

デジタル・タイミングシステム

—同期クロックとパターン化トリガーの伝送による—

1997年6月

核融合科学研究所

小嶋 護

LHD計測タイミングシステムについて

1. はじめに

LHD実験では分散配置された各計測機器に、中央制御タイミングシステムに同期した共通な基準時間が必要となる。実験時に複数の計測機器間でタイミングの同期をとってデータ収集を行う場合や、試験調整時にいくつかの計測機器間で同期をとって補正データの収集を行う場合もある。これらのさまざまなタイミングを正確に発生させるために、同期クロック分配方式のパターン化トリガーによるデジタル・タイミングシステムを開発した。これはタイミング情報をパターン化して1本の光ファイバーケーブルで同期クロックと共に伝送するもので、VME計算機により設定可能な変調器モジュールと復調器モジュールから構成される。1時間以上の長時間放電にも対応しており、正確な計測基準時間を各装置に供給することが可能である。LHD実験では、中央制御タイミングシステムから放電開始2分前に計測基準トリガー信号を受け取り、このタイミングを基準として、あらかじめ復調器に設定された遅延時間経過後にトリガー信号を発生し計測を開始する。加熱タイミングやペレット入射タイミング等は、事前に実験制御計算機からネットワークを通してタイミング情報として与えられる。

2. 基本仕様

LHD装置および周辺装置全体に正確な共通の基準クロックと、基準クロックに同期したトリガーを分配し、各装置間の動作タイミングの同期をとれるようにする。そして各装置や各機器において、実験時に放電シーケンスに同期して動作したり、放電シーケンスとは無関係に個々に、あるいはグループ間で同期をとって動作できるような柔軟なタイミングシステムを構築可能とする。

- 1) 同期クロックおよびパターン化されたタイミング情報（トリガー）を1本の光ファイバーで伝送
- 2) タイミングシステムの構成は、時間同期を考慮したスター型の構成
- 3) 計測基準トリガー信号を動作の時間基準として、あらかじめプリセットされた時間情報に基づいて各機器が動作
- 4) 複数の機器間でタイミングの同期をとって動作が可能で、さらに実験中でも設定により個々に独立した動作も可能
- 5) システム構成機器のすべての機能はVME計算機により制御可能
- 6) 基本動作クロック周波数は1MHz（同期クロックは10MHz）
- 7) 1時間以上の長時間放電に対応した時間設定も可能
- 8) システム構成機器は拡張性のためモジュール化され、出力チャンネル数の増加に柔軟に対応

3. システム構成

LHD実験において各機器の動作タイミングは、実験シーケンスを制御している中央タイミング制御装置から出力される基準トリガーを時間基準として、あらかじめ設定された時間基準からの経過時間により規定される。この基準トリガーが主変調器に入力されると、対応したタイミングメッセージが光ファイバーを通じて全ての復調器に同時に送信さ

れる。図1に全体のシステム構成のイメージを示す。タイミングシステムは階層的にスター状に構成され、各システムの遅延時間を同じにするため、最上位の変調器から各復調器までの光ファイバケーブルの長さの合計が全て同じになるように配線される。

