MAICHONG SHUZI DIANLU

XITIJITIJIE

脉冲数字电路

习题集题解

曾国泰 编

重庆大学出版社

脉冲数字电路

习题集题解

曾国泰 编

重庆大学出版社

内容简介

EA14 1/25

本书按高等工业学校《电子技术基础教学大纲》选编。能与通信及电子类、自动化类教材配套使用。其内容包括逻辑函数及其简化晶体管开关特性、逻辑门电路、组合逻辑电路、集成触发器、时序逻辑电路、脉冲单元电路、锯齿波发生器、模数转换与数模转换。

全书共有习题近200个，全部作了解答。其解答过程，思路清晰，方法易懂，具有加深对基本概念的理解，提高演算能力，开拓思路，增强应用的特点。

本书可作为学习"脉冲与数字电路"、"数字电子技术基础"课程的本科、大专辅助教材。也可作为研究生入学考试的参考资料。同时该书也是自学者的一本很好的参考书籍。

图书在版编目(CIP)数据

脉冲数字电路习题集题解/曾国泰编. —重庆:重庆大学出版社,1999.6
ISBN 7-5624-1948-5

Ⅰ.脉…　Ⅱ.曾…　Ⅲ.①脉冲电路—解题②数字电路-解题　Ⅳ.TN78

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第11154号

脉冲数字电路
习题集题解
曾国泰　编
责任编辑　谭　敏
*
重庆大学出版社出版发行
新　华　书　店　经　销
重庆后勤工程学院印刷厂印刷
*
开本:787×1092　1/16　印张: 10.5　字数: 262千
1999年6月第1版　　1999年6月第1次印刷
印数:1-4000
ISBN 7-5624-1948-5/TN·30　定价:15.00元

目　录

第一章　逻辑函数及其简化……………………………………………………………… 1
第二章　晶体管开关特性…………………………………………………………………… 9
第三章　逻辑门电路 ………………………………………………………………………… 34
第四章　组合逻辑电路 ……………………………………………………………………… 49
第五章　集成触发器 ………………………………………………………………………… 80
第六章　时序逻辑电路 ……………………………………………………………………… 94
第七章　脉冲单元电路…………………………………………………………………… 130
第八章　锯齿波发生器…………………………………………………………………… 151
第九章　模/数转换器与数/模转换器………………………………………………… 157
主要参考资料……………………………………………………………………………… 162

第一章　逻辑函数及其简化

1-1　写出下列各数的位权展开式：

(1)$(1011.011)_2$　　(2)$(56.743)_8$　　(3)$(754.31)_{10}$　　(4)$(432.B7)_{16}$

解：(1) $(1011.011)_2=1\times2^3+0\times2^2+1\times2^1+1\times2^0+0\times2^{-1}+1\times2^{-2}+1\times2^{-3}$

(2) $(56.743)_8=5\times8^1+6\times8^0+7\times8^{-1}+4\times8^{-2}+3\times8^{-3}$

(3) $(754.31)_{10}=7\times10^2+5\times10^1+4\times10^0+3\times10^{-1}+1\times10^{-2}$

(4) $(432.B7)_{16}=4\times16^2+3\times16^1+2\times16^0+B\times16^{-1}+7\times16^{-2}$

1-2　将下列二进制数换算成十进制数：

(1)$(11000101)_2$　　(2)$(1011011)_2$　　(3)$(0.01101)_2$　　(4)$(1010101.0011)_2$

解：(1) $(11000101)_2=1\times2^7+1\times2^6+1\times2^2+1\times2^0$

$=128+64+4+1=(197)_{10}$

(2) $(1011011)_2=1\times2^6+1\times2^4+1\times2^3+1\times2^1+1\times2^0$

$=64+16+8+2+1=(91)_{10}$

(3) $(0.01101)_2=1\times2^{-2}+1\times2^{-3}+1\times2^{-5}$

$=0.25+0.125+0.03125=(0.40625)_{10}$

(4) $(1010101.0011)_2=1\times2^6+1\times2^4+1\times2^2+1\times2^0+1\times2^{-3}+1\times2^{-4}$

$=64+16+4+1+0.125+0.0625=(85.1875)_{10}$

1-3　将下列十进制数换算成二进制数：

(1)$(51)_{10}$　　(2)$(193)_{10}$　　(3)$(0.904)_{10}$　　(4)$(105.375)_{10}$

解：(1) $(51)_{10}$

$$
\begin{array}{lccccccc}
\text{因为} & 0 \xleftarrow{\div2} & 1 \xleftarrow{\div2} & 3 \xleftarrow{\div2} & 6 \xleftarrow{\div2} & 12 \xleftarrow{\div2} & 25 \xleftarrow{\div2} & 51 \\
 & & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\
\text{高位} & & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \quad \text{低位}
\end{array}
$$

所以　$(51)_{10}=(110011)_2$

(2) $(193)_{10}$

$$
\begin{array}{lccccccccc}
\text{因为} & 0 \xleftarrow{\div2} & 1 \xleftarrow{\div2} & 3 \xleftarrow{\div2} & 6 \xleftarrow{\div2} & 12 \xleftarrow{\div2} & 24 \xleftarrow{\div2} & 48 \xleftarrow{\div2} & 96 \xleftarrow{\div2} & 193 \\
 & & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\
\text{高位} & & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \quad \text{低位}
\end{array}
$$

