第28卷第5期
2010年9月

西安航空技术高等专科学校学报
Journal of Xi'an Aerotechnical College

Vol.28No.5
Sept.2010

基于DSP2812的三相SPWM波形实现

王　成，苏　力，杨亚萍
（西安航空技术高等专科学校 电气工程系，陕西 西安 710077）

摘　要：针对变频技术的核心—SPWM波形的产生和控制，详细介绍了SPWM波形的产生方法，并给出了软件编程。通过以DSP芯片TMS320F2812为核心，利用规则采样法产生SPWM波形，具有速度快，精度高，实时控制能力强，易于频率变换等优点。

关键词：SPWM；规则采样法；DSP；TMS320F2812
中图分类号：TP311.1　**文献标识码**：A　**文章编号**：1008-9233(2010)05-0030-04

由于工频并不是所有用电设备的最佳工作频率，在实际应用中，为了满足各种不同电气设备不同速度等方面的工作需要，就要对频率进行调整，否则，设备将处于低效率，低功率因数的运行状态。变频控制因此成为改变此种情况的技术，而正弦脉宽调制（Sinusoidal Pulse Width Modulation 简称 SPWM）波形的产生和控制则是变频技术的核心[1]。TMS320F2812是TI公司的一款高性能定点32位数字信号处理芯片（DSP），适合于大量数据处理的测控和控制场合，易实现产生SPWM波形。

1　自然采样法

自然采样法是一种基于面积等效的能量转换形式，其基本原理如下：当正弦调制波与等幅的三角载波在时间轴上相交时，令正弦调制波的零点与三角载波的顶点同相位，所得交点为时间意义上的相位角和对应的瞬时幅值，交点间的相位区间段表示以正弦部分为有效输出的矩形脉冲。

按照SPWM控制的基本思想，在正弦波和三角波的自然交点时刻控制功率开关器件的通断，这种生成SPWM波形的方法称为自然采样法。正弦波在不同相位角时其值不同，因而与三角波相交所得到的脉冲宽度也不相同。另外当正弦波频率变化或幅值变化时，各脉冲宽度也相应变化。要准确生成SPWM波形，就应准确地计算出正弦波和三角波的交点。

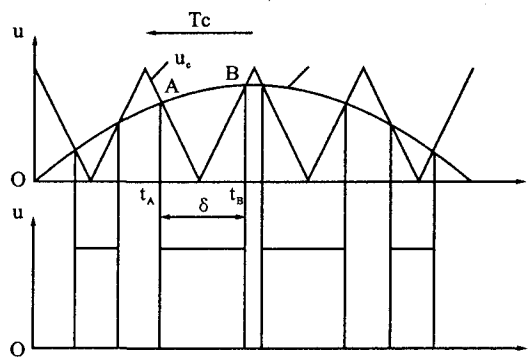

图1　SPWM波形的自然采样法

图1给出了使用自然采样法生成*SPWM*波形的方法。图中取三角波的相邻两个正峰值之间作为一个周期，为了简化计算，可设三角波峰值为1，正弦调制波为：$u_r = a\sin\omega_r t$。式中，a为调制度，$0 \leqslant a \leqslant 1$，$\omega_r$为正弦调制信号的角频率。

在同步调制方式中，如图1所示，使正弦调制波上升段的过零点和三角波下降段过零点重合，并把该时刻作为零时刻。同时，把该点所在的三角波周期

收稿日期：2010-04-12
基金项目：西安航专校级科研立项(08112)。
作者简介：王成(1977－)，男，陕西省西安市人，硕士研究生，西安航专讲师，主要从事测控技术研究。

作为正弦调制波一周期内的第一个三角波周期,则第 n 个周期的三角波方程可表示如下:

$$u_c = 1 - \frac{4}{T_C}\left[t - (n - \frac{5}{4})T_C\right]$$

$$(n - \frac{5}{4})T_C \leqslant t \leqslant (n - \frac{3}{4})T_C \tag{1}$$

或 $$u_c = -1 - \frac{4}{T_C}\left[t - (n - \frac{3}{4})T_C\right]$$

$$(n - \frac{3}{4})T_C \leqslant t \leqslant (n - \frac{1}{4})T_C \tag{2}$$

这样,正弦调制波和第 n 个周期三角波的交点时刻 t_A 和 t_B 可分别由下式求得:

$$1 - \frac{4}{T_C}\left[t_A - (n - \frac{5}{4})T_C\right] = a\sin\omega_r t_A \tag{3}$$

$$-1 + \frac{4}{T_C}\left[t_B - (n - \frac{3}{4}T_C)\right] = a\sin\omega_r t_B \tag{4}$$