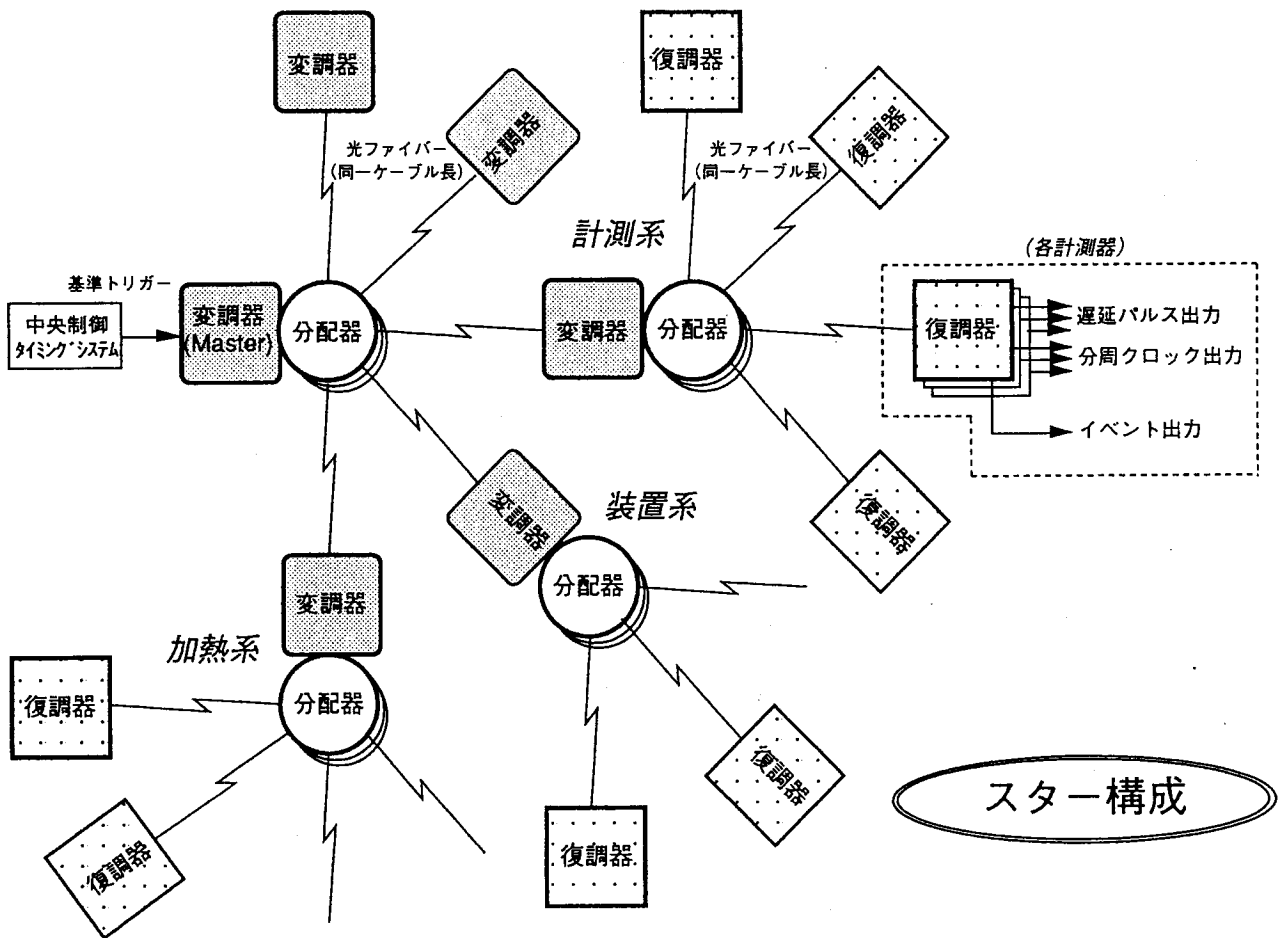


図1. システム構成

図2にハードウェア構成の概要を、図3にタイミング伝送方式を示す。変調器は基本となる10MHzの同期クロックを全ての復調器に分配するとともに、放電2分前の計測基準トリガー信号の入力により、スタート同期ヘッダやトリガーチャネル、イベントタイプ、エラー検出情報を含む32ビットのタイミングメッセージを3回連続して送信する。復調器側ではPLL (Phase Lock Loop) 回路により、この分配されたクロックに同期して全ての動作が行われる。伝送誤りを検出するためにCRCによるエラーチェックを行っており、さらに3回受信したタイミングメッセージのうち1つでも正しいものがあれば有効なメッセージとして処理を行うようになっている。復調器では、計測基準トリガー信号によるタイミングメッセージを受信したときに、VME計算機によりあらかじめ設定されたタイミングで遅延パルス出力などの動作を行う。

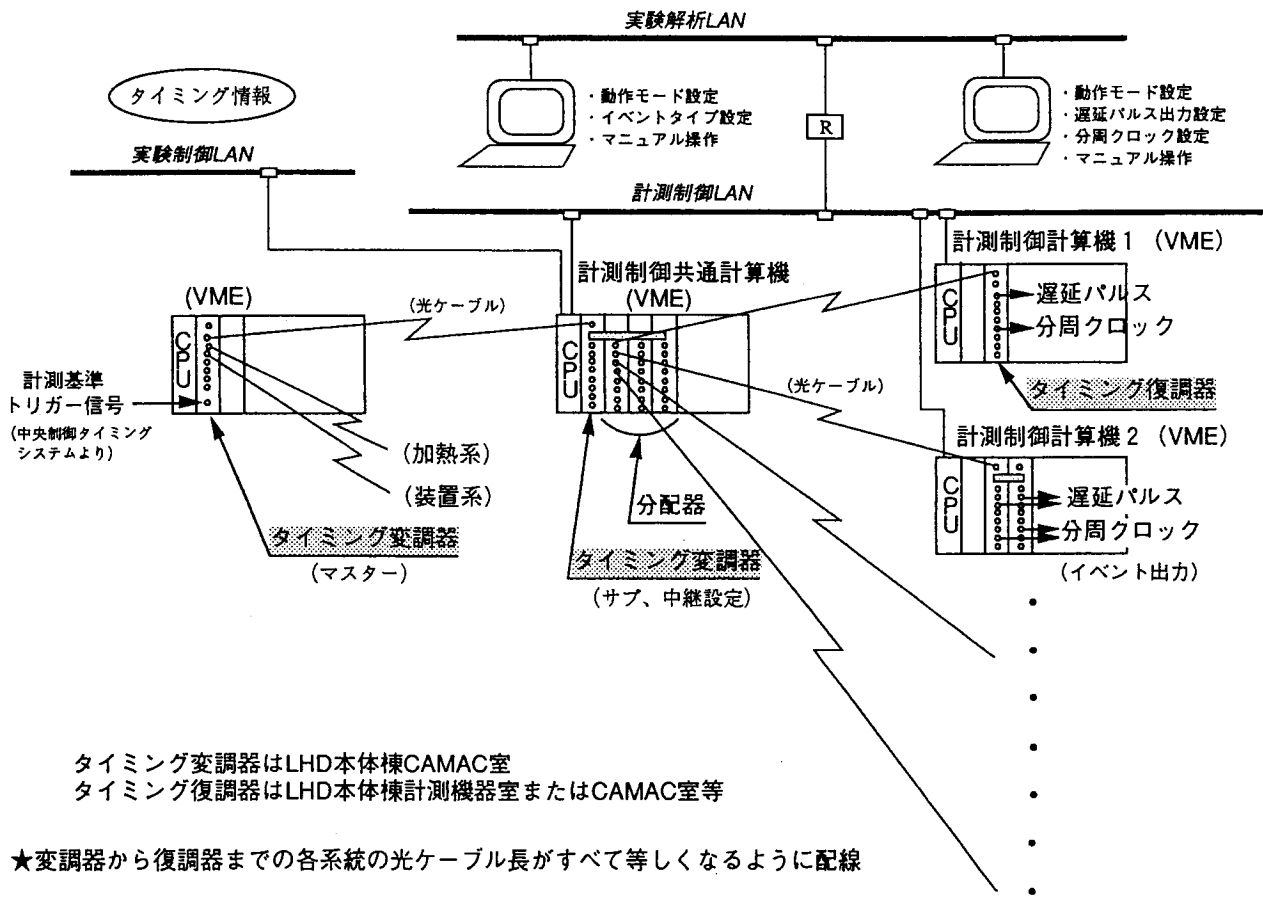
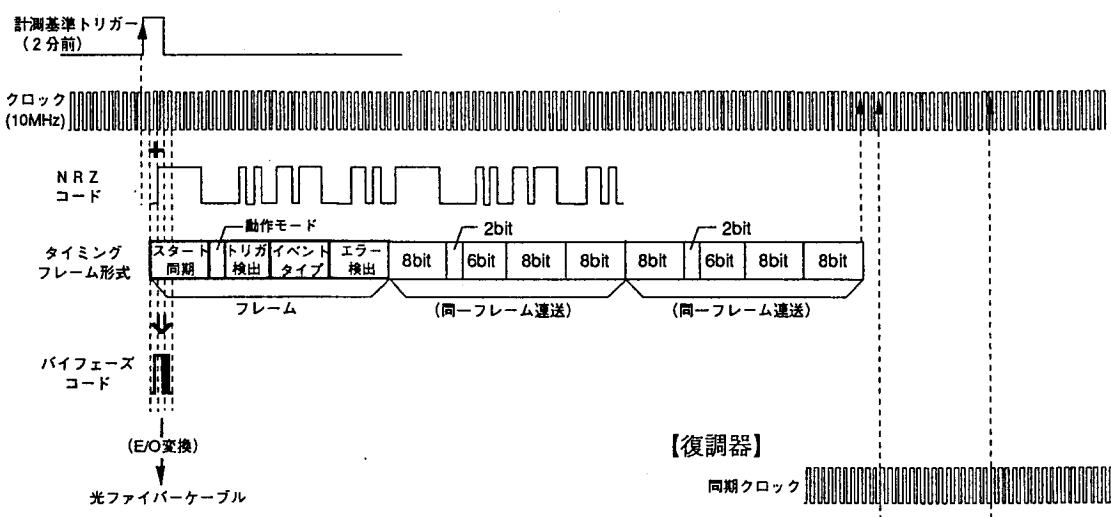
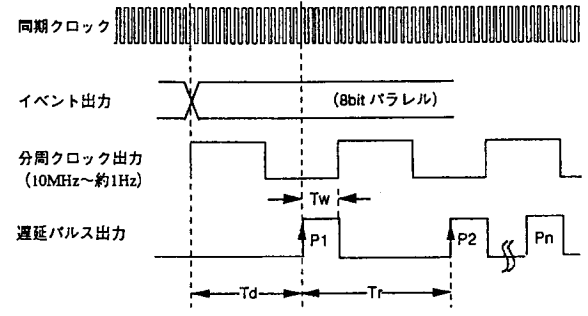


