

5. Beschreibung des Programmablaufs

Das Hauptprogramm mit einer ganzen Reihe Unterprogrammen, sowie zwei Hardware-Interruptprogrammen ist im Ablaufdiagramm (**Bild 30**) dargestellt.

Beim Programmstart werden die Variablen definiert, die Ports festgelegt und kurz ein Logo angezeigt. Das eigentliche Hauptprogramm läuft mit maximaler Geschwindigkeit in einer Schleife. Es werden der Bereich und der eingestellte Span abgefragt und daraus die Torzeit festgelegt, die vier Stufen von 2,56 ms bis 2,56 s hat. Die Zuordnung der Spanbereiche zu den Torzeiten und welche Auflösung im Spektrumanalysator eingestellt wurde ist in der Exceltabelle **Bild 35** gegenübergestellt.

Die Stelle auf der horizontale Achse, bei welcher die Frequenzmessung erfolgt wird hardwaremäßig auf Board 4 festgelegt. Dazu wird der Schalter "Rechts Center" abgefragt. Diese Information wird auch dem Mikrocontroller mitgeteilt da-









mit sie im Display erscheinen kann. Wenn der Ablenksägezahn die Spannung welche durch den "Links-Center"-Schalter vorgegeben ist, erreicht hat, wird der Interupt 0 am Prozessor ausgelöst.

Danach wird zuerst der Ablenksägezahn angehalten und dann der Ablaufzähler auf Board 2 gestartet. Dieser öffnet das Tor des Zählers für die vorgegebene Zeit. Danach wird der Ablaufzähler auf 2,56 ms geschaltet und in der Zeit wird nacheinander das gezählte Ergebnis in der LS760-Zählkette gespeichert und die Zählerkette danach zurückgesetzt. Anschließend wird Interupt5 ausgelöst, der den Zähler wieder anhält und den Ablenksägezahn frei gibt. Aus der Interupt5-Routine wird dann das Auslesen der vier Zähler veranlasst und die Ergebnisse in den Variablen "Osz1" bis "Osz4" abgespei-



chert. Als nächstes werden in der Subroutine "Addition" die Ergebnisse der 4 Oszillatoren miteinander verrechnet und in der Subroutine "MHZ" so formatiert, dass in der Anzeige das Ergebnis in MHz angezeigt wird.

Das Programm ist vollständig in "Atmelbasic" geschrieben und kann bei Interesse bei uns angefordert werden. In dem Programm ist weiterhin noch eine Routine implementiert, welche die beiden Potentiometer "Frequenz grob" und "Frequenz fein" abfragt. Der AD-Wandler ist ein 12 Bit-ADC, welcher über einen SPI-Bus an den Prozessor angebunden ist; er sitzt auf Platine 5. Das Programm stellt fest, ob sich der Wert von einem der beiden AD-Wandler um mehr als 2 Digit geändert hat. In diesen Falle wird, ausgehend von der letzten gemessenen Frequenz, abgeschätzt, wie hoch bei gege-





bener ADC-Wert-Änderung die geschätzte Frequenz sein wird und im Display mit einem Fragezeichen am Ende versehen angezeigt. Dies passiert in quasi Echtzeit. Bei einer neuen Frequenzmessung wird diese durch den tatsächlien Wert überschrieben. Der Vorteil ist, dass man auch bei langen Spanzeiten sieht, wohin sich die Frequenz im etwa bewegt, wenn man an den Frequenzeinstellern dreht. Ansonsten würde man immer warten müssen bis eine Messung erfolgt ist und bis dahin einen "Blindflug" machen.

