

# 可變幅 Double-Pulse Generator 에 관한 研究

## (Research on the Variable-Width and Double-Pulse Generator)

李 炳 璿\*

(Lee, Byung Suhn)

### 要 約

여기에 記述된 可變幅 double-pulse generator 는 完全 transistor 化 되어서 小型이고 使用하기 簡便하다. 周波數는 1KHz 에서 500 KHz 까지 可變할 수 있으며 pulse 의 幅은  $0.4 \mu \text{ sec}$  에서  $8 \mu \text{ sec}$  까지, pulse 의 振幅은 1V 에서 10V 까지, double pulse 間의 間隔은  $0 \mu \text{ sec}$  에서  $12 \mu \text{ sec}$  까지 可變할 수 있다. 正 또는 負의 single 또는 double pulse 를 얻을 수 있다.

各段마다의 解析을 하였으며 아울러 設計式을 誘導하고 實驗과 比較하였다.

### Abstract

The variable-width and double-pulse generator here described is completely transistorized so its size is small and it is convenient to handle. The frequency can be varied from 1 KHz to 500KHz, the pulse width from  $0.4 \mu \text{ sec}$  to  $8 \mu \text{ sec}$ , amplitude from 1V to 10V, and interval of double pulse from  $0 \mu \text{ sec}$  to  $12 \mu \text{ sec}$ . Positive and negative signal or double pulse trains can be obtained.

An analysis has been carried out for each stage and the design equations are derived. The experimental results are compared with the analysis.

### 1. 序 論

이 可變幅 double-pulse generator 는 核計測電子裝置 또는 pulse 電子裝置의 試驗에 使用될 수 있도록 設計되었다. 이 裝置는 完全 transistor 化 되어 있어서 小型이고 使用하기에 簡便하다.

周波數는 1 KHz 부터 500KHz 까지 6段 選擇 switch 로 選擇할 수 있다. Pulse 幅은  $0.5 \mu \text{ sec}$  에서  $5 \mu \text{ sec}$  까지 3段 選擇 switch 로 選擇할 수 있고 double pulse 間의 間隔 即 pulse 의 遲延時間은  $1 \mu \text{ sec}$  로 부터  $10 \mu \text{ sec}$  까지 3段 選擇 switch

로 選擇할 수 있다.

周波數, pulse 幅, pulse 振幅 및 double pulse 間의 間隔은 各各의 可變抵抗으로 微細調整이 可能하다. 正 또는 負의 選擇 switch 와 single 또는 double pulse 選擇 switch 가 있어서 必要한대로 正 또는 負의 single 또는 double pulse 를 낼 수 있다.

이 裝置는 交流 115V 로 動作시킬 수 있으며 所要電流는 120mA 이다.

### 2. 裝置의 構成

可變幅 double-pulse generator 의 構成을 block

\*原子力研究所 電子工學研究室, Electronics Division,  
Atomic Energy Research Institute.

diagram 으로 그림 1 에 表示한다, 必要한 周波數의 發生은 可變周波數發振器로 矩形波를 發振시켜서 한다. 이 矩形波를 shaping 回路에 通過시켜서 trigger pulse 를 얻게 된다. 따라서 이

trigger pulse 의 周波數는 可變周波數發振器에서 發振된 必要한 周波數와 같다. trigger pulse 가 必要하면 첫 번째 switch 를 single 쪽으로 한다. 그러면 trigger pulse 는 可變幅發振器로 傳達된

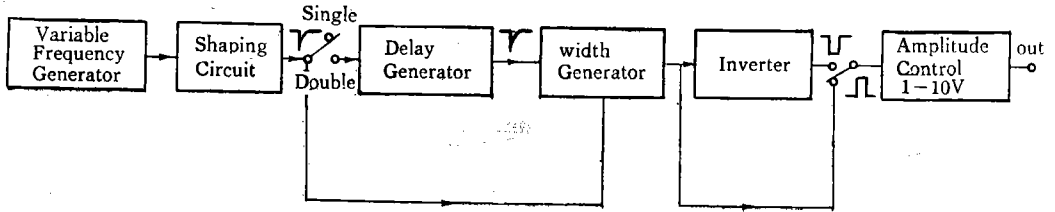


그림 1. 可變幅 double-pulse generator 의 構成圖

Block diagram of the variable-width and double-pulse generator.

다. 이 可變幅發振器를 調整함으로써 必要한 pulse 幅을 얻게 된다. 이 出力을 直接 amplitude control 로 보내면 出力端子에 必要한 높이의 正의 pulse 를 얻게 된다. 負의 pulse 가 必要하면 두 번째 switch 를 負쪽으로 하면 出力端子에 可變幅發振器로부터의 正의 pulse 가 inverter 를 통하여 負의 pulse 를 얻게 된다.

