

数字全加器

操作说明书

本实验将分别采用（1）门电路（2）数据选择器（3）二进制译码器三种不同逻辑器件实现 1 位全加器的逻辑电路功能。具体的实验步骤及操作方法分述如下。

1. 使用小规模集成电路（门电路）实现全加器

（1）根据 1 位全加器的逻辑功能，写出 1 位全加器的逻辑真值表，如表 1 所示。

表 1. 1 位全加器的逻辑真值表

输入	A	0	0	0	0	1	1	1	1
	B	0	0	1	1	0	0	1	1
	CI	0	1	0	1	0	1	0	1
输出	S	0	1	1	0	1	0	0	1
	CO	0	0	0	1	0	1	1	1


（2）根据逻辑真值表，写出本位和 S 以及向高位的进位 CO 的最小项之和的逻辑表达式（式 1）。

$$\begin{cases} S = \overline{A}\overline{B}CI + \overline{A}B\overline{C}I + A\overline{B}\overline{C}I + A\overline{B}CI \\ CO = \overline{A}BCI + A\overline{B}CI + ABCI + A\overline{B}CI \end{cases} \quad \text{式 1}$$

（3）将最小项之和逻辑表达式化简为异或和与非逻辑表达式（式 2）。

$$\begin{cases} S = A \oplus B \oplus CI \\ CO = (A \oplus B) \bullet CI + AB = \overline{(A \oplus B) \bullet CI \bullet AB} \end{cases} \quad \text{式 2}$$

（4）根据逻辑表达式 2，用异或门、与非门分别实现 1 位全加器的逻辑电路功能。

（5）启动 Proteus 软件，在对象选择器中单击  按钮，选择电子元件。

（6）在“Keywords”的搜索框中输入所需元件名称，选择本实验所需元件 74LS86（异或门）、74LS00（与非门），选取元件后，摆好各元件的位置，然后用鼠标单击欲连线的元件，并调整线路的走线，形成图 1 所示的门电路全加器。

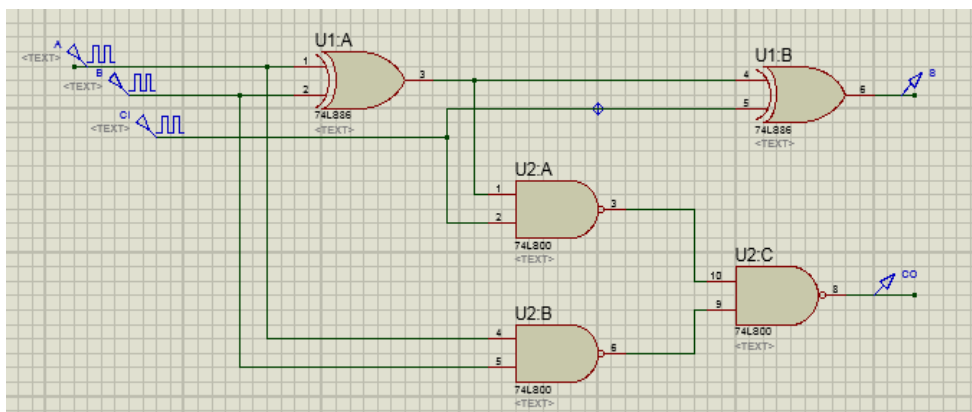


图 1 门电路实现全加器仿真图



(7) 放置输入源。单击工具栏中的按钮 ，在图 1 的输入端放置 DCLOCK 型激励源。然后双击打开其编辑框，如图 2 所示，对其数值进行修改。本实验中，输入 A 的周期设置为 4s，输入 B 的周期设置为 2s，输入 CI 的周期设置为 1s。



图 2 激励源数值设置框

(8) 放置探针。由于需要分析 S 和 CO 输出信号的情况，所以需放置两个探针在输出端。单击工具栏中的探针按钮 ，在输出端放置电压探针 VOLTAGE。激励源发生器自带一个探针，所以输入端不需要额外添加探针。为了分析方便起见，右击探针打开编辑对话框，可在编辑框中对探针名称进行修改编辑。

(9) 单击工具箱中的图表仿真按钮  进入图表模式，在对象选择器出现的图表列表中选择数字分析图表 DIGITAL，鼠标指向编辑窗口，按下左键拖出一个方框，松开左键确定方框大小，将数字分析图表加载在原理编辑图中。

