

PD4_SI 型 CMOS-PIN 管驱动器使用说明

温州华耀数控科技公司与有关科研院所合作，成功研制了 PD4_SI 型 CMOS-PIN 管驱动器，该驱动器在原理上彻底解决了双极性 PIN 管驱动器存在的速度低，功耗大的问题。该驱动器主要性能指标均优于双极性 PIN 管驱动器一个数量级，是新一代“PIN 管驱动器”。CMOS-PIN 管驱动器的延迟可小致 2.5ns，输出冲击电流达 700mA，而且该驱动器的静态电流几乎为零，大大的降低了静态功耗。该产品输出稳态电流可通过 R0 调节（参见图 1、图 2），范围可达 0~200mA，瞬态冲击电流强度也可通过 C0 调节。使用灵活，应用范围广，可明显减少使用单位采购驱动器的种类。产品的检验和试验标准完全依据中华人民共和国国家军标，半导体集成电路总规范 GJB548B-2005，质量达到国军标 B 级。还可提供芯片用于微组装，也可以根据客户的特殊要求制作。

CMOS 单片 PIN 管驱动器 PD4_SI，用于微波开关、移相器，大容量负载驱动。

特点：

- 1、高速： 延迟时间可小至 2.5ns
开关频率可达 10MHz
瞬态冲击电流达 700mA，可使 PIN 管迅速开关
- 2、宽功率范围： 稳态输出电流 0~±200mA
- 3、本身功率损耗小：空载典型值 5mW/每通道（1MHz 工作频率），可大大提高可靠性和封装密度。
- 4、输入电平和通用数字电路兼容：逻辑“0”=0~0.3V_{dd}，逻辑“1”= 0.65V_{dd}~V_{dd}
- 5、输出和输入同相，反相、可通过 NS 管脚由用户自行选择。
- 6、多种封装形式：sop，ssop 塑封，csop 金属陶瓷封装，也可提供芯片用于微组装。
- 7、有普通工业级和国军标 B, B1 级产品，也可根据客户特殊要求进行生产。

主要技术性能：

型号	通道数	输出相位	静态输出电流 (source) 单位 mA	静态输入电流 (sink) 单位 mA	输出最大冲击电流	延迟时间 Ton	延迟时间 Toff	最高开关频率
PD4_SI	4	2, 4 路可控	0~200	-200~0	700mA	2.5ns	2.5ns	≥10 MHz

使用注意事项

因为驱动器有较大的正负电流输出能力，一旦出现意外情况：如输入悬空，加电顺序触发驱动器内部的栓锁效应、输出不小心碰到电路其它部分，都会烧毁驱动器。使用时要注意以下三个注意事项

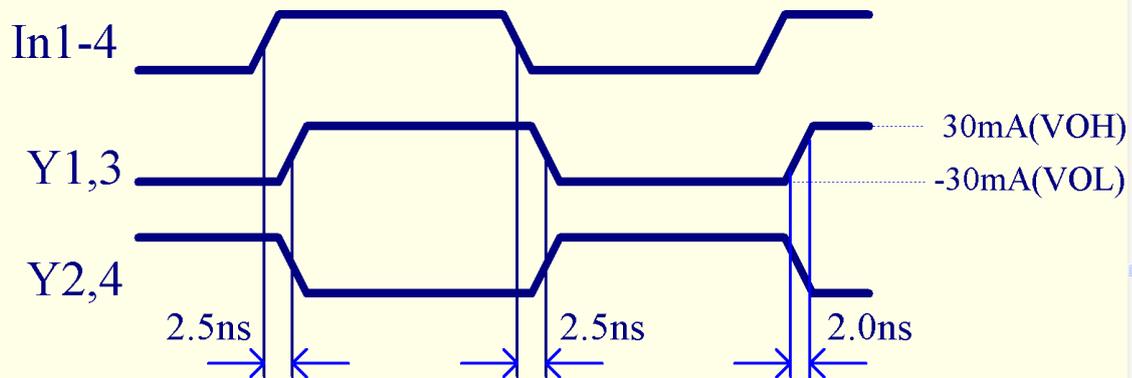
1: 强烈建议使用时在电路中加入 R_d , R_e 限流电阻（参见“典型应用”图 1），限制持续过大直流电流，防止烧毁驱动器。而 C_{d1} 和 C_{d2} 的存在又可保证驱动器输出冲击电流的能力。对于 PD2_SI 双路器件， R_d , R_e 取值范围 15~25 Ω ，典型值为 20 Ω 。对于 PD4_SI 四路器件， R_d , R_e 取值范围 10~20 Ω ，典型值为 15 Ω 。

