



一种实用的变占空比PWM信号Simulink实现方法

An useful method to realize variable duty cycle PWM signal in simulink

徐 哲, 魏民祥

XU Zhe, WEI Min-xiang

(南京航空航天大学 能源与动力学院, 南京 210016)

摘 要: 为解决在控制系统仿真设计中遇到的变占空比PWM信号生成问题, 采用锯齿波与调制信号比较的方法, 在Simulink中设计了变占空比PWM信号生成模块。模块中加入了数据类型转换模型, 实现了与连续模块的直接连接。模块采用子系统封装的形式, 可以对PWM信号周期进行调整。利用所设计的模块, 分别以随机信号和正弦信号作为输入, 获得了相应的PWM信号。通过实际应用表明, 所设计的可调占空比PWM信号模块性能可靠、使用方便, 可以通用于Simulink中。

关键词: 控制系统仿真; 变占空比; PWM; Simulink; 数据类型转换

中图分类号: TN914 文献标识码: A

文章编号: 1009-0134(2013)06(下)-0033-03

Doi:10.3969/j.issn.1009-0134.2013.06(下).11

0 引言

PWM控制技术由于具有抗干扰性强等优点在机械控制中获得广泛的应用。PWM控制的基本原理主要是依据采样控制理论中的结论: 冲量相等而形状不同的窄脉冲加在具有惯性的环节上时, 其效果基本相同。根据该结论, 在具有惯性环节的系统中, 可以使用PWM信号替代其他信号做为系统的输入^[1]。

为了提高控制设计的效率, 通常首先采用matlab/simulink软件对所要控制的对象进行仿真分析^[2]。采用PWM信号控制的系统, 也需要在控制软件中生成相应的PWM仿真波形。但是在Simulink中仅仅有PWM信号发生器, 其只能生成固定占空比的PWM信号。在实际应用中, PWM信号一般是变占空比的, 因此在系统仿真过程中会遇到变占空比PWM信号生成问题。对该问题的求解, 还未见有专门的文章进行介绍, 本文采用硬件调制方法的原理, 在Simulink中实现该信号的生成。

1 变占空比PWM信号实现原理

PWM控制技术可以通过多种方式实现, 其中硬件调制法适合在Simulink中建立可调占空比的

PWM模块。硬件调制法原理是把希望的波形作为调制信号, 把接受调制的信号作为载波。为了实现周期明显的PWM信号, 载波选用锯齿波。在生成PWM信号时, 将调制信号与载波的大小进行比较, 当载波信号值小于调制信号值时, 其结果为1, 当载波信号值大于调制信号值时, 比较结果为零^[1]。其原理如图1所示。

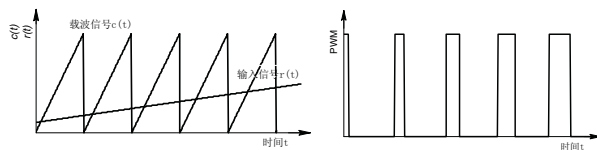


图1 PWM信号生成原理

2 变占空比PWM信号的Simulink实现

2.1 系统基本组成

根据可调占空比PWM信号的生成原理, 需要仿真软件提供载波信号。该载波信号采用锯齿波实现, 该信号在周期内线性增大, 周期结束时, 值复位为零。在锯齿波的设置中, 需要将幅值范围设置为[0,1]。锯齿波生成采用的模块如图2所示。

