

数字式频率计的使用与维修

王荣章 编著

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书共分两章。第一章简述数字式频率计的电路工作原理、测量功能和使用方法。第二章详细介绍了数字式频率计的维修。其中每一例都有详细的故障现象、检查分析方法以及故障检修三方面的内容,并配有电路原理图和编码表。

本书内容丰富,在电路工作原理、测量功能和使用方法的介绍上力求浅显易懂。在介绍维修时,力求使读者能掌握故障的判别和检修。

本书实用性较强,可供使用和修理频率计及同类仪器仪表的工程技术人员和工人使用及参考。

数字式频率计的使用与维修

王荣章 编著

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 祝桥新华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 5.125 插页 1 字数 110,000

1990 年 10 月第 1 版 1990 年 10 月第 1 次印刷

印数 1—1,800

ISBN 7-5323-2015 4/TM·45

定价: 1.90 元

目 录

前 言

第一章 数字式频率计原理和使用..... 1

第一节 单元电路原理..... 4

一、通道单元..... 4

二、控制单元.....10

三、晶体振荡单元.....14

四、倍频单元.....18

五、时基选择单元.....20

六、分频单元.....24

七、闸门指示单元.....24

八、计数单元.....26

九、稳压电源.....28

第二节 测量功能.....30

一、频率测量.....30

二、周期测量.....31

三、脉冲时间间隔的测量.....34

四、频率比的测量.....36

五、时间 $t_A/(B-O)$ 的测量.....37

六、计数A的测量.....38

第三节 使用方法.....38

第二章 数字式频率计的维修.....42

一、不计数.....42

二、50MHz计数不正常.....44

三、不能自校.....46

四、自校显示1666	47
五、计数显示有尾数	50
六、自校不准	51
七、10MHz计数条不计数	52
八、5052板不计数	53
九、显示器常显示数字“6”	54
十、显示有固定的个位尾数	55
十一、E323A型频率计50MHz计数时显示50008, 5008和508	
数字	56
十二、计数条无“8,9”数字显示,且不进位	56
十三、计数条常显示“8,9”数字,但不进位	58
十四、自校时显示数字为0101454589	58
十五、计数时显示的数字为0123489012	61
十六、计数时显示的数字为0123012301,无进位	63
十七、数字“8”常亮,并显示8901234567	64
十八、只显示数字“0,1”,无进位脉冲输出	64
十九、计数时显示数字为01234567456,且有时有进位脉冲	
输出	65
二十、计数时显示数字为01234567892,且有进位脉冲输出	67
二十一、计数时显示数字为45674567894,且有正常脉冲输	
出	68
二十二、记忆显示灯不起作用	70
二十三、计数时012389数字显示正常,4567数字显示模糊	71
二十四、计数时显示数字为0101454589	71
二十五、显示器应显示数字“9”时,却显示了数字“1”	72
二十六、显示数字“8,9”时,叠加数字“4,5”	73
二十七、计数条失去记忆功能	75
二十八、计数显示“8”时叠加“0”,显示“9”时叠加“1”	75
二十九、无“8,9”数字显示	76
三十、只显示单数,不显示双数	76

三十一、计数条在记忆档工作时,数字“2,1”不能记忆	78
三十二、计数时显示数字为0101454589	79
三十三、数码管不亮	80
三十四、显示的数字重叠	81
三十五、显示某一数字时常暗	81
三十六、无自校,闸门指示灯不闪亮	82
三十七、自校一次不复原	83
三十八、自校时数字出现累加	84
三十九、自校失效,闸门指示灯不闪亮	85
四十、“手动”复原不起作用	91
四十一、“自动”复原功能时不能自校	92
四十二、闸门指示灯不亮,自校正常	93
四十三、记忆显示不起作用	94
四十四、“自动”复原损坏	95
四十五、闸门指示灯有闪亮而无计数	96
四十六、0.1 μ s档自校不正常	97
四十七、自校正常,但不能测频	99
四十八、测频灵敏度低	101
四十九、测低频时灵敏度低	102
五十、测高频时灵敏度低	102
五十一、测频时无被测信号输入却有50Hz显示	103
五十二、E324型机在50Hz以下测频时工作不正常	104
五十三、E324型机不能自校,不能测频	105
五十四、测量时间间隔时读数不准	105
五十五、E324型机自校和100MHz测频时显示数字为 125MHz	106
五十六、E324型机配外接装置测微波频率时乱计数	109
五十七、显示的数字乱跳或模糊	111
五十八、开机若干时间后显示数字乱跳及模糊	111
五十九、+6V电源电压不正常	112