図2. ハードウェア構成の概要

【変調器】



【復調器】



- ◆CRCによるエラー検出と3連送冗長確認方式による確実な動作保証
- ◆復調器の動作開始時間は3回目のタイミングフレーム受信後、内部の処理時間経過後の次のクロックの立ち上がり(約10 μ S後)
- ◆復調器の基本動作クロックは変調器からの同期クロックにPLLにより同期

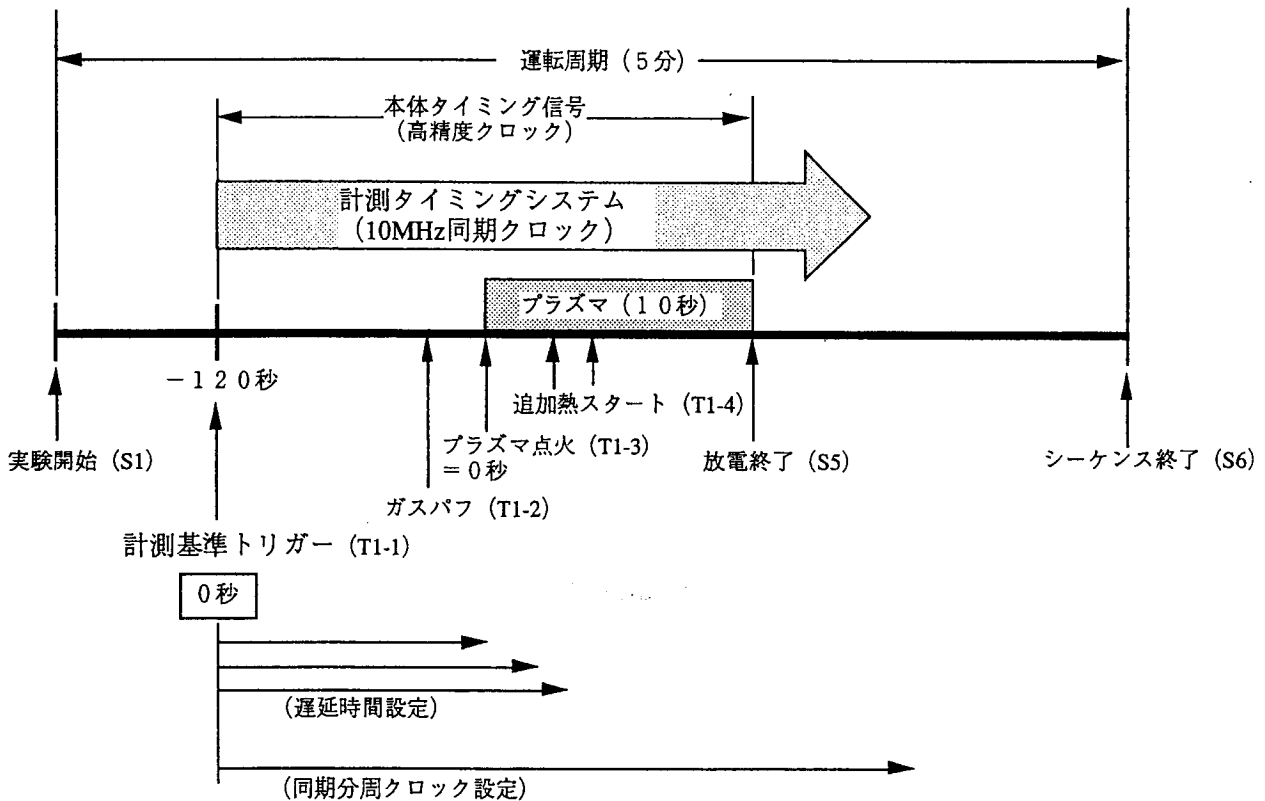
Td: 遅延時間 (32ビットカウンタ) Tw: パルス幅 (32ビットカウンタ)
 Tr: 繰り返し時間間隔 (32ビットカウンタ) Pn: 繰り返し回数 (16ビットカウンタ)

図3. タイミング伝送方式

(参考)

LHD実験における基準トリガー

(通常短パルス放電)



変調器・復調器の説明

タイミング変調器

タイミング情報を与えるトリガー信号の入力により、トリガー信号に対応するパターン化されたタイミングメッセージ（2分前など）を同期クロックにのせて送信します。このときイベント情報（8ビットのイベントタイプ）も同時に送ることができ、復調器側で対応したビット出力が可能です。上位の変調器からのタイミング信号を中継する機能もあり、光タイミング分配器を接続することによって出力チャンネル数を増やすこともできます。また、インヒビット信号の入力（インターロック信号等を入力）により、全ての復調器の出力動作（遅延パルス出力、クロック出力）を停止することができます。ソフトウェアによるマニュアル操作（トリガー、イベント、インヒビット/アンインヒビットの各動作）も行うことができます。

◇入出力信号

- ・トリガー入力（8チャンネル、TTLレベル、正論理）
タイミング時間の基準となる各トリガー信号が入力される
- ・インヒビット入力（1チャンネル、TTLレベル、負論理、ステートレベル信号）
全ての復調器の出力を停止するためのインターロック信号などが入力される
(インヒビット: 「1」 (Lowレベル)、アンインヒビット「0」 (Highレベル))
- ・光変調入力（1チャンネル、FCコネクタ）
中継設定時に上位の変調器から送られてきた光変調信号が入力される
(この入力は最上位の変調器では使用されない)
- ・光変調出力（8チャンネル、FCコネクタ、全て同じ信号を出力）