또는 負가 되고 amplitude control 을 함으로써 必要한 높이의 double pulse 를 얻을 수 있다.

### 3. 可變周波數發振器

可變周波數 trigger 回路를 그림 2 에 表示한다. 여기에 transistor  $Q_1$  및  $Q_2$  는 可變周波數發振器를 이루고 있고 이 것의 基本回路는 그림 3 에 表示하는 無安定 multivibrator (astable multivibrator)와 같다.<sup>2)</sup> 이 回路는  $Q_1$  과  $Q_2$  段이 서로 a-c 結合이 되어 있어서 安定狀態가 없고 두 개의 準安定狀態(quasi-stable state)만 存在한다.

Double pulse 가 必要하면 첫 번째 switch 를 double 쪽으로 하면 trigger pulse 는 可變幅發振器를 trigger 하는 同時에 遲延發振器도 trigger 한다. 遲延發振器를 調整함으로써 必要한 時間만큼 遲延된 trigger pulse 를 發生하게 된다. 따라서 이 경우에 shaping 回路에서 直接傳達되는 trigger pulse 와 이것들보다 時間이 若干 遲延된 遲延發振器로부터의 trigger pulse 가 함께 繼續적으로 可變幅發振器를 trigger 한다. 이리하여 形成된 double pulse 는 두 번째 switch 의 位置에 따라 正

$Q_2$  가 on 일 때는 그 base 電壓은 base-to-emitter saturation 電壓  $-V_e$  이고 이 때  $Q_1$  은 off 이고 그 collector 電壓은 거의  $-V_{cc}$  이다. 時間  $t=0$  에서  $Q_1$  이 on 이 되면 그 collector 電壓은  $-V_{cc}$  에서  $-V_{CE(sat)}$  로 上昇한다. Capacitor C 의 兩端의 電壓은 瞬間적으로 變할 수 없으므로  $Q_2$

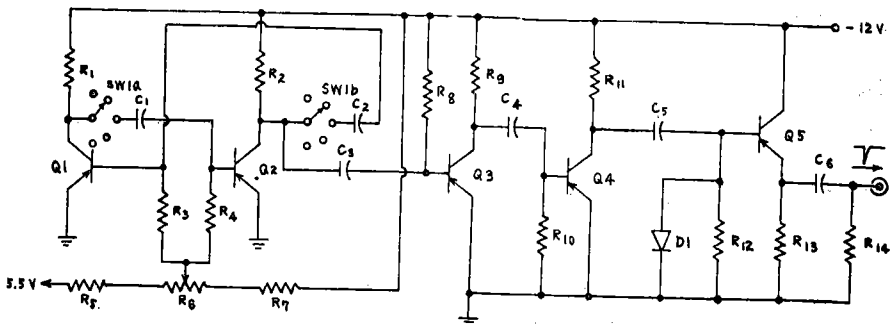


그림 2. 可變周波數 trigger 回路

Fig. 2. Trigger circuit of the variable frequency.

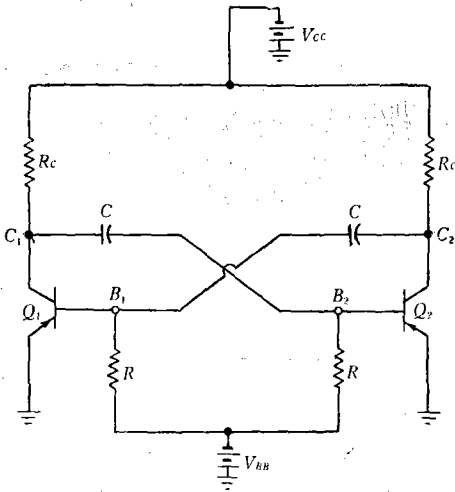


그림 3. 無安定 multivibrator.  
Fig. 3. Astable multivibrator.

의 base 電壓  $V_{B2}$  도  $V_{CC} - V_{CE(sat)} - V_{\sigma}$  로 올라간다. 따라서

$$V_{B2}(0+) = V_{CC} - V_{CE(sat)} - V_{\sigma} \quad (1)$$

C 가 R 와 on 되어 있는  $Q_1$  을 통하여 放電함에 따라  $Q_2$  의 逆 base 電壓은 적어져서 어떤 時間後에는 0V 가 되고 다시 負로 되며 cutin 電壓인  $-V_{\gamma}$  가 되면  $Q_2$  는 다시 on 이 된다.  $Q_1$  이 on 이 되고  $Q_2$  가 off 인 한 準安定狀態에서 等價回路를 그리면 그림 4 와 같다.