六十、测周期时工作不正常	114
六十一、E323A型机测量时间间隔时工作不正常	115
六十二、E3241型机测量时间间隔时工作不正常	118
六十三、PS-43型机测频灵敏度低	119
六十四、自校无0.1 μ s时标显示	121
六十五、E323A型机10MHz与50MHz 频率在调整时相互影响	122
六十六、自校时10kHz频率显示为 5kHz	123
六十七、自校时显示数字为 600	124
六十八、自校时显示数字为8000	125
六十九、自校时某档无闸门信号	126
七十、自校时时标某档工作不正常	127
七十一、自校时时标1 μ s档工作不正常	127
七十二、视频放大单元失效	128
七十三、视频放大器工作时测频灵敏度低	129
七十四、测频时低频段或高频段工作不正常	129
七十五、配变频器工作时无输出信号	131
七十六、测频时某档变频不正常	132
七十七、测量 90MHz、100MHz频率时读数不准	133
七十八、晶振无输出	133
七十九、E3252型机测量不同微波频率时均相差20MHz	135
八十、晶振输出波形抖动且不清晰	135
八十一、晶振输出幅度小	136
八十二、晶振标准频率输出有尾数	137
八十三、晶振频率输出不正常	137
八十四、晶体振荡单元烧坏	139
八十五、E3122型变频器测频时出现数字乱跳现象	141
八十六、变频器灵敏度低	142
八十七、自校、测频均不稳定	142
八十八、电源电压输出不正常	143

八十九、频率计无电源电压输出.....	144
九十、电源输出电压中的纹波系数较大.....	145
九十一、数码管无210V工作电压	145
九十二、自校时1kHz档显示正常,其余各档显示均不正常 且无进位脉冲输出.....	146
九十三、自校时1kHz档显示正常,其余各档显示均不正常,但 有进位脉冲输出.....	146
九十四、频率计接上电源后无任何信号.....	149
九十五、JS-2型计数器第一位数字显示不正常	149
九十六、E3252型机主令讯号灯不亮	150
九十七、E3252型机主令讯号灯亮,但E324型机无读数.....	152
九十八、E3252型机主令讯号灯亮,但测频误差较大.....	153

附录 E312 型频率计逻辑方框图

第一章 数字式频率计原理和使用

在社会生产和科学试验中,人们需要对频率量进行测量。能承担这种测量频率任务的仪器设备称为频率计。数字式频率计是能够把测量出来的频率量用数码字直接显示出来的最新式测频率设备。这种测量频率的设备在我国已大量生产,基本能满足使用单位的需求,因而取代了带有刻度盘的谐振式频率计。

采用数字式频率计测量频率时,不仅能够把测量结果用数码字直接显示出来,使操作者一目了然,读取方便。而且还能把测量结果经过编码后输出,同与这种编码相同的自动打印机连接,随时打印出测量结果,实现频率测量的自动化。目前我国生产的数字式频率计都带有编码输出专用插头,在测量时既可用数码字形式显示出被测量的大小,同时又可有编码输出。

频率是指在一秒钟时间内周期信号变化的次数,单位为赫(Hz),常用的单位还有千赫($\text{kHz} = 1 \times 10^3 \text{Hz}$)、兆赫($\text{MHz} = 1 \times 10^6 \text{Hz}$)和千兆赫($\text{GHz} = 1 \times 10^9 \text{Hz}$)。

频率常用“ f ”表示。周期则用“ T ”表示。它们之间的关系为:

$$f = \frac{1}{T}$$

T 的单位为一秒时, f 单位为一赫。如果每秒钟信号变化 N 次,则可用下面的公式来表示频率 f 与时间 T 的关系:

$$f = \frac{N}{T}$$

由此可见数字式频率计是在一秒钟标准时间内，测出信号变化的次数 N ，然后再用数字形式显示出来。显然，在数字式频率计中获得一秒钟的标准时间是很重要的。有了时间标准，也就有了频率标准。