変調信号の光出力

- ・変調信号拡張出力（4チャンネル）
接続ケーブルにて最大4台の光分配器を接続可能
- ・外部同期クロック入力（1チャンネル、TTLレベル）
高精度クロックのための外部入力（10MHz）
- ・同期クロック出力（1チャンネル、TTLレベル）
同期クロックの出力（テスト用）
- ・セットアップ入力（1チャンネル、TTLレベル、正論理）
シーケンス制御用信号入力
- ・ストップ入力（1チャンネル、TTLレベル、正論理）
シーケンス制御用信号入力

タイミング復調器

変調器からのメッセージ（パターン化されたタイミングメッセージ）を受信して、あらかじめプリセットされた時間設定に従って動作します。内部に発振器（10MHz）を持っており、変調器から送られてくる同期クロックにPLLにより同期して動作します。内部の基本動作クロックは1MHzです。このクロックに同期した遅延パルスや分周クロックの出力が可能で、さらに単独で内部クロックを用いて動作することも可能です。また、変調器から送られてきたイベント情報（8ビットのイベントタイプ）に対応したビット出力も行えます。インターロック信号等を入力するためのインヒビット信号入力や、変調器から送られてきたインヒビットメッセージにより、全ての復調器の出力動作（遅延パルス出力、分周クロック出力）を停止することができます。この動作はアンインヒビット入力により解除され、このときモジュールは初期状態（各設定値がプリセットされ、次のメッセージ待ち状態）に戻ります。変調器と同様にソフトウェアによるマニュアル操作（トリガー、イベント、インヒビット/アンインヒビットの各動作）も行えます。動作モードを設定することにより、受信したメッセージの動作モードと一致した場合のみ動作を行うよう設定することが可能です。

◇入出力信号

- ・光変調入力（1チャンネル、FCコネクタ）
変調器から送られてきた光変調信号が入力される
- ・トリガー入力（1チャンネル、TTLレベル、正論理）
単独で動作させるときのタイミング時間の基準となるトリガー信号が入力される
- ・インヒビット入力（1チャンネル、TTLレベル、負論理、ステートレベル信号）
復調器の出力動作を停止するためのインターロック信号などが入力される
（インヒビット：「1」（Lowレベル）、アンインヒビット「0」（Highレベル））
- ・遅延パルス出力（8チャンネル、TTLレベル、正論理）
あらかじめ選択されたトリガーチャンネル、プリセットされた遅延時間に基づいてトリガーパルスを出力する
1 μ S単位で、約71分まで設定可能
- ・イベントタイプ出力（8ビット、TTLレベル、正論理）
変調器からのイベントタイプのビット出力
- ・同期クロック出力（1チャンネル、TTLレベル）
変調器からの同期クロックに位相同期したクロック出力
- ・分周クロック出力（2チャンネル、TTLレベル）

※各出力はTTLレベルで50オーム負荷をドライブ可能

※分周クロック出力の設定方法は次のレンジと倍率の組み合わせにより設定します。
レンジ：0.1 μ S、1 μ S、10 μ S、100 μ S、1mS、10mS、100mS
倍率：1、2、3、4、5、6、7、8、9

タイミング変調器

8735型

8735型タイミング変調器は、タイミング情報を与えるトリガー信号の入力により、各トリガー信号に対応するパターン化されたタイミングメッセージ（例えば、3分前、30秒前、10秒前、0秒など）を同期クロックにのせて送信します。

上位のタイミング変調器からのタイミング信号を中継したり、分配する機能を持っています。緊急停止などのインヒビット入力により、全てのタイミング復調器の動作（遅延パルス出力、クロック出力など）を停止する事が出来ます。

また、メッセージを中継する機能もっており、この場合中継したメッセージの情報をモニターする事が出来ます。

《 主な仕様 》

基準トリガー入力

入力数 8
 入力レベル TTL正論理パルス
 入力コネクタ CAMAC (LEMO) コネクタ
 入力インピーダンス 10 kΩ

インヒビット入力

入力数 1
 入力レベル TTL負論理パルス
 入力コネクタ CAMAC (LEMO) コネクタ
 入力インピーダンス 2 kΩ

外部クロック入力

入力数 1
 入力レベル TTL正論理パルス
 入力コネクタ CAMAC (LEMO) コネクタ
 入力インピーダンス 10 kΩ

ストップ入力

入力数 1
 入力レベル TTL正論理パルス
 入力コネクタ CAMAC (LEMO) コネクタ
 入力インピーダンス 10 kΩ

セットアップ入力

入力数 1
 入力レベル TTL正論理パルス
 入力コネクタ CAMAC (LEMO) コネクタ
 入力インピーダンス 10 kΩ

タイミング信号入力

入力数 1
 入力レベル 光パルス信号
 入力コネクタ FCコネクタ
 入力ボーレート 20Mボー (最大)

タイミング信号出力

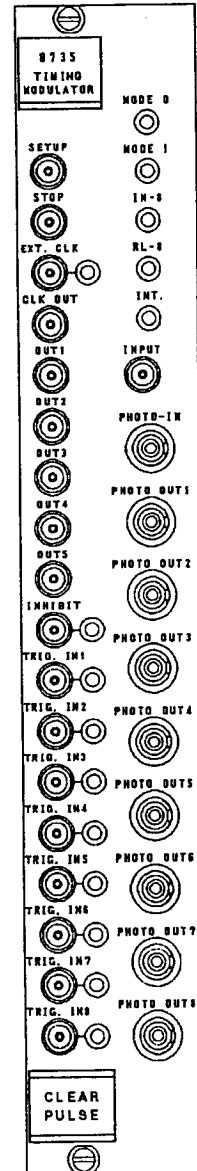
出力数 8
 出力レベル 光パルス信号
 出力コネクタ FCコネクタ
 出力ボーレート 20Mボー (最大)

