

和章 pp.117-134

デジタル回路 演習問題 09

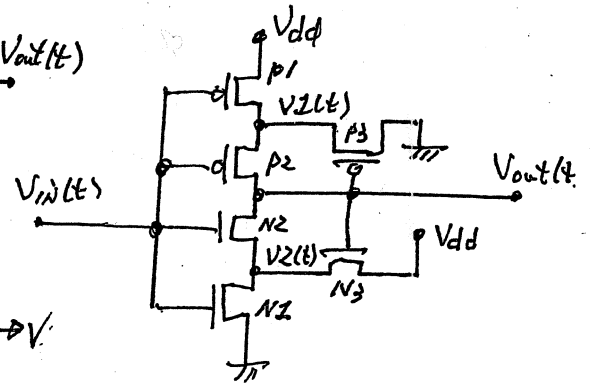
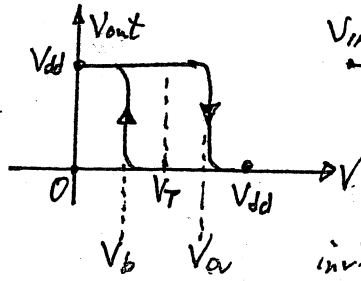
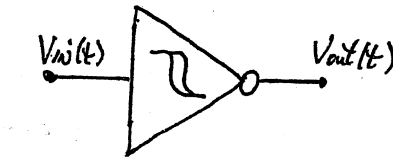
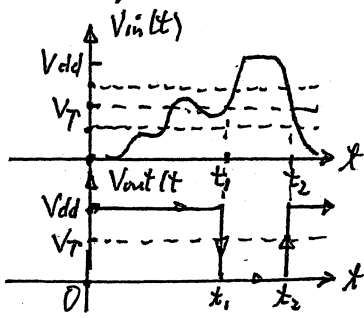
- 9.01 Schmitt Trigger Inverter 回路 invSMT()の性質について説明せよ。
- 9.02 無安定MultiVibrator回路の性質について説明せよ。
- 9.03 単安定(Mono Stable) MultiVibrator回路の性質について説明せよ。
- 9.04 RC回路を使った inverter遅延回路の動作を説明せよ。
- 9.05 単安定MultiVibrator回路を遅延回路として使った場合を説明せよ。
- 9.06 diodeを使用して、入力信号の「首を切る」回路について説明せよ。
- 9.07 diodeを使用して、入力信号の「足を切る」回路について説明せよ。
- 9.08 diode の Limitter 回路について説明せよ。
- 9.09 Zenor diode の性質について説明せよ。
首切り・足切りのZenor Diode回路について説明せよ。
- 9.10 Clamp回路の性質について説明しなさい。
- 9.11 Bipolar型無安定MultiVibrator回路について説明せよ。
- 9.12 Chattering 防止回路の性質について説明せよ。
- 9.13 (diode+抵抗体) 型の足切回路の特性について説明せよ。

9.01 Schmitt Trigger Inverter 回路 invSMIT() の性質

(pp.11-118 参照)

7-2 回路 ユート (9) 参考

pp.117-134

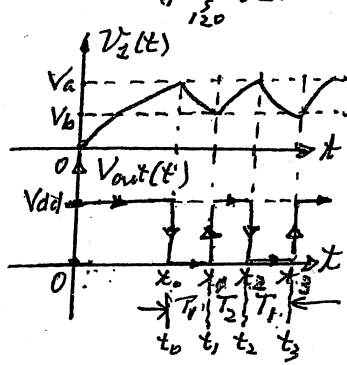
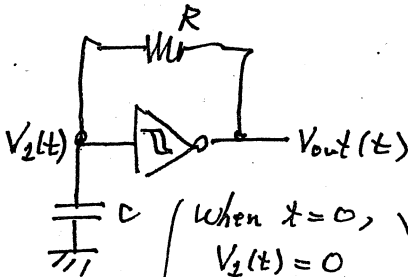


$$\begin{aligned} V_a &= \frac{1}{2}V_{dd} + \frac{1}{2}V_{thn} \\ V_b &= \frac{1}{2}V_{dd} - \frac{1}{2}V_{thp} \end{aligned}$$

invSMIT() 回路は、一般の反転回路である！
Feedback Loop が存在する.. (XBY-回路)