In dem Programm ist auch eine Kalibrierroutine implementiert **Bild 32**. Dieses Unterprogramm ist Menü-geführt und bietet folgende Möglichkeiten:

ZF-Cal

Feststellen und Berücksichtigen einer von dem Sollwert abweichenden ZF. Dieser Korrekturwert wird ins EEprom gespeichert und in der Additionsroutine bei der die vier Oszillatorfrequenzen verrechnet







							SP6	SP7									
1,5-3,5GHz	1,52Ghz Osz ausgeschaltet					Bereich1	0	1									
2,5-4,5GHz	1,52Ghz Osz ausgeschaltet			Bereich2	1	0											
)-2GHz		1,52Ghz Osz eingeschaltet				Bereich3	1	1									
ipan Hz/Teil	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5												
20MHz	0	1	1	0	0												
SOMHz	0	1	1	0	1				Gatetime	Gatetime	Gatetime	Gatetime	Bandbreite Hz	Ablenkzeit/Teil	Ablenkzeit total	1localosz 2-4GHz/256	3 localosz 540MHz/6
LOOMHZ	0	1	1	1	0				Osz1	Osz2	Osz3	Osz4					
200MHz	0	1	1	1	1				2-4GHz	1.52GHz	504MHz	33.3MHZ					
<200KHz	1																
						Dezimal											
200MHz	0	1	1	1	1	15		100KHz/256	2,56mS	2,56mS	2,56mS	2,56mS	300KHz	20ms	200ms	wobbel+Mittegrob	Mittefein
LOOMHz	0	1	1	1	0	14		100KHz/256	2,56mS	2,56mS	2,56mS	2,56mS	300KHz	20ms	200ms	wobbel+Mittegrob	Mittefein
50MHz	0	1	1	0	1	13		100KHz/256	2,56mS	2,56mS	2,56mS	2,56mS	300KHz	20ms	200ms	wobbel+Mittegrob	Mittefein
20MHz	0	1	1	0	0	12		100KHz/256	2,56mS	2,56mS	2,56mS	2,56mS	300KHz	20ms	200ms	wobbel+Mittegrob	Mittefein
LOMHz	0	1	0	1	1	11		100KHz/256	2,56mS	2,56mS	2,56mS	2,56mS	300KHz	20ms	200ms	wobbel+Mittegrob	Mittefein
5MHz	0	1	0	1	0	10		100KHz/256	2,56mS	2,56mS	2,56mS	2,56mS	100KHz	20ms	200ms	wobbel+Mittegrob	Mittefein
2MHz	0	1	0	0	1	9		100KHz/256	2,56mS	2,56mS	2,56mS	2,56mS	100KHz	20ms	200ms	wobbel+Mittegrob	Mittefein
LMHz	0	1	0	0	0	8		100KHz/256	2,56mS	2,56mS	2,56mS	2,56mS	30KHz	20ms	200ms	wobbel+Mittegrob	Mittefein
500KHz	0	0	1	1	1	7		100KHz/256	2,56mS	2,56mS	2,56mS	2,56mS	10KHz	20ms	200ms	wobbel+Mittegrob	Mittefein
200KHz	1	1	1	1	1	31		100KHz/256	2,56mS	2,56mS	2,56mS	2,56mS	10KHz	20ms	200ms	1MHz Raster +Mittegrob	wobbel+Mittefein
LOOKHz	1	1	1	1	0	30		100KHz/256	2,56mS	2,56mS	2,56mS	2,56mS	3KHz	20ms	200ms	1MHz Raster +Mittegrob	wobbel+Mittefein
50KHz	1	1	1	0	1	29		10KHz/256	25,6mS	25,6mS	25,6mS	25,6mS	3KHz	20ms	200ms	1MHz Raster +Mittegrob	wobbel+Mittefein
20KHz	1	1	1	0	0	28		10KHz/256	25,6mS	25,6mS	25,6mS	25,6mS	1KHz	50ms	500ms	1MHz Raster +Mittegrob	wobbel+Mittefein
LOKHz	1	1	0	1	1	27		10KHz/256	25,6mS	25,6mS	25,6mS	25,6mS	1KHz	50ms	500ms	1MHz Raster +Mittegrob	wobbel+Mittefein
5KHz	1	1	0	1	0	26		1KHz/256	256ms	256ms	256ms	256ms	300Hz	100ms	1sek	1MHz Raster +Mittegrob	wobbel+Mittefein
2KHz	1	1	0	0	1	25		1KHz/256	256ms	256ms	256ms	256ms	300Hz	100ms	1sek	1MHz Raster +Mittegrob	wobbel+Mittefein
LKHz	1	1	0	0	0	24		1KHz/256	256ms	256ms	256ms	256ms	100Hz	500ms	Ssek	1MHz Raster +Mittegrob	wobbel+Mittefein
500Hz	1	0	1	1	1	23		100Hz/256	2,56Sek	2,56Sek	2,56Sek	2,56Sek	30Hz	2sek	20sek	1MHz Raster +Mittegrob	wobbel+Mittefein
200HZ	1	0	1	0	0	20		100Hz/256	2,56Sek	2,56Sek	2,56Sek	2,56Sek	30Hz	2sek	20sek	1MHz Raster +Mittegrob	wobbel+Mittefein

