

电子手表

原理·使用·维修

李建邦
周孟奇 编著
朱 和

4.9

电子工业出版社

序 言

数字式电子手表是第四代电子手表,亦称全电子手表。

数字式石英电子手表具有走时准确、功能多样、结构新颖、价格低廉、使用方便等优点,这就改变了机械手表数百年来独占市场的局面。目前,数字式石英电子手表正在进一步向高可靠性、高精度化、多功能化和小型薄型化方面发展。

本书从基本元器件开始,分五章系统地讲述了电子手表原理、选购、使用和维修等一系列问题。书末一章有关仪器使用与自制的內容,不仅对电子手表修理、而且对读者进行其它电子实验活动也是颇有帮助的。

鉴于液晶显示数字式石英电子手表是当今电子手表的主流,而其它类型的电子手表在国内并不常见,本书将主要介绍液晶显示数字式石英电子手表。在本书中为了叙述方便,把液晶显示数字式石英电子手表简称为电子手表或数字式电子表。

本书可供广大电子手表用户和业余爱好者及电子手表行业职工、修理人员和管理干部阅读。

限于我们水平,错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

作 者

1984年7月

目 录

| | |
|--------------------------------|-----|
| 第一章 电子手表概述 | 1 |
| 第一节 电子手表的发展概况、种类及特点..... | 1 |
| 第二节 电子手表的结构与原理..... | 6 |
| 第三节 电子手表的生产过程..... | 9 |
| 第二章 电子手表的主要元器件 | 12 |
| 第一节 石英谐振器..... | 12 |
| 第二节 CMOS 集成电路 | 24 |
| 第三节 导电橡胶..... | 36 |
| 第四节 液晶显示器..... | 43 |
| 第五节 表用电池..... | 53 |
| 第六节 其它元件..... | 64 |
| 第三章 电子手表常见故障修理 | 72 |
| 第一节 拆装与清洗..... | 72 |
| 第二节 常见故障的检查程序..... | 78 |
| 第三节 常见故障的修理..... | 85 |
| 第四节 维修中常用的测量方法..... | 135 |
| 第四章 电子手表的选购与使用 | 150 |
| 第一节 数字式电子手表的选购与使用..... | 150 |
| 第二节 指针式电子手表的选购与使用..... | 181 |
| 第五章 维修仪器、工具的使用与自制 | 185 |
| 第一节 常用仪器的使用..... | 185 |
| 第二节 常用仪器、工具的自制..... | 195 |

| | | |
|-----|----------------------|-----|
| 附表一 | 英汉文字对照表····· | 209 |
| 附表二 | 走时精度和频率偏差对照表····· | 211 |
| 附表三 | 不同环境温度下的允许日差范围····· | 212 |
| 附表四 | 部分国外氧化银扣式电池常见规格····· | 213 |
| 附表五 | 部分国内氧化银扣式电池规格····· | 215 |

第一章 电子手表概述

数字式电子表是新兴的工业产品，它以直观的数字显示取代了传统的指针指数的报时方式，是目前广为采用的一种计时工具。

第一节 电子手表的发展概况、种类及特点

一、发展概况

目前，手表可分为机械手表和电子手表两大类。机械手表发展至今已有四百多年的历史，但这种表走时精度不高，每天要上发条（自动表除外），还需要定期清洗与调整，零件较多，装配困难。为了克服上述缺点，瑞士埃勃什公司于一九五五年首先研制成功了电子手表。至今，电子手表已经发展到了第四代。

第一代电子表

第一代电子表是摆轮游丝电子表。它和市场上出售的电子钟一样，能源是电池，电池通过电子线路驱动摆轮，再由摆轮通过计数叉和计数轮传动轮系和指针，它仍采用摆轮游丝作为振荡元件，时间指示也是时、分、秒三个指针。

第二代电子表

第二代电子表又叫音叉式电子表，它由美国布洛瓦公司于一九五五年初研制成功。它的工作原理和市场上出售的音叉钟一样，电池向电子线路提供能量，电子线路输出脉冲电流，脉冲电流使机械音叉振动，然后通过棘爪和棘轮把音叉臂的振动变为轮系指针的转动。在这种表里，振荡元件是音叉，时间指示仍采用时、分、秒三个指针。