9.02 不安定 Multi Vibrator 回路の性質

(pp.119 参照)



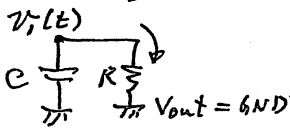
$t_0 < t < t_1$

$$V_2(t) = (V_{dd}) (1 - \exp(-t/RC))$$

When $V_2(t_0) = V_a$,

$$\begin{aligned} \left(\frac{V_a}{V_{dd}}\right) &= 1 - \exp(-t_0/RC) \\ \exp(-\frac{t_0}{RC}) &= (1 - \frac{V_a}{V_{dd}}) = \frac{V_{dd} - V_a}{V_{dd}} \\ t_0 &= (RC) \ln \left(\frac{V_{dd}}{V_{dd} - V_a}\right) \end{aligned}$$

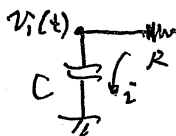
for $t_0 < t < t_1$ $V_2(t) = V_a \exp[-(t-t_0)/RC]$



when $t = t_1$, $V_2(t_1) = V_b = V_a \exp(-\frac{(t_1-t_0)}{RC})$

$$\frac{V_a}{V_b} = \exp\left(\frac{t_1-t_0}{RC}\right) = \exp\left(\frac{T_1}{RC}\right) \quad T_1 = (RC) \ln\left(\frac{V_a}{V_b}\right)$$

for $t_1 < t < t_2$ $V_2(t) = V_{dd} - (V_{dd} - V_b) \exp[-\frac{(t-t_1)}{RC}]$ (at $t = t_2$, $V_1(t) = V_b$)



at $t = t_2$, $V_2(t) = V_a$ とおき.

$$V_a = V_{dd} - (V_{dd} - V_b) \exp\left(-\frac{T_2}{RC}\right)$$

$$\exp\left(\frac{T_2}{RC}\right) = \frac{V_{dd} - V_b}{V_{dd} - V_a} \quad T_2 = (RC) \ln\left(\frac{V_{dd} - V_b}{V_{dd} - V_a}\right)$$

$$T = T_1 + T_2 = (RC) \ln\left(\frac{V_a(V_{dd} - V_b)}{V_b(V_{dd} - V_a)}\right) \text{ とおき.}$$

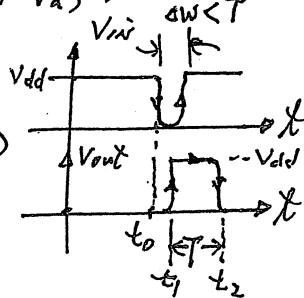
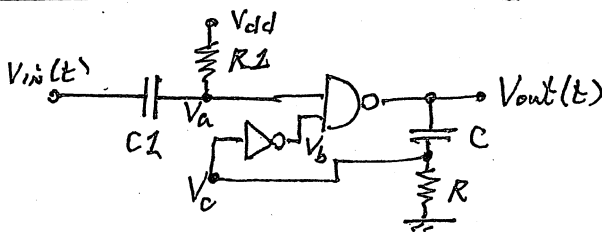
(V_T = inverter の 論理 L 電圧)

$$T \approx CR \ln\left(\frac{V_{dd}}{V_T}\right)$$

$$(V_T \approx \frac{V_{dd}}{2})$$

($V_C(t)$ が High に なり、
放電されるまで T)

9.03 不安定 Multi Vibrator 回路の性質



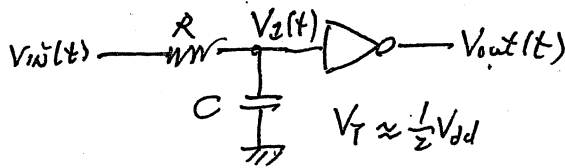
(V_T = inverter の 論理 L 電圧)

$$T \approx CR \ln\left(\frac{V_{dd}}{V_T}\right)$$

$$(V_T \approx \frac{V_{dd}}{2})$$

($V_C(t)$ が High に なり、
放電されるまで T)

