三相正弦波

NuMicro® 8 位 8051 系列微控制器范例代码介绍

文件信息

代码简述	使用 MS51 的 PWM 通道 0 (P1.2)、通道 1 (P1.1)和通道 2 (P1.0)，产生 60 Hz 的三相正弦波，用于相关应用。
BSP 版本	MS51_Series_BSP_Keil_V1.00.002
开发平台	NuTiny-MS51FB V1.1

1 功能介绍

1.1 简介

范例程序使用MS51的PWM通道0 (P1.2)、通道1 (P1.1)和通道2 (P1.0)，产生60 Hz的三相正弦波，用于如马达控制等相关应用。为了产生高解析的正弦波，将单一正弦波分成360点。并基于正弦数值以及PWM周期值，各点有不同的PWM占空比数值。然后PWM会依照正弦波的频率，根据各点的数值改变占空比的数值。藉由使用外部RC滤波器，PWM输出将形成平滑的正弦波。

1.2 原理

为了获得360点的PWM占空比数值，范例程序使用各点的正弦数值和PWM周期值相乘。这些数值会形成查找表数组，供PWM要改变占空比时使用。由于正弦数值的范围在-1到1之间，因此需要加上偏移植1，将正弦值移到0和2之间。接着除以2，让正弦值最后压缩在0到1之间。为了使三个PWM通道输出有120度偏移，PWM通道0从第1点开始，PWM通道1从第121点开始，PWM通道2从第241点开始。

范例程序同时使用Timer0，并且使能Timer0中断，用来改变PWM的占空比数值。Timer0使用模式2，使Timer0能够自动重载Timer数值，达到周期中断。

Timer0的超时周期计算公式，如下所示：

$$\text{超時週期} = \frac{\text{0xFF - TIMER0\_Value}}{\text{时钟源频率}} = \frac{1}{\text{正弦波频率} * \text{正弦波分辨率}}$$

根据计算公式，当时钟源频率为16 MHz除以12，正弦波频率为60 Hz，并且正弦波分辨率为360时，TIMER0_Value的值将会是0xC2。

藉由使用高频率PWM以及外部RC滤波器，输出的正弦波会更平滑。

PWM频率的计算公式，如下所示：

$$\text{PWM频率} = \frac{\text{Fsys}}{\text{PWM\_Period}}$$

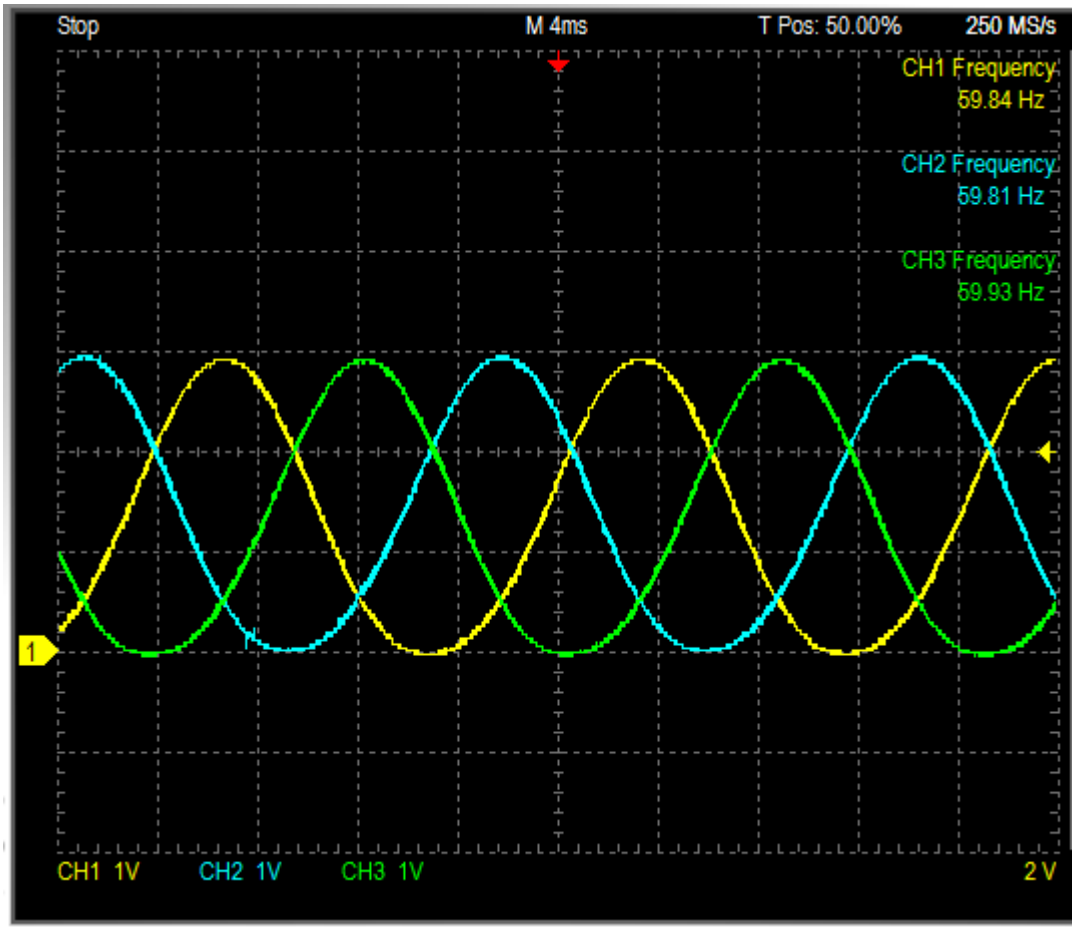
根据计算公式，当Fsys为16 MHz，并且PWM频率为20 kHz时，PWM_Period的值将会是800。用户需要对每个PWM通道输出，使用100 Ω电阻以及4.7 μF电容，作为外部RC滤波器。

