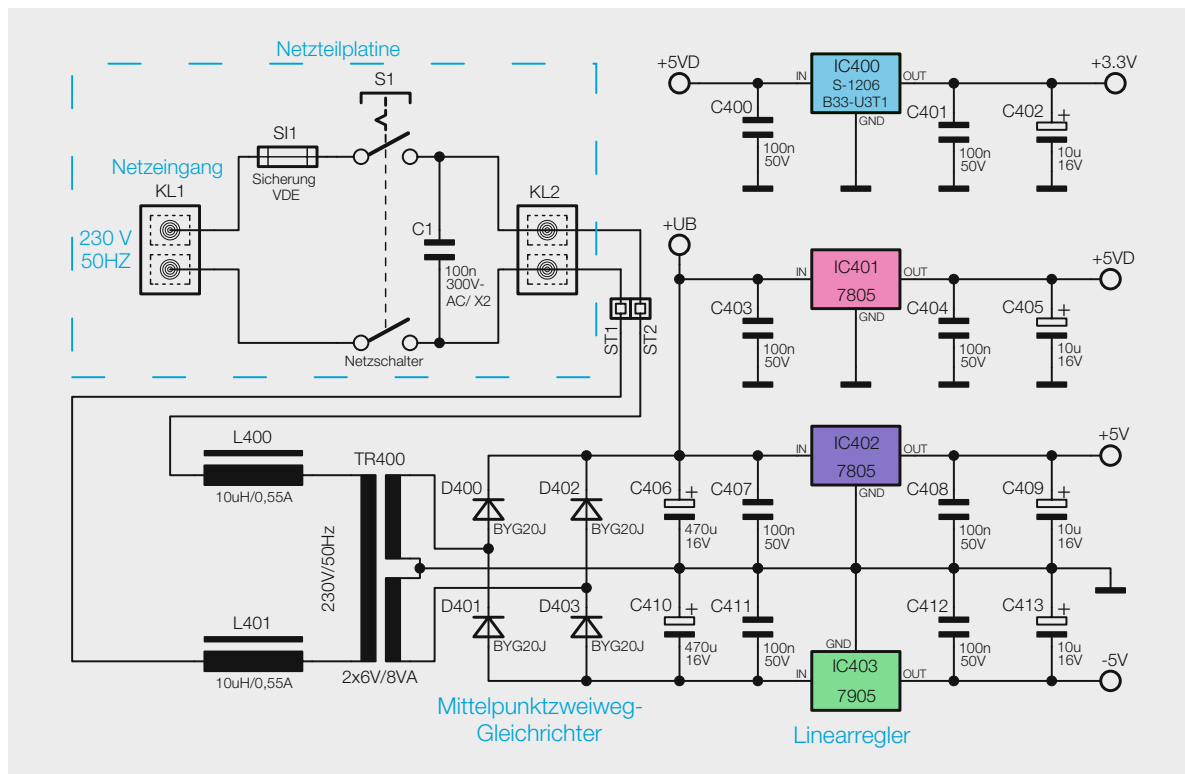


Bild 7: Schaltbild der Spannungsversorgung des FC 8000

lung mit Mittelanzapfung speist die mit D400 bis D403 aufgebaute Mittelpunkt-Zweiweg-Gleichrichterschaltung. D400 und D402 erzeugen dabei eine gepufferte, aber unstabilisierte Gleichspannung, mit der die linearen +5-V-Spannungsregler IC401 und IC402 versorgt werden. Eine identische, aber bezogen auf den Massepunkt negative Gleichspannung wird an den Dioden D401 und D403 erzeugt und an den Eingang des ebenfalls linearen Spannungsreglers IC403 weitergegeben. Dieser setzt diese negative Eingangsspannung dann in eine stabilisierte Ausgangsspannung von -5 V um.

