

JJF

中华人民共和国民用航空部门计量技术规范

JJF(民航) 0044—2014

DRA-707 型无线电高度表测试仪

Model DRA-707 Radio Altimeter Test Set

2014-10-22 发布

2014-12-01 实施

中国民用航空局 发布

DRA-707 型无线电高度 表测试仪校准规范

Calibration Specification for

Model DRA-707 Radio Altimeter Test Set

JJF(民航) 0044-2014

代替 JJG(民航) 0044-1998

本规范经中国民用航空局2014年10月22日批准，并自2014年12月01日起施行。

归口单位：中国民用航空局航空器适航审定司

起草单位：北京飞机维修工程有限公司

本规范技术条文由起草单位负责解释。

本规范起草人：

姜 威（北京飞机维修工程有限公司）

周 博（北京飞机维修工程有限公司）

杜伟军（中国民航科学技术研究院）

吴振雷（北京飞机维修工程有限公司）

目 录

引言	(I)
1 范围	(1)
2 概述	(1)
2.1 用途	(1)
2.2 组成	(1)
2.3 工作原理	(1)
3 计量特性	(1)
3.1 输出信号	(1)
3.2 时钟频率	(3)
3.3 爬升速率	(3)
3.4 电源输出电压	(3)
3.5 电池及充电电压	(3)
4 校准条件	(3)
4.1 环境条件	(3)
4.2 测量标准及其他设备	(3)
5 校准项目	(4)
6 校准方法	(4)
6.1 外观检查	(4)
6.2 按键功能正常性检查	(4)
6.3 电气特性检查	(7)
6.4 输出信号的校准	(9)
6.5 时钟频率的校准	(13)
6.6 爬升速率的校准	(14)
6.7 输出电压的校准	(14)
6.8 电池电压及电池充电器电压的检查	(14)

7 校准结果	(14)
8 复校时间间隔	(15)
附录 A 前面板各开关按键及指示灯中英文对照表	(16)
附录 B 校准证书记录格式	(18)
附录 C 校准证书内容	(22)
附录 D 测量不确定度评定方法	(23)
附录 E 测量不确定度评定示例	(26)

引 言

本规范参考 JJF 1071-2011 国家计量校准规范编写规则和 JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示的编制，其主要内容依据厂家操作和维护手册《MODEL DRA-707 DIGITAL RADIO ALTIMETER TEST SET OPERATING AND MAINTENANCE MANUAL》加拿大 ATLANTIS 公司 2007 年英文版编写，对 JJG(民航) 044-98《DRA-707 型无线电高度表斜率模拟器检定规程》进行修订的。与 JJG(民航) 004-98《DRA-707 型无线电高度表斜率模拟器检定规程》相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 将 DRA-707 型无线电高度表斜率模拟器检定规程更改为 DRA-707 型无线电高度表测试仪校准规范；
- 引言中使用《MODEL DRA-707 DIGITAL RADIO ALTIMETER TEST SET OPERATING AND MAINTENANCE MANUAL》加拿大 ATLANTIS 公司 2007 年英文版替代 ATLANTIS 公司 1993 年英文版；
- 模拟转换发送器输出信号时钟频率 $(2.457\ 6 \pm 0.002\ 5)$ MHz 改为 $(2.457\ 6 \pm 0.002\ 4)$ MHz
- 模拟转换发送器输出信号输出电压 $(+5 \pm 0.25)$ V、 $(+15 \pm 0.75)$ V、 (-15 ± 0.75) V 改为 (5 ± 0.2) V、 (15 ± 0.5) V、 (-15 ± 0.5) V；
- 模拟转换发送器输出信号输出电平的技术指标进行更正；
- AFCS 离散输出信号电气特性的校准中测量设备由示波器改为直流电压表；
- 取消 ARINC429 A-B 输出信号中当前高度值检查的方法一；
- 取消检定项目和检定方法中的图 2、图 4、图 5、图 7、图 10；
- 模拟转换发送器输出信号电气特性的检定中的图 9 改为图 5 和图 6 的连接方式；
- 校准方法中“电池充电器电压的检查”进行更正；
- 增加“校准证书内容”“不确定度评定方法”和“不确定度评定示例”。

本规范历次版本的发布情况：JJG(民航) 044-98。

DRA-707 型无线电高度表测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于民用航空系统应用的 DRA-707 型无线电高度表测试仪(以下简称测试仪)的校准,对于技术手册为其他版本的测试仪,如果本规范能够满足其技术要求,可参照本规范进行校准。

2 概述

2.1 用途

测试仪产生飞机高度信息的地面模拟信号,用于机载无线电高度表的检查与维修。

2.2 组成

测试仪由微处理器、可编程时钟发生器、移位存储器、数据变换器、三套高度表系统的输出驱动器、键盘接口、输入输出接口、三种存储器(RAM、PROM、EEPROM)、前面板及电源等部分组成。

2.3 工作原理

通过微处理器等内部元件产生包含高度信息的 ARINC429 脉冲串编码信号并发送至机载无线电高度表,用以检查机载无线电高度表是否完好。

3 计量特性

3.1 输出信号

3.1.1 TTL 输出信号

比特频率为 12.5 kHz 时,脉冲宽度为 $(40 \pm 2) \mu\text{s}$ 。

逻辑高电平: $>4.5 \text{ V}$

逻辑低电平: $<0.5 \text{ V}$

上升、下降时间： $<8\ \mu\text{s}$

3.1.2 AFCS 离散输出信号

NORM 状态输出电平： $(14\pm1)\text{ V}$

FAIL 状态输出电平： $<0.7\text{ V}$

3.1.3 ARINC429 输出信号

比特频率为 12.5 kHz 时，脉冲宽度为 $(40\pm2)\ \mu\text{s}$ 。

A 信号和 B 信号上升、下降时间： $(10\pm5)\ \mu\text{s}$

输出电平见表 1。

表 1

V

信号	高	零点	低
A 信号对 B 信号	10.0 ± 1.0	0 ± 0.5	-10.0 ± 1.0
A 信号对地	5.0 ± 0.5	0 ± 0.25	-5.0 ± 0.5
B 信号对地	-5.0 ± 0.5	0 ± 0.25	5.0 ± 0.5

3.1.4 A-B 输出信号

比特频率为 12.5 kHz 时，脉冲宽度为 $(40\pm2)\ \mu\text{s}$ 。

A-B 信号上升、下降时间： $(10\pm5)\ \mu\text{s}$

输出编码：164，165

波形特征见表 2。

表 2

编码	状态	位数											
		1	系统 1		系统 2		系统 3		11	12	29	30	31
			9	10	9	10	9	10					
164 (前)	NORM	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1
	NO COMPUTED DATA								0	0	0	1	0
165 (后)	NORM								0	0	0	0	0
	NO COMPUTED DATA								或 1	或 1	或 1	1	0