所以　$(193)_{10}=(11000001)_2$

(3) $(0.904)_{10}$

$$
\begin{array}{lcccccc}
\text{因为} & 0.904 \xrightarrow[\times2]{} & 0.808 \xrightarrow[\times2]{} & 0.616 \xrightarrow[\times2]{} & 0.232 \xrightarrow[\times2]{} & 0.464 \xrightarrow[\times2]{} & 0.928 \rightarrow \\
\text{负的} & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \quad \text{负的} \\
\text{低位} & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \quad \text{高位}
\end{array}
$$

所以　$(0.904)_{10}=(0.111001)_2$　　（准确到小数后六位）

(4) $(105.375)_{10}$

$$
\text{因为}\quad
\begin{array}{ccccccccccccc}
0 & \xleftarrow{\div 2} & 1 & \xleftarrow{\div 2} & 3 & \xleftarrow{\div 2} & 6 & \xleftarrow{\div 2} & 13 & \xleftarrow{\div 2} & 26 & \xleftarrow{\div 2} & 52 & \xleftarrow{\div 2} & 105 \\
 & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\
 & & 1 & & 1 & & 0 & & 1 & & 0 & & 0 & & 1
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{ccccccc}
0.375 & \xrightarrow[\times 2]{} & 0.75 & \xrightarrow[\times 2]{} & 0.5 & \xrightarrow[\times 2]{} & 0 \\
\downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \\
0 & & 1 & & 1 & &
\end{array}
$$

所以 $(105.375)_{10}=(1101001.011)_2$

1-4 若将十进制数$(10^{15})_{10}$换算成二进制数，需用几位二进制数表示？

解：显然，需要用 n 位二进制数 2^n，才能表示十进制数 10^m。

即 $2^n \geqslant 10^m$，$\lg 2^n \geqslant \lg 10^m$

$\therefore$ $n \geqslant \left(\dfrac{m}{\lg 2}\right) \approx 3.32m$

$\therefore$ $(10^{15})_{10}$ 需用 $n \geqslant 3.32\times 15 = 49.8$

取 $n=50$ 位

1-5 将下列各数换算成十进制数(小数取 3 位)：

(1) $(78.8)_{16}$ (2) $(74.32)_8$

解：(1) $(78.8)_{16}=(01111000.1000)_2$

$=1\times 2^7+1\times 2^6+1\times 2^5+1\times 2^4+1\times 2^{-1}$

$=128+64+32+16+0.5$

$=(240.5)_{10}$

(2) $(74.32)_8=(111100.011010)_2$

$=1\times 2^5+1\times 2^4+1\times 2^3+1\times 2^2+1\times 2^{-2}+1\times 2^{-3}+1\times 2^{-5}$

$=32+16+8+4+0.25+0.125+0.03125$

$=(60.406)_{10}$

1-6 完成数制转换：

(1) $(3AB6)_{16}=(\ ?\ )_8$ (2) $(74.32)_8=(\ ?\ )_{16}$

解：(1) $(3AB6)_{16}=(0011101010110110)_2$

$=(35266)_8$

(2) $(74.32)_8=(111100.011010)_2=(3C.68)_{16}$

1-7 完成下列各数的转换：

(1) $(73.26)_{10}=(\ ?\ )_{8421BCD}$ (2) $(31.67)_{10}==(\ ?\ )_{余3BCD}$

解：(1) $(73.26)_{10}=(01110011.00100110)_{8421BCD}$

(2) $(31.67)_{10}=(01100100.10011010)_{余3BCD}$

1-8 列出下述问题的真值表，并写出逻辑表达式：

(1) 有 a、b、c 三个输入信号，如果三个输入信号均为 0 或其中一个为 1 时，输出信号 $y=1$，其余情况下，输出 $y=0$。

(2) 有 a、b、c 三个输入信号，当三个输入信号出现奇数个 1 时，输出为 1，其余情况下，输出为 0。

(3) 有三个温度探测器，当探测的温度超过 60℃时，输出控制信号为 1；如果探测的温度低于 60℃，输出控制信号为 0，当有两个或两个以上的温度探测器输出 1 信号时，总控制器输出 1 信号，自动控制调控设备，使温度降低到 60℃以下。试写出总控制器的真值表和逻辑表达式。

解：(3) 题中的三个温度探测器分别用 a、b、c 表示。其 y_1、y_2、y_3 的真值表如表 1-8 所示。它们的表达式为：

$$y_1=\bar{a}\bar{b}\bar{c}+\bar{a}\bar{b}c+\bar{a}b\bar{c}+a\bar{b}\bar{c}$$

$$y_2=\bar{a}\bar{b}c+\bar{a}b\bar{c}+a\bar{b}\bar{c}+abc$$

$$y_3=\bar{a}bc+a\bar{b}c+ab\bar{c}+abc$$

表 1-8

a	b	c	y_1	y_2	y_3
0	0	0	1	0	0
0	0	1	1	1	0
0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1
1	0	0	1	1	0
1	0	1	0	0	1
1	1	0	0	0	1
1	1	1	0	1	1

