

高精度实时时钟模块

内建 TCXO 数字式实时时钟模块的特征

【序文】

时间是我们日常生活中的基本概念。火车运行管理、进出场管理等各种处理系统和应用程序按照时间信息工作。在金融、股市领域中，时间操纵着巨大利益和损失。时间是我们的生活中不可缺少的部分。近几年，我们周围的产品也搭载了时间功能，可能很难找到没有时间功能的产品。在社会的各个领域还存在着为数众多的需要更精确时间的应用程序，例如金融处理系统、安全系统、电表等。为了获得更为精确的时间，必须拥有起振高精度频率的元器件和控制元器件的芯片。爱普生生产和销售的模块将能够起振高精度、高稳定频率的石英晶体振荡器和起到控制功能的实时时钟芯片合为一体。本次，我们将解说爱普生高精度、低功耗实时时钟模块的特征（功能）及结构。

【爱普生实时时钟模块的特征】

实时时钟模块是将 32.768kHz 石英晶体振荡器和实时时钟芯片合为一体的产品，具备振荡电路、时钟功能、日历功能和报警功能等。爱普生自己开发和生产实时时钟模块中使用的石英晶体振荡器和实时时钟芯片。因此，可以稳定供给最适于高精度实时时钟模块的石英晶体振荡器，以及在最佳条件下驱动该振荡器的实时时钟芯片。而且，爱普生半导体技术的应用从世界首块实用型石英电子手表起步，还被用于奥运会公式计时系统和以“Grand Seiko”为代表的精工牌高级手表的心脏部控制。这些用于控制芯片的半导体技术与杰出的低耗能、高稳定石英振荡技术相结合，形成了高品质实时时钟模块的基础。

如上所述，我们通过自己开发石英晶体振荡器和实时时钟芯片，实现最佳匹配，最大发挥双方的实力，从而为顾客提供能发挥高性能的产品。这正是爱普生实时时钟模块的特征。

【用于时钟的石英晶体振荡器频率精度】

根据市场要求（能以极低的耗电量保持现在的时刻），用于计时的低频时钟一般采用音叉型石英晶体振荡器。

音叉型石英晶体振荡器驱动时耗电量少的反面，其频率温度特性为图 1 所示的二次曲线。所以，在进行时钟误差设计时，除了室温（+25℃）条件下的频率公差以外，还应当考虑到二次曲线的频率温度特性公差。

假设在-40℃的条件下使一般的音叉型石英晶体振荡器连续工作 1 个月，那么其振荡频率公差将达到 -150×10^{-6} 左右，相当于出现 6 分钟（月差 6 分钟）以上的时间误差。

为此，设计人员也许会考虑使用 AT 型石英晶体等频率温度特性较好的振荡器作为波源。但 AT 型石英晶体的振荡频率通常达到几 MHz，所以需要在振荡电路中进行分频，以达到用于时钟时的频率。

这时，在振荡电路中消耗的电流将达到使用音叉型石英晶体振荡器时的数百倍。因此，我们认为把 AT 型石英晶体用于作为时钟波源的方法不符合市场要求。

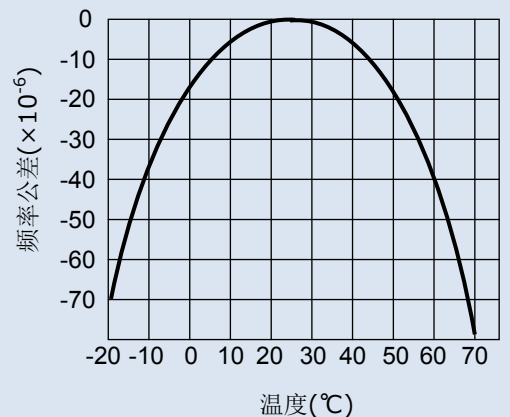


图 1: 音叉型晶体单元的频率温度特性例

【使用数字式 TCXO 的频率精度补偿方法】

如图 1 所示，音叉型石英晶体振荡器具有振荡频率随周围温度而变化的特性，为提高时钟精度则需进行精度补偿。图 2 表示的是爱普生所采用的通过数字式 TCXO 温度补偿而进行的频率精度补偿方法。

