

北京交通大学

数字电路课程 研究性教学活动研究专题 (论文)

研究专题题目： 出租车计价器

学 院： 计算机与信息技术学院

专 业： 计算机科学与技术

学生姓名： 衡勇睿、左可富

学 号： 22281067、22281088

指导教师： 章春娥

北京交通大学

2023 年 12 月

中文摘要

摘要：本次研究专题为基于 Multisim 仿真软件设计一个出租车计价器系统，该系统根据乘客乘坐时出租车行驶的路程及途中停车等待时间计价，并在行驶过程中同步显示车费。考虑到不同里程和不同停车时间的计价原则不一致，该系统能进行分段计价。该系统设计主要由 74LS160 加法计数器、7485 数字比较器、七段共阳 LED 数码管、2 选 1 数据选择器和若干个逻辑门电路来实现。本文阐述了出租车计价器的结构和工作原理、电路设计与仿真过程。

关键词：分段计价；出租车计价器；Multisim

ABSTRACT

ABSTRACT: This research topic is to design a taxi fare meter system based on Multisim simulation software. The system calculates the fare based on the distance traveled by passengers during the taxi ride and synchronously displays the fare during the journey. Considering the inconsistent pricing principles for different mileage, this system can perform segmented pricing. The system design mainly consists of multiple switches, 74LS160 addition counters, 7485 digital comparators, seven segment common anode LED digital tubes, and several logic gate circuits. This article elaborates on the structure and working principle, circuit design, and simulation process of a taxi meter.

KEYWORDS: Segmented pricing; Taxi meter; Multisim

目 录

中文摘要	I
ABSTRACT	II
目 录	III
1 引 言	4
2 出租车计价器设计理念及应用场合	4
3 出租车计价器设计目标	4
4 出租车计价器设计方案	5
4.1 行驶里程模块	6
4.1.1 路程计数电路	7
4.1.2 路程比较电路	8
4.2 停车计时模块	9
4.2.1 停车计时电路	10
4.2.2 时间比较电路	11
4.3 计费模块	12
4.4 总控电路	13
4.4.1 初始值设定与状态选择电路	13
4.4.2 模块连接电路	13
5 出租车计价器核心元器件介绍	15
5.1 74LS160	16
5.2 7485	16
6 仿真结果	18
6.1 仅当里程超出 1.5 千米	18
6.2 仅当时间超过 2.5 分钟	19
6.3 当里程超过 1.5 千米且时间超过 2.5 分钟	20
7 总结与收获	21
参考文献	22
致 谢	23

1 引言

Multisim 是美国国家仪器 (NI) 有限公司推出的一款以 Windows 为基础的面向板级模拟和数字电路板设计的仿真工具软件, 具有直观的图形界面、丰富的元件及测试工具、强大的电路分析功能和电路设计功能。与传统的电路设计相比, 电路设计仿真非常方便快捷, 可随时调整元器件参数以达到预期的要求, 实时检验电路结果的正确性, 从而降低电路设计成本, 缩短设计周期, 提高设计效率。Multisim 仿真软件普遍应用于电子工程、产品设计及系统开发等方面, 本文通过出租车计价器的设计及仿真测试, 可将组合逻辑电路与脉冲波形的产生相关知识有机地、系统地联系起来, 并应用于解决实际问题。

2 出租车计价器设计理念及应用场合

出租车计价器的设计是为了根据乘客乘坐时汽车行驶路程和途中停车等待时间的多少计价, 并在行驶过程中同步显示车费。主要应用在出租车计费方面。通过本次设计, 将所学的理论知识应用到实践中来, 理论联系实际, 进一步加深对已学相关专业知识认识。其次, 通过此次设计, 熟悉并掌握电子设计电路的一般设计方法, 熟悉电子元器件的表示、参数及封装样式。在设计出租车里程计价表电路过程中, 进一步系统地掌握相关专业知识及元件作用, 学习利用相关软件进行电路的调试, 掌握电路的仿真及应用仿真软件。

3 出租车计价器设计目标

出租车计价器根据乘客乘坐时汽车行驶路程和途中累计停车等待时间计价, 并在行驶过程中同步显示车费。从起步价 3 元开始, 汽车里程未满 1.5 公里、且累计停车等待时间未超过 0.5 分钟时, 均按起步价计算。超过 1.5 公里, 则在起步价基础上按每 0.1 公里加 0.1 元计算, 停车时间超过 2.5 分钟, 每 10 秒钟加 0.1 元计算, 其中, 为了满足司机的个性化定制需求, 起步价、汽车里程和停车时间限制、单价均可调。

4 出租车计价器设计方案

出租车计价器的路程和计费可通过十进制加法计数器实现。要设计一个精度为 0.1 公里，计费范围为 99.9 元的计费器，则需有 9 个数码管，三个用来显示路程，三个用来显示时间，后三个用来显示计价。起价（XX.X 元）可以通过计数器的置数端进行数据预置；限定的里程数（XX.X 千米）、限定的时间（X 分 XX 秒）可以通过比较器进行数据预置。起步价、汽车里程和停车时间限制可以利用拨码开关调整；单价可以通过选择不同的时钟源进行调整。这里行车里程用脉冲信号代替，每一个脉冲代表 0.1 公里路程。