(10) 添加探针到图表。选中图标，单击右键，选择“Add Traces...”，在“Probe P1”的下拉菜单中选择 A，点击 OK。然后重复上述步骤分别添加 B、CI、S 和 CO。如图 3 所示为添加完 A、B、CI 的结果示意。

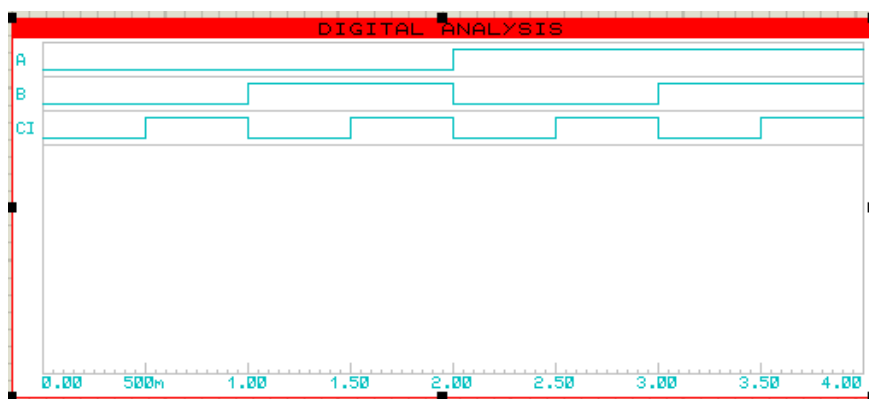


图 3 数字分析图表

(11) 设置仿真图表。运行时间由 X 轴的范围确定。先右击选中图标然后单击图标出现编辑图标对话框，设置相应的开始时间和停止时间即可，如图 4 所示。本实验中，激励源的最大周期为 4s，因此，设置起始时间为 0s，结束时间为 4s。图表的颜色参数可以通过菜单栏中下 Template 中的 Set Graph & Trace Colors 进行设置。

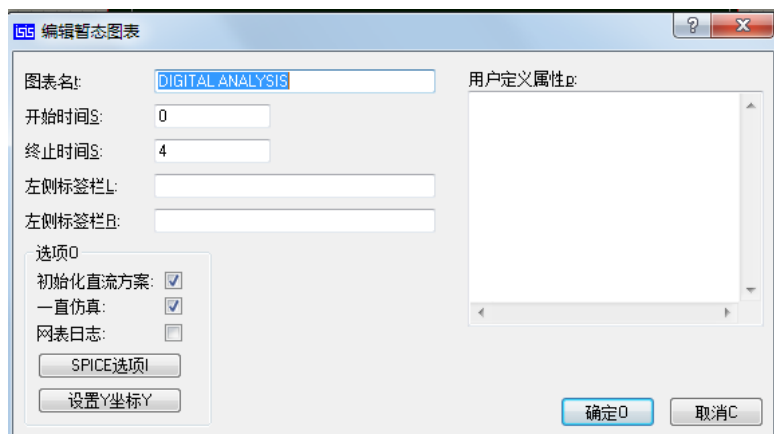


图 4 图表设置框

(12) 进行仿真实验。选择图表，按下空格键即可，或单击右键，选择“Simulate Graph”进行所涉及电路的仿真实验。仿真结果出来后，选中图标，单击右键，可选择 Maximize 最大化图标窗口，以方便观察实验数据。

(13) 将仿真实验结果数据与真值表进行对比，验证所设计电路的正确性。

2. 使用中规模集成电路（数据选择器）实现全加器

(1) 根据四选一数据选择器的逻辑功能写出逻辑表达式（式 3）。

$$Q = (\overline{A_1}\overline{A_0})D_0 + (\overline{A_1}A_0)D_1 + (A_1\overline{A_0})D_2 + (A_1A_0)D_3 \quad \text{式 3}$$

(2) 本位和 S 以及向高位进位 CO 的最小项之和的逻辑表达式（式 4）。

$$\begin{cases} S = \overline{A}\overline{B}CI + \overline{A}B\overline{C}I + A\overline{B}\overline{C}I + AB\overline{C}I \\ CO = \overline{A}BCI + A\overline{B}CI + AB\overline{C}I + ABCI \end{cases} \quad \text{式 4}$$

(3) 取 1 位全加器三个变量中 A、B 为地址变量、CI 为数据变量。

(4) 根据四选一数据选择器的逻辑表达式确定本位和 S 的地址变量和数据变量：

地址变量： $A_1 = A$; $A_0 = B$;

