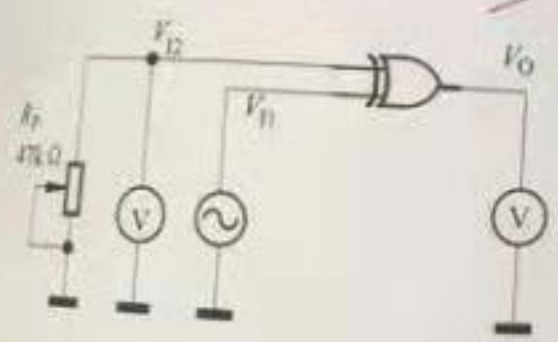


上海机动车牌号码编码方式如沪XXXXY (其中X可以是阿拉伯数字或大写
一定是阿拉伯数字) 则上海机动车保有量的理论上是 (16796160)
若希望将机动车牌号码编成三进制代码, 一个机动车的车牌号码XXXXY 至少需要 (16-2)
混合动力, 至少需要增加 (2) 位三进制代码。
在本课程中, 我们采用 (离散的高低电平序列) 表示信息; 在本课程中所学
数字电子电路的主要任务是 (讲解数字电路的概念、原理与使用)
如果只用双端输入单端输出的与非门, 至少有 (5) 个就能够实现2变
元函数运算。
(4分) 4输入变量的逻辑函数能实现的逻辑功能共有 (2¹⁶)
个。4输入逻辑函数F表示成最简与或项, 该表达式最多能含有 (8) 个相或的
项, 每个与项最多含有 (4) 个变量。
(4分) 若教材156页图4.4.4实现的组合逻辑电路的 $T_{pd} \leq 32ns$ $T_{cl} \geq 4ns$, 则逻辑
图中每个门的 $t_{pd} (\leq 8) ns$, $t_{cl} (31.33) ns$ (假设每个逻辑门的时间参数相同)。
(2分) (7) 为-17对模24的补码。
(4分) 请将二进制补码1011101.101表示为等值的十进制数: (-35.625) 或 -79.5
其二进制补码表示为: (010001.0101101)。



8. (6分) 自5年级的一位同学为了观测
TTL 门电路的输入负载特性, 设计
左图所示的测量电路, 在输入端加
激励, 并通过电压表来观测输入/出的静态
电压, 请将这位同学的测试数据表中的
两行填写完整。注: 待测的 TTL 门电路
的内部参数和静态特性参见教材107页
起的3.4.3节。

$R_p (\Omega)$	$V_{11} (V)$	$V_{12} (V)$	$V_0 (V)$
510 Ω	-1.2V	0.2	0.2
510 Ω	0.2V	0.2	0.2
20K Ω	6.0V	1.4	0.2
20K Ω	0.2V	1.4	3.9

9. (3分) 教材105页图3.4.9, 由于生产失误, 将 R_1 生产成了0.4k Ω , 可能会发生下面那
些情况 (d) 。
- a. 无法正常输出低电平
 - b. 无法正常输出高电平
 - c. 前端输入低电平时, 输入电流变大
 - d. 前端输入低电平时, 输入电流变小
10. (4分) 教材74页中图3.3.11(b), 教材85页中图3.3.28和图3.3.29中的三个CMOS
门电路, 输出高电平时, 输出高电平质量最好的是 (a); 输出低电平时, 输出低电
平质量最好的是 (b); 输出高电平时, 输出内阻最小的是 (a); 输出低电
平时, 输出内阻最小的是 (b)。
- a. 图3.3.28
 - b. 图3.3.29
 - c. 图3.3.11(b)

1. $Y = A'B'D' + BCD + ABC + AB'D' + A'BD$

(1) (4分) 请将上式化简成最简与-或逻辑式

	$C'D'$	$C'D$	CD	CD'
$A'B'$	1			
$A'B$		1		
AB			1	
AB'				1

$$Y = (A'B'D') + (A'BD) + (ABC) + (AB'D')$$

(2) (2分) 将化简后的结果表达成适合与非门 (不限制输入个数) 实现的表达式

$$Y = \left[(A'B'D')' (A'BD)' (ABC)' (AB'D')' \right]'$$

2. (4分) $\begin{cases} Y = B'C'D' + A'BC + ABCD' \\ \text{约束条件: } B'D + A'BC = 0 \end{cases}$