出租车计费器采用封装不同模块的设计思想，主要由行驶里程模块、停车计时模块、计费模块组成，并通过总控电路将其连接。其原理框图如图：

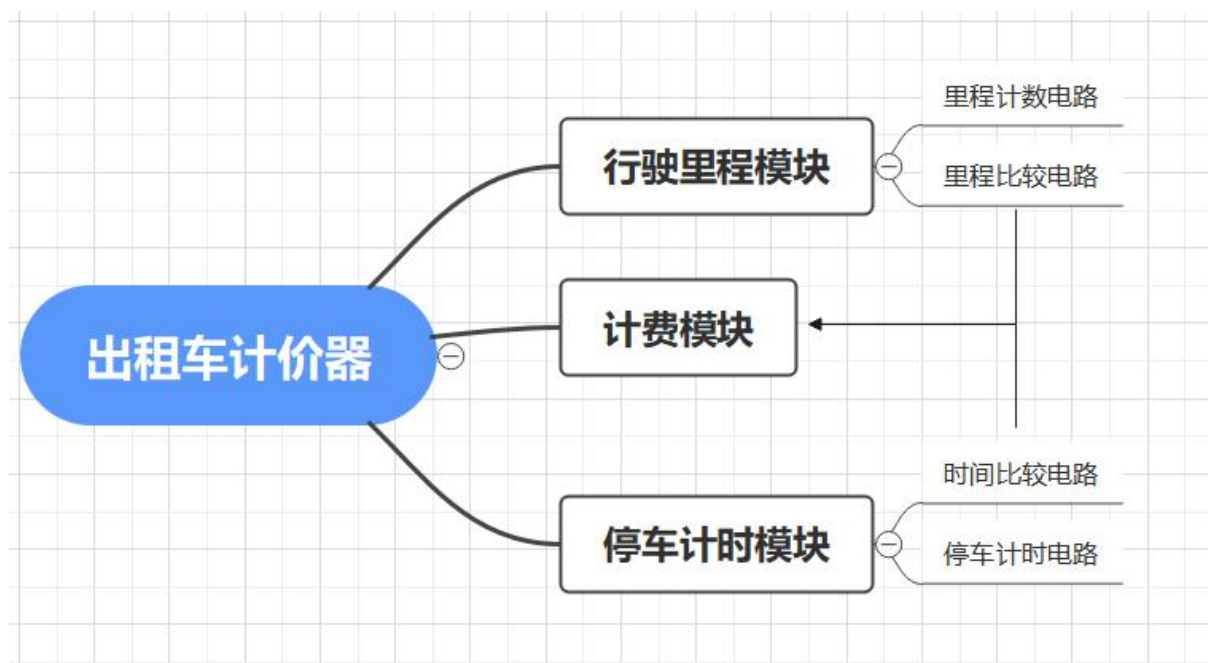


图 4-1 电路控制框图

4.1 行驶里程模块

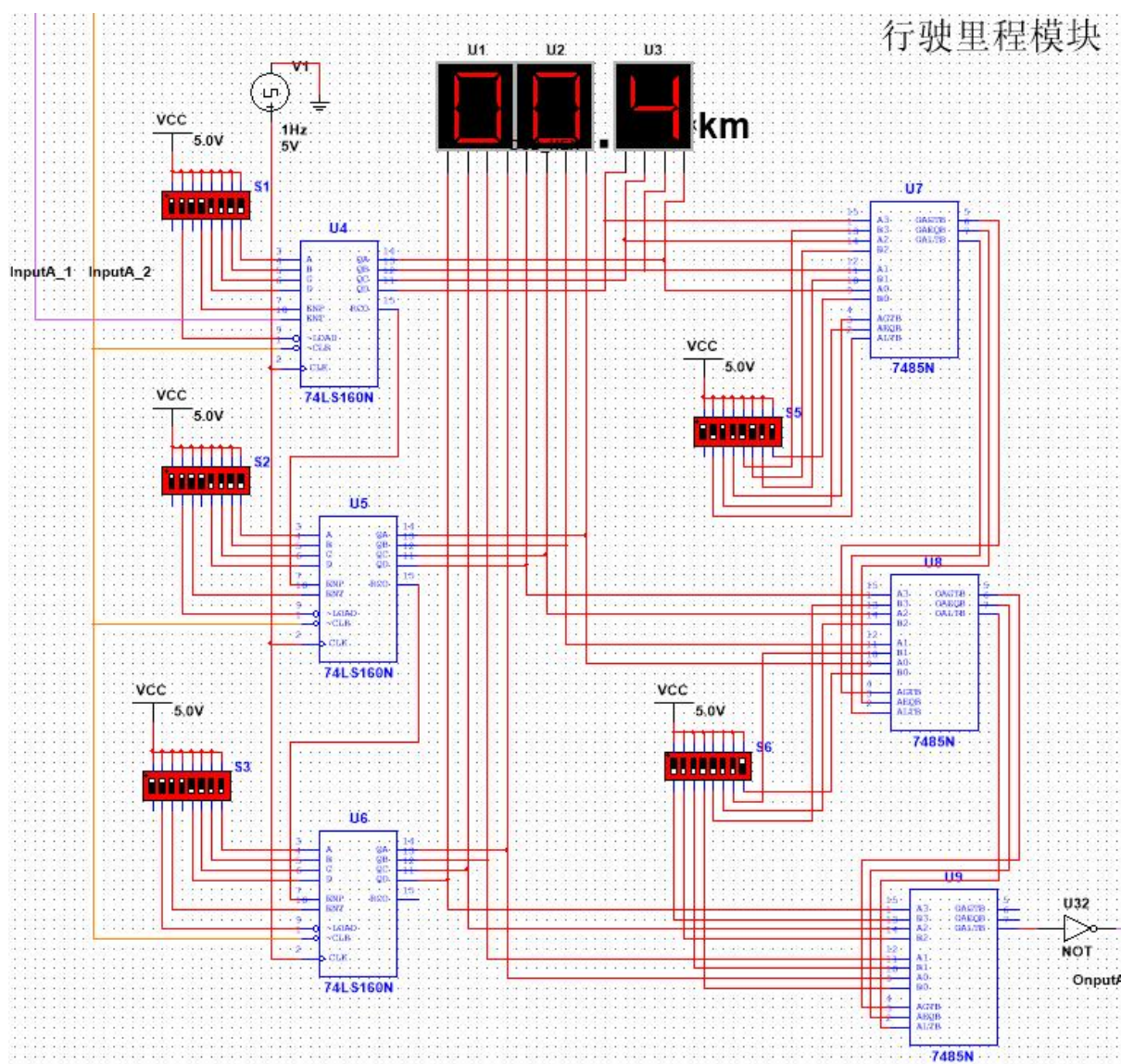


图 4.1-1 行驶里程模块

功能上，行驶里程模块实现了对出租车行驶里程的计数、显示，并输出了与里程限定值（这里是 1.5km）比较的结果。

设计上，行驶里程模块由路程计数电路（左）和路程比较电路（右）两部分组成。对整个模块而言，包含 2 个输入端 InputA_1、InputA_2，其中 InputA_1 为使能端，InputA_2 为清零端；包含 1 个输出端 OutputA，输出为 1，表示里程超出限定值，反之表示未超出。

