

[F18p32]

TIMING CONTROL OF THE KEKB INJECTOR TRIGGER SYSTEM

Urano T. and Furukawa K.

Accelerator Laboratory, KEK

Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken 305-0801, Japan

Abstract

The new trigger system of the KEKB injector has been used in the single-bunch operation started in October 1997. Line-locked 50pps are synchronized with accelerating frequencies both of the injector and of the KEKB ring, then are distributed and delayed by each CAMAC delay module using a 571.2MHz clock up to 115 μ s. Delay modules are controlled with Ethernet/CAMAC crate controllers from a control network. Components in hardware and software of the timing control are described.

KEKB入射器トリガー系のタイミング制御

1. 新トリガー系による入射器の運転

97年10月から始まったKEKB入射器の運転では、入射器の加速周波数2,856MHzに同期したトリガー系が用いられ、単バンチビーム加速が行なわれてきた。98年秋からのKEKB運転では、入射器のトリガー系は上記2,856MHz以外にさらにKEKBリングの加速周波数である508.9MHzにも同期して運転され、入射器の単バンチビームがリングの単一パケットの中心位相に入射される。

2,856MHzと508.9MHzとの同期は、お互いの周波数比が275:49（共通のサブハーモニクスは10.385MHz）であることを利用して、2,856MHzの5分の1の571.2MHzをマスターとして通倍と分周とにより作られている。10.385MHzをリングのパケット数(5,120)で割った信号(約2kHz)に入射器の加速ビームを同期させることにより、このビームは入射器の加速周波数、リングの加速周波数、さらにリングの旋回周波数のいずれにも同期することになる¹⁾。

クライストロン電源が50pps（現在は25pps）で運転される入射器のトリガー系は、まず交流電源に同期させて50ppsパルスを作り、これを上記2kHzに同期させた後、571.2MHzを遅延クロックとして必要な遅延時間を作り出すことにより、各種パルス動作機器のトリガー信号を作り出している。遅延時間としては1モジュールで最大115 μ sまで可能な遅延モジュールを使用している。上記50pps信号(2kHz同期)と571.2MHzは、前者に

同期して後者の1周期だけ振幅を大きくした信号としてメイン・トリガー・ステーションで合成して、入射器の各サブ・トリガー・ステーションに配っている。各サブ・トリガー・ステーションでは、この合成信号から両者をそれぞれとりだして遅延モジュールに出力している。

遅延モジュールはCAMACクレートに格納され、Ethernet/CAMACクレート・コントローラを用いて、制御ネットワークから操作される。メイン・トリガー・ステーションにはこの他に、ビーム繰り返しを決めるCAMACモジュールも置かれ、制御ネットワークから操作される。加速ビームは50ppsを分周した繰り返しで加速されるが、この繰り返し周波数に対応したゲート信号が上記トリガー・クロック伝送とは別のラインで、各サブ・ステーションに配られる。

以下、ハードウェアとソフトウェアの詳細を述べる。

2. ハードウェア

トリガー・クロック伝送系

この系はモノサイクル・パルサー、送信機、低ドリフト同軸ケーブル、受信機とからなる。モノサイクル・パルサーは、入射器とリングの加速周波数に同期した50pps信号から、571.2MHzの1周期に相当する信号を作り出す。送信機では、モノサイクル・パルサー出力を増幅された571.2MHzと重ね合わせて、ちょうど571.2MHzの1周期だけ大き

くなった信号として出力する（図1）。ここまではメイン・トリガー・ステーションに置かれている。低ドリフト同軸ケーブルの途中には各サブ・ステーションの近くに方向性結合器があり、ここから取り出された信号は、サブ・ステーション内の受信機で50ppsトリガーと571.2MHzとに分けられ、それぞれ出力分配されて遅延モジュールに渡される。

