

ADXL202占空比输出的应用

作者: Harvey Weinberg

加速度输出的计算

ADXL202的加速度可用以下公式计算:

$$\text{Acceleration (in g)} = \frac{\text{Duty Cycle} - \text{Duty Cycle at } 0 \text{ g}}{\text{Duty Cycle per g}}$$

如数据手册所述, ADXL202的标称占空比输出为50%在0 g的时候; 占空比在每个g的变化为12.5%。故, 根据占空比计算加速度有:

$$\text{Acceleration (in g)} = \frac{(T1/T2) - 50\%}{12.5\%}$$

如果ADXL202的0 g占空比输出不是50%, 和/或占空比变化大于或小于12.5%/g, 则加速度计算结果将不准确。实际上, ADXL202的0 g输出和灵敏度随器件的不同而变化(有关详情, 请参阅数据手册)。因此, 以上公式只能用于低精度测量。对于更高精度的测量, 必须使用实际偏移和比例值进行替换。

另外, 对于ADXL202而言, 依据该公式算出的结果为±2范围内的一数值。一般而言, 对于小型微控制器, 计算中使用实数非常不便, 因为必须进行浮点数学运算才能得到有意义的结果。本应用笔记将讨论一种基于定点数学运算的小型微控制器首选加速度计算方法, 以及用于找到实际偏移值和比例值的两种简单校准法。

本应用笔记将简要介绍占空比输出的解码方法、从占空比到加速度(或倾角)的转换法以及ADXL202的校准法。这些方法均经过调整, 以适合具有有限计算能力的8位微控制器。

输出解码

占空比输出最直接的解码法如图1所示。在X输出的上升沿启动一个计数器($T_a = 0$)。记录下降沿的计数结果(T_b), 定时器在X输出(T_c)的下一个上升沿停止。然后对Y输出(T_d 、 T_e 和 T_f)重复这一过程。

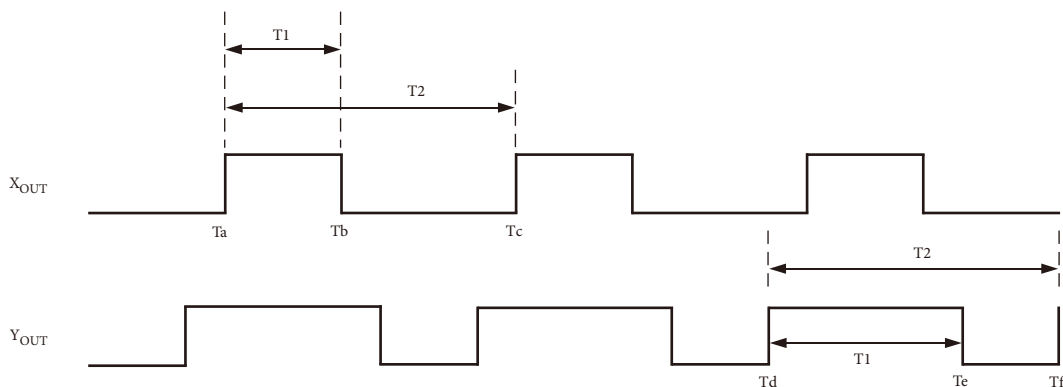


图1 ADXL202基本解码技术

尽管这种技术非常易于理解，但每三个周期(即 $3 \times T_2$)才能从两个轴获得一个加速度样本，因为在 T_f 之后必须等到 X_{OUT} 的下一个上升沿。

注意， T_2 虽然标称为常量，但会随温度而变化且含有一定的抖动。对于分辨率无须高于100 mg的系统， T_2 可以只测量一次。对于更加精确的测量，则应多次测量 T_2 并取其平均值。此平均值应是定期更新的，说明 T_2 是随温度发生的漂移。

改进型PWM解码方案

由于占空比调制器(DCM)对X通道和Y通道均采用相同的三角波基准电压，因此各周期 T_1 的中点必须重合。这种方案如图2所示。其中，尽管X和Y占空比输出不同，但 T_1 的各中点均已同步。因而，改进型PWM解码技术可用于加快数据采集时间。图2显示了事件序列。在X输出的上升沿启动一个计数器($T_a = 0$)。记录X输出下降沿的计数结果(T_b)。然后记录Y输出上升沿和下降沿的计数结果(T_c 和 T_d)。关于这种校准法的流程图如图3所示。