3.1.5 模拟转换发送器输出信号

比特频率为 12.5 kHz 时, 脉冲宽度为 $(40 \pm 2) \mu\text{s}$ 。

输出电平: $>1.2 \text{ V}$

上升、下降时间: $<150 \text{ ns}$

3.2 时钟频率

$(2.457\ 6 \pm 0.002\ 4) \text{ MHz}$

3.3 爬升速率

垂直速度为 18.288 m/min (60 fpm) 时, 高度每上升 609.6 m (2 000 ft) 所需时间为 $(2\ 000 \pm 2) \text{ s}$ 。

3.4 电源输出电压

$(5.0 \pm 0.2) \text{ V}$, $(15.0 \pm 0.5) \text{ V}$, $(-15.0 \pm 0.5) \text{ V}$

3.5 电池电压及电池充电器电压

电池电压及电池充电器电压见表 3。

表 3

V

外接电源	8 节蓄电池		10 节蓄电池	
	电池电压	充电器电压	电池电压	充电器电压
连通外接电源	>11.2	>11.2	>14.0	>14.0
断开外接电源	>10.5	—	>13.1	—

4 校准条件

4.1 环境条件

环境温度: $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$

相对湿度: $(60 \pm 15) \% \text{RH}$

电源电压: $(220 \text{ V 或 } 115 \text{ V}) \pm 2\%$, $(50 \pm 5) \text{ Hz}$

周围无影响仪器正常工作的机械振动和电磁场干扰。

4.2 测量标准及其他设备

4.2.1 示波器

带宽：DC $\sim$ 100 MHz

垂直偏转因数允许误差： $\pm 2\%$

扫描时间因数允许误差： $\pm 1.5\%$

4.2.2 频率计数器

频率范围：DC $\sim$ 10 MHz

频率准确度： 1×10^{-4}

4.2.3 直流电压表

直流电压测量范围： $(0 \sim 30)$ V

最大允许误差： $\pm 0.5\%$

4.2.4 电子秒表

最大允许误差： $\pm 0.2\text{s}/30\text{min}$

4.2.5 其他设备

1k Ω 电阻 4 个

最大允许误差： $\pm 5\%$

5 校准项目

校准项目如下：

- a) 外观检查
- b) 按键功能正常性检查
- c) 电气特性检查
- d) 输出信号的校准
- e) 时钟频率的校准
- f) 爬升速率的校准

g) 输出电压的校准

h) 电池电压及电池充电器电压的检查

6 校准方法

前面板各开关按键及指示灯中英文对照表见附录A。

6.1 外观检查

测试仪外观应完整无损，不应有影响工作性能的机械损伤，面板上各开关、按键应定位准确，测试仪技术资料及附件应齐全。

6.2 按键功能正常性检查

6.2.1 对按键反应情况的检查

接通电源，按表4的顺序依次检查测试仪对按键的反应，应符合表4中显示器反应的要求，并将结果记入附录B表B.1中。

表 4

序号	按键	测试仪反应
1	CODE	ENTER CODE NUMBER
2	2	****SYSTEM RESET****，然后显示测试仪软件版本号
3	5	ERROR，并伴有警告声
4	CLEAR	READY
5	START ALT	STRT ALT 2500 FT
6	STOP ALT	STOP ALT -0020 FT
7	FAIL ALT	FAIL ALT 2500 FT
8	ARM ALT	ARM ALT 8000 FT
9	ERROR RAMP	ERR RAMP 0000 FPM
10	PRES ALT	PRES ALT 2500 FT
11	9	PRES ALT 9 FT，PRES ALT 闪烁
12	9、CHS	-20 to 8000 FT，并伴有警告声

表4 (续)

序号	按键	测试仪反应
13	VERT SPD	VERT SPD -0500 FPM
14	8、0、0	VERT SPD 800 FPM, VERT SPD 闪烁
15	1	-8000 to 8000 FPM, 并伴有警告声
16	INIT ERROR	INIT ERR 0000 FT
17	9、9、9	INIT ERR 999 FT, INIT ERR 闪烁
18	9	-8000 to 8000 FT, 并伴有警告声
19	ALT ERROR	ALT ERR 0000 FT
20	0	READ ONLY PARAMETER, 并伴有警告声
21	RESTART	RESTART PENDING
22	RESTART	PRES ALT 2500 FT
23	RAMP/HOLD	PRES ALT 2499, 数值每分钟下降 500, HOLDING 发光二极管熄灭, RAMPING 发光二极管亮
24	MAN REV	ALREADY RAMPING, 并伴有警告声
25	CLEAR	PRES ALT XXXX FT, 数值下降 (X 为任意数)
26	RAMP/HOLD	HOLD 发光二极管亮, RAMPING 发光二极管熄灭, PRES ALT 数值显示稳定
27	VERT SPD	VERT SPD -0500 FPM
28	5	VERT SPD 5 FPM, VERT SPD 闪烁
29	ENTER	VERT SPD 0005 FPM
30	RAMP/HOLD	WRONG RAMP DIRECTION, 并伴有警告声, HOLD 发光二极管亮
31	CODE	ENTER CODE NUMBER
32	0	UNKNOW CODE, 并伴有警告声
33	PGRM	RECALL RAMP PROGRAM
34	9、9	RCL PROG 99, RCL PROG 闪烁
35	ENTER	NO PROGRAM (如果键入的号与一个存储的程序号一致, 则反应是 READY)

表4 (续)

序号	按键	测试仪反应
36	PGRM、PGRM	SAVE RAMP PROGRAM
37	0、ENTER	PROGRAM 0 RESERVED, 并伴有警告声
38	PGRM、1、2、3	PROGRAM RANGE 0-99, 并伴有警告声
39	CODE 3	**SAVING PROGRAM**, 5 秒钟后显示 READY
40	RECYCLE	RECYCLE DISABLED
41	CHS	RECYCLE ENABLED
42	0	RECYCLE SEQ. 0, RECYCLE SEQ. 闪烁
43	ENTER	RECYCLE SEQ. 00. .
44	0	RECYCLE SEQ. 0, RECYCLE SEQ. 闪烁
45	.	RECYCLE SEQ. 0. , RECYCLE SEQ. 闪烁
46	.	NO RAMP TO ENTER, 并伴有警告声
47	BIT FREQ	BIT FREQ 12.5KHZ
48	1、MAN FWD	EXPECTING ENTER, 并伴有警告声
49	DISPL OFF	仅显示移动的小数点

6.2.2 对设定数据反应情况的检查

按表5的顺序设置数据并按压“ENTER”，检查测试仪的反应，应符合表5中测试仪反应的要求，并将结果记入附录B表B.1中。

表 5

序号	按键		测试仪反应
1	PRES ALT	1、2、3、4、ENTER	PRES ALT 1234 FT
2	START ALT	CHS、2、0、ENTER	START ALT -0020 FT
3	STOP ALT	6、7、8、9、ENTER	STOP ALT 6789 FT
4	VERT SPD	7、6、5、4、ENTER	VERT SPD 7654 FPM
5	ERROR RAMP	8、0、0、0、ENTER	ERR RAMP 8000 FPM

表 5(续)

