 <p>Fachhochschule Jena University of Applied Sciences Jena</p> <p>Fachbereich Elektrotechnik / Informationstechnik</p>	<p>Elektrische Meß- und Prüftechnik</p> <p>Laborpraktikum</p>	<p>Versuch E</p> <p>ET(BA) SS 2011</p>
<p>Signale im Zeit- und Frequenzbereich (FFT)</p>		
<p>Set:</p> <p>Studienrichtung:</p> <p>Teilnehmer:</p> <p>.....</p>	<p>Testat:</p> <p>Verantwortlicher:</p> <p>Datum:</p> <p>.....</p> <p style="text-align: center;">Unterschrift</p>	

1 FFT- und Spektrumanalysatoren

Die meßtechnische Erfassung der Zeitverläufe von Signalen erfolgt im Allgemeinen mittels Analog- bzw. Digitaloszilloskop. Frequenzspektren werden mit Spektrumanalysatoren erfaßt und dargestellt. Prinzipiell sind das Geräte, die innerhalb eines einstellbaren Frequenzbereiches die einzelnen Komponenten eines Spektrums mit Frequenz- und Amplitudenangabe messen.

Der Frequenzbereich moderner Spektrumanalysatoren erstreckt sich heute vom mHz - Bereich bis in den GHz - Bereich. Während im Frequenzbereich bis zu einigen 100 kHz die Spektren der digitalisierten Signale mit Hilfe der schnellen Fourier - Transformation berechnet werden (**FFT - Analysatoren**), werden im Bereich höherer Frequenzen im allgemeinen Filterverfahren verwendet, um eine spektrale Analyse in Echtzeit durchführen zu können.

Die nachstehende Tabelle vergleicht in einer Gegenüberstellung die wesentlichen Eigenschaften beider Analysatortypen :

Eigenschaften	FFT - Analysator	Spektrumanalysator
• Frequenzabtastung	parallel	sequentiell
• Frequenzmeßbereich	DC bis ca. 100 kHz (Spezialgeräte bis 10 MHz)	5 Hz bis 1200 GHz (keine Analyse nahe 0 Hz)
• Amplitudenmeßbereich	+30... ca. -140 dBm	+30... ca. -150 dBm
• kleinste spektrale Auflösung	<< 1Hz	3 Hz
• fehlerfrei zu analysierende Signalform	transient	periodisch
• Meßergebnis	Amplitude u. Phase über Frequenz	Amplitude über Frequenz
• Berechnung von Signalabhängigkeiten (z.B. Korrelation)	ja	nein
• Echtzeitanalyse	ja, mit eingeschränkter Bandbreite	nein
• Vergrößerung der Selektivität	Zeitfenster verlängern	Auflösungsbandbreite verkleinern
• Unterdrückung von Nebenschwingungen	geeignete Fensterfunktion wählen	Reduzierung der Abtastgeschwindigkeit (sweep rate)

Die Domäne und der eigentliche Vorteil digitaler Spektrumanalysatoren, also der FFT - Analysatoren liegt in der Fähigkeit auch nichtperiodische, stochastische Signale spektral zu erfassen und analysieren zu können. Nach erfolgter FFT können weitere mathematische Operationen durchgeführt werden.

Praktische Anwendungsbeispiele von FFT - Analysatoren sind:

- Schwingungsanalyse an Motoren, Generatoren, Turbinen
- Analyse von Nutz- und Störgeräuschen
- allgemeine Signalanalyse

Das Blockschaltbild eines FFT - Analysators ist prinzipiell identisch mit dem Prinzipschaltbild eines digitalen Meßwerterfassungssystems, ergänzt um den FFT - Prozessor (Bild 1); der identisch mit dem Systemprozessor sein kann.

Nach dem Passieren eines Tiefpaßfilters (Antialiasing - Filter), wird das Meßsignal $a(t)$ abgetastet und im A/D-Wandler quantisiert und als Binärzahl kodiert. Die einzelnen Datenwörter werden in einem schnellen Zwischenspeicher abgelegt, auf den der Systemprozessor zugreift und abschnittsweise die Spektren berechnet.

Der Systemprozessor kann aber auch die im Zwischenspeicher abgegebenen Daten der Zeitreihe abrufen und "unverarbeitet" auf dem Bildschirm darstellen. Dadurch läßt sich der FFT - Analysator wie ein Digitaloszilloskop verwenden.