R_d , R_e 上流过的最大静态电流不大于各路静态电流之和，瞬态电流的平均功耗可以忽略不计。可根据电阻上的功耗 $=I^2R$ ，选择 R_d , R_e 。

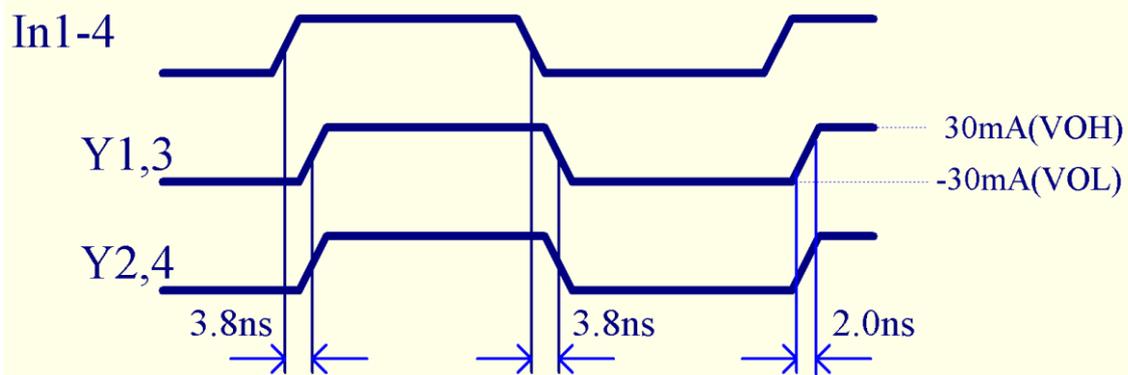
2: C_{d1} , C_{d2} 取值为 0.1 μf ~1.0 μf 。

3: 应直接在管脚 2(gnd)和 3(Vee)之间，管脚 6(gnd)和 7(Vee)之间各接一个 Vee 电源滤波电容。Vdd 滤波电容也应尽量靠近管脚 11, 15 (Vdd)。数值都应 $\geq 0.1\mu\text{f}$ 。

4: 所有输入管脚严禁悬空，必须接确定的高电平或低电平
加电顺序：Vee, Vdd 最好同时接通。如无法做到，应先接通 Vee，再接通 Vdd，或保证 Vee 管脚不在开路状态。