9.04 RC回路を以て Inverter 遅延回路



at $t = t_1$, $V_{in}(t)$ が High に 変化する。

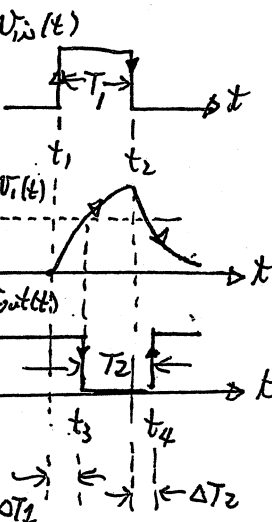
$$V_1(t) = (V_{dd}) \left[1 - \exp\left(-\frac{(t-t_1)}{RC}\right) \right]$$

at $t = t_2$, $V_1(t) = V_T$ になる。

$$V_T = (V_{dd}) \left[1 - \exp\left(-\frac{(t_2-t_1)}{RC}\right) \right]$$

$$\frac{V_{dd}}{V_T} = \exp\left(\frac{\Delta T_1}{RC}\right) \quad \Delta T_1 = (RC) \ln\left(\frac{V_{dd}}{V_T}\right) \leftarrow$$

at $t = t_2$, $V_{in}(t)$ が Low に 変化する。



$$\begin{aligned} V_T &\approx \frac{1}{2} V_{dd} \\ \Delta T_1 &= (RC) \ln\left(\frac{V_{dd}}{V_T}\right) \\ \Delta T_2 &= \Delta T_1 \text{ when } RC \ll T_1 \\ T_2 &\approx T_1 \text{ when } RC \ll T_1 \end{aligned}$$

$$V_1(t_2) = (V_{dd}) \left[1 - \exp\left(-\frac{(t_2-t_1)}{RC}\right) \right]$$

$$\text{for } t_2 < t, \quad V_1(t) = (V_{dd}) \left[1 - \exp\left(-\frac{(t_2-t_1)}{RC}\right) \right] \exp\left(-\frac{t-t_2}{RC}\right)$$

at $t = t_3$, $V_1(t_3) = V_T$ になる。

$$V_T = (V_{dd}) \left[1 - \exp\left(-\frac{T_1}{RC}\right) \right] \exp\left(-\frac{\Delta T_2}{RC}\right)$$

$$\left(\frac{V_{dd}}{V_T}\right) \left[1 - \exp\left(-\frac{T_1}{RC}\right) \right] = \exp\left(\frac{\Delta T_2}{RC}\right)$$

$$\Delta T_2 = (RC) \ln\left[\frac{V_{dd}}{V_T} \left(1 - \exp\left(-\frac{T_1}{RC}\right)\right)\right] \leftarrow$$

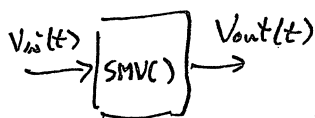
$$T_2 = T_1 - \Delta T_1 + \Delta T_2 = T_1 + (RC) \ln\left[1 - \exp\left(-\frac{T_1}{RC}\right)\right] \leftarrow$$

$T_1 \gg RC$ の時は $T_2 \approx T_1$ になる。

また、 $\Delta T_1 \approx \Delta T_2$ になる。

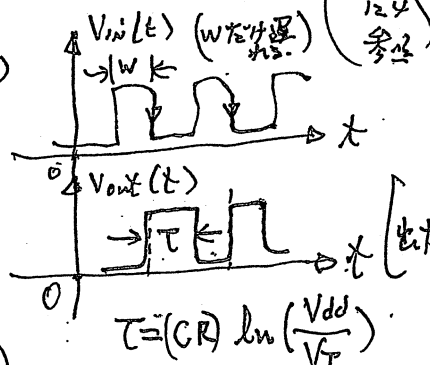
λ が Pulse 幅 (T_1) が RC 定数 数より はるかに長い場合は、この inverter 回路により 遅延は $\Delta T = \Delta T_1 \approx \Delta T_2 = (RC) \ln\left(\frac{V_{dd}}{V_T}\right)$ $V_T = \frac{1}{2} V_{dd}$ かつ、 $\Delta T \approx 0.69 RC$ になる。

9.05 単安定 Multi-Vibrator を遅延回路として使う。



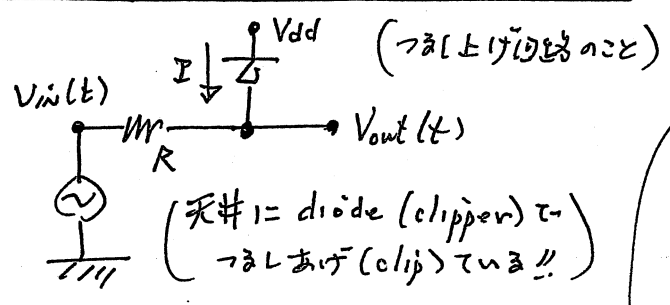
(入力 Pulse が立ち下ると出力は遅れる!!)

