

明德扬科技教育有限公司

FIFO 实现包文对比模块练习

官 网: www.mdy-edu.com

淘 宝: mdy-edu.taobao.com

QQ 群: 97925396

QQ 咨询: 158063679

简易计算器

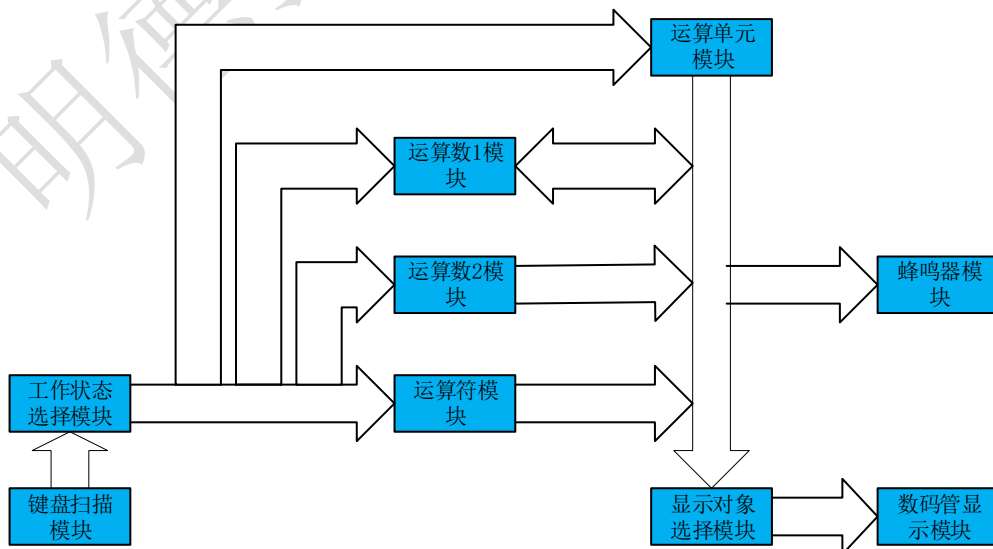
一、基本功能概述

简易计算器支持简单的四则运算(支持负数)，在此基础上，添加了连续运算功能。
计算器面板如下：

7	8	9	+
4	5	6	-
1	2	3	C
0	*	/	=

- 1、计算器通过矩阵键盘模拟按键输入，并通过数码管显示。
- 2、计算器有“0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、+、-、*、/、C、=”共 16 个按键。
- 3、计算器不支持输入负数，运算结果支持负数但不支持小数。
- 4、操作数 1、操作数 2 及运算结果最大支持 8 位。其中，操作数 1 和运算结果的位数包括符号位“-”。
- 5、操作数 1 和操作数 2 的默认值为 0。
- 6、计算器支持连续运算，允许在输入操作数 2 后按下运算符，或者得出运算结果后按下运算符。
- 7、当运算结果溢出时，数码管显示 8 个 F。
- 8、当操作数 1 或者操作数 2 的长度溢出时，蜂鸣器会响。

系统框架如下图：



一条等式可以写成：“运算数 1”+“操作符”+“运算数 2”+“=”+“结果”。这里，我们将计算器分成 5 种工作状态：输入运算数 1(OP_1)、运算符(OPER)、输入运算数 2(OP_2)、输出结果(RESULT)、结果错误(ERROR)；

工作状态由工作状态选择模块根据当前计算器的工作状态以及键盘输入的内容共同决定；

运算数 1 模块根据当前工作状态来决定存放运算数 1 或者运算结果；

运算数 2 模块存放运算数 2；

运算符模块存放运算符；

运算单元模块根据运算符对运算数 1 和运算数 2 进行运算，并将运算结果输出给运算数 1 模块；

显示对象选择模块根据此时计算器的工作状态来选择显示运算数 1 或者 2；

数码管显示模块直接显示显示对象选择模块给出的数据；

键盘扫描模块对行列信号进行综合判断，从而得出此时按下的按键的位置；

蜂鸣器根据各种输入异常或者输出结果异常来选择是否响铃。

二、系统详细说明

1、键盘扫描模块(key_scan.v)

该模块的作用是对输入的行列信号进行综合判断，从而得出被按下按键的位置。

计算器面板如下：

7	8	9	+
4	5	6	-
1	2	3	C
0	*	/	=

	I/O	位宽	说明
系统接口信号			
clk	I	1	系统时钟信号： 50M
rst_n	I	1	系统复位信号： 低电平有效

按键处理模块的接口信号			
col	I	4	行输入信号
row	O	4	列输入信号
工作状态选择模块的接口信号			
key_num	O	4	按键位置输出信号： key_vld 有效时，该信号有效
key_vld	O	1	按键有效指示信号： 高电平有效

2、工作状态选择模块(work_state.v)

