

存储器在函数发生器中的应用

张 震¹, 张山钟²

(1. 郑州大学电气工程学院, 河南 郑州 450002 ; 2. 郑州公路局设备科, 河南 郑州 450052)

摘 要 : 从存储器的基本工作原理出发, 依据采样定理, 在理论上对存储器进行了研究, 总结出存储器具有的函数变换的功能, 提出了采用 DDS 方法设计函数发生器的思想, 在此基础上给出了用 EPROM 构成的可编程多种模拟连续函数发生器的应用实例. 研究结果表明, 该方法设计的函数发生器具有智能化程度高、参数可控等特点.

关键词 : 存储器 ; 函数变换 ; 采样 ; 采样定理 ; DDS

中图分类号 : TP 333 ; TN 741 文献标识码 : A

在计算机控制、电子测量、通信、石油测井、实验教学等系统中, 常常要用到各种模拟连续函数发生器, 如锯齿波、三角波、正弦波、阶梯波等. 特别是当前 LSI 芯片的价格大大下降, 采用存储器 (EPROM, EEPROM 等) 构成多种连续函数发生器的方案就显得非常实用.

1 存储器的功能及原理

在计算机系统、数字系统中, 存储器的基本功能是用来存放程序和数据 (包括原始数据、中间结果和最后结果), 它是计算机中各种信息的存储与交流中心. 此外, 存储器另外一个重要功能是实现函数变换, 进行组合电路和时序电路的设计, 充当函数发生器. 其基本原理如下 :

存储器的基本输入量是地址 A , 输出量是与地址 A 相对应的存储单元内的数据 D . 如果 D 在写入存储器时, 按照人们事先赋予的 $D = f(A)$ 的函数关系, 就使得数据 D 与地址 A 间具有了 $D = f(A)$ 的函数关系, 也即存储器具有了函数变换功能. 地址 A 是函数的自变量输入, 而存储器的输出数据就是变换后的函数值.

对于周期函数 $f(t) = f(t + T)$, T 是函数的周期, 在一个周期内, 对 $f(t)$ 等间隔采样 K 次, 对非周期函数, 在要变换的区间上采样 K 次. 采样时, 应依据采样定理选取采样频率 (周期), 即采样频率须大于或等于输入信号最高频率的 2 倍, 这

样才能使输出信号 $U_O(t)$ 经过低通滤波器后不失真地恢复原始信号 $U_i(t)$ 的频谱. 因此, 采样频率 f_s 不能太低, 即抽样周期 (间隔) 不能太大, 否则, 会造成抽样信号的频谱混叠, 就不可能正确地恢复原信号的频谱. 当然, 采样频率 f_s 越高, 则采样点越多, 得到的模拟信号越逼近于真实信号, 则函数变换的精度越高. 其实, 采样点越多, 则占用的存储器空间越大、设备成本越高, 所以, 提高精度是以牺牲存储器空间、增加成本为代价而换来的.

对周期信号 (函数) 或非周期信号 (函数) 采样 K 次得到的各次采样值分别为 : $f(\frac{T}{K})$, $f(\frac{2}{K}T)$, \dots , $f(T)$, 即为 $f(\frac{i}{K}T)$. 其中, $1 \leq i \leq K$. 如果把一个周期内的 $f(\frac{i}{K}T)$ 的值预先计算出来, 并利用编程器写入到存储器中, 把 i 的值作为存储器的地址 A , 那么, 只要给予一个 i 值, 经存储器的读出延时后 (读出延时一般为几十纳秒左右) 即可得到对应的 $f(\frac{i}{K}T)$ 值, 当完成一个周期的 K 次转换后, 便得到模拟阶梯信号, 经低通滤波后输出. 一般情况下, 这种方案可以满足实时性的要求. 对于函数变换的精度, 取决于存储器输出数据的位数. 存储器 (ROM, EPROM 等) 的容量, 取决于自变量和函数的个数. 例如, 当有 n 个输入变量, m 个输出函数时, 应选 n 根地址线, m 根数据线的 EPROM, 故容量为 $2^n \times m$. 如果函数 $f(t)$ 的表达式

收稿日期 2002 - 06 - 25 ; 修订日期 2002 - 08 - 09

作者简介 张 震 (1966 -) 男, 河南省郑州市人, 郑州大学讲师, 硕士, 主要从事通信与电子技术、数字技术、微机系统的教学与科研工作.

万方数据

较复杂,在有 CPU 的数字系统中,计算 $f(\frac{i}{k}T)$ 也需较长时间,对于实时性要求较高的系统,是难以满足要求的.因此,利用存储器构成的函数发生器有一定局限性,其输出函数(波形)的频率不可能做得很高.

2 应用实例——函数发生器

函数发生器又称波形发生器,它是一种很常用的信号源.目前的函数发生器大都自动化程度很低,结构复杂,可靠性和准确性也比较差,调试困难,有些波形甚至难以实现.如果依据前文阐述的原理,采用直接数字合成(DDS)来构造函数发生器,不但硬件简单,而且波形准确,稳定性好.

