

# 1553B 总线控制方法研究

顾明剑 殷德奎

(中国科学院上海技术物理研究所, 上海, 200083)

**摘 要** 本文介绍了 MIL-STD-1553B 总线协议, 总结了总线控制设计的一些基本准则。同时针对不同系统和功能要求探讨了总线控制的一些常用方法。

**关键词** 总线控制 消息 周期 1553B

## Research on Bus Control Method on 1553B

GU Mingjian YIN Dekui

(Shanghai Institute of Technical Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai, 200083)

**Abstract:** MIL-STD-1553B protocol is introduced in this paper. Then it is concluded about some basic principle on designing bus control. At the same time, for the different bus system and special function, several common methods about bus control are discussed.

**Key words:** Bus Control, Message, Frame, 1553B

### 1 引言

1553B 总线是美国军用标准 MIL-STD-1553B 所定义的一种串行数据传输总线。该标准对总线的结构布局、数据传输方式等进行了严格的定义, 广泛用于航空、航天和军用场合的多终端之间的数据传输。其主要特点有:

(1) 1553B 总线上可挂载 32 个数据终端 (RT), 每个 RT 具有唯一的一个终端地址;

(2) RT 受总线控制器 (BC) 控制, BC 用于控制总线上的数据传输, 另外设置总线监测器, 用于监测总线数据和提取信息;

(3) 总线上通讯以周期为单位批量进行, 消息是周期内数据传输的最小单位。每类消息赋予一个子地址, 消息数据长度不超过 32 字, 每个 RT 最多可以响应 32 条接收消息和 32 条发送消息;

(4) 1553B 总线是双冗余的。传输线、总线接口都是双备份的, 每次传输仅在一条总线上进行, 而另一条处于热备份状态, 消息的传输通过可编程在错误情况下进行通道的切换。

大多数的仪器作为 1553B 总线上的一个终端 RT, 必须按照 1553B 总线通讯协议的规定进行接口和传输数据。而所有总线的活动均由 BC 组织进行数据传输, 因而, BC 上的总线控制的好与坏直接关系到总线的使用效率和安全性。本文将对在总线控制器上进行的总线控制方法进行探讨。

### 2 1553B 总线控制器操作介绍

#### 2.1 存储器结构

以 Mini-ACE/ACE 系列 61580 芯片内部存储器为例, 介绍一下总线控制器的存储器结构。在 BC 存储器结构中共有 8 个固定存储器位置。两

收稿日期: 2004-08-31

\* 2002 级硕博连续研究生

表 1 典型的非增强 BC 存储器结构  
(4K RAM、增强模式)

地址 (HEX)	描述
0000-00FF	堆栈 A
0100	堆栈指针 A(固定位置)
0101	消息计数 A(固定位置)
0102	初始堆栈指针 A(周期自动循环模式)
0103	初始消息计数 A(周期自动循环模式)
0104	堆栈指针 B(固定位置)
0105	消息计数 B(固定位置)
0106	初始堆栈指针 B(周期自动循环模式)
0107	初始消息计数 B(周期自动循环模式)
0108-012D	消息块 0
012E-0153	消息块 1
.....	.....
0ED6-0EFB	消息块 93
0EFC-0EFF	保留
0F00-0FFF	堆栈 B

全局区域 (A/B) 的每一个都有堆栈指针、消息计数、初始堆栈指针和初始消息计数。存储器结构见表 1。

堆栈 A/B 内安排周期内的消息，每个消息由四个字组成；堆栈指针 A/B 和消息计数 A/B 作为周期 (FRAME) 的指示设置；初始堆栈指针 A/B 和初始消息计数 A/B 作为自动循环运行周期的指示设置；消息块 0 至消息块 93 是周期内安排的消息的具体操作，其内容完全按照 1553B 消息格式。