1-9 直接写出下列各函数的反函数表达式及对偶函数表达式：

(1) $F=A(B+\bar{C})+\bar{A}\ \overline{BC}$

(2) $F=[\bar{A}B(C+D)][B\bar{C}\ \bar{D}+B(\bar{C}+D)]$

(3) $F=AB+\bar{C}\bar{D}+\overline{BC+\bar{D}+\bar{C}E+\overline{B+E}}$

解：(1) 反函数 $\bar{F}=(\bar{A}+\bar{B}C)(A+\bar{B}+\bar{C})$

对偶函数 $F^*=(A+B\bar{C})(\bar{A}+B+C)$

(2) $\bar{F}=(A+\bar{B})+\bar{C}\ \bar{D}+(\bar{B}+C+D)(\bar{B}+C\bar{D})$

$F^*=\bar{A}+B+CD+(B+\bar{C}+\bar{D})(B+\bar{C}D)$

(3) $\bar{F}=(\bar{A}+\bar{B})\cdot\overline{\bar{C}+\bar{D}}\cdot\overline{(\bar{B}+\bar{C})\cdot D\cdot(C+\bar{E})\cdot\overline{\bar{B}\ \bar{E}}}$

$F^*=(A+B)\ \overline{C+D}\cdot\overline{(B+C)\cdot\bar{D}\cdot(\bar{C}+E)\overline{BE}}$

1-10 用公式法证明下列等式：

(1) $\bar{B}C\bar{D}+B\bar{C}D+ACD+\bar{A}B\bar{C}\ \bar{D}+\bar{A}\ \bar{B}CD+B\bar{C}\ \bar{D}+BCD=\bar{B}C+B\bar{C}+BD$

(2) $\overline{\overline{AB}\ \overline{B+D}\ \overline{\bar{C}D}+BC}+\bar{A}\,\overline{\overline{BD}+A}+\overline{\bar{C}D}=1$

(3) $X+WY+UVZ$

$=(X+U+W)(X+U+Y)(X+V+W)(X+V+Y)(X+Z+W)(X+Z+Y)$

解：(1) 左端 $=BD(\bar{C}+C)+\bar{B}C\bar{D}+ACD+\bar{A}\ \bar{B}CD+\bar{B}CD+B\bar{C}\ \bar{D}$

$=B(D+\bar{C}\ \bar{D})+\bar{B}C(\bar{D}+D)+ACD$

$=B(D+\bar{C})+\bar{B}C+ACD$

$=BD+B\bar{C}+\bar{B}C+CD+ACD$

$=\bar{B}C+B\bar{C}+BD$

(2) 左端 $=AB+B+D+\bar{C}D\cdot\overline{BC}+\bar{A}B\bar{D}\cdot\bar{A}+C+\bar{D}$

$=AB+B+\bar{C}D\cdot\overline{BC}+\bar{A}B\bar{D}+C+1$

$=1$

(3) 右端 $=(X+U+WY)(X+V+WY)(X+Z+WY)$

$=X+WY+UVZ$

1-11 证明：(1) $a\oplus b\oplus c=a\odot b\odot c$

(2) $\overline{a\oplus b\oplus c}=\bar{a}\odot\bar{b}\odot\bar{c}$

(3) $\bar{a}\oplus b\oplus c=\overline{a\oplus b}\oplus c=\overline{a\oplus b\oplus c}$

证明：(1) 左端 $=(a\oplus b)\bar{c}+\overline{a\oplus b}c$

$=\overline{a\odot b}\,\bar{c}+(a\odot b)c$

$=a\odot b\odot c$

(2) 右端 $=\overline{\overline{a\oplus\bar{b}}\odot\bar{c}}=\overline{\overline{a\oplus\bar{b}}\oplus\bar{c}}$

$=\overline{\overline{a\oplus b}\oplus\bar{c}}=\overline{a\oplus b\oplus c}$

(3) $\bar{a}\oplus b\oplus c=(\bar{a}\bar{b}+ab)\oplus c$

$=(\overline{a\oplus b})\oplus c$

$=(a\oplus b)c+(\overline{a\oplus b})\bar{c}$

$=(a\oplus b)\odot c$

$=\overline{a\oplus b\oplus c}$

1-12 证明：

(1) 如果 $a\bar{b}+\bar{a}b=c$，则 $a\bar{c}+\bar{a}c=b$。反之亦成立。

(2) 如果 $\bar{a}\bar{b}+ab=0$，则 $\overline{ax+by}=a\bar{x}+b\bar{y}$

证明：

(1) 若 $b=a\bar{c}+\bar{a}c$

则 $a\bar{b}+\bar{a}b=a\,\overline{a\bar{c}+\bar{a}c}+\bar{a}(a\bar{c}+\bar{a}c)$

$=a(ac+\bar{a}\bar{c})+\bar{a}c$

$=ac+\bar{a}c$

$=c$

(2) 因为 $\bar{a}\bar{b}+ab=0$

所以 $a=\bar{b}$ 或 $b=\bar{a}$

则 $\overline{ax+by}=\overline{ax}\cdot\overline{by}=(\bar{a}+\bar{x})\cdot(\bar{b}+\bar{y})$

