

9391/118

44525

TR8011 E3 Z80单板计算机使用手册



北京工业大学微型计算机
研究开发应用中心

1983.8.

前 言

本《使用手册》是专为经改进的新产品——TP801B 单板计算机编写的，本书共分六章及三个附录。第一章概述了 TP801B Z80 单板计算机的主要技术特性、功能、操作步骤和使用中的注意事项，使读者对 TP801B 的全貌有一初步了解。第二章至第四章对 TPBUG-B 作详尽的说明，并举例说明 TP801B 的操作方法，如何正确调用 TPBUG-B 中的子程序和表格。为了便于用户深入了解、掌握本机的使用，在附录Ⅲ中将精心设计的 TPBUG-B 程序清单加上简单扼要的注释列出。第五章主要是从硬件方面介绍 TP801B 的结构和原理。第六章是用户自我练习指导书，列举了若干示范例题，供用户自我练习，一方面熟悉本机的操作，另一方面提供读者学习一些程序设计的方法和技巧。最后附录Ⅰ是本机的电原理图、安装位置图和零件表，附录Ⅱ是本机所使用的集成电路芯片的引脚图，这些为用户维修本机提供了方便。

本《使用手册》由北京工业大学微型机应用及自动化研究室吴定荣、管保尔编写，侯伯文校阅，全书的插图由何筱筱绘制。

TP801B Z80 单板计算机的印制电路板由北京工业大学电子厂于净绘制。

北京工业大学微型计算机研究开发应用中心

1983.8

目 录

第一章 概述.....	(1)
1.1 引言.....	(1)
1.2 主要技术特性.....	(1)
1.3 操作步骤及注意事项.....	(3)
第二章 TPBUG-B 监控程序简介.....	(6)
2.1 TPBUG-B 监控程序的工作状态.....	(6)
2.2 TPBUG-B 与 TPBUG-A 的区别.....	(7)
第三章 TPBUG-B 的操作命令.....	(9)
3.1 复位命令——RESET 键.....	(9)
3.2 送数命令——十六个数字键.....	(9)
3.3 返回待命状态——MON 键.....	(10)
3.4 存储器读写命令——MEM、NEXT、LAST 键.....	(10)
3.5 寄存器读写命令——REG、NEXT、LAST、MEM 键.....	(12)
3.6 口读写命令——PORT、NEXT、LAST 键.....	(13)
3.7 断点的设置与清除命令——STBP 键.....	(14)
3.8 查找断点命令——GTBP 键.....	(16)
3.9 单步执行命令——STEP、SCAL 键.....	(17)
3.10 执行程序命令——EXEC、USER 键.....	(18)
3.11 转储命令——DUMP 键.....	(20)
3.12 装入命令与转储校对命令——LOAD 键.....	(22)
3.13 插入和删除命令——INS、DEL 键.....	(24)
3.14 数据串查找命令——SEEK 键.....	(26)
3.15 EPROM 编程写入命令——EPRG 键.....	(27)
3.16 计算相对转移偏移量命令——OFST 键.....	(28)
3.17 十进制——十六进制转换命令——HEX、DEC 键.....	(30)
3.18 对存储器区置数命令——0/FUNC 键.....	(31)
3.19 数据块转移命令——1/FUNC 键.....	(32)
3.20 EPROM 检查命令——2/FUNC 键.....	(33)
3.21 从 TP803 读入数据命令——3/FUNC 和 4/FUNC 键.....	(34)
3.22 有偏移的装入命令——5/FUNC 键.....	(35)
3.23 向 TP803 传送数据命令——6/FUNC 键.....	(36)
第四章 TPBUG-B 的子程序.....	(38)
4.1 显示子程序集.....	(38)
4.2 键盘扫描子程序.....	(39)
4.3 二——十进制转换子程序.....	(40)
4.4 转储子程序.....	(40)
4.5 装入子程序.....	(41)
4.6 1 位十六进制——ASCII 码转换子程序.....	(42)