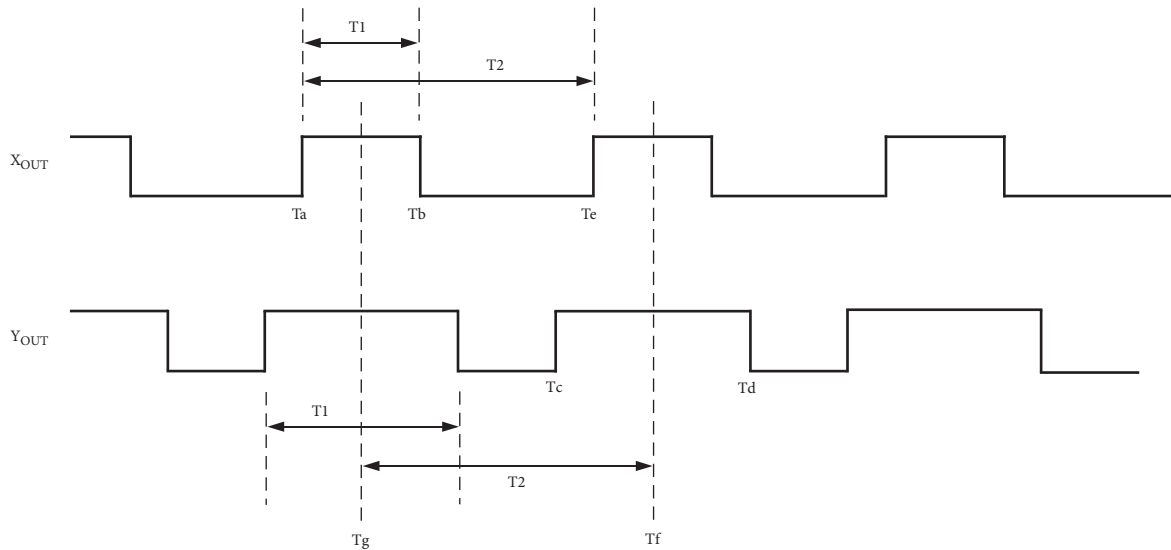


图2 ADXL202高速解码技术

根据定义： $T1_x = T_b - T_a = T_b$ (若 T_a 时计数器为0)

