

虚拟仪器多逻辑函数处理算法及系统实现研究

黄进文

(保山学院 保山 678000)

摘要:为探索一种具有通用性、又能基于计算机软件实现的组合逻辑函数处理方法,提出并分析了采用虚拟译码器作为扫描逻辑运算单元来处理任意变量逻辑函数的原理及可行性,并基于 LabVIEW 设计实现了可用于任意多输入/输出逻辑函数的应用系统。实验结果表明,该系统具有操作直观、简化、不受变量数量及函数数量限制、通用易用的优点,且既可模拟实验,又可实现与外部数据通信,能满足实测实训的要求。

关键词:逻辑函数;扫描计算;虚拟仪器;实现

中图分类号: TP216.3 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 520.60

Processing algorithm and application system research on multi-logistic functions based on VI

Huang Jinwen

(Baoshan University, Baoshan 678000, China)

Abstract: In order to achieve a method in logistic function processing based on computer software, the paper discussed the principle and feasibility of using a VI-decoder as scanning logical operation unit to processing multi-input&-outpt logistic function, and designed the application system based on LabVIEW, experiment shows that the system has the characteristic of independence on the number of variables and functions, universal and ease-of-use, can be connected for data communication, and used in domain of simulation and actual measurement.

Keywords: logistic function; scanning operation; virtual instrument; realize

0 引言

虽然实现一个普通组合逻辑函数是一种简单的基本的的问题,而且有多种基于电路的实现方法可用,但无论何种基于电路的实现方法,缺乏通用性是其根本弱点。对于输入、输出变量较多的复杂逻辑函数,则更是如此,而且其实现的复杂程度也相对较高。

为此,本文将探索一种通用的算法,基于该算法可以通过计算机实现任意输入输出变量的组合逻辑函数,并最终基于虚拟仪器 LabVIEW 实现系统。该系统对输入变量及输出变量的数量均无限制,操作简单,只须录入公式(组)及变量数量即可运行,输出兼有二进制序列及波形输出两种。配合使用外部 DAQ 接口^[1-2],系统即可实现对实测输入量的逻辑处理,可满足任意组合逻辑函数的运算功能,有较好的通用性和实际应用意义^[3]。

1 LabVIEW 系统的特点

LabVIEW 是美国 NI 公司的虚拟仪器系统平台,具备

图形化编程风格,是目前使用最广泛的虚拟仪器系统,其程序(LabVIEW 后面板)由图标、框图等各类图形对象构成,这些图形对象经连线成为图形化的结构程序。LabVIEW 系统拥有丰富的 DAQ 接口与外界实现连接,从而成为一个“实际仪器”,故 LabVIEW 虚拟仪器系统实际上是一个具备物理实体功能的仪器系统,具备可重复性、可移植性、通用性及灵活性于一身的优点^[4-5]。本文基于该系统实现通用逻辑函数,亦具备这些优点。

2 任意逻辑函数实现的算法原理

2.1 系统设计的基本要求

首先,本文要求待实现逻辑函数以标准与或式形式(最小项和形式)给出,至于怎样化为标准形式,本文不作讨论,将另文阐述或参考相关文献(主要是复杂逻辑)。本文将输入变量的数量作为系统运算的必备参量,需事先指定输入。变量值的输入(导入)应预先先转为数值型,再由系统转为二进制序列进行运算。

收稿日期:2017-05

2.2 基本扫描运算单元及其构建

二进制译码器输出包含了所有输入变量的最小项,是实现逻辑函数的常规器件,可基于 LabVIEW 设计一虚拟译码器 IC^[6-7],作为完成最小项运算的基本单元,本文称之为“扫描运算单元”。该虚拟电路单元将通过移位扫描方式,完成所有最小项的运算处理。考虑到使用的可扩展性,扫描运算单元采用三输入译码器,高位不足3位时则补0。

基于 LabVIEW 系统设计的扫描运算单元(3-8译码器)后面板如图1(a)所示。使用前可将其封装为一子VI(子程序),供反复调用^[8],图标如图1(b)所示。