4.1.1 路程计数电路

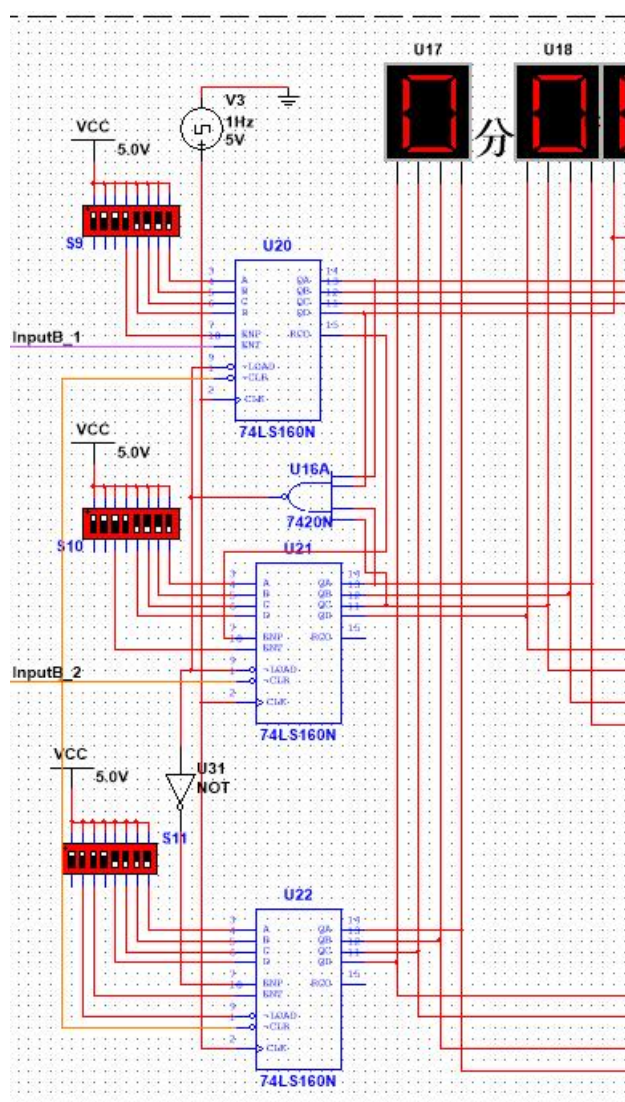


图 4.1.1-1 路程计数电路

路程计数电路主要由计数器 74LS160N 和数码管组成。用 74LS160N 芯片（U4~U6）的级联进行路程累加。U4~U6 采用同步级联，组成模 1000 计数器。

为了简化设计，这里汽车行驶路程用脉冲信号表示，每个脉冲表示 0.1 公里路，通过数码管显示出来并且数码管最后一位表示小数。

4.1.2 路程比较电路

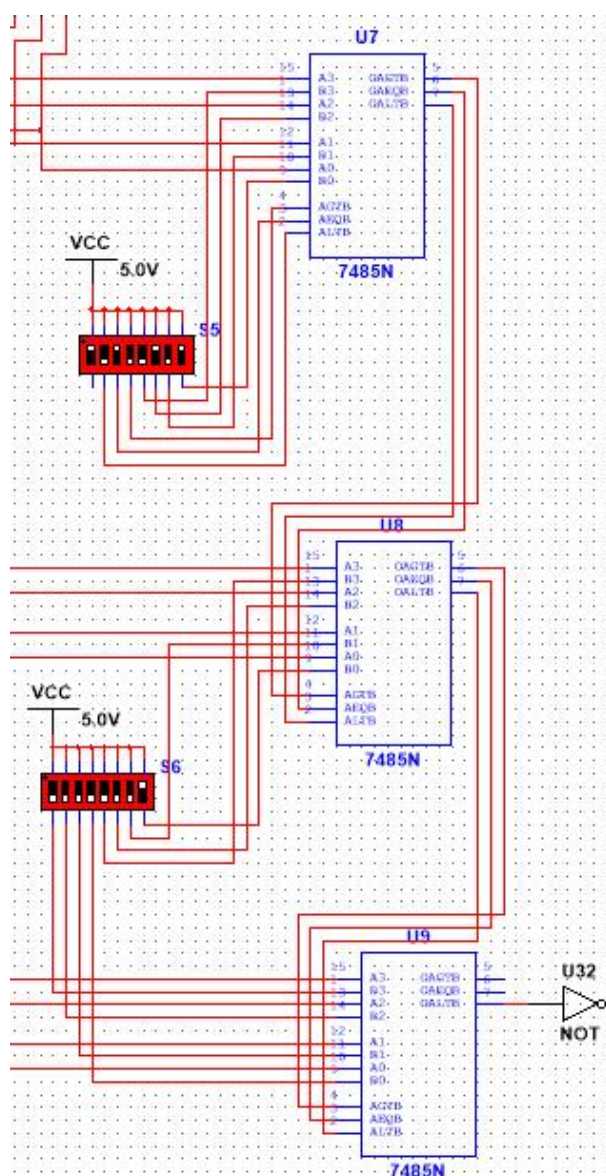


图 4.1.2-1 路程比较电路

路程比较电路主要由三片 7485N (U7~U9) 数值比较器组成。U7~U9 级联组成。当行程小于 1.5 km 时，U9 的 7 脚 OALTb (<) 输出为 0，否则输出为 1。故 U32 的输出为 1 时，代表里程大于等于 1.5 km；U32 的输出为 0 时，代表里程小于 1.5 km。