4.7 延时子程序.....	(43)
4.8 TPBUG-B 子程序调用举例.....	(46)
第五章 TP801B 单板计算机的结构和原理.....	(50)
5.1 概述.....	(50)
5.2 中央处理单元 Z80—CPU.....	(50)
5.3 存储器.....	(51)
一、存储器译码.....	(51)
二、存储空间分配.....	(52)
三、系统的静态读写存储器 SRAM.....	(53)
四、系统的紫外线可擦只读存储器 EPROM.....	(53)
5.4 输入/输出 (I/O) 接口.....	(56)
一、I/O 译码及接口地址的分配.....	(56)
二、并行接口 Z80-PIO.....	(58)
三、计数器/定时器 Z80-CTC.....	(58)
四、显示与键盘电路.....	(59)
五、“CASS IN”——装入电路.....	(62)
六、“CASS OUT”——转储电路.....	(63)
5.5 时钟电路.....	(63)
5.6 复位电路 (RESET)	(64)
5.7 单步逻辑.....	(64)
5.8 中断链电路.....	(64)
5.9 电压保护电路 (任选)	(65)
5.10 S-100 总线	(65)
5.11 扩展布线区.....	(65)
第六章 用户自我练习指导.....	(66)
6.1 编程练习.....	(66)
一、数据传送.....	(66)
二、基本算术运算和逻辑运算.....	(68)
三、跳转·检索.....	(73)
四、移位与循环移位.....	(81)
6.2 简单的应用程序.....	(86)
一、代码变换.....	(86)
二、多字节加、减法.....	(91)
三、多字节乘、除法.....	(92)
四、Z80-CTC编程举例.....	(97)
五、Z80-PIO编程举例.....	(105)
附录 I TP801B 原理图、安装位置图和零件表.....	(111)
附录 II TP801B 所用集成电路引脚图.....	(117)
附录 III TPBUG-B 监控程序清单.....	(123)

第一章 概 述

1.1 引 言

TP801B 单板计算机 (以下简称 TP801B) 是在 TP801A 单板计算机 (4K RAM, TPBUG-A 监控程序) 基础上的改进型。它保留了 TP801A 的全部优越性能, 而在功能上又有较大的发展, 性能价格比更优。为了方便用户, TP801B 的操作方式和印刷电路板的外形尺寸与 TP801A 保持一致, 并且与 TP801A 配置的外围设备完全兼容, 即原先为 TP801A 配备的 TP801P 微型打印机、TP801AD 板、TP801I 板、TP801EPP 板……等外围设备, 都可以作为 TP801B 的外围设备使用。用于生产过程控制、各种仪器仪表或机械的单机控制、数据采集或处理等方面, 凡原来使用 TP801A 作为“智能”部件的, 均可以使用 TP801B。

TP801B 可以独立应用在自动控制系统中, 也可以使用于分布系统中的前沿控制。对于大专院校、科研机构和各种微型计算机技术培训班来说, 也是供初学者学习微型计算机硬件、软件和微型机应用的一种经济实用、功能完备的实验教学设备。

1.2 主要技术特性

1. 中央处理单元为 Z80-CPU。
2. 系统时钟频率为 1.9968MHz。晶体振荡器的频率为 3.9936MHz。
3. 存储器插座有 7 个 24 脚插座, 可以插上 5 片 $2K \times 8$ 位的 6116 SRAM 和 2 片 $2K \times 8$ 位的 2716 EPROM, 或插上 7 片全是 2716 EPROM 或 $4K \times 8$ 位的 2732 EPROM。
4. 监控程序 TPBUG-B 固化在 2716/2732 EPROM 内, 占用 2K 字节。
5. Z80-PIO 并行 I/O 接口芯片一片, 它的两个 8 位可编程的 I/O 口, 全供用户使用。
6. Z80-CTC 计数器/定时器芯片一片, 它有四个通道: 通道 0 和通道 3 供用户使用, 其余由 TPBUG-B 使用, 但是当运行用户程序且不进行 LOAD 和 DUMP 操作时, 用户也可使用通道 1。
7. 显示器由 6 位 LED 显示块构成, 通常左边 4 位显示存储器地址、寄存器代号、口地址, 右边两位显示数据。
8. 配有传输率为 2400 波特的音频盒式磁带机接口, 在 TPBUG-B 的控制下, 实现串行数据的异步发送和接受功能。此接口除了作为本机的外存储器外, 还可以直接与 TP803 连接, 利用 TP803 作为本机软件开发工具, 或将本机的信息送入 TP803 进行处理, 而把本机作为 TP803 的一个智能外设使用。

9. 机上有一个面积为 2.5×7 平方英寸的扩展布线区, 供用户使用。CPU、PIO、CTC 的地址、数据以及控制信号线等均排列于布线区的边沿, 以方便用户连接使用。

10. S-100 总线插孔一组。

11. 设有一个 2716 EPROM 编程写入电路。

12. 有一个绿色的显示 CPU HALT 状态的发光二极管, 一般情况下可兼作显示本机通电正常运行指示。另有一个红色的发光二极管用作装入命令时, 输入信号的电平指示。

13. 有31个键的键盘, 包括十六个数字键、十四个命令键及一个复位 (RESET) 键。键盘的分布如图所示:

EPRG DEL	PORT INS	HEX GTBP	DEC STBP	USER	RESET
MEM SEEK	REG OFST	DUMP LAST	LOAD NEXT	FUNC	
AF 7	BC 8	DE 9	HL A	EXEC	
AF' 4	BC' 5	DE' 6	HL' B	SCAL	
PC 1	SP 2	IX 3	IY C	STEP	
IUIF 0	USRA F	END E	BGIN D	MON	