第三代电子表

第三代电子表又叫指针式石英表或模拟式石英表。瑞士电子计时中心和日本精工公司于一九六七年分别研究出样品，一九六九年日本精工公司首先将这种表投放市场。指针式石英表利用石英谐振器作为振荡元件，石英谐振器的振荡输出脉冲通过分频器分频，使频率降低到适合驱动步进马达，利用步进马达驱动轮系。时间指示仍采用时、分、秒三个指针。

第四代电子表

第四代电子表即数字式石英电子表，是由美国哈密尔顿公司于一九七二年研制成功的，它是用发光二极管显示的数字式石英电子表。同年，美国和日本又同时研制成功了液晶显示数字式石英电子表。它与第三代石英电子表一样，仍采用石英谐振器作为振荡元件，不同的是它经过分频、计数和译码后利用显示器件以数字的形式来显示时间。它没有传动部件，可以全部密封，不存在磨损和定期清洗问题。数字式电子表结构简单，使用方便，计时准确，读时直观，尤其是液晶显示数字式石英电子表，是当今电子表的主流。

二、种 类

数字式电子表按其显示器件的不同，目前可分为液晶显示、发光二极管显示、电色显示等种类。

发光二极管显示，电色显示等目前国内极为少见，为此本书仅介绍液晶显示数字式电子表。

三、特 点

数字式电子表的特点是：高精度、长寿命、多功能、全自动、结构简单、价格低廉。

1. 高精度

走时精确，这是数字式电子表的优点之一。高频石英电子表的年误差仅为 3 秒，这一点是机械表所无法比拟的。表的走时精度主要取决于振荡器振荡频率的稳定度。频率变化的相对值 $\Delta f_0/f_0$ ，称为频率稳定度。其中 f_0 为固有频率（多数电子表 $f_0=32768$ 赫）， Δf 为频率偏差（即在一段时间间隔内，振荡器的实际频率与标准频率之差）。但手表的走时精度，往往用日差大小来表示，即走时 24 小时后与标准时间相比所得的误差。振荡频率偏差与手表每日走时误差之间的关系是：

$$\Delta t = \Delta f / f_0 \times 86400 \quad (1-1)$$

式中 Δt 为日差，以 $f_0=32768$ 赫代入则：

$$\Delta t \approx 2.6 \Delta f \text{ 秒/日}$$

即频偏 1 赫时，相应的日误差为 2.6 秒/日。如果频率偏高，则周期缩短，走时快；反之，如果频率偏低，则走时慢。

由公式(1-1)可知，日差 Δt 与 f_0 成反比，因此 f_0 越高，

则日差越小。基于这一原理,人们为了提高机械表的精度,就从提高游丝摆轮系统的振荡频率上着手,从每小时摆动 18000 次(即频率为 2.5 赫)提高到每小时摆动 36000 次(即频率为 5 赫)。如果再要提高游丝摆轮系统的振荡频率,不但受到游丝材料的刚度和机加工精度的限制,而且也受到这类振荡器极限稳定度的限制。

第一代电子表仍采用了机械手表中的摆轮游丝振动系统,所以,走时精度的提高同样要受到上述条件的限制。

第二代电子表用音叉作为振荡器,使振荡频率提高到 500 赫,从而使表的走时精度提高到日差小于 2 秒的水平。但如果要进一步提高频率,则又受到了棘轮、棘爪的机加工和材料性能以及此类振荡器极限稳定度的限制。

在数字式电子表中,石英振荡器代替了音叉振荡器,使表的振荡频率提高到 32768 赫,走时精度达到了日差小于 0.5 秒的水平。目前又出现了振荡频率为 4.2 兆赫的电子表,其年误差在 3 秒以内。

表(1.1)为机械表、音叉式电子表及数字式电子表的走时精度对照表。

表 1.1 走时精度对照表

| 表 类 | 频 率 (赫) | 精 度 |
|--------|--|-------------|
| 机 械 表 | 2.5~5 | 1分/周差~3分/周差 |
| 音 叉 表 | 300~500 | 1分/月差~2分/月差 |
| 数字式电子表 | $3.2 \times 10^4 \sim 4.2 \times 10^5$ | 3秒/年差~3分/年差 |