任何型号的数字式频率计都必须具备以下三个方面的功能部件：

- (1) 产生一秒钟标准时间的标准部件。
- (2) 能计量出在一秒钟标准时间内信号变化次数 N 的部件。
- (3) 能将次数 N 用数字形式显示出来的部件。

现以 E312 型数字式频率计为例（其逻辑方框图见书后附录一）简述其电路原理、测量功能和使用方法。图 1-1 为数字式频率计的方框图。

图中包括 A 放输入通道，B、C 放输入通道，石英晶体振荡，时基、时标控制系统，主控与门和计数显示等部分。

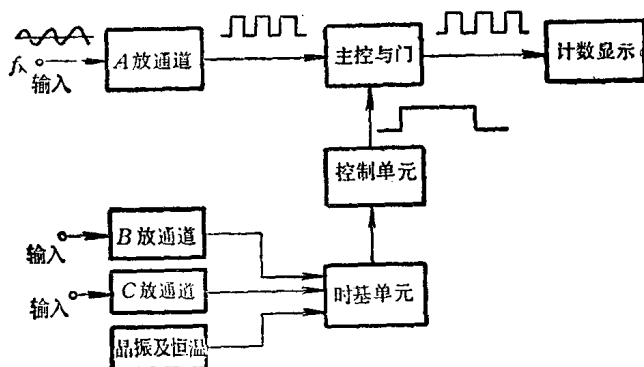


图 1-1 数字式频率计方框图

其数字式频率计的技术指标如下:

(1) 频率测量

频率测量是频率计的主要指标,其频率覆盖面越大越好,但频率太高不易做好,造价也贵。

目前的频率测量范围从 10Hz ~几十 GHz (配套使用)。

(2) 输入阻抗

输入阻抗是测量仪器中很重要的一项指标,输入阻抗高对被测的信号源影响就小,而且能够正确反映被测信号源的工作状况。

经过调节或配套使用,输入阻抗的指标为:

① A 输入端 $50\Omega\sim 1\text{M}\Omega$;

② B、C 输入端 $500\Omega\sim 100\text{k}\Omega$ 。

(3) 输入灵敏度

输入灵敏度是指频率计在测量时,被测信号源送出的最小信号幅度(有效值)。

A 输入端的输入灵敏度为 100mV (有效值);

配套测量为 10mV (有效值);

B、C 输入端的输入灵敏度为 500mV (有效值)。

(4) 输入信号形式

输入信号形式就是指输入信号的种类。E 型系列频率计可输入的信号波形为正弦波、三角波、脉冲波等。

(5) 测试精度

E 型系列频率计输出 1MHz 或 5MHz 的标准频率,它的指标精度为:

E325 型频率计晶振日稳定度为 $3\times 10^{-9}/\text{日}$;

E324 型频率计晶振日稳定度为 $5\times 10^{-9}/\text{日}$;

E323A 型频率计晶振日稳定度为 $1\times 10^{-9}/\text{日}$;

E312 型频率计晶振时稳定度为 $2 \times 10^{-7}/24$ 小时,

测量时, 读数误差为尾数 ± 1 字。

(6) 显示及工作方式

- ① 七位数字管, 十进制读数;
- ② 小数点自动定位, 单位自动变换;
- ③ 可分“记忆”、“不记忆”两种情况显示读数;
- ④ 工作方式为自动复原或人工复原, 其中
自动复原: 显示时间大约由 $0.5\text{s} \sim 10\text{s}$, 连续可调;
人工复原: 揿人工复原揿键, 显示时间可人为控制。

(7) 供电电源

$50 \sim 60\text{Hz}$, $220\text{V}/110\text{V} \pm 10\%$ 交流市电。

电力消耗: 整机 $< 55\text{VA}$;

晶体振荡器及恒温槽 $< 25\text{VA}$ 。

(8) 仪器工作环境条件

温度: $-10^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$;