遅延モジュール

遅延モジュールとしてはTD4 (Timing Delay-4) というCAMACモジュールを用いているが、これはトリスタン加速器で使用されたTD2のクロック周波数を上げたものである。スタート信号（我々の場合50pps）入力後、クロックを最大65,535カウント（571.2MHzでは114.7 μ s）数えた後出力パルスを出すもので、出力パルスのクロックに対するジッターは標準偏差で5.5ps程度である。このモジュールは外部からINHIBIT信号を入力することができ、ここに上記ゲート信号を入力することにより、遅延出力の繰り返しを制御する（例えばビーム繰り返しに同期して出力する）ことができる。

Ethernet/CAMACクレート・コントローラ

これにはHYTEC社のECC1365を使用している。UDP/IPプロトコルでEthernetから直接アクセスするもので、各種ホストコンピュータ用のドライバーが製品として用意されている。

トリガー・ゲート伝送系

メイン・トリガー・ステーションにおいて、例えばビーム繰り返しに対応した数ms幅のゲート信

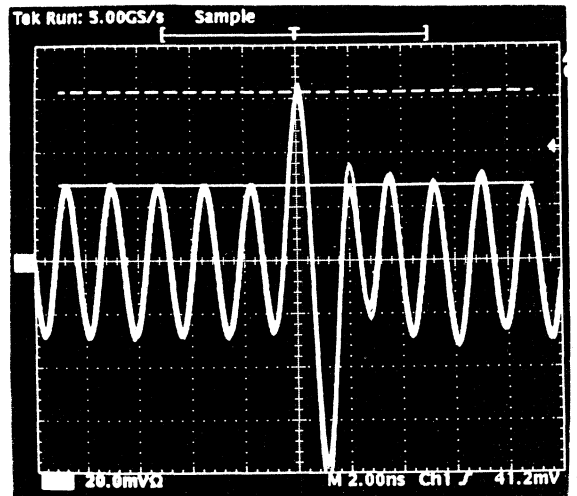


図1 トリガー・クロック伝送信号

号が作られ、電流ループとして制御線を用いて各サブ・ステーションに送られる。各サブ・ステーションでは、これをフォト・カップラーで受け、上記遅延モジュールのINHIBIT信号に変換する（図2）。

このトリガー・ゲート伝送系は独立に4チャンネルを持っているので、ビーム繰り返し以外にも計算機側から制御して、全系に同期ゲート信号を配ることができる。これは例えば、入射器の加速ビーム1パルスに同期したモニター信号収集に利用される。

各トリガー・ステーションのCAMACクレートにはこの他に、タイミング監視用のTDC（Time to Digital Converter、分解能1ns）も置かれ、遅延時間の監視に用いる予定である。