Die Pufferung der Eingangsspannungen übernehmen die beiden Elkos C406 und C410, während die Kondensatoren C402, C405, C409, C413 die Ausgangsspannungen der Linearregler puffern und damit deren Schwingneigungen am Ausgang unterdrücken. Die restlichen 100-nF-Kondensatoren verhindern hochfrequente Störeinflüsse am Eingang und am Ausgang der Regler. Ausgangsseitig stehen dann die stabilisierten Spannungen -5 V, +5 V und für die digitalen Pfade eine separate Spannung +5 VD sowie eine Spannungsschiene mit +3,3 V zur Verfügung. Die +3,3 V werden dabei vom Linearregler IC400 erzeugt. Kommen wir damit zum zentralen Teil der Schaltung, der Mikrocontrollersteuerung.

Mikrocontroller

Wie in heutigen elektronischen Schaltungen üblich, übernimmt ein Mikrocontroller (IC100) die Steuerung und Überwachung der Schaltung (Bild 8). Beim FC 8000 kommt für diese Aufgabe, wie schon in diversen anderen ELV-Schaltungen, ein leistungsfähiger ARM-32-Bit-Cortex™-M3-Controller vom Typ STM32F107RC der Firma ST zum Einsatz, der durch seine vielfältigen Möglichkeiten, die platzsparende

Bauform und seinen geringen Preis besticht. Versorgt wird diese Komponente mit +3,3 V.

Über den externen 10-MHz-Quarzoszillator Q100 wird der Grundtakt für den Controller bereitgestellt. Aus diesem 10-MHz-Takt erzeugt der Mikrocontroller dann intern seine Arbeitstaktfrequenz von 72 MHz mittels einiger interner Teiler und PLL-Schaltungen.

Neben der Takterzeugung für den Mikrocontroller wird der Quarzoszillator Q100 auch für die Ermittlung der angelegten Frequenzen genutzt. Deshalb wird über die Qualität des hier eingesetzten Quarzoszillators die komplette Genauigkeit der Frequenzmessung bestimmt. Aus diesem Grund kommt im FC 8000 ein temperaturkompensierter Quarzoszillator (TCXO) zum Einsatz, der eine maximale Taktabweichung von ± 5 ppm im angegebenen Umgebungstemperaturbereich hat.

Zudem kann mit der vom Trimmer R113 bereitgestellten Spannung eine Frequenzkompensation im Bereich von ± 5 ppm umgesetzt werden, indem diese Spannung über den Lötjumper J100 an den Steuerpin 1 von Q100 geführt wird. Wenn also eine hochgenaue Referenzfrequenz zur Verfügung steht, ist damit durch einen Abgleich eine weitere Erhöhung der Genauigkeit möglich. Ansonsten kann der Lötjumper einfach geöffnet bleiben.

Portpin-Erweiterung

Da für den Betrieb des FC 8000 die vom Mikrocontroller IC100 bereitgestellten Portpins nicht ausreichen, wurde mittels drei in Serie geschalteter Schieberegister vom Typ 74HC595 eine einfache Portpin-Erweiterung realisiert.

Das Setzen der einzelnen Ausgänge bei den Schieberegistern ist sehr simpel. Zunächst wird über eine fallende Flanke an den SCLR-Eingängen der Schieberegister der aktuelle Inhalt der Schieberegister gelöscht. Es folgt nun ein vom Mikrocontroller IC100 kommendes, 24 Bit breites Datenwort, welches über den Dateneingang DATA IN von IC102 und unter Verwendung des Taktsignals SCK in die Schieberegister IC102 bis IC104 geschrieben wird. Für die Übertragung der Daten wird die im Controller vorhandene SPI-Peripherie genutzt. Über eine steigende Flanke an den RCK-Eingängen der Schieberegister wird nun das zuvor übertragene Datenwort vom Schieberegister in das Speicherregister übertragen. Ab die-

