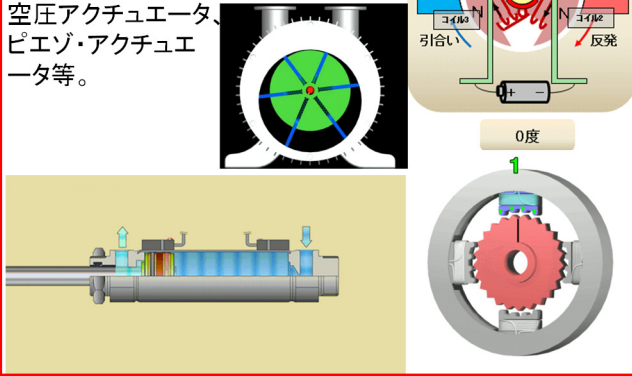


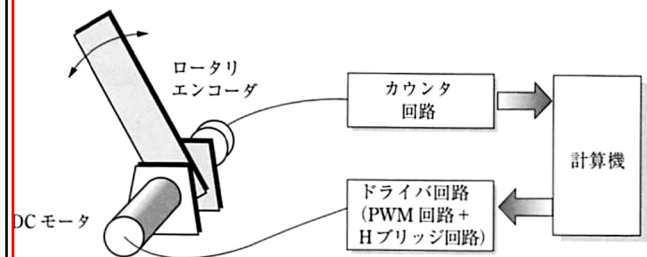
前回の復習:

ロボットで利用されるアクチュエータ:
直流(DC)モータ、ステッピングモータ、
空圧アクチュエータ、
ピエゾ・アクチュエータ等。



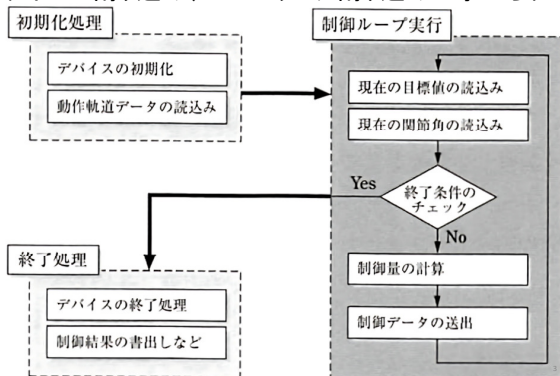
前回の復習: ロボットハードウェアの構成例:

- 関節制御ハードウェアの例
- 関節軸には、DCモータ & ロータリエンコーダを配備
- 計算機よりPWM+Hブリッジ回路を通じモータを駆動
- 回転角をロータリエンコーダで検知して制御



前回の復習: ロボットソフトウェアの構成例:

- 多くのリアルタイム制御が求められる (組み込みソフト)
- タイマー割り込み、ハードウェア割り込みが求められる



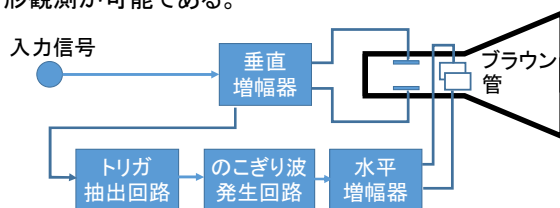
前回の復習: 電子計測器:

デジタルマルチメータ (Digital Multi Meter: DMM)、エレクトロメータ (Electrometer)、ナノボルトメータ、ピコアンメータ、ユニバーサルカウンタ (Universal counter)、ファンクションジェネレータ (Function Generator)、定電流電源、LCRメータ等



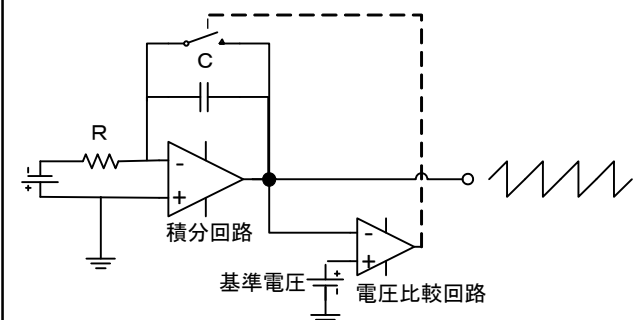
電子計測器: (アナログ)オシロスコープ:

- X軸に周期的な鋸波を入力し、Y軸に観測したい電気信号を入力して、ブラウン管(CRT)上にその波形を映し出して観測する。
- 直流から数GHzまでの帯域の波形観測が可能である。

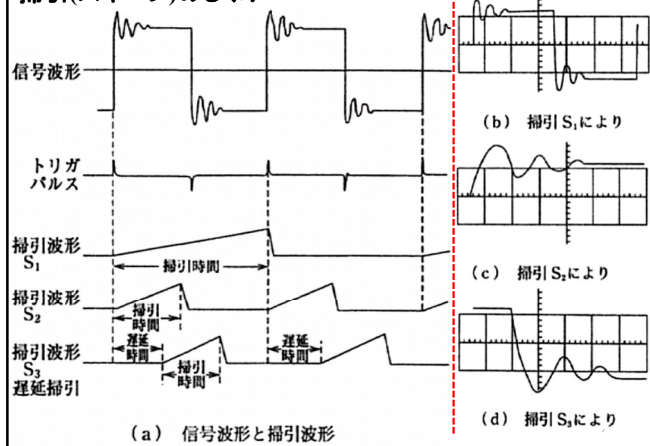


鋸波発生回路:

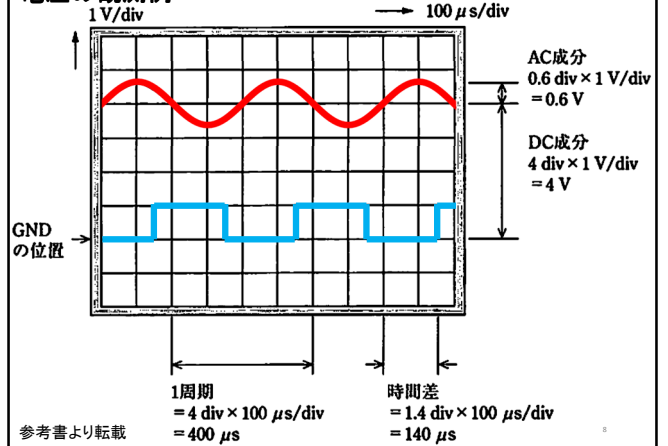
定電圧を積分して出力電圧を上昇させる。出力電圧が最大値(基準電圧値)になったら、スイッチを閉じてコンデンサを放電させて、最小値に戻す。



掃引(スイープ)のしくみ:

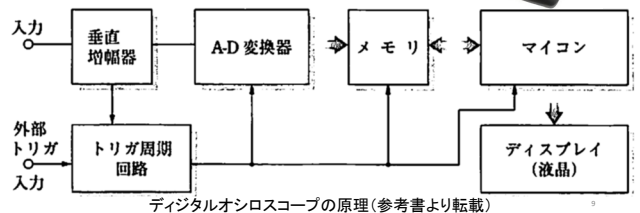
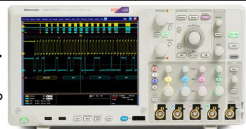


電圧の観測例:



デジタルオシロスコープ:

一定の時間間隔でアナログ信号をサンプリングしてデジタルに変換する。それを波形データにしてディスプレイに表示。同期加算技術でS/N比の改善も可能。トリガ以前の波形を観察できるプリトリガ機能を持つものもある。現在ではほぼすべてこのタイプ。



電子計測器: オシロスコープの基本的な使用法



トリガ信号:

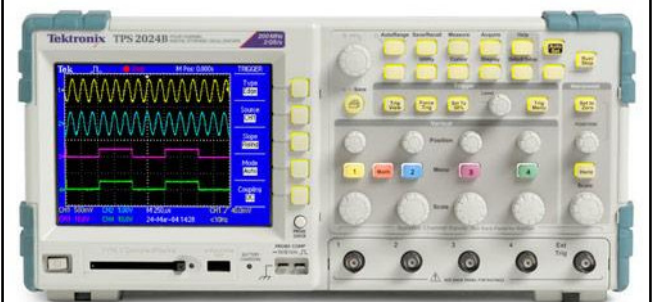
周期的な入力信号の波形を静止させて観測するために用いる。トリガ信号が閾値を超えると掃引を開始する。トリガ信号をどこから得るかに応じて3種の方法がある。