Beide Betriebsarten

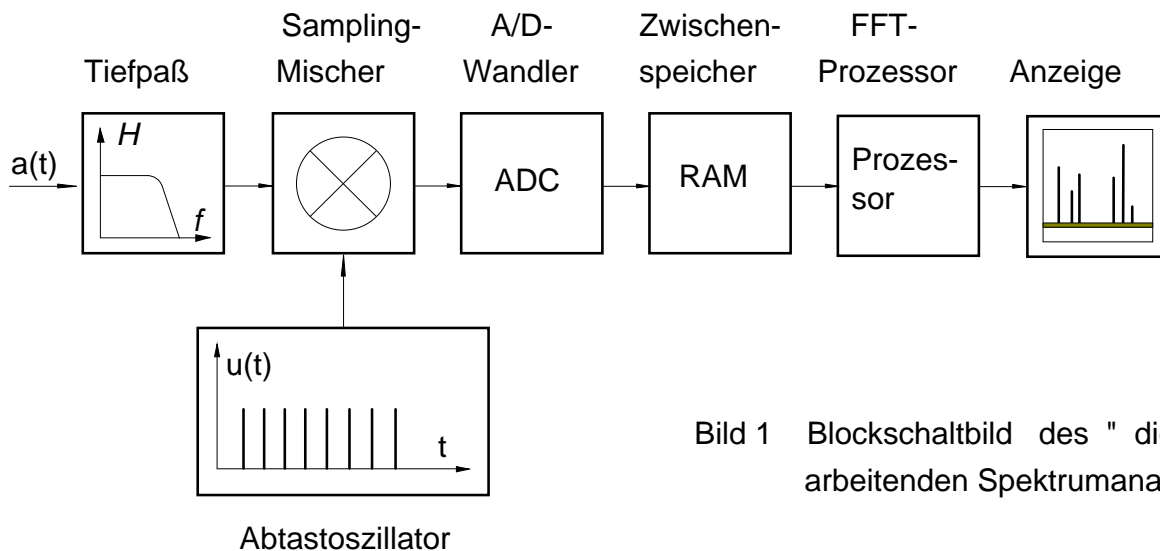
- **die Wellenform – Analyse**

(Digitaloszilloskop, Analyse des zeitlichen Verlaufs der Signale)

- **die Spektralanalyse**

(FFT - Analysator, Erfassung und Darstellung von Signalspektren)

sind im Praktikum am FFT - Analysator (R 9211 B von ADVANTEST) zur Untersuchung vorgegebener Signale anzuwenden.



Die obere Grenzfrequenz des FFT - Analysators ergibt sich aus der Wandlungsrate des A/D-Wandlers, der Wortbreite der A/D - Umsetzung und der Sample- und Hold- Schaltung. Der vom Analysator verarbeitete Dynamikbereich hängt fast ausschließlich vom verwendeten A/D-Wandler ab. So verarbeitet z.B. ein 12-Bit-A/D-Wandler einen Dynamikbereich von 72 dB. Höhere Wortbreiten verringern im Allgemeinen die Verarbeitungsgeschwindigkeit. Demzufolge werden höhere Grenzfrequenzen nur mit geringerem Dynamikbereich (geringere Wortbreite) erkauft. Im Analysator R 9211 findet ein 16-Bit-A/D-Wandler Verwendung. Die garantierte Grenzfrequenz des Gerätes liegt bei 100 kHz

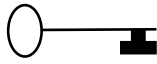
2 Bemerkungen zur Praktikumsvorbereitung

Zur Lösung der eigentlichen Praktikumsaufgaben ist der fachgerechte Umgang mit dem FFT - Analysator und Kenntnisse seiner Bedienung notwendige Voraussetzung.

Für die Aneignung der entsprechenden Grundfertigkeiten wird hier eine vom Gerätehersteller erarbeitete Anleitung (GUIDE BOOK OPERATION) auszugsweise verwendet. Am Praktikumsplatz liegt das Kapitel 4 aus, das in die Gerätebedienung bei der Wellenform- und Spektrumanalyse einführt.

Da der Text in englischer Sprache geschrieben ist, empfiehlt sich u.U. ein Wörterbuch zum Praktikum mitzubringen!

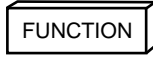
Nachstehend aufgeführte Symbole werden in der Anleitung verwendet:



Mit diesem Schlüsselsymbol sind besonders wichtige Aussagen der Anleitung markiert. (Schlüsselsätze)



Dieses Achtungszeichen markiert in der Anleitung Bemerkungen, die unbedingt zu beachten sind, um Beschädigungen des Gerätes zu vermeiden.



Das Tastensymbol repräsentiert eine auf der Frontplatte des Gerätes befindliche Bedienungstaste (Hardware). Im Text ist die Bezeichnung solcher Tasten in eckige Klammern gesetzt.