周期的当前活动区可以在 A 和 B 之间进行切换，全局双缓冲特性为保证数据的一致性提供了简单的机制。

## 2.2 BC 消息周期的设置

BC 可以设计成传输多消息的周期，其消息总数可达 512 个。被处理的消息个数可以利用在共享 RAM 中的固定的消息计数来确定。此外，主处理器初始化第二个固定位置用来作为堆栈指针。这个 RAM 的分配包括一个指针指向每一个被处理的消息的 4- 字的消息块描述符 (在共享 RAM 的堆栈区)。每一个消息存在于共享 RAM 的指定消息块区域。每一个消息块的起始位置由存放在每一个消息的描述符中的第四位

的指针确定。这个指针必须在消息处理前由主处理器加载。

安排消息时，在消息块中按 MIL-STD-1553B 消息格式填写 BC 消息块，ACE/Mini-ACE 需要在 BC 消息块中一个明确的字顺序，这包括被主处理器加载的被 BC 协议逻辑从 RAM 中读出的控制字、命令字和传输数据的位置。此外，后续邻近地址必须为接收返回地址、RT 状态和数据字的存储分配位置。BC 消息块格式，块中第一个字是 BC 控制字。BC 控制字不在 1553 总线上传输。但它包含一些位，用来选择活动总线、消息格式、离线自检允许和指定“广播命令接收 RT 状态位”的预期值。图 1 为关系示意图。

## 2.3 描述堆栈

通过读取每一个描述块的头四个位置来确定不同消息的状态。描述块的第一个位置为块状态字。块状态字包括的信息有消息是否正在被处理或已经处理完、哪一条通道在传输和消息中是否有错误。它位于堆栈 4- 字的消息块描述符的第一个字。

## 2.4 BC 的特殊功能

为了保证总线传输的可靠性和灵活性，BC 还具备了很多特殊的功能给用户。

### (1) 自动重试

ACE/Mini-ACE BC 将基于无响应延时、消息错、RT 设置的消息错误状态字位或状态设置条件，进行自动重试，并可以进行更换通道。

### (2) BC 响应时间

MIL-STD-1553B 定义 RT 响应时间为从接收自 BC(或其他 RT) 最后字奇偶位的中间奇偶零通过到 RT 状态字的中间同步零的通过之间的延时。对应此定义，1553B 标准指定 RT 必须在  $12\mu\text{s}$  内响应，BC 必须在决定 RT “无响应” 发生前等待最少  $14\mu\text{s}$ 。

### (3) BC 状态字屏蔽

“状态设置”条件将引起块状态字中的位被设置，在当前消息或在当前 BC 周期结束引起中断或开始自动重试后终止 BC。BC 控制字中的状态字屏蔽位，控制着那些将引起“状态