将该逻辑函数表达成最小项之和、最大项之积

	$C'D'$	$C'D$	CD	CD'
$A'B'$	1			
$A'B$		1		
AB			1	
AB'				1

$$Y = \sum m(0, 6, 7, 8, 10) + d(1, 2, 3, 9, 11)$$

$$Y = \prod M(5, 7, 8, 9, 15)$$

3. (4分) 请用卡诺图化简

$$Y(ABCDE) = \sum m(0, 1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 16, 19, 20, 22, 24, 27, 28, 30)$$

	$C'D'E$	$C'D'E'$	$C'DE$	$C'DE'$	CDE	CDE'	CDE'	CDE'
$A'B$	1	1	1		1		1	
$A'B'$	1		1		1		1	
AB	1		1		1		1	
AB'	1		1		1		1	

$$Y = A'D' + CE' + D'E' + C'DE$$

4. $F(A, B, C, D) = \sum m(0, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 12, 14, 15)$

(1) (3分) 请化简成最简与-或逻辑式

$F(A, B, C, D) = C'D' + A'C + BC$

AB \ CD	00	01	11	10
00	1	0	1	1
01	1	0	1	1
11	1	0	1	1
10	1	0	0	1

(2) (3分) 若依照化简后的逻辑函数式直接进行电路实现, 该电路存在固有的竞争-冒险现象; 若要可靠消除这个现象, 可以在逻辑式中加入 (冗余项); 若不通过修改逻辑式来消除该竞争-冒险, 也可通过在电路输出端加 (滤波电容) 来消除。

二、判断 (15分)

1. P型半导体中的多数载流子是空穴, 由掺杂来确定的, 所以P型半导体的导电性不受环境温度的影响。 (X)
2. 逻辑代数无法完备地描述数字电子电路的电特性和时间特性。 (✓)
3. 教材70页图3.3.4中, V_i 输入高电平时, R_D 越大 V_O 输出的低电平质量越好。 (X) X
4. CMOS门电路的动态功耗与电路的工作频率和工作电压密切相关, 与工艺尺寸无关。 (X)
5. 教材105页图3.4.9中的TTL反相器在输入低电平时, T_1 管始终处于饱和导通状态。 (✓)
6. 教材115页图3.4.27中的TTL与非门在输出低电平时, T_2 管始终处于饱和导通状态。 (X) X
7. 教材85页图3.3.29中的CMOS或非门在输出高电平时, 上拉的两个PMOS管 T_1 和 T_3 都处在导通状态且在恒流区。 (X)
8. 教材85页图3.3.28中的CMOS与非门在输出低电平时, 下拉的两个PMOS管 T_2 和 T_4 都处在导通状态且在可变电阻区。 (✓) X
9. 当PMOS管的栅极电压高于衬底电压形成垂直电场才能形成沟道连通两孔P阱。 (X)
10. 在CMOS门电路的内部逻辑实现中, MOS的串并联结构是实现“与”“或”关系的。 (✓)
11. 用4位二进制代码表示十进制数“0”, 编码可以是“0011”。 (✓)
12. 扇出系数描述了逻辑门电路对后级电路的驱动能力, 值越大表明带负载能力越强。 (✓)
13. 当TTL与非门输出低电平时, 若所带负载增加会使其输出电平变低。 (X)
14. TTL或非门输出高电平时带负载的能力比输出低电平时带负载能力强。 (X)
15. 174页的图4.2.24和176页的图4.2.25(a)中的两个电路所实现的逻辑功能不同。 (X)

四、设计 (27 分)

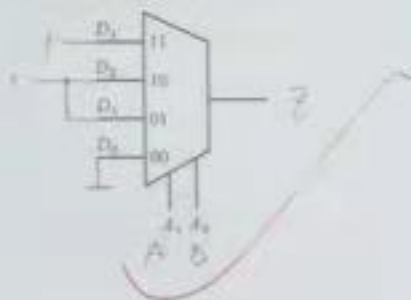
1. (5 分) 如下图所示, 用 4 选 1 的 MUX 实现 3 人表决器。表决规则是多数人同意则通过原则。请在下面的电路图基础上完成设计实现。可以附加必要的门电路。力求简洁。