4.2 停车计时模块

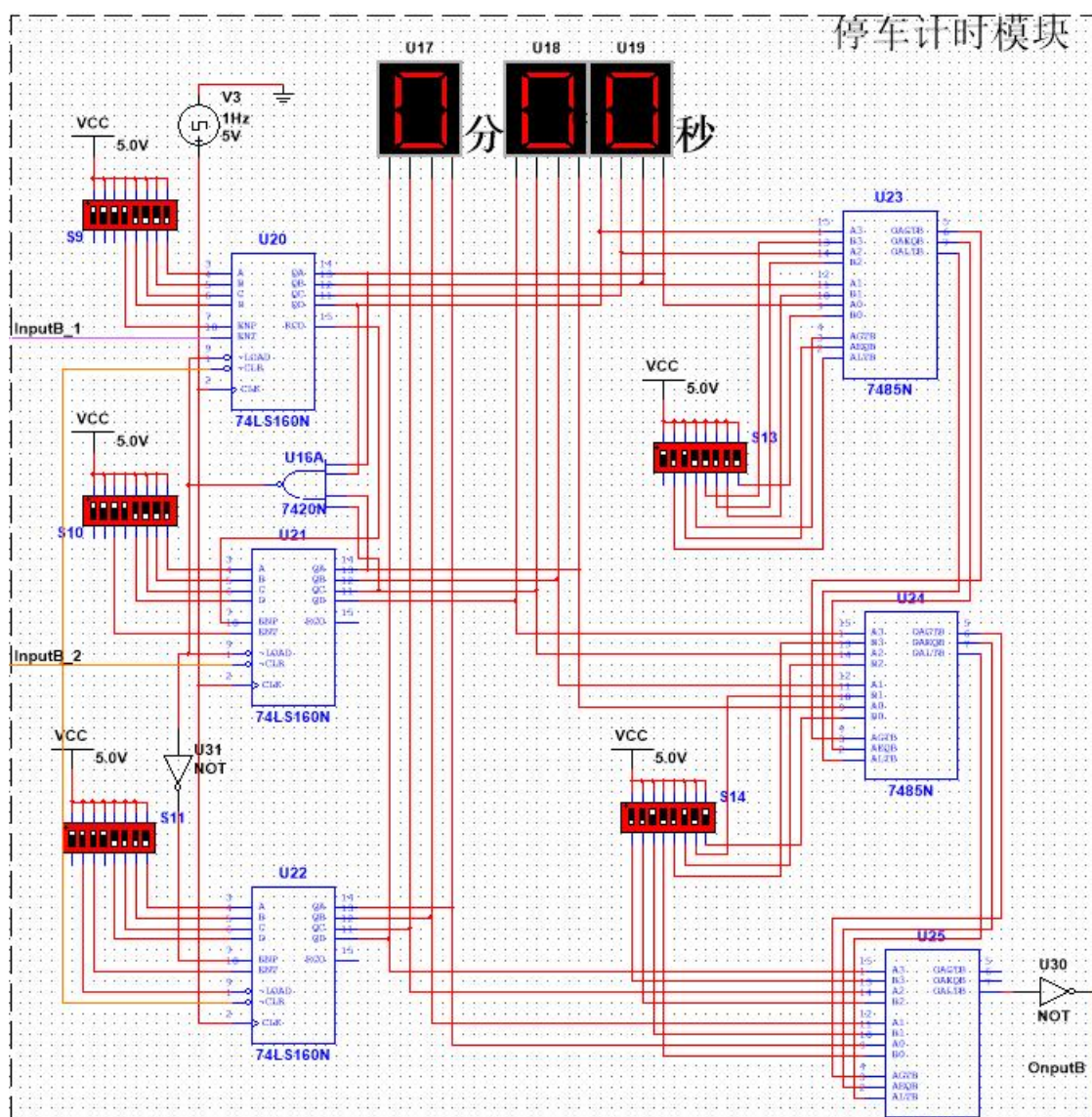


图 4.2-1 停车计时模块

功能上，停车计时模块实现了对出租车总计停车时间的计数、显示，并输出了与时间限定值（这里是 2.5 min）比较的结果。

设计上，停车计时模块由停车计时电路（左）和时间比较电路（右）两部分组成。

对整个模块而言，包含 2 个输入端 InputB_1、InputB_2，其中 InputB_1 为使能端，InputB_2 为清零端；包含 1 个输出端 OutputB，输出为 1，表示时间超出限定值，反之表示未超出。

4.2.1 停车计时电路

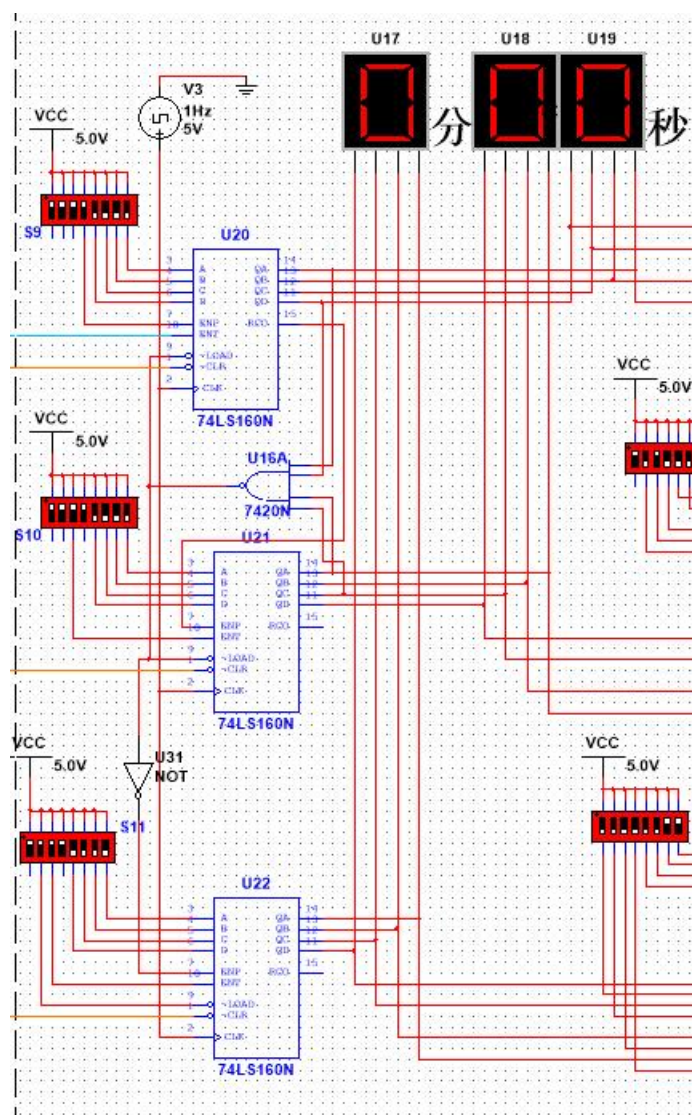


图 4.2.1-1 停车计时电路

停车计时电路主要由计数器 74LS160N 和数码管组成。用 74LS160N 芯片 (U20~U22) 的级联进行时间累加。U20~U22 采用同步级联，采用同步预置法，组成模 600 计数器。

4.2.2 时间比较电路

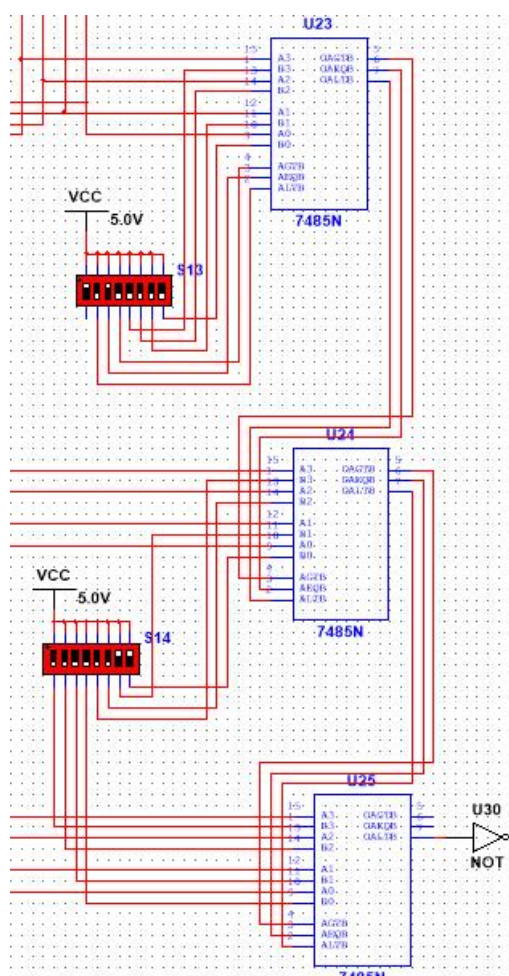


图 4.2.2-1 时间比较电路

时间比较电路主要由三片 7485N (U23~U25) 数值比较器组成。当时间小于 2.5 min 时, U25 的 7 脚 OALTB (<) 输出为 0, 否则输出为 1。故 U30 的输出为 1 时, 代表时间大于等于 2.5 min; U30 的输出为 0 时, 代表时间小于 2.5 min。

