

8 章 計数回路・分周回路とその実験

8. 1 カウンタとは

デジタル回路には、パルス数を（計数）回路があり、その回路を計数回路（Counter: カウンタ）といいます。数えた結果をどのように出力するかによって計数回路と分周回路（Divider）とに大きく分けられます。

カウンタの基本構成は、フリップフロップ（FF）です。基本方式には2進方式カウンタ（Binary Counter）があります。この2進方式は、入力にパルスが入る毎に反転するT-FFを基本素子として使用しています。

図8-1は、T-FFを2段接続した（4進リプル）カウンタです。

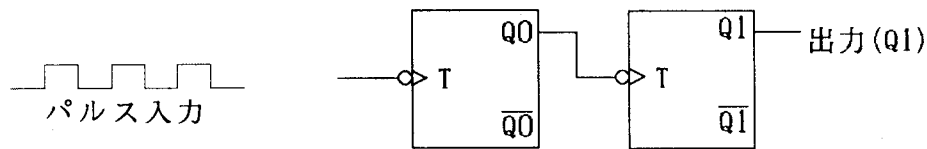


図8-1 カウンタの基本方式

図8-2は、JK-FFでT-FFを構成したものです。

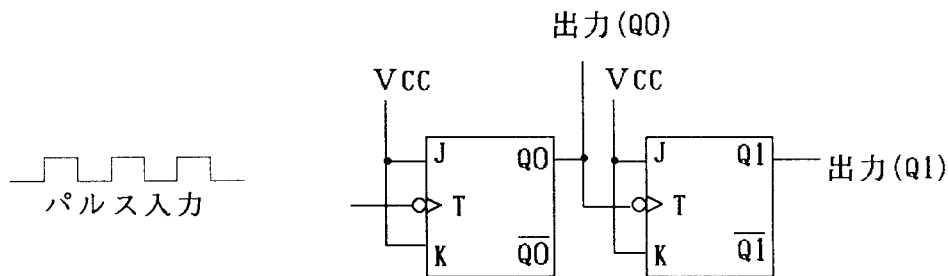


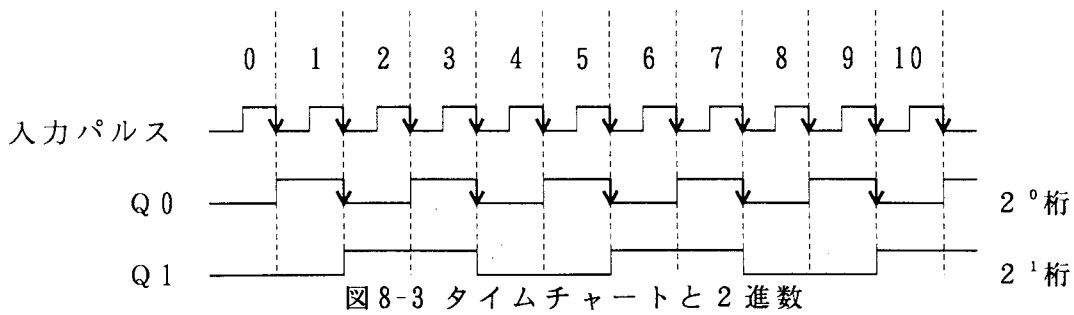
図8-2 JK-FFによる基本カウンタ

この回路の動作概要は、1段目のFFはパルス入力が入れば、そのパルスの立ち下りのタイミングで出力Q0は反転します。2段目のFFについても同様に、Q0の出力パルスの立ち下りのタイミングで出力Q1は反転します。

図8-3は、そのタイミングチャートです。

タイミングチャートから、FFを2段接続すると、初段のFFは 2^0 の桁、2段目のFFは 2^1 の桁となり、2進数2桁で扱える $00_{(2)} \sim 11_{(2)}$ まで数えるカウンタとなることがわかります。

このことから、3段接続すると2進数3桁まで数えるカウンタとなります。このようにして、n段のFFを用いると $0 \sim (2^n - 1)$ までの数を数えるカウンタが得られます。



8. 2 カウンタの方式と種類

カウンタ回路の方式としては大きく分けて、非同期式カウンタ (Asynchronous Counter) と同期式カウンタ (Synchronous Counter) があります。