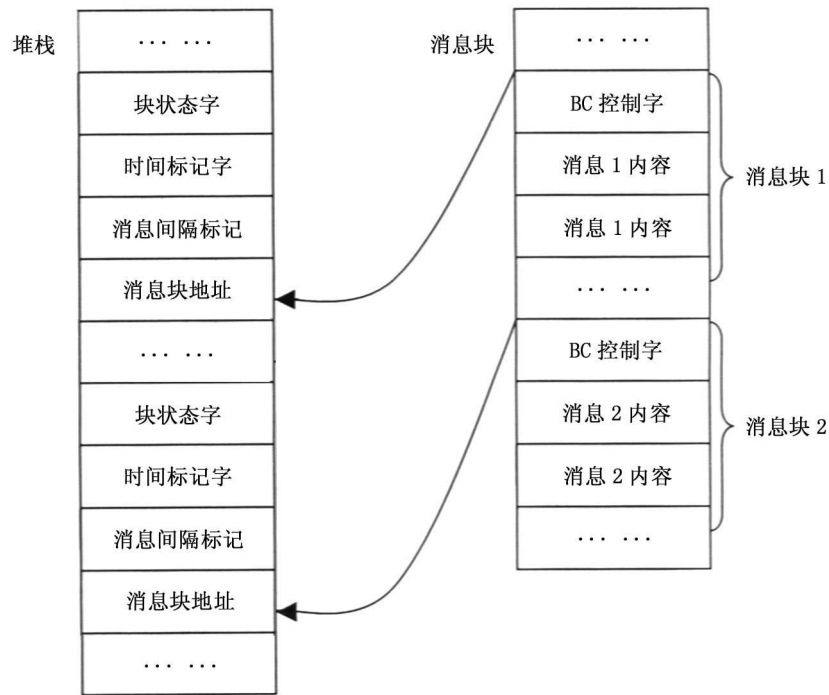


图 1 消息安排时的堆栈与消息块关系

设置”条件产生的响应 RT 状态字位。ACE/Mini-ACE 的 BC 模式拥有对 BC 周期内个别消息的某些所选状态字位进行屏蔽的能力。

### 2.5 BC 周期自动循环

ACE/Mini-ACE 有能力定义可以基于内部周期定时器连续不断运行的 BC 周期，内部周期定时器为一个外部硬件触发或主处理器的控制。这需要 BC 堆栈指针和 BC 消息计数值必须存放在“初始 BC 堆栈指针”和“初始 BC 消息计数”两 RAM 的固定位置 (A 区的 0102 和 0103 位置字或 B 区 0106 和 0107 位置字)。

在 1553 系统中支持不同数据率的一般机制就是采用次周期和主周期，以多种周期处理针对不同 RT 及其子地址的消息。使用 ACE/Mini-ACE BC 体系结构时，次周期的结构可以利用消息间隔时间的性质来组成。BC 主周期由一组次周期组成。为了实现主周期，周期自动循环模式将被使用。这样，ACE/Mini-ACE 周期时间变成主周期时间。

## 3 总线控制的原则

1553B 总线协议在全球广泛应用于航天、航空、火控等不同系统上，在高层协议上针对

系统的大小和复杂程度也存在很大的不同。但各种高层协议的规定和总线控制方法都有以下几个方面的原则。

### 3.1 数据流均匀原则

作为总线一切活动的控制者，BC 必须照顾到所有的数据传输。对于不同产生频率的数据，按照流量进行合理的控制安排。尤其是对于航天飞行器等需要经过数传系统下传数据的总线系统，应该以较均匀的数据流避免数传系统增加负担。

### 3.2 终端兼顾原则

总线上的终端大多数工作在实时工作状态，尤其对于自控、仪表检测等重要设备，通讯的畅通和及时是至关重要的。因而必须按照各终端的最小要求频率制订高层通讯协议。总线控制则要按照各个仪器的通讯频率安排好通讯周期。

### 3.3 可靠性原则

MIL-STD-1553B 的可靠性措施保证了整个系统安全有效的进行工作。但在总线控制中，是否能用好协议提供的可靠性措施，也是提高总线系统可靠性的关键。第 5 节将讨论一下提

高可靠性的措施。

### 3.4 处理的统一原则

总线控制必须考虑到可实现性和实现处理的统一性原则。不同终端的不同要求是追求完整和可靠，但在实际中，过多的特殊要求将给总线的控制带来麻烦。比如，各终端的数据包大小都有各自的要求，如果满足所有终端的要求，必将使高层协议极为复杂。规定统一的、合适的数据包大小，让所有终端都按此进行通讯，对总线处理和后续的其他工作带来方便。这也是在设计高层协议中应该考虑的。

### 3.5 避免冲突原则

总线控制必须考虑到各终端的响应及处理，因而在安排通讯时，应避免对同一个终端地址安排连续总线消息(针对同一子地址的连续数据传输消息除外)。由于大多数终端使用微处理器进行通讯处理，通讯的处理多是在中断下进行，如果终端并不是处理堆栈下所有通讯消息活动，则会出现终端丢失处理消息或处理冲突。所以，总线控制要给予同一个终端地址足够的消息响应处理时间。