- 内部トリガ(INT): 基本。入力信号をトリガに使う
- ライントリガ(LINE): (50または60Hz)電源をトリガに使う
- 外部トリガ(EXT): 外部からトリガ信号を供給

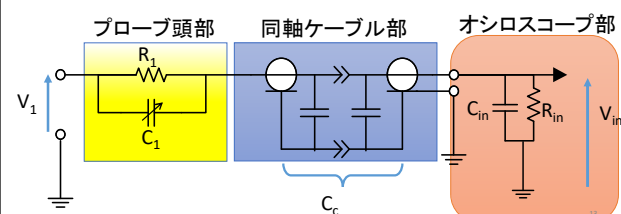
トリガモード:

- AUTO: トリガ条件が一致しない場合自動掃引
- NORMAL: トリガ条件が一致したときのみ掃引
- SINGLE: トリガ条件が一致したときのみ1回だけ掃引

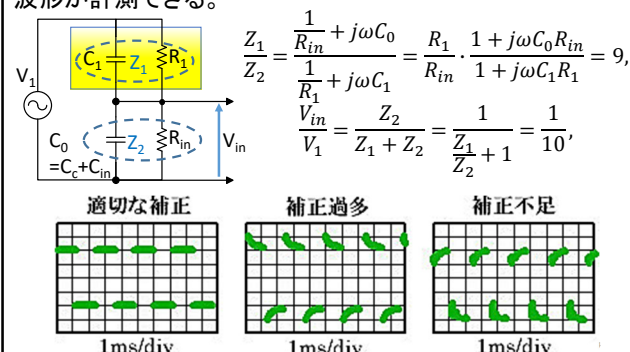
トリガの説明:



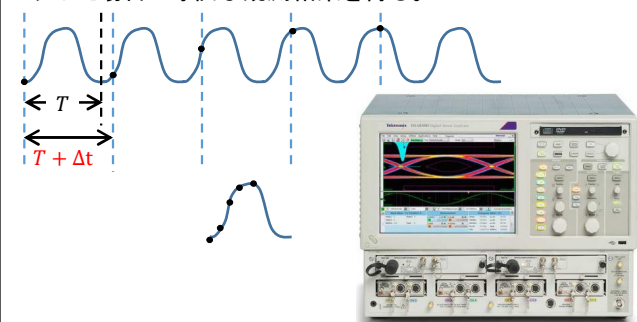
プローブ: アッテネータ(減衰器)として動作する10:1の受動電圧プローブが多く使用されている。10:1では、測定する電圧がプローブによって1/10にされてからオシロに入る。通常、オシロの入力インピーダンスは $R_{in}=1M\Omega$ 程度の抵抗と $C_{in}=20pF$ 程度の容量が並列に存在していて、これが高周波数の波形計測に悪影響を与えることがある。



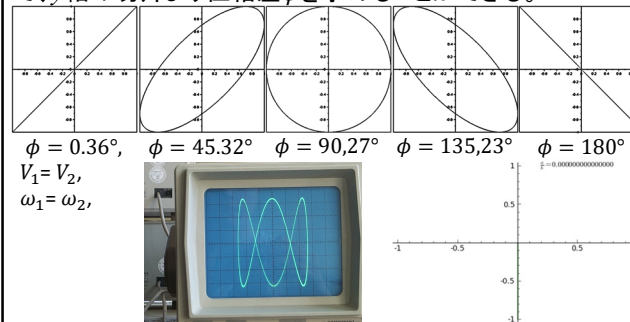
しかし、 $R_1=9M\Omega$ のプローブをオシロスコープに繋げて、 $C_1R_1 = (C_{in} + C_c)R_{in} \equiv C_0R_{in}$ となる様に、可変コンデンサ C_1 の値を調整すれば周波数 ω の影響を打ち消して正確な波形が計測できる。