LED 表示

トリガー入力 ×8
 外部クロック入力 ×1
 インヒビット入力 ×1
 モード ×2
 入力許可設定 ×1
 中継設定 ×1

所要電源
 外形形状

+6V 1.5A以下
 VME 2巾モジュール



物理計測のパイオニア

クリアパルス株式会社

〒143 東京都大田区中央6丁目25番17号
 TEL. (03) 3755-0045(代) FAX. (03) 3755-7877

8735型 タイミング変調器

《ソフトウェア対応仕様》

アドレス設定

設定可能アドレス

0xC0000~0xCFFFF

A8からA15はディップスイッチで設定、A7は1で使用するか0で使用するかを2桁のディップスイッチで設定します。

これらのスイッチにより、ベースアドレスは

0xC0000
0xC0080
⋮
0xCFF00
0xCFF80

となります (BASE_ADD)。

A1からA6は下記の表の通り、機能が予め決定されていますのでその値を

FIX_ADDとすれば、実際のアドレスADDは、

ADD=BASE_ADD+FIX_ADD となります。

固定アドレス	上位バイト	下位バイト	アクセス
0x00	使用しない	コントロールレジスタ	R/W
0x02	使用しない	モードレジスタ	R/W
0x04	使用しない	割り込みマスクレジスタ	R/W
0x06	使用しない	トリガーレジスタ	R/W
0x08	使用しない	割り込みレジスタ	R
0x0A	使用しない	イベントレジスタ	R/W
0x0C	使用しない	1秒タイマートリガー選択レジスタ	R/W
0x0E	1秒タイマーレジスタ		R/W
0x10	送信メッセージレジスタ (下位16ビット)		R
0x12	送信メッセージレジスタ (上位16ビット)		R
0x14	使用しない	マニュアルトリガー実行レジスタ	W
0x16	使用しない	イベント実行レジスタ	W
0x18	使用しない	マニュアルインヒビット実行レジスタ	W
0x1A	使用しない	マニュアルアンインヒビット実行レジスタ	W
0x1C	使用しない	マニュアルセットアップ実行レジスタ	W
0x1E	使用しない	マニュアルストップ実行レジスタ	W
0x20	使用しない	位相リセット実行レジスタ	W

割り込み機能

割り込みベクター

割り込み要因

トリガー入力

イベント入力

アンインヒビット入力

インヒビット入力

エラー検出

クロック入力

セットアップ入力

ストップ入力

IRQ1~IRQ7より1つをジャンパーにより選択する。

8ビット、ディップスイッチで選択する。

8個のトリガー入力の内1個が入力されると割り込みを発生する。ただし、入力許可に設定されている場合のみです。中継設定になっている場合は、トリガーメッセージが上位のモジュレーターから送られてきた時です。

中継設定になっている場合、イベントメッセージが上位のモジュレーターから送られてきた時です。

インヒビット入力解除された時 (アンインヒビット状態) 発生する。

中継設定になっている場合、アンインヒビットメッセージが上位のモジュレーターから送られてきた時です。

インヒビット入力があった場合に発生します。中継設定になっている場合、インヒビットメッセージが上位のモジュレーターから送られてきた時です。

中継設定になっている場合、上位のモジュレーターから送られてきたメッセージ中にエラーがあった時です。

外部クロック入力に設定されている場合、クロックが無い時または規定の周波数より低い場合に発生します。中継設定になっている場合は、上位のモジュレーターから送られてきたメッセージの基本クロックが無いか周波数が規定値より低い時です。

セットアップ信号が入力されると割り込みを発生します。ただし、入力許可に設定されている場合のみです。中継設定になっている場合は、セットアップメッセージが上位のモジュレーターから送られてきた時です。

ストップ信号が入力されると割り込みを発生します。ただし、入力許可に設定されている場合のみです。中継設定になっている場合は、ストップメッセージが上位のモジュレーターから送られてきた時です。

物理計測のパイオニア

クリアパルス株式会社

〒143 東京都大田区中央6丁目25番17号
TEL. (03)3755-0045(代) FAX. (03)3755-7877

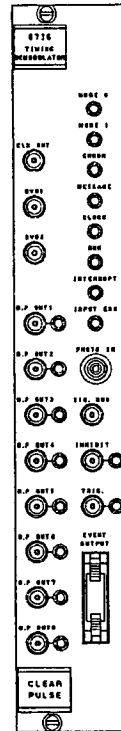
タイミング復調器

8736型

8736型タイミング復調器は、タイミング変調器からのメッセージ(パターン化されたタイミング情報で基本的には10MHzの光信号)を受信して、予めプリセットされた設定情報に従って動作し、測定に必要なタイミングパルスを生成します。

8736型タイミング復調器は、受け取ったメッセージ(NRZ信号)から電圧制御型発振器により基準クロックを抽出(PLL)し、さらに元の送信データを抽出します。データに誤りが無いかどうかはCRC符号チェックによりテストし、正しい場合のみ動作を開始します。抽出したデータと予め設定されているデータを比較し、一致した動作モードを実行します。タイミングクロックは8種類設定可能であり、それぞれに出力コネクタを備えています。

8736型タイミング復調器は、タイミング変調器と同様に動作を禁止するインヒビット入力、ローカルで動作をテスト出来るトリガー入力などを備えています。



《 主な仕様 》

タイミング信号入力

入力数	1
入力レベル	光パルス信号
入力コネクタ	FCコネクタ
入力ポーレート	20Mボー(最大)
トリガー入力	
入力数	1
入力レベル	TTL正論理パルス
入力コネクタ	CAMAC(LEMO)コネクタ
入力インピーダンス	10kΩ
インヒビット入力	
入力数	1
入力レベル	TTL負論理パルス
入力コネクタ	CAMAC(LEMO)コネクタ
入力インピーダンス	2kΩ
クロック出力	
出力数	1
出力レベル	TTL正論理パルス
出力コネクタ	CAMAC(LEMO)コネクタ
分周クロック出力	
出力数	2
出力レベル	TTL信号
出力コネクタ	CAMAC(LEMO)コネクタ
遅延パルス出力	
出力数	8
出力レベル	TTL信号
出力コネクタ	CAMAC(LEMO)コネクタ

信号バス出力

入出力数	1
入出力レベル	TTL信号
入出力コネクタ	CAMAC(LEMO)コネクタ
イベント信号出力	
出力数	1
出力レベル	TTL信号
出力コネクタ	10ピンHIF3リボンコネクタ

LED表示

遅延パルス出力	緑色LED × 8
設定モード	緑色LED × 2
エラー発生	赤色LED × 1
メッセージ入力	緑色LED × 1
クロック入力	緑色LED × 1
動作中	緑色LED × 2
割り込み発生	赤色LED × 1
入力許可設定	緑色LED × 1
インヒビット入力	赤色LED × 1
トリガー入力	赤色LED × 1
所要電源	+6V 2A以下
外形形状	VME 2巾モジュール

物理計測のパイオニア

クリアパルス株式会社

〒143 東京都大田区中央6丁目25番17号
TEL. (03)3755-0045(代) FAX. (03)3755-7877

8736型 タイミング復調器

《ソフトウェア対応仕様》

アドレス設定
設定可能アドレス

0xC0000~0xCFFFF
A8からA15は8桁のディップスイッチで設定。
これらのスイッチにより、ベースアドレスは

0xC0000
0xC0100
⋮
0xCFE00
0xCFF00

となります (BASE_ADD)。
A1からA7は下記の表の通り、機能が予め決定されていますのでその値を
FIX_ADDとすれば、実際のアドレスADDは、
ADD=BASE_ADD+FIX_ADD となります。

