

doi: 10.7690/bgzdh.2020.05.002

## 瞄具计算机组合板级调试方法

袁亦青, 贺燕燕, 雷 昱

(西北机电工程研究所电气部, 陕西 咸阳 712099)

**摘要:** 针对计算机组合板级调试内容繁多、问题多的情况, 提出新的调试方法。基于调试工艺规程, 分别对 D/A 转换功能、激光匿影板输入输出脉冲滞后调整步长测试 2 项调试项目, 提出相应的调试方法; 对 D/A 板转换和模拟量输出功能进行调试; 采用测量相对滞后步长的方式计算得到精确的滞后调整步长。实践证明: 2 项调试项目所采取的调试方法, 不仅能降低计算机组合板级调试周期, 而且能提高调试精度。

**关键词:** 瞄准装置; 计算机组合; D/A 转换; 滞后步长

**中图分类号:** TJ303<sup>+</sup>.6 **文献标志码:** A

## Group Board Level Debug Method for Aiming Device Computer

Yuan Yiqing, He Yanyan, Lei Yu

(Department of Electrical, Northwest Institute of Mechanical & Electrical Engineering, Xi'an 712099, China)

**Abstract:** Aiming at various content and many problems of computer group board level debugging, put forward a new debugging method. Based on the debugging technical process, give related debugging methods for D/A transformation function and step length of laser blanking plate input/output pulse hysteresis. Debug D/A plate transformation and analog output function. Use measuring related hysteresis step length to acquire accurate debugging step length. Practice has proved that 2 debugging projects taken by the debugging method, which is not only reduces the computer combination board-level debugging cycle, but also improve the precision of debugging.

**Keywords:** skeleton device; computer group; D/A conversation; hysteresis step length

### 0 引言

炮位光电瞄准装置中, 控制柜担任着炮位光电瞄准装置工作状态的监控、通信和控制等重要功能, 由控制组合 1、2 组成。计算机组合是控制组合 2 的重要成员, 具有模拟量输入、A/D 转换<sup>[1]</sup>、D/A 转换和模拟量输出、控制信号输出及通信等功能。

计算机组合板级由激光匿影板、主板、D/A 板、A/D 板、信号缓冲板、备板和 SD 板组成, 针对计算机组合的板级调试至关重要, 因其调试项目多、干扰因素杂等原因, 板级调试不仅耗时耗力, 而且测量值精度也存在问题, 最为突出的当属 D/A 板和激光匿影板的调试。

笔者以 D/A 板转换模拟量输出功能和激光匿影板输入输出脉冲滞后调整步长 2 项调试项目为研究对象, 针对其提出相应的调试方法, 优化 D/A 转换调试、精确滞后步长值获取。

### 1 D/A 板调试方法研究

#### 1.1 D/A 板功能简述

计算机组合中的 D/A 板(A03 板)关系到随动系

统能否获取准确的射击诸元信息, 具有将伺服系统方位、高低位置数据转换为模拟量并输出的功能。在计算机组合板级调试乃至整个瞄具系统中, D/A 转换功能非常重要, 也是最复杂、耗时、误差要求最为严谨的调试项目之一。

#### 1.2 D/A 转换功能调试方法

##### 1.2.1 D/A 转换功能调试所面临的问题

D/A 板中方位、高低 D/A 转换电路组成相同, 由转换芯片、电位器、集成运放和外围电子元器件组成。图 1 为方位 D/A 转换模拟量输出基本单元电路, D3 处 D/A 转换芯片 AD669 在得到数字信号后, 经过数/模转换, 由 25 号管脚输出至集成运放单元, 经放大稳定后输出模拟电压值, 可由插座 XJ1:1 对 3 脚测量出方位通道经 D/A 转换后的电压值。

依计算机组合板级调试工艺可知, 方位转换通道 D/A 转换功能调试分为 2 部分: 1) D3 旁电位器 VR1、VR2 的调试; 2) 运放 N1、N2 旁电位器 VR5、VR7 的调试。每部分都需要对电位器进行反复交叉调试, 直到满足输出电压值与设定电压值误差小于

