

实时时钟集成电路发展历史及现状

上海东钜电子有限公司

实时时钟 (REAL TIME CLOCK) 英文缩写也叫 RTC。实时时钟集成电路是一种高密度集成的专用时钟集成电路, 适合于一切需要低功耗及准确计时的场合, 如手机, 电视机, 复费率电表, 高精度时钟, 可编程时间控制器, 数码相机, 等等。目前, 世界上各大半导体集成电路制造厂商都提供 RTC 产品。

早期 RTC 产品实质是一个带有计算机通讯口的分频器。它通过对晶振所产生的振荡频率分频和累加, 得到年、月、日、时、分、秒等时间信息并通过计算机通讯口送入处理器处理。这一时期 RTC 的特征如下: 在控制口线上为并行口; 功耗较大; 采用普通 CMOS 工艺; 封装为双列直插式; 芯片普遍没有现代 RTC 所具有的万年历及闰年月自动切换功能, 也无法处理 2000 年问题。现在已经被淘汰。

在 90 年代中期出现了新一代 RTC, 它采用特殊 CMOS 工艺; 功耗大为降低, 典型值约 $0.5 \mu A$ 以下; 供电电压仅为 1.4V 以下; 和计算机通讯口也变为串行方式, 出现了诸如三线 SIO/四线 SPI, 部分产品采用 2 线 I2C 总线; 封装上采用 SOP/SSOP 封装, 体积大为缩小; 功能上片内智能化程度大幅提高、具有万年历功能, 输出控制也变得灵活多样。其中日本 RICOH 推出的 RTC 甚至已经出现时基软件调校功能 (TTF) 及振荡器停振自动检测功能而且芯片的价格极为低廉。目前, 这些芯片已被客户大量使用中。

最新一代 RTC 产品中, 除了包含第二代产品所具有的全部功能, 更加入了复合功能, 如低电压检测, 主备用电池切换功能, 抗印制板漏电功能, 且本身封装更小 (高度 0.85mm, 面积仅为 $2mm \times 2mm$), 如 RICOH 公司的代表产品 R2051。以下就 R2051 为例, 说明现代 RTC 功能特征:

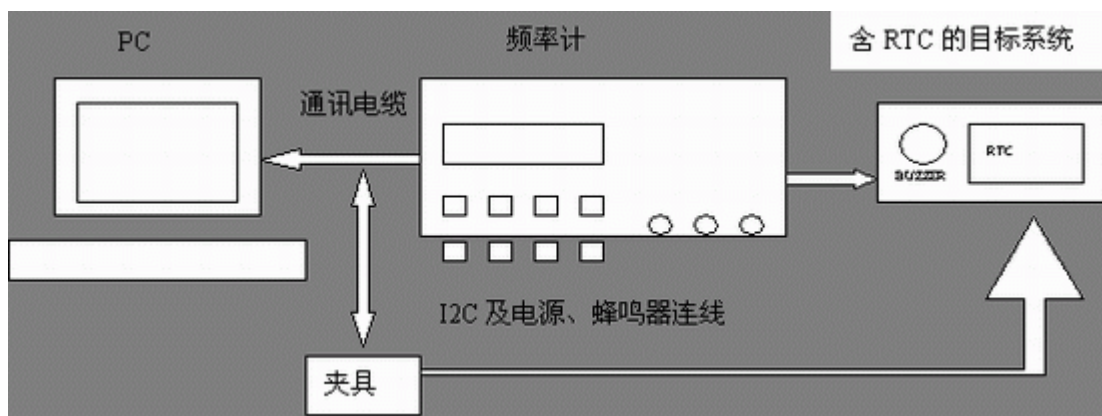
- (1). 计时供电电压: 典型值 0.75V
- (2). 低功耗: 典型值 $0.4 \mu A$ (最大值 $1.0 \mu A$) / $V_{DD}=3V$
- (3). 内置主备用电池自动切换电路: 时刻检测主供电电压, 当主供电电压低于设定电压时, 自动切换为备用电源供电且备电方式灵活;
- (4). 停振自动检测功能: 芯片内部有监测电路, 一旦晶振停振 (即使有再次正常起振起振运行) 就在芯片内相应寄存器置位, 可供系统判断计时数据的有效性
- (5). I2C 总线方式: 通过 SCL/SDA 两根线同 CPU 通讯, 占用口线少, 通用性强;
- (6). 2 个可编程中断, 可由软件设定为定时中断输出, 或方波输出 (频率可选), 电平输出;
- (7). 内置具有延迟功能的电压检测电路;
- (8). 12/24 小时制可选, 满足多种应用场合;
- (9). 可自动识别闰年 (2099 年之前)
- (10). 内置调谐电容, 只需外接晶振, 外围电路简单;
- (11). 小封装: FFP12 (高 0.85mm, 面积为 $2mm \times 2mm$), PCB 占用面积小, 综合成本低;
- (12). 独具抗印板漏电能力, 生产工艺要求低, 产品适用性强;
- (13). 具有独特的 TTF (Time Trimming Function)