该模块的作用是判断和决定计算器的工作状态。

计算器分为 5 种工作状态：

复位后，计算器进入 OP_1 状态；

OP_1:

- (a) 按下等号，跳到 RESULT 状态；
- (b) 按下运算符，跳到 OPER 状态；

OPER:

- (a) 按下数字，跳到 OP_2 状态；
- (b) 按下等号，跳到 RESULT 状态；

OP_2:

- (a) 按下等号，跳到 RESULT 状态；
- (b) 按下运算符，跳到 OPER 状态；

RESULT:

- (a) 按下数字，跳到 OP_1 状态；
- (b) 按下运算符，跳到 OPER 状态；
- (c) 按下等号，停留在 RESULT 状态；

ERROR:

- (a) 按下数字，跳到 OP_1 状态；
- (b) 按下其它键，停留在 ERROR 状态；

	I/O	位宽	说明
系统接口信号			
clk	I	1	系统工作时钟： 50M
rst_n	I	1	系统复位信号： 低电平有效
键盘扫描模块的接口信号			
key_num	I	4	按键位置输入信号： key_vld 有效时，该信号有效
key_vld	I	1	按键有效指示信号：

			高电平有效
运算单元模块的接口信号			
result_err	I	1	运算结果错误信号
蜂鸣器、运算数 1、运算数 2、运算单元、显示对象选择模块的接口信号			
key_num_out	O	4	按键位置输入信号： key_vld_out 有效时，该信号有效
key_vld_out	O	1	按键有效指示信号： 高电平有效
cal_state	O	3	计算器工作状态指示信号 3'b001:输入运算数 1; 3'b010:输入运算数 2; 3'b100:输出结果

3、运算数 1 模块(op_1.v)

该模块的作用是保存运算数 1 或者运算结果。

- (1) 当计算器处于 OP_1 状态下，任何连续输入的数字(不超过 8 位)都将存放在该模块中，作为运算数 1；
- (2) 当运算数 1 已经到达 8 位时，此时无论输入任何数字，运算数 1 不变；
- (3) 当计算器经过一次运算后（按下等号或者在 OP_2 状态下按下运算符），运算数 1 存放运算结果 result；

	I/O	位宽	说明
系统接口信号			
clk	I	1	系统时钟信号： 50M
rst_n	I	1	系统复位信号： 低电平有效
工作状态选择模块的接口信号			
key_num_out	I	4	按键位置输入信号： key_vld_out 有效时，该信号效
key_vld_out	I	1	按键有效指示信号： 高电平有效
cal_state	I	3	计算器工作状态指示信号： 3'b001:输入运算数 1; 3'b010:输入运算数 2; 3'b100:输出结果
运算单元模块的接口信号			
op_1	O	27	运算数 1 输出信号
result	I	27	运算结果输出信号
蜂鸣器模块的接口信号			
op_1_err	O	1	运算数 1 溢出信号：

			运算数 1 到达 8 位(包括符号位“-”)后, 按下任何数字, 该信号输出一个时钟周期的高电平
--	--	--	--

4、运算符模块(oper.v)

该模块的作用是保存最新按下的运算符。

	I/O	位宽	说明
系统接口信号			
clk	I	1	系统时钟信号: 50M
rst_n	I	1	系统复位信号: 低电平有效
工作状态选择模块的接口信号			
key_num_out	I	4	按键位置输入信号: key_vld_out 有效时, 该信号效
key_vld_out	I	1	按键有效指示信号: 高电平有效
cal_state	I	3	计算器工作状态指示信号: 3'b001:输入运算数 1; 3'b010:输入运算数 2; 3'b100:输出结果
运算单元模块的接口信号			
oper	O	4	运算符输出信号

5、运算数 2 模块(op_2.v)

该模块的作用是保存运算数 2。

- (1) 当计算器处于 OP_2 状态下, 任何连续输入的数字(不超过 8 位)都将存放在该模块中, 作为运算数 2, 默认值为 0;
- (2) 当运算数 2 已经到达 8(包括符号位“-”)位时, 此时无论输入任何数字, 运算数 2 不变;

	I/O	位宽	说明
系统接口信号			
clk	I	1	系统时钟信号: 50M
rst_n	I	1	系统复位信号: 低电平有效
工作状态选择模块的接口信号			

key_num_out	I	4	按键位置输入信号： key_vld_out 有效时，该信号有效
key_vld_out	I	1	按键有效指示信号： 高电平有效
cal_state	I	3	计算器工作状态指示信号 3'b001:输入运算数 1; 3'b010:输入运算数 2; 3'b100:输出结果
运算单元模块的接口信号			
op_2	O	27	运算数 2 输出信号
蜂鸣器模块的接口信号			
op_2_err	O	1	运算数 2 溢出信号： 运算数 2 到达 8 位(包括符号位“-”)后，按下任何数字， 该信号输出一个时钟周期的高电平

