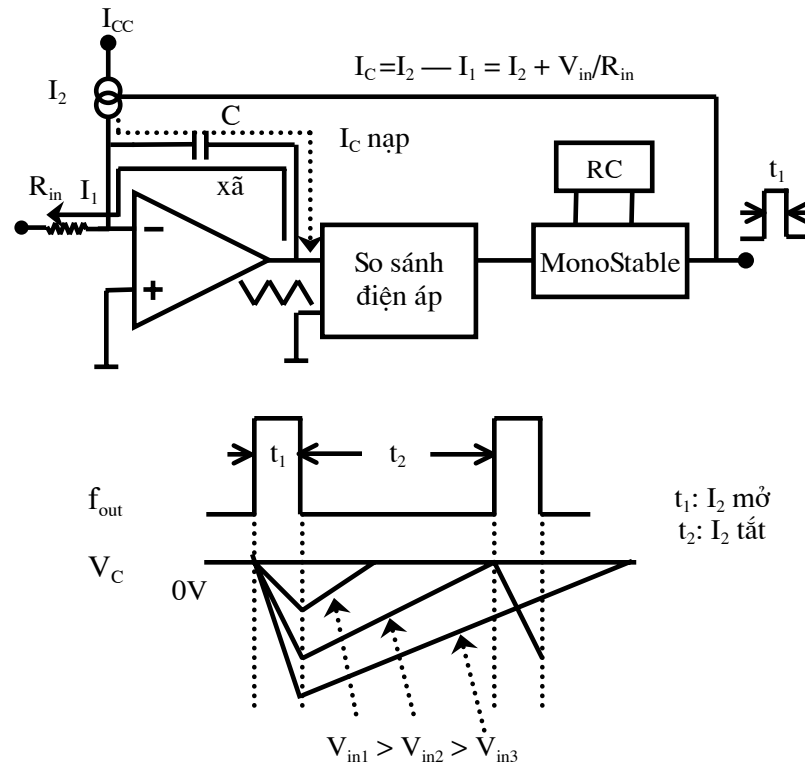


CHƯƠNG 5

KỸ THUẬT FM TẦN SỐ THẤP

5.1 BỘ CHUYỂN ĐỔI ĐIỆN ÁP SANG TẦN SỐ

5.1.1 SƠ ĐỒ KHỐI



Hình 5.1

Kỹ thuật FM tần số thấp là một phương thức biến đổi điện áp sang tần số gọi tắt là chuyển đổi V TO F. Kỹ thuật này được sử dụng khá phổ biến trong các mạch xử lý tín hiệu truyền tải hay lưu trữ thông tin. Ưu điểm của kỹ thuật này là nhờ công nghệ chế tạo vi mạch để có độ tuyến tính cao trong chuyển đổi V sang F. Độ di tần có thể đạt đến giá trị cực đại. Các ứng dụng phổ biến là trong các mạch thu phát hồng ngoại, thông tin quang, thu phát tín hiệu điều khiển từ xa, các loại tín hiệu số, hoặc lưu trữ dữ kiện, thông tin trên băng cassette. Thông thường bộ chuyển đổi có thể kết hợp với một

PLL để có độ chính xác cao và luôn luôn có tính thuận nghịch, nghĩa là có thể chuyển đổi từ điện áp sang tần số và ngược lại từ F sang V.

5.1.2 HOẠT ĐỘNG CỦA MẠCH

Bộ chuyển đổi V sang F thường có 3 khối:

- Mạch tích phân kết hợp với nguồn dòng I_2 .
- Mạch so sánh điện áp để phát hiện mức điện áp đầu ra của bộ tích phân.
- Mạch monostable nhằm tạo xung ở đầu ra mà mức cao có thời gian t_1 không đổi (quyết định bởi mạch RC của Monostable).

Trong thời gian t_1 , xung ở đầu ra có mức 1 (mức cao). Nó được đưa trở về mở nguồn dòng để tạo ra dòng không đổi I_2 . Dòng I_2 chia làm 2 phần: $I_2 = I_C + I_1$, trong đó I_C là dòng nạp cho tụ C của mạch tích phân làm cho điện áp trên tụ (tức là điện áp ở đầu ra của bộ tích phân) có độ dốc âm như hình vẽ. Còn dòng I_1 thì chạy qua R_{in} . Bộ so sánh điện áp sẽ so sánh mức điện áp trên đầu ra bộ tích phân và giá trị 0 (masse) để tạo 1 xung kích mở mạch Monostable.

