

doi: 10.7690/bgzd.2014.07.014

基于 C8051F020 的双路频率可设定 PWM 信号实现

刘开绪, 崔峰, 张宏伟, 成宝芝

(大庆师范学院电气信息工程学院, 黑龙江 大庆 163712)

摘要: 针对全桥电源变换控制电路, 编程设定自适应 PWM 信号难度大、灵活性差, 提出一种基于 C8051F020 的双路频率可设定 PWM 信号实现方法。利用 C8051F020 单片机的多通道 12 位 ADC 转换器对各通道输入信号进行转换和比较, 把 ADC0 各个通道转换的结果一次性成批次地送给可编程计数器阵列 PCA0, 利用 PCA0 的 PWM 辅助功能完成信号处理。实验验证了所设计的双路频率可设定受控 PWM 信号参数可设定。实验结果表明, 该设计能够满足特定频率范围内 PWM 的自适应调节。

关键词: PWM; PCA; SOC; 占空比

中图分类号: TP273 **文献标志码:** A

Realization of Dual-Channel Set PWM Signal Frequency Based on C8051F020

Liu Kaixu, Cui Feng, Zhang Hongwei, Cheng Baozhi

(Department of Electricity & Information Engineering, Daqing Normal University, Daqing 163712, China)

Abstract: Full bridge power conversion control circuit programmed adaptive PWM signal is difficult, inflexible, based on C8051F020 dual frequency, proposed a method that set PWM signal can be realized. Use C8051F020 SCM multi-channel 12-bit ADC converter for each channel input signal conversion and comparison, the results for each channel ADC0 converse into a batch to give a one-time programmable counter array PCA0. Circuit uses PWM auxiliary function for PCA0 complete signal processing. Experiments designed a dual frequency PWM signal can be controlled by setting the parameter can be set. Experimental results show that the design can meet adaptive PWM within a specific frequency range.

Keywords: PWM; PCA; SOC; duty cycle

0 引言

在大功率全桥电源变换电路控制、智能机器人电机驱动控制等电路设计中, 经常要用到多路受控 PWM 信号。美国 Silicon Lab 半导体公司推出的高性能 8 位嵌入式 C8051F020 单片机, 具有丰富的片内外设资源, 堪称系统级芯片 (system on chip, SOC), 其使用 CIP-51 微控制器内核, 与 MCS-51 单片机内核和指令集完全兼容。通过 JTAG 接口, 可进行非插入式、全速的在线调试, 实现全集成数模混合信号在片系统, 可用它方便地产生所需要的多种控制信号^[1-2]。基于此, 笔者对基于 C8051F020 的双路频率可设定 PWM 信号实现进行研究。

1 功能实现的原理

C8051F020 单片机片内提供了可编程计数器阵列 (programmable counter array, PCA), 与标准 8051 的定时器/计数器相比, 它需要的 CPU 干预更少, 并提供了增强的定时器功能。C8051F020 内部集成有 1 个可编程计数器阵列 PCA0。PCA0 包含 1 个专用的 16 位定时器/计数器和 5 个 16 位捕捉/比较模块。每个捕捉/比较模块都有各自的 I/O 线

(CEXn)^[3]。通过配置交叉开关, 可以将 I/O 线连接到并行 I/O 端口。定时器/计数器有 6 个计数脉冲源, 系统时钟、系统时钟/4、系统时钟/12、外部振荡器时钟源/8、定时器 0 溢出和 ECI 线上的外部时钟信号可供选择。通过编程, 可使捕捉/比较模块独立工作于边沿触发捕捉、软件定时器、高速输出、频率输出、8 位 PWM 或 16 位 PWM 6 种方式之一。