6、运算单元模块(result.v)

该模块的作用是根据运算符，对运算数 1 和运算数 2 进行操作。

- (1) 当计算器处于 OP_2 状态下按下运算符或者在任何状态下按下等号时，该模块根据此时 op_1, op_2 以及 oper 的值，进行运算；
- (2) 若运算结果溢出，或者长度大于 8 位(包括符号位“-”)或者除数为 0 时，输出 8 个 F；
- (3) 最多保留运算结果整数部分的 8 个有效数字，不保留任何小数；

	I/O	位宽	说明
系统接口信号			
clk	I	1	系统时钟信号： 50M
rst_n	I	1	系统复位信号： 低电平有效
工作状态选择模块的接口信号			
key_num_out	I	4	按键位置输入信号： key_vld_out 有效时，该信号有效
key_vld_out	I	1	按键有效指示信号：高电平有效
cal_state	I	3	计算器工作状态指示信号： 3'b001:输入运算数 1; 3'b010:输入运算数 2; 3'b100:输出结果
运算数 1 模块的接口信号			
op_1	I	27	运算数 1 输入信号
运算数 1、显示对象选择模块的接口信号			

result	O	27	运算结果输出信号
运算数 2 模块的接口信号			
op_2	I	27	运算数 2 输入信号
蜂鸣器模块的接口信号			
result_err	O	1	运算结果错误信号： 运算结果溢出或者除数为 0 时，该信号输出一个时钟周期的高电平
显示对象选择模块的接口信号			
result_neg	O	1	运算结果符号位指示信号 当运算结果为负数时，该信号为高电平

7、显示对象选择模块(display_sel.v)

该模块的作用是根据当前计算器的工作状态来选择数码管的显示内容。

- (1) 复位后，该模块输出 0；
- (2) 当计算器处于 OP_1 状态下，该模块选择输出运算数 1；
- (3) 当计算器处于 OPER 状态下，该模块选择输出运算数 1；
- (4) 当计算器处于 OP_2 状态下，该模块选择输出运算数 2；
- (5) 当计算器处于 RESULT 状态下，该模块选择输出运算数 1；
- (6) 当计算器处于 ERROR 状态下，该模块选择输出 8 个 F；

	I/O	位宽	说明
系统接口信号			
clk	I	1	系统时钟信号： 50M
rst_n	I	1	系统复位信号： 低电平有效
工作状态选择模块的接口信号			
cal_state	I	3	计算器工作状态指示信号： 3'b001:输入运算数 1； 3'b010:输入运算数 2； 3'b100:输出结果
运算数 1 模块的接口信号			
op_1	I	27	运算数 1 输入信号
运算数 2 模块的接口信号			
op_2	I	27	运算数 2 输入信号
运算单元模块的接口信号			
result_neg	I	1	运算结果符号位指示信号
数码管显示模块的接口信号			
display	O	32	显示数据输出信号： (1)当 cal_state=5'b00001 时，display=op_1；

			(2)当 cal_state=5'b00010 时, display=op_1; (3)当 cal_state=5'b00100 时, display=op_2; (4)当 cal_state=5'b01000 时, display=op_1; (5)当 cal_state=5'b10000 时, display=8'hFF;
display_vld	O	1	显示数据有效指示信号 当显示数据有变化时有效

8、数码管显示模块(segment.v)

该模块的作用是对显示对象选择模块的显示数据输出信号(display)进行数码管显示。

- (1) 复位后, 数码管默认显示运算数 1;
- (2) 当 result_err 有效时, 数码管显示 8 个 F;
- (3) 当 result_neg 有效时, 第 8 个数码管显示“—”;
- (4) 数码管显示 display;

	I/O	位宽	说明
系统接口信号			
clk	I	1	系统时钟信号: 50M
rst_n	I	1	系统复位信号: 低电平有效
seg_sel	8	O	数码管位选信号
segment	8	O	数码管段选信号
显示对象选择模块的接口信号			
display	I	32	显示数据输入信号
display_vld	I	1	显示数据有效指示信号

9、蜂鸣器模块(beep.v)

该模块的作用是对各种错误输入或输出进行响铃警告。

- (1) op_1_err 或者 op_2_err 或者 result_err 有效时, 蜂鸣器响 1 秒;

	I/O	位宽	说明
系统接口信号			
clk	I	1	系统时钟信号: 50M
rst_n	I	1	系统复位信号: 低电平有效

运算数 1 模块的接口信号			
op_1_err	I	1	运算数 1 溢出信号： 高电平有效
运算数 2 模块的接口信号			
op_2_err	I	1	运算数 2 溢出信号： 高电平有效
运算单元模块的接口信号			
result_err	I	1	运算结果错误信号： 高电平有效
系统接口信号			
beep	O	1	蜂鸣器输出信号： 低电平有效