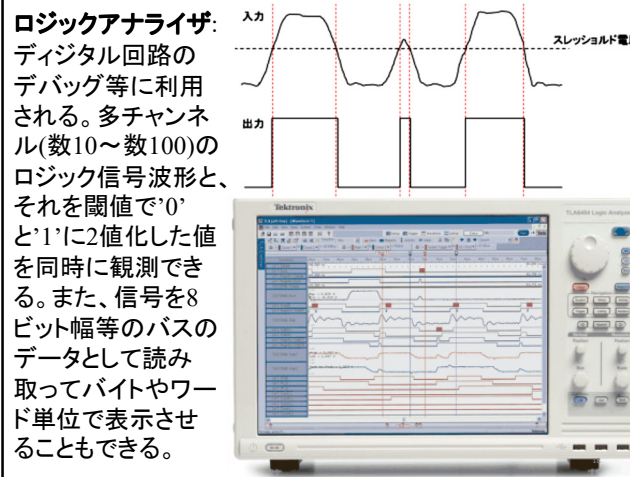
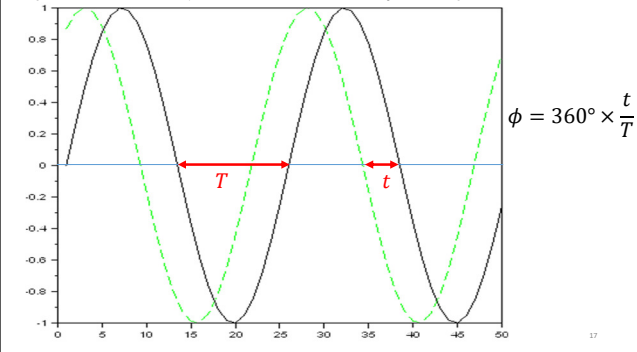
サンプリングオシロスコープ: 対象となる測定系の周波数が高過ぎて(周期 T が短過ぎて)、時間間隔 Δt でのサンプリングが困難なとき、 $T+\Delta t$ あるいは $nT+\Delta t$ (n は整数)の時間間隔でサンプリングすることによって原波形を Δt 毎にサンプリングした場合と等価な観測結果を得る。



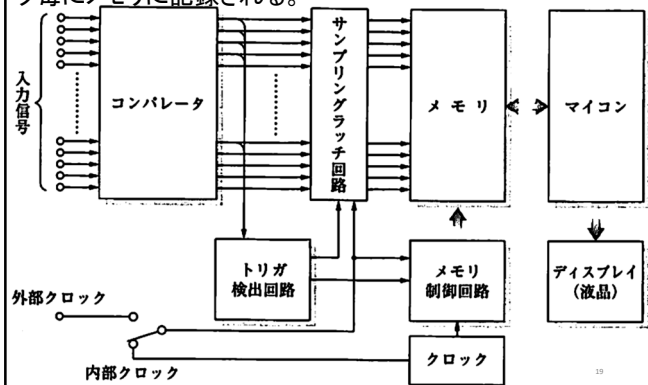
位相計測: オシロスコープの2つ入力を、 $x = V_1 \sin \omega_1 t$, $y = V_2 \sin(\omega_2 t + \phi)$, とx軸、y軸に割り当てるとリサージュ図形(Lissajous figure)を描くことができる。 $t = 0$ のとき、 $x = 0$, $y = V_2 \sin \phi$,なので、y軸の切片より位相差 ϕ を求めることができる。



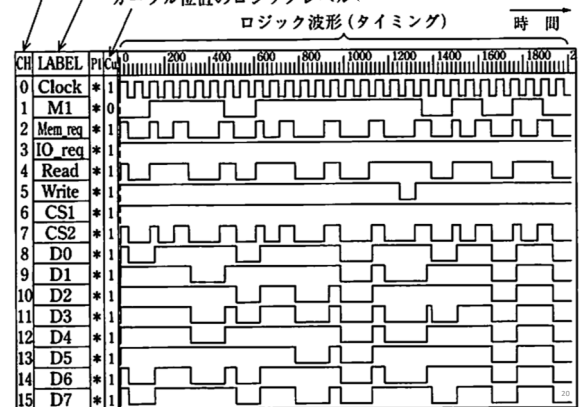
時間差による位相差計測: 2現象オシロスコープ(入力が2つある)で周波数が同じ2つの波形を同時にディスプレイに表示させると、両方の波形の位相差を読み取ることができる。トリガーはいずれかの波形に合わせる。