序号	按键		测试仪反应
6	ARM ALT	1、0、0、0、ENTER	ARM ALT 1000 FT
7	INIT ERROR	1、0、0、0、ENTER	INIT ERR 1000 FT
8	RECYCLE	CHS、ENTER	RECYCLE ENABLED 或 RECYCLE DISABLED
9	BIT FREQ	1、0、.、1、ENTER	BIT FREQ 10.1 KHZ

6.3 电气特性检查

6.3.1 各按键与显示代码对应关系的检查

按压“CODE”和“1”按键后,按表6分别按压测试仪按键,检查测试仪显示代码,应符合表6中显示代码的要求(X为任意数),并将结果记入附录B表B.2中。

表6

按键	显示代码	按键	显示代码
ALT ERROR	INPUT: XXXX 00	BIT FREQ	INPUT: XXXX 20
FAIL ALT	INPUT: XXXX 01	INIT ERROR	INPUT: XXXX 21
PRES ALT	INPUT: XXXX 02	STOP ALT	INPUT: XXXX 22
7	INPUT: XXXX 03	1	INPUT: XXXX 23
8	INPUT: XXXX 04	2	INPUT: XXXX 24
9	INPUT: XXXX 05	3	INPUT: XXXX 25
CODE	INPUT: XXXX 06	RESTART	INPUT: XXXX 26
CLEAR	INPUT: XXXX 07	MAN REV	INPUT: XXXX 27
RECYCLE	INPUT: XXXX 10	DISPL OFF	INPUT: XXXX 30
ARM ALT	INPUT: XXXX 11	ERROR RAMP	INPUT: XXXX 31
START ALT	INPUT: XXXX 12	VERT SPD	INPUT: XXXX 32
4	INPUT: XXXX 13	0	INPUT: XXXX 33
5	INPUT: XXXX 14	.	INPUT: XXXX 34
6	INPUT: XXXX 15	CHS	INPUT: XXXX 35
PGRM	INPUT: XXXX 16	RAMP/HOLD	INPUT: XXXX 36
ENTER	INPUT: XXXX 17	MAN FWD	INPUT: XXXX 37

6.3.2 各开关与显示代码对应关系的检查

按表7的开关顺序进行操作并按压“ENTER”，检查测试仪对操作的反应情况，应符合表7中显示代码的要求（X为任意数），并将结果记入附录B表B.2中。

表7

开关位置			显示代码
AFCS DATA	CONT		INPUT : 1XXX 17
	INT		INPUT : 0XXX 17
SYSTEM FAULT 1	NORM		INPUT : X0XX 17
	非 NORM	ALTITUDE ERROR	INPUT : X1XX 17
		NO COMPUTED DATA	INPUT : X2XX 17
		FAIL	INPUT : X3XX 17
SYSTEM FAULT 2	NORM		INPUT : XX0X 17
	非 NORM	ALTITUDE ERROR	INPUT : XX1X 17
		NO COMPUTED DATA	INPUT : XX2X 17
		FAIL	INPUT : XX3X 17
SYSTEM FAULT 3	NORM		INPUT : XXX0 17
	非 NORM	ALTITUDE ERROR	INPUT : XXX1 17
		NO COMPUTED DATA	INPUT : XXX2 17
		FAIL	INPUT : XXX3 17

6.4 输出信号的校准

6.4.1 TTL 输出信号的校准

6.4.1.1 连接线路见图1，设置开关见表8，按压“BIT FREQ”键，并将其设为12.5 kHz。

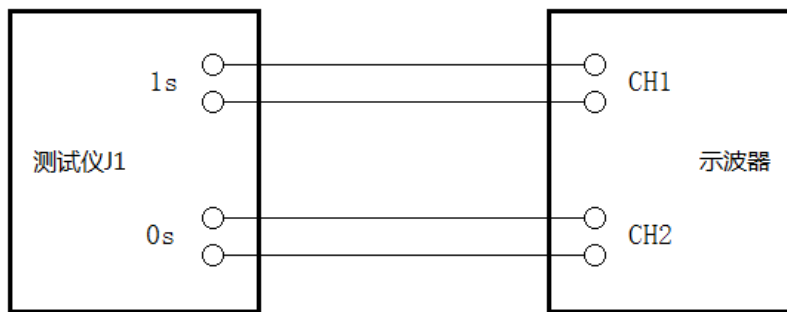


图1 TTL 输出信号校准连接图

表 8

系统	示波器与插座 J1 的连线		开关设置		示波器波形
	CH1 (1s)	CH2 (0s)	AFCS DATA	SYSTEM FAULT	
1	X、a	Y、a	任意位置	非 FAIL 位	TTL 信号
			INT	FAIL 位	无输出信号
2	c、f	d、f	同系统 1		
3	h、k	i、k			

6.4.1.2 调节示波器，测量输出信号的脉冲宽度、逻辑电平及上升、下降时间，将结果记入附录B表B.3中。

6.4.2 AFCS 离散输出信号的校准

连接线路见图 2，设置开关见表 9。测量离散信号输出电压，将结果记入附录 B 表 B.4 中

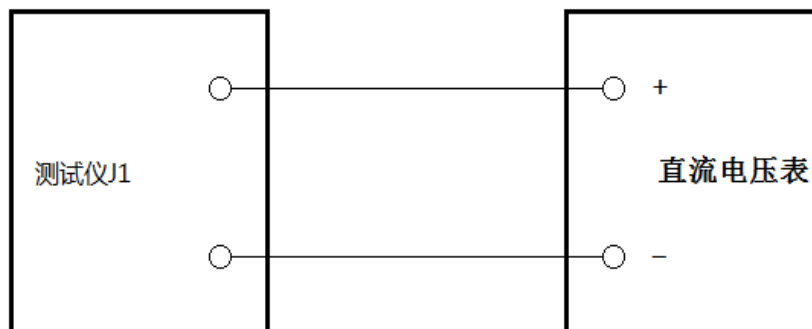


图2 AFCS 离散输出信号校准连接图

表 9

系统	直流电压表与插座 J1 的连线		开关设置	
	+	—	AFCS DATA	SYSTEM FAULT
1	Z	a	任意位置	非 FAIL 位
			INT	FAIL 位
2	e	f	同系统 1	
3	j	k		

