

用 STC8A8K64D4 系列的 15 位增强型 PWM 输出 2 路互补 SPWM

日 期：2023-3-5

版 本：V1.0

SPWM 是使用 PWM 来获得正弦波输出效果的一种技术，在交流驱动或变频领域应用广泛。

SPWM 知识是一个专门的学科，不了解的用户可以自己上网搜索相关的知识，本文档不做说明（要说明得比较大篇幅，各种图文说明等等），默认用户已掌握。

STC 公司的 STC8A8K64D4 系列 MCU 内带 8 通道 15 位增强型 PWM，8 路 PWM 周期（频率）相同，输出的占空比独立可调，每个通道输出高低电平时刻可以独立、随意设置，并且输出始终保持同步，这些特性使得输出 2 路互补 SPWM 成为可能，并且可方便设置死区时间，对于驱动半桥电路，死区时间至关重要。不过本 MCU 没有专门的死区控制寄存器，通过设置输出高低电平时刻来达到。

本程序只演示两路互补 SPWM 的例子（单相），如需要三相 SPWM，则相同方法设置另外 4 路 PWM，相位差为 120 度即可。

SPWM 产生原理如图 1，PWMnT2 设置输出高电平时刻，PWMnT1 设置输出低电平时刻。

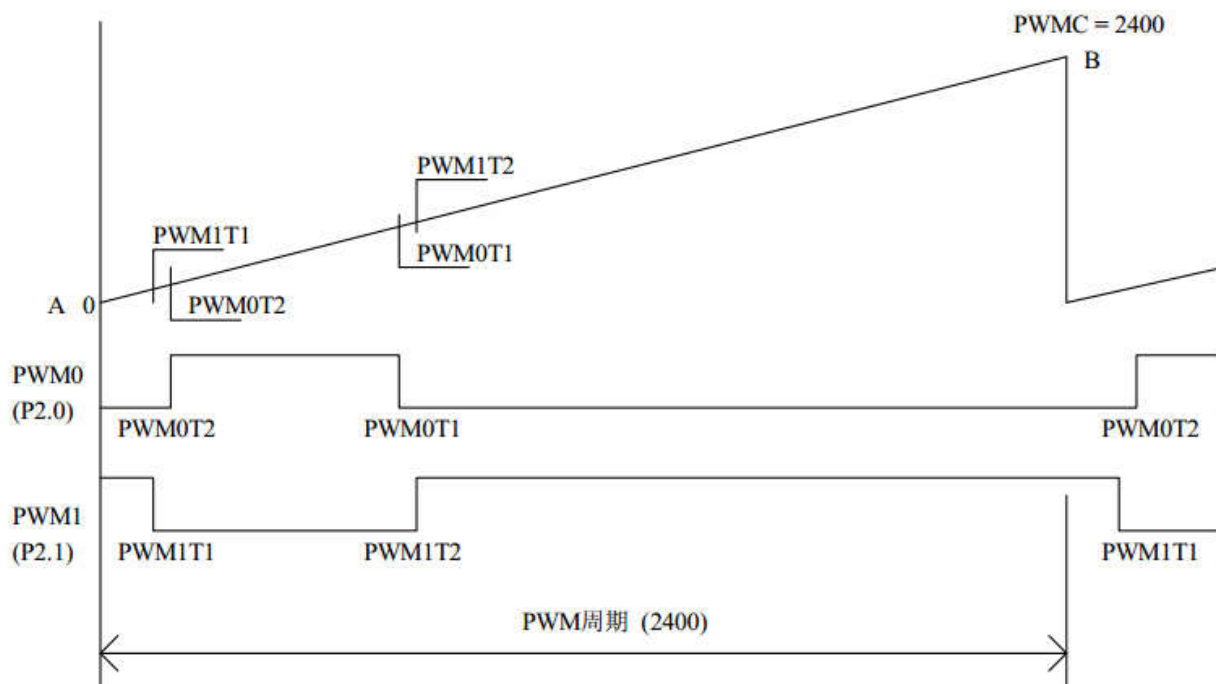


图1: 双路SPWM输出原理示意图

内部 15 位的 PWM 计数器一旦运行，就会从 0 开始在每个 PWM 时钟到来时加 1，其值线性上升，当计数到与 15 位的周期设置寄存器 PWMC 相等时（图中斜线 A 到 B），内部 PWM 计数器归 0，并产生中断，称为“归 0 中断”。本例周期设置为 2400，内部计数器计到 2400 就归 0，即到 2399，下一个时钟就归 0。