收稿日期: 2020-01-09; 修回日期: 2020-02-11

作者简介: 袁亦青(1991—), 女, 陕西人, 硕士, 助理工程师, 从事火炮自动武器与弹药工程研究。E-mail: 1024196291@qq.com。

等于 2 mV，则满足要求，可进行最后检测工作，调试过程复杂繁琐。

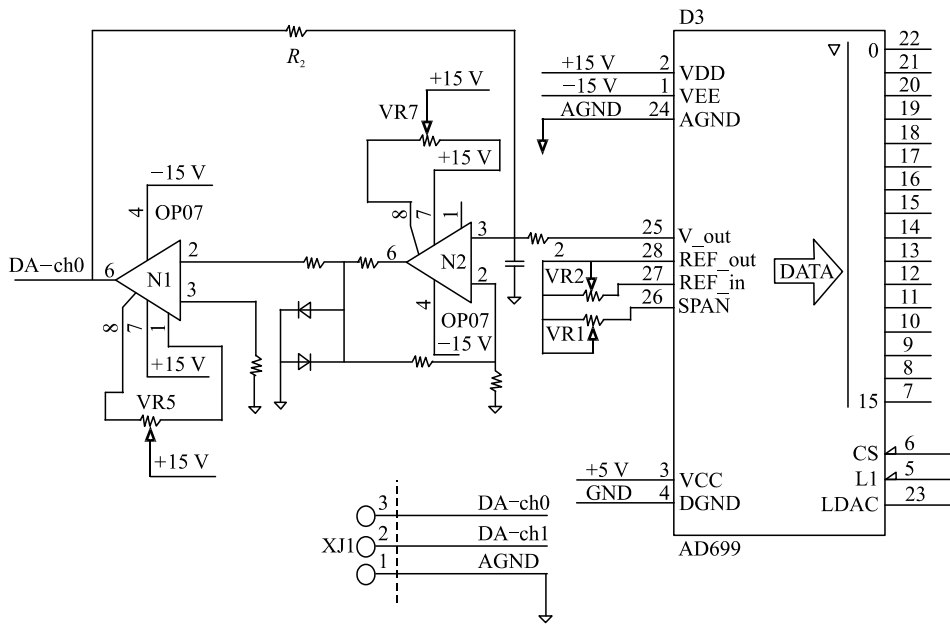


图 1 D/A 板转换模拟量输出基本单元电路

此外，在对电位器 VR1、VR2 进行测量时，需对 D3 的 25 管脚进行模拟电压检测，数值测量极为不便且误差难以估量，检测转换输出电压与设定电压差值则有可能偏大，甚至无法满足要求。因此，D/A 转换功能在调试过程所带来的问题，主要可概括为 3 个方面：

- 1) 调试方法复杂、繁琐；
- 2) 调试数据检测困难，误差难以控制；
- 3) 调试周期长。

### 1.2.2 D/A 转换功能调试方法研究

由图 1 可知：AD669 进行 D/A 转换后输出的模拟信号并非直接由插座 XJ1 输出，而是经运放单元放大后再进行输出。此运放单元实际是一极间电压并联负反馈二级集成运放电路，由电压串联负反馈放大电路<sup>[2]</sup>和一反相器组成，对 AD669 输出微弱的模拟信号进行稳定放大、取反工作。

分析运放电路，并与设计人员沟通可知：运放单元在设计研发过程中，只要各参数取值得当，则可对微弱的模拟信号无失真地进行放大输出，只要 AD669 能够对数字信号进行误差要求范围内的 D/A 转换。笔者以产品设计和调试工艺为依据，吸取多次调试过程的成功经验，提出一种在简化调试过程的基础上，降低甚至消除数据测量误差的调试方法。调试方法由 3 部分构成：

- 1) 输出电压调零。

直接测量 XJ1:1 对 3 脚电压值，调试电位器 VR2，既不调试电位器 VR5、VR7，又不用测量 AD669 芯片 25 号管脚输出电压，即可完成 AD 669 调零调试。

#### 2) 方位通道极值电压转换调试。

键入极值电压 8 V，调试电位器 VR1，直接测量 XJ1:1 对 3 脚电压值；键入极值电压 -8 V，调试电位器 VR2，测量 XJ1:1 对 3 脚电压值；不断改变键入的极值电压，来回调试电位器 VR1、VR2，直至 XJ1:1 对 3 脚测得的电压值与极值电压间的误差小于等于 ±2 mV 为止。同样不必对电位器 VR5、VR7 进行操作。

#### 3) 方位通道转换模拟量输出功能检查。

键入任意 0~±8 V 内的检测电压，例如 1 V。图 2 为测量 XJ1:1 对 3 脚输出的电压值。图 3 为输出电压值与设定电压值误差小于等于 ±10 mV 的输出，在对其他数值进行检测后，结果均满足要求。



图 2 D/A 板检测电压输入



图 3 D/A 板检转换模拟量输出

如表 1 所示，以调试工艺及现场实际调试为依据，从调试步骤、工时定额和检验精度 3 个方面，对原调试方法和笔者提出的调试方法进行对比。由表可见，笔者提出的调试方法能够在满足调试要求的前提下，提高调试精度、降低调试周期。