ロジックアナライザの基本構成: 信号は比較器(コンパレータ)で2値化され、トリガ発生後から指定時間まで、1クロック毎にメモリに記録される。



ロジックアナライザの表示: タイミング表示
CH 番号 CH につけた名前
カーソル位置のロジックレベル(主にハードウェア解析)



ロジックアナライザの表示: ステート表示
(主にソフトウェア解析)

Cursor Label : Code	ADDRESS Bin	DATA Bin	STATUS Bin	
1000	11010	00	110011000011	← 各 CH のデータを 2進表示
1001	11010	01	110011000011	
1002	11111	10	110011000011	
1003	11111	01	110011000011	
1004	11111	01	110011000011	
1005	11010	01	110011000011	
1006	11010	01	110011000011	
1007	11100	01	110011000011	
1008	11010	01	110011000011	
1009	11010	01	110011000011	
1010	11111	01	110011000011	
1011	11111	01	110011000011	
1012	11111	00	110011000011	
1013	11010	10	110011000011	
1014	11010	10	110011000011	
1015	11100	10	110011000011	
1016	11010	01	110011000011	
1017	11010	01	110011000011	
1018	11010	01	110011000011	
1019	11010	10	110011000011	
1020	11010	10	110011000011	

時間 ↓

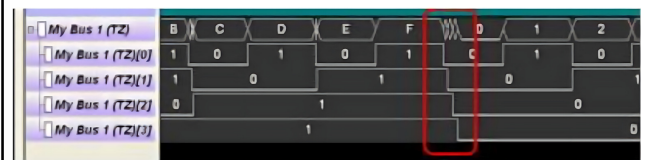
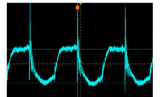
5 bit

2 bit

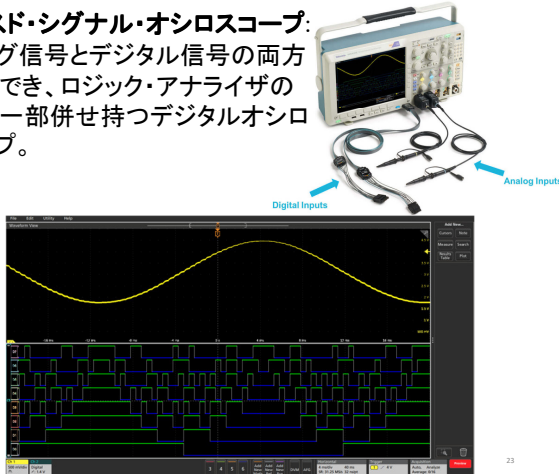
12 bit

サンプリングモードとラッチモード:

- サンプリングモード: 供給されるクロックのタイミングで信号がメモリに取り込まれる。ステート表示で使用する。ソフトウェアのデバッグに有効である。
- ラッチモード: 信号線に含まれるヒゲ(グリッチ)などを検出するために、全ての信号がリアルタイムでメモリに取り込まれる。タイミング表示で使用する。ハードウェアのデバッグに有効である。

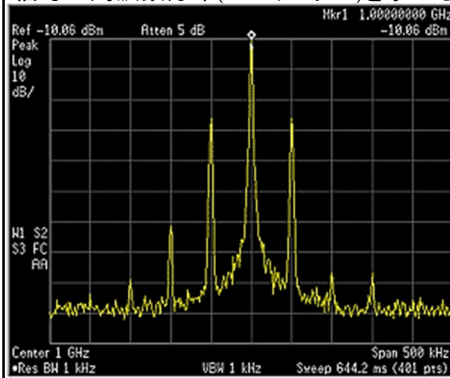


ミックスド・シグナル・オシロスコープ: アナログ信号とデジタル信号の両方を表示でき、ロジック・アナライザの機能を一部併せ持つデジタルオシロスコープ。



スペクトラムアナライザ:

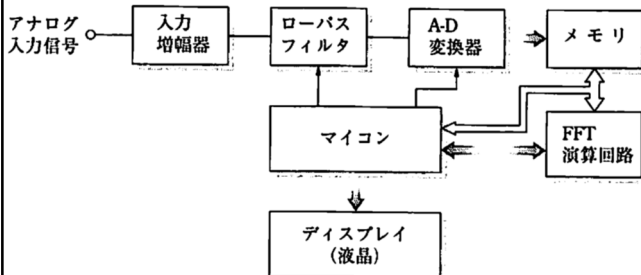
時間波形の信号を高速フーリエ変換(次回参照)することで、信号の周波数分布(スペクトラム)を求めることができる。



例えば
Span500kHzと設定すると、1Divは50kHzになり画面の水平軸の右端から左端までが500kHzに設定される

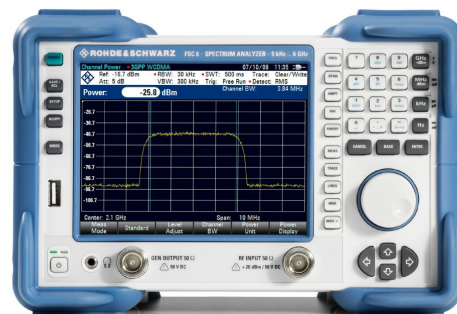
ディジタルスペクトラムアナライザの構成:

アナログ入力信号は、解析可能周波数以下を通すローパスフィルタを通った後デジタルデータに変換されメモリに記録される。それを高速フーリエ変換(FFT)したものがディスプレイに表示される。



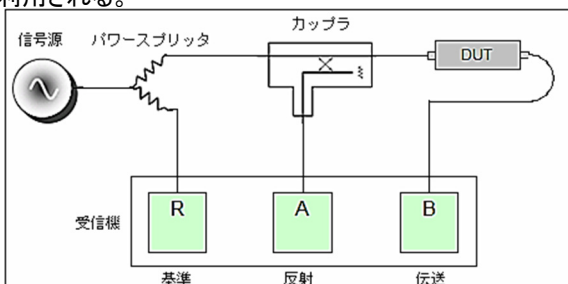
25

スペクトラムアナライザの解説:



26

ネットワークアナライザ: 高周波電子回路網の通過・反射電力の周波数特性を測定する測定器。回路のインピーダンス整合の確認や伝送ケーブル内での反射箇所の特定などに利用される。



S_{11} (反射) = A/R : 入射信号に対する反射信号の大きさと位相の変化量
 S_{21} (伝送) = B/R : 入射信号に対する伝送信号の大きさと位相の変化量

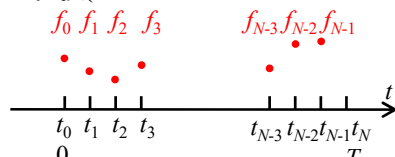
ネットワークアナライザの解説:



28

次回の予告: 高速フーリエ変換

離散フーリエ変換(Discrete Fourier Transform: DFT):



区間 $[0, T]$ を N 分割した各点 t_i で、サンプリングされた関数値 f_i のフーリエ変換(級数展開)を離散フーリエ変換という。

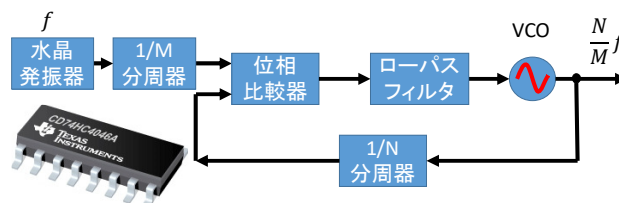
高速フーリエ変換 (Fast Fourier Transform: FFT):

離散フーリエ変換は、大体サンプリング数 N の2乗(N^2)回の掛け算を行う必要がある。しかし、サンプリング数 N が2の乗数(2, 4, 8, 16, ...)の時は、計算量を大幅に減らすことができる。この方法を高速フーリエ変換(FFT)という。

29

(参考)PLL(Phased Lock Loop)の基準周波数の発振:

安定した周波数発振源として広く利用されている。電圧制御発振器(Voltage-controlled oscillator: VCO)は、制御電圧で発振周波数を変えられる発振器である。



32