Durch Software unterschiedlich belegte Tasten :
unterhalb X SOFT KEY



und
seitlich Y SOFT KEY
vom Bildschirm.

3 Fragen zur Vorbereitung

- 3.1 Erläutern Sie die Funktionsweise eines digitalen Meßerfassungssystems am Beispiel eines Digitaloszilloskops !
- 3.2 Unter welchen Voraussetzungen ist ein digitalisiertes (Meß -) Signal zu rekonstruieren?
- 3.3 Was ist unter FFT zu verstehen?
- 3.4 Wodurch unterscheiden sich FFT - Analysator und Spektrumanalysator voneinander?
- 3.5 Was ist unter dem Aliasing - Effekt zu verstehen?
- 3.6 Erläutern Sie den Begriff der Fensterfunktion !
- 3.7 Was sind Leakage - Effekte?
- 3.8 Erläutern Sie folgende Begriffe :

- Dekade, Oktave, $\frac{1}{3}$ - Oktav- Bandbreite
- absolute Bandbreite, relative Bandbreite
- lineare Frequenzdarstellung, logarithmische Frequenzdarstellung

- 3.9 Charakterisieren Sie die folgenden Spektraldarstellungen :

- komplexes Spektrum
- Leistungsdichte-Spektrum
- einseitige Spektraldarstellung

- 4.10 Was ist ein Histogramm?

4 Versuchsdurchführung

- 4.1 Machen Sie sich mit dem FFT - Analysator bekannt, indem Sie zuerst die Funktion „Calibrating the Instrument“ ausführen.
- 4.2 Schalten Sie als nächstes das Gerät „Buzzer“ auf „off“
- 4.3 Verwenden Sie den FFT- Analysator zunächst als Digitaloszilloskop! (vergl. GUIDE BOOK OPERATIONS: Waveform Measurement Tutorial)
- 4.3.1 Stellen Sie 2 Perioden einer Sinusfunktion, ($f = 2 \text{ kHz}$, Amplitude 1 V) im Zeitbereich auf dem Bildschirm dar.
Sondieren Sie dabei die Auswirkungen der Parameterveränderungen "Sample Rate" und "Frame Time" (Länge der Aufzeichnung)!
- 4.4 Verwenden Sie den FFT - Analysator zur Spektralanalyse (FFT) eines zeitlich unbegrenzten Rechteck - Signalverlaufs. (Parameter wie unter 4.3.1, externes Signal! vergl. GUIDE BOOK OPERATIONS: Spektrum Measurement Tutorial).
Plotten Sie das Ergebnis aus!
- 4.4.1 Wählen Sie zur Darstellung einen geteilten Bildschirm, wobei in der oberen Bildschirmhälfte die Darstellung im Zeitbereich, und in der unteren Bildschirmhälfte die spektrale Darstellung erfolgen soll. Plotten Sie das Ergebnis aus!
- 4.4.2 Untersuchen sie die Unterschiede im spektralen Verhalten von Sinus-, Rechteck- und Dreieckfunktionen (Frequenz jeweils 2 kHz ; Amplitude jeweils 1 V).
Plotten Sie die Ergebnisse und erläutern Sie was in den Diagrammen zu sehen ist.
Stellen Sie Ihre Schlussfolgerungen und Erkenntnisse dar.
- 4.5 Untersuchen Sie die Histogramme von Sinus-, Rechteck- und Dreieckfunktion !
Plotten Sie Ihre Ergebnisse und erläutern Sie was in den Diagrammen zu sehen ist.
- 4.6 Stellen Sie das Histogramm des mit dem internen Generator des FFT - Analysators erzeugten Rauschsignals (RANDOM) dar.
Plotten Sie Ihre Ergebnisse und erläutern Sie was in den Diagrammen zu sehen ist.
- 4.7 Untersuchen Sie die rauschmindernde Wirkung des Averaging am Beispiel der spektralen Darstellung eines Rechtecksignals ($f = 2 \text{ kHz}$, Amplitude 1 V), indem Sie das Ausgangsspektrum (ohne Averaging) und das gemittelte Spektrum nach der 32. Iteration ausplotten.
Ermitteln Sie das Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) vor und nach der Signalbearbeitung.
Erläutern Sie Ihre Erkenntnisse.
5. **Literatur:** Anonymus: Firmendruckschriften ADVANTEST: Rohde & Schwarz
Best, R.: Digitale Meßwertverarbeitung - München, Wien: Oldenbourg 1991

Anhang 1

GUIDEBOOK R 9211 B

Das Guidebook finden Sie unter:

http://www.et.fh-jena.de/labore/mt/Geraete/R9211/R9211_Guidebook.pdf

Weiterhin liegt es am Laborplatz aus!