6.4.3 ARINC429 输出信号的校准

6.4.3.1 连接线路见图3，设置开关见表10。

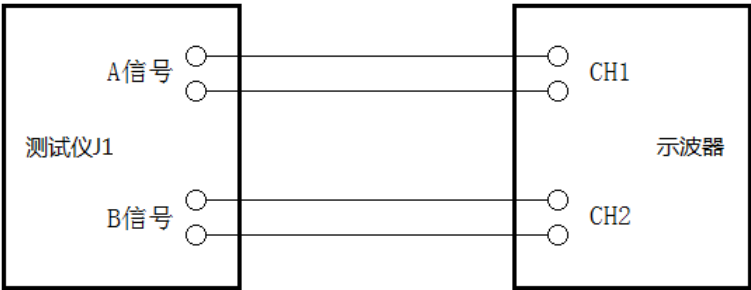
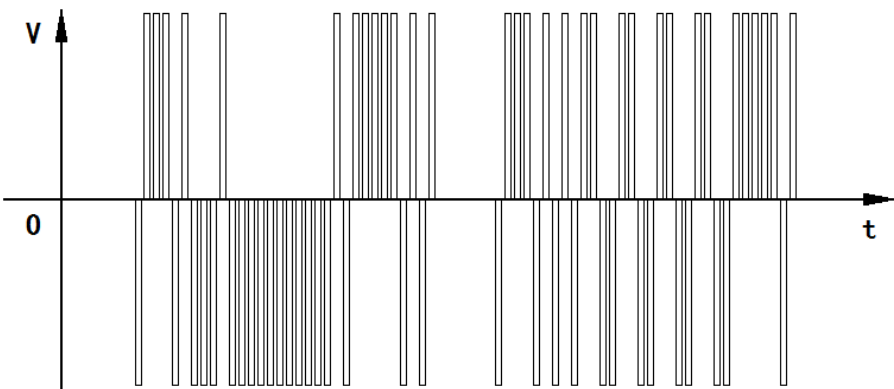


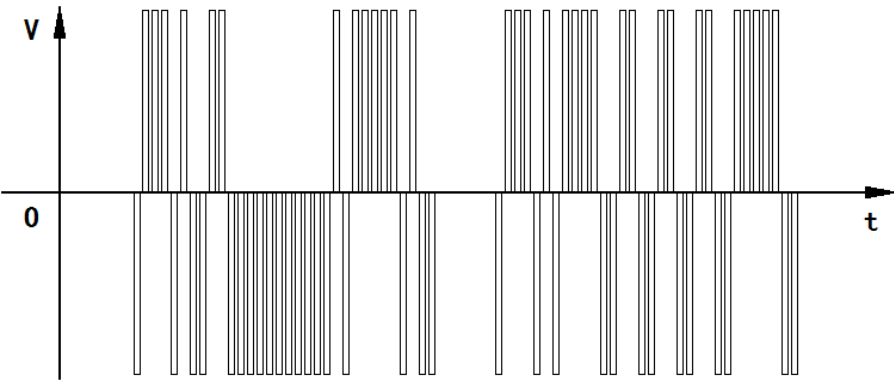
图 3 ARINC429 输出信号校准连接图

表 10

系统	示波器与插座 J1 的连线		开关设置		示波器波形	
	CH1 (A)	CH2 (B)	AFCS DATA	SYSTEM FAULT	A、B 信号	A-B 信号
1	C、E	D、E	任意位置	非 FAIL 位	两信号相反	—
			INT	FAIL 位	无输出信号	无输出信号
			CONT	FAIL 位	165 码 ^a 不输出	165 码不输出
			任意位置	NORM 位	—	符合表 2 所列的波形特征
				NO COMPUTED DATA 位		
2	S、U	T、U	同系统 1			
3	p、r	q、r				
^a 165 码见图 4。						



系统 2



系统 3

图 4 ARINC429 A-B 输出信号波形图

6.4.5 模拟转换发送器输出信号的校准

6.4.5.1 连接测试仪，见图5和图6。

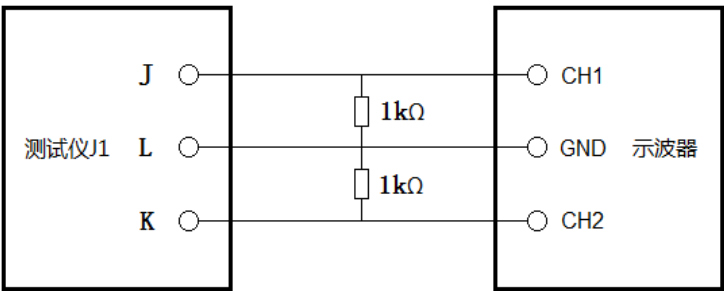


图 5 模拟转换发送器输出信号 1s 通道连线图

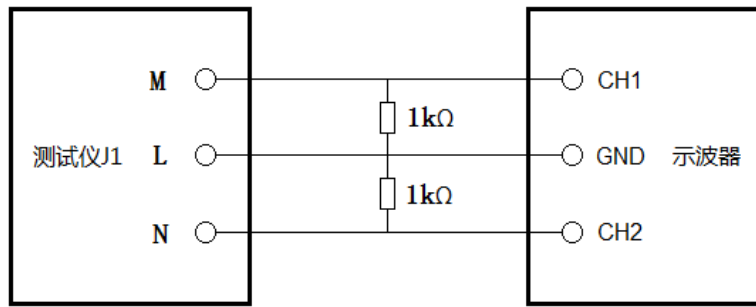


图6 模拟转换发送器输出信号 0s 通道连线图

6.4.5.2 将示波器置于CH2反相叠加状态，调节示波器，测量1s通道和0s通道输出信号的脉冲宽度、幅度及上升、下降时间，将结果记入附录B表B.6中。

6.4.5.3 将示波器置于非CH2反相叠加状态，1s通道和0s通道各自的输出信号应相反，将结果记入附录B表B.6中，关闭测试仪电源。

6.5 时钟频率的校准

打开测试仪盖板，连接测试仪见图7。接通测试仪电源，用频率计数器测量时钟频率示值，将结果记入附录B表B.7中。关闭测试仪电源，安装测试仪盖板。

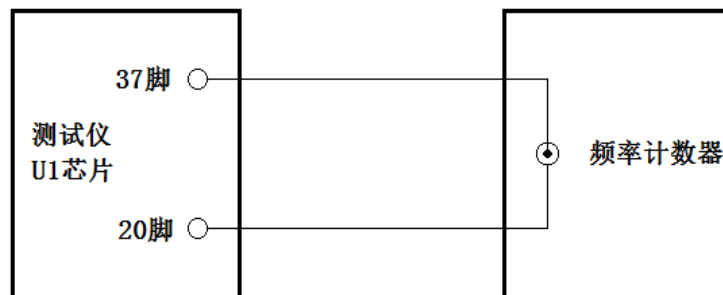


图7 时钟频率校准连接图

6.6 爬升速率的校准

接通测试仪电源，将测试仪PRES ALT设置为“0FT”、START ALT设置为“0FT”、STOP ALT设置为“8000FT”、VERT SPD设置为“60FPM”。按压测试仪“PRES ALT”键后，按压测试仪“RAMP/HOLD”键的同时，用秒表测量测试仪当前高度显示值每上升609.6 m (2 000 ft) 所需的时间，直至“8000FT”，将结果记入附录B表B.8中。

6.7 输出电压的校准

按表12分别测量输出电压示值，将结果记入附录B表B. 9中。

表 12		V
直流电压表	测试仪 J1 插座	输出电压
+	A	5.0
-	t	
+	P	15.0
-	t	
+	H	-15.0
-	t	

6.8 电池电压及电池充电器电压的检查

6.8.1 电池电压的检查

将直流电压表正负两端分别与测试仪插座J1的W及t相连，测量测试仪连通外接电源时的电池电压示值，将结果记入附录B表B. 10中。将测试仪断开外接电源，测量此时的电池电压示值，将结果记入附录B表B. 10中。