每个 PCA0 模块都可以工作在 16 位 PWM 方式下, 利用该方式产生频率可设定的 PWM 信号。该方式的原理如图 1 所示。

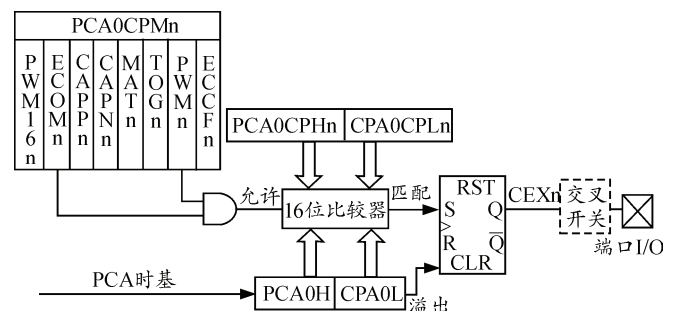


图 1 PCA16 位 PWM 方式原理

在 16 位 PWM 方式下, 16 位捕捉/比较模块定义 PWM 信号低电平时间的 PCA0 时钟数。当 PCA0

收稿日期: 2014-03-12; 修回日期: 2014-04-02

基金项目: 大庆师范学院自然科学基金(11ZR14)

作者简介: 刘开绪(1967—), 男, 黑龙江人, 理学硕士, 教授, 从事信号与信息处理及微控制器件的嵌入式应用研究。

计数器与模块的值匹配时, CEXn 输出高电平; 当计数器溢出时, CEXn 输出低电平。为了输出 1 个占空比可变的信号, 新值的写入应与 PCA0 的 CCFn 匹配中断同步, 即将 CCFn 置为 1, 以允许匹配中断。置 1 于 PCA0CPm 寄存器中的 ECOMn、PWMn 和 PWMI6n 位可将 PCA0 功能设置为 16 位脉冲宽度调制器方式。产生 16 位 PWM 的波形原理如图 2。

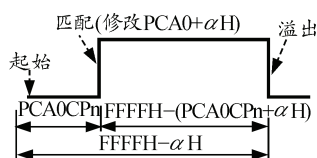


图 2 16 位 PWM 的波形

16 位 PWM 方式的占空比:

$$D = \frac{2^{16} - (\text{PCAOCPn} + \alpha)}{2^{16} - \alpha} \quad (1)$$

式中 α 为 16 位计数值的修整值。当需要产生对应 12 位 ADC0 转换所对应的 PWM 信号时, 可令 $\alpha = \text{F000H}$ 。通过设定 α 的值可以改变 PWM 信号的周期, 即可通过修改参数设定 PWM 信号的频率。 α 原则上可以在区间 $0\text{H} \sim \text{FFFFH}$ 取值。

在理论上最大占空比可达到 100%, 对应于 $\text{PCAOCPn} = 0$, 最小占空比为 0.001 5%, 对应于 $\text{PCAOCPn} = 0\text{xFFFF}$ 。但实际中由于执行程序需要占用机器周期^[4], 难于实现理论上的最大和最小占空比。若产生 0% 的占空信号, 也可以通过通过对 ECOMn 位清 0 来实现。

对应 12 位 A/D 转换所产生的 12 位 PWM 信号的占空比为:

$$D = \frac{2^{12} - \text{PCAOCPn}}{2^{12}} \quad (2)$$

2 软件系统设计

首先, 初始化单片机 REF0CN 寄存器的 BIASE 位为 1, 使能 1.2 V 带隙基准电压, 置位 REFBE 位使 1.2 V 倍乘得 2.4 V, 将该 2.4 V 电压输出作为 ADC0 转换的参考电压 V_{REF0} 。

配置 ADC 的 ADC0CF 寄存器使得 PGA 放大倍数设置为 0.5, 以实现输入模拟信号在 $0 \sim 4.8 \text{ V}$ 之间对转换的要求。电源变换电路的反馈电压、电流及温度依次被检测送往单片机内的 ADC0 各通道完成 A/D 转换, 进行数据处理后再去调理 PCA0 模块比较器提供对电路综合控制信号。

其次, 使能端口配置。配置特殊功能寄存器 XBR0 和 XBR2, 进行端口交叉开关的使能, 使 PCA0 的捕捉/比较模块 I/O 线 CEXn 连接到端口引脚上,

用于输出 PWM 波^[5-6]。

程序设计中, PCA0 采用 16 位 PWM 方式, 将 ADC0 转换的结果送 PCA0 形成 16 位的 PWM 信号。同时使用 ADC0 的窗口检测器实现电压值超范围报警, 如低电压设定为 1.25 V, 高电压设定为 3.75 V, ADC0 是采用写 AD0BUSY 为 1 启动转换的。因为 ADC0 是 12 位的, 在程序中对 PCA0 的值进行了修整。以实现 PCA 模块 0 和模块 1 的两路 12 位 PWM 输出, 输出脚 CEX0 配置在 $P_{0.0}$ 脚, CEX1 配置在 $P_{0.1}$ 脚。图 3 是 PCA16 位 PWM 波形程序流程图。