4.3 计费模块

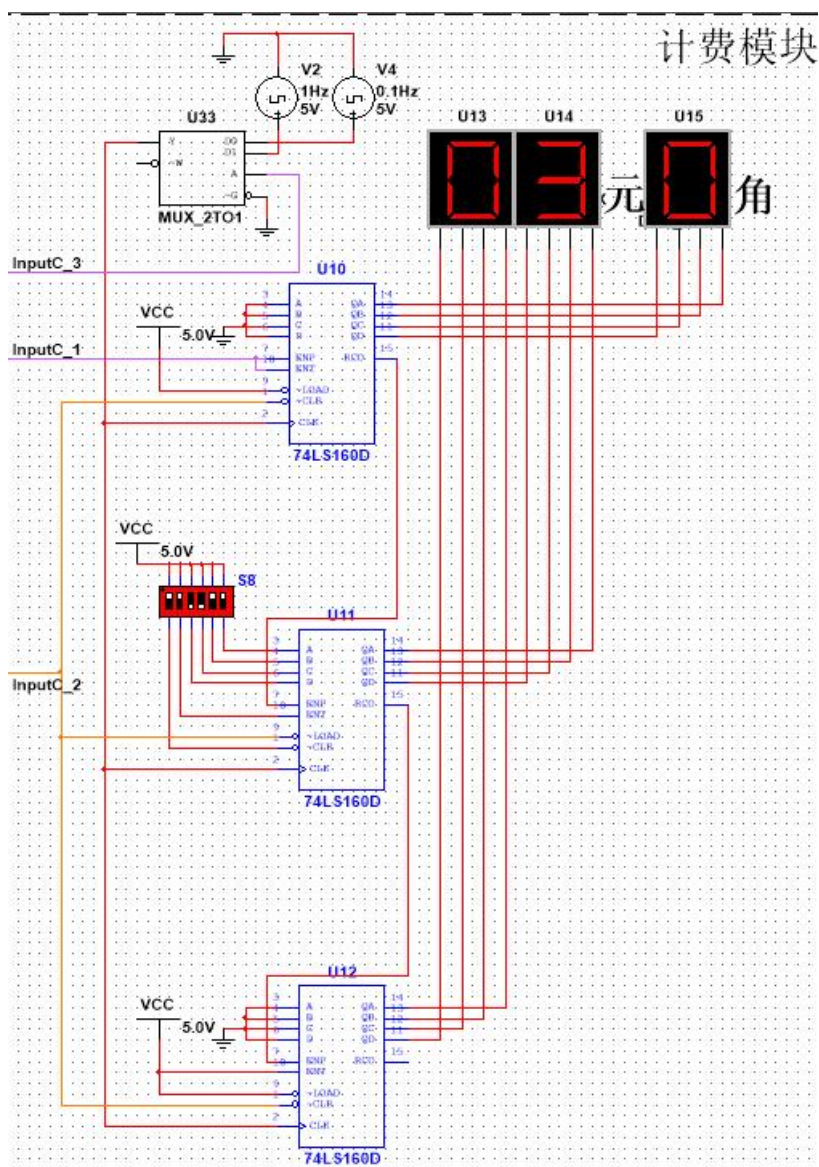


图 4.3-1 计费模块

功能上，计费模块实现如下功能：汽车里程未满 1.5 公里、且累计停车等待时间未超过 3 分钟时，均按起步价计算。超过 1.5 公里，则在起步价基础上按每 0.1 公里加 0.1 元计算，停车时间超过 2.5 分钟，每 10 秒钟加 0.1 元计算，其中，起步价、汽车里程限制、单价均可调。

设计上，计费模块主要由计数器 74LS160N、数码管和 2 选 1 数据选择器组成。用 74LS160N 芯片（U10~U12）的级联进行计费累加。三片 74LS160N 组成模 1000 计数器。

该模块具有三个输入端。其中 InputC_1 接收计数信号，后连 U10 的使能端 ENP、ENT，即 ENP=ENT=1 时，计费电路工作；InputC_3 接受选择信号，后连 U33（2 选 1 数据选择器）输入端 A，决定了以何种单价计费：若 A=0，则选择 V4 作为时钟源，每 10 秒计费

一次；若 $A=1$ ，则选择 V2 作为时钟源，每 1 秒计费一次；InputC_2 为预置端。

4.4 总控电路

总控电路实现了初始值设定、状态选择和模块之间的连接。

4.4.1 初始值设定与状态选择电路

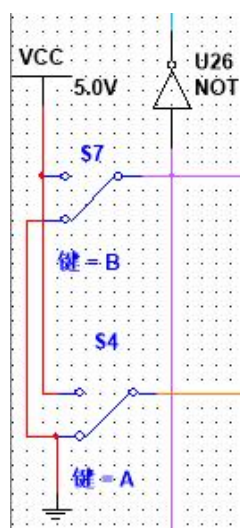


图 4.4.1-1 初始值设定及状态选择电路

计数器的初始值设定功能通过开关 S4 完成，包括对里程、时间的清零和起价置数。汽车的状态由 S7 决定。S7 = 1 时，为行驶状态；S7 = 0 时，为停车状态。

