

基于 MSP430 的脉冲信号的测试与分析

刘连生, 张 磊

(中国民航大学 航空自动化学院 天津 300300)

摘 要:在雷达、通信、导航和电子对抗等领域的工程实践中,脉冲信号的测试与分析是至关重要的。本文主要介绍了如何运用 MSP430 单片机内部自带的定时器模块、比较器模块和模数转换器模块,对被测脉冲信号及其各项电气特性参数包括脉冲宽度、信号电平、信号传输频率、上升时间和下降时间等进行检测和测量。最后,运用该方法测得的标准 ARINC429 信号的各项电气特性参数符合 ARINC429 规范,验证了本文所述的方法是正确且实用的。

关键词:MSP430 脉冲宽度 信号频率 上升时间 下降时间 ARINC429 总线

中图分类号:TP216 **文献标识码:**B

Test and analysis of the signal impulse based on MSP430

Liu liansheng Zhang lei

(College of Aviation and Autoimmunization, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300)

Abstract: The test and analysis for the signal impulse is extraordinary important for the engineering practice in radar, communications, navigation and electronic countermeasure domain. In this paper, it is mainly introduced how to measure various electrical specification parameters of the signal impulse including pulse width, signal level, signal transmission frequency, rising time and falling time by using the timer module, comparator module and A / D converter module which is included in the MCU MSP430. Finally, each item of the standard ARINC429 signal's electrical specification parameter which is obtained by using this measuring method conforms to the ARINC429 specification. That verify the method described in this paper is correct and useful.

Key words: MSP430, pulse width, signal transmission frequency, rising time, falling time, ARINC429 Bus

0 引 言

脉冲信号的检测分析在雷达、通信、导航、电子对抗等领域的工程实践中有着广泛需求,如何准确的测得脉冲信号的内容以及其各项电气特性参数

是至关重要的。如果用模数转换器先对脉冲信号进行采样,然后通过对采样过的数据进行计算来测得信号的电气特性参数,对于频率比较低的脉冲信号是比较适用也比较精确的,但如果信号的频率比较高,就需要高采样率的模数转换器,不仅增加了成本还复杂了硬件设计。为解决这个问题,本文采

用了基于 MSP430 的单片机系统,只利用 MSP430 单片机丰富的片上外围模块就可以对脉冲信号的各项电气特性参数,包括脉冲宽度、信号传输频率、信号电平、上升时间和下降时间等进行准确的测量。

1 运用定时器 A 测量信号的脉冲宽度和频率

1.1 测量信号的脉冲宽度

1.1.1 测量原理

将被测信号与 MSP430 单片机的引脚 P1.1/TA0(定时器 A 捕获;CCIOA 输入)相连,运用定时器 A 的第一路比较\捕获器对被测信号进行捕获。在捕获方式中,当满足捕获条件时,硬件自动将计数器 TAR 的数据写入捕获\比较寄存器(CCR0)中。我们定义上升沿和下降沿都捕获的捕获模式,在上升沿时,捕获一个定时器数据,此时捕获\比较器会产生中断,CPU 响应中断将捕获\比较寄存器中的数据存入 RAM 中以备程序调用;再等待下降沿的到来,在下降沿时又捕获一个定时器数据,同样该数据也可以从捕获寄存器中读出存入 RAM 中以供以后计算用。两次捕获的定时器数据差就是被测信号的高电平宽度,同样的原理,也可以测出信号的低电平宽度和零电平宽度。

1.1.2 测量结果的计算

脉冲宽度的测量值为:

$$T=t*(TAR1-TAR0)$$

T:脉冲宽度

TAR0:在上升沿时捕获的定时器数据

TAR1:在下降沿时捕获的定时器数据

时间 t 是 16 位定时器的输入时钟 CLK 的时钟周期,而输入时钟 CLK 由定时器 A 的控制寄存器 TACTL 中的 TPSSEL0、TPSSEL1、ID0 和 ID1 四位决定,其关系如表 1 和表 2 所示。