## 4 1553B 总线控制的方法

根据以上的总线控制原则，总线控制可以有多种灵活的方法。下面是针对不同的应用背景提出的不同方法。

### 4.1 结构单一、功能简单的总线控制

有些总线系统的结构较为单一，终端数量较少，传输的数据种类不多，总线上消息活动不是很频繁，总线控制便可以在单活动区下进

行。根据各终端的数据通讯频率，定义一个大的轮寻周期。对某个终端的消息安排可以直接在一个周期内，不必考虑其他终端。同时可以在该周期结束后直接进行处理，并按协议继续对该终端安排消息活动。依次对各个终端进行如上处理后，便完成一次轮寻。轮寻的时间周期需要靠软件控制好。

如果有终端要求的频率较高，可以在大的轮寻周期内多安排几次。示意如图 2，整个轮寻周期为 1 秒，其中终端 2 为较高数据率终端，因而可以在总的周期内安排两次服务。

这种方式的优点是，控制流程简单，避免软件的可靠性问题。该种方式针对整个系统数据流量不大的情况，总线消息的安排不需要提前写入消息块中，可以动态的方式进行安排。如果功能较多，可以采用主、次周期的方式，示意图见图 3。

### 4.2 结构单一、功能复杂的总线控制

大多数总线系统尽管结构比较单一，但总线上的终端比较多，功能比较复杂。协调处理好各个终端的数据通讯则要兼顾所有的终端，覆盖全部的通讯协议。

#### (1) 单活动区模式

如果总线控制器安排的总线通讯时间足够，即消息周期的安排加上周期的运行时间满足总线通讯，可以只在一个活动区内进行总线周期的安排。但往往功能复杂的总线上处理和安排消息周期还是要花去很多时间，所以可以事先将通讯存储器上的消息块进行初始化，在每次周期开始前，只要重置某些部分。这样总