相对湿度: $95\% (+25^{\circ}\text{C})$ 。

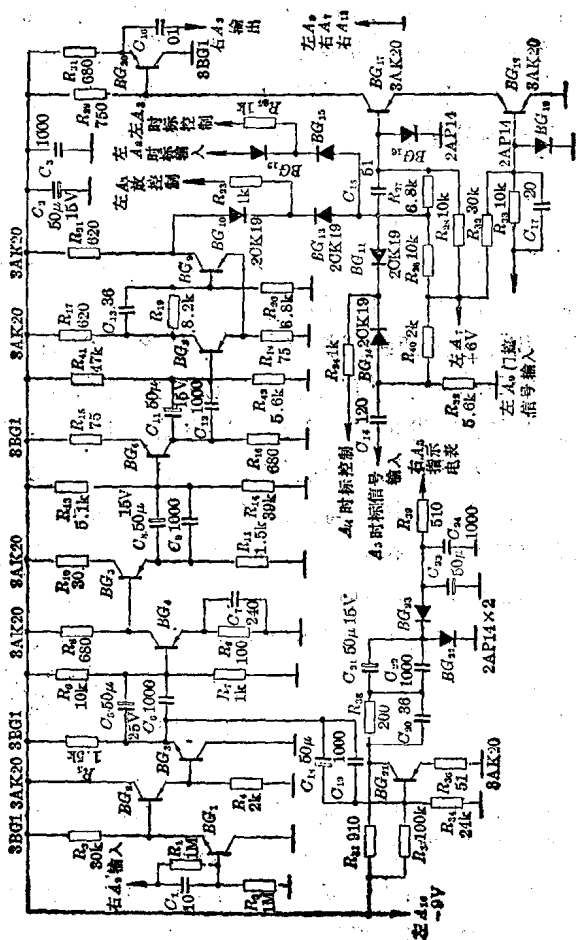
第一节 单元电路原理

一、通道单元

E312 型数字式频率计有 A、B、C 三路输入通道单元。根据不同的测量用途, 各路通道将输入信号进行放大、整形, 分别转变为外时标、外时基, 或通过通道转换选取分频器的脉冲信号, 将其根据需要转变为时标、时基信号, 供控制、计数之用。

(1) A 放通道

A 放通道电原理图如图 1-2 所示, 它由一组衰减器、三级



跟随器、两级倒相器、一级检波器、一级脉冲形成器（施密特触发器）、三组选择与门和一组主控与门电路组成。

其中衰减器分 1, 2, 3, 10, 30 五档，可根据测量需要选择档次，并将其输入信号的幅度衰减到能正常工作的电平。

该通道前三级由 BG_1 、 BG_2 、 BG_3 组成射极跟随器，以提高输入阻抗，与外接信号源进行阻抗匹配，并起着电流放大作用。

检波电路由三极管 BG_{21} ，二极管 BG_{22} 、 BG_{23} 和电阻、电容以及表头组成。其作用是将输入信号幅度选择在最佳电平位置（即表头指针应指在中间）。

BG_4 、 BG_5 组成两级倒相放大器，它将通过 A 放通道 10Hz~10MHz 的输入信号进行电压放大，并向后级脉冲整形器提供所需的触发电平。A 放通道电路在 10Hz~10MHz 较宽频带信号内，其放大增益的获得主要靠此两级倒相放大器。此外，通道输入阻抗的高低，与外信号源阻抗匹配的好坏，阻容耦合以及旁路电容的选取，晶体管频率特性的好坏都对宽带电路的放大增益有直接的影响。

脉冲形成器应用了施密特电路。它由 BG_8 、 BG_9 和一些电阻、电容组成。其作用是将输入的 10Hz~10MHz 的各种非矩形脉冲信号变换成为矩形脉冲波，向后级电路提供脉冲信号。

三组选择与门电路由二极管 BG_{10} 、 BG_{13} 、 BG_{11} 、 BG_{14} 、 BG_{12} 、 BG_{15} 和电阻 R_{23} 、 R_{24} 、 R_{25} 组成。

主控与门是由晶体管 BG_{17} 、 BG_{18} ，二极管 BG_{16} 、 BG_{19} 等元件组成。主控与门是整机的总开关，它控制着功能选择开关的任何一档，即频率计在自校或者测量任何项目时所测得的数据都必须通过主控与门，再经跟随器送至计数器进行计