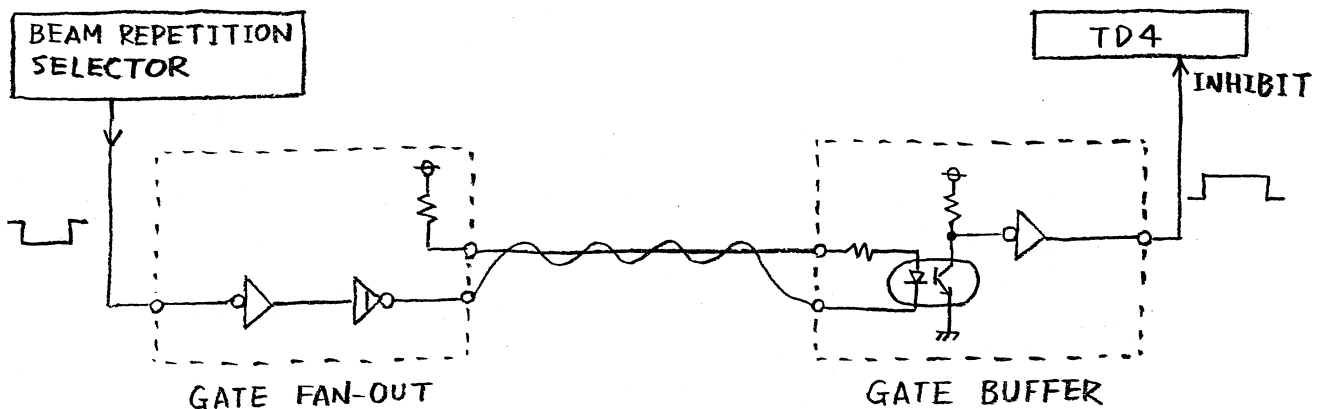


図2 トリガー・ゲート伝送系ブロック図

3. ソフトウェア

現在までのKEKB入射器運転では、上記ECC1365ドライバーソフトを載せたDigital UNIX計算機を制御サーバとして、遅延モジュールの遅延時間制御と、ビーム繰り返し制御を行っている。秋からの運転では、TDCを用いた遅延時間の監視も行う予定である。

遅延時間制御

各遅延モジュールの遅延時間を制御することができるが、通常は主に各クライストロン出力タイミング（加速モード/スタンバイモード）の切り替えに使用されている。各クライストロンのRF入力は、50ppsの各パルス毎に数十 μ sの間隔を持つ2個のパルスからなっており、時間的に早いパルスがビームタイミングに合わせてあるので、こちらのタイミングを選択すれば加速モード、もう片方のタイミングを選択すればスタンバイモードとなる。ビームエネルギーなどから加速に不要のクライストロンをスタンバイモードとすることにより、機器の温度など動作条件を変化させないまま予備機としておくことができ、必要に応じていつでも加速に用いることが可能となる。

入射器で使われている3種類のオペレータ・インタフェース（12インチ・タッチパネル、Windows、X-Window）にトリガー用のパネルも用意されている。図3にX-Window上での操作パネルを示す。

制御サーバとオペレータ・インタフェースなどの運転用ソフトウェア間の通信についてはこれまで使われてきた規約を変更せずに拡張した。また、約15年使われている古い遅延モジュールも一部の遅延時間制御に使用されているが、新しいモジュールと古いモジュールの違いをオペレータ・インタフェースから意識する必要が無いようにしている。

ビーム繰り返し制御

メイン・トリガー・ステーションのビーム繰り返し制御CAMACモジュールの、内蔵分周器の設定値を操作することにより、ビーム繰り返しを変えることができる。入力が50ppsで2分周なら25pps、4分周なら12.5ppsとなる。

現在のところ、繰り返し周波数を選択する操作パネルはX-Window上に用意されている。

参考文献

- 1) Urano T. et al. : Proc. 21st Linear Accelerator Meeting in Japan, Tokyo, 1996, p.201(in Japanese).

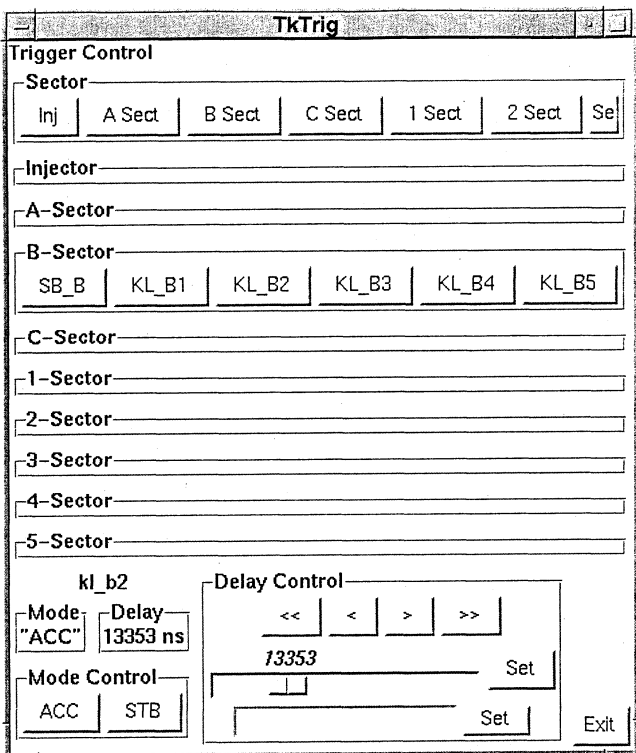


図3 X-Window上でのタイミング操作パネル