6.8.2 电池充电器电压的检查

将直流电压表正负两端分别与测试仪插座J1的V及t相连，将测试仪连通外接电源，测量电池充电器电压示值，将结果记入附录B表B. 10中。测试完成后，断开所有连线。

7 校准结果

经校准的测试仪出具校准证书，校准证书内容见附录 C。测量不确定度评定方法见附录 D，测量不确定度评定示例参见附录 E。

8 复校时间间隔

测试仪的复校时间间隔不超过 12 个月，必要时可随时校准。

附录 A

前面板各开关按键及指示灯中英文对照表

见表 A. 1。

表 A. 1

名称	英文	中文
ALT ERROR	Altitude error	高度误差
FAIL ALT	Fail altitude	失效高度
PRES ALT	Present altitude	当前高度
RE CYCLE	Altitude error recycle	高度误差循环
ARM ALT	Arm altitude	待命高度
START ALT	Start altitude	起始高度
BIT FREQ	Bit frequency	比特频率
INIT ERROR	Initial error	初始误差
STOP ALT	Stop altitude	中止高度
DISPL OFF	Display off	显示器关闭
ERROR RAMP	Error ramp	误差斜率
VERT SPD	Vertical speed	垂直速度
CODE	Code	编码
PGRM	Program	程序
RE STRAT	Restart	重新启动
RAMP/HOLD	Ramp/hold	斜率/保持
CHS	Change the sign or sense	改变标志或方向
MAN REV	Man reverse	手动换向
MAN FWD	Man forward	手动向前
AFCS DATA	Automatic flight control	自动飞行控制
	System data	系统数据

表 A.1 (续)

INT	Interrupted	中断
CONT	Continuous	连续
CLEAR	Clear	清除
ENTER	Enter	输入
SYSTEM FAULT	System fault	系统故障
NORM	norm	正常
NO COMPUTED DATA	No computed data	无计算数据
FAIL	Fail	失效
ALTITUDE ERROR	Altitude error	高度误差
POWER	Power	电源
LO BAT	Low battery lamp	低电池指示灯
RAMPING	Ramping lamp	斜率指示灯
HOLDING	Holding lamp	保持指示灯
REMOTE	Remote lamp	遥控指示灯

附录 B

校准证书记录格式

计 量 器 具 名 称	_____	型 号	规 格	_____
制 造 厂	_____	设 备 编 号	_____	
出 厂 编 号	_____	送 校 单 位	_____	
环 境 温 度	_____	相 对 湿 度	_____	
校 准 结 果	_____			

校 准 员 _____ 核 验 员 _____ 校 准 日 期 _____

外 观 检 查:

B.1 按键功能正常性检查

表 B.1

项 目	结 果
对按键的反映情况检查	
对设定数据的反映情况检查	

B.2 电气特性检查

表 B.2

项 目	结 果
各按键与显示代码对应关系的检查	
各开关与显示代码对应关系的检查	

B.3 TTL 输出信号的校准

表 B.3

项目			技术要求	示值		
				系统 1	系统 2	系统 3
1s	脉冲宽度		$(40\pm2)\text{ }\mu\text{s}$			
	逻辑电平	高	$>4.5\text{ V}$			
		低	$<0.5\text{ V}$			
1s	上升时间		$<8\text{ }\mu\text{s}$			
	下降时间					
0s	脉冲宽度		$(40\pm2)\text{ }\mu\text{s}$			
	逻辑电平	高	$>4.5\text{ V}$			
		低	$<0.5\text{ V}$			
	上升时间		$<8\text{ }\mu\text{s}$			
	下降时间					

B.4 AFCS 离散输出信号的校准

表 B.4

V

状态	技术要求	示值		
		系统 1	系统 2	系统 3
NORM	14 ± 1			
FAIL	< 0.7			

B.5 ARINC 429 输出信号的校准

表 B.5

项目			技术要求	示值		
				系统 1	系统 2	系统 3
A	脉冲宽度		$(40\pm2)\mu\text{s}$			
	电平	$+ \rightarrow 0$	$(5.0\pm0.5)\text{ V}$			
		$- \rightarrow 0$	$(-5.0\pm0.5)\text{ V}$			
	零电平		$(0\pm0.25)\text{ V}$			
	上升时间		$(10\pm5)\mu\text{s}$			
	下降时间					
B	脉冲宽度		$(40\pm2)\mu\text{s}$			
	电平	$+ \rightarrow 0$	$(5.0\pm0.5)\text{ V}$			
		$- \rightarrow 0$	$(-5.0\pm0.5)\text{ V}$			
	零电平		$(0\pm0.25)\text{ V}$			
	上升时间		$(10\pm5)\mu\text{s}$			
	下降时间					
A — B	脉冲宽度		$(40\pm2)\mu\text{s}$			
	电平	$+ \rightarrow 0$	$(10\pm1)\text{ V}$			
		$- \rightarrow 0$	$(-10\pm1)\text{ V}$			
	零电平		$(0\pm0.5)\text{ V}$			
	上升时间		$(10\pm5)\mu\text{s}$			
	下降时间					
波形检查			与表 10 相符			
当前高度值的检查			与图 4 相符			

B. 6 模拟转换发送器输出信号的校准

表 B. 6

项目		技术要求	示值
脉冲宽度	1s	$(40 \pm 2) \mu\text{s}$	
	0s		
幅度	1s	$> 1.2 \text{ V}$	
	0s		
上升时间	1s	$< 150 \text{ ns}$	
	0s		
下降时间	1s		
	0s		

B. 7 时钟频率的校准

表 B. 7 MHz

标称值	技术要求	示值
2.457 6	$2.457\ 6 \pm 0.002\ 4$	

B. 8 爬升速率的校准

表 B. 8

上升高度	技术要求/s	示值/s
0 m ~ 609.2952 m (0 ft ~ 1 999 ft)	$2\ 000 \pm 2$	
609.6 m ~ 1 218.895 2 m (2 000 ft ~ 3 999 ft)		
1 219.2 m ~ 1 828.495 2 m (4 000 ft ~ 5 999 ft)		
1 828.8 m ~ 2 438.095 2 m (6 000 ft ~ 7 999 ft)		

B.9 输出电压的校准

表 B.9

V

标称值	技术要求	示值
5	5.0 ± 0.2	
15	15.0 ± 0.5	
-15	-15.0 ± 0.5	

B.10 电池电压及电池充电器电压的检查

表 B.10

V

项目		技术要求	示值
电池电压	连通外接电源	>14.0	
	断开外接电源	>13.1	
电池充电器电压		>14.0	

附录 C

校准证书内容

校准证书的内容应排列有序、清晰，一般应包括下列内容：

- a) 标题“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点；
- d) 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页的标识；
- e) 送校单位的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性的应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对抽样程序进行说明；
- i) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识，以及签发日期；
- n) 校准结果仅对被校对象有效的说明；
- o) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

