三相正弦波

NuMicro® 8 位元 8051 系列微控制器範例代碼介紹

文件資訊

代碼簡述	使用 MS51 的 PWM 通道 0 (P1.2)、通道 1 (P1.1)和通道 2 (P1.0)，產生 60 Hz 的三相正弦波，用於相關應用。
BSP 版本	MS51_Series_BSP_Keil_V1.00.002
開發平台	NuTiny-MS51FB V1.1

The information described in this document is the exclusive intellectual property of Nuvoton Technology Corporation and shall not be reproduced without permission from Nuvoton.

Nuvoton is providing this document only for reference purposes of NuMicro microcontroller based system design. Nuvoton assumes no responsibility for errors or omissions.

All data and specifications are subject to change without notice.

For additional information or questions, please contact: Nuvoton Technology Corporation.

www.nuvoton.com

1 功能介紹

1.1 簡介

範例程式使用MS51的PWM通道0 (P1.2)、通道1 (P1.1)和通道2 (P1.0)，產生60 Hz的三相正弦波，用於如馬達控制等相關應用。為了產生高解析的正弦波，將單一正弦波分成360點。並基於正弦數值以及PWM週期值，各點有不同的PWM佔空比數值。然後PWM會依照正弦波的頻率，根據各點的數值改變佔空比的數值。藉由使用外部RC濾波器，PWM輸出將形成平滑的正弦波。

1.2 原理

為了獲得360點的PWM佔空比數值，範例程式使用各點的正弦數值和PWM週期值相乘。這些數值會形成查找表陣列，供PWM要改變佔空比時使用。由於正弦數值的範圍在-1到1之間，因此需要加上偏移植1，將正弦值移到0和2之間。接著除以2，讓正弦值最後壓縮在0到1之間。為了使三個PWM通道輸出有120度偏移，PWM通道0從第1點開始，PWM通道1從第121點開始，PWM通道2從第241點開始。

範例程式同時使用Timer0，並且使能Timer0中斷，用來改變PWM的佔空比數值。Timer0使用模式2，使Timer0能夠自動重載Timer數值，達到週期中斷。

Timer0的超時週期計算公式，如下所示：

$$\text{超時週期} = \frac{\text{0xFF - TIMER0\_Value}}{\text{時鐘源頻率}} = \frac{1}{\text{正弦波頻率} * \text{正弦波解析度}}$$

根據計算公式，當時鐘源頻率為16 MHz除以12，正弦波頻率為60 Hz，並且正弦波解析度為360時，TIMER0_Value的值將會是0xC2。

藉由使用高頻率PWM以及外部RC濾波器，輸出的正弦波會更平滑。

PWM頻率的計算公式，如下所示：

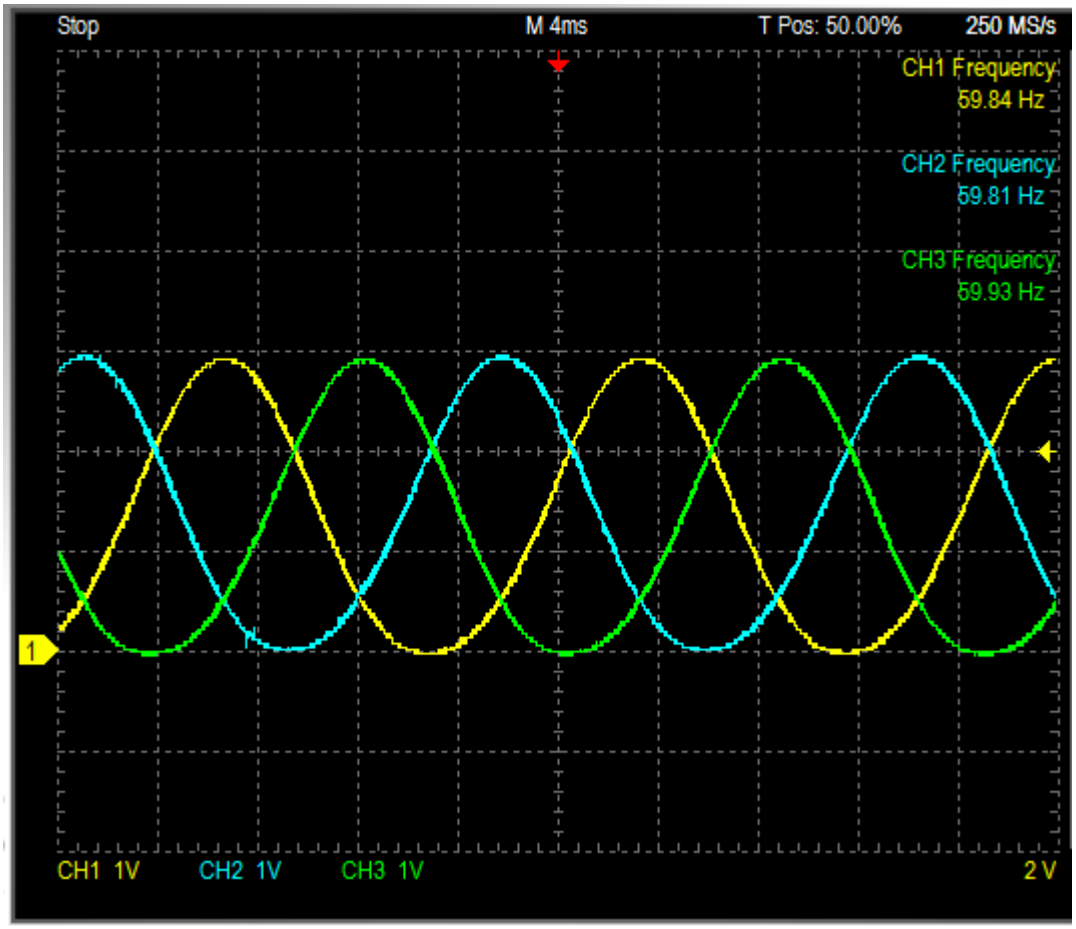
$$\text{PWM頻率} = \frac{\text{Fsys}}{\text{PWM\_Period}}$$