表 1 D/A 转换功能调试方法对比

序号	原调试方法			新调试方法		
	调试步骤	工时/min	精度/mV	调试步骤	工时/min	精度/mV
1	键入电压值 0 V，调节电位器 RP2，使 D3 芯片 25 号管脚输出电压为 0 V	5	$\leq \pm 2$	键入电压值 0 V，调节电位器 RP2，使检测孔 XJ3:1 对 3 的电压为 0 V	3	$\leq \pm 2$
2	键入电压值+8V，调节电位器 RP1，使 D3 芯片 25 号管脚输出电压为-8 V	5	$\leq \pm 2$	键入电压值+8 V，调节电位器 RP1，使检测孔 XJ3:1 对 3 的电压为+8 V	3	$\leq \pm 2$
3	键入电压值-8 V，调节电位器 RP1，使 D3 芯片 25 号管脚输出电压为+8 V	5	$\leq \pm 2$	键入电压值-8 V，调节电位器 RP1，使检测孔 XJ3:1 对 3 的电压为-8 V	3	$\leq \pm 2$
4	重复序号 2、3 步骤，直至输入的电压与芯片 D3 的管脚 25 上的输出电压误差小于等于 2 mV 为止	15	$\leq \pm 2$	重复序号 2、3 步骤，直至输入的电压与检测孔 XJ3:1 对 3 的输出电压误差小于等于 2 mV 为止	10	$\leq \pm 2$
5	键入电压值 0 V，来回调节电位器 RP5、RP7，直至检测孔 XJ3:1 对 3 的电压为 0 V 为止	10	$\leq \pm 2$	—	—	—
6	键入电压值+8 V，来回调节电位器 RP5、RP7，直至检测孔 XJ3:1 对 3 的电压为+8 V 为止	10	$\leq \pm 2$	—	—	—
7	键入电压值-8V，来回调节电位器 RP5、RP7，直至检测孔 XJ3:1 对 3 的电压为-8 V 为止	10	$\leq \pm 2$	—	—	—
8	总工时：60 min 检验精度： $\leq \pm 4$ mV			总工时：19 min 检验精度： $\leq \pm 0.5$ mV		

## 2 激光匿影板调试方法研究

### 2.1 激光匿影板功能简述

激光匿影板(A01 板)主要功能是产生一个激光匿影信号作为输出，即在 D/A 板与匿影板进行连接后，通过主板产生一个激光触发脉冲信号<sup>[3]</sup>。此信号作为匿影板的输入信号，匿影板后产生一个激光匿影信号作为输出信号。

### 2.2 激光匿影板调试方法

#### 2.2.1 激光匿影板调试要求

由 2.1 节可知，简单来说，激光匿影板就是得到一个输入信号，输出一个脉冲信号，所以针对激光匿影板的调试要求<sup>[4]</sup>，输入、输出信号的要求为：

- 1) 激光触发脉冲信号，即输入信号为正脉冲，脉冲宽度为  $(4.5 \pm 0.5)$  ms。
- 2) 激光匿影信号，即输出信号为正脉冲，脉冲宽度为  $(2 \pm 0.5)$   $\mu$ s。
- 3) 输出信号的上升沿滞后于输入信号的下降沿，滞后时间调整步长小于等于  $0.3$   $\mu$ s。

#### 2.2.2 激光匿影板调试难点及面临的问题

由调试要求可知，针对匿影板调试主要可分为以下 3 部分：

- 1) 脉冲触发输入信号检测。

运行主板测试程序，产生一个激光触发脉冲信号，即匿影板输入脉冲，用示波器在匿影板上 XJ1:1 对 2 测量信号。

- 2) 激光匿影输出信号检测。

用示波器另一路探头在匿影板上 XJ1:3 对 4 测量信号，得到输出脉冲信号。

- 3) 输入输出信号滞后时间调整步长检测。

用示波器同时在匿影板上 XJ1:1 对 2、3 对 4 测量信号，搬动 S1、S2、S3 处开关，对 2 次不同开关状态下的信号滞后时间进行测量，要求输出信号的上升沿滞后于输入信号的下降沿，且滞后时间调整步长为小于等于  $0.3$   $\mu$ s。

由此可见，输入输出信号滞后时间调整步长的调试，是激光匿影板调试的重点和难点，其所面临的问题可概括为以下 2 点：

- 1) S1、S2、S3 处开关状态应如何选择。开关状态的选择，能够使调试过程简单化、滞后步长计算精确化。
- 2) 如何对不同开关状态下的输入输出信号滞后时间进行测量、计算，直接关系到滞后步长值的精确度。