生成变占空比PWM信号, 还需要输入需要调制的信号。该信号是所设计的变占空比PWM模块的输入信号, 一般由控制系统提供。作为系统的

收稿日期: 2012-11-22

作者简介: 徐哲 (1983-), 男, 山东泰安人, 博士研究生, 研究方向为汽车主动安全控制。

另外一个比较信号输入，调制信号属于变化范围在(0,1)之间的任意类型的信号。

信号大小的比较采用布尔运算模块，模型搭建好后的结构如图2所示。

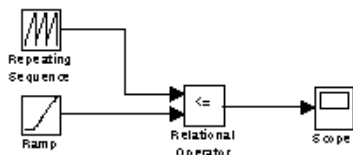


图2 变占空比PWM信号的Simulink实现

2.2 设置中需要注意的事项

在建立好如图2所示的模型后，进行运行，发现系统结果误差较大。经过反复调试运行发现，所生成的锯齿波不规则。进一步分析发现原因是，Matlab做为数值计算软件，其计算精度取决于采样频率。在锯齿波产生过程中，系统由于没有微积分运算，会自动设置为Variable Step Discrete计算方法，其默认步长为0.2秒。当采样频率较低时，锯齿波的生成会产生较大的误差，通过比较得到的PWM信号占空比精度会降低。为了提高精度，需要在system configuration中设置计算的最大步长，本例中设置为0.001。锯齿波在不同采样精度下的波形对比如图3所示。

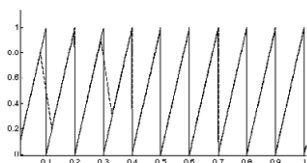


图3 锯齿波在不同采样精度情况下的对比

从图3中可以明显看出，在采样频率较低时，会生数据失真的问题。

在system configuration中设置步长可以解决精度的问题，但是每次将该模块应用到新的模型中时，均需要设置该参数。为了提高通用性，需要采用其它方式来确定信号输入的采样频率。逻辑计算模块中，包含有采样时间长度参数，默认状态下sample time值为-1，代表该模块的采样时间取决于前面模块的输出。如果在此设置为期望的步长，则可以获得期望的精度。为此，将该值设置为0.001，如此就可以确保采样时间精度保持在0.001的水平，载波信号就不容易发生失真。

2.3 数据类型转换

在程序编制中，数据类型是需要考虑的一个重要方面。上述模型实现了生成变占空比PWM信

号的目的，但该结果一般无法直接用做控制系统的输入。其原因是由于模块中采用了布尔运算，计算结果是boolean型数据，而控制系统模型一般采用double型数据。当将不同数据类型的模块连接时，会出现无法计算的情形，运行时的状态显示如图4所示。

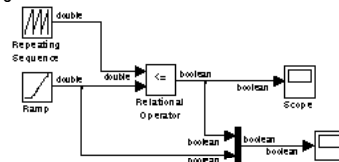


图4 数据类型标示图

从图4中可以看到比较模块的输出数据为boolean型，但是参考输入为double型，显然不能进行运算。为了解决这个问题，需要使用Simulink中的数据类型转换模块，该模块可以实现将布尔型数据转换为double型数据的功能。在Simulink中添加该模块后，结果如图5所示。

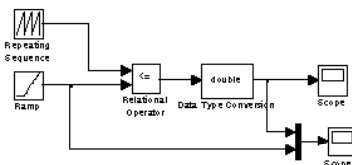


图5 添加数据类型图

添加Data Type Conversion模块时，设置该模块的参数output data type为double。通过实际运行证明，该系统生成的PWM信号可以实现直接与控制系统连接。

3 模型封装

子模型的封装是Simulink的一项重要功能，其目的是将一组相关的模块包含到一个模块中，用以简化系统。在封装子系统时，可以将需要经常设置的参数定义为变量，封装好子系统后，在封装子系统的参数设置对话框中进行统一设置^[3]。这样就大大减轻了参数的设置的难度，而且不容易出错。

根据实际应用情况，本封装中需要经常调节的变量是PWM信号的周期。PWM信号的周期取决于载波信号，因此在锯齿波生成模块中进行设置。定义PWM信号的周期为period变量，则在锯齿波模块中需要设置的是时间，该值设置为[0,period]。锯齿波的幅值大小也影生成的PWM信号的正确与否，根据实际需求，该值设置为[0,1]。