数据变量： $D_0 = CI$; $D_1 = \overline{CI}$; $D_2 = \overline{CI}$; $D_3 = CI$

(5) 根据四选一数据选择器的逻辑表达式确定向高位的进位 CO 的地址变量和数据变量：

地址变量： $A_1 = A$; $A_0 = B$;

数据变量： $D_0 = 0$; $D_1 = CI$; $D_2 = CI$; $D_3 = 1$

(6) 启动 Proteus 软件，选择所需电子元件，具体步骤如实验 1 所示。本实验所需元件为 74LS153（双四选一数据选择器）、74LS04（与非门），选取电子元件后，摆好各元件的位置，然后用鼠标单击欲连线的元件，调整线路的走线，形成如图 5 所示由数据选择器构成的全加器仿真电路。

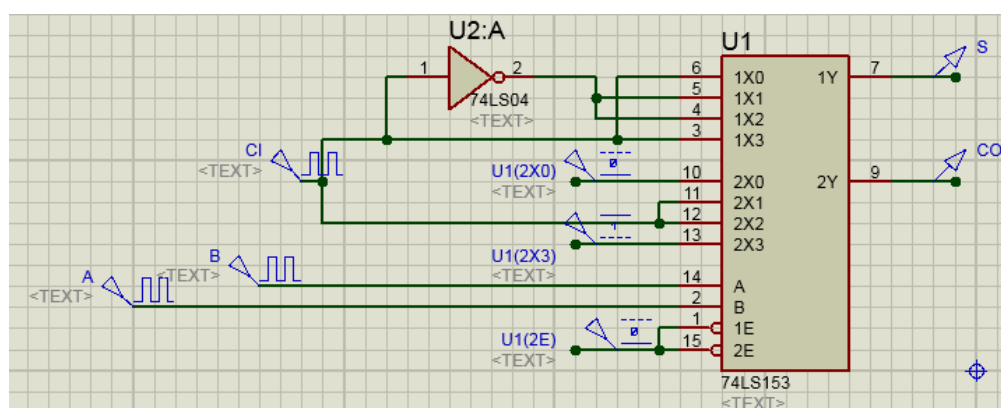



图 5 数据选择器实现全加器仿真图

(7) 将管脚 10、1、15 设置为如图 6 所示的低电平（强差），同理将管脚 13 设置为高电平（强高）。



图 6 激励源设置框

(8) 放置输入源。在输入端放置激励源。输入端放置 DCLOCK 型激励源。双击打开其编辑框，对其参数值进行修改。本实验中，输入 A 的周期设置为 4s，输入 B 的周期设置为 2s，输入 CI 的周期设置为 1s。

(9) 放置探针。因为需要分析 S 和 CO 输出信号情况，所以要放置两个探针在输出端。单击工具栏中的探针按钮 ，在输出端放置电压探针 VOLTAGE。激励源发生器自带一个探针，所以输入端不需要额外添加探针。为了分析方便起见，右击探针打开编辑对话框，可在编辑框中对探针名称进行编辑。

(10) 单击工具箱中的图表仿真按钮  进入图表模式，在对象选择器出现的图表列表中选择数字分析图表 DIGITAL，鼠标指向编辑窗口，按下左键拖出一个方框，松开左键确定方框大小，将数字分析图表加载在原理编辑图中。

(11) 添加探针到图表。选中图标，单击右键，选择“Add Traces...”，在“Probe P1”的下拉菜单中选择 A，点击 OK，然后重复步骤分别添加 B、CI、S 和 CO，如图 7 所示为添加完 A、B、CI 的结果。

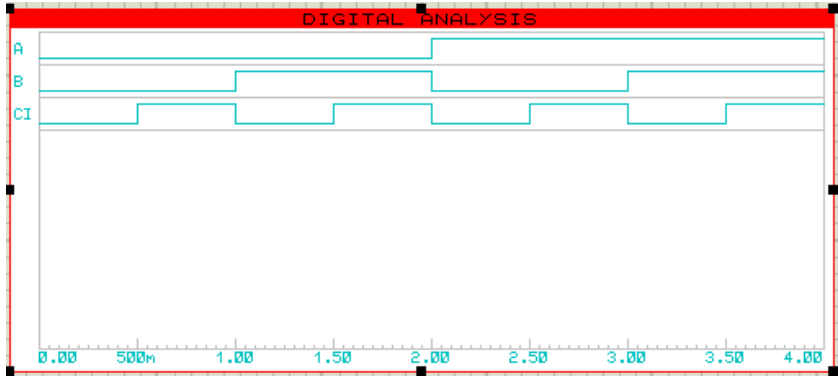


图 7 数字分析图表

(12) 设置仿真图表。运行时间由 X 轴的范围确定。先右击选中图标然后单击图标出现编辑图标对话框，设置图 8 所示的开始时间和停止时间即可。本实验中，激励源的最大周期为 4s，因此，设置起始时间为 0s，结束时间为 4s。图表的颜色参数可以通过菜单栏下 Template 中的 Set Graph & Trace Colors 进行设置。