#### 2.2.3 输入输出信号滞后时间调整步长测量方法

笔者提出一种新的测量、计算方法，可避免在外界干扰情况下所出现的测量困难、数据不精确等

问题的发生，步骤如下：

1) 开关 S1、S2、S3 状态选择。

如图 4 所示，激光触发脉冲信号经处理后从芯片 D5 的 43 号管脚进入，调试人员可通过搬动开关<sup>[5]</sup>S1、S2、S3 上 1—4 开关进行“0”“1”设置，改变芯片 D5 中对输入信号的处理方式，以及输出信号的上升沿滞后于输入信号的滞后时间。

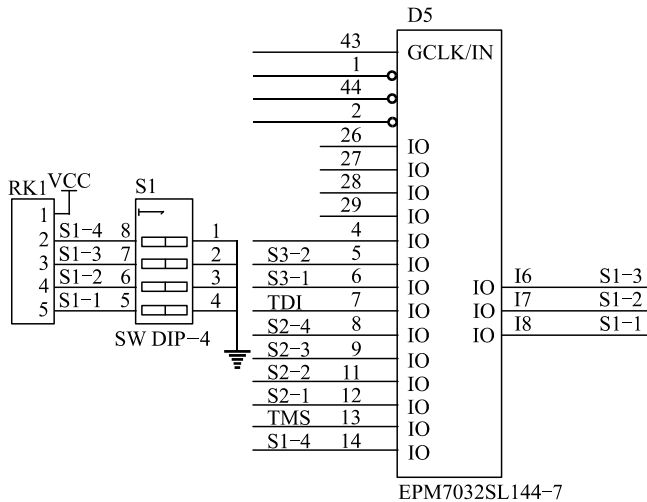
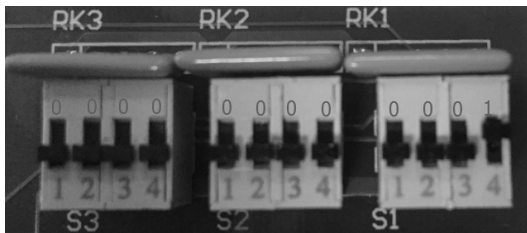
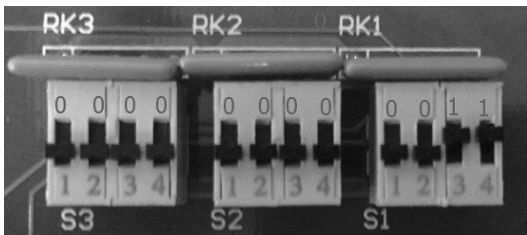


图 4 激光阴影板开关设置部分电路

图 5 为信号滞后时间调整开关示意图。为尽量减少搬动开关的次数，在示波器界面中清晰可见滞后时间、测得精确的滞后时间。采取如图 6 所示的开关状态设置。如图 5(a)所示，将 S1 中 4 号开关向上搬动，其余不变；则信号滞后时间调整开关状态为 0001；如图 5(b)所示，若将 S1 中 3 号开关也向上搬动，则代表信号滞后时间调整开关状态为 0011。需注意的是，滞后时间调整步长状态实质是进行了 2 次改变<sup>[6]</sup>：0001→0010→0011。



(a) 将 S1 中 4 号开关向上搬动



(b) 将 S1 中 3、4 号开关向上搬动

图 5 信号滞后时间调整开关

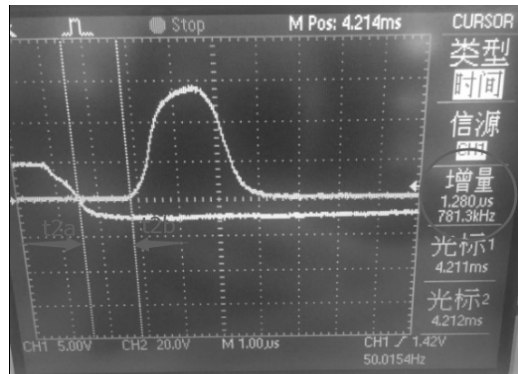


图 6 0011 开关状态下的信号滞后时间

2) 滞后时间相对位置获取及调整步长计算<sup>[7]</sup>。

在开关状态 0001 和 0011 时，用示波器在板上 XJ1：1 对 2、3 对 4 测量信号，测得输入输出信号滞后时间如图 6、图 7 所示。因考虑到外界或示波器本身干扰因素的影响，在改变开关状态时，输入、输出信号在示波器显示界面中位置变动大，无法只对 2 个信号的交叉点进行改变而获取不同状态下的滞后时间。