그림 4 에 의하여

$$C \frac{d}{dt} V_{B2}(t) + \frac{1}{R} [V_{BB} + V_{B2}(t)] - I_{C0} = 0 \quad (2)$$

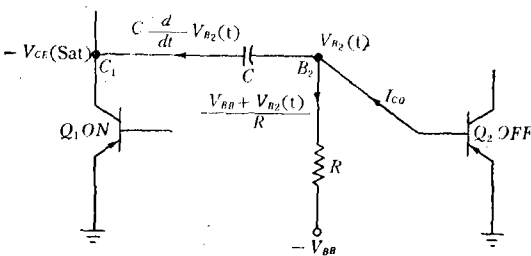


그림 4. 한 準安定狀態에서의 等價鄺路  
Fig. 4. Equivalent circuit at one quasi-stable circuit.

$$V_{B2}(t) + RC \frac{d}{dt} V_{B2}(t) = -(V_{BB} - I_{C0}R) \quad (3)$$

(3)을 Laplace transformation 을 하면

$$V_{B2}(s) + RC[SV_{B2}(s) - V_{B2}(0+)] = -\frac{1}{S} (V_{BB} - I_{C0}R) \quad (4)$$

$$(1 + RCS) V_{B2}(s) - RC V_{B2}(0+) = -\frac{1}{S} (V_{BB} - I_{C0}R) \quad (5)$$

(1)을 (5)에 代入하면

$$(1 + RCS) V_{B2}(s) - RC[V_{CC} - V_{CE(sat)} - V_{\sigma}] = -\frac{1}{S} (V_{BB} - I_{C0}R) \quad (6)$$

$$V_{B2}(s) = \frac{RCS[V_{CC} - V_{CE(sat)} - V_{\sigma}] - V_{BB} + I_{C0}R}{S(1 + RCS)} = \frac{V_{CC} - V_{CE(sat)} - V_{\sigma} + V_{BB} - I_{C0}R}{S + \frac{1}{RC}} - \frac{V_{BB} - I_{C0}R}{S} \quad (7)$$

Inverse Laplace transformation 을 하면

$$V_{B2}(t) = [V_{CC} - V_{CE(sat)} - V_{\sigma} + V_{BB} - I_{C0}R] e^{-t/RC} - (V_{BB} - I_{C0}R) \quad (8)$$

그림 5 에서 下降하는 放電曲線은 (8)을 그린 것이다.  $Q_2$  가 on 이 되는  $t=T$ 에서  $V_{B2}(t) = -V_{\gamma}$  이므로 이 것을 (8)에 代入하고 整理하면

$$T = RC I_n \frac{V_{CC} - V_{CE(sat)} - V_{\sigma} + V_{BB} - I_{C0}R}{V_{BB} - I_{C0}R - V_{\gamma}} \quad (9)$$

여기서  $V_{\gamma}$  를 無視하면

$$T \approx RC I_n \left(1 + \frac{V_{CC} - V_{CE(sat)} - V_{\sigma}}{V_{BB} - I_{C0}R}\right) \quad (10)$$

常溫에서  $I_{C0}$  를 無視하고  $V_{CC} \gg -V_{CE(sat)} - V_{\sigma}$  면

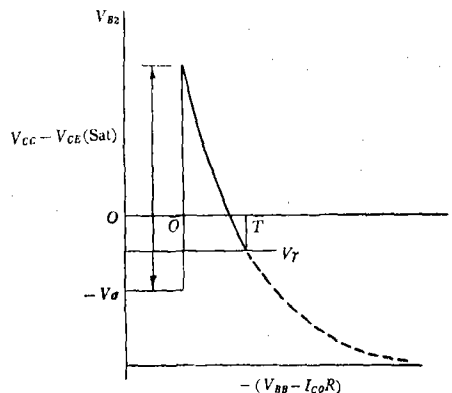


그림 5.  $Q_2$  base 電壓  $V_{B2}$ 의 變化  
Fig. 5. Variation of the  $Q_2$  base Voltage  $V_{B2}$

$$T \approx R C I_n \left( 1 + \frac{V_{CC}}{V_{BB}} \right) \quad (11)$$

周波數  $f$  는

$$f = \frac{1}{2T} = \frac{1}{2 R C I_n \left( 1 + \frac{V_{CC}}{V_{BB}} \right)} \quad (12)$$

여기서는  $C$  와  $V_{BB}$  를 變化시킴으로써 周波數를 變化시키게 되어 있다. 그림 2 에서 選擇 switch  $SW_1$  의 位置에 따라 1, 5, 10, 50, 100, 또는 500KHz 의 周波數를 選擇할 수 있으며 可變抵抗  $R_6$  을 調整함으로써 微細調整을 할 수 있다.

### 4. Shaping 回路

그림 2 에서 R-C 結合된  $Q_3, Q_4$  및  $Q_5$  는 shaping 回路를 이루고 있다.  $Q_3$  은 固定 bias 된 回路이고  $Q_4$  는  $R_{10}$  이 接地되어 있어서 入力 pulse 가 없을 때에는 cutoff 이다. 入力 pulse 가 負로 變하면  $Q_4$  는 on 이 되고 얼마 있다가 다시 cutoff 가 된다.  $Q_5$  는 emitter follower 이다.