(立ち下ると遅延する。)



1.123
1.34
余り

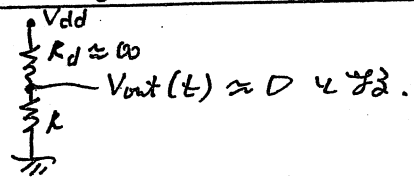
(出力 Pulse の幅が $T = (CR) \ln\left(\frac{V_{dd}}{V_T}\right)$ になる!!)



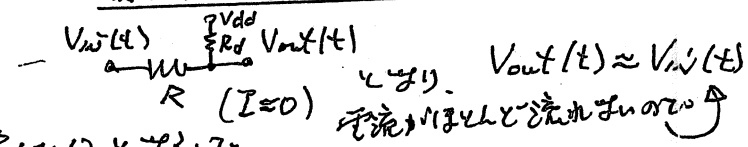
$$I = (I_0) \left[1 - \exp\left[-\frac{q(V_{dd} - V_{out})}{kT}\right] \right]$$

When $V_{dd} \gg V_{out}$ $R_d \approx \infty$
 $I \approx 0$ (非常に小さい電流)
 When $V_{dd} < V_{out}$ $R_d \approx 0$
 $|I| \approx \infty$ (非常に大きい電流, $I < 0$) が流れる.

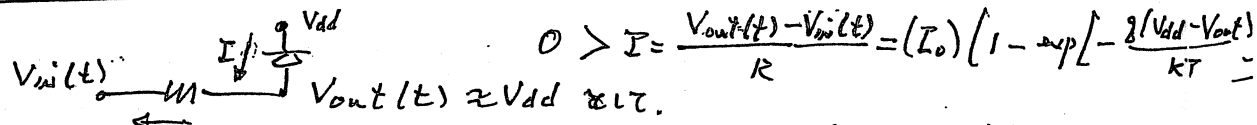
$V_{in}(t) = 0$ の時. $V_{in}(t) = 0 \ll V_{dd}$ だよ



$V_{in}(t) < V_{dd}$ では. $R_d \approx \infty$ だよ.



しかし. $V_{in}(t) > V_{dd}$ だよと. $R_d \approx 0$ だよと.



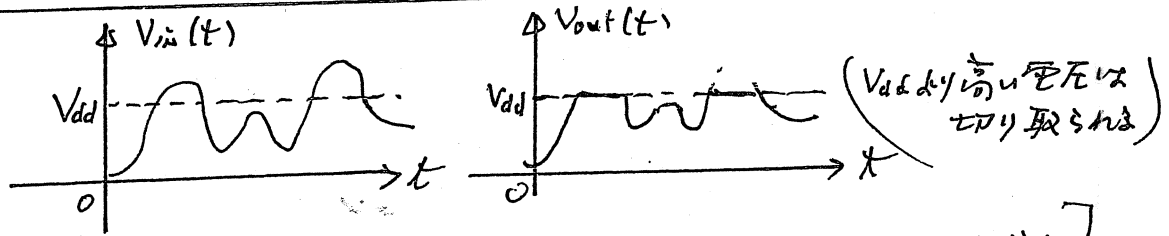
$$0 > I = \frac{V_{out}(t) - V_{in}(t)}{R} = (I_0) \left[1 - \exp\left[-\frac{q(V_{dd} - V_{out})}{kT}\right] \right]$$

$$V_{out}(t) - V_{in}(t) = (I_0 R) \left[\frac{q(V_{dd} - V_{out})}{kT} \right]$$

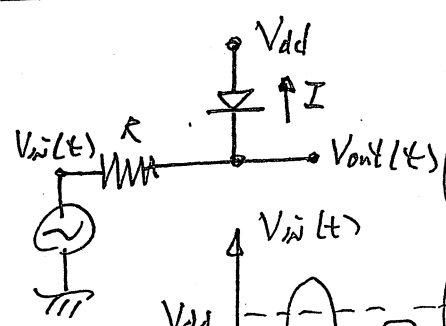
$$\left[1 + \frac{q I_0 R}{kT} \right] V_{out}(t) = \frac{q I_0 R}{kT} V_{dd} + V_{in}(t)$$

$$V_{out}(t) \approx \left[\frac{V_{in}(t) + \frac{q I_0 R}{kT} V_{dd}}{1 + \frac{q I_0 R}{kT}} \right]$$