4.4.2 模块连接电路

为表示所有可能出现的情况，进行如下逻辑抽象。

设：

A:出租车状态

A=1:出租车处于行驶状态

A=0:出租车处于停车状态

B:行驶里程是否超过 1.5km

B = 1:行驶里程超过了 1.5km

B = 0:行驶里程未超过 1.5km

C:停车时间总计是否超过 2.5 min

C=1:停车时间总计超过了 2.5 min

C=0:停车时间总计未超过 2.5 min

F:计费是否增加

F=1:计费增加

F=0:计费保持不变

可得，共有 8 种可能的状态，列出真值表如下：

表 4.4.2-1 模块间逻辑关系真值表

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

由表列出逻辑表达式：

$$F = (\sim A)(\sim B)C + (\sim A)BC + AB(\sim C) + ABC = (\sim A)C + AB$$

故采用如图电路将三个模块连接。其中 U27 的输出为 F，两个与门的 4 个输入端从上至下依次为 C，~A，A，B。

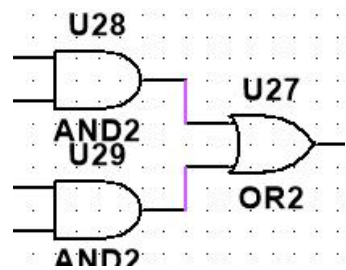


图 4.4.2-1 模块间逻辑关系处理电路

于是可得总体电路图如下。

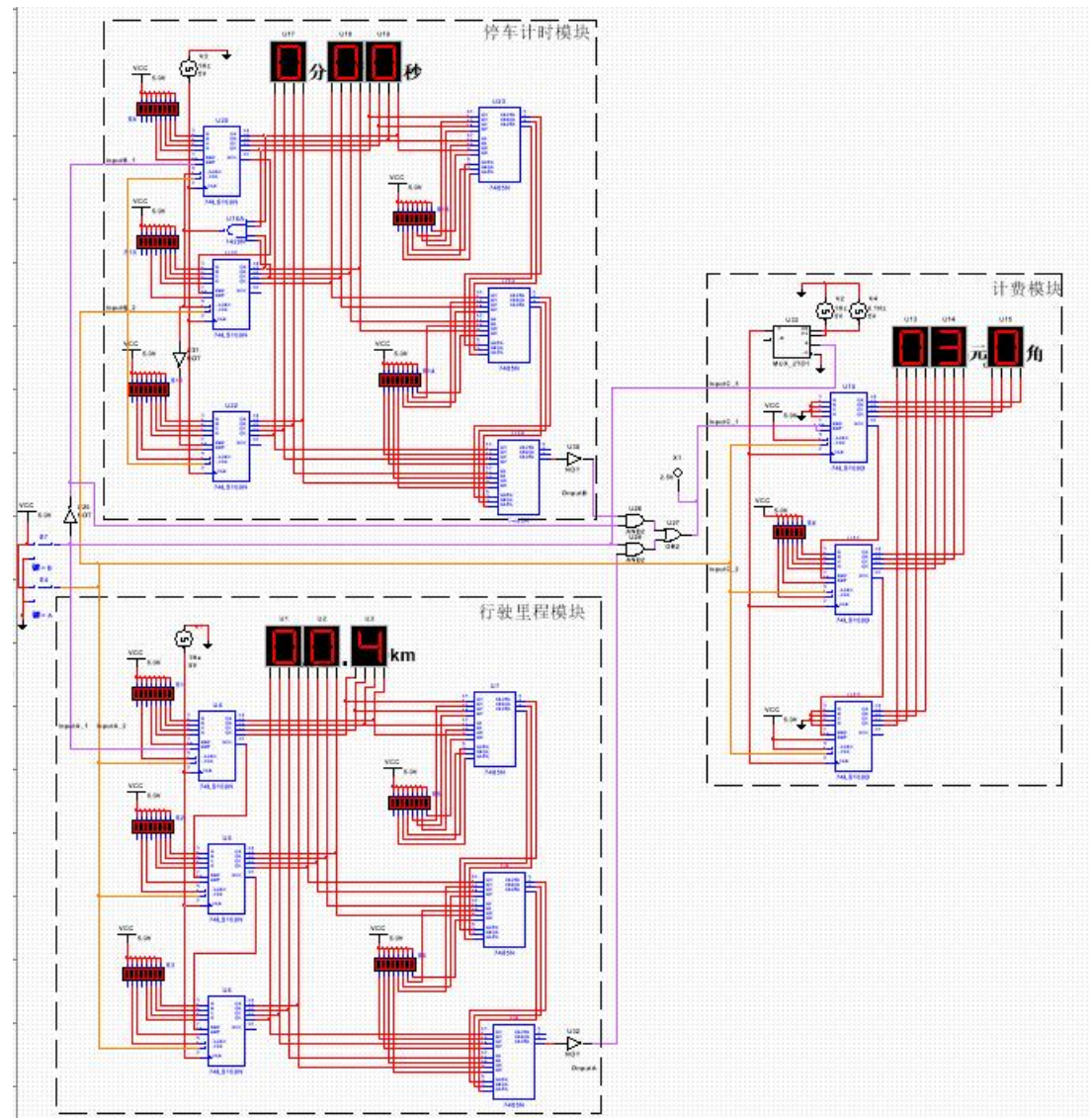


图 4.4.2-2 总体电路图

5 出租车计价器核心元器件介绍

出租车计价器核心元器件包括 74LS160 加法计数器和 7485 数字比较器。

5.1 74LS160

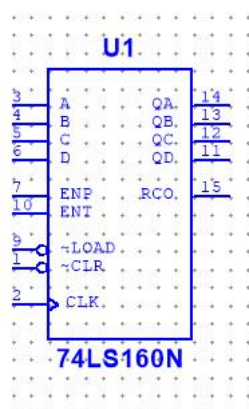


图 5.1-1 74LS160N

74LS160 是中规模集成同步十进制加法计数器，具有异步清零和同步预置数的功能。使用 74LS160 通过置零法或置数法可以实现任意进制的计数器。

- (1) 异步清零：当 $\sim\text{CLR}=0$ 时， $\text{QA}=\text{QB}=\text{QC}=\text{QD}=0$ ；
- (2) 同步预置：当 $\sim\text{LOAD}=0$ 时，在时钟脉冲 CP 上升沿作用下， $\text{QA}=\text{D0}$ ， $\text{QB}=\text{D1}$ ， $\text{QC}=\text{D2}$ ， $\text{QD}=\text{D3}$ 。
- (3) 锁存：当使能端 $\text{ENP} \cdot \text{ENT} = 0$ 时，计数器禁止计数，为锁存状态。
- (4) 计数：当使能端 $\text{ENP}=\text{ENT}=1$ 时，为计数状态。

5.2 7485

7485 是采用并行比较结构的 4 位二进制数比较器。

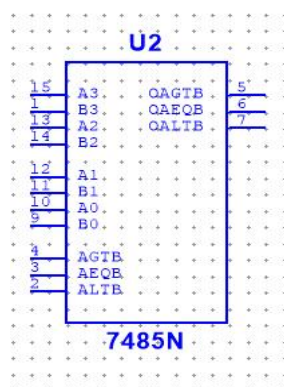


图 5.2-1 7485N

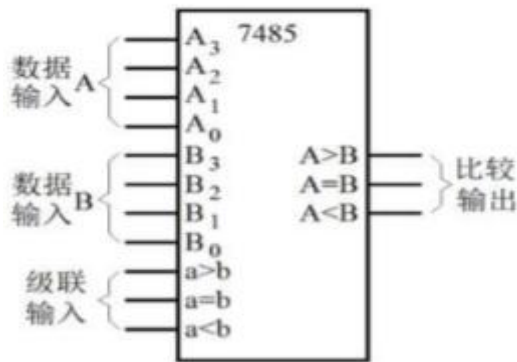


图 5.2-2 7485 逻辑图

表 5.2-1 7485 功能表

比较输入				级联输入			输出		
A ₃ B ₃	A ₂ B ₂	A ₁ B ₁	A ₀ B ₀	I _(A>B)	I _(A<B)	I _(A=B)	Y _(A>B)	Y _(A<B)	Y _(A=B)
A ₃ >B ₃	×	×	×	×	×	×	1	0	0
A ₃ <B ₃	×	×	×	×	×	×	0	1	0
A ₃ =B ₃	A ₂ >B ₂	×	×	×	×	×	1	0	0
A ₃ =B ₃	A ₂ <B ₂	×	×	×	×	×	0	1	0
A ₃ =B ₃	A ₂ =B ₂	A ₁ >B ₁	×	×	×	×	1	0	0
A ₃ =B ₃	A ₂ =B ₂	A ₁ <B ₁	×	×	×	×	0	1	0
A ₃ =B ₃	A ₂ =B ₂	A ₁ =B ₁	A ₀ >B ₀	×	×	×	1	0	0
A ₃ =B ₃	A ₂ =B ₂	A ₁ =B ₁	A ₀ <B ₀	×	×	×	0	1	0
A ₃ =B ₃	A ₂ =B ₂	A ₁ =B ₁	A ₀ =B ₀	1	0	0	1	0	0
A ₃ =B ₃	A ₂ =B ₂	A ₁ =B ₁	A ₀ =B ₀	0	1	0	0	1	0
A ₃ =B ₃	A ₂ =B ₂	A ₁ =B ₁	A ₀ =B ₀	×	×	1	0	0	1
A ₃ =B ₃	A ₂ =B ₂	A ₁ =B ₁	A ₀ =B ₀	1	1	0	0	0	0
A ₃ =B ₃	A ₂ =B ₂	A ₁ =B ₁	A ₀ =B ₀	0	0	0	1	1	0