十六个数字键分别表示 0~F 16 个十六进制数。寄存器也用数字来表示, 十六个数字键分别代表 CPU 中的通用寄存器 (或寄存器对) 和三个监控程序中的工作寄存器, 寄存器的名称标在数字键的上方。其中 AF、BC、DE、HL、AF'、BC'、DE'、HL'、PC、SP、IX、IY 表示 CPU 中的各寄存器, IUIF 表示 CPU 中 1 寄存器及中断触发器的状态。USRA 是用户定义键起动地址寄存器, 当按 USER 键时, 计算机便从该寄存器所指的地址执行用户程序。BGIN 和 END 是转储地址寄存器, 分别装入转储的起始地址和结束地址。

十四个命令键是:

EPRG/DEL (MVUP)	EPROM 写入/删除一字节
PORT/INS (MVDN)	口读写/加入一字节
HEX/GTBP	十六进制数/查找断点
DEC/STBP	十进制数/设置或清除断点
MEM/SEEK	存储器读写/数字串查找
REG/OFS	寄存器读写/偏移量计算
DUMP/LAST	转储/读写上一个字节(存储器、寄存器或口)
LOAD/NEXT	装入/读写下一个字节(存储器、寄存器或口)
USER	用户定义键
FUNC	扩展功能键
ESEX	连续执行程序
SCAL	单步执行单步调用
STEP	单步执行
MON	返回监控

* FUNC 扩展功能键与数字键配合使用,共有七种附加功能:

0/FUNC	对存储器区置数
1/FUNC	数据块移动
2/FUNC	EPROM 检查
3/FUNC	从 TP803 接收数据(无偏移)
4/FUNC	从 TP803 接收数据(有偏移)
5/FUNC	装入数据(有偏移)
6/FUNC	向 TP803 发送数据(有偏移)

RESET 为复位键,它在硬件上与单板计算机系统复位线连在一起,无论何时按下 RESET 键都将使整个系统复位。

1.3 操作步骤及注意事项

一、按下面规定顺序连线:

1. 直流稳压电源、音频盒式录音机交流端均接至交流 50Hz 220V 交流电源。
2. 用无衰减器的转录线将 TP801B 单板机上的“CASS OUT”插孔与录音机上的“AUX”或(“MIC”)插孔相连接;单板机上的“CASS IN”插孔与录音机上的“EARPHONE”(或“MONITOR OUT”)插孔相连接。
3. 将单板机上的电源线,按正负极性与直流稳压电源的+5V 输出端正负极一一对应连接;有条件的可在这两者之间加入一个开关,在连线之后,将开关处于打开状态。以后在单板机操作过程中,用此开关控制单板机的直流电源接通与关闭,从而使直流稳压电源交流端一直处于接通状态。

二、设定单板机上 S_1 、 S_2 开关的位置:

1. 通常在要求通电自动进入 0800H 为首地址的用户程序的情况下,开关 S_1 设

定在“MON RST”位置;

2. 在不进行 EPROM 编程写入时, 开关 S_2 设定在“READ”位置;

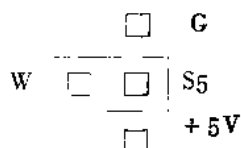
3. 插入式开关 S_3 、 S_4 、 S_5 和 S_6 的设定:

S_3 —TP801B 与磁带机连接, 磁带机作为本机的外存储器使用时, S_3 设定在 B 位置; 若 TP801B 与 TP803 连接, 由 TP801B 向 TP803 传送信息, 则将开关 S_3 设定在 A 位置。

S_4 —当 U_7 插座上插入的是 2716 EPROM, 则将 S_4 设定在“+5V”位置; 若插入的是 2732 EPROM, 则分两种情况: 2732 容量是 4K 字节, 这里我们暂且称每 2K 字节为一“章”, 这样就有 0 “章”和 1 “章”, 当我们使用 0 章的 2K 字节 TPBUG-B 时, 就将开关 S_4 设定在“G”位置; 假若我们希望使用 1 章的 2K 字节, 则将 S_4 设定在“+5V”位置上。TP801B 出厂时, 若 U_7 上插入的是 2716 EPROM, 开关 S_4 应设在“+5V”位置。

S_5 —使用方法和 S_4 基本一样, 即 PROM1 插座上插入的是 2716 EPROM, S_5 设定在“+5V”位置; 插入的是 2732 EPROM, 使用 0 章, S_5 设定在“G”位置; 使用 1 章, S_5 设定在“+5V”位置。

若插入的是 6116 SRAM, S_6 设定在“W”位置。



S_6 —在对 2716 EPROM 进行编程写入时, 除了使开关 S_2 设定在 PGM 位置外, 应使 S_6 设定在 P/R 位置上。

若在 PROM2 插座插入的是 2716 EPROM, 但不处于编程写入状态, 作为 ROM 在线使用, 应使 S_2 设定在“READ”位置, S_6 设定在 P/R 位置。