表 1

输入时钟源 SCLK	TPSSEL1	TPSSEL0
TACLK	0	0
ACLK	0	1
MCLK	1	0
INCLK	1	1

表 2

输入时钟 CLK	ID1	ID0
SCLK	0	0
SCLK/2	0	1
SCLK/4	1	0
SCLK/8	1	1

由于单片机本身的时钟(ACLK、MCLK)的最大频率为 8MHz,当被测信号的频率比较低时,可以选用单片机自身所带的时钟作为定时器的输入时钟;当被测信号的频率比较高时,如果选用单片机自带的时钟就不能准确的测得信号的脉冲宽度,需要选用高频的外部时钟信号 TACLK 来作为定时器的输入时钟,这样才能准确的测得信号的脉冲宽度。

1.2 测量信号的频率

本文中,利用第二路的捕获\比较器来对被测信号的频率进行测量。在第二路捕获\比较器的 CC1A 输入一个低频的脉冲信号,其频率为 f_0 ,该低频脉冲信号可以由单片机时钟信号分频得到。然后将被测信号与 16 位定时器的 TACLK 相连,设置第二路捕获/比较器的捕获方式为上升沿捕获,则在低频的脉冲信号的第一个上升沿到来时,CCR1 捕获一个定时器数据 TAR0,当低频的脉冲信号的第二个上升沿到来时,CCR1 再捕获一个定时器数据 TAR1,这样,就是在低频脉冲信号的一个周期的时间内对被测信号的脉冲个数进行计数,计数值就是捕获的两个定时器数据之差。

信号频率的计算公式为:

$$f=f_0*(TAR1-TAR0)$$

2 运用比较器 A 测量信号的上升时间和下降时间

2.1 被测信号的电平测量

由于在测量上升、下降时间时需要用到被测信号的电平值来计算,所以首先介绍一下如何测量被测信号的电平。信号的电平值包括其高电平、低电平还有零电平,可以利用 MSP430 单片机自带的 12 位的 A/D 转换器对被测信号进行采样,将采样的结果存入 A/D 转换器的存储寄存器中,通过对存储寄存器中的数据进行处理即可得到被测信号的电平值。其关系式如下:

$$V=N*(VR1-VR0)/4095+VR0$$

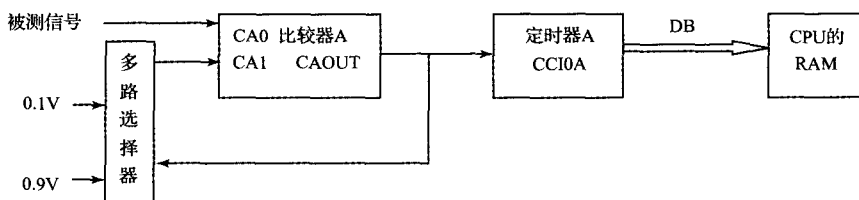


图 1 模块连接图

由于测量上升时间和下降时间原理类似,在这里只介绍如何测得上升沿时间。将定时器 A 的捕获/比较器设置为上升沿捕获,将被测信号与 CA0 连接,开始时先将多路选择器的输出设置为 0.1V (V 是被测信号的高电平的电压值),即将 CA1 与 0.1V 连接,当被测信号的电压值小于 0.1V 时,CAOUT=0,当被测信号的电压值增加到大于 0.1V 时,即 CA0>CA1,则 CAOUT 由 0 变为 1,此时 CAOUT 控制多路选择器,使多路选择器的输出为 0.9V,即 CA1=0.9V。同时 CAOUT 触发定时器 A 的捕获/比较器捕获到一个定时器数据 TAR0,将该数据存入 CPU 的 RAM 中;然后开始下一次比较,当被测信号的电压值小于 0.9V 时,CAOUT=0,当被测信号增大到 0.9V 时,CA0>CA1,则 CAOUT 由 0 变为 1,触发定时器 A 的捕获/比较器再一次捕获定时器数据 TAR1,则两次的定时器数据的差值就是被测信号的上升时间。

式中,V 为被测信号的电平值;N 为采样所得的数字量;VR1 为 A/D 转换器的正参考电压;VR0 为 A/D 转换器的负参考电压。

2.2 测量脉冲信号的上升、下降时间

2.2.1 上升时间和下降时间的定义

脉冲波形的上升时间的定义是,从脉冲幅值的 10% 到 90% 所经历的时间。脉冲波形的下降时间则相反,即从脉冲幅值的 90% 下降到 10% 所经历的时间。数字信号上升和下降的时间典型值约为几个纳秒,视不同类型的器件和电路而异。