笔者采用测量滞后时间相对位置的方法，即通过测量在 2 种开关状态下，输入、输出信号交叉处  $t_{1a}(t_{2a})$  与输出信号幅值不为零的前一时刻处  $t_{1b}(t_{2b})$  的差值，如图 6、图 7 所示来获取 2 种开关状态下的信号滞后时间  $t_1、t_2$ 。

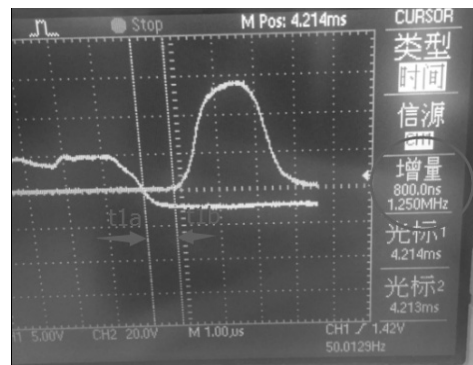


图 7 0001 开关状态下的信号滞后时间

因滞后时间调整步长状态经过 2 次改变，所以在计算滞后时间调整步长时，需对  $t_1、t_2$  的差值除以 2，才是真正的滞后时间调整步长  $T(\mu s)$ ，可由下式计算得出：

$$T = \frac{(t_{2b} - t_{2a}) - (t_{1b} - t_{1a})}{2} \quad (1)$$

由图 6、图 7 中所示增量值可直接得到  $t_1=0.8 \mu s$ ， $t_2=1.28 \mu s$ 。所以，输出信号滞后时间调整步长通过计算为： $T=(t_2-t_1)/2=0.24 \mu s$ ，符合滞后时间调整步长要求，激光阴影板调试完毕。

如表 2 所示，以调试工艺及现场实际操作为依据，从调试步骤、工时定额和测量准确度 3 个方面，对 2 种调试方法进行比较，结果表明笔者提出的调试方法简易可行，数据获取精确。

表 2 滞后时间调整步长调试方法对比

序号	原调试方法			新调试方法		
	调试步骤	工时/min	准确度/%	调试步骤	工时/min	准确度/%
1	示波器第 1 路在匪影板的 XJ1:1 对 2 测量输入信号	5	100	示波器第 1 路在匪影板的 XJ1:1 对 2 测量输入信号	5	100
2	用示波器第 2 路在匪影板的 XJ1:3 对 4 测量输出信号	5	100	用示波器第 2 路在激光匪影板的 XJ1:3 对 4 测量输出信号	5	100
3	调节匪影板上的拨位开关 S1~S3，改变输出信号与输入信号的时间间隔；通过对 2 个信号的交叉点进行改变，测量不同时间间隔下的滞后时间；将 2 个状态下的滞后时间进行相减，得到滞后时间调整步长	20	50 (受外界环境因素影响大)	S3, 改变输出信号与输入信号的时间间隔；通过测量滞后时间相对位置，得到拨位开关在 0001 和 0011 状态下的滞后时间(即示波器上“增量”值)；将 2 个状态下的滞后时间依据式(1)进行计算后，得到滞后时间调整步长	10	95 (几乎不受外界环境因素影响，且测量数据易得、准确)
4	总工时：30 min			总工时：20 min		

### 3 结束语

笔者以 D/A 板和激光匪影板调试方法为研究对象，依据调试工艺，针对 D/A 转换功能和激光匪影脉冲相对滞后步长的调试与测量进行研究，提出新的调试方法。结果表明：该方法不仅能优化 D/A 转换调试、精确滞后步长值获取，而且能提高调试质量，缩短调试周期。

### 参考文献：

- [1] 王永瑞, 王松林, 李小平. 电路分析[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 10-70.
- [2] 闫石. 数字电子技术基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 160-440.
- [3] 王吉, 王健. 激光干扰红外成像制导导弹的仿真系统[J]. 兵工自动化, 2019, 38(3): 55-57.
- [4] 王红军. 电子元器件检测与维修从入门到精通[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2004: 50-220.
- [5] 俞宙. 高速高精度 D/A 转换器测试技术[D]. 成都: 电子科技大学, 2004: 1-60.
- [6] 郑家龙. 集成电子技术基础教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002: 20-320.
- [7] 田晓兵, 李盼菲. 一种新型气囊唇边位移测量技术[J]. 兵器装备工程学报, 2019, 40(S1): 200-203.