若插入的是 2732 EPROM, 希望使用 0 章的 2K 字节, S_6 设定在“G”位置; 若要求使用 1 章的 2K 字节, S_6 设定在 P/R 位置 (注意: S_2 应处于 READ 位置)。

$S_1 \sim S_6$ 的位置与用途的关系见表 1.1 (见第 5 页)

三、TP801B 与 TP803 联机进行信息传送时的连接:

1. 用无衰减器转录线将 TP801B 的 CASS OUT 与 TP803 的 CASS IN 连接, TP801B 的 S_3 设定在 A 位置;

2. 用无衰减器转录线将 TP801B 的 CASS IN 与 TP803 的 CASS OUT 连接。

四、开机:

1. 接通直流稳压电源 +5V (注意电源电压值与正负极性)。此时绿色发光二极管“HALT”应亮。假若“HALT”发光二极管不亮, 有两种可能:

① CPU 处于 $\overline{\text{HALT}}$ 状态;

② 电源电压与极性不对, 或本机发生故障, 此时处理办法, 请看第六步骤。若 CPU 处于 $\overline{\text{HALT}}$ 状态, 请按压 RESET 按键, 退出 $\overline{\text{HALT}}$ 状态, 转 TPBUG-B 控制。

表 1.1

开关位置与用途的关系

开关	位置	说 明
S ₁	MON	常 规
	RST	复位初始化后, 自动进入 0800H 用户程序
S ₂	READ	常 规
	PGM	EPROM 编程写入
S ₃	B	TP801B 标准转储
	A	与 TP803 连接
S ₄	+5V	2716 或 2732 的 “1 章” (后 2 KB)
	G	2732 的 “0 章” (前 2 KB)
	+5V	2716 或 2732 的 “1 章”
S ₅	G	2732 的 “0 章”
	W	6116 SRAM
S ₆	P/R*	2716 或 2732 “1 章”
	G	2732 “0 章”

* S₂ 在 PGM 为编程写入, 常规下应在 READ 位置

2. 按压 RESET 后, 单板机自动引导进入 TPBUG-B, “HALT” 发光二极管发出绿光, LED 数字显示器最左端一位显示一个 “P.” 提示符, 表示本机可接受外界命令。假若绿色发光二极管不亮, 不显示提示符 “P.”, 应检查开关 S₁ 是否处于 MON RST 位置, S₄ 是否设定在 “+5V” 位置, 若这两个开关位置都对, 则应关断电源, 进行检查。若 S₁、S₄ 位置不对, 在断开电源后, 重新按正确位置设定, 再接通电源。此时, 绿色发光二极管 “HALT” 应发光, 显示器的提示符 “P.” 可能不显示 (原因后面将详述), 按压 RESET 键后, “P.” 应立即显示在 LED 的最左边的一位上。

五、输入用户程序, 进行程序调试和相应的操作。

六、如果在进行第三步操作时, 不显示 “P.” 和发光二极管 “HALT” 不亮, 则须迅速关断电源, 仔细检查连线是否有错, 器件与插座的接触是否可靠, 各开关的位置是否按要求设定, 直流稳压电源的输出电压是否满足 $+5V \pm 5\%$ (4.75V 至 5.25V 间) … 等。如果这几方面都没有发现问题, 应请对维修单板机有经验者或到本厂维修部进行维修, 切忌乱拆乱修。

七、为防止人体所带静电对集成电路芯片的损坏, 切忌用手直接接触集成电路芯片。若在本机板上进行焊接, 而使用电源电压为交流 220V 的电烙铁, 应将电源断开, 利用烙铁余热进行焊接, 或者在不插上集成电路芯片的情况下进行焊接。

第二章 TPBUG-B 监控程序简介

2.1 TPBUG-B 监控程序的工作状态

TPBUG-B 监控程序固化在 2716/2732 EPROM 中, 占用存储空间是 0000H—07FFH, 共 2K 字节。另外, 它占用了部分读写存储器 (RAM) 作为工作区, 由 3FA0H 到 3FFFH 共 96 个内存单元。

用户可以通过 31 个键向 TP801B 单板计算机发出各种操作命令。大多数的键都具有两种或两种以上的功能。计算机到底进行什么操作, 不仅与按压什么键有关, 也与当时计算机所处的工作状态有关。“工作状态”在 TPBUG-B 操作中, 是一个重要的概念, 所以首先介绍。

TPBUG-B 在不同的工作状态, 有不同的显示形式, 因此可以从显示器上了解计算机所处的状态。下面列举几种重要的状态:

待命状态 0: 在本状态时, 显示器的左端显示提示符——一个闪动的“P.”字。在计算机接通电源自动复位或按压 RESET 键, 都可以使本机处于待命状态 0。在大多数情况下, 按 MON 键也可以使计算机进入待命状态 0。