Bild 32: Zuordnung Torzeit zu Span und den Ports, sowie Oszillatoren

werden berücksichtigt.

ADC Cal

Hier werden einfach von beiden ADCs die Rohwerte 0 bis 4096 angezeigt. Dieses Programm dient zur Einstellung der ADC-Grenzwerte am Anfang und Ende der Potistellungen "Frequenz grob" und "Frequenz fein", mit Hilfe der vier auf Board 5 befindlichen Spindeltrimmer.

FG-Anfang

Es wird abgefragt, ob der ADC1-Wert des Potentiometers "Frequenz grob" kleiner als 400 ist. In diesem Falle wird der eingestellte ADC1-Wert und die dazugehörige Frequenz in einem temporären Speicher abgelegt. Bei einem ADC1-Wert über 400 wird das Speichern verhindert. Stattdessen erscheint im Display "ADC-Wert zu groß."

FG_Ende

Es wird abgefragt, ob der ADC1-Wert des Potentiometers "Frequenz grob" größer als 3800 ist. Ja - ADC1-Wert und die dazugehörige Frequenz werden im temporären Speicher abgelegt. Nein - so wird das Speichern verhindert und im Display erscheint "ADC-Wert zu klein."

FF-Anfang

Es wird abgefragt, ob der ADC2-Wert des Potentiometers "Frequenz grob" kleiner als 400 ist. Ja - ADC2-Wert und die dazugehörige Frequenz werden im temporären Speicher abgelegt. Nein - so wird das Speichern verhindert und im Display erscheint "ADC-Wert zu klein."

FF_Ende

Es wird abgefragt ob, der ADC2-Wert des Potentiometers "Frequenz grob" größer als 3800 ist. Ja - ADC2-Wert und die dazugehörige Frequenz werden im temporären Speicher abgelegt. Nein - so wird das Speichern verhindert und im Display erscheint "ADC-Wert zu klein."

Berechnung

Aus den Anfangs- und Endfrequenzen sowie aus den Anfangs- und End-ADC-Werten wird ein ADC-Korrekturwert errechnet, welcher die Schrittweite der Frequenz/Digit-ADC-Änderungentspricht, in das EEprom gespeichert, für beide ADCs getrennt. Diese Korrekturwerte werden in den Potentiometer-Abfrageroutinen zur Frequenzschätzung benötigt.

Im Normalfall wird im Display in der obe-



Bild 33: Spektrumanalysator von Vorne mit neuem Display

ren Zeile die Frequenz angezeigt, deren Auflösung direkt von der Torzeit abhängt (100 kHz bis 100 Hz). In der unteren Zeile steht links, ob der interne Quarzofen warm ist oder heizt. In der Mitte der unteren Zeile steht, ob sich der Messpunkt in der Mitte des Bildschirmes oder links am Bildschirm befindet. Rechts in der unteren Zeile wird angezeigt, ob der interne Oszillator oder ein externer Oszillator als Referenzfrequenz verwendet wird.