附录 D

测量不确定度评定方法

D.1 评定依据

JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示
常用测量不确定度评定方法及应用实例

D.2 无线电高度表测试仪测量不确定度评定种类

对无线电高度表测试仪直流电压，脉冲宽度，上升时间，时钟频率的测量结果进行不确定度评定。

D.3 产生不确定度的来源

不确定度的来源有：

- 在重复性条件下被测量在 n 次观测中的变化；
- 仪表的分辨力带来的不确定度；
- 仪表允许测量误差带来的不确定度；
- 数字示波器时基误差带来的不确定度；
- 示波器分辨力带来的不确定度；
- 示波器游标测量误差带来的不确定度；
- 示波器建立时间引入的不确定度；
- 测量过程中由环境变化带来的不确定度，如温度、相对湿度、电压不稳定等。

D.4 测量不确定的评定方法

D.4.1 建立数学模型

由于各参数均为直接测量，所以数学模型见公式(D.1)：

$$Y = X \quad (\text{D.1})$$

式中：Y——被测量的估计值；

X ——示值。

D.4.2 测量不确定度 A 类评定

对被测参量在某一点进行 n 次重复性测量。 n 一般不少于 10。用公式 (D.2) (贝塞尔公式) 计算试验标准差。

$$s(x_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{D.2})$$

式中: $s(x_i)$ ——实验标准差;

n ——测量次数;

x_i ——第 n 次的测量结果;

$\bar{x}$ —— n 次测量结果的算术平均值。

用公式 (D.3) 计算测量结果的标准不确定度 $u(\bar{x})$:

$$u(\bar{x}) = \frac{s(x_i)}{\sqrt{n}} \quad (\text{D.3})$$

式中: $u(\bar{x})$ ——标准不确定度;

$s(x_i)$ ——实验标准差;

n ——测量次数。

D.4.3 测量不确定度 B 类评定

D.4.3.1 仪表的分辨力引入的不确定度

数字多用表由于 A/D 芯片对信号数字化处理所引起读数 ± 1 个数字的变化引入的不确定度分量。

D.4.3.2 仪表允许测量误差引入的不确定度

作为标准装置的数字多用表本身测量误差精度引入的不确定度分量。

D.4.3.3 示波器时基误差带来的不确定度

数字示波器时基扫描的准确度所带来的不确定度分量。考虑测量示例中脉冲信号时, 此项分量对结果影响较小, 故忽略不计。

D. 4. 3. 4 示波器分辨力带来的不确定度

一般用眼观测被测波形时, 由于示波器扫描线占有一定的宽度, 因此观测波形会带来分辨力偏差, 人眼判别一般可分辨至扫描线宽的一半, 即宽度的 1/2。如果默认扫描线宽度占刻度值的 1/10, 那么一个水平扫描为 10 格的示波器的分辨力是水平扫描宽度的 1/200。

D. 4. 3. 5 示波器游标测量误差带来的不确定度

示波器单通道使用游标测量信号时, 游标允许误差引入的不确定度分量。

D. 4. 3. 6 示波器建立时间引入的不确定度

这是一项系统性影响, 它使上升时间测量值偏大。但如果示波器建立时间远小于被测脉冲上升时间的 1/7 时, 测量误差小于 1%, 否则应该进行修正。模拟示波器的建立时间约为 0.35/示波器带宽。6054A 型数字示波器按此项计算得建立时间约为 700 ns, 故在此忽略不计。

D. 4. 3. 7 测量过程中环境的变化带来的不确定度

由温度、相对湿度、电源电压不稳定等带来的影响。温度和电源电压的不稳定对频率计稳定度产生的不确定度。若环境条件为标准条件, 相对湿度对评定结果的影响可忽略不计。

D. 4. 3. 8 合成标准不确定度 u_c 的评定

由测量模型:

$$Y = X$$

得到灵敏系数:

$$c = \frac{\partial Y}{\partial X} = 1 \quad (\text{D. 4})$$

在各输入量彼此独立的条件下, 用公式 (D. 5) 计算合成标准不确定度 u_c 。

$$u_c = \sqrt{\sum_{k=1}^n u_k^2} \quad (\text{D. 5})$$

式中： u_c ——合成标准不确定度；

n ——标准不确定度来源个数；

u_k ——第 k 个来源的不确定度。

D.4.3.9 扩展不确定度 U 的评定

用公式(D.6)计算扩展不确定度 U 。

$$U = k u_c \quad (\text{D.6})$$

式中： k 为包含因子，一般取 2。

附录 E

测量不确定度评定示例

E.1 直流电压

E.1.1 测量重复性导致的标准不确定度 $u(t_{d1})$

无线电高度表测试仪 AFCS 离散输出信号在 NORM 位的检查,用数字多用表对系统 1 进行 10 次连续测量,得到如表 E.1 所示的测量数据:

表 E.1

V

次数 n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x_i	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52

数字多用表(Fluke 8060A)情况参见表 E.2。

表 E.2

使用标准器名称	型号	序号 S/N	测试点	分辨力	性能指标
数字多用表	8060A	4655183	14 V	1 mV	$\pm(0.05\%+2)$

$u(t_{d1})$ 采用“示值基准法”在同一点上通过连续测量得到测量列,采用 A 类方法进行评定。用公式 (D.2) 计算试验标准差,得到:

$$s(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 1.66 \times 10^{-3} \text{ V}$$

用公式 (D.3) 计算测量结果的标准不确定度,得到:

$$u(t_{d1}) = s(x_i) / \sqrt{10} = 5.3 \times 10^{-4} \text{ V}$$

E.1.2 数字多用表分辨力导致的标准不确定度 $u(t_{d2})$

$u(t_{d2})$ 采用 B 类方法评定。在由仪表分辨力导致的标准不确定度中,输入量的分布为均匀分布,示值误差区间半宽度 $a = \text{分辨力}/2$,包含因子 $k = \sqrt{3}$,用公

式(E.1)计算标准不确定度:

$$u(x_i) = a/k \quad (\text{E. 1})$$

式中: $u(x_i)$ ——标准不确定度;

a ——区间半宽度;

k ——包含因子。

因此得到:

$$u(t_{d2}) = 0.0005/k \approx 2.9 \times 10^{-4} \text{ V}$$

E.1.3 数字多用表误差引入的标准不确定度 $u(t_{d3})$

$u(t_{d3})$ 采用B类方法评定。

使用 8060A 测量的准确度为 $\Delta V = \pm (0.05\% \text{ of reading} + 2 \text{ digits})$ 。考虑输入量的分布为均匀分布, 包含因子 $k = \sqrt{3}$, 用公式(E.2)计算标准不确定度:

$$u(x_i) = \Delta V/k \quad (\text{E. 2})$$

式中: $u(x_i)$ ——标准不确定度;

k ——包含因子。

因此得到:

$$u(t_{d3}) = 9.26 \times 10^{-3} / \sqrt{3} \approx 5.3 \times 10^{-3} \text{ V}$$