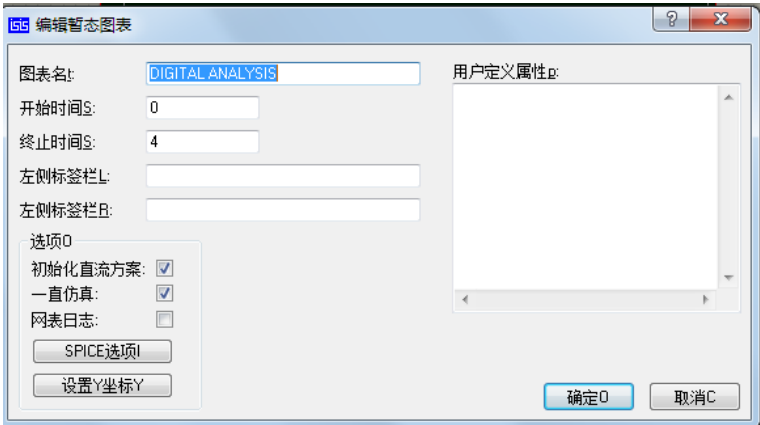


图 8 图表设置框

(12) 进行仿真。选择图表，按下空格键即可，或单击右键，选择“Simulate Graph”即可测试所设计的全加器仿真电路。仿真结果出来后，选中图标，点击右键，可选择 Maximize 最大化图标窗口，以方便观察实验数据。

(13) 将仿真实验结果与真值表进行对比，验证所设计电路的正确性。

3. 使用中规模集成电路（二进制译码器）实现全加器

(1) 写出本位和 S 以及向高位进位 CO 的最小项之和的逻辑表达式(式 4)。

$$\begin{cases} S = \overline{A}\overline{B}CI + \overline{A}B\overline{C}I + A\overline{B}\overline{C}I + AB\overline{C}I \\ CO = \overline{A}BCI + A\overline{B}CI + ABC\overline{I} + ABCI \end{cases} \quad \text{式 4}$$

(2) 确定本位和 S 的最小项如式 5。

$$S(A, B, CI) = \sum(m_1, m_2, m_4, m_7) \quad \text{式 5}$$

(3) 确定向高位进位 CO 的最小项如式 6。

$$CO(A, B, CI) = \sum(m_3, m_5, m_6, m_7) \quad \text{式 6}$$

(4) 启动 Proteus 软件，选择所需电子元件，具体步骤如实验 1 所示。本实验所需元件为 74LS138(二进制译码器)、74LS20(与非门)，选取电子元件后，摆好各元件的位置，然后用鼠标单击欲连线的元件，调整线路的走线，形成如图 9 所示的全加器电路。