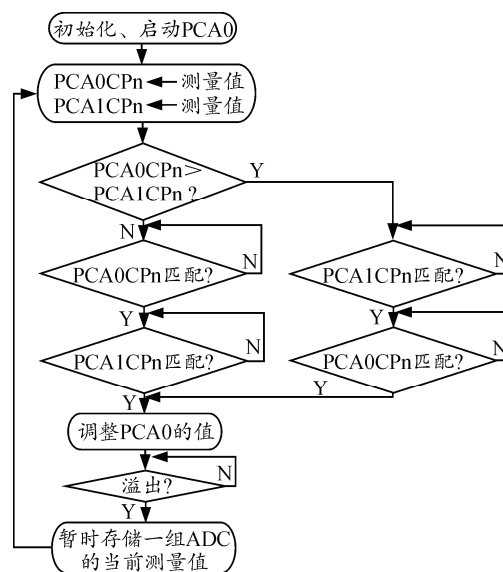


图 3 PCA16 位 PWM 程序流程

ADC0 转换采取软件查询方式, ADC0 的窗口检测器采取中断方式, PCA0 捕捉/比较模块工作采取中断方式, 且优先级设置为高。

2.1 ADC0 输出右对齐, 双路 12 位 PWM 的产生

由于 PCA0 捕捉/比较模块中使用 16 位比较器, 为了与 12 位的 ADC0 转换结果相匹配, 使产生的 PWM 信号占空比能够在 $0\% \sim 100\%$ 期间受控调整。采取了 ADC0 输出右对齐, 在 PCA0 中断程序中对 PCA0H 寄存器的值进行修整, 参考服务程序段:

```
PCA_ISR1:
    JBC CF,PCA_ISR_CF
    MOV    A, PCA0L
    MOV    PCA0L,A
    MOV    A, #0F0H
    ADD    A, ADC0H
    MOV    PCA0H, A
    RETI
```

产生 12 位的 PWM 存在 2 种情况: 1) 当将 $(\text{FFFFH} - \text{ADC0})$ 结果送给 PCA0CPn 时, 随着输入信号幅值的增加 PWM 的脉冲宽度增加; 2) 将 ADC0

