

附件3：任意波特率计算与配置

使用说明书

说明书版本：V2.02

更新日期：2016.06.01

一、波特率计算工具的使用

为了方便计算出本公司生产的 USBCAN 适配器/CANalyst-II 分析仪的波特率，可使用如图 1 所示的工具软件。（放置于 USB_CAN TOOL 软件安装目录 C:\Program Files (x86)\USB_CAN TOOL）

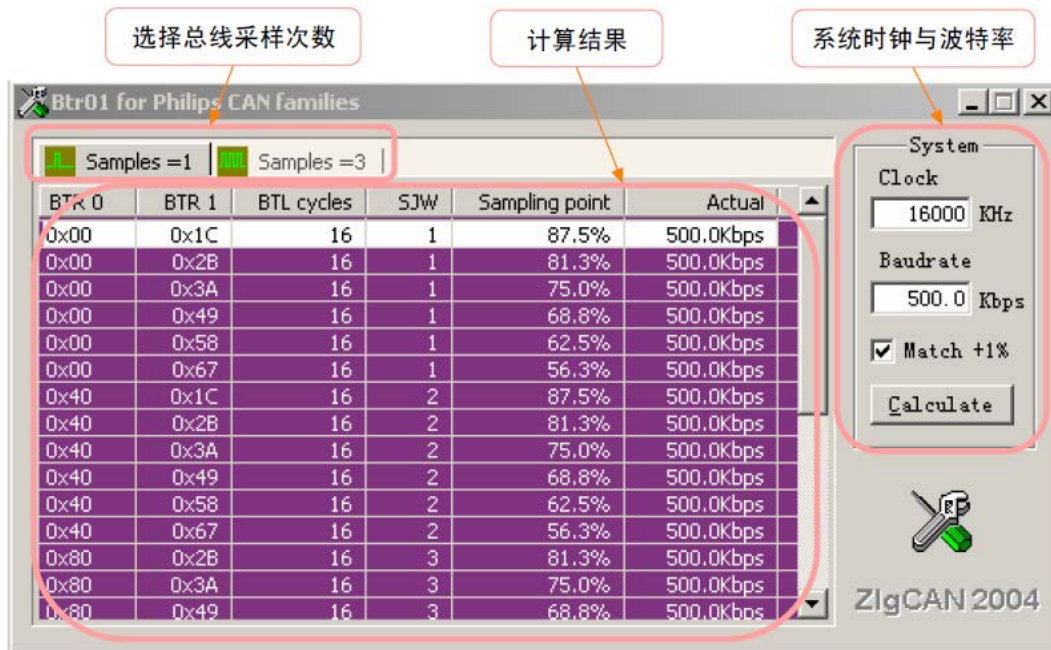


图 1 CAN 波特率计算软件

这款工具软件使用简单方便，按以下步骤操作即可轻松实现波特率计算。

- 在软件右边的第一个框(clock)中填写 CAN 控制器的系统时钟。对于我公司产品，晶体振荡器为 16Mhz，则需要填入“16000”；
- 在软件右边的第二个框（Baudrate）中填写用户需要的实际波特率。例如用户需要 500Kbps 的波特率，则需填入“500”；
- 如果允许计算出来的波特率有 1%的误差（根据 CAN 协议 1%的误差在容许的范围内），那么可以勾选复选框“Match +1%”；
- 在软件左上角选择采样率（samples）。采样率可以选择采样一次或采样三次，通常情况下，在低波特率(低于 40Kbps)的情况下使用三次采样，这样可以有效的消除总线毛刺。在高波特率的情况下，通常使用一次采样；
- 以上对波特率的要求填写完成之后，点击计算按钮（Calculate），在左边的表格中就会计算出用户所使用的波特率。