根據計算公式，當Fsys為16 MHz，並且PWM頻率為20 kHz時，PWM_Period的值將會是800。使用者需要對每個PWM通道輸出，使用100 Ω電阻以及4.7 μF電容，作為外部RC濾波器。

1.3 執行結果

範例程式使用MS51的PWM通道0 (P1.2)、通道1 (P1.1)和通道2 (P1.0)，產生60 Hz的三相正弦波。

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



2 代碼介紹

基於正弦數值以及PWM週期值，計算PWM佔空比數值的查找表。

```
    /* 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;
```

設定Timer0以及始能中斷，以改變PWM佔空比數值。

```
    /* 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;
```

設定PWM通道0、通道1和通道2輸出，並且設定PWM頻率為20 kHz。此外，設定PWM通道0從第1點開始，PWM通道1從第121點開始，PWM通道2從第241點開始。

```
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;
```

開始Timer0和PWM。

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

在Timer0中斷處理中，改變PWM的佔空比數值，以及將指標移往下一個數值。如果指標等於360，則重新歸零。然後再次開始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;
```

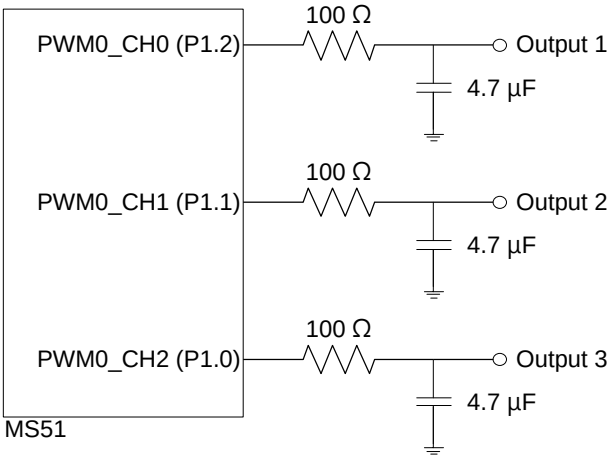
```
    if (g_u16Sine_Count_w == 360)
        g_u16Sine_Count_w = 0;

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

3 軟體與硬體環境

- **軟體環境**
  - BSP 版本
    - MS51 Series BSP Keil V1.00.002
  - IDE 版本
    - Keil C51 V9.55
- **硬體環境**
  - 電路元件
    - NuTiny-MS51FB V1.1
  - 示意圖

MS51 使用 PWM 通道 0 (P1.2)、通道 1 (P1.1)和通道 2 (P1.0)，產生 60 Hz 的三相正弦波。每個 PWM 通道輸出，也需要使用 100 Ω 電阻以及 4.7 μF 電容，作為外部 RC 濾波器。



4 目錄資訊

- 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 如何執行範例程式

1. 根據目錄資訊章節進入 ExampleCode 路徑中的 KEIL 資料夾，雙擊 MS51_Three_Phase_Sin_Wave.uvproj。
2. 進入編譯模式介面
   a. 編譯
   b. 下載代碼至記憶體
   c. 進入 / 離開除錯模式
3. 進入除錯模式介面
   a. 執行代碼

6 修訂紀錄

Date	Revision	Description
Oct 24, 2019	1.00	1. 初始發布.

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.

Please note that all data and specifications are subject to change without notice.
All the trademarks of products and companies mentioned in this datasheet belong to their respective owners.