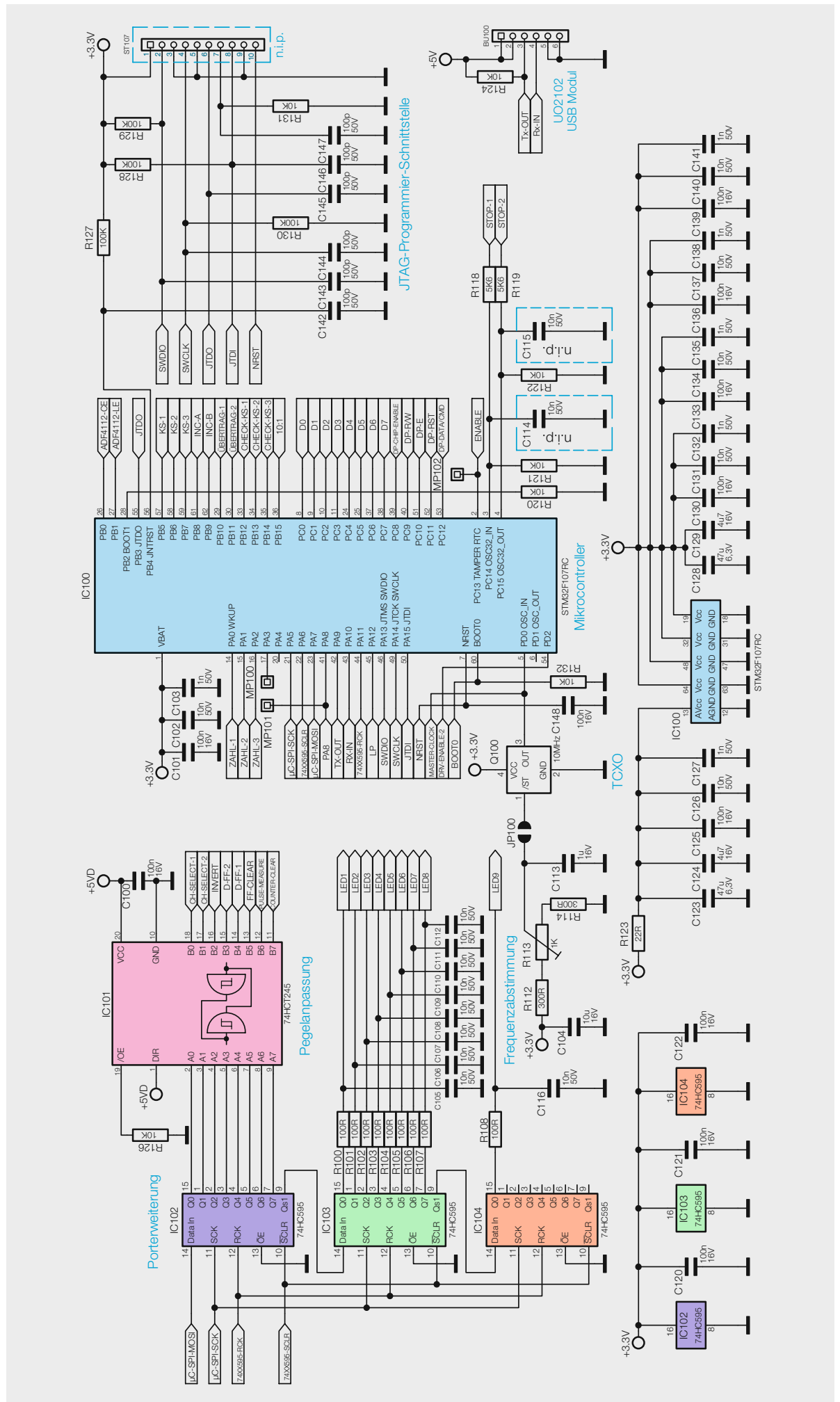


Bild 8: Schaltbild der Mikrocontroller-Steuerschaltung und der Portpin-Erweiterung des FC 8000