表格中罗列出来的结果由图 2 所示的 6 部分参数组成，它们表示的意思如下。

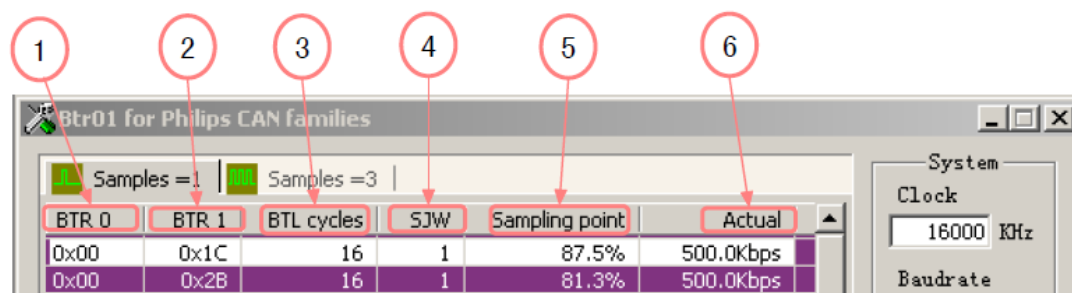


图 2 表格列说明

1. BTR0，总线定时器 0，其中高两位为同步跳转宽度，低六位为波特率预设值；
2. BRT1，总线定时器 1，其中低四位为相位缓冲段 1，每四位至第六位为相位缓冲段 1，最高位为采样次数选择；
3. BTL Cycles，总线定时器的所占单位时间份额的数量，总线定时器长度 = 单位时间 * BTL Cycle，即有 $BTL\ Cycle = (\text{同步段} + \text{传播段} + \text{相位缓冲段 1} + \text{相位缓冲段 2})$ ，通常同步段和传播段为 1 个时间份额；
4. SJW，总线重同步跳转宽度，通常情况下其数值范围是 1~4；
5. sampling point，总线采样点的位置，即采样总线时采样点占整个位时间的位置；
6. Actual，按照该组数据的算出来的准确波特率值。

表格中所罗列出来的数值，按照 CAN 的协议都是满足要求的，用户可以任挑一组数据作为当前波特率的数值。但是如果在点击了计算按钮，表格中没有计算出数据，则表示根据用户设置的晶体振荡器频率和需要的波特率无法计算出满足要求的结果，这种情况下用户可以试着改变波特率来重新计算。

打开 USB_CAN TOOL，点击“设备操作”菜单中的“启动设备”项，在“参数确认”对话框中，波特率下拉列表选择“Self Define”（波特率自定义选项）。将波特率计算工具计算出来的 BTR0、 BTR1 两个字节（十六进制）填入 USB_CAN TOOL 软件“参数确认”对话框中的 BTR0/1 两个输入框中。如图所示，配置上图中计算出来的 500k 波特率。