結合回路를 이루고 있는 R-C 로 되는 3 個의 時定數를 考察하여 보면

$$\begin{aligned} \tau_1 &= R_8 C_3 \\ &= (33 \times 10^3) (220 \times 10^{-12}) \\ &= 7.3 \mu \text{ sec} \\ \tau_2 &= R_{10} C_4 \\ &= (10 \times 10^3) (1000 \times 10^{-12}) \\ &= 10 \mu \text{ sec} \\ \tau_3 &= R_{12} C_5 \\ &= (1 \times 10^3) (560 \times 10^{-12}) \\ &= 0.56 \mu \text{ sec} \end{aligned}$$

入力 pulse 의 周波數가 1KHz 일 때는 1KHz 의 半周期은 0.5msec 로 이 것은  $\tau_1, \tau_2$ , 및  $\tau_3$  보다. 大端히 크므로 各段에서의 波形은 모다 微分되어 있다.

그러나 入力 pulse 의 周波數가 500KHz 일 때에는 좀 다르다. 500KHz 의 半周期은 1  $\mu$ sec 이고 이 것은  $\tau_3$  보다는 크므로  $Q_5$  base 에서만 微分되고 그 앞段에서는 微分은 안 되고 若干의 tilt 만있게 된다.

$D_1$  은 clamping diode 로서 正으로의 變化는 clamp 되어 나타나지 않고 微分된 負로의 變化만

나타나게 되어 이 것이 負의 trigger pulse 를 形成한다.  $D_1$  이 없을 때와 있을 때의  $Q_5$  base 에서의 波形을 그림 6 에 表示한다.

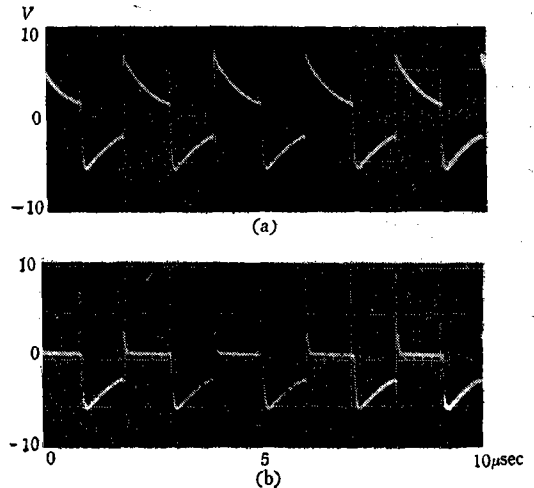


그림 6.  $D_1$  이 없을때와 있을때의  $Q_5$  base 에서의 波形. (a)  $D_1$  이 없을때. (b)  $D_1$  이 있을때  
Fig. 6. Wave shape at  $Q_5$  base. (a) with no  $D_1$  (b) with  $D_1$  connected.

### 5. 可變幅發振器 및 遲延發振器

可變幅發振器와 遲延發振器의 基本回路는 그림 7 에 表示하는 바와 같이 collector 結合 單安定 multivibrator (collector-coupled monostable multivibrator) 이다.  $Q_1$  은 入力 trigger pulse 가 들어 오기 前의 安定狀態에서 off 이고  $Q_2$  는 on 이다. 負의 入力 trigger pulse 가  $Q_1$  의 base 로 들

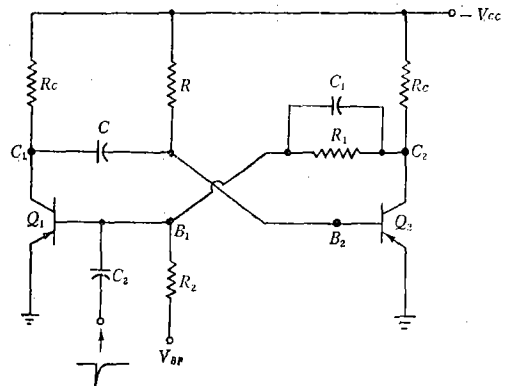


그림 7. Collector 結合 準安定 multivibrator.  
Fig. 7. Collector-coupled monostable multivibrator.

어 오면  $Q_1$  은 on 이 되고 collector 電壓이 거의 0V 로上昇하고 이 것이 timing capacitor C 에 의하여  $Q_2$  의 base 에 正의 電壓이 걸리게 되므로  $Q_2$  는 off 가 되어 準安定狀態(quasistable state)가 된다. C 의 電荷가 放電함에 따라 이 큰 正의 電壓은 指數的으로 下降하여 0V 를 지나 Cutin 電壓  $-V_\sigma$  가 되면  $Q_2$  는 다시 on 이 되고  $Q_1$  은 off 로 되어 安定狀態로 回復한다.