2. 长寿命

人们所熟悉的机械表,一般使用寿命为 10~20 年,其寿命在很大程度上取决于机件磨损。

数字式电子表的机芯几乎都是电子元器件,不存在机件磨损问题,表中的电子元器件,以液晶显示器的寿命为最短。目前,使用寿命一般为 5~7 年,这是由于液晶材料在使用一段时间后逐渐劣化,显示的清晰度下降,不易看清,但这并不意味着手表寿命的结束。使用者自己即可动手调换液晶显示器,就象手表内的电池要定期更换一样,换上一块新的液晶显示器后,表就可继续使用。现在国际上已研制出了寿命长达 15 年的液晶显示器,只要自己使用保养得当,其寿命肯定比机械表长。目前,市场上一般的电子表没有严格的防水措施,如不注意,一旦潮气或汗水浸入机芯内部,严重时将损坏液晶显示器和集成电路。因此,不懂得使用和保养常识是影响电子表寿命的重要因素之一。

3. 多功能

数字式电子表的特点,是容易实现多功能,它的信息处理和显示全部是电子化的。随着集成电路技术的发展,功能正在不断增加。目前除计时、计历的基本功能外,已生产出带有秒表、闹时、两地时间、计算器、字典、翻译装置、收音机、录音机、电视机、口语报时、电子音乐等多种功能的电子手表;还有能测血压、脉搏、体温的保健表,使手表的作用大大超出了计时的范围。

4. 全自动

机械自动表虽然可以不上发条,但放着不戴,仍要停走,而电子表放着不戴却走时良好。数字式电子表每逢小月能自动变换,而机械表的日历每逢小月却要靠人工调拨。可见数字式电子表真正实现了全自动。

5. 结构简单、价格低廉

目前,数字式电子表的售价和机械表相比,相对来说是廉价的。普通五功能电子表的价格仅为一般机械表的五分之一左右。随着微电子技术和石英技术的发展,集成电路和石英谐振器的成本将逐年降低,因此,电子手表的价格将不断下降。从结构上看,机械自动双日历手表的零件数约为220件,工艺非常复杂。而数字式电子表的零件数一般不超过20件,其装配工艺简单,便于大批量生产。

第二节 电子手表的结构与原理

一、结 构

数字式电子表的结构简单,零部件数量少,表(1.2)列举了一般数字式电子表的主要构成部件。

由于许多零件都焊接或安装在印刷线路板和表壳上,因此可供拆卸的零件只有塑料支架、电路基板、液晶显示器、反光片、导电橡胶、电池正负极接触簧片、电池压片、电池、表后盖、防水圈、绝缘片及螺钉等。可见,数字式电子表比机械表简单得多。

表 1.2 数字式电子表零件表

| 序号 | 零件名称 | 数量 (个) | 组 装 情 况 |
|----|-----------|-----------|------------------------------------|
| 1 | 印刷线路板 | 1 | 1~8均焊接在印刷线路板上, 而成为线路板组件, 通常称之为电路基板 |
| 2 | 石英谐振器 | 1 | |
| 3 | 微调电容 | 1 | |
| 4 | 振荡电容 | 1 | |
| 5 | 升压电容 | 1 | |
| 6 | 滤波电容 | 1 | |
| 7 | 照明灯泡 | 1 | |
| 8 | CMOS 集成电路 | 1 | |
| 9 | 塑料支架 | 1 | |
| 10 | 液晶显示器 | 1 | |
| 11 | 导电橡胶 | 1 | |
| 12 | 反光片 | 1 | |
| 13 | 电池 | 1 | |
| 14 | 固定螺钉 | 1 | |
| 15 | 电池正极接触簧片 | 1 | |
| 16 | 电池负极接触簧片 | 1 | |
| 17 | 电池压片 | 1 | |
| 18 | 按钮接触簧片 | 3~5 | 有的表将其焊接在电路基板上 |
| 19 | 表后盖 | 1 | |
| 20 | 绝缘片 | 1 | |
| 21 | 防水圈 | 1 | |
| 23 | 表壳 | 1 | 23~26均已安装在表壳上, 而成为表壳组件 |
| 24 | 表玻璃 | 1 | |
| 25 | 按钮 | 3~5 | |
| 26 | 表耳 | | |
| 27 | 表带 | 1 | |

二、工作原理

数字式电子表的工作原理如图 1-1 所示。由石英谐振器、振荡电路、微调电容和 CMOS 集成电路中的振荡电路组成稳定的 CMOS 石英振荡器,产生 32768 赫的振荡信号作为基准频率,然后把这一基准频率信号输入到分频电路。分频电路由 15 级相互连接的二分频电路组成。输入分频电路的 32768 赫的基准信号每经过 1 级二分频电路,就将其频率减半(即除