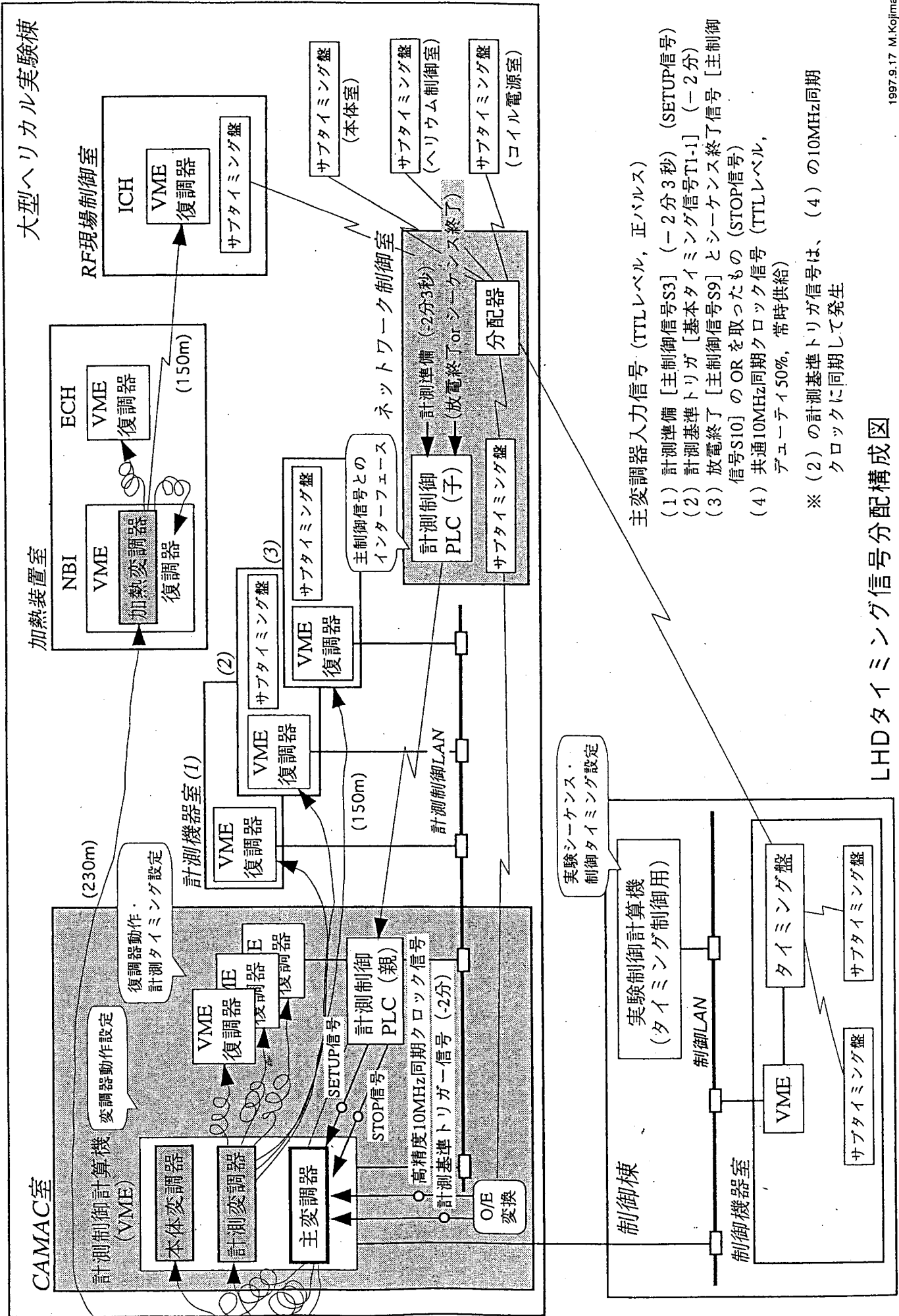
固定アドレス	上位バイト	下位バイト	アクセス
0x00	使用しない	コントロールレジスタ	R/W
0x02	使用しない	モードレジスタ	R/W
0x04	使用しない	割り込みマスクレジスタ	R/W
0x06	使用しない	トリガーレジスタ	R/W
0x08	使用しない	割り込みレジスタ	R/W
0x0A	使用しない	イベントレジスタ	R
0x0C	使用しない	1秒タイマートリガー選択レジスタ	R/W
0x0E	1秒タイマーレジスタ		R/W
0x10	受信メッセージレジスタ (下位16ビット)		R
0x12	受信メッセージレジスタ (上位16ビット)		R
0x14	使用しない	マニュアルトリガー実行レジスタ	W
0x16	使用しない	イベント実行レジスタ	W
0x18	使用しない	マニュアルインヒビット実行レジスタ	W
0x1A	使用しない	マニュアルアンインヒビット実行レジスタ	W
0x1C	使用しない	マニュアルセットアップ実行レジスタ	W
0x1E	使用しない	マニュアルストップ実行レジスタ	W
0x20	使用しない	強制リセット実行レジスタ	W
0x22	使用しない	遅延時間設定レジスタ	R/W
0x24	使用しない	チャンネル1分周レジスタ	R/W
0x26	使用しない	チャンネル1倍率レジスタ	R/W
0x28	使用しない	チャンネル2分周レジスタ	R/W
0x2A	使用しない	チャンネル2倍率レジスタ	R/W
0x2C	使用しない	使用しない	R/W
0x2E	使用しない	遅延出力対象チャンネル設定レジスタ	W
0x30	遅延出力-遅延時間レジスタ (下位16ビット)		R/W
0x32	遅延出力-遅延時間レジスタ (上位16ビット)		R/W
0x34	遅延出力-パルス巾レジスタ (下位16ビット)		R/W
0x36	遅延出力-パルス巾レジスタ (上位16ビット)		R/W
0x38	遅延出力-繰り返し時間レジスタ (下位16ビット)		R/W
0x3A	遅延出力-繰り返し時間レジスタ (上位16ビット)		R/W
0x3C	遅延出力-繰り返し回数レジスタ		R/W
0x3E	使用しない	遅延出力-トリガー選択レジスタ	R/W

割り込み機能
割り込みベクター
割り込み要因
トリガー入力
イベント入力
アンインヒビット入力
インヒビット入力
エラー検出
クロック入力
セットアップ入力
ストップ入力