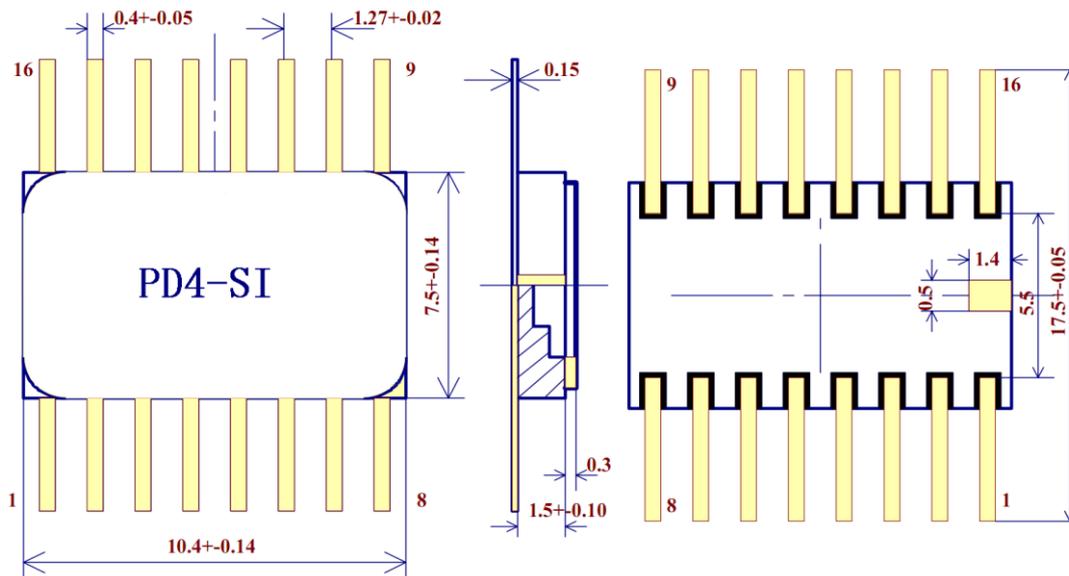


互补输出(NS2,4="1") 时延迟时间最小

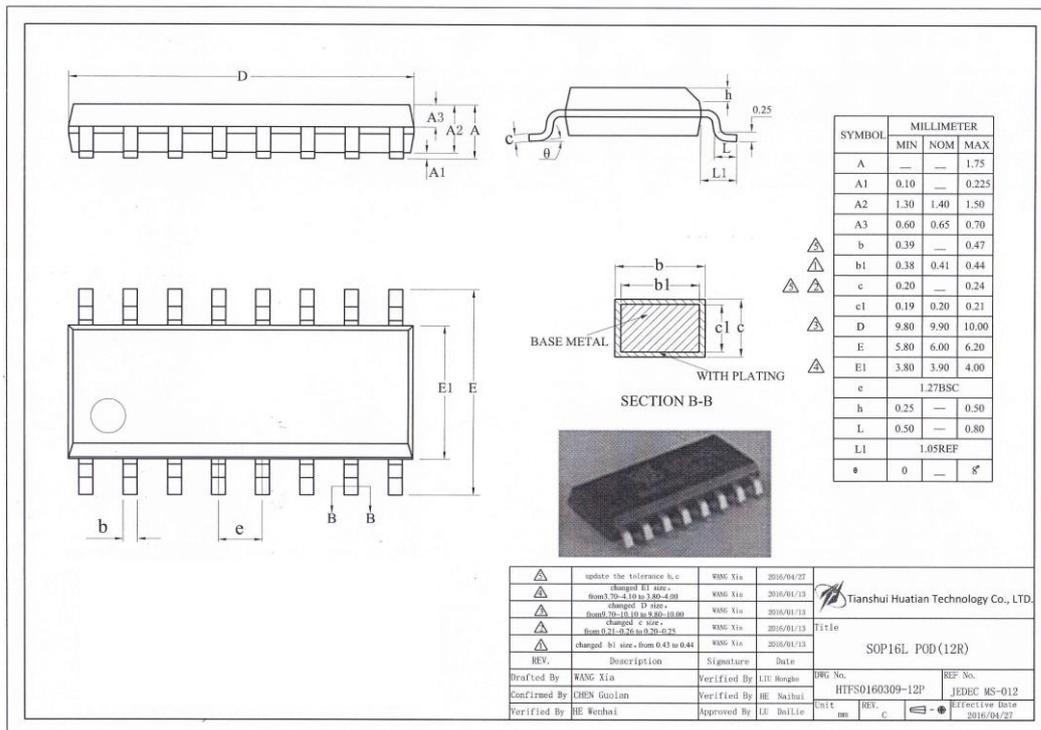


同相输出(NS2,4="0") 时延迟时间稍大

陶瓷封装外形尺寸:



塑料封装外形尺寸:



绝对最大额定值如下：

正电源电压 (V_{CC}) 0 V ~ 5.5 V

负电源电压 (V_{EE}) -5.5V ~ 0 V

输入电压 (V_i) -0.6V ~ 5.5V

贮存温度 (T_{stg}) -65°C ~ 150°C

推荐工作条件

符号	参数	最小	最大	单位
Vdd	正电源	4	5.3	V
Vee	负电源	-5.3	-4	V
VIH	输入高电平	0.65Vdd	Vdd+0.5	V
VIL	输入低电平	-0.6	0.3Vdd	V

电特性：

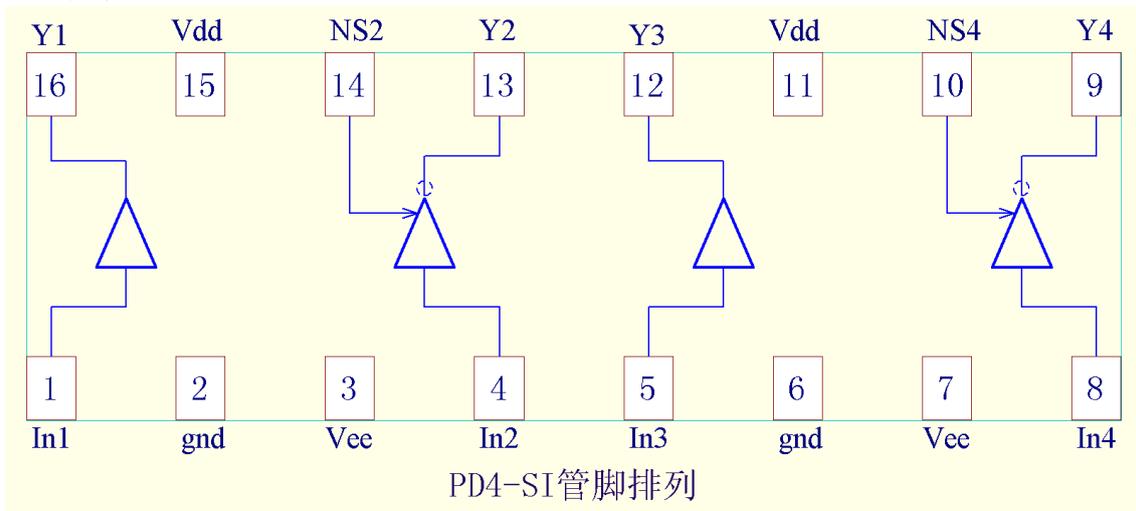
符号	参数	测试条件	最小	典型	最大	单位
I _{dd}	正电源电流	输出开路(不接负载) 输入信号频率： 100KHz			1.0	mA
I _{ee}	负电源电流				1.0	mA
Z _{in}	输入阻抗			>100kΩ		kΩ
VOH	输出高电平	输出电流 = -30mA	Vdd-0.4V			V
VOL	输出低电平	输入 = 30mA			Vee+0.4V	V
I _{con}	持续输出电流		-200mA		200mA	
I _{max}	瞬态输出电流			±700mA		mA
T _{pd}	延迟时间	互补输出 (NS2=1) 输出 150Ω 电阻接地		2.5	3	ns
		同相输出 (NS2=0) 输出 150Ω 电阻接地		3.8	4.5	ns
T _{on} , T _{off}	上升, 下降沿	输出 150Ω 电阻接地		2.0ns	2.5ns	
F _{max}	最高开关频率				20	MHz
TA	工作温度范围	工业级	-45		85	°C
		军品 B 级	-55		125	°C
		军品 B 级 (塑封)	-50		85	°C

输出真值表：

In*	Y* (同相输出方式)	Y* (反相输出方式)
-----	-------------	-------------

0	接近 Vee	接近 Vdd
1	接近 Vdd	接近 Vee

管脚排列:



管脚说明: 注意: 所有输入管脚严禁悬空, 必须接确定的高电平或低电平

序号	名称	说明
1	In1	1号驱动器输入
2	Gnd	地
3	Vee	负电源, 电压范围: -4~-5.3V
4	In2	2号驱动器输入
5	In3	3号驱动器输入
6	Gnd	地
7	Vee	负电源, 电压范围: -4~-5.3V
8	In4	4号驱动器输入
9	Y4	4号驱动器输出
10	NS4	4号驱动器输出相位选择, “0”同相, “1”反相
11	Vdd	正电源, 电压范围: 4~5.3V
12	Y3	3号驱动器输出
13	Y2	2号驱动器输出
14	NS2	2号驱动器输出相位选择, “0”同相, “1”反相
15	Vdd	正电源, 电压范围: 4~5.3V
16	Y1	1号驱动器输出

注意 1: 所有输入管脚严禁悬空, 必须接确定的高电平或低电平
 加电顺序: Vee, Vdd 最好同时接通。如无法做到, 应先接通 Vee, 再接通 Vdd

注意 2: 图 1 中的电源滤波电容 Cd1、Cd2 应尽量靠近 Vee, Vdd 管脚。

典型应用

1、并联

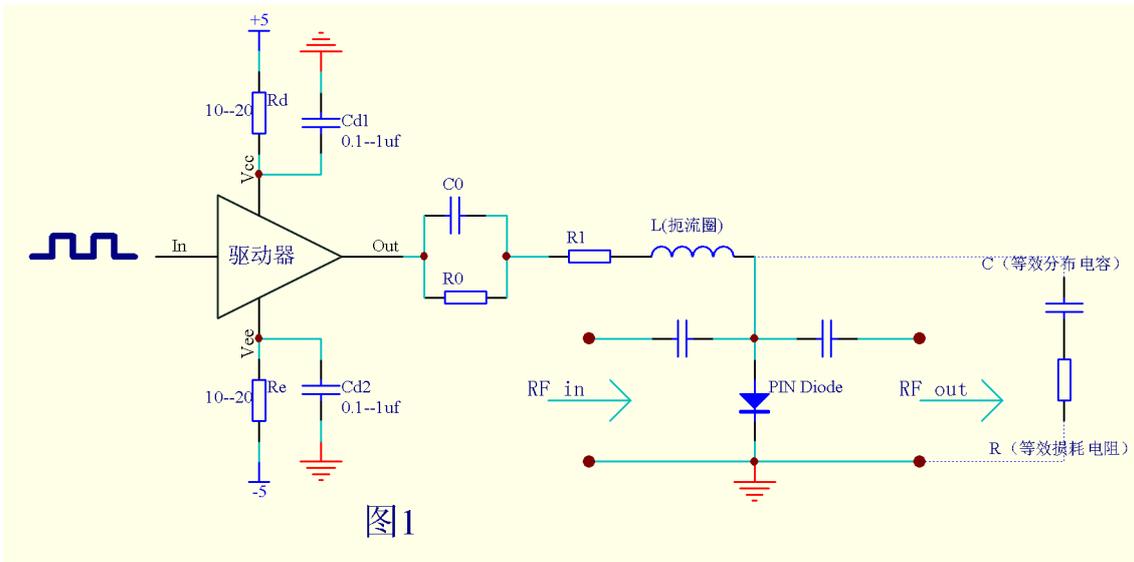


图1

注意：图中扼流圈 L 和等效分布电容 C 可形成串联谐振回路，故要求

$$R1 + R \text{ (等效损耗电阻)} > 2(L/C)^{1/2}$$

以消除振铃现象， L 是扼流圈电感， C 是等效分布电容。

因为驱动器有安倍级的正负电流输出能力，一旦出现意外情况：如输入悬空，加电顺序触发驱动器内部从 V_{cc} 到 V_{ee} 的直流通路、输出不小心碰到电路其它部分，都会烧毁驱动器。电路中 R_d, R_e 的作用就是限制过大直流电流，防止烧毁驱动器。而 C_{d1} 和 C_{d2} 的存在又可保证驱动器输出冲击电流的能力。 R_d, R_e 取值为范围 $10 \sim 20 \Omega$ 典型值为 15Ω 。 C_{d1}, C_{d2} 取值为 $0.1 \mu\text{f} \sim 2.2 \mu\text{f}$ 。