(1) 非同期式カウンタ

非同期式カウンタは、FFを直列に接続して動作させるもので、初段にパルスを加えるとあたかも波が広がるように、動作状態が次々と伝播するところから、リップルカウンタ (Ripple Counter) とも呼ばれます。したがって、8. 1 で述べた T-FF、JK-FF によるカウンタ回路は、この非同期式 (リップル) カウンタです。

図8-4 は、エッジトリガ方式の D-FF を使用した場合と、マスタースレーブ方式の JK-FF を使用した場合の 2 進カウンタを示します。

また、2 進カウンタは、図から出力パルスが入力パルスの $1/2$ となっていることから、分周回路としても用いられることがわかります。

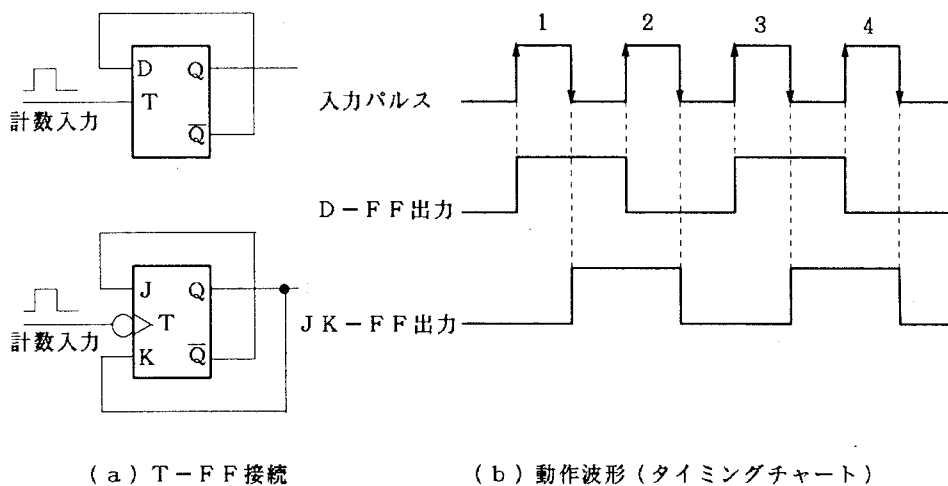


図8-4 2進カウンタと1/2分周回路

(2) 同期式カウンタ

非同期式カウンタの説明では、出力におけるFFの動作時間の遅れについて述べませんでしたでしたが、実際にはFFには非常に短い時間ですが、入力にパルスが入ってから出力が変化するまでには、図8-5のように遅れ時間(Δt)があります。

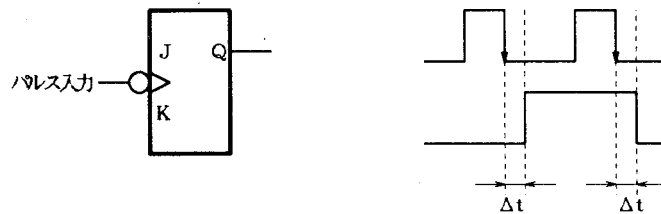
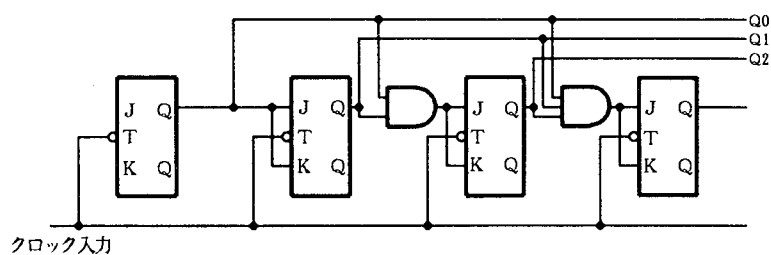