1.3 执行结果

范例程序使用MS51的PWM通道0 (P1.2)、通道1 (P1.1)和通道2 (P1.0)，产生60 Hz的三相正弦

波。

波形图如下所示，其中CH1是PWM通道0、CH2是PWM通道1、CH3是PWM通道2：



2 代码介绍

基于正弦数值以及PWM周期值，计算PWM占空比数值的查找表。

```
    /* Create sine table for lookup */
    for (i = 0; i < 360; i++)
        /* Add 1.0 to offset sine result from [-1, 1] to [0, 2],
        and divide with 2.0 to compress to [0, 1] */
        g_au16Sine[i] = ((sin((i * Pi_Value) / 180.0) + 1.0) / 2.0) * PWM_Period;
```

设定Timer0以及始能中断，以改变PWM占空比数值。

```
    /* Enable Timer0 Mode 2 (8-bit Timer Auto-reload) */
    TIMER0_MODE2_ENABLE;
    TIMER0_FSYS_DIV12;
    /* Set Timer0 counter value */
    TH0 = TL0 = TIMER0_VALUE;
    /* Enable Timer0 interrupt */
    ENABLE_TIMER0_INTERRUPT;
    /* Enable Global Interrupt */
    ENABLE_GLOBAL_INTERRUPT;
```

设定PWM信道0、信道1和信道2输出，并且设定PWM频率为20 kHz。此外，设定PWM通道0从第1点开始，PWM通道1从第121点开始，PWM通道2从第241点开始。

```
UINT16 data g_u16Sine_Count_u = 0;
UINT16 data g_u16Sine_Count_v = 120;
UINT16 data g_u16Sine_Count_w = 240;

    /* Set GPIO P1.2, P1.1 and P1.0 as Push-pull mode */
    P12_PUSHPULL_MODE;
    P11_PUSHPULL_MODE;
    P10_PUSHPULL_MODE;
    /* Enable PWM Channel 0, Channel 1 and Channel 2 output */
    PWM0_P12_OUTPUT_ENABLE;
    PWM1_P11_OUTPUT_ENABLE;
    PWM2_P10_OUTPUT_ENABLE;
    /* Set PWM as independent mode */
    PWM_IMDEPENDENT_MODE;
    /* Set PWM Period */
    PWMPH = HIBYTE(PWM_Period);
    PWMPL = LOBYTE(PWM_Period);
    /* Set PWM Channel 0 Duty */
```

```
    PWM0H = HIBYTE(g_au16Sine[g_u16Sine_Count_u]);
    PWM0L = LOBYTE(g_au16Sine[g_u16Sine_Count_u]);
    /* Set PWM Channel 1 Duty */
    PWM1H = HIBYTE(g_au16Sine[g_u16Sine_Count_v]);
    PWM1L = LOBYTE(g_au16Sine[g_u16Sine_Count_v]);
    /* Set PWM Channel 2 Duty */
    PWM2H = HIBYTE(g_au16Sine[g_u16Sine_Count_w]);
    PWM2L = LOBYTE(g_au16Sine[g_u16Sine_Count_w]);
    /* Load PWM setting */
    set_PWMCON0_LOAD;
```