注意，两个通道是完全独立的，通过“选择 CAN 通道号”下拉列表选择相应通道，需要分别配置波特率。

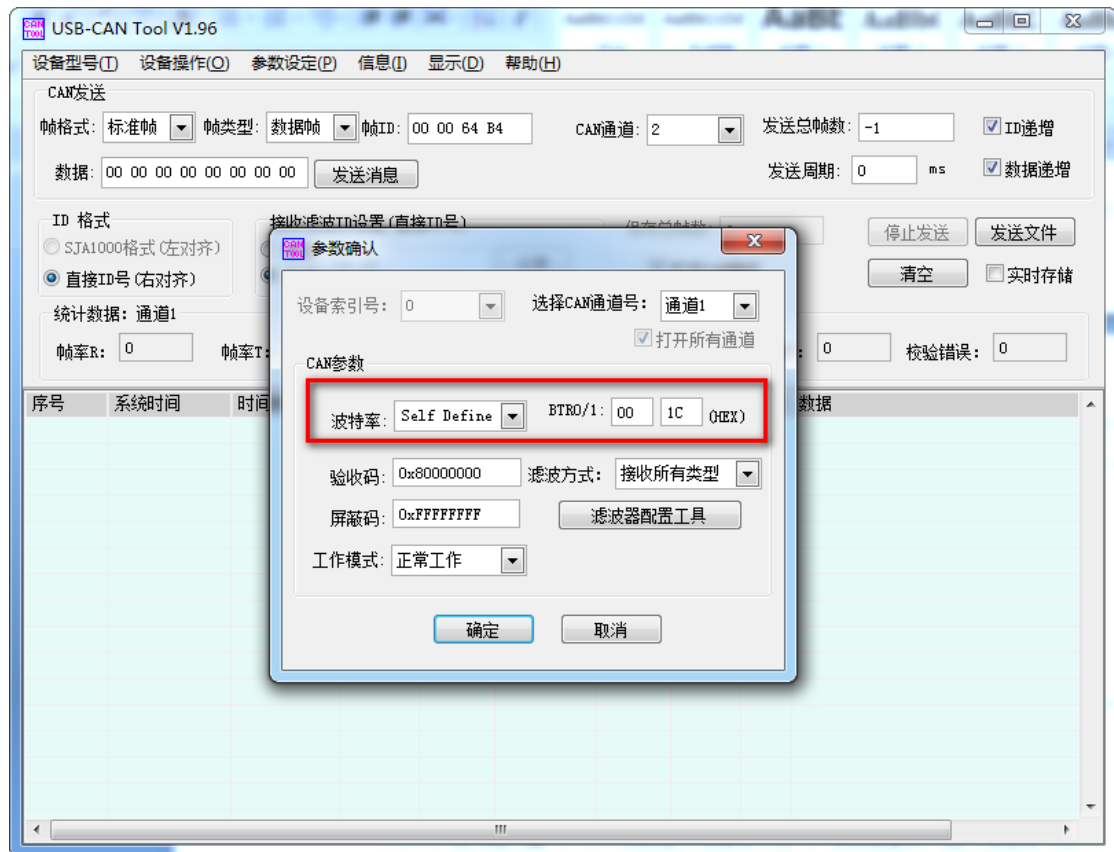


图 3 波特率配置

注意：本软件只适用于本公司产品的波特率的计算，例如 USBCAN 适配器/CANalyst-II。该软件计算出的数据不一定适用于其它公司的 CAN 控制器。

二、CAN 波特率基础知识

SJA1000 内部频率基准源 $F_{BASE} = F_{clk}/2$ ，即外部晶振频率 F_{clk} 的 2 分频。注意任何应用中，当利用外部晶振作为基准源的时候，都是先经过 2 分频整形的。

1、位周期的组成

波特率 (f_{bit}) 是指单位时间内所传输的数据位的数量，一般取单位时间为 1s。波特率由通信线上传的一个数据位周期的长度 (T_{bit}) 决定，如下式所示：

$$F_{bit} = 1/T_{bit} \quad (1)$$

根据 Philips 公司的独立通信控制器，一个位周期由 3 个部分组成：同步段 (t_{SYNC_SEG})、相位缓冲段 1 (t_{TSEG1}) 和相位缓冲段 2 (t_{TSEG2})。

$$T_{bit} = t_{SYNC_SEG} + t_{TSEG1} + t_{TSEG2} \quad (2)$$

所有这些时间段，都有一个共同的时间单元——系统时钟周期(T_{SCL})。具体到 SJA1000, T_{SCL} 由总线时序寄存器的值来确定。SJA1000 有 2 个总线时序寄存器，即总线时序寄存器 0 (BTR0) 和总线时序寄存器 1 (BTR1)。这 2 个寄存器有自己不同的功能定义，共同作用决定总线的通信波特率。

2、总线时序寄存器

总线时序寄存器 0 定义波特率预设值 BRP (共 6 位, 取值区间[1,64]和同步跳转宽度 SJW (共 2 位, 取值区间[1,4]) 的值。位功能说明如表 1 所列。

表 1：总线时序寄存器 0 (BTR0) 位功能说明

bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
SJW.1	SJW.0	BRP.5	BRP.4	BRP.3	BRP.2	BRP.1	BRP.0

CAN 的系统时钟周期 T_{SCL} ，可以由 BRP 的数值为决定，计算公式如下：

$$T_{SCL} = 2 \times T_{CLK} \times BRP = 2 \times T_{CLK} \times (32 \times BRP.5 + 16 \times BRP.4 + 8 \times BRP.3 + 4 \times BRP.2 + 2 \times BRP.1 + 1 \times BRP.0 + 1) \quad (3)$$

其中 T_{CLK} 为参考时间的周期。

$$T_{CLK} = 1/f_{CLK} \quad (4)$$

为了补偿不同总线控制器的时钟振荡器之间的相位偏移，任何总线控制器必须在当前传送的相关信号边沿重新同步。同步跳转宽度定义了每一位周期可以被重新同步缩短或延长的时钟周期的最大数目。

$$t_{SJW} = T_{SCL} \times (2 \times SJW.1 + 1 \times SJW.0 + 1) \quad (5)$$

总线时序寄存器 1 定义每个位周期长度采样点的位置和在每个采样点的采样数目。位功能说明如表 2 所列，其中 SAM 意义见表 3。

表 2：总线时序寄存器 0 (BTR0) 位功能说明

bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
SAM	TSEG2.2	TSEG2.1	TSEG2.0	TSEG1.3	TSEG1.2	TSEG1.1	TSEG1.0

表 3：SAM 意义说明

位	值	功能
SAM	0	三倍：总线采样三次：建议在中/低速总线（A 和 B 级）使用，有处于过滤总线上毛刺
	1	单倍：总线采样一次：建议使用在高速总线上（SAEC 级）