TTF 是 RTC 发展史上具有里程碑意义的技术，从此以晶振为基准的电子钟表，也可以具备类似传统钟表控制摆长以调节精度的功能。原来单纯依赖晶振精度的 RTC 有了更方便、更高精度的实现方法。下面就这一突破性的技术及生产中的调节方法做些探讨。

TTF 是利用吞吐脉冲技术来补偿晶体振荡器的固有偏差而实现高精度时钟输出。利用一套特殊的数字电路增加或减去相当于晶振振荡误差的脉冲，而不改变晶振本身的振荡。在一定的调节时基中，如 20S 内，调节电路在最后一秒发生作用，校准整个时基。这一校正过程完全是数字化过程，故不会影响晶体负载电容匹配，不影响晶体振荡电阻。调节范围为 $\pm 189\text{ppm}$ 的大调节范围（当采用 32.768KHz 晶振时），调整后的精度可以达到小于 $\pm 1.5\text{ppm}$ 。在这一时基调节过程中，调整量的大小，是增还是减，均是通过对一个 RTC 内部指定寄存器赋值来实现的，也就是通过测算当前所用晶振的频率与理论零误差晶振的差值而得出此次补偿字节的值。同时 TTF 是一个软件控制的数字调节过程，这就带来了对于晶体温度特性进行补偿的可能性；即 CPU 只需通过感温元件，如热敏电阻经 A/D 读出环境温度就可算出晶体此时的温度偏差，从而计算出补偿值而写入 RICOH RTC 中进行温度补偿，达到 TCXO 振荡器效果。

充分利用 TTF 功能做到每一个 RTC 系统的高精度，应完全补偿生产中每一个 RTC 及晶振所构成系统的不同偏差，就必需对每一个 RTC 写入针对性的补偿值。但这在工厂进行大规模生产时，会产生效率过低的问题，对此我们设计了一套适合规模化生产的自动化系统：在生产中快速测量系统中 RICOH RTC 芯片的 TTF 值（精度调校值），并通过 I2C 总线，写入非易失存储器，而且可以利用 RICOH RTC 芯片输出秒脉冲来检验 RTC 走时精度。

系统组成：以 PC 机为平台，利用可以与 PC 机通讯的频率计为检测设备，在 PC 机上运行相应程序。系统配置见下图。



频率计测出 RTC 输出口的原始晶振频率通过并口送向 PC 机，专用程序根据此值计算出相应的 TTF 校正值，通过 I2C 总线写入目标系统内非易失存储器，并用蜂鸣器发出响声，提示操作结束。

在生产线上的适当位置设置本测试系统。因本系统的测算是由 PC 机上相应专用程序进行，一瞬间即可完成。故测试过程所用时间几乎取决于测试夹具接通目标系统相应接触点的时间。

以下为采用此系统校正后实例：

所配晶振频率：32772.2HZ，误差为+128ppm

写入的校正值 43（十进制）

校正后输出的秒脉冲误差为 +1.2ppm（即一年的误差为 37.8 秒）

而现在 RICOH 公司开发的第二代 TTF 功能的 RTC，调整精度已经达到+0.5ppm。

从上文可以看出，以 RICOH 的 TTF 技术为代表的新一代 RTC，已经采用全新的思维，特殊的技术以几乎不增加成本的方式，将普通晶振的 RTC 计时精度提高到一个很高的水平。目前，这一新型的 RTC 已在国内许多行业中迅速应用起来。