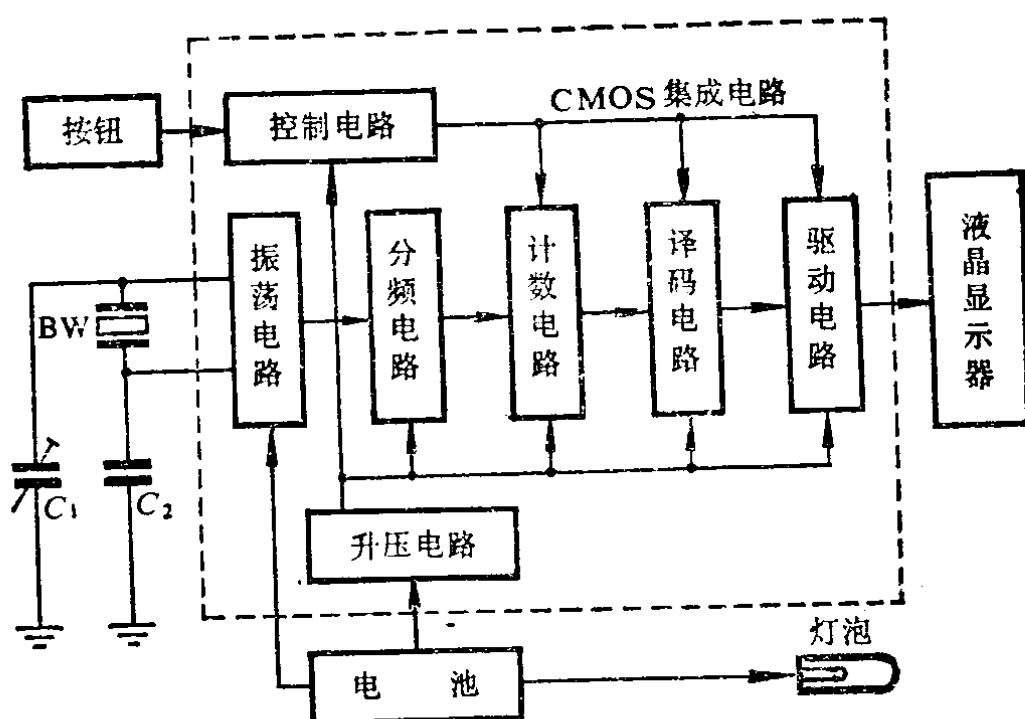


图 1-1 数字式电子表工作原理框图

以 2),连续经过 15 级二分频电路,其频率信号就变为 1 赫的方波信号(即秒信号)。再将此信号送到秒、分、时、日、周、月等时间计数电路进行时间累计,然后把累计结果送入到译码电路,译码电路又将累计结果转换成七段数字显示所需要的信号。此信号又去控制液晶驱动电路,最后在液晶显示器上

正确显示出时间。

第三节 电子手表的生产过程

数字式电子表的生产大致可分为三大部分：部件焊接、机芯装配、成品组装。

在生产过程中，所用的生产设备、测试仪器以及人体本身均需要有良好的接地装置。

一、部件焊接

1. 超声引线键焊

在焊接前，对印刷线路板要先用 10 倍显微镜检查有否断路、短路和沾污。必要时将线路板投入氟氯烷或氯仿中超声清洗 3 分钟。

CMOS 集成电路在焊接前，要用显微镜（放大 40 倍、100 倍、400 倍）检查其质量。在显微镜台面上通过 40 倍放大，观察可能产生的裂纹、金属屑连接、开路或划痕。如果怀疑电路有缺陷，就要使用放大 400 倍的显微镜对 CMOS 集成电路作进一步检查，合格的 CMOS 集成电路送到下一个装配工序。

用低温银浆将 CMOS 集成电路和固定电容粘接在印刷线路板上，然后用 80 倍显微镜进行检查。电路芯片周边必须有 70% 的低温银浆，同时也决不能使低温银浆和印刷线路上其它元件的引线短路，因为电路的底板也接电源正极，如果短路，会造成电路工作失常。将检查合格的基板送入 150°C 的烘箱中烘烤 1 小时。

CMOS 集成电路各电极和线路板引线间的连接是用超声波压焊机进行的。一般超声波焊接采用直径为 1.25 密耳的硅铝丝引线。引线焊好后,要对基板进行全功能检查,若发现故障,要进行修整。