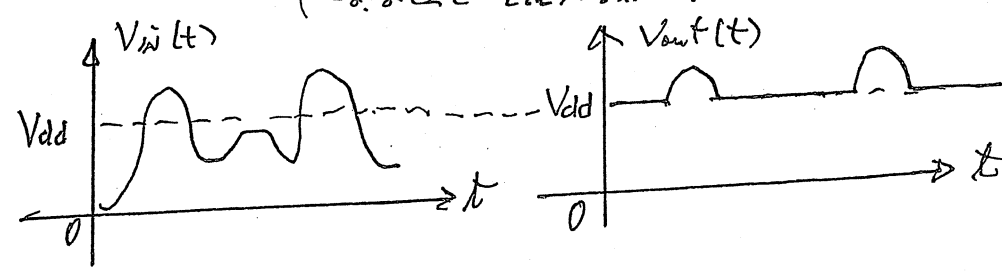
When $I_0 R \gg \frac{kT}{q} = 0.024 \text{ volt}$. $V_{out}(t) \approx V_{dd}$ だよ!!



$$I = I_0 \left[1 - \exp\left[-\frac{q(V_{dd} - V_{out})}{kT}\right] \right] \text{ だよ}$$

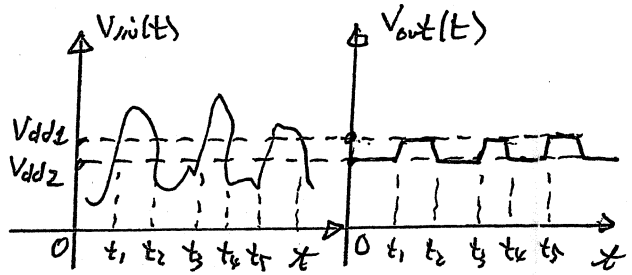
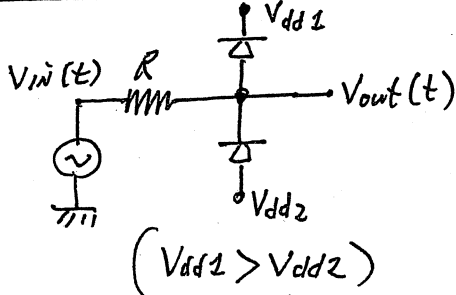


同様に. When $V_{dd} \gg V_{out}$, $R_d \approx 0$ $|I| \approx \infty$
 電流を一気に流す. $V_{out}(t) \approx V_{dd}$ (電位差を小さく)
 When $V_{dd} < V_{out}$, $R_d \approx \infty$, $I \approx 0$ だよ. 電流が
 ほとんど流れず. $V_{out}(t) \approx V_{in}(t)$...



9.08

diode limiter 回路の性質.

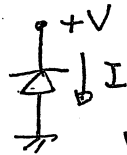
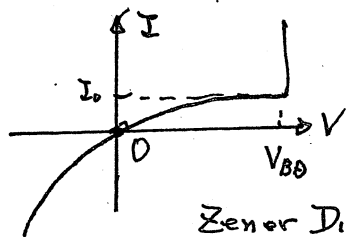


($V_{dd1} > V_{dd2}$)

9.09

Zener Diode の性質 足切り / 首切り Zener Diode 回路

普通の diode は 逆 bias になると Break-down を越え、大電流が流れて壊れる。



$$I = I_0 \left[1 - \exp\left(-\frac{qV}{kT}\right) \right] \text{ for } V < V_{BD}$$

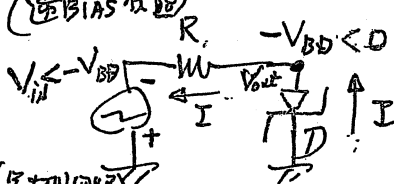
When $V = V_{BD}$; $I = \infty$ で壊れる!