Die genauen Positionen für die Messung auf der horizontalen Achse lassen sich mit zwei Spindeltrimmern auf Board 4 einstellen.

Auf Board 4 wird durch die Messung des



Bild 34: 504 MHz-Teiler eingebaut Stromes die Information gewonnen, ob der Quarzofen kalt (ca. 400 mA) oder warm (etwa 120 mA) ist und dem Prozessor mitgeteilt.

6. Einbau ins Gerät

Zum Einbau des Frequenzzählers muss die komplette Fronteinheit des TAKE-TA Riken 4113 ausgebaut werden (**Bild 33**).

Die Vorteiler wurden an den Stellen platziert, an denen die Frequenzen greifbar sind. Sie sind entsprechend mit SMA- bzw. SMB-Steckverbindern ausgestattet und können somit direkt an den entsprechenden Baugruppen angeschlossen werden. Der Quarzofen befindet sich aus Platzgründen an der Rückseite des Gerätes.

Eine zusätzliche Bedien- und Progammierschnittstelle befindet sich gut zugänglich an der Seite des Gerätes (**Bilder 36** und **37**).

7. Anpassung an einen anderen Spektrumanalysator

Wer diesen Frequenzähler für ei-





Bild 35: In den Spektrumanalysators eingebautes neues Frequenzzähler-Modul

nen anderen Spektrumanalysator verwenden will, muss ein paar Dinge beachten, auch wenn die Frequenzkonzepte anderer Spektrumanalyzer ähnlich sein dürften.

Grundsätzlich ist dieses Konzept für alle Spektrumanalysatoren verwendbar, die die erste ZF in der Gegend von 2 GHz benutzen, also erster LO 2 bis 4 GHz. Der erste Teiler kann keine wesentlich höheren Frequenzen als 4,5 GHz teilen. Da alle vier Frequenzen gemessen werden, sollten zumindest im Basisband 0 bis 2 GHz keine Schwierigkeiten zu erwarten sein. Der Spektrumanalysator muss die Information, welchen Span man gewählt hat als Binärcode zur Verfügung stellen. Siehe Exceltabelle Bereichswahl Bild 35. Die Zuordnung Span zu Ablaufgeschwindigkeit muss gegebenenfalls im BASIC-Programm angepasst werden.

Die Ablaufgeschwindigkeit bestimmt direkt eine der vier Torzeiten. Weiterhin wird eine Möglichkeit gefordert, den Ablenksägezahn anhalten zu können. Der entsprechende Anschluss wird vom Controller für diesen Zeitpunkt nach Masse gezogen.

Die Ablenksägezahnspannung kann man gegebenfalls auf Board 4 anpassen. Die Potentiometerspannungen von den Einstellern "Frequenz grob" und "fein" werden hochohmig abgenommen. Hier müssen auf Board 5 vermutlich diverse Widerstände geändert werden, damit der volle Einstellbereich der Potis den ADC-Werten 40 bis 4040 entspricht.

Das BASIC-Programm hat einen Umfang von 19 Seiten und kann bei [5] bezogen werden. Bei Interesse an Leiterplattensätzen bitte ebenfalls bei [5] anfragen.



Bild 36: An der Rückwand sieht man den 10 MHz-Referenzoszillator und den 33,3 MHz-Teiler



Bild 37: Programmieranschluss und Taster für Kalibrierung seitlich im Spektrumanalyzer

8. Literatur

[1] http://www.datasheetspdf.com/datasheet/search. ph5[p?sWord=LS7060 [2] https://4donline.ihs.com/images/ VipMasterIC/IC/NECE/NECES00376/NE-CES00376-1.pdf?hkey=EF798316E3902B 6ED9A73243A3159BB0 upb1505

[3] http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21298c.pdf MCP3204

[4] http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheets/208/440356_DS.pdf SDA4212

[5] Kontakt zum Autor Ralph Berres:

hier eine kurze Email-Adresse z.B. DF6WU@gmx.de