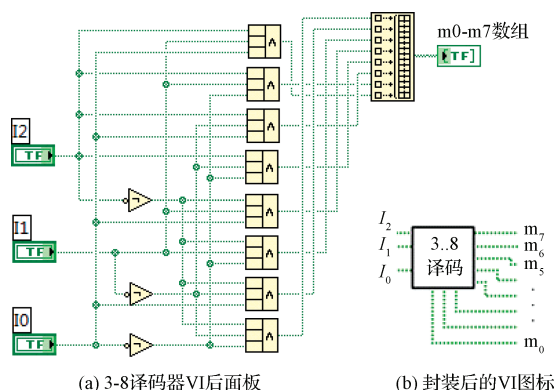


图1 扫描运算单元

图中输出 $y_i = m_i (i=0, 1, 2, \dots, 7)$, 输入为3变量 I_0 、 I_1 及 I_2 。

2.3 一个任意最小项的逻辑运算处理

对于任意变量数函数的一个最小项 M_i , 设:

$$M_i = a_{N-1}a_{N-2}\cdots a_2a_1a_0$$

a_i 可为原变量或反变量, 相应的输入变量为:

$$A = A_{N-1}A_{N-2}\cdots A_2A_1A_0$$

A_i 的取值为1或0。常规运算时, 取 $a_0 = A_0, a_1 = A_1, \dots, a_i = A_i$, 从而算出 M_i 值。现讨论一种适用于程序处理的分组计算方法。

在 M_i 中, 先定义一分组序号 $p = a_{k+2}a_{k+1}a_k$, 式中 a 为原变量则取值1, 反变量则取值0, 合成序列视为二进制数, 所对应的十进制值定义为一组3变量最小项的序号 p 。从 $k=0$ 开始, 从低位向高位按步长3对 M_i 中全部变量分组, 高位若不足3位则补零足3位, 则分组数 p 最大值应为:

$$p = \lceil N/3 \rceil \text{ (向上取整, 下同)}。$$

式中: N 为变量个数。

第 p 组最小项 m_i 序号为 $i = (a_{k+2}a_{k+1}a_k)_2$, 取十进制值。

在确定 M_i 所有分组后, 从低位到高位依次计算每组分解后的最小项 m_i 的值, 计算过程 m_i 中变量取值应与相应输入变量按位对应, 即将 $a_i = A_i$ 对应取值, 从而计算出 m_i 结果。

最后再将各组中间值相与, 从而得到该最小项的最终

计算结果 ($M_i = \prod m_i$)。

这一过程的实质是将一个最小项的一次运算过程, 分解为将待计算最小项 M_i 按3位一组分为若干组 (p 组)——子最小项 m_{p-i} , 再逐组进行计算, 最后相与的过程。下面举例说明。

关于分组数量, 取分组数 $p = \lceil N/3 \rceil$, 若 M_i 为2或3个变量, 则分为1组; 有5或6个变量则分为2组, 8变量则应分3组, 30变量则应分10组, 而31变量则应分11组, 以此类推。

现以一个5变量最小项为例具体说明分组运算过程。

假设某5变量函数一最小项为:

$$M_i = a_4a_3a_2a_1a_0 = \bar{I}_4I_3\bar{I}_2I_1\bar{I}_0$$

相应的输入变量为:

$$A = A_4A_3A_2A_1A_0 = 10101$$

分组计算过程如下。

1) 确定5变量分组数 $p = \lceil 5/3 \rceil = 2$, 分为两组。

第0组, $p=0$, 即 $m_{p-i} = m_{0-i}$, 其最小项序号应取 $i = (\bar{I}_2I_1\bar{I}_0)_2 = (010)_2 = (2)_{10}$, 即 $m_{0-i} = m_{0-2} = m_2$, 第0组最小项为 m_2 。

第1组, $p=1$, 即 $m_{p-i} = m_{1-i}$, 其最小项序号应取 $i = (0\bar{I}_4I_3)_2 = (001)_2 = (1)_{10}$, 即 $m_{1-i} = m_{1-1} = m_1$, 第1组最小项为 m_1 。

应注意到组序号 p 与子最小项编号 i 是不相同且无关的。

2) 按 $a_i = A_i$ 按位对应取输入变量值: $I_0 = A_0 = 1, I_1 = A_1 = 0, I_2 = A_2 = 1, I_3 = A_3 = 0, I_4 = A_4 = 1, I_5 = A_5 = 0$ (补0位), 计算:

$$\text{第0项: } m_2 = \bar{1} \cdot 0 \cdot \bar{1} = 0$$

$$\text{第1项: } m_1 = 0 \cdot \bar{1} \cdot 0 = 0$$

3) 将各子最小项值相与计算 M_i

$$M_i = \prod m_{p-i} = m_2 \cdot m_1 = 0$$

该最小项运算完毕。

其结果与直接运算:

$$M_i = a_4a_3a_2a_1a_0 = \bar{I}_4I_3\bar{I}_2I_1\bar{I}_0 = \bar{1}0\bar{1}0\bar{1} = 0 \text{ 是相同的。}$$

不难看出, 对于 N 变量逻辑函数的任意一个最小项, 运用3变量扫描单元每3位从低到高每组运算一次, 共运算 p 次, 最后将每次运算的中间结果 m_i 相与即为该最小项值。