Zener Diode は $V = V_{BD}$ にせよ、すくには壊れない

特別な diode (高価) である。大電流が流れる。

下図:

(逆BIAS状態)



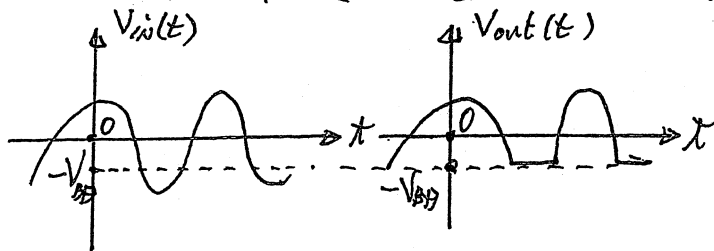
電源には必ず内部抵抗 R_{in} がある

電流の最大値 $I_{max} = \frac{V_{BD} - V}{R_{in}}$ が定格で、

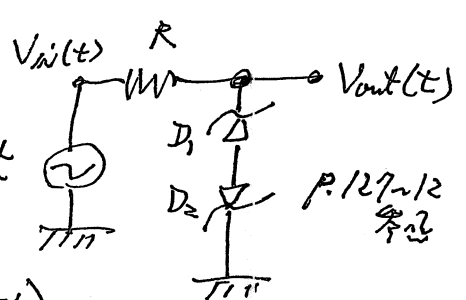
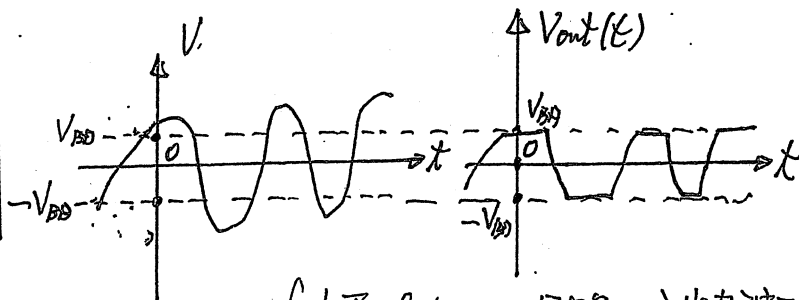
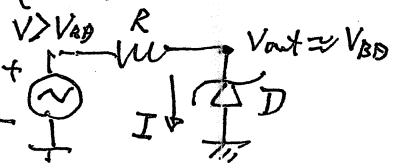
決まっています。 I_{max} 以上は電源自体が電流を供給できない

(Zener Diode の場合、この逆電流時の大電流特性を使う。普通の diode では順方向 (指数関数的) の大電流を使うから - Zener Diode の電流特性は普通の diode より、この大電流が急に大きく増加する。

(上図の電源が $V < V_{BD} < 0$ とおくと、 $V_{out} \approx -V_{BD} < 0$ で固定される。
 様々な入力信号でも Zener Diode を使って足切りが可能である。)



(首切り Zener Diode 回路)



(上下 limiter 回路の入出力波形)

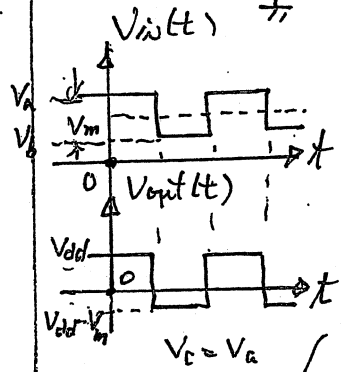
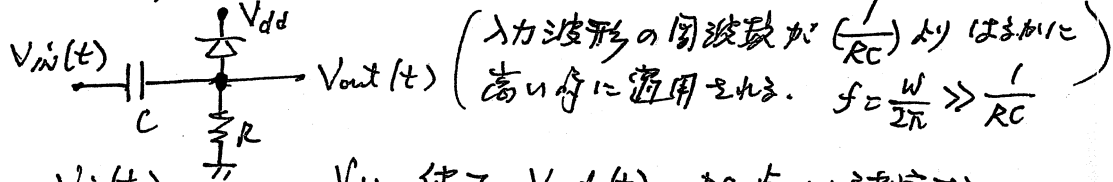
P.127~128

9.10

C/amp 回路の性質.

(最大値を V_{dd} にホールド (とめる) = clamp する)

入力波形 $V_{in}(t)$ に 任意の 直流電圧 V_a を 持たせる (けたをいかに) 回路のこと.