给定 T_C 和 a 后,求解上面两式即可求得 t_A 和 t_B。

脉冲宽度 δ 可由下式求得:

$$\delta = t_B - t_A \tag{5}$$

式(3) 和式(4) 都是超越方程,求解时需要花费较多的计算时间,因而难以在实时控制中在线计算。

2　规则采样法

自然采样法是最基本的 SPWM 波形生成法,它以 SPWM 控制的基本原理为出发点,可以精确地计算出各功率开关器件的通断时刻,所得到的波形很接近正弦波。但是这种方法计算量过大,因而在工程上实际使用并不多。

规则采样法是一种应用较广的工程实用方法,它的效果接近于自然采样法,但计算量却比自然法小得多。规则采样法中采用三角波作为载波。在自然采样法中,每个脉冲的中点并不和三角波中点(即负峰点)重合。规则采样法则使两者重合,即使每个脉冲的中点都以对应的三角波的中点对称,这样就使计算大为简化。图 2 是此方法的示意图。

在图 2 的三角波负峰时刻 t_D 对正弦调制波采样而得到 D 点,过 D 点作一水平直线和三角波分别交于 A 点和 B 点,在 A 点的时刻 t_A 和 B 点的时刻 t_B 控制功率开关器件的导通或关断。可以看出,用这种规则采样法所得到的脉冲宽度 δ 和用自然采样法所得到的脉冲宽度非常接近。

从图 2 可得到以下关系式:

$$\frac{1 + a\sin\omega_r t_D}{\delta/2} = \frac{2}{T_c/2} \tag{6}$$

由此可得 $$\delta = \frac{T_c}{2}(1 + a\sin\omega_r t_D) \tag{7}$$

在三角波一个周期内,脉冲两边的间隙宽度 δ'

$$= \frac{1}{2}(T_c - \delta) = \frac{T_c}{4}(1 - a\sin\omega_r t_D) \tag{8}$$

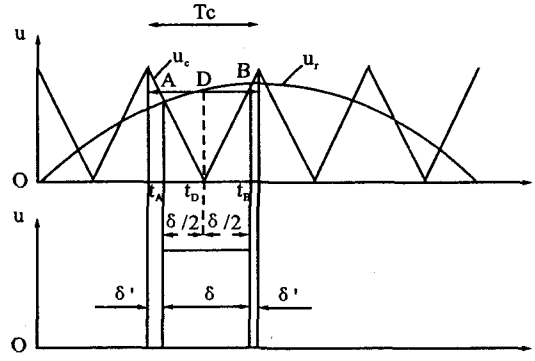

图 2　使用三角波载波的规则采样法

对于三相桥式逆变电路来说,应该形成三相 SPWM 波形。通常三相的三角波载波是公用的,三相正弦调制波依次相差 120° 相位。设在同一个三角波周期内三相的脉冲宽度分别为 δ_U、δ_V、δ_W,间隙宽度分别为 δ_U'、δ_V'、δ_W',由于在同一时刻,三相正弦调制波电压之和为零,故由式(7) 可得:

$$\delta_U + \delta_V + \delta_W = \frac{3}{2}T_C \tag{9}$$

同样,由式(8) 可得:

$$\delta U + \delta'_V + \delta'_W \tag{10}$$

利用式(9)、(10)式可简化生成三相 SPWM 波形时的计算。

3　基于 TMS320F2812 的 SPWM 波形产生

3.1　硬件原理图

TMS320F2812 有两个时间管理模块(EVA 和 EVB)。在时间管理模块中,比较单元,通用定时器,死区单元及输出逻辑电路可在两个功率器件的控制引脚上产生一对具有可编程死区及输出极性控制的 PWM 输出驱动信号。

驱动电路部分使用 FAIRCHILD 公司的低电压 16 位 3 态输出收发器 74lvth16245。该芯片包含具有 3 态输出的 16 位非反相双向缓冲器,并有为总线导向的应用。这些非反相的收发器被设计为低电压(3.3V)应用,但是具有提供一个 TTL 电平的接口以达到 5V 环境。74lvth16245 制造采用先进的双极型 CMOS 工艺,以达到高速操作与 5V 相似而保持低能量耗散[5]。TMS320F2812 采用高性能静态