数（主控与门是在控制单元输出闸门信号的作用下工作的），主控与门电路如图 1-3 所示。

主控与门电路的工作原理是：当晶体管 BG_{18} 基极无开门信号时，基极电位为 $+6V$ ，此时 BG_{18} 晶体管处于截止状态，无电流通过。 BG_{17} 管子的射极相当于对地开路，即处于不工作状态。当晶体管 BG_{18} 基极有闸门脉冲信号时，其基极处于低电平， BG_{18} 管子导通，这相当于把 BG_{17} 射极对地接通，使晶体管 BG_{17} 处于工作状态， BG_{17} 的集电极在闸门时间内输出填充信号。当闸门脉冲信号一过去，晶体管 BG_{17} 又恢复到原来不工作状态。

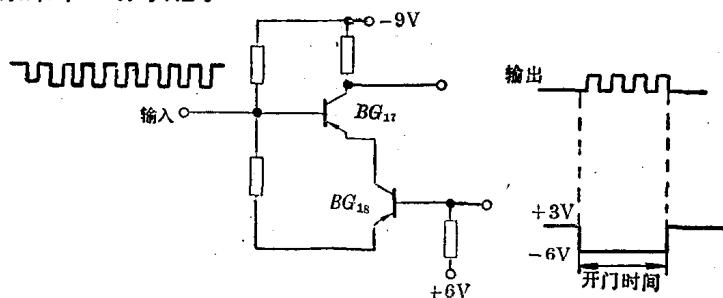


图 1-3 主控与门电路

A 放通道的工作原理是：被测信号($10Hz \sim 10MHz$)经过衰减器选择适当的信号幅度后，进入三级射极跟随器，信号经射极跟随器电流放大后分两路输出，一路输至倒相放大器进行电压放大，向检波器提供信号电压，检波后的信号由电流表指示出来。另一路输至两级倒相放大器和射极跟随器，进行电压放大，其输出的信号电压要确保使施密特整形器进行翻转。

施密特整形器将放大的输入正弦波和三角波等各种信号电压转换成脉冲方波，此脉冲方波信号作为与门(1)的填

充信号。与门(1)受功能选择开关 1, 2, 3, 5 档控制, 与门(2)和与门(3)受时标选择开关的控制, 其选择开关置于某档时某一路与门就能工作。如功能选择开关置于“5”档, 即测量频率档时, 与门(1)就打开, A 放通道的输入信号就能通过与门(1)输至主控与门。又如功能选择开关置于“4”档(即自校档), 时标选择开关置于“1”档, 与门(3)就打开, 10MHz 时标填充信号就通过与门(3)进入主控与门。在闸门信号的控制下, 主控与门将三路与门中的某一路与门输出填充信号通过跟随器输至计数显示单元。

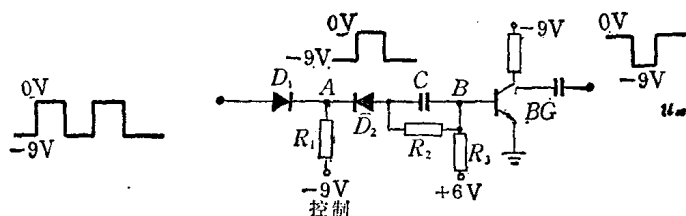


图 1-4 时标与门控制电路

图 1-4 为时标与门控制电路, 其中 R_1 是选择控制, 接 $-9V$ 。二极管 D_1 正极接外加输入信号, 负极接电阻 R_1 。二极管 D_2 负极接至电阻 R_1 , 正极接电阻 R_2 和电容 C , R_3 接 $+6V$, 三极管作为倒相输出之用。

由于 R_1 接 $-9V$ 的作用, 在没有输入信号时, 与门的状态是 D_1 、 D_2 负极处于负电位, 而 D_2 的正极由于 R_2 、 R_3 接 $+6V$, 处于导通状态, $-9V$ 电压通过二极管 D_2 加至三极管基极, 使其基极处于负电位, 故管子工作在截止状态。

当输入脉冲正跳变时 (电压由 $-9V$ 升至 $0V$), 二极管 D_1 立刻导通, 使得 D_1 、 D_2 二极管负极的 A 端电压立即处于 $0V$, 此时二极管 D_2 正极 (通过 R_3 接 $+6V$) 还是处于导通状