**$R_1$  과  $R_2$  의 決定**

入力 trigger pulse 가 들어 와서  $Q_1$  이 on 이 되고  $Q_2$  가 off 가 된 準安定狀態 사이의 等價回路 1 을 그림 8 에 表示한다. 그림 8 에 依하여

$$V_{C0} = V_\sigma + R_1 \left( I_{bs} + \frac{V_{BB} + V_\sigma}{R_2} \right) \quad (13)$$

$$V_{CC} - V_{C0} = R_C \left( -I_{C0} + I_{bs} + \frac{V_{BB} + V_\sigma}{R_2} \right) \quad (14)$$

여기에

$-I_{bs} = Q_1$  이 saturation 되는데 必要한 base 電

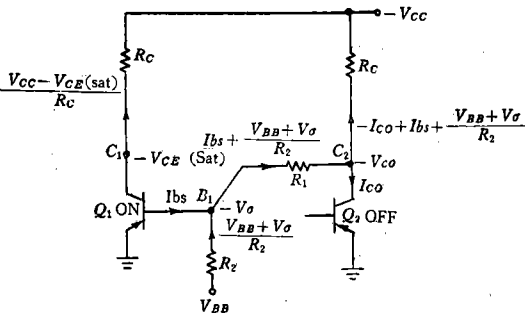


그림 8. 準安定狀態사이의 等價回路

Fig. 8. Equivalent circuit, during quasi-stable state.

流  $-V_{C0}$  = cut off 된 transistor  $Q_2$  의 collector 電壓, (13)과 (14)에서  $V_{C0}$  를 消去하면

$$V_{CC} - V_\sigma = -R_C I_{C0} + (R_1 + R_C) \left( I_{bs} + \frac{V_{BB} + V_\sigma}{R_2} \right) \quad (15)$$

여기서  $R_1$  과  $R_C$  를 주면  $R_2$  를 決定할 수 있다.

Silicon pnp transistor 2N1132 의  $h_{FE} = 40$ ,  $I_{C0} = 0.01 \mu A$  程度이다.  $-V_{CC} = -12V$ ,  $R_C = 470\Omega$  로 하면 collector 의 saturation 電流  $I_{CS}$  는

$$I_{CS} = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{12}{0.47K} = 25.5mA$$

이고 이 것에 對한 steady state base 電流  $I_{bs}$  는

$$I_{bs} \geq \frac{I_{CS}}{h_{FE}} = \frac{25.5mA}{40} = 0.64mA$$

(15)에서  $R_C I_{C0}$  를 無視하면  $I_{bs}$  의 最大値는

$$V_{CC} - V_\sigma = (R_1 + R_C) I_{bs} \quad (16)$$

를 滿足할 때이다. 一般的으로  $R_1 \gg R_C$  이므로  $R_1 = 10K$  로 하던

$$I_{bs(max)} = \frac{12 - 0.7}{10.47K} = 1.08mA$$

于先  $I_{bs} = 1mA$  를 (15)에 代入하여  $R_2$  를 求하면  $V_{BB} = 5.5V$  이므로  $R_2 = 78K$  가 된다. 이 値는  $I_{bs}$  가 그 最大値인  $1.08mA$  로 가까워짐에 따라 큰 値가 됨으로  $R_2 = 100K$  로 하였다.

**準安定狀態사이의  $Q_2$  base 電壓  $V_{B2}(t)$**

入力 trigger pulse 가 들어 와서  $Q_1$  이 on 이 되고  $Q_2$  가 off 가 된 準安定狀態사이의 等價回路 2 를 그림 9 에 表示한다.

그림 9 에 依하여

$$C \frac{d}{dt} V_{B2}(t) + \frac{1}{R} [V_{CC} + V_{B2}(t)] - I_{C0} = 0 \quad (17)$$

$$V_{B2}(t) + RC \frac{d}{dt} V_{B2}(t) = -(V_{CC} - I_{C0}R) \quad (18)$$

Laplace transformation 을 하면

$$V_{B2}(s) + RC [S V_{B2}(s) - V_{B2}(0+)] = -\frac{1}{S} (V_{CC} - I_{C0}R) \quad (19)$$

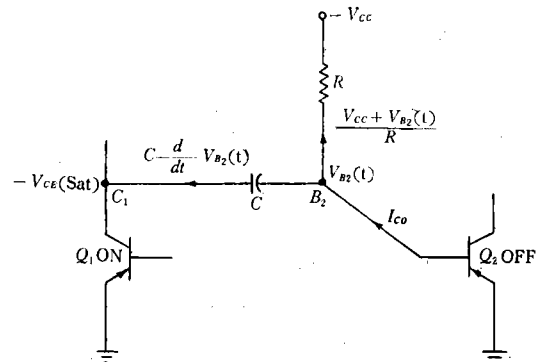


그림 9. 準安定狀態사이의 等價回路 2

Fig. 9. Equivalent circuit 2 during quasi-stable state.