CMOS技术，I/O供电电压及Flash编程电压为3.3V，与74lvth16245供电电压相同，使用起来就会更加方便[6]（见图3）。

3.2 软件编程

比较单元和相关电路产生PWM波形需要对相同的时间管理寄存器进行配置。当通用定时器选择连续增/减计数模式时，将在每一个周期内产生两次电平翻转，即PWM引脚输出一个脉冲。若要实时改变输出脉冲的占空比，在每个脉冲周期内在线计算并改写比较寄存器CMPRx的值即可[2]。

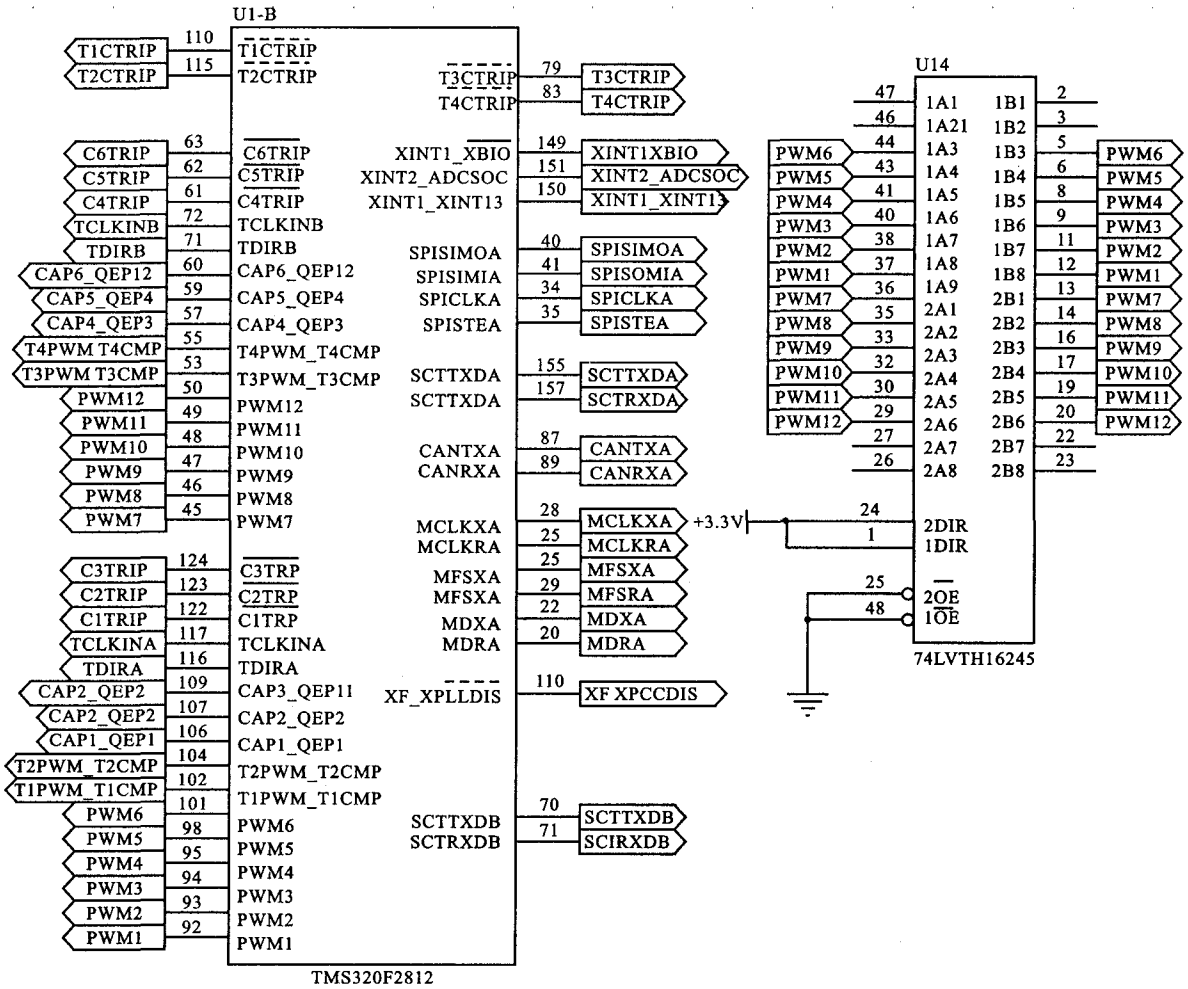

图3 DSP2812系统原理图及PWM输出驱动电路

比较单元和相关电路产生PWM波形需要对事件管理寄存器进行配置。产生SPWM输出的设置过程如下：

①设置并装载ACTRx寄存器；②如果要使用死区，则设置并装载DBTCONx寄存器；③设置并装载TxPR寄存器，设定载波周期；④初始化CMPRx寄存器；⑤设置并装载COMCONx寄存器；⑥设置并装载TxCON寄存器，来启动操作；⑦用在线计算值更新CMPRx寄存器，改变占空比。

整个程序由主程序和T1定时器中断子程序组成，主程序用于DSP TMS320F2812系统初始化及在线计算，T1定时器中断子程序用于更新PWM输出的占空比[3]。

占空比的计算方法为式(7)，程序段如下：

```
while (n<=NX) // NX为载波比
{
q=q*2*PI;
q/=NX;
j=sin(q);
l=(TxPR/2)*(1+M*j); //M为调制比
if(l>=C1&l<=C2) //C1,C2为常数，通过TxPR寄存器值和调制比计算得出
a[n]=l;
else
```

```
{
if(1>C2)
a[n]=C2;
else
a[n]=C1;
}
n=n+1;
}
```

主程序流程图如图 4 所示:

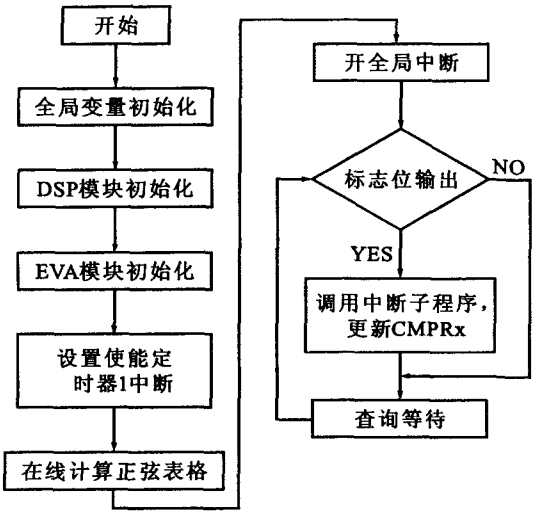

图 4　主程序流程图

4　试验结果

在 CCS 集成开发环境中编辑并调试程序,通过 DSP2812 的 PWM1 - 6 管脚可实时分析输出。由示波器观察芯片 74lvth16245 的 12 管脚(XPWM1),得到 A 相 SPWM 输出波形如图 5 所示。其波形占空比变换符合正弦变化规律。其余 B 相、C 相管脚输出波形相同,只是彼此相位相差 120°。

实验表明,以 TI 公司的 TMS320F2812 为核心的基于规则采样法生成 SPWM 波形是成功的。且该系统具有良好的控制精度和实时控制能力。通过修改 T1PR 寄存器的值和载波比,可以实现频率的在线修改,满足不同电气设备的不同需求。

图 5　PWM1 管脚波形图

参　考　文　献

[1] 张燕宾. SPWM 变频调速应用技术[M]. 北京:机械工业出版社,2001:64-69.

[2] 苏奎峰. TMS320X281X DSP 应用系统设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2008:76-78.

[3] 刘和平. 数字信号处理器原理、结构及应用基础-TMS320F28X[M]. 北京:机械工业出版社,2007:256-268.

[4] 张立新,袁红霞. 基于 DSP 的 SPWM 产生方法[J]. 微计算机信息,2007(8):194-195.

[责任编辑、校对:郝　杰]

Realization of Three - phase SPWM Waveform Based on DSP2812

WANG Cheng, *SU Li*, *YANG Ya-ping*

(Department of Electrical Engineering, Xi'an Aerotechnical College, 710077, Xi'an, Shaanxi, China)

Abstract: Directed at the generation and control of SPWM waveform the core of frequency conversion technology, the article introduces the method for the generation of SPWM waveform, and offers the software programming. Taking DSP core TMS320FR2812 as the core, the article makes use of the regular sampling method to generate SPWM waveform, which has the advantages such as high speed, high precision, real - time control capability, and easy frequency conversion.

Key Words: SPWM; Regular sampling method; DSP; TMS320F2812