实际上, 就单纯计算一个具体函数的最小项而言, 只需在计算到第一个值为“0”的 m_{p-i} 时, 即可判定该最小项结果为0, 而无须再进行后续计算(因为最终结果是将这些值进行与运算), 这样可以提高运算效率和平均处理速度。但是对于通用函数的计算, 同时还要进行其他数据的记录匹配, 故本文仍进行完整运算。

完成一个最小项扫描计算的流程框图如图2所示。

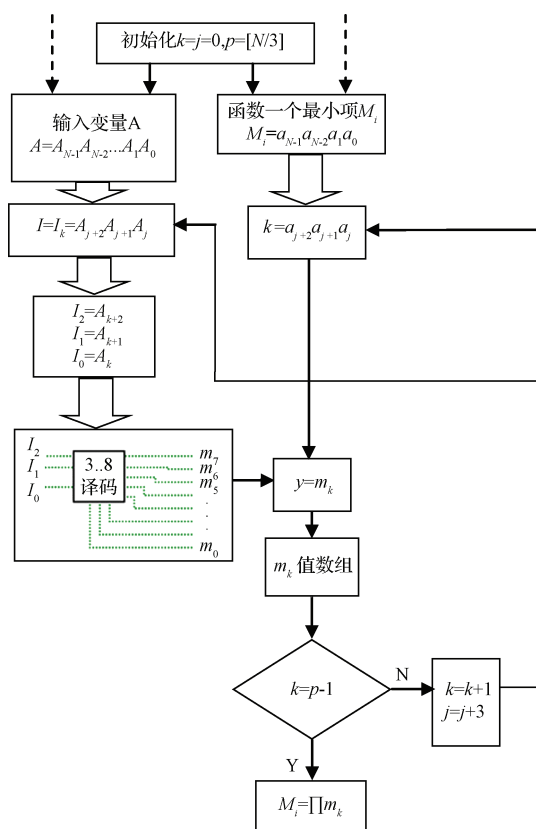


图2 一个最小项扫描计算流程

2.4 一个任意逻辑函数的完整运算

导入逻辑函数，调用前述最小项计算程序，计算函数中包含的全部最小项并记录存储，最终将记录的各最小项值进行或运算，输出结果即为该逻辑函数在对应输入变量值时的相应的最终输出结果。具体运算流程如图3所示。

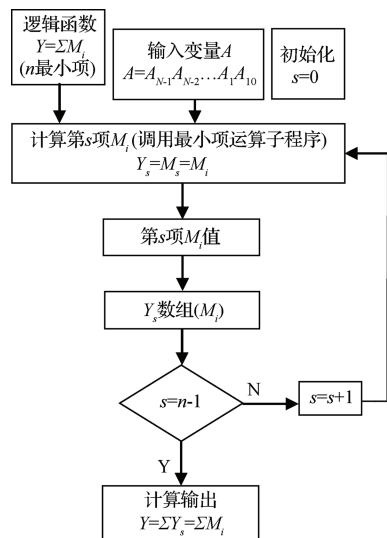


图3 一个公式的运算流程

同理，就单纯计算一个具体函数的最小项而言，只需在计算到第一个值为“1”的 M_i 时，即可判定该最小项结

果为“1”，而无须再进行后续计算（因为最终结果是将这些值进行或运算），基于相同的原因，本文仍进行完整运算。

2.5 系统主程序

主程序允许对导入的若干公式分别进行计算并输出各自的结果。为对多个逻辑式的处理，系统通过公式数量统计和公式序号指针来实现对多个公式管理运行，再通过调用逻辑函数计算子程序来逐个完成所有公式的计算及相应结果的输出和存储。

为保证系统的易用性，系统还专门设计了公式的编辑录入模块。该模块包括了完整的公式（组）编辑功能。如最小项按序号加入（插入）公式或从公式中删除某最小项，自动检查某最小项是否重复等功能；编辑好的当前公式经确认后提交，已提交公式也可从公式组列表中删除等。同时，所编辑的公式采用了逻辑代数的标准与或式直观显示（内部则以序号数组存储）。最后编辑完成的公式（组）经确认后自动导入，系统将依次执行对每一个公式的计算处理。