$=\bar{a}\bar{b}+\bar{a}\bar{y}+\bar{b}\bar{x}+\bar{x}\bar{y}$

$=\bar{a}a+b\bar{y}+\bar{b}\,\bar{x}$

$=a\bar{x}+b\bar{y}$

1-13 用公式法化简下列各式：

(1) $F=A\bar{C}\,\bar{D}+BC+\bar{B}D+A\bar{B}+\bar{A}C+\bar{B}\bar{C}$

(2) $F=(A+B)(A+B+C)(\bar{A}+C)(B+C+D)$

(3) $F=\overline{\overline{AC}+\overline{\bar{B}C}+B(A\bar{C}+\bar{A}C)}$

(4) $F=AD+A\bar{D}+AB+\bar{A}C+BD+ACEH+\bar{B}EH+DEHG$

(5) $F=\bar{A}\bar{B}E+\bar{C}E(B\bar{E}+A\bar{C}\,\bar{E})+A\bar{E}+A\bar{E}C$

解：(1) $F=A\bar{C}\,\bar{D}+BC+\bar{B}D+A\bar{B}+AC+\bar{A}C+\bar{B}\bar{C}+\bar{B}C$

$=A\bar{C}\,\bar{D}+C(B+\bar{B})+\bar{B}D+A\bar{B}+C(A+\bar{A})+\bar{B}(\bar{C}+C)$

$=A\bar{C}\,\bar{D}+C+\bar{B}D+A\bar{B}+\bar{B}$

$=A\bar{D}+C+\bar{B}(1+D+A)$

$=C+\bar{B}+A\bar{D}$

(2) $F=(A+B)(\bar{A}+C)(B+C)(B+C+D)$

$=(A+B)(\bar{A}+C)(B+C)(1+D)$

$=(A+B)(\bar{A}+C)$

(3) $F=(AC+\bar{B}C)\cdot\overline{B(A\bar{C}+\bar{A}C)}$

$=(AC+\overline{B}C)\cdot(\overline{B}+\overline{A}\,\overline{C}+AC)$

$=A\overline{B}C+AC+\overline{B}C$

$=AC+\overline{B}C$

(4) $F=A+AB+\overline{A}C+BD+ACEH+\overline{B}EH+DEH+DEHG$

$=A+C+A(1+B+CEH)+BD+\overline{B}EH$

$=A+C+BD+\overline{B}EH$

(5) $F=\overline{A}\overline{B}E+A\overline{E}$

1-14 用图解法化简下列函数，写出函数的最简与或式：

(1) $F=(A+B)(A+B+C)(\overline{A}+C)(B+C+D)$

(2) $F(a,b,c,d)=\sum_m(4,5,6,13,14,15)$

(3) $F(a,b,c,d)=\sum_m(0,1,4,7,9,10,15)+\sum_d(2,5,8,12,13)$

(4) $F(a,b,c,d)=\prod_M(1,3,9,10,11,14,15)$

(5) $F(a,b,c,d,e)=\sum_m(1,2,3,4,5,7,8,10,12,13,14,17,19,20,21,22,23,24,26,28,29,30,31)$

(6) $F(a,b,c,d)=f_1(a,b,c,d)\oplus f_2(a,b,c,d)$

已知 $f_1(a,b,c,d)=\bar{a}d+bc+\bar{b}\bar{c}\bar{d}+\sum_d(1,2,11,13,14,15)$

$f_2(a,b,c,d)=\prod_M(0,2,4,8,9,10,14)+\prod_d(1,7,13,15)$

其中⊕运算为：

⊕	0	1	×
0	0	1	×
1	1	0	×
×	×	×	×

解：(1) 将 F 填入卡诺图，化简后得：

$F=\overline{A}B+AC$

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

F

(2) 将 F 填入卡诺图，化简后得：

$F=\bar{a}b\bar{c}+abd+bc\bar{d}$

ab \ cd	00	01	11	10
00				
01	1	1		1
11		1	1	1
10				

F

(3) 将 F 填入卡诺图,化简后得:

$$F=\bar{c}+bd+\bar{b}\ \bar{d}$$

ab \ cd	00	01	11	10
00	1	1		×
01	1	×	1	
11	×	×	1	
10	×	1		1

F

(4) 将 F 填入卡诺图,化简后得:

$$F=\bar{c}\bar{d}+b\bar{c}+\bar{a}b+\bar{a}\bar{d}$$

ab \ cd	00	01	11	10
00		0	0	
01				
11			0	0
10		0	0	0

F

(5) 将 F 填入卡诺图,化简后得:

ab \ cd	00	01	11	10
00	$_{0}$	1_{4}	1_{12}	1_{8}
01	1_{1}	1_{5}	1_{13}	$_{9}$
11	1_{3}	1_{7}	$_{15}$	$_{11}$
10	1_{2}	$_{6}$	1_{14}	1_{10}

$\bar{a}$

de \ bc	00	01	11	10
00	$_{16}$	1_{20}	1_{28}	1_{24}
01	1_{17}	1_{21}	1_{29}	$_{25}$
11	1_{19}	1_{23}	1_{31}	$_{27}$
10	$_{18}$	1_{22}	1_{30}	1_{26}

a

$$F=\bar{b}e+b\bar{e}+ac+\bar{a}c\bar{d}+\bar{a}\ \bar{b}\ \bar{c}d$$

(6) * 首先画出 f_1 与 f_2 的卡诺图:

ab \ cd	00	01	11	10
00	1	1	1	×
01	0	1	1	1
11	0	×	1	1
10	1	0	×	0

f_1

$\oplus$

ab \ cd	00	01	11	10
00	0	×	1	0
01	0	1	×	1
11	1	×	×	0
10	0	0	1	0

f_2

* 相应小方格内的逻辑值进行异或运算后填入卡诺图中:

ab \ cd	00	01	11	10
00	1	×	0	×
01	0	0	×	0
11	1	×	×	1
10	1	0	×	0

F

* 化简,写出最简与或式:

$$F = ab + \bar{b}\bar{c}\bar{d}$$

1-15 用图解法化简下列函数,写出函数的最简或与式:

(1) $F=A\bar{B}C+\bar{B}+\bar{B}\ \bar{D}+\bar{B}\bar{C}+\bar{C}\ \bar{D}+\bar{A}\bar{C}\ \bar{D}$

(2) $F=A\bar{B}+A\bar{C}D+\bar{A}C+B\bar{C}$

(3) $F(a,b,c,d) = \sum_m(4,5,6,13,14,15) + \sum_d(8,9,10,11)$

(4) $F(a,b,c,d) = \prod_M(0,2,4,8,9,10,14) + \prod_d(1,7,13,15)$

解:(1) 将 F 填入卡诺图,化简后得:

$$F=(\overline{B}+\overline{D})(\overline{B}+\overline{C})$$

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

F

(2) 将 F 填入卡诺图,化简后得:

$$F=(A+B+C)(\overline{A}+\overline{B}+\overline{C})$$

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

F

(3) 将 F 填入卡诺图,化简后得:

$$F=(a+b)(a+\bar{c}+\bar{d})(\bar{a}+\bar{b}+c+d)$$

ab\cd	00	01	11	10
00				
01	1	1		1
11		1	1	1
10	×	×	×	×

F

(4) 将 F 填入卡诺图,化简后得:

$$F=(b+c)\cdot(a+c+d)\cdot(b+d)\cdot(\bar{a}+\bar{c}+d)$$

ab\cd	00	01	11	10
00	0	×		0
01	0		×	
11		×	×	0
10	0	0		0

F

1-16 已知 $f_1(A,B,C,D) = \sum_m(0,1,2,8,10,12,14)$, $f_2(A,B,C) = \sum_m(1,2,4,5)$。试用卡诺图求函数 $F = f_1 + f_2$, $H = f_1 \cdot f_2$。

解:* 首先写出 f_2 的四变量标准与或式:

$$f_2(A,B,C,D) = \sum_m(2,3,4,5,8,9,10,11)$$

* 用卡诺图求函数 $F=f_1+f_2$

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

f_1

+

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

f_2

=

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

F

* 用卡诺图求函数 $H=f_1 \cdot f_2$

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

f_1

$\cdot$

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

f_2

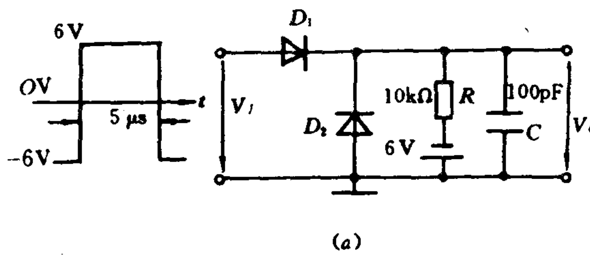
$=$

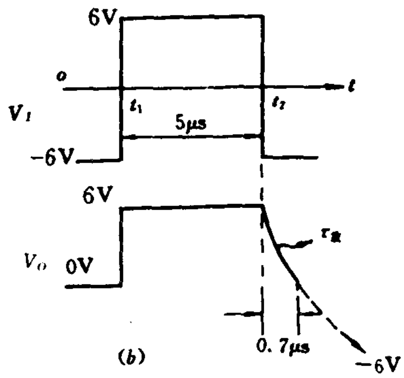
AB \ CD	00	01	11	10
00				1
01				
11				
10	1			1