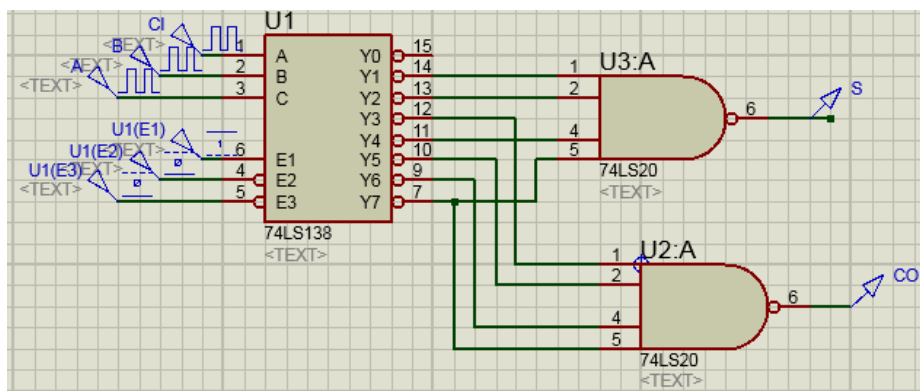


图 9 二进制译码器实现全加器仿真图


(5) 将表示 S 的最小项输出接入 74LS20 其中一个与非门的输入端。


(6) 将表示 CO 的最小项输出接入 74LS20 另一个与非门的输入端。

(7) 将 S 和 CO 的数据变量分别接入两个 74LS20 的输出端。

(8) 将 74LS138 管脚 4、5 设置为低电平，将管脚 6 设置为高电平。

(9) 放置输入源。输入端放置 DCLOCK 型激励源。双击打开其编辑框，对其参数值进行修改。本实验中，输入 A 的周期设置为 4s，输入 B 的周期设置为 2s，输入 CI 的周期设置为 1s。

(10) 放置探针。因为要分析 S 和 CO 输出信号情况，所以需放置两个探针在输出端。单击工具栏中的探针按钮，在输出端放置电压探针 VOLTAGE。激励源发生器自带一个探针，所以输入端不需要额外添加探针。为了分析方便，右击探针打开编辑对话框，可在编辑框中对探针名称进行编辑。

(11) 单击工具箱中的图表仿真按钮 进入图表模式，在对象选择器出现的图表列表中选择数字分析图表 DIGITAL，鼠标指向编辑窗口，按下左键拖出一个方框，松开左键确定方框大小，将数字分析图表加载在原理编辑图中。

(12) 添加探针到图表。选中图标，单击右键，选择“Add Traces...”，在“Probe P1”的下拉菜单中选择 A，点击 OK。然后重复上述步骤图 10 为添加完 B、CI、S 和 CO 的结果。

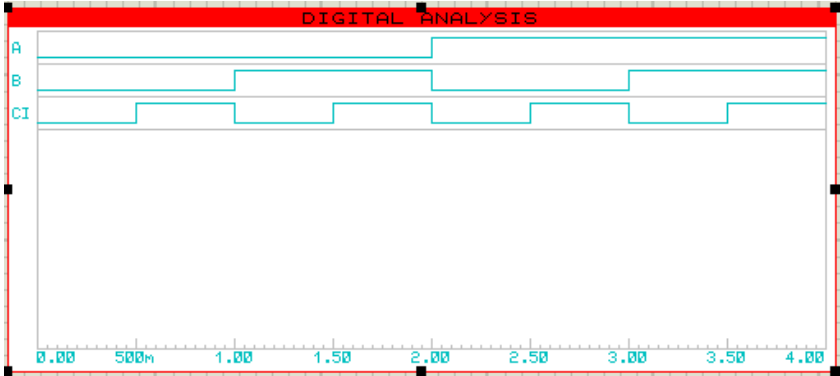


图 10 数字分析图表

(13) 设置仿真图表。运行时间由 X 轴的范围确定。先右击选中图标然后单击图标出现编辑图标对话框，设置如图 11 所示的开始时间和停止时间即可。本实验中，激励源的最大周期为 4s，因此，设置起始时间为 0s，结束时间为 4s。图表的颜色参数可以通过菜单栏下 Template 中的 Set Graph & Trace Colours 进行设置。

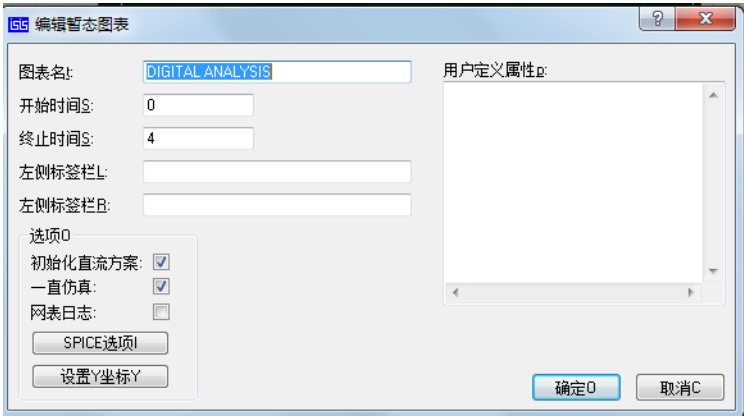


图 11 图表设置框

(14) 进行仿真。选择图表，按下空格键，或单击右键，选择“Simulate Graph”即可对所设计仿真电路进行测试。仿真结果出来后，选中图标，单击右键，可选择 Maximize 最大化图标窗口，以方便观察实验数据。

(15) 将仿真实验结果数据与真值表进行对比，验证所设计电路的正确性。