系统主程序原理如图4所示。

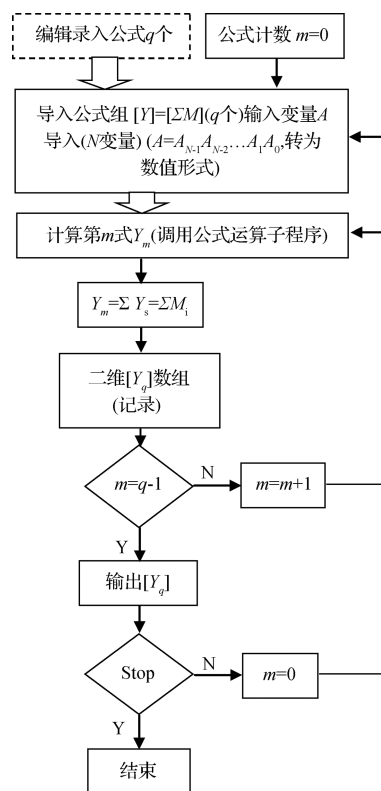


图4 主程序流程

3 实验及讨论

根据系统实现算法原理的论述，在虚拟仪器 LabVIEW8.6 中构建各程序模块（后面板图形程序略），经反复调试直至成功，输入数据进行模拟实验。

3.1 完备输入检测

对于 N 变量的逻辑函数,在输入公式后,由系统顺序产生 $0-(2^N-1)$ 的全部输入序列,通过对输出二进制序列及输出波形的检查,确认每组输出结果的正确性。因为输入量已包含输入变量全部的取值可能,故可称为“完备检测”。

如对于一个简单的 4 变量逻辑函数:

$$Y = M_0 + M_1 + M_3 + M_{12}$$

当依次输入 $0, 1, 2, \dots, 15$ 时(即 $0000-1111$, 4 变量的全部可能取值),全部输入下相应的输出依次应当只有第 $0, 1, 3$ 及 12 个输出为“1”(因为公式中只包含这些最小项),其他均应当为 0。实验结果截图如图 5 所示。

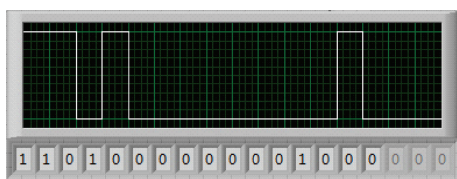


图 5 一个简单函数的完备输入检测结果

图 5 中上部为输出波形,而下方二进制序列则为对应波形的输出值二进制序列,每个输出(从左至右)对应的输入依次为 $0, 1, \dots, 15$ (即 $0000-1111$),其结果是正确的。进行多次不同输入函数模拟完备检测的结果,均说明了系统运算在原理及实现过程中的正确性。

3.2 外部数据实测实验

当接收外部数据时,应当按照系统的要求规范数据的接口及传递方式。

1) 多变量值的并行输入先转换为串行的二进制序列;

2) 串行二进制序列在输入系统时,应按指定输入的变量个数来截取对应位数长的二进制串;

3) 截取的二进制串再转为数值(对应的十进制值);

4) 将数值作为系统最终接收的变量输入值提交,如: $A = A_5 A_4 A_3 A_2 A_1 A_0 = 111110$,则转为“62”提交。

进行实测的一组结果如图 6 所示,该图示也即为最终的系统工作界面。

3.3 系统及相关实验数据说明

对图 6 中系统界面及实验数据说明如下:

1) 输入变量个数:25 个(25 变量的逻辑函数)

2) 同时运算处理的公式数量(输出数):3 个,分别为:

$$\begin{aligned} Y_0 &= M_0 + M_1 + M_3 + M_{18} + M_{28} + M_{158} + M_{159} + \\ &M_{457} + M_{1400} + M_{1560} + M_{2534} \\ Y_1 &= M_{11} + M_{115} + M_{278} + M_{782} + M_{28} \\ Y_2 &= M_2 + M_5 + M_9 + M_{14} + M_{19} + M_{26} + M_{33} + \\ &M_{38} + M_{47} + M_{90} + M_{187} + M_{263} + M_{300} + M_{301} + M_{441} + \\ &M_{766} + M_{1500} + M_{2689} \end{aligned}$$

注:公式可经操作界面直接编辑录入,也可导入已存

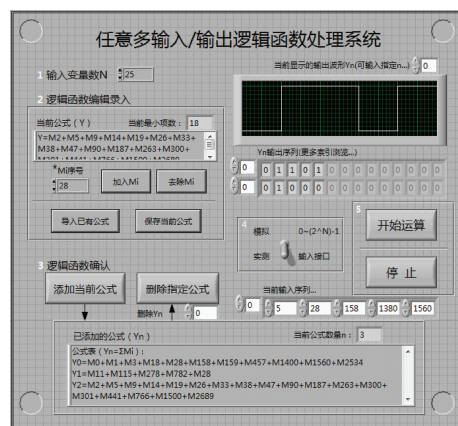


图 6 系统工作界面及一组实验数据结果

在的公式,或将当前编辑好的公式保存备用。

3) 输入数据序列:5 组,分别为 5、28、158、1 380 及 1 560。

4) 相关操作说明:

①输入及输出序列可通过指定索引值来查看未显示部分;

②波形只显示当前索引 n 指定的输出 Y_n (图中显示的即为 Y_0),查看其他输出亦可通过索引来指定;

③“模拟”即由系统产生 $0-(2^N-1)$ 的完备输入序列,用于系统检测工;

④“实测”即导入外部数据作为输入(图示输入为 5 组外部数据)。

5) 实验结果讨论

在 3 个输入公式 Y_0, Y_1, Y_2 中, Y_0 式中包含了与 5 组输入变量值对应的 3 个最小项 M_{18}, M_{28} 及 M_{1560} ,这与每个输入对应的输出序列 $0, 1, 1, 0, 1$ 是正确符合,所显示的波形输出也与对应的输出二进制序列相符。

Y_1 式中包含了 M_{28} 项(最后一项),与第 2 个输出相符,其 5 个输出序列 01000 中亦在第二个输出得到高电平(逻辑 1),结果正确。

Y_2 式中不包含任何与输入变量对应的最小项,其输出序列中值全部为 0(图中未显示该索引项,略),结果正确。

4 结 论

实验结果表明,该系统完全具备实现任意多输入、多输出的组合逻辑函数的功能,主要有以下特点:

1) 基于虚拟仪器 LabVIEW 系统搭建的平台,既能进行模拟实验,又能实现与外部设备接口进行数据交换^[9-10],还具有虚拟仪器系统的具备所有优点;

2) 系统功能强大、操作简单。对于任何复杂组合逻辑的实现过程,简化为只需录入变量数量和具体的若干公式即可实现。对于实现函数的最大变量数量,系统并无限制(因为理论上这只与计算机运算能力有关,与系统本身

算法无关);

3) 本系统可同时处理多个逻辑函数,同理最多可同时处理的函数数量,系统无限制,只与计算机运算能力有关;

4) 系统通用性强、易用性好,有较好的实际应用价值;

5) 本系统要求输入的逻辑函数为标准与或式(最小项和的形式)。对于一个实际的逻辑问题,可根据具体问题的真值表直接提供标准与或式;若要实现的逻辑问题是以一个非标准与或式形式给出,则需要预先手工变换为标准与或式,方能使用系统。至于复杂逻辑函数形式的变换问题,可参阅相关文献^[11-12]。

参考文献

- [1] 程金光,张荣福,郁浩,等. 基于 LabVIEW 的声音数据采集分析系统[J]. 电子测量技术,2016,39(2): 94-98.
- [2] 郑磊,周严. 基于 LabVIEW 的天文定向测量软件的设计[J]. 电子测量技术,2015,38(12):80-83.
- [3] 杏运,吕幼新,姒强. 基于虚拟仪器的任意波形发生器[J]. 电子测量技术,2011,34(6):68-72.
- [4] 黄进文,王威廉. 基于虚拟仪器的高频心电信号自动检测方法[J]. 电子测量技术,2008,31(9):58-60.
- [5] 尚振东,王群燕,韩建海,等. 基于 LabVIEW 的虚拟仪器在测试技术实验中的应用[J]. 中国现代教育装备,2007,24(1):119-121.
- [6] 黄进文,王善发,王孝民. 基于 LabVIEW 的数字虚拟芯片构建方法及应用[J]. 现代电子技术,2010,33(16):181-183.
- [7] 黄进文. 虚拟仪器新技术及其在我国的发展现状与展望[J]. 科技创新导报,2008,36(31):8-10.
- [8] 黄进文. 虚拟仪器数字电路仿真技术[M]. 昆明:云南大学出版社,2012.
- [9] 荆学东,徐浜士,王成涛,等. 虚拟仪器技术及其应用[J]. 陕西科技大学学报,2007,25(2):128-132.
- [10] 万相奎,秦树人,尹爱军. 虚拟式多通道温度测试仪[J]. 重庆大学学报:自然科学版,2002,25(4):6-10.
- [11] 涂昌培. 多变量逻辑函数的分组化简法[J]. 江汉大学学报:社会科学版,1999,16(6):47-50.
- [12] 王杏林,陈虹丽. 多变量逻辑函数化简的简便方法[J]. 系统工程理论与实践,1999,19(4):125-128.

作者简介

黄进文,1972 年出生,教授,硕士,主要研究方向为电子信息科学。

E-mail:hjwyyz@163.com