IRQ1~IRQ7より1つをジャンパーにより選択する。
8ビット、ディップスイッチで選択する。
メッセージまたはトリガー入力によりトリガーが入力されると割り込みを発生する。
イベントメッセージが変調器から送られてきた時です。
メッセージまたはインヒビット入力により、インヒビットが解除された時 (アンインヒビット状態) 発生します。
メッセージまたはインヒビット入力により、インヒビットに設定された場合に発生します。
変調器から送られてきたメッセージ中にエラーがあった時です。
光信号入力にクロックが無い時または規定の周波数より低い場合に発生します。
メッセージによりセットアップが入力されると割り込みを発生します。
メッセージによりストップ信号が入力されると割り込みを発生します。

物理計測のパイオニア

大型ヘリカル実験棟



主変調器入力信号 (TTLレベル, 正パルス)

- (1) 計測準備 [主制御信号S3] (-2分3秒) (SETUP信号)
- (2) 計測基準トリガ [基本タイミング信号T1-1] (-2分)
- (3) 放電終了 [主制御信号S9] とシーケンス終了信号 [主制御信号S10] のORを取ったもの (STOP信号)
- (4) 共通10MHz同期クロック信号 (TTLレベル, デューティ50%, 常時供給)

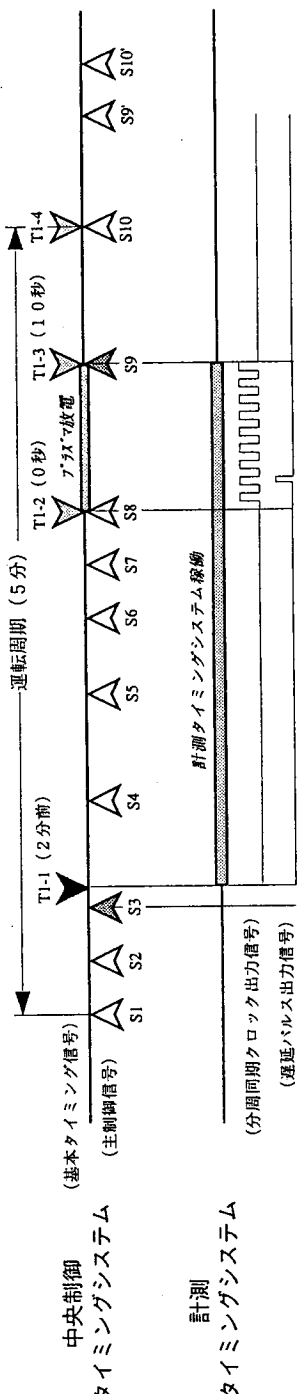
※ (2) の計測基準トリガ信号は、(4) の10MHz同期クロックに同期して発生

LHDタイミング信号分配構成図

パルス運転時の標準計測タイミング・シーケンス

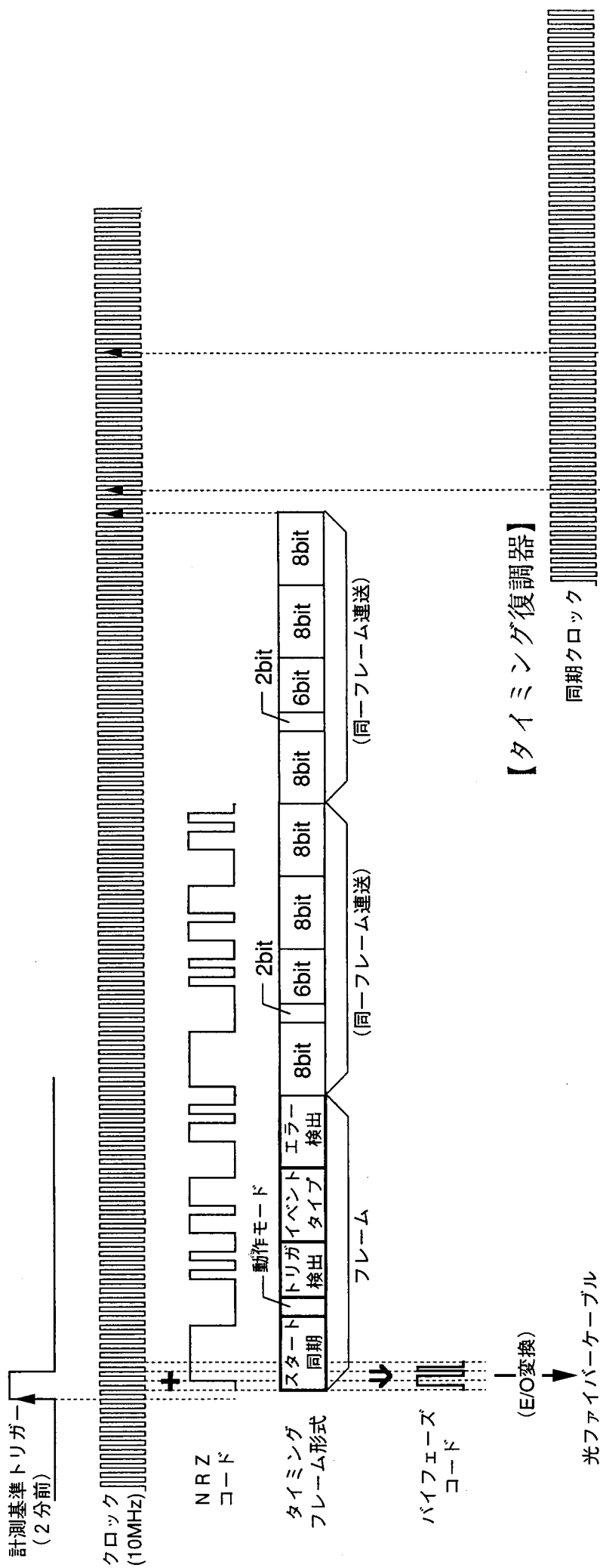
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	主制御信号(T)	S	Sタイミング	基本タイミング信号(S)	T	Tタイミング	主要機器設定	主要機器状態	サブ変調器設定	変調器状態	復調器設定	復調器状態
2	(電源投入)	(不定)	(不定)				モード設定 (モード0) ・ 射込マスク設定 (Maskセット) ・ イベント入力・エラー検出 ・ コントロール設定 (非中継/外部クロック使用/ 射込み許可/信号入力禁止)	初期化	モード設定 (モード0) ・ 射込マスク設定 (Maskセットなし) ・ コントロール設定 (中継/外部クロック使用/ 射込み許可/信号入力禁止)	初期化	モード設定 (モード0) ・ 射込マスク設定 (Maskセットなし) ・ コントロール設定 (イベント出力なし/内部基本 クロック1MHz/射込み許可 /トリガー信号入力禁止 /外部光クロック使用)	初期化
3	実験開始(*1)	S1	2分30秒前				モード設定 (モード0) ・ 射込マスク設定 (Maskセット) ・ イベント入力・エラー検出 ・ コントロール設定 (非中継/外部クロック使用/ 射込み許可/信号入力禁止)	ハードウェア 号入力待ち		ストップ 中継待ち	遅延パルス出力設定 (変更) (*3) (遅延時間/パルス幅 /繰返時間/繰返回数) ・ 分周クロック設定 (変更) (分周レンジ/分周倍率)	ストップ 中継待ち
4	発電機加速(*2)	S2	2分10秒前				モード設定 (モード0) ・ 射込マスク設定 (Maskセット) ・ イベント入力・エラー検出 ・ コントロール設定 (非中継/外部クロック使用/ 射込み許可/信号入力禁止)			STOP 中継待ち		
5	計測準備	S3	2分3秒前				モード設定 (モード0) ・ 射込マスク設定 (Maskセット) ・ イベント入力・エラー検出 ・ コントロール設定 (非中継/外部クロック使用/ 射込み許可/信号入力禁止)	SETUP信号入力		トリガー ストップ中継		
6	計測基準トリガー			Ti-1	2分前		モード設定 (モード0) ・ 射込マスク設定 (Maskセット) ・ イベント入力・エラー検出 ・ コントロール設定 (非中継/外部クロック使用/ 射込み許可/信号入力禁止)	計測トリガー入力				
7	発電準備	S4	1分前				モード設定 (モード0) ・ 射込マスク設定 (Maskセット) ・ イベント入力・エラー検出 ・ コントロール設定 (非中継/外部クロック使用/ 射込み許可/信号入力禁止)					
8	前処理	S5	30秒前				モード設定 (モード0) ・ 射込マスク設定 (Maskセット) ・ イベント入力・エラー検出 ・ コントロール設定 (非中継/外部クロック使用/ 射込み許可/信号入力禁止)					
9	発電準備	S6	10秒前				モード設定 (モード0) ・ 射込マスク設定 (Maskセット) ・ イベント入力・エラー検出 ・ コントロール設定 (非中継/外部クロック使用/ 射込み許可/信号入力禁止)					
10	実験番号確定	S7	3秒前				モード設定 (モード0) ・ 射込マスク設定 (Maskセット) ・ イベント入力・エラー検出 ・ コントロール設定 (非中継/外部クロック使用/ 射込み許可/信号入力禁止)					
11	発電開始	S8	0秒	Ti-2	0秒		モード設定 (モード0) ・ 射込マスク設定 (Maskセット) ・ イベント入力・エラー検出 ・ コントロール設定 (非中継/外部クロック使用/ 射込み許可/信号入力禁止)					
	発電終了	S9	10秒	Ti-3	10秒		モード設定 (モード0) ・ 射込マスク設定 (Maskセット) ・ イベント入力・エラー検出 ・ コントロール設定 (非中継/外部クロック使用/ 射込み許可/信号入力禁止)	STOP信号入力		STOP ストップ中継	遅延パルス出力設定 (変更) (*3) (遅延時間/パルス幅 /繰返時間/繰返回数) ・ 分周クロック設定 (変更) (分周レンジ/分周倍率)	ストップ 中継待ち
12	発電終了限界	S9'	5分				モード設定 (モード0) ・ 射込マスク設定 (Maskセット) ・ イベント入力・エラー検出 ・ コントロール設定 (非中継/外部クロック使用/ 射込み許可/信号入力禁止)					
13	シーケンス終了	S10	3分				モード設定 (モード0) ・ 射込マスク設定 (Maskセット) ・ イベント入力・エラー検出 ・ コントロール設定 (非中継/外部クロック使用/ 射込み許可/信号入力禁止)					
14	シーケンス終了限界	S10'	5分30秒				モード設定 (モード0) ・ 射込マスク設定 (Maskセット) ・ イベント入力・エラー検出 ・ コントロール設定 (非中継/外部クロック使用/ 射込み許可/信号入力禁止)					