E.1.4 合成标准不确定度 u_c 的评定

不确定度分量见表 E.3。

表 E.3

	不确定度来源	类型	x_i	单位	分布	系数 k_i	u_i
1	测量重复性	A	1.66×10^{-3}	V	—	—	5.3×10^{-4}
2	数字多用表分辨力	B	5.0×10^{-4}	V	均匀	1.732	2.9×10^{-4}
3	数字多用表允差	B	9.26×10^{-3}	V	均匀	1.732	5.3×10^{-3}

由于 t_{d1} , t_{d2} 和 t_{d3} 相互独立, 灵敏系数为 1, 用公式(D.5)计算合成标准不

确定度 u_c ，得到：

$$u_c(t_d) = \sqrt{u^2(t_{d1}) + u^2(t_{d2}) + u^2(t_{d3})} \approx 5.3 \times 10^{-3} \text{ V}$$

E.1.5 扩展不确定度 U 的评定

一般情况下，包含概率为 95%，我们取 $k=2$ ，用公式(D.6) 计算扩展不确定度 U ，得到：

$$U = ku_c = 1.1 \times 10^{-2} \text{ V}$$

所以，被检无线电高度表测试仪 AFCS 离散输出信号电压的示值为 14.522 V。其扩展不确定度为 $U=11 \text{ mV}(k=2)$ ，包含概率为 95%。

E.2 脉冲宽度

E.2.1 测量重复性导致的标准不确定度 $u(t_{d1})$

测试仪 TTL 输出信号脉冲波形宽度的校准，用数字示波器(例如:Agilent DS06054A)对其进行 10 次连续测量，得到如表 E.4 所示的测量数据：

表 E.4

μs

次数 n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x_i	40.7	40.8	40.9	40.8	40.7	40.8	40.7	40.9	40.8	40.7

数字示波器情况参见表 E.5。

表 E.5

使用标准器名称、型号、序号：	数字示波器，型号为 DS06054A，序号为 MY44001374
量程，水平分辨率：	10us/Div，0.05us
时基扫描准确度：	$\leq \pm(15 + 2 \times (\text{instrument age in years})) \text{ ppm}$
单通道模拟信号 Δt 测量准确度：	$\pm 0.0015\% \text{ reading} \pm 0.1\% \text{ screen width} \pm 20 \text{ ps}$

$u(t_{d1})$ 采用“示值基准法”在同一点上通过连续测量得到测量列，采用 A 类方法进行评定。用公式(D.2) 计算试验标准差，得到：

$$s(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 7.9 \times 10^{-2} \mu\text{s}$$

用公式 (D.3) 计算测量结果的标准不确定度, 得到 :

$$u(t_{d1}) = s(x_i) / \sqrt{10} = 2.5 \times 10^{-2} \mu\text{s}$$

E.2.2 示波器时基误差带来的标准不确定度 $u(t_{d2})$

$u(t_{d2})$ 采用 B 类方法评定。

假设该序号为 MY44001374 的示波器投入使用 1 年, 则它的最大时基扫描允许误差为 ± 17 ppm。考虑输入量的分布为均匀分布, 包含因子 $k = \sqrt{3}$, 用公式 (E.3) 计算标准不确定度:

$$u(x_i) = \Delta T / k \quad (\text{E.3})$$

式中: $u(x_i)$ ——标准不确定度;

k ——包含因子。

因此得到:

$$u(t_{d2}) = 0.0017 / \sqrt{3} \approx 1 \times 10^{-3} \mu\text{s}$$

此项分量对计算结果影响很小, 故忽略不计。

E.2.3 示波器分辨力带来的标准不确定度 $u(t_{d3})$

$u(t_{d3})$ 采用 B 类方法评定。示波器的分辨力主要是由于扫描线宽度以及波形抖动引起的读数上的偏差。故选择正态分布, 包含概率 99%, 包含因子 $k = 3$ 。

因此得到:

$$u(t_{d3}) = 0.05 / 3 \approx 1.7 \times 10^{-2} \mu\text{s}$$

E.2.4 示波器游标测量误差带来的标准不确定度 $u(t_{d4})$

$u(t_{d4})$ 采用 B 类方法评定。

计算单通道模拟信号 Δt 时, 游标的准确度为 $\Delta T = \pm 0.0015\% \text{ reading} \pm 0.1\% \text{ screen width} \pm 20 \text{ ps}$ 。考虑输入量的分布为均匀分布, 包含因子 $k = \sqrt{3}$, 用公式 (E. 3) 计算标准不确定度, 因此得到:

$$u(t_{d4}) = 0.1 / \sqrt{3} \approx 5.8 \times 10^{-2} \mu\text{s}$$

E. 2.5 合成标准不确定度 u_c 的评定

各不确定度分量见表 E. 6。

表 E. 6

	不确定度来源	类型	x_i	单位	分布	系数 k_i	u_i
1	测量重复性	A	7.9×10^{-2}	μs	—	—	2.5×10^{-2}
2	示波器分辨力	B	0.05	μs	正态	3	1.7×10^{-2}
3	示波器游标测量误差	B	0.1	μs	均匀	1.732	5.8×10^{-2}

由于 t_{d1} , t_{d3} , t_{d4} 相互独立, 灵敏系数为 1, 用公式 (D. 5) 计算合成标准不确定度 u_c , 得到:

$$u_c(t_d) = \sqrt{u^2(t_{d1}) + u^2(t_{d3}) + u^2(t_{d4})} \approx 6.9 \times 10^{-2} \mu\text{s}$$

E. 2.6 扩展不确定度 U 的评定

一般情况下, 包含概率为 95%, 我们取 $k = 2$, 用公式 (D. 6) 计算扩展不确定度 U , 得到:

$$U = k u_c \approx 1.3 \times 10^{-2} \mu\text{s}$$

所以, 测试仪 TTL 输出信号脉冲波形宽度的示值为 $40.8 \mu\text{s}$ 。其扩展不确定度为 $U = 0.013 \mu\text{s}$ ($k=2$), 包含概率为 95%。

E. 3 上升时间

E. 3.1 标准器情况

测试仪 TTL 输出信号上升时间测量时使用标准器情况见表 E. 7:

表 E. 7

使用标准器名称	型号	序号 S/N	扫描倍率	示值	允差
数字示波器	DS06054A	MY44001374	2 us/div	3.3 μs	<8.0 μs

E. 3. 2 判读不准引入的不确定度

估算各项读数偏差。设确定 0%、100%的电平最大相对偏差为 δ_1 、 δ_2 ，假设认为他们对判断 10%、90%的影响是直接的，设确定 10%、90%电平的相对偏差为 δ_3 、 δ_4 ，在确定了这两点位置之后，还要读出这两点对应在水平轴上的时间值，设其相对偏差分别为 δ_5 、 δ_6 ，计算上面各项读数偏差引入的标准不确定度。