待命状态 1: 在本状态时, 显示器显示一到六位数字, 数字中间没有间隔。若显示六位数字, 则第一位会不断闪动。在待命状态 0 按压数字键, 本机便转入待命状态 1。另外, 当执行用户程序时遇到断点、单步执行, 用 MON 键中止用户程序、装入 (LOAD) 出错、EPROM 编程写入出错等都会使计算机进入待命状态 1。

存储器读、写状态: 在显示器上显示六位数字, 第五位或第六位数字不断闪动。(注意: 有时在待命状态 1 向计算机送入过多的数字, 也会使显示器第五位或第六位闪动。)

寄存器读、写状态: 显示五位数字。第一位数字与第二位数字之间有空格 (不显示), 后四位数字中有一位不断闪动。

口读、写状态: 显示四位数字。左边两位是口地址, 右边两位是该口数据, 中间是两位空格。

闪动的数字起光标的作用。表示若再次按数字键, 它将被该键所标的数字所代替。

在 TPBUG-B 的管理下, 除复位键以外, 所有的键都有自动连续的功能, 持续按键 0.8 秒以上, 就会产生连续按键的效果。

2.2 TPBUG-B 与 TPBUG-A 的区别

本节为熟悉 TPBUG-A 的读者，简单介绍 TPBUG-B 的一些性能。

TPBUG-B 没有换挡键，键的功能取决于计算机所处的状态。这种设计是基于如下的考虑：在多数情况下，许多键的作用，本身就被计算机的状态所局限。例如：TPBUG-A 中的 LAST 和 NEXT 键，在存储器读写状态其意义是明显的，但是显示提示符 P 字时（称为监控待命状态），它们就不可能有意义，因此被称为是非法的。实际上，在监控待命状态按这两键的目的只能是唯一的，就是打算进行转储（DUMP）或装入（LOAD）操作，没有必要再按换挡键。TPBUG-B 考虑到实际操作时的这类问题，将各键的功能自然地与计算机状态联系在一起，免去了记忆上下挡状态的麻烦。计算机的状态可以从显示方式中判断，不至引起混乱。

在用 MON 键中止用户程序时，TPBUG-B 将立即显示地址及累加器内容，进入待命状态 1，再次按 MON 键才回到待命状态 0，显示提示符“P.”。这是考虑到在大多数情况下，用户都想知道程序被中止的地址，省去了再次读出程序计数器（PC）的操作。

在单步执行方面，TPBUG-B 提供了两种执行方式：按 PC 内容执行和按显示器上的内容执行，这使单步执行方式与连续执行方式的操作统一起来，单步执行不会清除已设置的断点，使用户可以混合使用单步及断点技术来调试程序，从而加快调试速度。除此以外，TPBUG-B 还提供了另一种单步执行方式：单步调用，它把调用指令（CALL）也作为一步来执行。在多数情况下，单步调用比纯粹单步命令要方便得多。TPBUG-B 还具有单步跟踪功能，持续按压单步执行键或单步调用执行键（STEP 或 SCAL），计算机便进入跟踪状态，以每分钟 650 条指令的速度执行用户程序，同时显示程序执行地址。只要松开按键便可立刻停止，返回到待命状态 1。TPBUG-B 灵活的断点设置、单步及单步调用及程序单步跟踪等功能，大大提高了单板机的开发能力，为用户节省了调试程序的时间。

断点的清除可以单个进行。如果操作者忘记了所设的断点地址，按压断点查找键 GTBP，可以找出程序中所设的全部断点。用 SIBP 键设置断点时，显示器会告诉已设断点的个数，以避免设置过多的断点。

TPBUG-B 在转储（DUMP）及装入（LOAP）方面，作了重大的改进。转储磁带记录输出波形，采用 TPBUG-B 标准：用 1200Hz 表示逻辑“0”，2400Hz 表示逻辑“1”，使用 2400 波特率进行高速转储与装入操作。由于提高了信息传送波特率以及记录格式的改进，使记录速度比 TPBUG-A 提高了 40 倍左右。同时由于文件记录长度的缩短，使记录的可靠性也提高了。除此以外，TPBUG-B 还可以自动查找文件，自动启动所装入的文件，对磁带记录进行校对，……所有这些功能，都使作为外存储器使用的盒式磁带机的工作更可靠、更方便。用户不会再认为转储、装入操作是一件费时而烦人的操作，而把它看作是扩展单板机能力的一种经济、实用而的确方便的手段。

TPBUG-B 在硬件的支持下，完善了与 TP803 微型机系统之间的通讯联系。在 TP803（或类似的计算机，如 TRS-80）上，用汇编语言生成的机器码文件，可以由录音机接

口直接装入 TP801B 单板机,也可以通过 TP801H 板装入 TP801B。这就大大地加快了程序编制的速度,并且减少了由于手工汇编而造成的错误。另外,TPBUG-B 有专设的命令,可将 TP801B 中的信息(命令或数据)直接送入 TP803 (或类似计算机)中,供进行分析,处理或进行反汇编等使用。