$$(1+RCS) V_{B2}(s) - RCV_{B2}(0+) = -\frac{1}{S}(V_{CC} - I_{C0}R) \quad (20)$$

여기에  $V_{B2}(0+)$ 는 準安定狀態로 되는 瞬間의 電壓  $V_{B2}(t)$ 의 值이다. 入力 trigger 信號가 들어 오기 前에는  $Q_2$ 는 on 이고 그 base 電壓은  $-V_{\sigma}$ 이다. 한 편  $Q_1$ 은 cutoff 이고 그 collector 電壓은  $-V_{C0} \approx -V_{CC}$ 이다. 入力 trigger 信號가 들어 오는 瞬間에  $Q_1$ 은 on 이 되고 그 Collector 電壓은  $-V_{CE(sat)}$ 으로 올라 간다. Capacitor 兩端의 電壓은 瞬間의으로 變할 수 없으므로  $Q_2$  base 電壓도 그림 5 에서와 같이  $V_{CC} - V_{CE(sat)} - V_{\sigma}$ 로 올라간다. 따라서

$$V_{B2}(0+) = V_{CC} - V_{CE(sat)} - V_{\sigma} \quad (21)$$

그리하여 (20)은

$$(1+RCS) V_{B2}(s) - RC[V_{CC} - V_{CE(sat)} - V_{\sigma}] = -\frac{1}{S}(V_{CC} - I_{C0}R) \quad (22)$$

$$V_{B2}(s) = \frac{RCS[V_{CC} - V_{CE(sat)} - V_{\sigma}] - V_{CC} + I_{C0}R}{S(1+RCS)} = \frac{2V_{CC} - V_{CE(sat)} - V_{\sigma} - I_{C0}R}{S + \frac{1}{RC}} - \frac{1}{S}$$

$$(V_{CC} - I_{C0}R) \quad (23)$$

Inverse Laplace transformation 을 하면

$$V_{B2}(t) = (2V_{CC} - V_{CE(sat)} - V_{\sigma} - I_{C0}R) e^{-\frac{t}{RC}} - (V_{CC} - I_{C0}R) \quad (24)$$

여기에 時間  $t$  入力 trigger pulse 를 印加한 瞬間부터 쟈 것이다. (24)를 그리면 그림 5 에서 下降하는 放電曲線과 같이 된다. 그림 5 에는  $t = \infty$  일 때 放電曲線은  $-(V_{BB} - I_{C0}R)$ 로 되는데 (24)는  $t = \infty$  일 때  $-(V_{CC} - I_{C0}R)$ 로 된다.

$t = T$ 에서  $V_{B2}(T) = -V_{\sigma}$ 가 되어 準安定 multivibrator 는 安定狀態로 돌아 간다.

그리하여  $T$ 는 準安定狀態期間이 되고

$$T = RC I_n \left(1 + \frac{V_{CC} - V_{CE(sat)} - V_{\sigma}}{V_{CC} - I_{C0}R}\right) \quad (25)$$

常溫에서  $I_{C0}$ 를 無視하고  $V_{CC} \gg V_{CE(sat)} + V_{\sigma}$ 이므로

$$T \approx 0.69RC \quad (26)$$

또한

$$C = \frac{T}{R} \frac{1}{I_n \left(1 + \frac{V_{CC} - V_{CE(sat)} - V_{\sigma}}{V_{CC} - I_{C0}R}\right)} \quad (27)$$

또는

$$C \approx \frac{T}{0.69R} \quad (28)$$

$Q_2$ 가 on 일 때 回路는 그림 10 과 같이 表示 된다. 여기서

$$R = \frac{V_{CC} - V_{\sigma}}{I_{bs}} \quad (29)$$

回路가 安定狀態로 되자마자  $C$ 는 充電을 始作 한다. 充電은  $t = T +$  때의

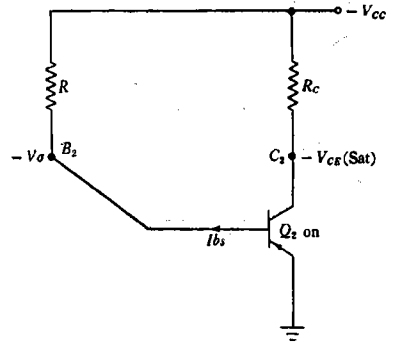


그림 10.  $Q_2$ 가 on 일때의 狀態  
Fig. 10. When  $Q_2$  is on.