6 仿真结果

对仿真电路分别测试里程计价功能和时间计价功能。

6.1 仅当里程超出 1.5 千米

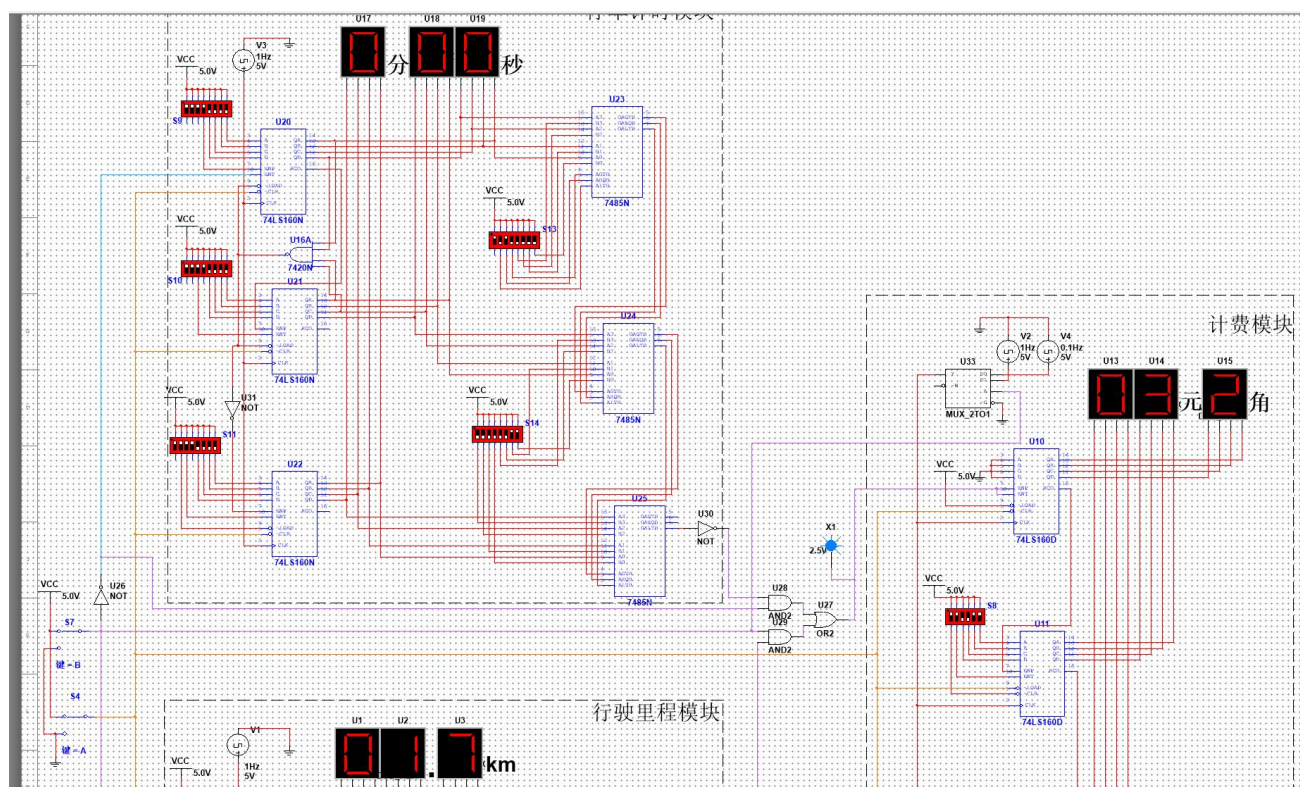


图 6.1-1 里程计价

初始价格为 3 元。在行车里程超出 1.5 km 后，计价器开始按每 0.1 km 收费 0.1 元。

6.2 仅当时间超过 2.5 分钟

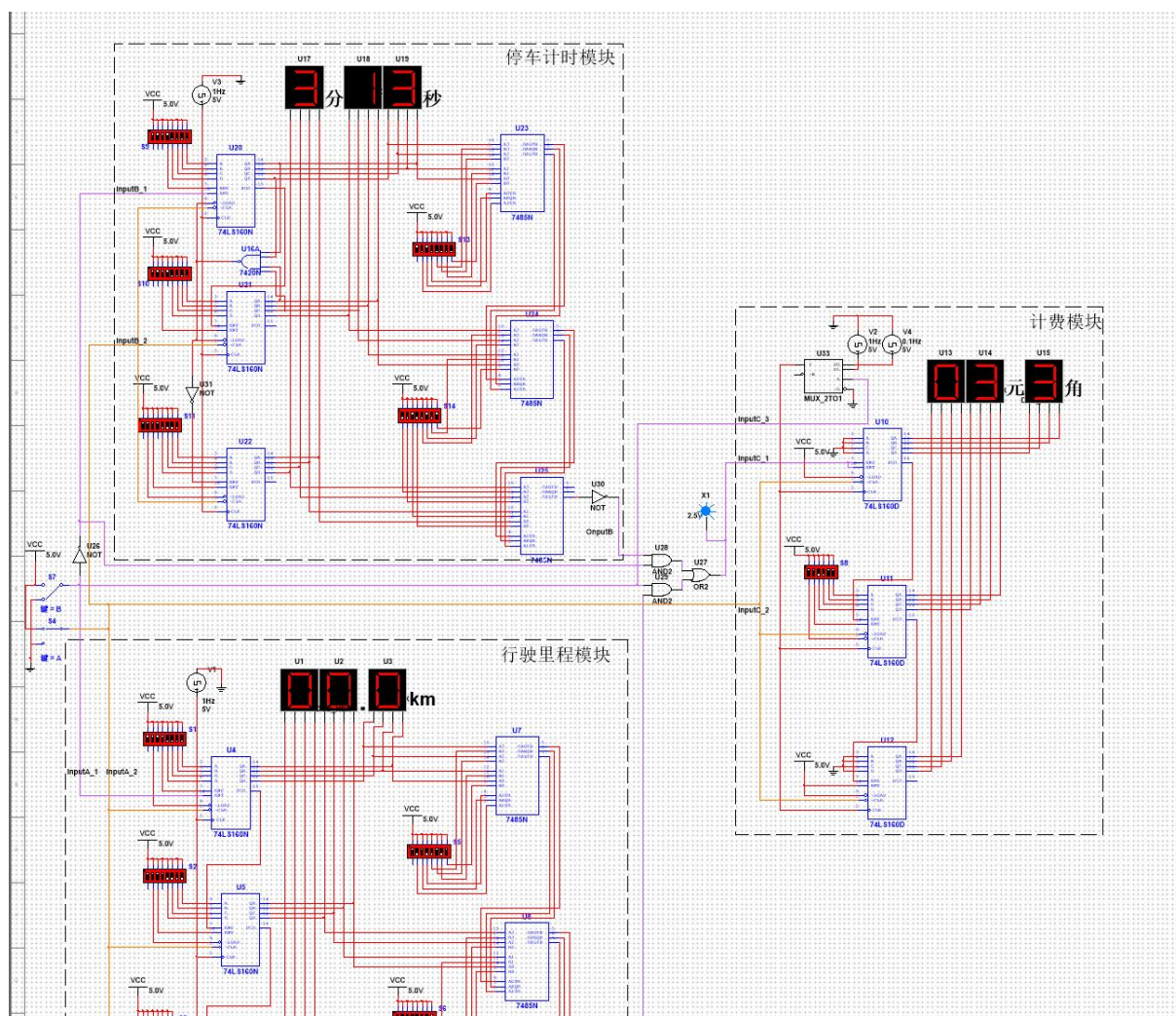


图 6.2-1 超时计价

初始价格为 3 元。在超过时间 2.5 分钟后，计价器开始按照每 10 秒钟收费 0.1 元。

6.3 当里程超过 1.5 千米且时间超过 2.5 分钟

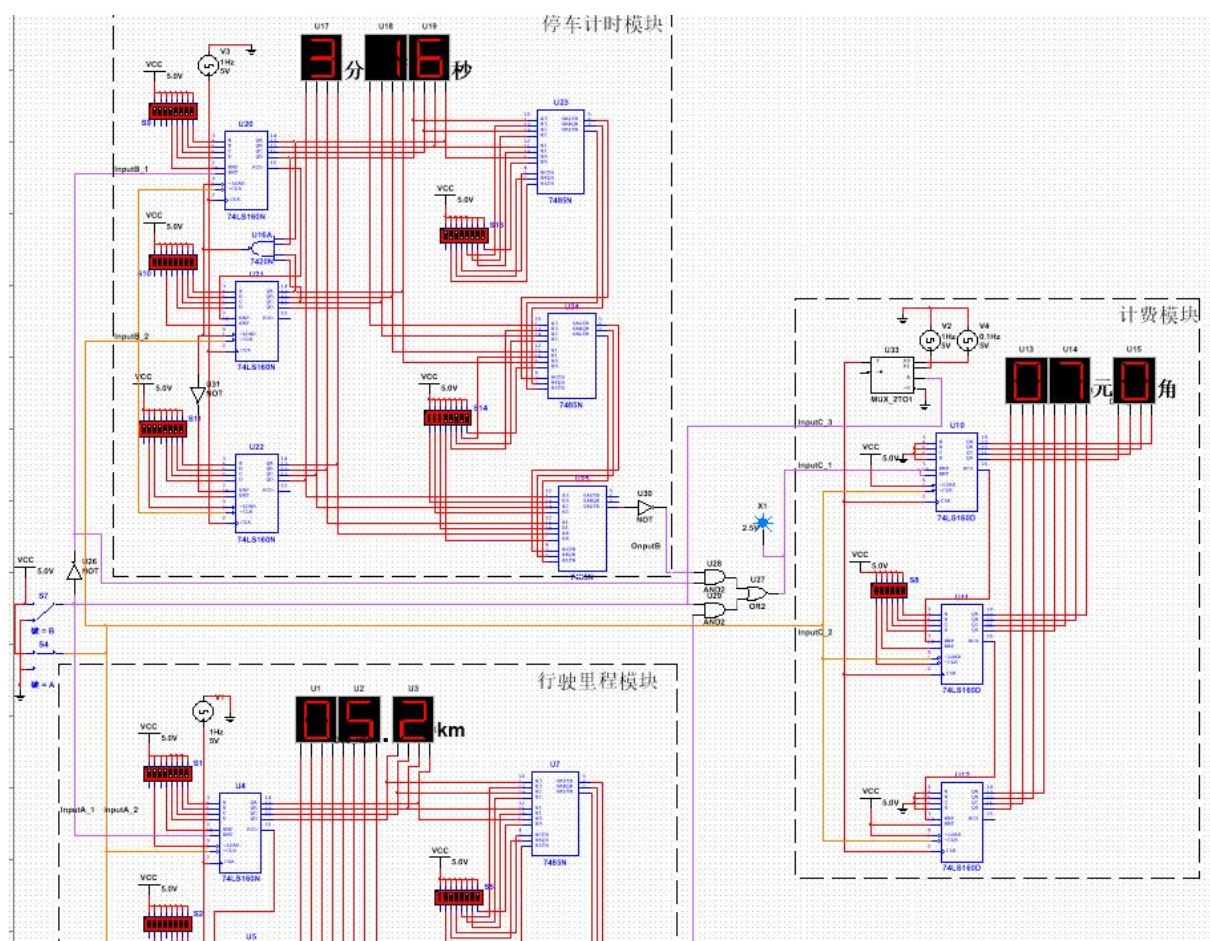


图 6.3-1 里程与超时计价

初始价格为 3 元。

7 总结与收获

本次设计内容是设计出租车里程计价器，出租车里程计价器能随里程的增加自动显示出费用。本次设计通过 3 大模块设计计价器分别是：里程模块，计时模块，计费显示模块。计价器根据乘客乘坐时汽车行驶路程和途中累计停车等待时间计价，并在行驶过程中同步显示车费。从起步价 3 元开始，汽车里程未满 1.5 公里、且累计停车等待时间未超过 2.5 分钟时，均按起步价计算。