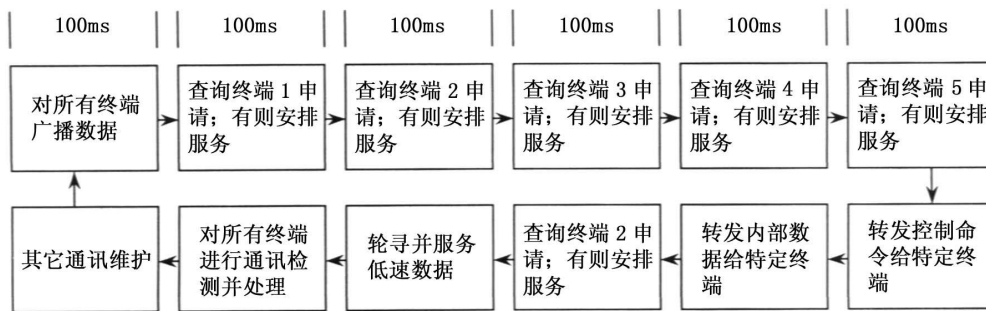


图 2 简单的总线周期安排

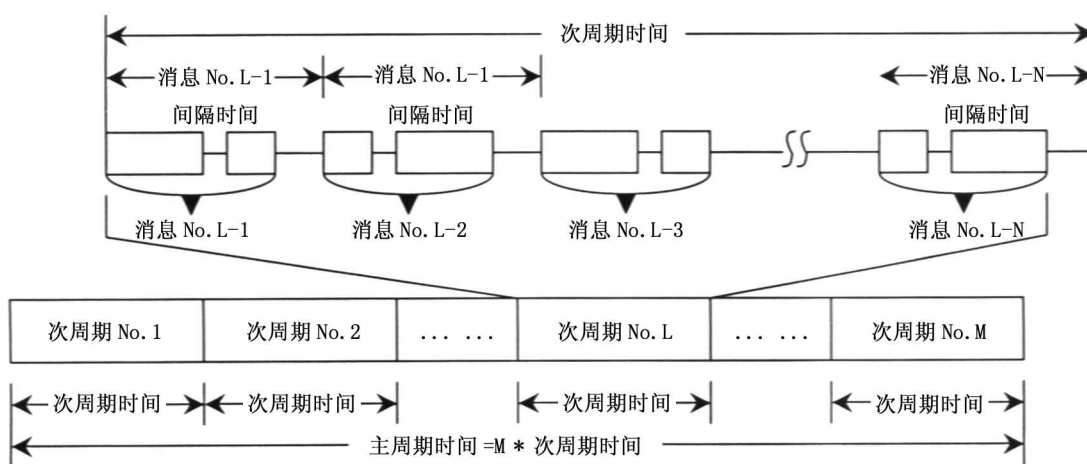


图 3 总线控制的主、次周期

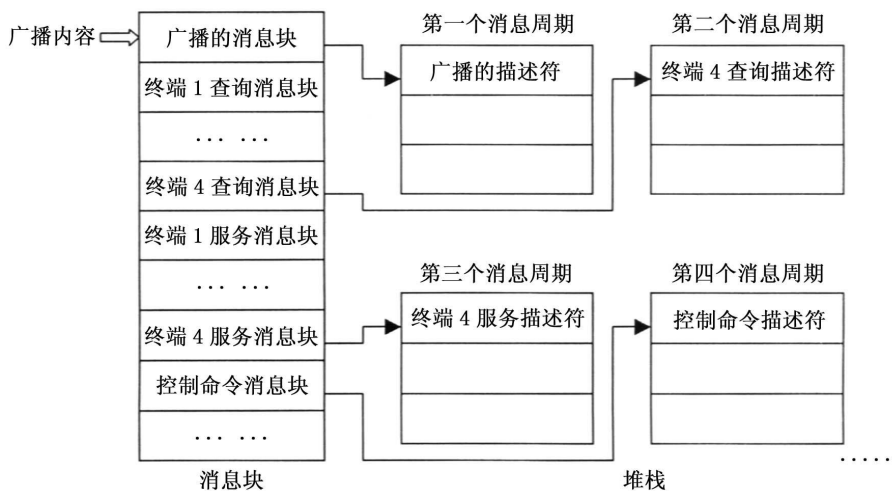


图 4 单活动区模式总线周期消息安排

线控制器的处理相对比较简单。图 4 是个简单的例子。提前将各个消息块初始化，当要使用广播消息时，只要填入广播的数据内容要广播消息块，再修改广播的描述符部分内容就完成了广播消息的安排。

(2) 双活动区模式

如果总线通讯功能十分复杂，各个终端对时间的要求较高，加上总线消息周期的执行时间已经会影响到整个通讯的进行，则要考虑使用双活动区模式，在上一个总线周期执行的同时对下一个总线周期进行安排。在这种模式下，一个总线周期可以通过消息时间间隔设置达到固定的周期时间，并要求运行时间内能够同时完成对下一个周期内的消息安排。图 5 是个简单的双活动区模式某一时刻的示意图。

双活动区模式的使用相对比较复杂，要分配好 A/B 两区的功能。由于总线消息的安排是随机的，因而在处理运行过的消息时，处理的策略和可靠性要求比较高，避免在某些消息上浪费时间或错误处理。

4.3 结构复杂、功能复杂的总线控制

复杂的总线结构往往应用在十分庞大的系统上。由于一条总线的终端个数最多只有 31 个，还有某些备份设备的可能，具有大量的终端设备的总线系统只有通过分层才能实现连接。采用分层结构的系统，各层之间通过终端和总线控制器的结合体连接。低一级总线上的控制器在高一级总线上作为终端。这样结构清晰，功能管理方便。图 6 为一个例子。