R_0 和 C_0 的计算：

假定PIN二极管导通时稳态电流为 I_0 ，导通电压为 V_0 ，驱动器空载输出高电平为 5.0V 。

$$R_0 = (5.0\text{V} - V_0) / I_0 - R_1$$

C_0 的计算稍微复杂些，需分别考虑截止到导通、导通到截止两个过程。

截止到导通的过程：

设稳态时PIN管的注入电流为 I_0 。则I层的电流方程为

$$dQ(t)/dt = I_0 - Q(t)/\tau \quad 1.1$$

式中： $Q(t)$ 为 I 层中 t 时刻的电荷量， τ 为载流子寿命。

设 $t=0$ 时， $Q(0)=0$ ，上式的解为

$$Q(t) = I_0 \tau [1 - \exp(-t/\tau)] \quad 1.2$$

$I_0 \tau$ 为完全导通后储存在 I 层的电荷的稳定值。可见 $Q(t)$ 达到稳定值 90% 所需时间是 2.3τ 。

为了减少开关时间，可使控制电流有一个远大于 I_0 的起始冲击电流 I_p ，使 I 层储存电荷很快达到稳定值 $I_0 \tau$ 。在脉冲作用期间，I 层的电流方程为

$$dQ(t)/dt = I_p - Q(t)/\tau \quad 1.3$$

解为

$$Q(t) = I_p \tau [1 - \exp(-t/\tau)] \quad 1.4$$

设 $t = T_s$ 时，I 层储存电荷达到稳定值，即：

$$Q_s = Q(T_s) = I_0 \tau$$

由式 1.4 可得

$$Q(T_s) = I_0 \tau = I_p \tau [1 - \exp(-T_s/\tau)] \quad 1.5$$

解出

$$\begin{aligned} T_s &= \tau \ln[1/(1 - I_0/I_p)] \approx \tau [(I_0/I_p)/(1 - I_0/I_p)] \\ &\approx \tau (I_0/I_p) \end{aligned} \quad 1.6$$

上式近似成立的条件是 I_0/I_p 远小于 1，这一般都能满足。

在 $0 \sim T_s$ 时间内流入电荷总量为。

$$\begin{aligned} Q_{in} &= I_p \times T_s = I_p \times \tau \ln[1/(1 - I_0/I_p)] \approx I_p \times \tau [(I_0/I_p)/(1 - I_0/I_p)] \\ &= I_0 \tau / (1 - I_0/I_p) \approx I_0 \tau (1 + I_0/I_p) = Q_s (1 + I_0/I_p) \end{aligned} \quad 1.7$$

导通到截止的过程：

如 PIN 管偏置电压快速反向，PIN 电流从 I_0 变成方向相反的 I_R 。I 层的存储电荷 $Q_s = I_0 \tau$ 开始逸出，同时继续复合。I 层的电流方程为

$$-dQ(t)/dt = I_R + Q(t)/\tau \quad 1.8$$

I_R 是反向电流。 $t=0$ 时 $Q(0) = I_0 \tau$ ，解为

$$Q(t) = (I_0 + I_R) \tau \exp(-t/\tau) - I_R \tau \quad 1.9$$

此式只在时间区间 $[0, t_s]$ 成立。 t_s 是 I 层存储电荷由 $I_0 \tau$ 减少到 0 所需的时间。

将 t_s 带入式 1.9.