図8-5 FFの時間遅れ

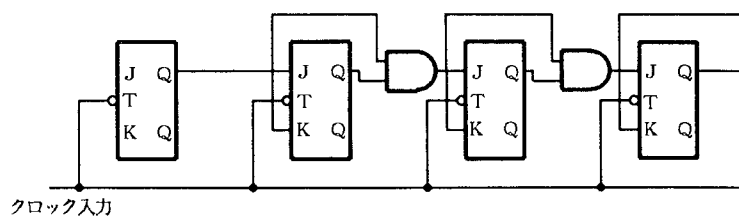
そのため、 n 個のFFを直列に接続した 2^n 進カウンタにおいては、初段のFFの出力 Q_0 では、入力パルスに対して Δt だけ遅れ、さらに2段目のFF1の出力 Q_1 では、初段の出力 Q_0 に対して Δt 遅れることとなります。したがって、 n 段目の出力 Q_{n-1} では入力パルスが入ってから $n \times \Delta t$ だけ遅れることになり、段数が増えるとその遅れが累積されていき無視できなくなり、高速では動作ができなくなります。したがって、非同期式のカウンタを使用するときは、このような時間の遅れ動作に気をつけなければなりません。

これに対し同期式カウンタでは、全ての段のFFが同時に動作するのでほとんど時間遅れを生じません。したがって同期式カウンタは、瞬時動作カウンタともいわれ、高速カウンタに適しています。

図8-6(a)は、JK-FFで構成した同期式16進カウンタです。その動作概要は、前段のFFの全ての出力と入力パルスとのANDをとって、次段の入力パルスとしています。この方式は、動作速度が早く高速のカウンタに適しますが、後段になるほどANDゲートの入力数が多くなるので、動作速度を多少犠牲にして、回路構成を単純化した回路が図8-6(b)です。



(a) JK-FF (高速型)



(b) JK-FF (低速型)

図8-6 同期式 2^n 進カウンタ

8. 3 分周器（ディバイダ）の働き

カウンタは入力パルス信号の周期を n 倍（ n :自然数），周波数を $1/n$ とする分周器（Divider）としての働きもします。

図8-7 は、 2^3 進カウンタのタイムチャートを示します。

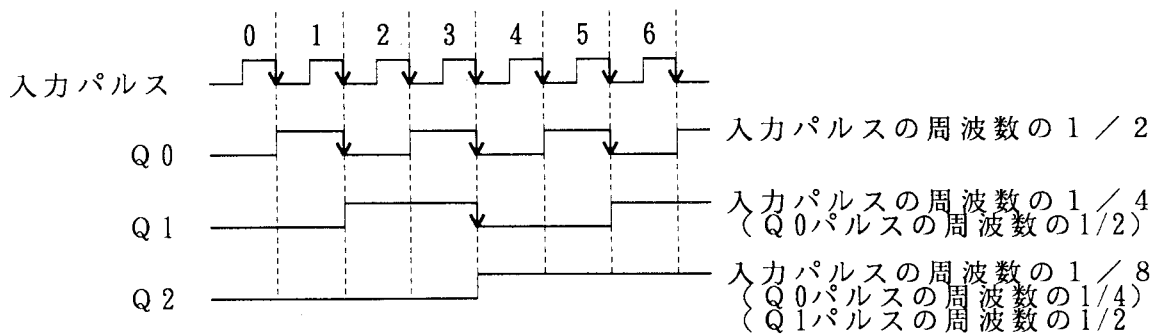


図8-7 2^3 進カウンタのタイムチャートと分周

一般に、 2^n 進カウンタの各FFの出力パルスは、入力パルスの周波数に対して、初段FFより $1/2$ ， $1/4$ ， $1/8$ ，……， $1/2^n$ となります。

【参考】カウンタICの代表例 SN7490

SN7490は、SN7493と同じようにフリップフロップ1段（ Q_A ）と、フリップフロップ3段（ Q_B 、 Q_C 、 Q_D ）からなる5進カウンタとで構成されているもので通称10進（2進×5進）カウンタと呼ばれているものです。

INBに入力を加えるとFF_b、FF_c、FF_dは5進カウンタとして働き、またINBと Q_A とを接続しておくとFF_a～FF_dは、10進カウンタとして働きます。

そして、 $R_{0(1)}$ 、 $R_{0(2)}$ をとともにHにするとクリアがかかり、 $R_{9(1)}$ と $R_{9(2)}$ をとともにHにすると Q_D ～ Q_A が9(1001)の状態にセットされるようになっています。