该方法每隔一定周期将周围温度信息转换成数字，从内存中呼出该温度相应的补偿值，对振荡频率进行补偿。振荡频率补偿方式可分为两大类：电容调整方式和逻辑调整方式。爱普生实时时钟模块中主要使用电容调整方式。在下页中说明补偿方式。

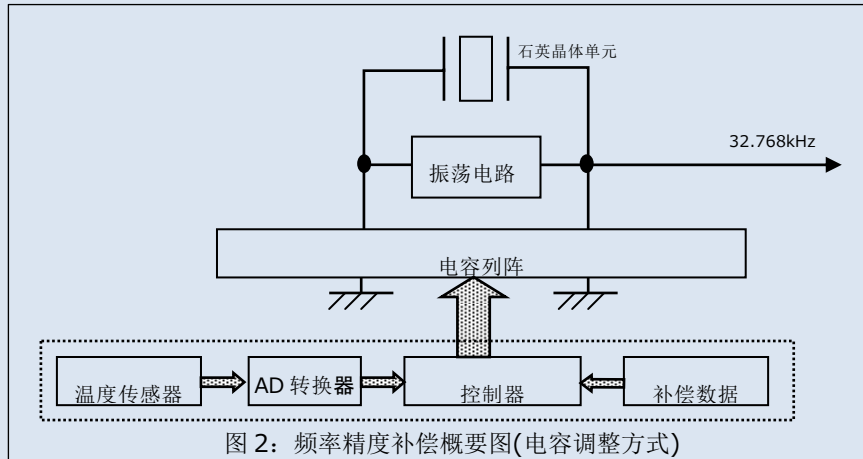


图 2：频率精度补偿概要图(电容调整方式)

<电容调整方式>

电容调整方式指通过改变石英振荡频率进行补偿的方法。该方式利用振荡频率随石英晶体振荡器的振荡负载电容的增减而变化的特点，补偿因周围温度而产生的频率变动。简易原理用图 3 表示。

图 3 左表示音叉型石英晶体振荡器的频率温度特性，图 3 右表示频率随负载电容而变化的电容调整特性。补偿的具体内容包括根据周围温度①求出频率变量②，并推导出该频率变量②相应的负载电容变量③。将该温度相应的负载电容变量作为补偿值呼出后，对振荡频率进行补偿。该方式直接对振荡频率进行补偿，因此可以把实时时钟模块的振荡输出补偿为高精度后作为低频的休眠时钟使用。