转换结果直接送给 PCA0CPn, 此时随着输入信号幅值的增加 PWM 的脉冲宽度减小。图 4 和图 5 分别给出了 2 种情况对应的实验测试波形。

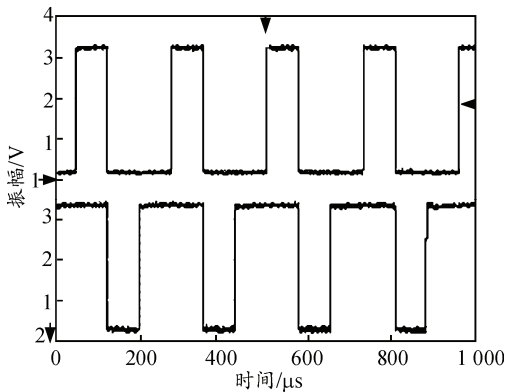


图 4 输入电压 1.642 V 和 3.276 V 时的波形

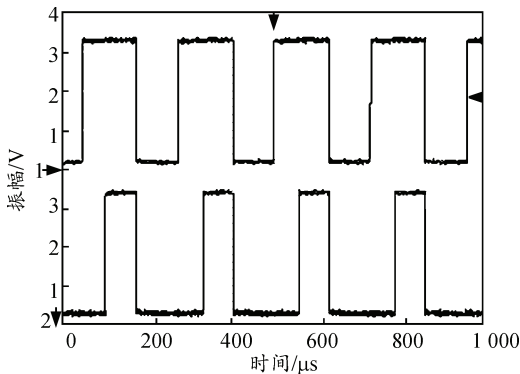


图 5 输入电压 2.11 V 和 3.364 V 时的波形

使用单片机系统片内 16 MHz 晶振时, 最大可产生 4 kHz 的受控 PWM 信号。反馈信号送入到对应的模拟通道, 即可实现自动调宽控制。

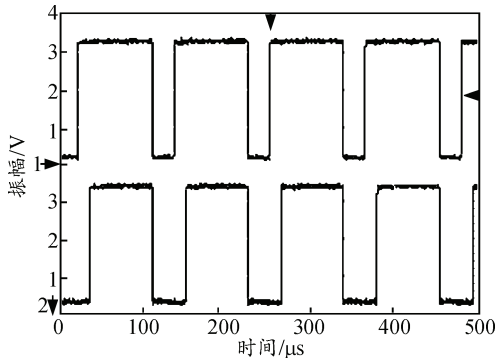


图 6 输入电压 2.17 V 和 2.02 V 时的波形

要想产生大于 4 kHz, 如 20 kHz 的 PWM 信号, 同样可以通过硬件电路设定输入的 ADC0 各个通道的模拟电压, 同时在 PCA0 中断程序中对 PCA0H 寄存器的值进行修整, 以产生设定频率的 PWM 信号。如为实现当输入信号幅值增加时脉宽增加的 11 位 PWM 输出, 在程序中, 用 (07H-ADC0H) 作为 PCA0CPn 的值, 再将服务子程序 PCA_ISR1 中的 “MOV A, #1111000B” 为 “MOV A, #11111000B”

时, 输出的 PWM 信号的频率发生改变。实验测得的对输入电压 2.17 V 和 2.02 V 的波形如图 6。

用同样的方式可产生对应 10 位或其他位数的 ADC0 转换结果的特定频率的 PWM 信号, 及实现当输入信号幅值增加时脉宽增大或减小的 PWM 信号。

2.2 ADC0 输出左对齐, 双路 16 位 PWM 的产生

在 ADC0 初始化程序段中设置 ADC 转换结果左对齐, 在 PCA0 中断程序中不修整 PCA0H 寄存器的值。所产生 16 位的 PWM 同样存在 2 种情况: 1) 当将 (FFFFH-ADC0) 结果送给 PCA0CPn 时, 随着输入信号幅值的增加 PWM 的脉冲宽度增加; 2) 将 ADC0 转换结果直接送给 PCA0CPn, 此时随着输入信号幅值的增加 PWM 的脉冲宽度减小。图 7 和图 8 分别给出了 2 种情况对应的实验测试波形。

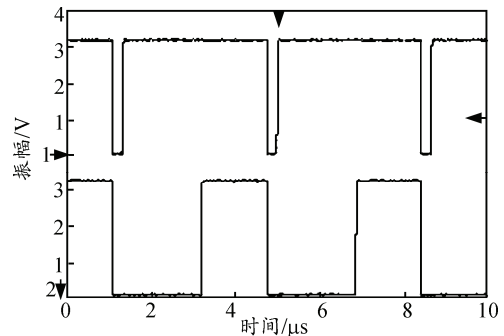


图 7 输入电压 4.20 V 和 2.40 V 时的波形

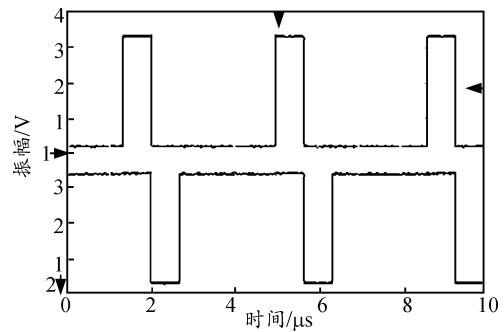


图 8 输入电压 4.00 V 和 0.92 V 时的波形

由此可见, 12 位 ADC0 转换结果控制的 16 位 PWM 信号的最大占空比远达不到 100%, 是由于转换结果左对齐, 使 ADC0 转换结果 16 位中的低 4 位用 “0000” 占用造成的, 但最小占空比可以接近于 0%, 要想实现 0% 的占空比可以采取对 ECOMn 位清 0 的办法产生。

2.3 ADC0 输出右对齐, 双路 16 位 PWM 的产生

12 位 ADC0 转换结果右对齐, 满程为 “0FFFH”, 而 PCA0 的溢出值为 “FFFFH”。对应 16 MHz 的内部振荡频率不分频, 产生的 PWM 信号的频率为 300 Hz 以内。