超过 1.5 公里，则在起步价基础上按每 0.1 公里加 0.1 元计算，停车时间超过 2.5 分钟，每 10 秒钟加 0.1 元计算。经过 2 周的设计，小组完成了本次设计的全部内容，对各个单元电路的设计之后汇总并连接成了总设计电路，然后通过 Multisim 软件进行仿真，Multisim 采用直观的图形界面创建电路，绘制电路图需要的元器件，电路仿真需要的测试仪器均可直接从屏幕上选取，操作比较简单，通过仿真，仿真结果达到了本次设计的实验要求，顺利地完成了本次设计内容。

参考文献

- [1] 李景宏 王永军 李晶皎 杨丹 李晶华.数字逻辑与数字系统.第 6 版.北京.电子工业出版社.2022 年 5 月第 6 版

致 谢

首先，我要由衷地感谢我的导师，在整个研究过程中给予我的悉心指导和无私支持。您的深厚学识、耐心指导和激发创新思维的方式，为我在研究领域的探索提供了宝贵的经验和启示。

同时，我要感谢实验室的同窗们，与你们共同度过的科研时光让我受益匪浅。大家的合作与交流激发了我的思维，也为我的研究提供了良好的环境。

最后，对于在研究工作中给予我支持的各位同仁，我表示由衷的感激。正是有了你们的支持与帮助，我才能够完成这篇论文。

衷心感谢每一位在我学术道路上帮助过我的人，您的支持让我能够更好地前行。这篇论文的完成离不开大家的关心和支持，再次致以深深的谢意。

谨以此文献给所有关心、支持、帮助过我的人，愿我们共同分享这份成就的喜悦。