TPBUG-B 中偏移量的计算操作简单而方便,它仅比普通改写存储器操作多按一次键。

TPBUG-B 还增加了查找数据串的命令(SEEK)。该命令的用途十分广泛。比如:假若程序是在起始地址为 2000H 的内存中已调好,现在要把程序固化在 EPROM 中,放到起始地址为 0800H 的内存区域中使用,这时所有的绝对跳转、绝对调用的指令都需要更改。怎样找到全部要更改的单元地址呢?利用数据串查找命令(SEEK),可以一个不漏地查找出来。

TPBUG-B 中的 EPROM 编程写入命令(EPRG),允许用户把任意位置的数据写入 EPROM 中的任意地址单元中去,而且在对 EPROM 写入过程中,是边写入、边校对、边显示单元地址和内容,用户可以一目了然地观察写入的过程;一旦写入发生错误,便自动退出写入操作,而不必等待全部写入操作完毕才退出。

TPBUG-B 中的插入命令 INS,与 TPBUG-A 中的 MOVE 命令相当,只是 INS 命令操作完毕后显示单元地址不变,省去再操作一次键,就可直接写入新插入的一字节内容。TPBUG-B 还增加了一个与 INS 命令相反的删除一字节命令 DEL。由于两个键的功能是“互补”的,当不慎按错其中一个键后,可以用操作另一个键来补救,使影响范围减至最小。

在 TPBUG-B 中,对寄存器的读写都是采取读写寄存器对(16位)的形式进行,某些 8 位寄存器也拼装成 16 位寄存器对来读写,按压 NEXT 或 LAST 键可以访问到所有的寄存器,而不必操作 MON 键退回到待命状态。在实际操作中,这种设计使按键操作平均减少了一半。

在 TPBUG-B 中,对存储器的读写,由于有“光标”指示要修改的数字,减少了送数错误。而在 TPBUG-A 中,由于某次送数写入错误,还会影响到以后的送数操作。对于初学者来讲,这是很恼人的,而且往往误认为机器出了毛病。此外,在 TPBUG-B 中,由于 NEXT 和 LAST 键都有自动连续的功能,因此可不必退回待命状态而迅速转移到所需访问的单元,这既简化了操作,也节省了时间。

TPBUG-B 还增加了一些有用的附加命令:

▲十进制—十六进制转换,这对手工编译程序是很有帮助的;

▲数据区置数,将指定区域内存单元写入规定的内容,如清 0,写 FFH 等等;

▲数据块转移,将内存中任意地址的数据块移到内存中指定位置;

▲EPROM 检查,当要对一块 EPROM 写入之前,应该检查它在将要写入的区域中是否是“干净”的,即所有单元的内容是否都是 FFH。TPBUG-B 增加了查找非 FFH 字节的功能,就能很方便地检查 EPROM 是否“干净”的了,而不必临时编制检查程序。

TPBUG-B 采用模块化程序结构,易于扩充和修改。它的子程序是向用户开放的,各种功能的子程序用户可以方便地调用。

第三章 TP BUG-B 的操作命令

3.1 复位命令—RESET 键

在任何时刻按压复位键 RESET，都会迫使计算机进入初始状态（与通电复位作用一样），在介绍 Z80-CPU 的技术手册中，已经知道这时 PC 指向 0000H 单元，CPU 从这里开始进入初始化程序：

- ▲使中断触发器处于禁止中断状态；
- ▲置 CPU 中断方式为方式 0；
- ▲使 CTC 和 PIO 复位；
- ▲将已设置的断点全部清除；
- ▲置用户栈指针（SP）为 3FA0H；
- ▲将重新启动指令 RST56 的跳转地址 3FB4H 单元置成 C7H（RST0）；
- ▲使计算机进入待命状态 0；
- ▲测试开关 S1 的状态，决定是否转入 0800H 单元开始的程序，还是进入待命状态 0。

在复位键一直起作用时（信号 RESET 一直有效），计算机的地址总线、数据总线全部处于高阻抗状态（也称浮空状态），所有的输出控制信号均为无效状态。

按压复位键不会改变用户存储区的内容，也不会改变除了 SP 以外的其他 CPU 寄存器。

3.2 送数命令—十六个数字键

十六个数字键 0、1、2、……9、A、B、C、D、E、F，一般是用来向计算机输入十六进制数字，输入的数字将立刻显示在显示器上。等待输入的数字的位置通常由光标指出。光标是一闪动的数字，当按下某一数字键时，它就由该键的键名数字所代替，然而光标就自动移到下一位，也就是下一位的数字变为闪动的了，表明它是准备接受更改的位置。但有以下三种情况不出现光标：