8 路 PWM (PWM0~PWM7) 每路的结构一样，每路都包含一个 15 位的输出高电平的时刻设置寄存器 PWMnT2 和输出低电平的时刻设置寄存器 PWMnT1，本例使用 PWM0 和 PWM1，对应 PWM0T2、PWM0T1 和 PWM0T2、PWM0T1。当内部计数器的值与某个时刻寄存器的值相等时，就对对应的 IO 输出高或低。

本例中，主频 24MHz，PWM 时钟为 1T，PWM0 从 P2.0 输出，PWM1 从 P2.1 输出。假设 $PWM0T2=50$ ， $PWM0T1=800$ ， $PWM1T1=38$ ， $PWM1T2=812$ ，则，当内部 PWM 计数器计到 $PWMC=PWM1T1=38$ 时，P2.1 由高输出低，当 $PWMC=PWM0T2=50$ 时，P2.0 由低输出高，当 $PWMC=PWM0T1=800$ 时，P2.0 由高输出低，当 $PWMC=PWM0T2=812$ 时，P2.1 由低输出高。

从图中看到，两路输出是互补的，用于驱动一些 MOSFET 的半桥驱动 IC。细心的读者可以看到，这两路 PWM 的翻转时刻有一点差别，相差 12 个时钟，为什么要这样设计呢？这就是传说中的死区时间。为了方便说明，把这两路 PWM 放大如图 2（时间不按比例）：



P2.0 输出低电平后，再过 12 个时钟（在 24MHz 时，对应 0.5us），P2.1 输出高电平。

P2.0 输出低电平后，再过 12 个时钟（在 24MHz 时，对应 0.5us），P2.1 输出高电平。

这个 12 个时钟就是死区时间，本例主频 24MHz，PWM 时钟为 1T 模式，死区时间对应 0.5us。假设 P2.0 驱动的是半桥的下臂，P2.1 驱动的是上臂，则 P2.1 输出低电平后，上臂开始关闭，经过 0.5us，上臂关闭完毕，P2.0 输出高电平，下臂打开。P2.0 输出低电平后，下臂开始关闭，经过 0.5us，下臂关闭完毕，P2.1 输出高电平，上臂打开。这样，死区时间的设置，可以避免上下臂同时打开造成烧毁 MOSFET。

有人会说，一路输出关闭的同时，另一路打开，不会烧管子啊？

错啦，MOSFET 打开、关闭都需要时间（相关知识请翻翻书），所以需要一段时间关闭。

如何选取死区时间？这个要根据 MOSFET 的输入电容、驱动电流而定，可以先设置比较大的死区，用示波器观察 MOSFET 栅极放电时间，此即为死区时间，即一个 MOSFET 已经截止，另一才开始导通。

P2.0 或 P2.1 如果直接用示波器观察，会看到非常凌乱的波形，因为 PWM 一直在变化，但是通过 RC（10K+0.1uF）低通滤波再观察的话，就会看到两个反相的正弦波了，神奇吧，呵呵！

本例使用 24MHz 时钟，PWM 时钟为 1T 模式，PWM 周期 2400，正弦表幅度为 1150，中点为 1200，正弦采样为 200 点，则输出正弦波频率 = $24000000/2400/200=50\text{HZ}$ 。

下面为实际测量的波形。

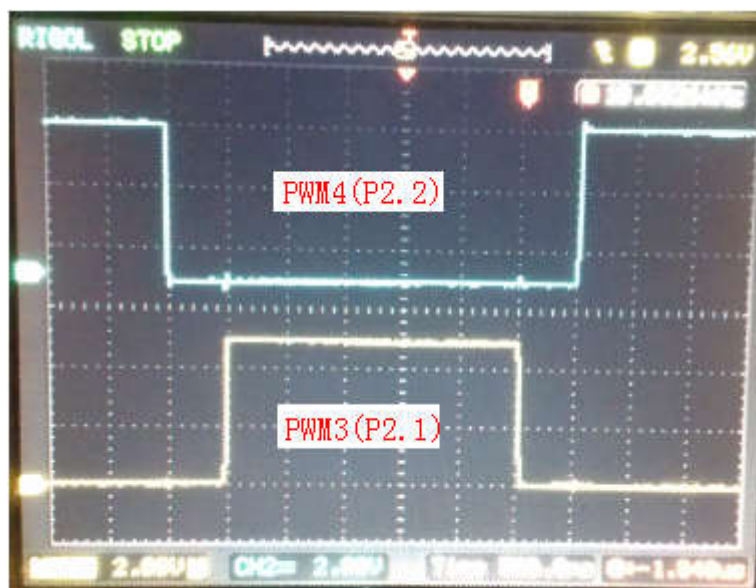


图3: 某个时刻PWM波形, 2V/DIV, 500ns/DIV



图4: 经过RC滤波后两路反相的正弦波50.001HZ

程序请参考例程。

文档完毕。