完好的电路基板要用绝缘性能良好的环氧树脂加以封装,借以保护引线和 CMOS 集成电路,使之不受到损坏。

2. 锡焊接

在焊接其它元件之前,要对电路基板重新进行一次全功能检查,并要对焊接的其它元件也要进行质量检验。全部质量合格后,用专用电烙铁将微调电容、石英谐振器、照明灯泡等一一按要求锡焊在电路基板上。

二、机芯装配

在装配前,要对待装配的各元部件进行质量检查,剔除不合格元部件。

装配时,先将塑料支架放置好,在塑料支架的边槽内放入按钮接触簧片,再在塑料支架内放入液晶显示器,在液晶显示器上放上反光片和导电橡胶,然后再放上电路基板,用四个螺钉将电路基板固定在塑料支架上,最后放入电池,并将电池压片固定好。

对装好的表芯进行全功能检查,再将检查合格的表芯传送到精密调整工段进行精度调整,调整后的机芯要经过高温 60°C 和低温 0°C 的温度循环。这种温度循环能加速不合格元件的损坏,从而将不合格机芯筛出。(温度的循环变化,在手表装配前后均能进行,它取决于具体的工艺条件)。

三、成品组装

在表机装入表壳以前，要用压缩空气通过一个去离子喷嘴将表壳内部吹干净。组装时为了防止划痕和污染，必须小心提取表壳、表带和表玻璃，工作人员必须戴上手套，这样可以防止手印留在表壳和表玻璃上。

表壳后盖和表带安装后，要将成品传送到质量检验部门进行全功能测试和外观检查。

合格的手表，用泡沫塑料或发泡包封材料进行包封，以防止在运输途中受振或划伤。同时，包装材料内必须放入一些氧化硅胶(吸湿剂)。

第二章 电子手表的主要 元器件

要想提高对电子手表的维修技术和故障分析能力，就必须对其主要元器件的结构、原理、使用方法及使用注意事项有一定的了解。

第一节 石英谐振器

石英谐振器是构成电子手表 CMOS 石英振荡电路的主要元件。

石英谐振器中的石英晶体片是由石英晶体切割而成的。石英晶体是一种透明晶体，俗称“水晶”，它的化学成分是二氧化硅(SiO_2)。石英晶体有天然和人工制造的两种。

一、石英谐振器的种类

表用石英谐振器按构成它的石英晶体片的形状，可将其分为三大类：棒型、音叉型和薄圆片型。

早期使用的棒型石英谐振器，由于它的体积大，固定工艺困难且易受外界条件影响，因此已逐渐为音叉型石英谐振器所取代。

音叉型石英谐振器和棒型相比，具有体积小、性能可靠、功耗小、机械强度及品质因数高等优点，因而更适宜于电子表

向小型化、薄型化、高精度化方向发展。所以,目前音叉型石英谐振器在电子表中得到了广泛的应用。其性能标准见表 2.1。

表 2.1 石英谐振器的标准

单位:毫米

| 项 目 | 标 准 |
|-----------|-----------------------|
| 额定频率 | 32768 kHz |
| 允许的频率偏离 | ± 20 ppm |
| 最大振荡电平 | 1 微瓦 |
| 最大等效电阻 | 40 k Ω |
| Q | $\geq 40 \times 10^3$ |
| 拐点温度 | 25°C \pm 5°C |
| 工作温度范围 | -10°C ~ +60°C |
| 储存温度范围 | -30°C ~ +70°C |
| 振动所致的频率变化 | $\leq \pm 3$ ppm |
| 老化 | $\leq \pm 3$ ppm/年 |

注:此标准是 1975 年 6 月在东京召开的国际电器标准会议上制订的

圆薄片型石英晶体片具有良好的频率温度特性及较高的压电活动性和频率稳定性。在电子表中,4.2 兆赫的石英谐振器采用的就是这种圆薄片型石英晶体片。但随着频率的提高,CMOS 电路的功耗及成本都要提高,故目前不多采用。

二、石英谐振器的结构

石英晶体片的频率、Q 值等会受外界环境条件的影响而发生变化,因此,一般都密封在容器内使用。发展初期采用玻璃容器封装,但这种封装,耐冲击性不好,并且高温条件下玻璃熔接法不适用于小型化,由于这些原因,现已广泛采用金属