等價回路인 그림 11 에서와 같이  $R_c$ 와 base spreading 抵抗  $\gamma'_{bb}$ 를 通하여 함으로 時定數  $\tau_1$ 은

$$\tau_1 = (R_c + \gamma'_{bb})C$$

$I_{C0}$ 의 效果를 無視하면  $Q_1$ 의 collector 電壓이  $0.9 V_{CC}$ 로 되는 時間  $t_1$ 은

$$t_1 = 2.3R_c C$$

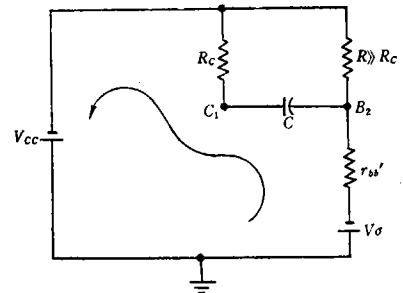


그림 11.  $t = T +$ 以後의  $C$ 의 充電通路를 表示 하는 等價回路.

Fig. 11. Equivalent circuit showing the charging path of  $C$  after  $t = T +$

이 回復時間後에 비로소 또 다른 trigger pulse 를 印加할 수 있다. 이 것은 C가 充電을 完了하기 前에 commutating capacitor C<sub>1</sub>이 充電을 完了한 다는 假定下에서 適用되는 것이다. 回路가 安定 狀態로 된 後에 C<sub>1</sub>은 그림 12에 表示한 充電 回路를 通하여 時定數 τ<sub>2</sub>로 充電한다. 여기에 R<sub>0</sub>는 on 되어 있는 Q<sub>2</sub>의 出力抵抗이다. R<sub>0</sub> ≪ R<sub>2</sub>이 므로

$$\tau_2 = C_1 \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (32)$$

τ<sub>1</sub> > τ<sub>2</sub>가 되도록 C<sub>1</sub>을 決定한다.

可變幅發振器 및 遲延發振器의 出力回路를 그

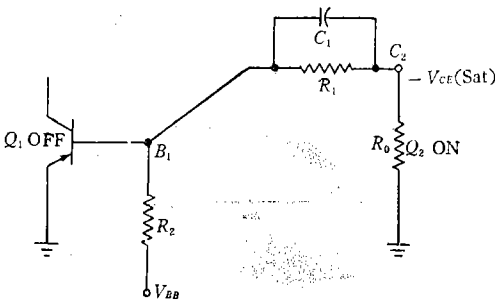


그림 12. Commutating capacitor C<sub>1</sub>이 充電하는 通路를 表示하는 等價回路.

Fig. 12. Equivalent circuit showing the charging path of the commutating capacitor C<sub>1</sub>.

림 13에 表示한다. 그림 13에서 Q<sub>10</sub>과 Q<sub>11</sub>은 可變幅發振器를 이루고 있으며 選擇 switch SW<sub>4</sub>의 位置에 따라 pulse 幅을 0.5, 1, 및 5μ sec로 할 수 있고 可變抵抗 R<sub>31</sub>을 調整함으로써 微細 調整을 할 수 있다. Switch SW<sub>5</sub>가 正의 位置에 있으면 Q<sub>10</sub>의 collector 出力이 emitter follower Q<sub>13</sub>으로 連結되어 出力에 正의 pulse 를 얻게 되고 SW<sub>5</sub>가 負의 位置에 있으면 Q<sub>10</sub>의 collector 出力이 Q<sub>12</sub>에서 位相이 反轉되어 Q<sub>13</sub>으로 連結되어 出力에 負의 pulse 를 얻게 된다. 選擇 switch SW<sub>6</sub>의 位置에 따라 1, 2, 5 또는 10V의 出力 pulse 를 얻을 수 있다.

그림 13에서 Q<sub>6</sub>과 Q<sub>7</sub>은 遲延發振器를 이루고 있으며 選擇 switch SW<sub>2</sub>의 位置에 따라 1, 5, 및 10μ sec 遲延된 double pulse 를 얻을 수 있으며 可變抵抗 R<sub>18</sub>을 調整함으로써 微細 調整을 할 수 있다.

### 6. 可變幅 Double-Pulse Generator

製作된 可變幅 double-pulse generator 를 그림 14에 表示한다. 周波數를 500KHz에 맞추고 pulse 의 振幅을 10V에 맞추었을 때의 波形을 그림 15에 表示한다. 그림 16은 double pulse 의 波形을 表示하고 그림 16(a)는 pulse 에 遲延이