1. 在待命状态，而显示器上显示的数字不够 6 位，即右边还有空格（不显示的位），光标的位置实际上在空格，所以这时观察不到光标；
2. 口读写状态，需要按两次数字键才能完成向口送数的操作，也就是要按两次数字键，显示器才改变一次，故不设光标显示。
3. 十进制—十六进制数字转换，新送入的数字总是处于最后一位，原有的数字向左

移动一位，所以不必再设光标。

若计算机原来处于待命状态 0（显示一闪动的 P 字），则按下任一数字键后，就使计算机进入待命状态 1。待命状态 1 是显示数字，待命状态 0 是显示提示符“P.”，这是两者最明显的区别。由于许多键在两种不同待命状态具有不同的功能，所以请读者注意区分这两种状态。

持续按下任一数字键在 0.8 秒钟以上，计算机将连续向显示器上写（显示）该数字。

3.3 返回待命状态—MON 键

按 MON 键，可迫使计算机进入待命状态。通常用 MON 键进行以下操作：

- ▲清除已送入显示器的数字；
- ▲退出其他操作状态。例如，退出存储器读写状态，寄存器读写状态……等；
- ▲强迫中止用户程序的执行。

除了最后一种操作外，按 MON 键均可使计算机返回待命状态 0（显示闪动的“P.”）。

在用户程序执行时，按 MON 键则立刻停止用户程序的执行，并在显示器上显示中止的地址及当时 A 累加器的内容，使计算机处于待命状态 1。再按一次 MON 键，就返回到待命状态 0。在程序中止时，用户程序所有 CPU 寄存器的内容都被保护起来（进栈），通过寄存器读写命令，可查看各寄存器的内容。

按 MON 键不会影响用户的存储区、寄存器以及已设置的断点。

3.4 存储器读写命令—MEM、NEXT、LAST 键

这一组命令，是用来检查（读出）或更改（写入）内存单元，因此，通过这些键盘命令的操作向计算机送入程序和数据。

先按压 MON 键，使计算机处于待命状态 0，然后送入 4 位表示要检查的存储器地址，再按 MEM 存储器读写键，读出该单元的内容，计算机便进入存储器读写状态。

在存储器读写状态，显示器的左边 4 位数字是内存单元地址，右边 2 位是该单元的内容。光标（闪动的数字）表示等待修改（写入）的数字。

存储器读写状态是 TPBUG-B 的一种重要状态，这时多数的命令键都具有与待命状态 1 不同的功能，请读者注意。存储器读写状态的明显标志是：显示 6 位数字，光标在第 5 或第 6 位。但在待命状态 1，多送了数字，光标也会移到第 5 位或第 6 位，这是唯一的例外。

在存储器读写状态，各功能键的功能都以下排字表示。例如，若在存储器读写状态下按 MEM/SEEK 键，将会启动数据串查找（SEEK）程序。

使用 LAST 或 NEXT 键可以读出上一个或下一个存储单元，同时光标自动移到第 5

位。持续按 LAST 或 NEXT 键在 0.8 秒以上, 计算机便开始对内存进行向上或向下扫描, 依次显示各个单元地址及内容。松开按键, 扫描立即停止, 计算机仍处于存储器读写状态。利用这种功能, 可以快速检查某一内存区的内容, 或快速移动到要检查的单元, 从而简化了操作。

按 MON 键, 可使计算机退出存储器读写状态, 返回待命状态 0。

下面举例说明操作规程: (—表示光标位置)

按 键	显 示	说 明
MON	P. — — — —	待命状态 0
MEM/SEEK	P. — — — —	在待命状态 0, 按 MEM/SEEK 键无效。
0	0 — — — —	送入数字 0, 进入待命状态 1。
MEM SEEK	0 0 0 0 — 2 1	待命状态 1, MEM 键有效。未送入的数字(地址)被认为是 0, 进入存储器读写状态, 显示 0000H 单元的内容 21H, 第 5 位数字 2 闪动, 表示此位可更改。
HL/A	0 0 0 0 — 2 1	按数字键 A, 对 0000H 单元进行写入, 但由于该单元是 ROM, 写入无效, 光标移到第 6 位。
MON	P. — — — —	按 MON 键, 返回待命状态 0。
2 0 1	2 0 1 — — —	要检查 2010H 单元, 最后一位 0 可省略不送入, 处于待命状态 1。
MEM/SEEK	2 0 1 0 — × ×	按 MEM 键, 进入存储器读写状态, 显示 2010H 的内容 × ×, 光标在第 5 位。
0	2 0 1 0 — 0 ×	按 0 键, 第 5 位立即被更改, 并写入 2010H 单元, 光标移至第 6 位。
8	2 0 1 0 — 0 8	按 8 键, 第 6 位被更改, 光标重新移到第 5 位。
1	2 0 1 0 — 1 8	按 1 键, 第 6 位被更改, 光标又移到第 5 位。
NEXT	2 0 1 1 — × ×	按 NEXT 键, 读出下一个单元, 2011H, 光标移至第 5 位。
A	2 0 1 1 — A ×	按 A 键, 光标移至第 6 位。
LAST	2 0 1 0 — 1 8	按 LAST 键, 读出上一个单元, 光标重新移到第 5 位。