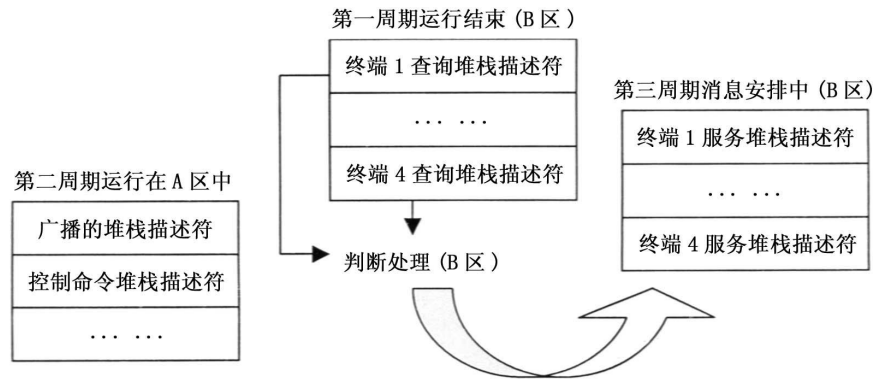


图 5 双活动区模式总线周期消息安排

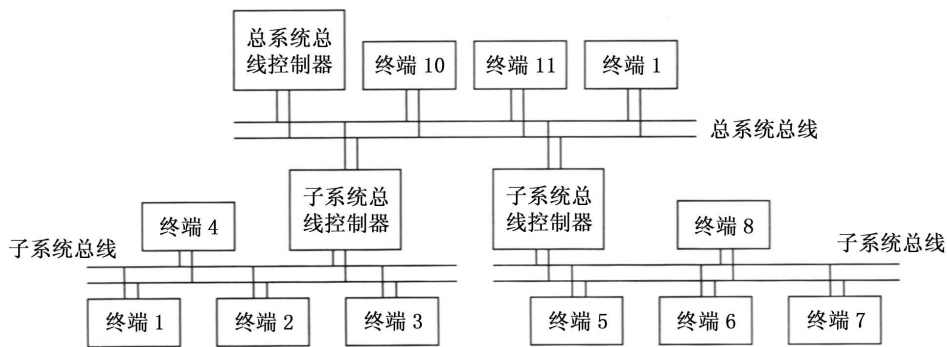


图 6 复杂的总线结构

在层次复杂的总线系统中，系统的单个总线控制可以按照前两节的方法进行。只是由于子系统的总线控制器不但控制子系统的总线活动，还要作为总系统的一个终端。两个总线层次的通讯处理方法有可能完全不同，因而对这种总线控制软件提出了很高的要求。

结合实际工作中的理解和实践，提出了以上一些总线控制的基本方法。但总线控制的设计十分灵活，只要可行、可靠，都是适用的。

## 5 1553B 总线控制的其他措施和应用

### 5.1 可靠性措施

为了充分发挥 MIL-STD-1553B 高可靠性的优点，必须充分应用其提供的各种有效措施。

#### (1) 消息错误检测和重试

MIL-STD-1553B 协议会在每条消息中对错误状态地址、字计数错、同步类型错、非法字等进行检测和标记，总线应该根据具体情况开

放错误检测屏蔽位，并应对错误进行相关的处理。一般会在设置消息错误时重试或切换通道时重试。

#### (2) 通道畅通

进行简单的长抱环测试，检测两个通道的环路畅通。从 A 通道发送一个测试字到某一终端，然后再从另一通道取回该测试字，如果成功，说明两个通道都是正常的。

#### (3) 系统维护

多数使用 1553B 总线的系统都有长期可靠运行的要求，所以各个终端也会经常对自身进行维护，其中就包括对总线接口芯片的维护。为了保证所有终端不会受到其他终端维护的影响，总线控制应该规定固定的总线空余时间给所有终端，需要维护的终端在此时进行维护。