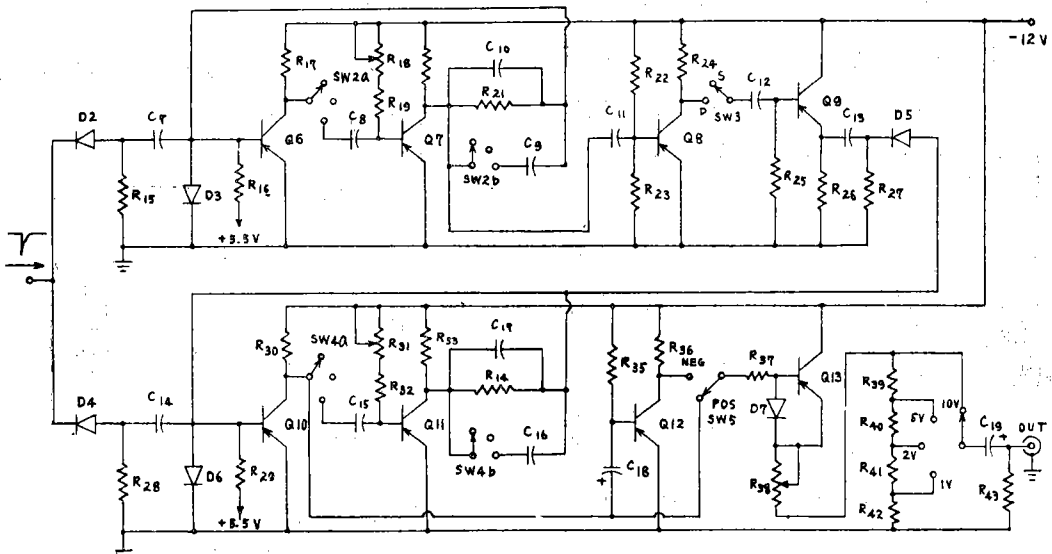


그림 13. 可變幅發振器 및 遲延發振器의 出力回路.

Fig. 13. Variable-width generator, delay generator, and output circuit.

10 $\mu$ sec 인 것을 그림 16(b)는 1.5 $\mu$  sec 遲延된 것을 表示한다.

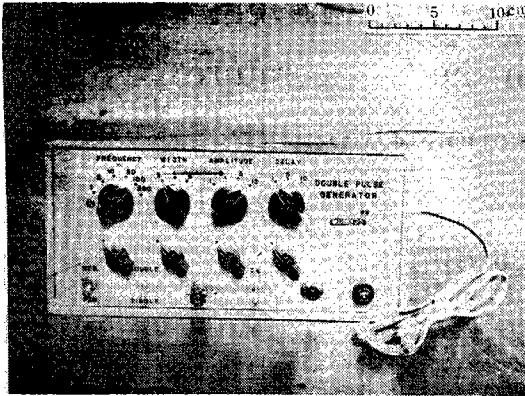


그림 14. Double-pulse generator.  
Fig. 14. Double-pulse generator.

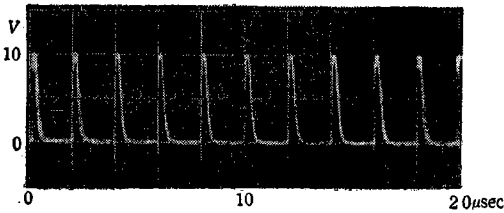


그림 15. 500KHz pulse.  
Fig. 15. 500KHz pulse.

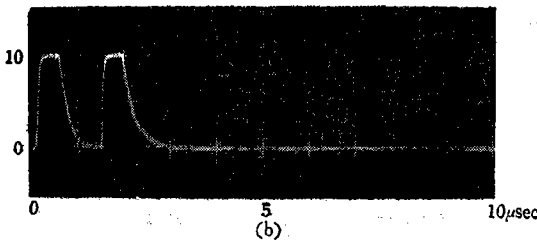
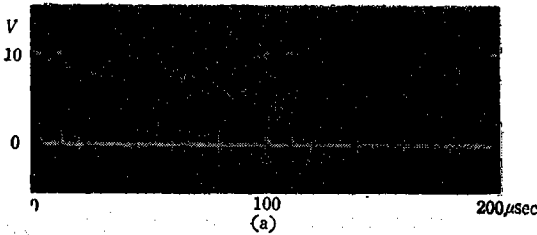


그림 16. Double pulse.  
Fig. 16. Double pulse.

### 7. 結 論

이 可變幅 double-pulse generator 는 完全 transistor 化 되어서 核計測電子裝置 또는 pulse 電子裝置의 試驗에 便利하게 利用할 수 있다. 周波數範圍는 1 KHz 에서 500KHz 까지이고 pulse 의 幅은 0.4 $\mu$  sec 에서 8 $\mu$  sec 까지 出力 pulse 의 振幅은 1V 에서 10V 까지 double pulse 間의 間隔은 0 $\mu$  sec 로부터 12 $\mu$  sec 까지 可變할 수 있고 正 또는 負의 出力을 얻을 수 있다.

### 參 考 文 獻

1. J. Millman, and H. Taub, "Pulse, Digital, and Switching Waveforms," McGraw-Hill, 1965.
2. M.V. Joyce, and K.K. Clarke, Transistor Circuit Analysis, Addison-Wesley, 1961.
3. I. Strauss, Wave Generation and Shaping, McGraw-Hill, 1960.