

# 使用 AVR 定时/计数器的 PWM 功能设计要点

作者：马潮老师 / 整理：armok / 2005-01-17/ www.OurAVR.com

取自《M128》上。供参考。

## 一、定时/计数器 PWM 设计要点

根据 PWM 的特点，在使用 ATmega128 的定时/计数器设计输出 PWM 时应注意以下几点：

1. 首先应根据实际的情况，确定需要输出的 PWM 频率范围，这个频率与控制的对象有关。如输出 PWM 波用于控制灯的亮度，由于人眼不能分辨 42Hz 以上的频率，所以 PWM 的频率应高于 42Hz，否则人眼会察觉到灯的闪烁。

2. 然后根据需要 PWM 的频率范围确定 ATmega128 定时/计数器的 PWM 工作方式。AVR 定时/计数器的 PWM 模式可以分成快速 PWM 和频率（相位）调整 PWM 两大类。

3. 快速 PWM 可以输出到比较高频率的 PWM 输出，但占空比的调节精度稍微差一些。此时计数器仅工作在单程正向计数方式，计数器的上限值决定 PWM 的频率，而比较匹配寄存器的值决定了占空比的大小。PWM 频率的计算公式为：

PWM 频率 = 系统时钟频率 / (分频系数 \* (1 + 计数器上限值))

4. 快速 PWM 模式适合要求输出 PWM 频率较高，但频率固定，占空比调节精度要求不高的应用。

5. 频率（相位）调整 PWM 模式的占空比调节精度高，但输出频率比较低，因为此时计数器工作在双向计数方式。同样计数器的上限值决定了 PWM 的频率，比较匹配寄存器的值决定了占空比的大小。PWM 频率的计算公式为：

PWM 频率 = 系统时钟频率 / (分频系数 \* 2 \* 计数器上限值)

6. 相位调整 PWM 模式适合要求输出 PWM 频率较低，但频率固定，占空比调节精度要求高的应用。当调整占空比时，PWM 的相位也相应的跟着变化（Phase Correct）。

7. 频率和相位调整 PWM 模式适合要求输出 PWM 频率较低，输出频率需要变化，占空比调节精度要求高的应用。此时应注意：不仅调整占空比时，PWM 的相位会相应的跟着变化；而一旦改变计数器上限值，即改变 PWM 的输出频率时，会使 PWM 的占空比和相位都相应的跟着变化（Phase and Frequency Correct）。

8. 在 PWM 方式中，计数器的上限值有固定的 0xFF（8 位 T/C）；0xFF、0x1FF、0x3FF（16 位 T/C）。或由用户设定的 0x0000-0xFFFF，设定值在 16 位 T/C 的 ICP 或 OCRA 寄存器中。而比较匹配寄存器的值与计数器上限值之比即为占空比。

## 二、PWM 应用设计参考

下面给出一个设计示例，在示例中使用 PWM 方式来产生一个 1KHz 左右的正弦波，幅度为 0-Vcc/2。

首先按照下面的公式建立一个正弦波样本表，样本表将一个正弦波周期分为 128 个点，每点按 7 位量化（127 对应最高幅值 Vcc/2）：

$$f(x) = 64 + 63 * \sin(2\pi x / 180) \quad x \in [0 \dots 127]$$

<http://www.BDTIC.com/Tech>

如果在一个正弦波周期中采用 128 个样点，那么对应 1KHz 的正弦波 PWM 的频率为 128KHz。实际上，按照采样频率至少为信号频率的 2 倍的取样定理来计算，PWM 的频率的理论值为 2KHz 即可。考虑尽量提高 PWM 的输出精度，实际设计使用 PWM 的频率为 16KHz，即一个正弦波周期（1KHz）中输出 16 个正弦波样本值。这意味着在 128 点的正弦波样本表中，每隔 8 点取出一点作为 PWM 的输出。

程序中使用 ATmega128 的 8 位 T/C0，工作模式为相位调整 PWM 模式输出，系统时钟为 8MHz，分频系数为 1，其可以产生最高 PWM 频率为： $8000000\text{Hz} / 510 = 15686\text{Hz}$ 。每 16 次输出构成一个周期正弦波，正弦波的频率为 980.4Hz。PWM 由 OC0（PB4）引脚输出。参考程序如下（ICCAVR）。

```
//ICC-AVR application builder : 2004-08
// Target : M128
// Crystal: 8.0000Mhz

#include <iom128v.h>
#include <macros.h>

#pragma data:code
// 128 点正弦波样本表
const unsigned char auc_SinParam[128] = {
64,67,70,73,76,79,82,85,88,91,94,96,99,102,104,106,109,111,113,115,117,118,120,121,
123,124,125,126,126,127,127,127,127,127,127,126,126,125,124,123,121,120,118,
117,115,113,111,109,106,104,102,99,96,94,91,88,85,82,79,76,73,70,67,64,60,57,54,51,48,
45,42,39,36,33,31,28,25,23,21,18,16,14,12,10,9,7,6,4,3,2,1,1,0,0,0,0,0,0,1,1,2,3,4,6,
7,9,10,12,14,16,18,21,23,25,28,31,33,36,39,42,45,48,51,54,57,60};
#pragma data:data

unsigned char x_SW = 8; X_LUT = 0;

#pragma interrupt_handler timer0_ovf_isr:17
void timer0_ovf_isr(void)
{
    X_LUT += x_SW; // 新样点指针
    if(X_LUT > 127) X_LUT -= 128; // 样点指针调整
    OCR0 = auc_SinParam[X_LUT]; // 取样点指针到比较匹配寄存器
}

void main(void)
{
    DDRB |= 0x10; // PB4(OC0)输出
    TCCR0 = 0x71; // 相位调整 PWM 模式，分频系数=1，正向控制 OC0
    TIMSK = 0x01; // T/C0 溢出中断允许
    SEI(); // 使能全局中断
    while(1)
    {.....};
}
```

<http://www.BDTIC.com/Tech>

每次计数器溢出中断的服务中取出一个正弦波的样点值到比较匹配寄存器中，用于调整下一个 PWM 的脉冲宽度，这样在 PB4 引脚上输出了按正弦波调制的 PWM 方波。当 PB4 的输出通过一个低通滤波器后，便得到一个 980.4Hz 的正弦波了。如要得到更精确的 1KHz 的正弦波，可使用定时/计数器 T/C1，选择工作模式 10，设置 ICR1=250 为计数器的上限值。

在 ATMEL 公司网站上，给出了使用一个定时/计数器实现双音频拨号的应用设计参考（AVR314.pdf），读者可以从中学习到如何更好设计和使用 PWM 的功能。

[原文出处：OurAVR.com 技术论坛，欢迎参加讨论](#)

<http://www.BDTIC.com/Tech>