5
A B C Z
0 0 0 0

$$Z = ABC + ABC + ABC + ABC$$

$$Z = ABC + ABC + ABC + ABC$$

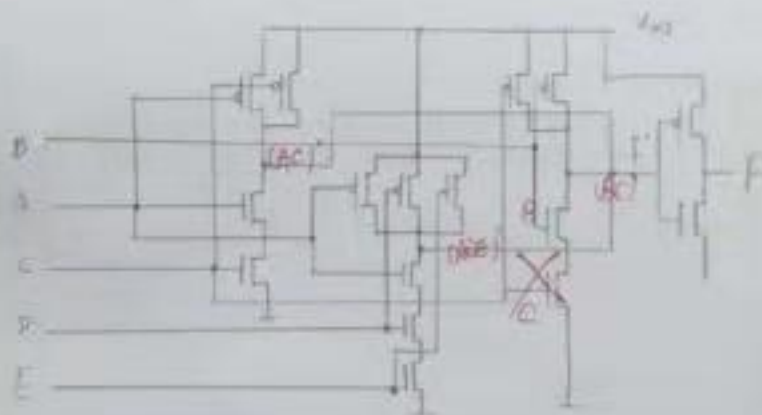
$$= A'B'0 + A'BC + ABC + AB'1$$



2. (8 分) 若以 CMOS 工艺实现逻辑门电路 $F = AC + BC + ADE$, 设计出其内部用 MOS 管实现的电路图。力求最简。使用的 MOS 管数量最少 (不考虑缓冲级)。

PMOS

NMOS



3. (14分) 清华在2020年建成了第七教学楼，共有4间阶梯教室701-704。每个教室装了4个烟感探头 $S_3 \sim S_0$ 。需要你来帮忙设计实现一个火情监测平台，如图1所示。

图1中监测平台上拨码开关给出输入房间号和探头号，在平台的5位七段显示数码管上显示：房间号，探头号，以及探头所监测到的烟雾浓度等级。目前根据拨码开关的输入的高低电平，显示了702房间，3号探头所监测到的烟雾浓度为2级。注：每个七段显示数码管都自带显示译码电路，输入4位二进制代码时，会显示0-9。

每个烟感探头如图2所示，有1位输入3位输出。其中通过1位输入可以选通输出。所输出的3位二进制数 $D_2 D_1 D_0$ 表示所探测到的烟雾浓度。

当所选择监看的探头探测的烟雾浓度达到或超过4级时，监测台会点亮发光二极管W报警。已知发光二极管的导通电压为1.6V，正向电流5~20mA时才能发光。



图1 拨码开关原理图

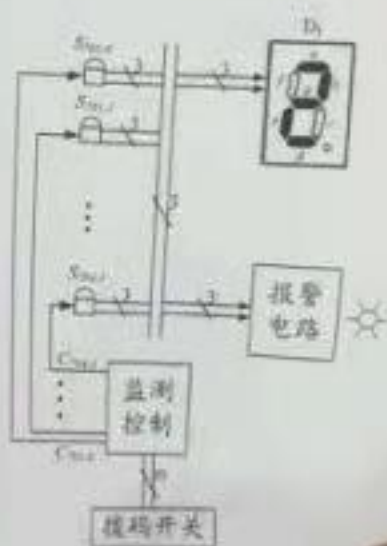


图2

- ① 监测台上输入房间号的拨码开关至少有 (2) 位;
- ② 监测台上输入烟感探头号的拨码开关至少有 (2) 位;
- ③ 在这个系统中所有烟感探头的输出数据线之间采用的是总线结构，这要求挂在总线上的感探头的数据输出都有 (三态输出) 结构。
- ④ 设计实现图2中监测控制电路，请尽可能的使用教材中的中规模芯片。
- ⑤ 设计实现图2中的报警电路。当所监看的探头监测的烟雾浓度达到或超过4级时，监测台会点亮发光二极管W报警。已知发光二极管的导通电压为1.6V，正向电流5~20mA时才能发光。