H

第二章　晶体管开关特性

2-1　电路如题图 2-1(a)所示，假设 D_1、D_2 为理想二极管，输入信号源无内阻($r_i=0$)。试计算并画出输出波形 V_O。





题图 2-1

解：* 当 $t<t_1$ 时：

因为 $V_I=-6\text{V}$

所以 $D_1^{(-)}$、D_2 导通 $\longrightarrow V_O=0\text{V}$

* 当 $t_1\leqslant t<t_2$ 时：

因为 $V_I=6\text{V}\longrightarrow D_1$ 导通 $D_2^{(-)}$

同时，C 迅速充满电

所以　$V_O=6\text{V}$

* 当 $t\geqslant t_2$ 时：

因为 $V_I=-6\text{V}\longrightarrow D_1^{(-)},D_2^{(-)}$

所以电容 C 通过 10kΩ 电阻放电

显然，　$V_O(t_2^+)=V_O(t_2^-)=6\text{V}$，　$V_O(\infty)=-6\text{V}$

$$\tau_{放}=RC=10\times10^3\times100\times10^{-12}=1\mu\text{s}$$

故　$V_O(t)=V_O(\infty)-[V_O(\infty)-V_O(t_2)]e^{-\frac{t}{\tau}}$

$$=-6\text{V}-[-6\text{V}-6\text{V}]e^{-\frac{t}{10^{-6}\text{s}}}$$

$$=(-6+12e^{-\frac{t}{10^{-6}\text{s}}})\text{V}\quad(t\geqslant t_2)$$

显然，当 $V_O(t)$ 下降到 0 V时，D_2 管导通，$V_O=0$ V。所经历的时间为 t_W：

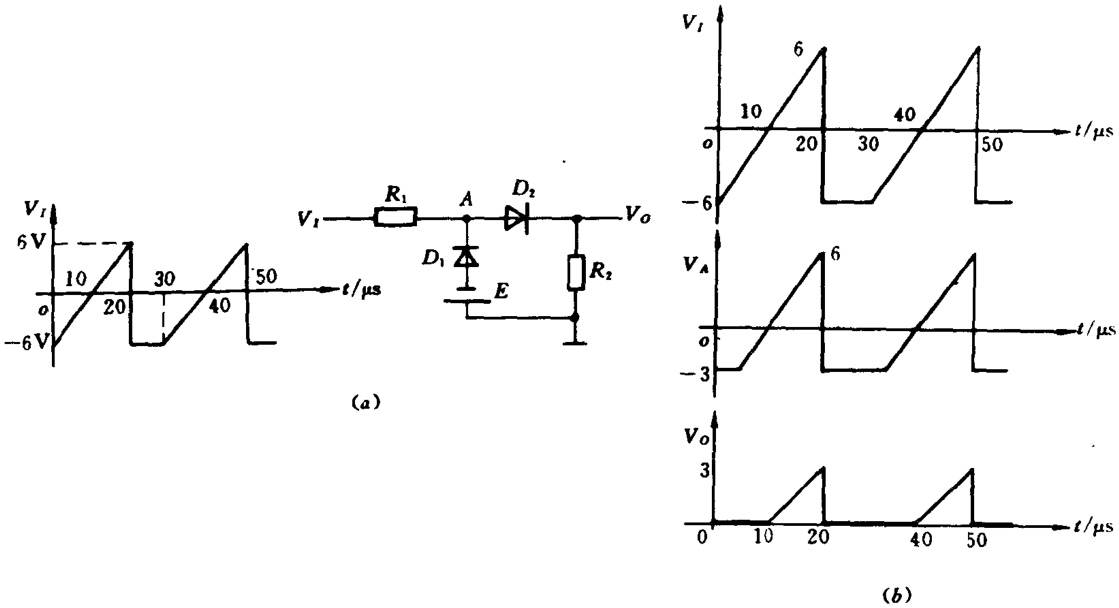
$$t_W=\tau_{放}\ln\frac{V_O(\infty)-V_O(t_2)}{V_O(\infty)-V_O(t_3)}$$

$$=1\times10^{-6}\ln\frac{-6-6}{-6-0}\text{s}\doteq0.7\mu\text{s}$$

故可画出输出波形 $V_O(t)$，如题图 2-1(b)所示。从波形上看出，横轴以下被削去，输出正脉

冲，但后沿有失真。

2-2　在题图 2-2(a)所示电路中，$E=3\text{ V}$，$R_1=R_2$ 且满足 $r_D \ll R_1 \ll r_O$（r_D、r_O 分别为 D 管的正向电阻和反向电阻），试对应 V_I 画出 A 点和 V_O 的波形。



题图 2-2

解：* 当 $V_I < -E = -3\text{V}$ 时：

显然 D_1 导通，$V_A = -3\text{V}$

故 $D_2^{(-)}$，则 $V_O = 0\text{V}$

* 当 $V_I \geqslant -3\text{V}$ 时：

显然，$D_1^{(-)}$，$V_A = V_I$

若 $V_I \leqslant 0\text{V}$ 时：则 $D_2^{(-)}$

所以 $V_O = 0\text{V}$

若 $V_I > 0\text{V}$ 时，D_2 导通

所以 $V_O \approx \dfrac{R_2}{R_1+R_2} V_I = \dfrac{1}{2} V_I$

其 $V_A(t)$，$V_O(t)$ 波形如题图 2-2(b)所示。

2-3　已知输入电压 $V_I(t)$ 如题图 2-3(a)所示，试设计一个二极管串联上限限幅器。要求限幅电平为 5V，输出电压 $V_O(t)$ 的前沿时间小于 2ns，后沿时间小于 6μs，假设输出端的分布电容和负载电容的总和为 15pF（忽略二极管的结电容）。