态, $0V$ 电位通过二极管 D_2 加至 B 端, 使得 B 端电位也有一个 $-9V \sim 0V$ 的正跳变, 此正跳变电压加至三极管基极, 使管子由截止变为导通。当输入脉冲过后, 电路恢复到原来状态。第二个脉冲正跳变信号输入时, 与门电路重复上述过程。

(2) B 、 C 放通道

B 放通道单元比 C 放通道单元多一路与门电路, 其他电路以及工作原理大致一样, 故在此仅对 B 放通道单元作一介绍。

B 放通道电原理图如图 1-5 所示, 它由一组可调节输入电压的衰减器, 两级射极跟随器, 一级反馈电路, 三级倒相放大器, 一级脉冲形成器和三组与门电路组成。

调节衰减可为 B 放通道获得最佳输入电平。两级射极跟随器用以提高通道的输入阻抗。反馈电路可加宽 B 放通

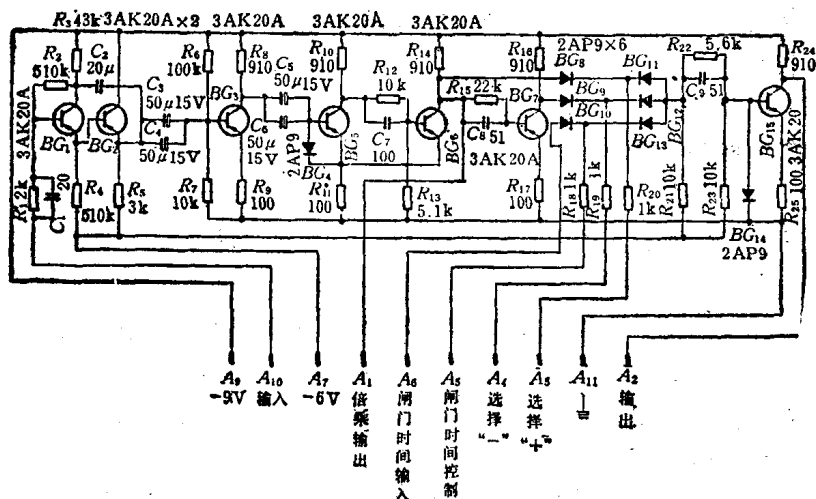


图 1-5 B 放通道电原理图

道的带宽和稳定通道工作。倒相放大器由晶极管 BG_9 组成,其作用是将输入信号的幅度放大后,供后级施密特整形之用。施密特整形器由晶极管 BG_5 、 BG_6 组成,其作用是将输入的非矩形波转换为矩形波信号。其输出分三路,第一路输送至与门(1)电路的输入端;第二路输出经由 BG_7 三极管组成的倒相放大器送至与门(2)的输入端;第三路输出送至时基单元电路。三组与门电路由二极管 BG_8 、 BG_{11} 、 BG_9 、 BG_{12} 、 BG_{10} 、 BG_{13} 及晶体管和电阻 R_{18} 、 R_{19} 、 R_{20} 组成。

B 放通道工作时,输入信号通过衰减器的调节,选取适当的电平输送到有反馈器的两级射极跟随器,经过信号电流放大后,再进行信号幅度的放大。其输出为确保后级施密特整形器能正常进行工作,即将输入非矩形波转换为方波,且其方波信号分三路输出;第一路信号输送给与门(1);第二路信号通过倒相放大输送给与门(2);第三路信号输送给时基单元。与门(1)、与门(2)、与门(3)输出信号经倒相器倒相后,输出至控制单元。

二、控制单元

控制单元是数字式频率计中各个单元电路的指挥中心。控制单元根据测量功能的需要发出指令,指挥着各个单元进行工作。

控制单元电原理图如图 1-6 所示,它由控制双稳态,辅助双稳态,记忆单稳态,显示单稳态,复原单稳态,辅助复原电路和一级倒相放大及一级跟随器组成。控制单元各级静态电压如表 1-1 所示。

控制双稳态是由二极管组成的三个与门电路、三极管组成的集-基耦合双稳态电路和“A”计数开关及各个小单元组