$$Q(t_s) = (I_0 + I_R) \tau \exp(-t_s/\tau) - I_R \tau = 0$$

可求出

$$t_s = \tau \ln(1 + I_0/I_R) \approx \tau I_0/I_R (1 - I_0/2I_R) \quad 1.10$$

在 $0 \sim t_s$ 时间内流出电荷总量为。

$$Q_{out} = I_R \times t_s \approx I_R \times \tau I_0/I_R (1 - I_0/2I_R) = Q_s (1 - I_0/2I_R) \quad 1.11$$

比较式 1.7 和 1.11, 知 $Q_{in} > Q_{out}$ 所以只要按 Q_{in} 计算电容值即可。

在截止到导通的过程中, 需要向 PIN 管注入 $Q_{in} \approx Q_s (1 + I_0/I_p)$ 的电荷。设初始时电容上的电压为 0V, PIN 导通电压为 1.0V, 稳态后电容上的电压为 $5.0 - 1.0 = 4.0V$ 知

$$C0_{min} = Q_s (1 + I_0/I_p) / 4.0 = I_0 \tau (1 + I_0/I_p) / 4.0 \quad 1.12$$

例: 设 $I_0 = 25mA$, $\tau = 0.1\mu s$, $I_p = 500mA$, 可求出

$$C0_{min} = 25 \times 10^{-3} \times 0.1 \times 10^{-6} \times 1.05 / 4.0 \approx 0.65nf$$

因为 τ 、PIN 管的导通电压, 都有一定的离散和误差, 且脉冲电流 I_p 也不会是理想的矩形脉冲, 上面的计算只是给出了 C0 的大概数值, 实际情况还要以试验为准。

实际操作中可先取 $C0 = 100pf$, 测试 PIN 开关速度能否满足要求。如不能, 增加 C0, 直到满足要求为止。

2、串并联

示意图见图 2, $R0$ 的计算不变。C0 的计算也变化不大, 只是初始电压不为 0 了, 且式中的 $Q_s = Q_{s1} + Q_{s2}$, $I_0 = I_{01} + I_{02}$, 这里 Q_{s1} , Q_{s2} , I_{01} , I_{02} 分别是 PIN diode1 和 PIN diode2 I 层储存电荷达到的稳定值和导通时的稳态电流。