DDS 从相位的概念出发进行频率合成,采用了数字取样技术.数字信号的相位按照给定的增量频率控制字步进,频率控制字由单片机产生.采样获得的一个周期的数字幅度信息预先存放在存储器 EPROM 中,EPROM 每一个单元对应模拟信号的一个离散样本值,经低通滤波器(LPF)滤波后输出.当然,若要产生诸如非正弦波(脉冲、方波等)及不连续波形,可以直接从 DAC 输出.图 1 是 DDS 的原理框图.显然,假设 f_c 为晶振产生的时钟频率, n 为相位相加器的分辨率, M 是存于相位相加器中的数,则系统输出的波形频率为 $f_0 = M \cdot f_c / 2^n$,一般来说,DDS 系统能够产生的频率范围是 $f_c / 2^n \sim f_c / 2$.

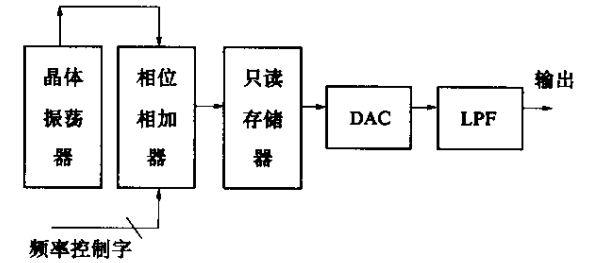


图 1 DDS 组成框图
Fig.1 The block diagram of DDS

将要产生的波形用数学方法写成函数,将 A_0, A_1, \dots, A_{n-1} 作为函数自变量,将 D_0, D_1, \dots, D_{m-1} 作为函数值,通过高级语言编程求出一个周期内的离散样点值(即函数值),并通过编程器写入到 A_0, A_1, \dots, A_{n-1} 对应的存储单元中去.工作时,相位相加器(其实就是循环计数器)对晶振输出的脉冲计数,计数输出 A_0, A_1, A_{n-1} 在 $0 \sim 2^n$ 间循环,每循环一个周期,输出的模拟量变化一个周期.如果在图 1 中去掉 DAC 环节,取 EPROM 的输

出数据 $D_0 \sim D_{m-1}$ 作为函数输出,则可实现 PWM 调制波形、步进电机的脉冲分配器等.

笔者利用图 1 的原理框图做成了单片机控制的多功能波形发生器,产生了正弦波、三角波、方波及多种石油测井中的井下复杂的模拟信号.图 2 3 4 分别给出 CCL 信号、放射性测井信号、温度(三角波)信号的示意图.图中信号的幅度、频率均可调.

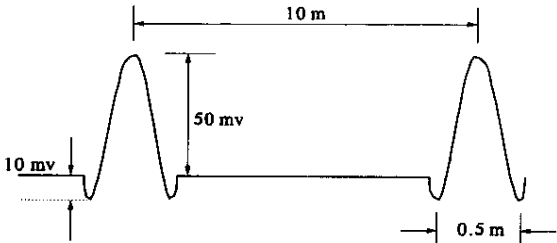


图 2 CCL 信号示意图
Fig.2 CCL signal sketch map



图 3 放射性测井信号示意图
Fig.3 The signal sketch map of radioactivity log well

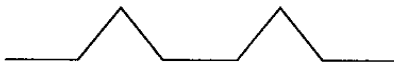


图 4 温度(三角波)信号示意图
Fig.4 Signal sketch map of temperature (triangular wave)

3 结束语

本文提出了采用 DDS 方法设计波形发生器的思想,介绍了存储器在波形发生器中的应用.基于 DDS 方法研制的系统具有结构简单、使用方便、实时性强、性价比高特点,而且波形参数(幅度、周期、频率)及波形可编程改变,具有一定的实用价值.

参考文献:

[1] Sciteq Electronics Inc. Gallium Arsenical Direct Digital Frequency Synthesizers[J]. Microwave Journal, 1988, 13: 35-140.
[2] ROBIN P Giffard, LEONARD S Cutler. A Low frequency high resolution digital synthesizer[J]. IEEE Frequency Control Symposium, 1992, 15: 188-192.
[3] VITOR S Reinhardt. Spur reduction techniques in direct

digital synthesizer [J]. IEEE International Frequency Control Symposium ,1993 ,14 :230 – 241 .

[4] 张 震 .DDS 应用研究[D]. 郑州 :解放军信息工程学院 ,1996 .

Applications of Memory in the Function Generator

ZHANG Zhen¹ , ZHANG Shan – zhong²

(1. College of Electric Engineering , Zhengzhou University ,Zhengzhou 450002 ,China ;2. Zhengzhou Highway Administration Bureau , Zhengzhou 450052 ,China)

Abstract : Designing function generator and carrying the frequency synthesis are the unique applications of memory . Starting from the basic principle of memory ,we carry out the theoretical studies according to the sampling theory , summarize out the functions of function transformation of the memory ,put forward the idea of using the DDS method to design the function generator .Based on this an application of using EPROM to construct the programable continuous function generator containing many kinds of simulation signal was given The result indicates that the function generator designed in this method has the properties of higher intelligent degree and easier controlling on the parameter .

Key words : memory ; function transformation ; sample ; sampling theory ; direct digital synthesizers