$$T1_y = T_d - T_c$$

$$T2_x = T2_y = T_e - T_a = T_g - T_f$$

由于X和Y占空比信号的高状态中点相重合：

$$T2 = [T_d - ((T_d - T_c)/2)] - [(T_b - T_a)/2]$$

$$T2 = [T_d - ((T_d - T_c)/2)] - [T_b/2](\text{若 } T_a \text{ 时计数器为0})$$

这种解码系统的优势在于：

1. 每两个 T_2 周期即可从两个轴获得一个加速度样本。
2. X信号和Y信号的 T_2 都只需要计算一次。

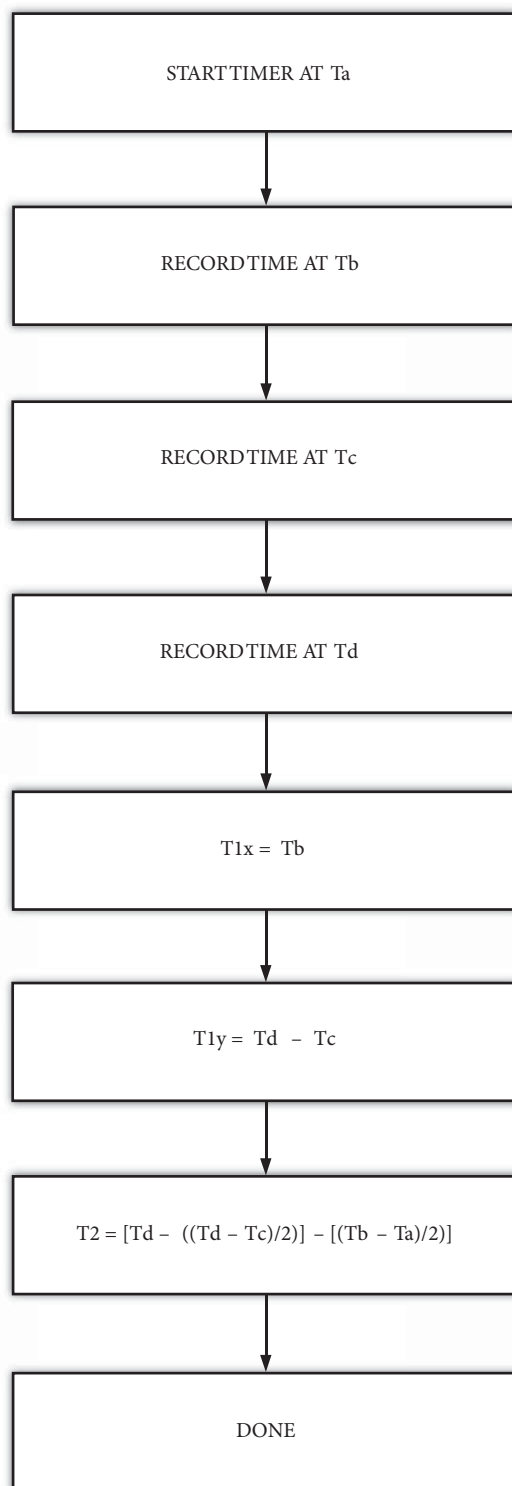


图3 ADXL202高速解码技术流程图

ADXL202的校准

对ADXL202进行校准的最简单方法莫过于以地球重力为基准输入。如果应用不要求高精度，则可使用一种“快速校准”技术。我们在此假定，加速度计的灵敏度为12.5%占空比/g(典型规格)。可通过一个数字输入来告诉微控制器，当前处于校准模式。在校准模式下，加速度计必须水平放置，使X轴和Y轴都与地球保持水平，以使两个轴的加速度为0 g。

当微控制器被告知进行校准时，微控制器将从各个轴读取加速度计的占空比输出(T1)和周期(T2)。为提高精度，可能要多次读取T1和T2并求出平均值。这些值作为校准常数保存起来，供校准后计算加速度时使用。同时还需计算用于将加速度输出换算为n位字的比例因子(K)。各个轴的校准常数为：

1. $T2_{cal}$ = T2在校准过程中的值(来自微控制器计数器) $T2_{cal}$ 必须保存起来，因为T2的值会随温度而漂移且存在抖动。
2. $Z2_{cal}$ = T1在校准过程中的值(来自微控制器计数器)
3. 位比例因子。选择位比例因子以确定加速度计算的分辨率(单位：位)。
4. $K = [4 \times (T2_{cal} \times \text{位比例因子}) / T2_{cal}]$
注意，如果两个轴选择相同的位比例因子，则两个轴的K值只需计算一次。

位比例因子由所需结果的大小(单位：位)决定。比如，如果所需结果为 $\pm 1 \text{ g} = \pm 128$ 次(结果为一个8位数)，则比例因子为256。如果所需结果为 $\pm 1 \text{ g} = \pm 90$ 次(约合 $1^\circ/\text{次}$)，则比例因子为180。

根据占空比计算加速度

求出校准常数后，只需通过两个公式即可求出加速度。这两个公式为：

$$Z_{actual} = \frac{Z_{cal} \times T2_{actual}}{T2_{cal}}$$

其中， $T2_{actual}$ 为T2的当前测量值。该公式针对漂移或抖动导致T2值发生的变化对0 g值进行修正。

$$Acceleration = \frac{K \times (T1 - Z_{actual})}{T2_{actual}}$$

注意，所有运算均为定点运算，因此任何微控制器均可轻松、快速执行。

必须小心保持运算的正确顺序，以使分辨率保持不变。设计软件时，务必谨慎行事，使数学运算保持正确的顺序，以避免丢失大量数据位。一般来说，依次执行加法、乘法、减法和除法。多数应用需要使用双精度和三精度定点算法(16位和24位)。对于多字节定点算法，微控制器制造商发行的应用笔记中有着全面的描述。

ADXL202高精度校准法

器件间存在灵敏度差异(即占空比%/g)属于正常现象, 如果未予以考虑, 则会导致小小的误差。如果应用要求高精度测量, 建议使用下文描述的旋转校准法。

放好ADXL202, 使Z轴保持水平, 然后将ADXL202至少旋转360°。这时, ADXL202 X轴和Y轴中的加速度将为±1 g。旋转时必须缓慢进行, 以将离心加速度的影响降至最低。

必须保留以下各项校准数据, 供校准后计算加速度时使用。

1. $T2_{cal}$ 。即 $T2$ 在校准过程中的值。
2. Z_{cal} 。即校准时 $T1$ 的0 g值。其计算公式为:

$$Z_{cal} = \frac{T1_{max} - T1_{min}}{2}$$

3. 位比例因子。选择位比例因子以确定加速度计算的分辨率(单位: 位)。
4. K 。其中 K 为比例因子。 K 可通过以下公式求得:

$$K = \frac{T2_{cal} \times \text{bit scale factor}}{T1_{max} - T1_{min}}$$

此处所用位比例因子与快速校准法中所述相同。

分母中的器件间灵敏度差异经过校正, 其方法是计算在加速度为2 g(±1 g来自重力)时的实际占空比输出。

图4所示即为一种校准算法的流程图。通过一个数字输入来告诉微控制器, 当前处于校准模式。

加速度的计算如上所示。即:

$$\text{Acceleration} = \frac{K \times (T1 - Z_{actual})}{T2_{actual}}$$

其中:

$$Z_{actual} = \frac{Z_{cal} \times T2_{actual}}{T2_{cal}}$$

为了获得最高精度, 应求出多个 $T2$ 读数的平均值, 以减少 $T2$ 抖动导致的误差。流程图(图4)不包括该运算。至于应用中到底需要多少个 $T2$ 平均样本, 这还需由用户决定。一般情况下, 对于1 mg或更高分辨率的系统, 4到8个 $T2$ 平均样本就够了。