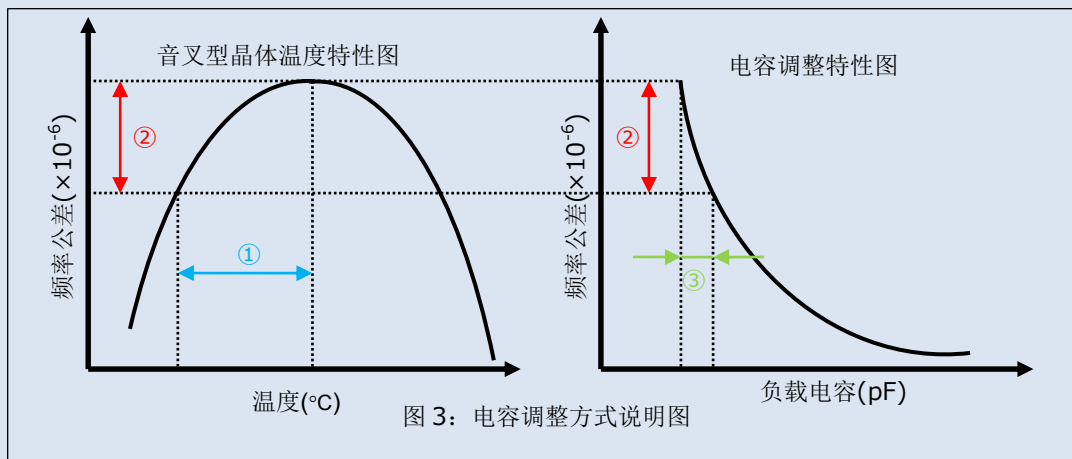


图 3：电容调整方式说明图

<逻辑调整方式>

逻辑调整方式指不调整石英晶体振荡器的频率而起振，在分频电路的一部分增减脉冲进行补偿的方法。简易原理用图 4 表示。补偿的具体内容包括根据周围温度①求出频率变量②，在分频电路中对该频率变量②相应的频率进行补偿后输出。

如图 4 所示，通常由 32768 个脉冲生成“1 秒”的时间，若改为由 32767 个脉冲生成“1 秒”信号，就可以缩短 1 秒的周期。假如以每秒一次的频度执行该补偿，其频率补偿量则相当于约 30.5×10^{-6} 。通过调整生成 1 秒的脉冲数以及变更补偿频度，就可以在不更改振荡电路的条件下进行较大的补偿。而且，该方式使用逻辑电路进行调整，最终将正确输出转动时钟的 1 秒信号，因而被广泛用于以 1 秒工作的手表等的时钟源。然而，输出到外部的时钟信号周期因温度补偿而急剧变化，因此将导致使用该时钟的 CPU 不能以正确时间工作，使用这种补偿方式时周围的元器件将无法享受其恩惠。

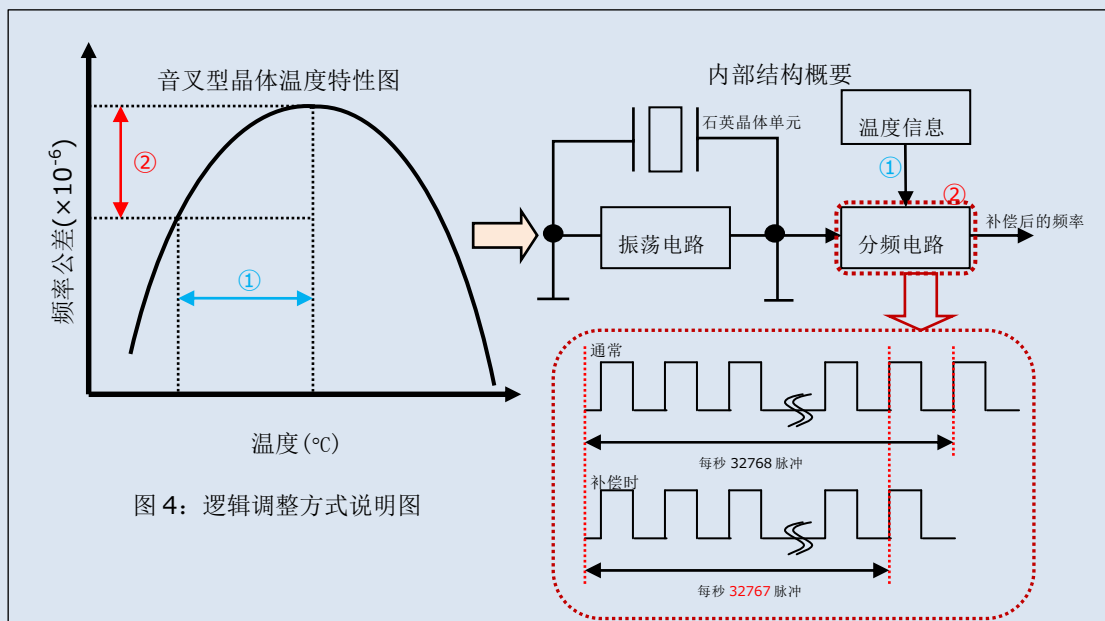
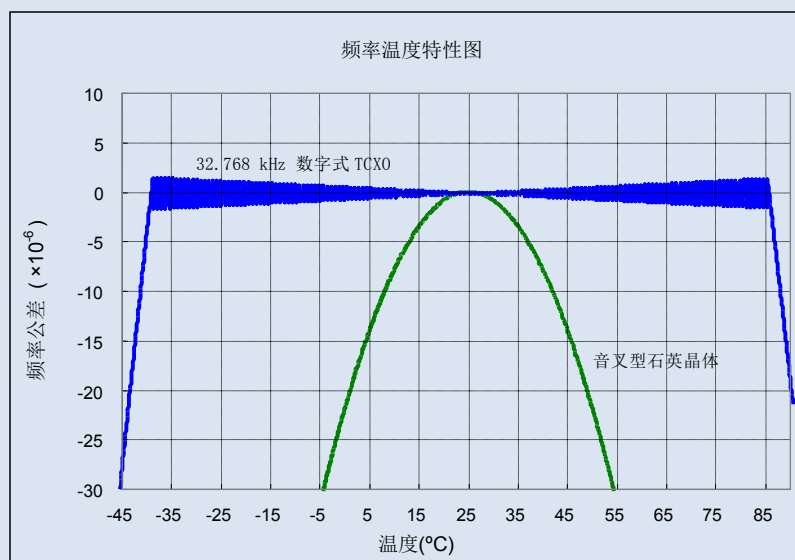