解：二极管串联上限限幅器如题图 2-3(b)所示。其中，电源 $E=5\text{V}$。

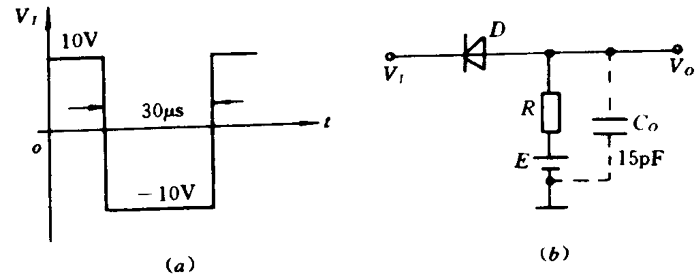
* 显然，当 $V_I > 5\text{V}$ 时，$D^{(-)}$

则 $V_O = 5\text{V}$　（$r_O \gg R$ 易满足）

* 当 $V_I \leqslant 5\text{V}$ 时：

显然 D 管导通，C_O 主要经过 D 管放电，其数学表达式

为　$V_O(t) = -10 + 15\text{e}^{-\frac{t}{\tau_{CO}}}$　V



题图 2-3

题意要求　$t_f<2\text{ns}$

即　　　　$t_f=2.3r_D\cdot C_O<2\text{ns}$

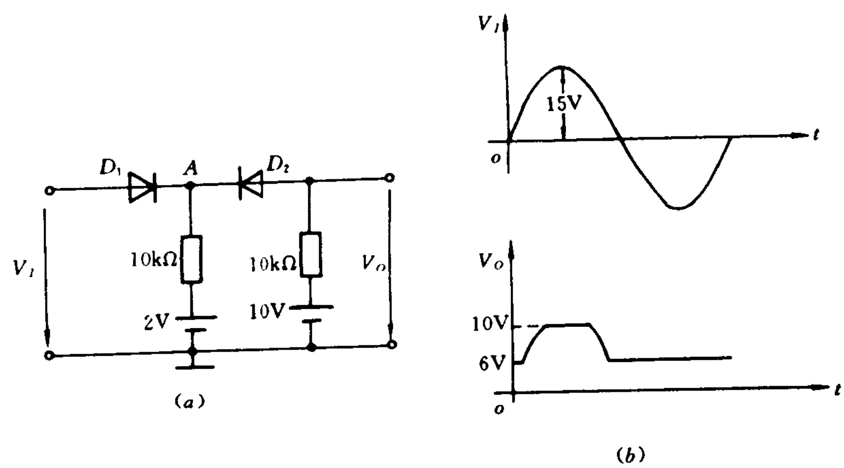
所以　　　$r_D=\dfrac{2\times10^{-9}}{2.3C_O}=\dfrac{2\times10^{-9}}{2.3\times15\times10^{-12}}=60\Omega$

＊当 V_I 由 -10V 跃升到 10V 时：

不难求出 $V_O(t)$ 表达式为：

$$V_O(t)=(10-20e^{-\frac{t}{r_DC_O}})\text{V}$$

2-4　一串联双限限幅电路如题图 2-4(a)所示，如果输入信号是幅度为 15V 的正弦波电压，试画出输出电压 V_O 的波形。



题图 2-4

解：为直观起见，假设 D_1、D_2 管为理想二极管。

＊当 $V_I\leqslant2$V 时：

显然，$D_1^{(-)}$，D_2 导通

则 $V_A=\dfrac{10\text{V}-2\text{V}}{(10+10)\times10^3\Omega}\times10\times10^3\Omega+2\text{V}$

$=6\text{V}$

＊当 $V_I\geqslant10$V 时：

显然，D_1 导通，$D_2^{(-)}$

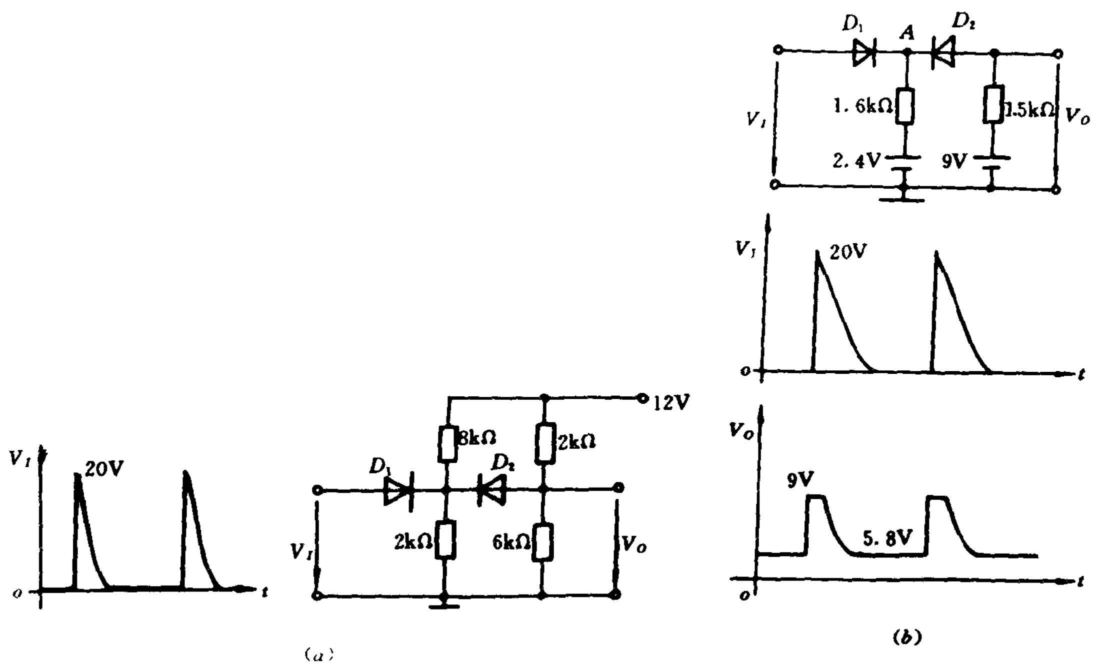
则 $V_O=10$V

* 当 $V_A < V_I < 10\text{V}$ 时：

显然，D_1、D_2 均导通 $\longrightarrow V_O = V_I$

从以上分析看出，下限幅电平为 6V，上限幅电平为 10V，故可画出输出波形。见题图 2-4(b)。

2-5　有一尖顶脉冲 V_I 通过如题图 2-5(a)所示的串联限幅电路，试画出其输出电压 V_O 的波形。



题图 2-5

解：为直观起见，假设 D_1、D_2 为理想二极管。

* 利用戴维南定理将电路化简为：

$$V_1 = \frac{2\times 10^3\Omega}{(8+2)\times 10^3\Omega}\times 12\text{V} = 2.4\text{V}$$