2.2.2 测量原理

要测得信号的上升、下降时间,其连接关系图如图 1 所示。

被测信号的上升时间 T_0 为: $T_0=t*(TAR1-TAR0)$

3 实验验证

3.1 验证方法

通过检验测得的标准 ARINC429 信号的各项电气特性参数是否符合 ARINC429 规范来验证本文所述的测量方法是否准确。ARINC429 总线在航空电子通信领域应用十分广泛,通过检测 ARINC429 总线的工作状态可以进行航空电子设备的故障检测,因此测量 ARINC429 信号的各项电气特性参数是具有实际意义的。ARINC429 信号不同于一般的脉冲信号,它的工作方式为双极归零制模式,但上述的测量方法是通用的,可以用来测量 ARINC429 信号。

通过特殊的信号发生电路产生一路标准的

ARINC429 信号,将该信号连接到 MSP430 单片机的相应管脚上来测量 429 信号相应的电气特性参数。改变 ARINC429 的传输速率,再来测量 429 信号的各项电气特性参数看是否发生相应的改变。

3.2 结果分析

标准的 ARINC429 信号的各项电气特性参数如表 3 所示。

表 3

参数	高速	低速
数据传输速率	100kbps	12.5kbps-14.5kbps
周期	$10\mu\text{s}\pm 2.5\%$	$1/\text{数据传输速率}\pm 2.5\%$
脉冲宽度	$5\mu\text{s}\pm 5\%$	周期/ $2\mu\text{s}\pm 5\%$
上升时间	$1.5\pm 0.5\mu\text{s}$	$10\pm 5\mu\text{s}$
下降时间	$1.5\pm 0.5\mu\text{s}$	$10\pm 5\mu\text{s}$

首先设置被测 429 信号的传输速率为 100kbps,测得的参数分别为:数据传输速率为 100kbps、周期为 $10.1\mu\text{s}$ 、脉冲宽度为 $5\mu\text{s}$ 、上升时间为 $2\mu\text{s}$ 、下降时间为 $1.5\mu\text{s}$;然后将被测信号的传输速率改为 12.5kbps,测得的各项参数为:数据传输速率为 12.5kbps、周期为 $81\mu\text{s}$ 、脉冲宽度为 $39\mu\text{s}$ 、上升时间为 $13\mu\text{s}$ 、下降时间为 $12\mu\text{s}$ 。可以发现,测得的参数都在 ARINC429 规范规定的误差范围内,误差可达到微妙级,满足了设计要求,验证了

该设计的准确性和实用性。

参考文献

- [1] 汉泽西,徐岳,郑勇,甘志强.基于 MSP430F149 的电磁流量计设计[J].电子测试,2009(1):65-67.
- [2] 刘传武,张智军,张安旭.基于 MSP430F1121 射频低电平窄脉冲信号检测[J].空军工程大学学报,2006,7(1):56-58.
- [3] 孙苗钟,赵鹏.基于 MATLAB 的振动测试信号处理与分析系统[J].电子测试,2008(10):88-91.
- [4] 武伟.超宽带脉冲检测电路的设计[J].科技咨询导报,2007(7):106-107.
- [5] 屈保平,李晓明.一种航空数据总线检测仪的设计与实现[J].仪器仪表用户,2006(1):32-33.
- [6] 赵金.微弱信号在数字信号处理器上的检测与实现[J].电子测试,2008(3):75-78,82.
- [7] 苏成富.D 触发器在脉冲宽度检测电路中的应用[J].电子技术,1993(5):29-30,42.
- [8] 黄煌,姜义成,林力.两种实时计数脉冲检测方法及应用[J].计算机测量与控制,2007(15):1455-1457.

作者简介

刘连生,男,1960 年出生,河南郑州人,汉族,中国民航大学副教授、硕士研究生导师,研究方向为航空电子工程。
E-mail:lemon8585@163.com

(上接第 18 页)

参考文献

- [7] Seitz S M, Dyer C R. Physically-valid View Synthesis by Image Interpolation In :Proceedings of IEEE Workshop on Representation of Visual Scenes Cambridge (MA, USA), 1995. Piscataway (NJ, USA): IEEE,1995,18-25.
- [8] Seitz S M, Dyer C R. View Morphing. Computer Graphics, SIGGRAPH'96. New Orleans, Louisiana, U. S,1996:21-30.

作者简介



付朝霞,硕士,研究方向为图像处理 and 虚拟现实等。
E-mail:fzx2005@163.com