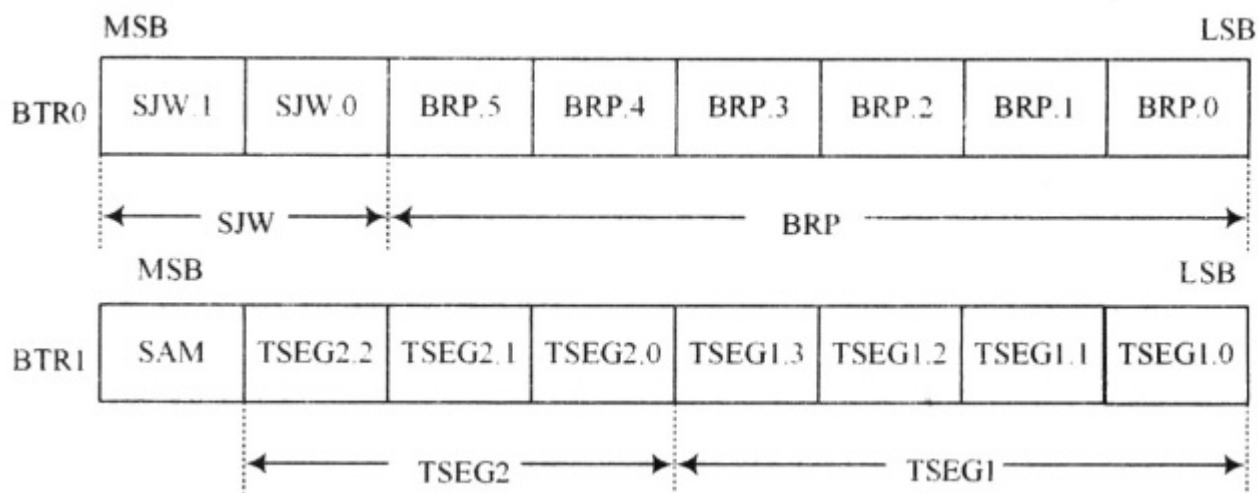


图 1 总线定时寄存器

T_{SEG1} （共 4 位，取值区间[1,16]）和 T_{SEG2} （共 3 位，取值区间[1,8]）决定了每一位时钟数目和采样点的位置。这里

$$t_{SYNC_SEG} = 1 \times T_{SCL} \quad (\text{此时间段固定}) \quad (6)$$

$$t_{TSEG1} = T_{SCL} \times (8 \times TSEG1.3 + 4 \times TSEG1.2 + 2 \times TSEG1.1 + 1 \times TSEG1.0 + 1) \quad (7)$$

$$t_{TSEG2} = T_{SCL} \times (4 \times TSEG2.2 + 2 \times TSEG2.1 + 1 \times TSEG2.0 + 1) \quad (8)$$

位周期的标量值（NBT）定义为， $SYNC_SEG$ （同步段系统时钟周期数）、 T_{SEG1} （相位缓冲段 1 系统时钟周期数）、 T_{SEG2} （相位缓冲段 2 系统时钟周期数）之和。这决定了它的取值区间为[3,25]，在 1 个取样点时，最小值一般取 4；在 3 个取样点时，最小值一般取 5。