校准算法

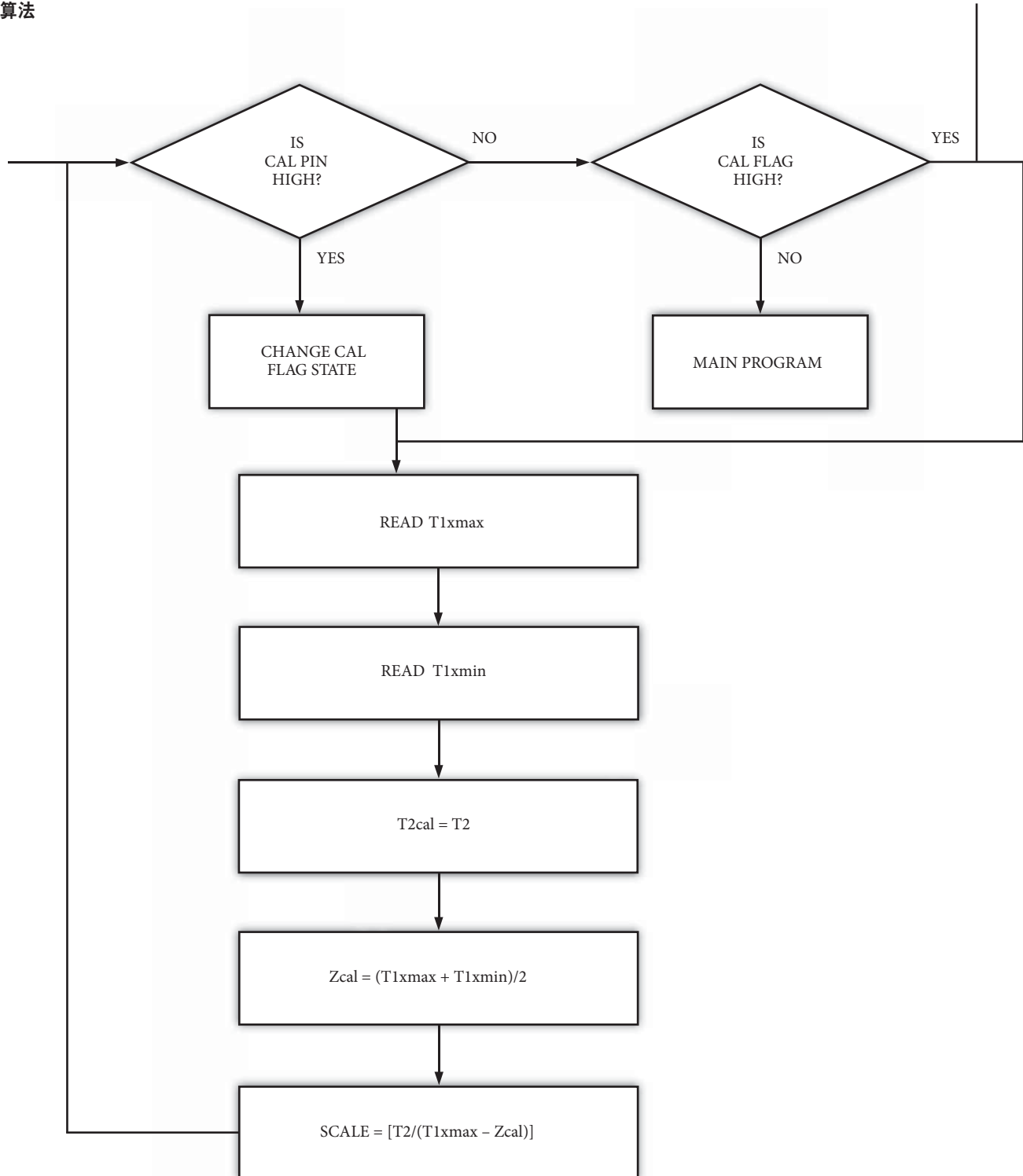


图4 ADXL202校准算法流程图