Um den aktuellen Betriebsmodus und den ausgewählten Messeingang schnell zu erkennen, befinden sich auf der Frontplatte zusätzlich neun blaue LEDs, die über Lichtleiter in der Frontplatte

www.elvjournal.de

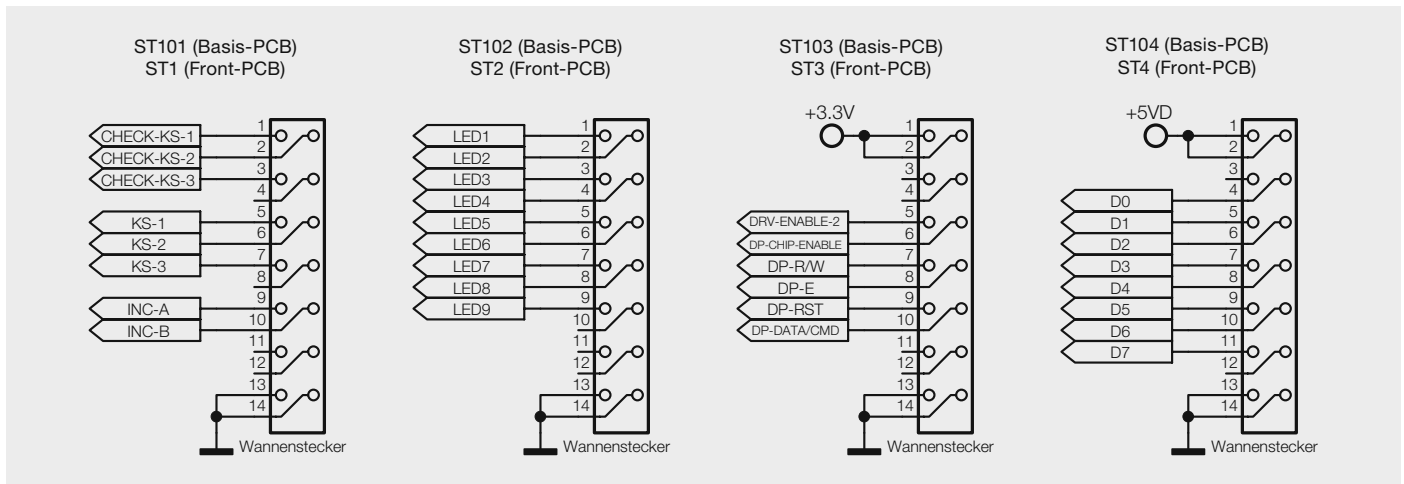


Bild 10: Die Belegung der Steckverbinder zwischen Basis- und Frontplatine

zu erkennen sind. Die Steuerung der neun LEDs D1 bis D9 erfolgt über die auf der Basisplatine befindlichen Schieberegister IC103 und IC104 und die auf der Frontplatine sitzenden Low-Side-Treiber IC1 und IC2 vom Typ ULN2003. Je nachdem, ob an den entsprechenden Schieberegisterausgängen ein Low- oder High-Pegel ausgegeben wird, schaltet der nachgeschaltete Low-Side-Treiber seinen Ausgang auf Massepotential oder er befindet sich im hochohmigen Zustand. Wenn ein Ausgang auf Massepotential liegt, beginnt die daran angeschlossene LED zu leuchten. Die in Reihe zu den LEDs liegenden Widerstände R1 bis R9 dienen dabei jeweils als Vorwiderstand.

Insgesamt verfügt das FC 8000 über neun Bedientasten, eine davon befindet sich im Inkrementalgeber. Die Abfrage der Tasten erfolgt im Multiplexbetrieb, so dass insgesamt nur sechs Portpins des Mikrocontrollers belegt werden (PB5 bis PB7 und PB12 bis PB14). An den Treiberleitungen KS-1 bis KS-3 wird zyklisch immer eine Leitung auf Low-Pegel gelegt. Die drei Dioden D13 bis D15 dienen dabei zur Entkopplung. Während sich eine Treiberleitung auf Low-Pegel befindet, kann der Mikrocontroller über die drei Prüflinien CHECK-KS-1 bis CHECK-KS-3 den Zustand des Tasters am Kreuzungspunkt von CHECK-KS-X und KS-X abfragen. Es ist hierbei nur zu beachten, dass in dieser Matrixanordnung niemals mehr als 2 Taster gleichzeitig sicher erkannt werden können. Dies wird aber für die Bedienung des FC 8000 nicht benötigt. Eine Zuordnung der LEDs und Taster ist über die [Tabelle 1](#) möglich.