设 δ_1 、 δ_2 、 δ_3 、 δ_4 、 δ_5 、 δ_6 均为 2%，各项分布为正态分布，则标准不确定度为：

$$u_1 = u_2 = u_3 = u_4 = u_5 = u_6 = 0.2 / 3 \approx 6.7 \times 10^{-2} \mu s$$

E. 3. 3 数字示波器游标测量误差引入的标准不确定度 $u(t_d)$

DS06054A 由于测量误差引入的不确定度分量，为手册中给出的技术指标，示波器设置为 2us/div 不确定度分量为：

$$U_7 = 0.0015\% \times 3.3 + 0.1\% \times 20 + 20ps \approx 20.1 ns$$

均匀分布在包含概率为 100%时的包含因子 $k = \sqrt{3}$ 。所以，示波器游标测量误差引入的不确定度分量为：

$$u(t_d) = \frac{U_7}{\sqrt{3}} = 1.2 \times 10^{-2} \mu s$$

E. 3. 4 合成标准不确定度的计算

各不确定度见表 E. 8。

表 E. 8

类别	来源	不确定度 U	包含因子 k	标准不确定度 u	计算结果 (μs)
B	判读不准确产生的偏差	$U_1 - U_6$	正态分布 99%, $k = 3$	$u_a = \frac{U_i}{k}$	6.7×10^{-2}

B	示波器游标 测量误差	U_7	均匀分布 $k = \sqrt{3}$	$u(t_d) = \frac{U_7}{k}$	1.2×10^{-2}
---	---------------	-------	------------------------	--------------------------	----------------------

输入量 u_a 、 $u(t_d)$ 相互间彼此独立，灵敏系数为 1，用公式 (D.5) 计算测量点上升时间为 10 μs 时的合成标准不确定度 u_c ，得到：

$$u_c(\Delta) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2 + u(t_d)^2} \approx 1.6 \times 10^{-1} \mu\text{s}$$

E.3.5 扩展不确定度的评定

一般情况下，包含概率为 95%，我们取 $k = 2$ ，用公式 (D.6) 计算扩展不确定度 U ，得到：

$$U = 0.16 \times 2 = 3.2 \times 10^{-1} \mu\text{s} \quad k=2$$

E.4 时钟频率

E.4.1 测量重复性导致的标准不确定度 u_a

同一点上进行 10 次测量得到测量列，采用 A 类方法进行评定。使用标准器及测量数据如表 E.9 所示：

表 E.9

MHz

次数 n	1	2	3	4	5
x_i	2.458 516 182	2.458 515 932	2.458 516 454	2.458 516 401	2.458 516 710
次数 n	6	7	8	9	10
x_i	2.458 516 249	2.458 515 857	2.458 516 120	2.458 51 6255	2.458 516 473

标准器情况参见表 E.10。

表 E.10

使用标准器名称	型号	序号 S/N	测试点
频率计数器	5384A	2730A02987	2.457 6 MHz

公式 (D.2) 计算试验标准差，得到：

$$s(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \approx 2.6 \times 10^{-7} \text{ MHz}$$

用公式 (D.3) 计算测量结果的标准不确定度, 得到 :

$$u_a = s(x_i) / \sqrt{10} \approx 8.2 \times 10^{-8} \text{ MHz}$$

E.4.2 温度变化引入的标准不确定度分量 u_b

5384A 由于温度变化引入的频率稳定度不确定度分量: 在 $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ 时, 实际使用中的技术指标为 5×10^{-8} , 所以, 由于温度变化引入的频率稳定度不确定度分量为

$$U_b = 2457600 \times 5 \times 10^{-8} \approx 1.2 \times 10^{-1} \text{ Hz}$$

按级使用的数字式仪表、测量仪器最大允许误差导致的不确定度为均匀分布。因为有明确的计算公式, 其可靠性较高, 查均匀分布在包含概率为 100% 时的包含因子 $k = \sqrt{3} = 1.732$, 5384A 引入的不确定度分量为:

$$u_b = \frac{U_b}{\sqrt{3}} = 0.123 / \sqrt{3} \approx 7.1 \times 10^{-2} \text{ Hz}$$

E.4.3 电源电压变化引入的频率稳定度不确定度分量 u_c

5384A 由于电压变化引入的频率稳定度不确定度分量: 在 $220 \text{ V} \pm 2.2 \text{ V}$ 时, 实际使用中的技术指标为 1×10^{-9} , 所以, 由于电压变化引入的频率稳定度不确定度分量为:

$$U_c = 2457600 \times 1 \times 10^{-9} \approx 2.4 \times 10^{-3} \text{ Hz}$$

5384A 由于电源电压变化引入的不确定度分量:

$$u_c = \frac{U_c}{\sqrt{3}} \approx 1.4 \times 10^{-3} \text{ Hz}$$

5384A 分辨力引入的不确定度分量 u_d : 数字式指示仪器的分辨力引入的不确定度分量为其指示值的最低有效位 (LSD) 的一半, 5384A 在 2.4576 MHz 校准点

的分辨力为 $1 \times 10^{-3} \text{ Hz}$ ，所以：

$$U_d = \frac{1}{2} LSD = 0.5 \times 1 \times 10^{-3} = 5 \times 10^{-4} \text{ Hz}$$

数字式测量仪器对示值量化(分辨力)导致的不确定度符合均匀分布, 因为有明确的计算公式, 其可靠性较高, 查均匀分布在包含概率为 100% 时的包含因子 $k = \sqrt{3} = 1.732$, 5384A 分辨力引入的标准不确定度分量:

$$u_d = \frac{U_d}{\sqrt{3}} = 2.9 \times 10^{-4} \text{ Hz}$$

E. 4. 4 合成标准不确定度的计算

不确定度分量见表 E. 11。

表 E. 11

类别	来源	不确定度(U)	单位	分布 f(x)	包含因子 k	标准不确定度 u
A	测量重复性	2.58×10^{-1}	Hz	正态	—	8.2×10^{-2}
B	温度变化	0.123	Hz	均匀	1.732	0.071
B	电压变化	24×10^{-3}	Hz	均匀	1.732	0.0014
B	5384A 分辨力	5×10^{-4}	Hz	均匀	1.732	2.89×10^{-4}

输入量相互间彼此独立, 灵敏系数为 1, 用公式(D. 5)计算 2.457 6 MHz 测量点时的合成标准不确定度 u_z , 得到:

$$u_z = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2} = \sqrt{u_a^2 + u_b^2 + u_c^2 + u_d^2} \approx 1.1 \times 10^{-1} \text{ Hz}$$

E. 4. 5 扩展不确定度的评定

一般情况下, 包含概率为 95%, 我们取 $k = 2$, 用公式(D. 6)计算扩展不确定度 U , 取 $k=2$, 得到:

$$U = 0.108 \times 2 \approx 2.2 \times 10^{-1} \text{ Hz}$$

使用 5384A 测量频率为 2.457 6 MHz 的测量点时, 其示值为 2.458 52 MHz, 扩展不确定度为 0.22 Hz, 包含概率为 95%。