在封装子系统时，在封装对话框中添加变量period，变量的提醒名称定义为PWM period。为了

能够在使用该子模型时，能够有所了解，可以封装子系统时，在封装对话框的document中添加说明。封装好的模块对话框如图6所示。



图6 编辑出的变占空比PWM模块对话框

经过上述处理，就可以得到一个既可以与控制系统直接连接，也可以方便设置PWM周期的变占空比PWM模块。

4 结果与讨论

根据前述步骤，可以得到变占空比的PWM信号模块。本部分使用上述建立的模块进行仿真应用，所建立的仿真系统如图7所示。模型中包含有PWM生成模块，该模块的输入是所期望的占空比信号。系统生成PWM信号作为输入进入一阶惯性系统，对比系统在PWM信号和常规未经调制信号输入下的响应。为了检验该模块的性能，设置采用随机信号和正弦信号作为输入，输入的范围确保在0到1之间。

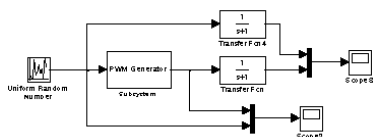


图7 PWM变占空比模块

采用随机信号输入，产生PWM信号，结果如图8所示。

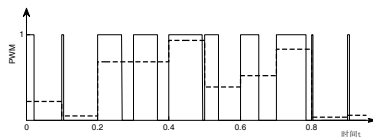


图8 随机信号输入下的PWM信号

图8中的虚线代表被调制的随机占空比输入，实线是生成的变占空比PWM信号。可见生成的PWM占空比与输入占空比数值相同。

采用正弦信号作为输入，产生的SPWM波形如图9所示。

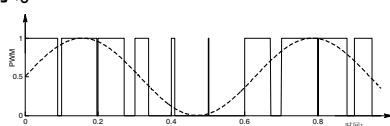


图9 采用变PWM模块产生的SPWM波形

图9中虚线是正弦的PWM占空比信号，实线是生成的PWM信号。从图上可以看出，在相应的时间点，PWM信号的占空比等于其调制信号的值。

根据PWM控制系统的原理，其调制得到的信号与原有信号在输入具有惯性的系统时，其响应大体相同。本文将前述随机信号和正弦信号输入得到的变占空比PWM信号作为输入，输入系统 $\frac{1}{s+1}$ 中，并与调制前的信号输入同一系统中进行对比，得到的响应如图10和图11所示。

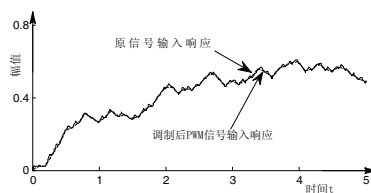


图10 随机输入下的响应对比

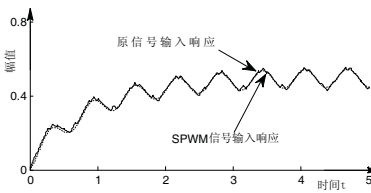


图11 正弦输入下的响应对比

从图10和图11可以看出，惯性系统对未调节的原始信号和经过调节的PWM信号的输入响应大体相同，完全符合采样控制理论中，冲量相等而形状不同的窄脉冲加在具有惯性的环节上时，其效果基本相同的结论。通过实际系统应用，证明了该变占空比PWM模块的可行性。

5 结论

采用锯齿波与调制信号比较的方法能够得到变占空比PWM信号，文中根据该原理搭建的变占空比PWM信号模块，经过合理的设置，可以实现任意输入下的PWM信号的生成以及与控制系统之间的直接连接。根据实际使用表明，该模块可以方便可靠地应用于控制系统仿真。

参考文献：

- [1] 李旭,谢运祥.PWM技术实现方法综述[J].电源技术应用, 2005, 8(2)
- [2] Mathworks Ltd. Matlab User's Guide. MATLAB HELP.
- [3] 黄永安,马路等.MATLAB 7.0/Simulink6.0建模仿真开发与高级工程应用[D].清华大学出版社,2005.