图 5 表示使用数字式 TCXO 进行频率精度补偿（电容调整方式）的爱普生实时时钟模块的频率温度特性。



与音叉型石英晶体振荡器的温度特性（图 5 中的绿线）相比，可以看出爱普生实时时钟模块的补偿后的温度特性（图 5 中的蓝线）在较大的温度范围内保持稳定，时钟误差仅相当于月差 9 秒（频率精度为 $\pm 3.4 \times 10^{-6}$ ），实现了高精度、高稳定。

【爱普生内建数字式 TCXO 的实时时钟模块产品介绍】

爱普生的实时时钟模块产品使用数字式 TCXO 进行频率补偿后获得了出色的频率精度，并拥有高精度、高稳定和低耗电的特点。

表 1 表示爱普生产品的特征及概要。

表 1：内建数字式 TCXO 的高精度实时时钟模块的介绍

产品名称	特征	接口方式	外形尺寸[mm]
RX-4803LC	<ul style="list-style-type: none"> 内建 32.768kHz 温度补偿振荡器（数字式 TCXO）波源 频率精度：(-40 至+85℃时$\pm 3.4 \times 10^{-6}$，-40 至+85℃时$\pm 5 \times 10^{-6}$) 	4-wire SPI	LC : 3.6×2.8×1.2t (VSOJ-20pin)
RX-8803LC	<ul style="list-style-type: none"> 1/100 秒定时器控制寄存器 接口电压范围：1.6V-5.5V 	I ² C bus	
RX-4803SA	<ul style="list-style-type: none"> 温度补偿工作电压范围：2.2V-5.5V 计时（保持）电压范围：1.6V-5.5V 可选择频率的时钟输出（32.768kHz、1024Hz、1Hz） 	4-wire SPI	SA : 10.1×7.4×3.3t (SOP-14pin)
RX-8803SA	<ul style="list-style-type: none"> 时钟、日历功能、报警功能、定时功能、内建 EVIN 输入功能 可通过连接端子而作为振荡器（32.768kHz 数字式 TCXO）使用 	I ² C bus	

爱普生的产品不仅具有出色的频率稳定性，还准备了 LC、SA 两种外形尺寸，使其兼备实时时钟模块不可或缺的功能。

综上所述，爱普生凭借具有低耗电优势的音叉型石英晶体振荡器生产技术及频率温度特性的补偿电路技术，向市场提供高精度、低耗电的实时时钟模块产品。而且，我们的产品在出厂前调整频率精度，在保证精度的基础上提供给顾客，所以使用时不需要调节频率，为顾客提高设计效率和产品品质做出巨大贡献。