$$NBT = T_{bit}/T_{SCL} = SYNC_SEG + T_{SEG1} + T_{SEG2} \quad (9)$$

位周期的一般结构如图 2 所示。

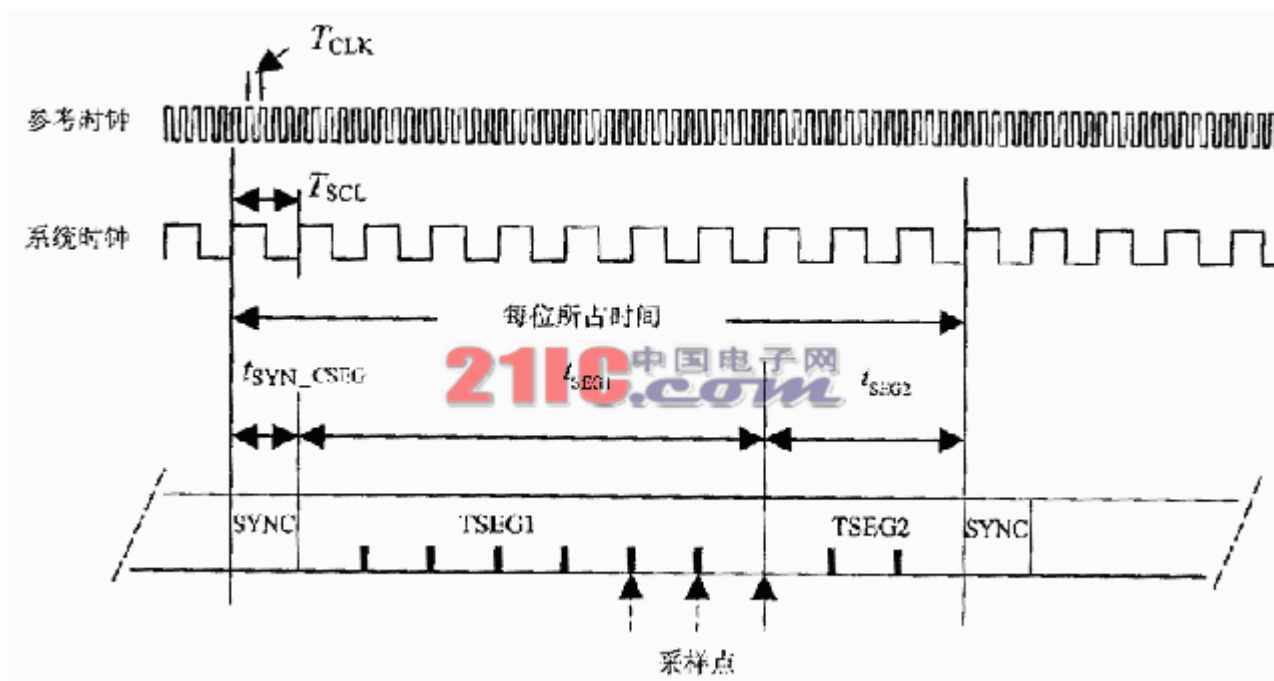


图 2 位周期结构图

3、CAN 波特率的计算

其实 CAN 的波特率计算非常简单，只是我们无意识地把简单的问题复杂化了。

假设我们先不考虑 BTR0 中的 SJW 位和 BTR1 中的 SAM 位。那么，BTR0 和 BTR1 就是 2 个分频系数寄存器；它们的乘积是一个扩展的分频系数。即：

$$BTR0 \times BTR1 = F_BASE / F_{bps} \quad (10)$$

其中：

内部频率基准源 $F_BASE = F_{clk}/2$ ，即外部晶振频率 F_{clk} 的 2 分频。注意任何应用中，当利用外部晶振作为基准源的时候，都是先经过 2 分频整形的。

(10) 式中，当晶振为 16M 时， $F_BASE = 8000K$ ，当晶振为 12M 时， $F_BASE = 6000K$ ， F_{bps} 就是我们所希望得到的 CAN 总线频率。单位为 K。

设 (10) 式中 $BTR0 = m$ ， $BTR1 = n$ ，外部晶振 16M，则有：

$$m \times n = 8000 / F_{bps} \quad (11)$$

这样，当 F_{bps} 取我们希望的值时，就会得到一个 $m \times n$ 的组合值。当 n 选定， m 值也唯一。

n 值 CAN 规范中规定 8~25。（也就是 BTR1 的值）基本原则为： F_{bps} 值越高时，选取 n （通过设置 BTR1）值越大。其原因不难理解。

我假定一般应用中选取 $n=10$ ，也就是：

$$\text{同步段} + \text{相位缓冲段 1} + \text{相位缓冲段 2} = 1 + 5 + 4$$

则(11)式简化为

$$m = 800 / F_{\text{bps}}$$

m 的最大设置值为 64，SJA1000 最大分频系数 $m \times n = 64 \times 25 = 1600$ 。因此标准算法中通常以 16M 晶振为例。其实有了公式（10），任何晶振值（6M~24M）都很容易计算。

SAM 的确定：低频时，选 $SAM=1$ ，即采样 3 次。高频 100K 以上时，取 $SAM=0$ ，即采样 1 次。

SJA 重同步跳宽选取：与数字锁相环技术有关。 n 值选得大时，SJA 可以选得大，即一次可以修正多个脉冲份额 T_{scl} 。 n 值小或频率低时，选 $SJA=1$ 。即 BTR0.7 和 BTR0.6 都设为 0。

4、附表：常用波特率与总线时序寄存器设置对照表

CAN波特率	Timing0(BTR0)	Timing1(BTR1)
10 Kbps	0x31	0x1C
20 Kbps	0x18	0x1C
40 Kbps	0x87	0xFF
50 Kbps	0x09	0x1C
80 Kbps	0x83	0xFF
100 Kbps	0x04	0x1C
125 Kbps	0x03	0x1C
200 Kbps	0x81	0xFA
250 Kbps	0x01	0x1C
400 Kbps	0x80	0xFA
500 Kbps	0x00	0x1C
666 Kbps	0x80	0xB6
800 Kbps	0x00	0x16
1000 Kbps	0x00	0x14

CAN波特率	Timing0(BTR0)	Timing1(BTR1)
33.33 Kbps	0x09	0x6F
66.66 Kbps	0x04	0x6F
83.33 Kbps	0x03	0x6F