3.5 寄存器读写命令

—REG、NEXT、LAST、MEM 键

对寄存器的读出，采取读出寄存器对或 16 位寄存器的形式，8 位寄存器也都拼装成 16 位寄存器对用代号表示。1—C 十二个数字键分别代表 CPU 中十二个 16 位寄存器或寄存器对：AF、BC、DE、HL、AF'、BC'、DE'、HL'、IX、IY、PC 和 SP。

数字键 0 也表示一个 16 位寄存器，它的高 8 位是 CPU 中矢量寄存器 I 的内容，低 8 位表示 CPU 中断触发器的状态。00 表示禁止中断，01 表示允许中断。

D、E 和 F 三个数字键，代表 TPBUG-B 监控程序所使用的三个“操作寄存器”，分别用来存放转储（DUMP）的起始地址、结束地址及用户程序启动地址。

对寄存器的读写，一般应先按 MON 键，使计算机进入待命状态 0，然后按所要访问的寄存器代号（数字键），再按 REG 寄存器读写键，计算机便进入寄存器读写状态。

寄存器读写状态的标志是：显示器上显示 5 个数字，第 1 位数字代表寄存器或寄存器对（都是 16 位）的代号，第 2 位是空格（不显示），右边的 4 位数字表示该寄存器或寄存器对的内容。光标处于显示器的第 3 位到第 6 位之中。

若要对寄存器的内容进行改写，可按压所需的数字键，光标所在处的数字即被更换，而光标随即往左移一位。（若到了最左端，又重新回到起始位）。

在寄存器读写状态下，按 REG 键，可使光标移动而不改变寄存器的内容。

按压 NEXT 或 LAST 键，可查访更改下一个或上一个寄存器对（按代号顺序排列）的内容。持续按 LAST 或 NEXT 键的时间在 0.8 秒以上时，可实现快速查找寄存器。

有时需要查看寄存器所指的存储单元内容，例如检查用户堆栈，（HL）的内容等等，可以不必退出寄存器读写状态，直接按压 MEM 键，既可显示该寄存器所指向的存储单元内容，同时计算机由寄存器读写状态进入存储器读写状态。

当然，按压 MON 键，可以从寄存器读写状态退回待命状态 0。

注意，在待命状态 0，寄存器读写键也有效，按下后将显示 PC 的内容，并进入寄存器读写状态。下面举例说明操作过程：

按 键	显 示	说 明
MON	P.	待命状态
AF/7	7	要检查 AF 寄存器对，数字键 7 是它的代号。
REG/OFST	A 7 × × F × ×	按 REG 键，立即显示 AF 的内容，进入寄存器读写状态。

REG	7	× ×	× ×	在寄存器读写状态，REG 键的作用是移动光标。
2 5	7	× 2	5 ×	按数字键，光标移动，更改寄存器内容。
4 3	7	3 2	5 4	更改寄存器内容。
NEXT	8	× ×	× ×	按 NEXT 键，自动读出下一个寄存器—BC，它的代号是 8，光标自动移至第 3 位。
0 0 0 6	8	0 0	0 6	送入 4 位数 0006，B 被置成 00H，C 被置成 06H。
MEM/SEEK	0 0 0 6	1 8		按 MEM 键，检查 BC 所指向的存储单元(BC)内容，进入存储器读写状态。

3.6 口读写命令—PORT、NEX、LAST 键

口的读写一般应先按 MON 键，使计算机处于待命状态 0，然后送入两位十六进制数字，代表被访问（读写）的口地址，再按压口读写键 PORT，计算机便进入口读写状态。

在口读写状态，显示器上显示四个数字，左边两位是口地址，右边两位是该口的内容，没有数字闪动。

按 LAST 或 NEXT 键，可对上一个地址或下一个地址的口进行一次读操作，除了 RESET、MON、NEXT、LAST 和数字键外，这时按下其它的键，都相当于再对该口进行一次读操作。持续按这些键中任一个，都能自动连续对该口进行读操作，并显示操作结果。

要对口送数据（或命令字），可按压所需的两位数字键。每按两次数字键，计算机便对该口进行一次写操作，显示器上将显示所送出的数字。若只按一次数字键，显示器上不会发生任何变化，计算机仅记下送入的数字，并不向口发送。

按 MON 键，可使计算机返回待命状态 0。

在 TP801B 计算机上，I/O 口的地址分配如下：

80H	P10	A口	数据寄存器
81H	P10	B口	数据寄存器
82H	P10	A口	控制寄存器
83H	P10	B口	控制寄存器
84H	CTC	通道 0	
85H	CTC	通道 1	
86H	CTC	通道 2	
87H	CTC	通道 3	
88H—8BH		字形输出锁存器	