假定 PIN 导通电压为 1.0V, 驱动器稳态输出电压为 $\pm 5.0V$, 电容上的稳态电压为 $\pm 4.0V$ 。

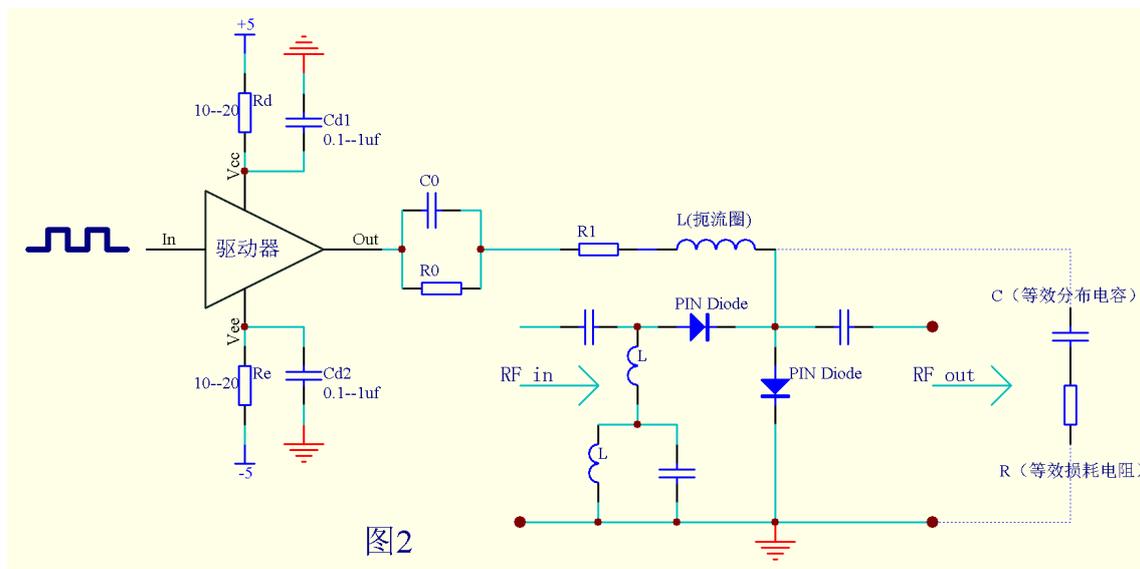


图2

驱动器从低到高的转换过程：

设初始时电容上的电压为-4.0V, 稳态后电容上的电压为 5.0-1.0=4.0V, 电容上的电压变化了 4.0V-(-4.0V)=8.0V。式 1.12 变成了

$$C0_{min} = (Q_{s1} + Q_{s2}) [1 + (I_{o1} + I_{o2}) / I_P] / 6.6 = (I_{o1} + I_{o2}) \tau [1 + (I_{o1} + I_{o2}) / I_P] / 8.0 \quad 1.13$$

如果 PIN diode1 和 PIN diode2 的导通电流 I_{o1} , I_{o2} 不一样, 则可在 $R0, C0$ 上并联一个 $D2, R2$ 组成的电流支路, 见图 3。这里假定 $I_{o2} > I_{o1}$, 设 PIN 管导通电压为 V_0 , $D2$ 导通电压为 0.7V, 驱动器空载输出高电平为 5.0V, $R2$ 由下式给出

$$R2 = (5.0V - V_0 - 0.7V - I_{o2}R1) / (I_{o2} - I_{o1}) \quad 1.14$$

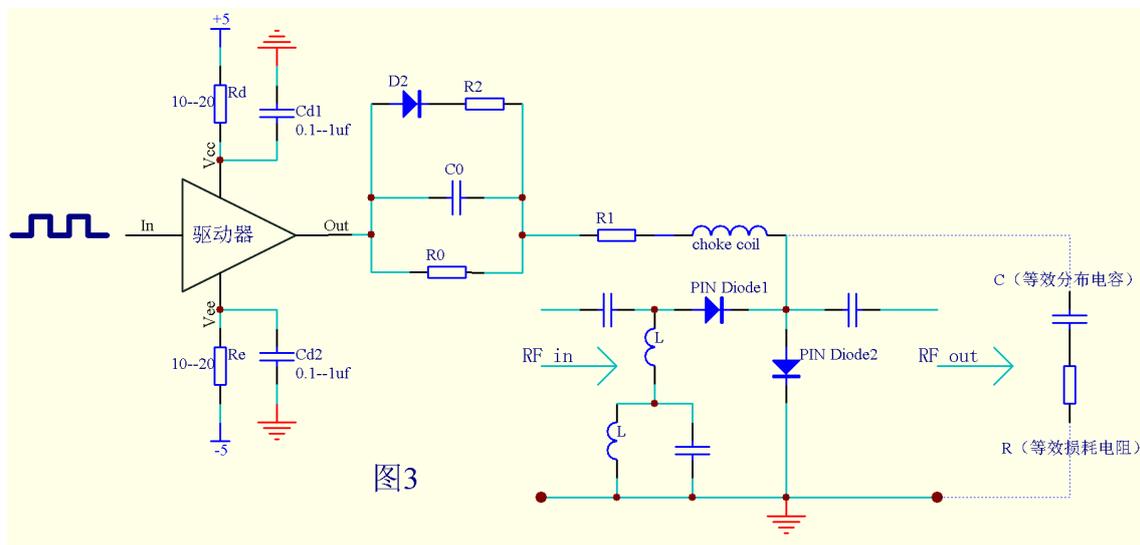


图3