$$R_1 = \frac{8\times 2\times 10^6\Omega}{(8+2)\times 10^3} = 1.6\times 10^3\Omega$$

$$V_2 = \frac{6\times 10^3\Omega}{(2+6)\times 10^3\Omega}\times 12\text{V} = 9\text{V}$$

$$R_2 = \frac{2\times 6\times 10^6\Omega}{(2+6)\times 10^3} = 1.5\times 10^3\Omega$$

* 求下限幅电平：

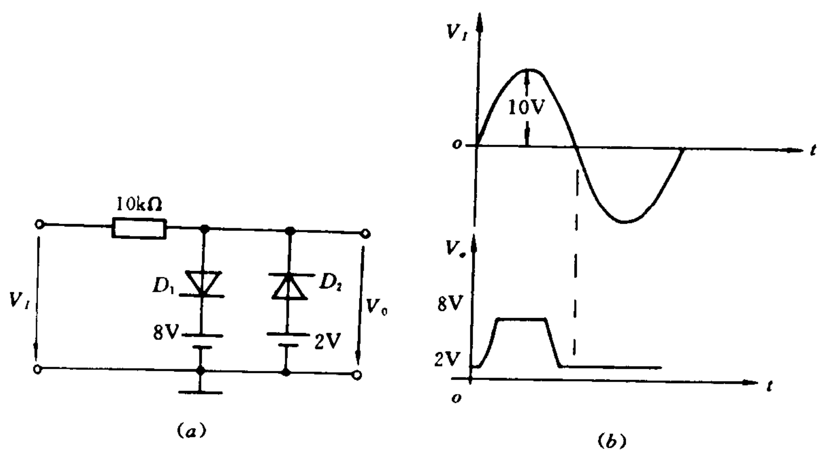
因为
$$V_A = \frac{9\text{V} - 2.4\text{V}}{(1.6 + 1.5)\times 10^3}\times 1.6\times 10^3 + 2.4\text{V}$$
$$= \frac{1.6\times 6.6\text{V}}{3.1} + 2.4\text{V} \doteq 5.8\text{V}$$

* 画 V_O 波形：

显然，上限幅电平为 9V，故可画出 V_O 的波形。如题图 2-5(b)。

2-6　有一幅度为 10V 的正弦波电压，通过如题图 2-6(a)所示的限幅电路，试画出其输出电压

V_O 的波形。



题图 2-6

解:假设 D_1、D_2 为理想二极管。

* 当 $V_I \leqslant 2V$ 时:

显然,$D_1^{(-)}$,D_2 导通。

所以 $V_O=2V$——下限幅电平。

* 当 $V_I \geqslant 8V$ 时:

显然,D_1 导通,$D_2^{(-)}$

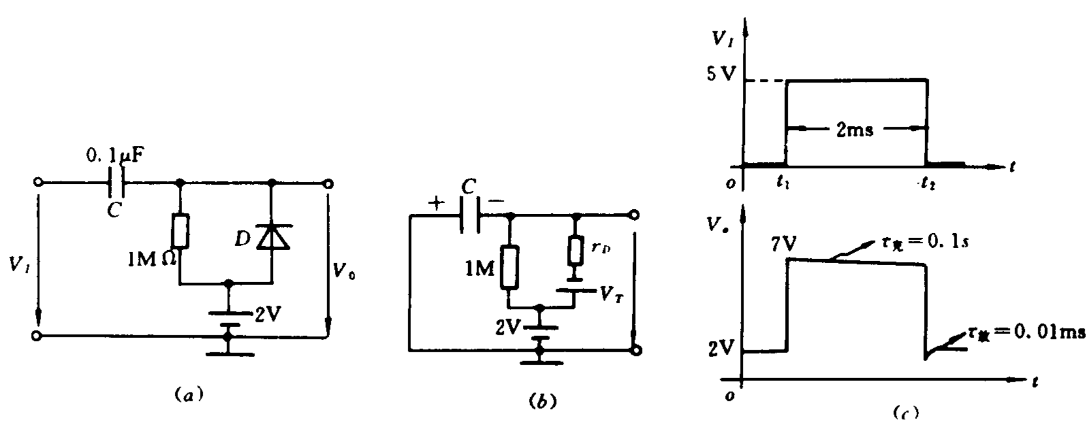
所以 $V_O=8V$——上限幅电平

* 当 $2V<V_I<8V$ 时:

显然,$D_1^{(-)}$、$D_2^{(-)} \longrightarrow V_O=V_I$。

故可画出输出电压 V_O 的波形,见题图 2-6(b)。

2-7 幅度为 5V,周期为 2ms 的方波,通过如题图 2-7(a)所示的电路。试画出其输出电压 V_O 的波形。($r_D=100\Omega$)



题图 2-7

解:* 当 $0 \leqslant t<t_1$ 时:

因为 $V_I=0V \longrightarrow D$ 导通