Neben den neun Bedientastern befindet sich auf der Frontplatine auch der Inkrementalgeber DR1. Durch eine hohe Abtastrate der beiden Signalleitungen INC-A und INC-B und einer geschickten Signalauswertung in der Firmware wird der aktuelle Pinzustand ständig überprüft und eine Änderung sofort erkannt. Der Vorteil des Inkrementalgebers ist, dass die Drehrichtung ebenfalls erkannt wird und sich dieses Bauteil deshalb ideal für Einstellaufgaben eignet. Das Prinzip des Inkrementalgebers beruht auf zwei um 90° gegeneinander phasenverschobenen Ausgangssignalen. Je nachdem, in welche Richtung gedreht wird, ändert sich bei den beiden Ausgangssignalen entweder zuerst INC-A oder INC-B. Nähere Informationen zur Funktionsweise des Inkrementalgebers oder dem Einsatz von einer Tastenmatrix können online in den Elektronikwissen-Artikeln unter [\[1\]](#) und [\[2\]](#) nachgelesen werden.

Beim FC 8000 wird als Anzeige ein großes monochromes Grafikdisplay mit einer Auflösung von 192 x 64 Bildpunkten eingesetzt, bei dem auch noch aus größerer Entfernung ein Ablesen der Werte möglich ist. Das Display LCD1 wird als fertiges Modul eingesetzt und über zwei Verbinder mit der Frontplatine verbunden. Es benötigt zwei Versorgungsspannungen, zum einen eine Spannung von +3,3 V für den Display-Chip, zum anderen eine Spannung von +5 V für die LED der Displayhinterleuchtung. Durch den Vorwiderstand R15 wird der Strom für die Hintergrundbeleuchtung auf circa 45 mA eingestellt. Mit den Kondensatoren C1 bis C8

und C10 erzeugt die Displayelektronik über interne Ladungspumpen die zusätzlich benötigten Kontrastspannungen von bis zu 13,2 V selbst.

Für die Kommunikation zwischen Mikrocontroller und Display werden die fünf Steuerleitungen DP-E, DP-R/W, DP-DATA/CMD, DP-RST, DP-CHIP-ENABLE und die acht Datenleitungen D0 bis D7 benötigt. Während die Steuerleitungen direkt mit dem Mikrocontroller verbunden sind, werden die Datenleitungen über den Bustreiber IC3 bei Bedarf zugeschaltet. Bei den acht Datenleitungen handelt es sich um einen Datenbus, mit dem ebenfalls die Auswertung der Zähler im eigentlichen Messwerk erfasst wird.

Im dritten Teil der Artikelreihe beschäftigen wir uns mit der Schaltung der einzelnen Signaleingänge und dem eigentlichen Messwerk. **ELV**

Zuordnung der LEDs und Taster

TA1	Frequency	D1	Frequency
TA2	Period	D2	Period
TA3	pos. Pulse	D3	pos. Pulse
TA4	neg. Pulse	D4	neg. Pulse
TA5	Event Counter	D5	Event Counter
TA6	Hold	D6	Hold
TA7	Channel	D7	TTL 0 Hz – 100 MHz
		D8	AC 100 MHz – 2,4 GHz
		D9	AC 10 Hz – 100 MHz
TA8	Menu		
DR1	OK/Enter		



Weitere Infos:

[1] www.elv.de/elektronikwissen/inkrementalgeber.html

[2] www.elv.de/elektronikwissen/tastenmatrix-an-mikrocontrollern.html