V_{dd} の値で $V_{out}(t)$ の DC 値が決定する.
 容量 C の impedance は $Z_c = \frac{1}{j\omega C} \rightarrow 0$ as $\omega \rightarrow \infty$
 従って、周波数成分が高い信号は、容量 C は、
 ショートして $Z_c = 0$ ($R=0$ と同じ) 等価していき、
 $\Delta V_{in}(t) = \Delta V_{out}(t)$ 変化成分がそのまま通過する。

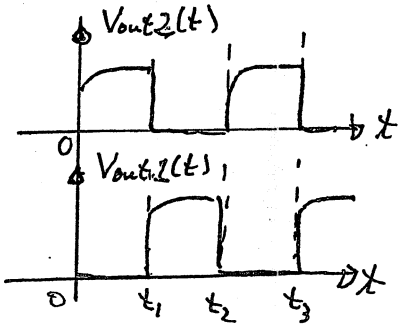
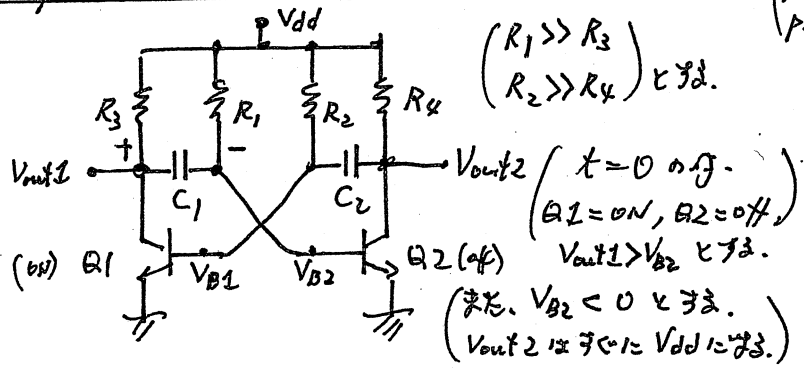
diode を 逆に 結ぶと
 けたをいかに回路
 には なる。最大値が
 V_{dd} になる (9.10, p.133)

入力信号が 最大 V_a 最小 V_b と $V_m = V_a - V_b$ とすると、
 出力信号は、最大値が $V_{dd} - C/amp$ される。最大値は $(V_{dd} - V_m)$ とす。
 入力信号の DC Level ($\approx \frac{1}{2}(V_a + V_b)$) には 関係しない。
 Pulse の 強度 $V_m = V_a - V_b$ は 出力に そのまま 互換される。

9.11

Bipolar Transistor 型 不安定 Multi-Vibrator 回路

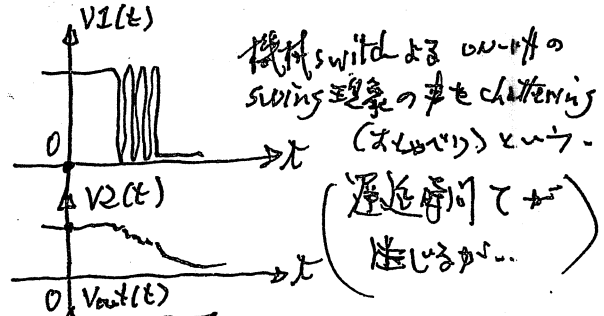
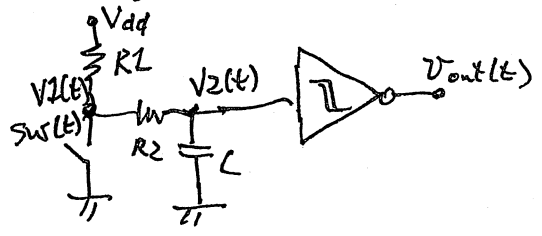
(p.132) の 4 参考
 (p.190) の 解答例 参照)



($R_1 \gg R_3$)
 ($R_2 \gg R_4$) とす。
 $t=0$ の 時、
 $Q1 = on, Q2 = off$
 $V_{out1} > V_{B2}$ とす。
 (また、 $V_{B2} < 0$ とす。
 V_{out2} は すぐに V_{dd} になる。)

9.12

Chattering 防止回路の性質.



機械 switch による on-off の
 swing 現象の 弊を chattering
 (オシラビリ) といって、
 (遅延時間) とす。
 (遅らせるが...)

9.13

差切り回路の性質.