开始Timer0和PWM。

```
    /* Start Timer0 */
    set_TCON_TR0;
    /* Start PWM */
    set_PWMCON0_PWMRUN;
```

在Timer0中断处理中，改变PWM的占空比数值，以及将指标移往下一个数值。如果指标等于360，则重新归零。然后再次开始PWM。

```
void Timer0_ISR(void) interrupt 1
{
    /* Set PWM new setting according to sine phase from lookup table */
    PWM0H = HIBYTE(g_au16Sine[g_u16Sine_Count_u]);
    PWM0L = LOBYTE(g_au16Sine[g_u16Sine_Count_u]);
    PWM1H = HIBYTE(g_au16Sine[g_u16Sine_Count_v]);
    PWM1L = LOBYTE(g_au16Sine[g_u16Sine_Count_v]);
    PWM2H = HIBYTE(g_au16Sine[g_u16Sine_Count_w]);
    PWM2L = LOBYTE(g_au16Sine[g_u16Sine_Count_w]);

    /* Add sine array pointer */
    g_u16Sine_Count_u++;
    g_u16Sine_Count_v++;
    g_u16Sine_Count_w++;

    /* Reset sine array pointer */
    if (g_u16Sine_Count_u == 360)
        g_u16Sine_Count_u = 0;

    if (g_u16Sine_Count_v == 360)
        g_u16Sine_Count_v = 0;
```

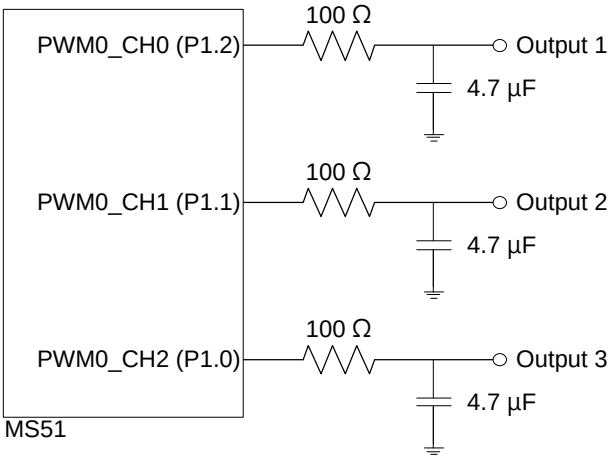
```
    if (g_u16Sine_Count_w == 360)
        g_u16Sine_Count_w = 0;

    /* Load PWM new setting and start PWM */
    set_PWMCON0_LOAD;
    set_PWMCON0_PWMRUN;
}
```

3 软件与硬件环境

- 软件环境
  - BSP 版本
    - MS51 Series BSP Keil V1.00.002
  - IDE 版本
    - Keil C51 V9.55
- 硬件环境
  - 电路组件
    - NuTiny-MS51FB V1.1
  - 示意图

MS51使用PWM通道0 (P1.2)、通道1 (P1.1)和通道2 (P1.0)，产生60 Hz的三相正弦波。每个PWM通道输出，也需要使用100 Ω电阻以及4.7 μF电容，作为外部RC滤波器。



4 目录信息

- EC_MS51_Three_Phase_Sine_Wave_V1.00
  - Library — Sample code header and source files
    - Device — Device associated header file
    - Startup — Startup code for classic 8051 devices
    - StdDriver — All peripheral driver header and source files
  - SampleCode
    - ExampleCode — Source file of example code

5 如何执行范例程序

1. 根据目录信息章节进入 ExampleCode 路径中的 KEIL 文件夹，双击 MS51_Three_Phase_Sin_Wave.uvproj。
2. 进入编译模式接口
   a. 编译
   b. 下载代码至内存
   c. 进入 / 离开除错模式
3. 进入除错模式接口
   a. 执行代码

6 修订纪录

Date	Revision	Description
Oct 24, 2019	1.00	1. 初始发布.

Important Notice

Nuvoton Products are neither intended nor warranted for usage in systems or equipment, any malfunction or failure of which may cause loss of human life, bodily injury or severe property damage. Such applications are deemed, "Insecure Usage".

Insecure usage includes, but is not limited to: equipment for surgical implementation, atomic energy control instruments, airplane or spaceship instruments, the control or operation of dynamic, brake or safety systems designed for vehicular use, traffic signal instruments, all types of safety devices, and other applications intended to support or sustain life.

All Insecure Usage shall be made at customer's risk, and in the event that third parties lay claims to Nuvoton as a result of customer's Insecure Usage, customer shall indemnify the damages and liabilities thus incurred by Nuvoton.