### 5.2 实时测试用总线控制技术

基于 1553B 总线的终端设备在研制中都需要进行实时测试，用以验证仪器的各种协议的

正确性, 大多数情况还要对设备产生的数据进行
处理。这需要按照高层协议和具体的总线控
制流程设计测试用的总线控制。

其中的难点是要保证总线运行周期一致。
由于真正的总线控制器是针对全部终端进行
的, 测试用的总线控制不需要将所有其它终
端的通讯活动安排进入。这样就必须高精度
地掌握好时间安排。数据的传输在总线系统
中往往都是由总线控制安排, 从某一终端
传输到另一终端。在测试环境下, 测试用
总线控制器需要自行处理这些数据。这样总
线控制器上又有更多多余的时间进行其他
的操作。

6 结论

国外专利介绍

红外辐射探测器件

美国专利 US6791085

(2004 年 9 月 14 日授权)

本发明提供一种用于从红外辐射中产生图像的
红外辐射探测器件, 该探测器件包括许多个
极性热探测器(2), 这些极性热探测器都具有
特定的电阻, 它们分

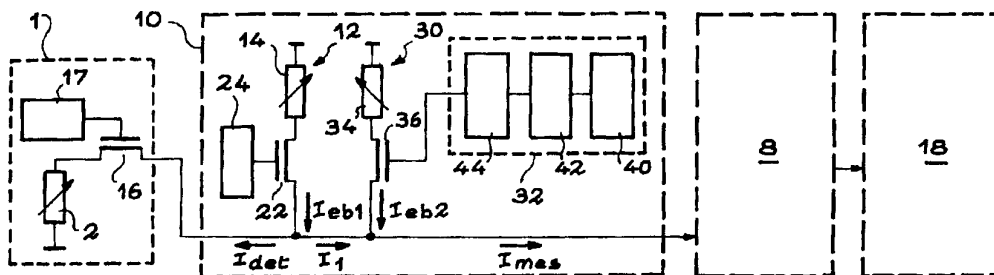
1553B 总线控制方法的好坏关系到总线系
统能否高效、可靠地运行, 由于在设计中存
在很大的灵活性, 因而对总线控制方法的研
究依然是十分有意义的。总线控制方法的研
究为风云三号气象卫星红外分光计和地球
辐射探测仪专用通讯测试设备的研制打下
了设计基础。在总线控制原则和方法的指
导下, 测试设备能够充分发挥总线的特性,
模拟总线协议, 对风云三号两台仪器的测
试起到了积极的作用。

参考文献

- [1] ACE/Mini-ACE User's Guide, Data Device Corporation.
[2] MIL-STD-1553 Designer's Guide, Data Device Corporation.

布在探测模块的焦平面上。读出模块(8)将电
信号转换成图像处理部分可以使用的信号。
电信号补偿模块(10)包括两个分路, 第一个
分路(12)用于获取第一个阈值, 以获得因
热探测器极化而产生的第一个恒定值信号;
第二个分路(30)用于获取第二个阈值, 以
便从第一个阈值信号中获得由于热探测器的
电阻的分散而产生的第二个低电平信号。

本专利文献共 9 页, 其中有 4 张插图。



高 编译

(上接第 20 页)

- [7] Yang Jianrong, et al. J. Cryst. Growth, Vol. 234, p337(2002).
[8] D. 赫尔 D.J. 培根. 《位错导论》, 科学出版社, 27(1990).
[9] U. Gilbert, et al. Materials Science and Engineering B27 (1994) L11-L15.
[10] P. Mackett. Properties of Narrow Gap Cadmium-

- based compounds EMISDatareviews Series No.10.
[11] Y. CILu, et al. J. Vac. Sci. Technol. A(USA), Vol.2(1985), p.264-70.
[12] W. J. Everson, et al. J. of Electronic Mterials, Vol.24, No.5, 1995.
[13] Gu Huiming, et al. J. Semicond. 20(12), (1999)1059.
[14] Yang Jianrong, et al. J. of Crystal Growth 234 (2002) 337-342.