(*1) 低パワー運転時の時間。中パワー運転では4分30秒前、高パワー運転では6分30秒前となる
 (*2) 低パワー運転時の時間。中パワー運転では4分10秒前、高パワー運転では6分10秒前となる
 (*3) 設定値の変更は、発電終了(S9)直後から計測準備(S3)直前まで可能とする。遅延時間設定に
 関しては、カウント動作中であっても、設定時間に達していなければ設定値の変更は可能。

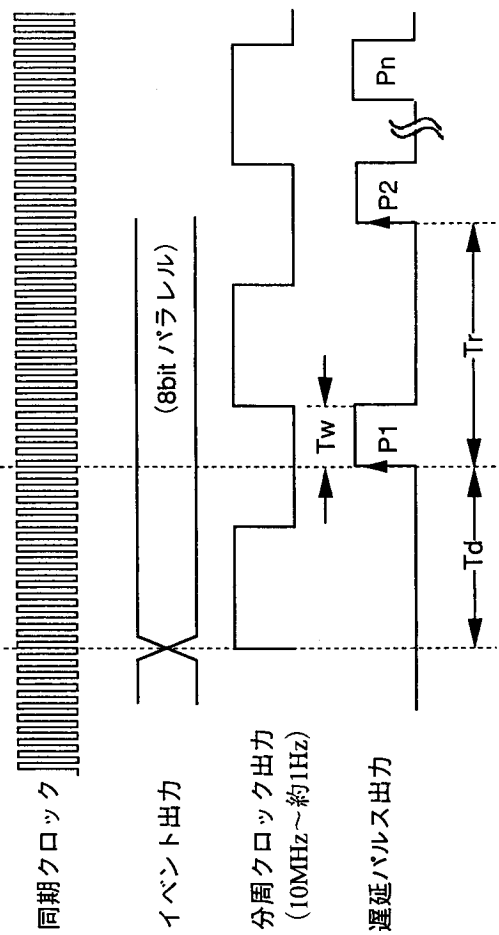


◎中央制御タイミングシステムと計測タイミングシステムは、共通の10MHz同期クロックの使用により同期される

【タイミンング変調器】



【タイミンング復調器】



- ◆CRCによるエラー検出と3連送冗長確認方式による確実な動作保証
- ◆復調器の動作開始時間は3回目のタイミンングフレーム受信後、内部の処理時間経過後の次のクロックの立ち上がり (約 $10\mu S$ 後)
- ◆復調器の基本動作クロックは変調器からの同期クロックにPLLにより同期

T_d : 遅延時間 (32ビットカウンタ) T_w : パルス幅 (32ビットカウンタ)
 T_r : 繰り返し時間間隔 (32ビットカウンタ) P_n : 繰り返し回数 (16ビットカウンタ)