Trong thời gian t_2 , điện áp trên đầu ra của mạch Monostable bằng 0 làm đóng (tắt) nguồn I_2 . Tụ C sẽ phóng điện qua R_{in} bằng dòng I_1 . Năng lượng nạp cho tụ C trong thời gian t_1 sẽ được phóng hết trong thời gian t_2 . Ở cuối thời điểm của t_2 , mạch so sánh tạo ra 1 xung kích mở mạch Monostable để tạo xung đầu ra mạch Monostable có độ rộng t_1

Gọi $T = t_1 + t_2$ là chu kỳ hoạt động của mạch. T phụ thuộc vào v_{in} , I_2 , R_{in} và C.

5.1.3 THIẾT LẬP QUAN HỆ GIỮA v_{in} VÀ f_{out}

Trong thời gian t_1 : tụ nạp điện bằng dòng I_C

$$I_C = I_2 - I_1 = I_2 + \frac{v_{in}}{R_{in}} \text{ với } I_1 = -\frac{v_{in}}{R_{in}}$$

Điện tích nạp cho tụ trong thời gian t_1 :

$$\Delta q_C = I_C \cdot t_1 = (I_2 - I_1) t_1 = (I_2 + \frac{v_{in}}{R_{in}}) t_1 \quad (1)$$

Trong thời gian t_2 : dòng $I_2 = 0$, tụ C sẽ xả điện bằng dòng cố định $I_1 = (-v_{in}/R_{in})$.

Điện tích do tụ xả:

$$\Delta q_C = I_1 \cdot t_2 = -\frac{v_{in}}{R_{in}} t_2 \quad (2)$$

Điện tích nạp và xả trên tụ bằng nhau nên từ (1) và (2) ta suy ra:

$$\begin{aligned} \left(I_2 + \frac{v_{in}}{R_{in}}\right) t_1 &= -\frac{v_{in}}{R_{in}} t_2 \\ \rightarrow T = t_1 + t_2 &= -\frac{I_2 R_{in}}{v_{in}} \cdot t_1 \end{aligned}$$

Vậy:
$$f_{out} = \frac{1}{T} = -\frac{v_{in}}{I_2 R_{in} t_1} \quad (3)$$

Từ (3) suy ra: f_{out} tỷ lệ với v_{in} với điều kiện $I_1 \ll I_2$

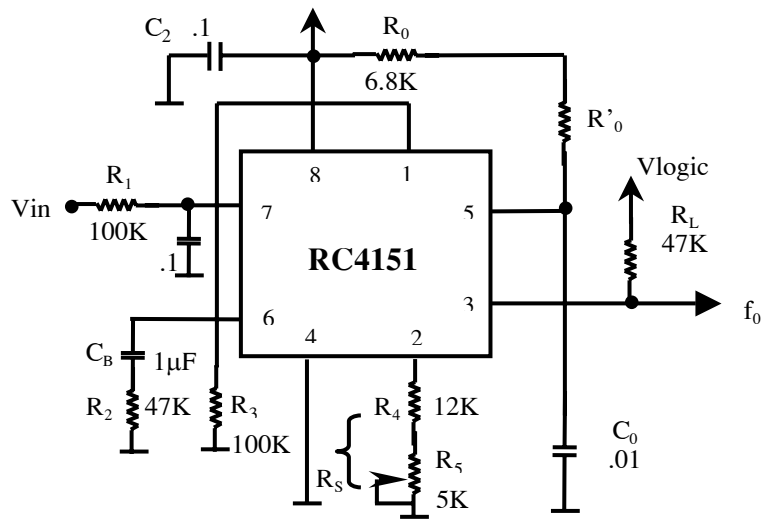
C: không xuất hiện trong biểu thức do đó C không cần phải là loại có độ chính

xác cao lắm.

$$f_{out} = \frac{|v_{in}|}{I_2 R_{in} t_1}$$

5.2 MỘT SỐ VI MẠCH CHUYỂN ĐỔI V SANG F

5.2.1 KHẢO SÁT IC RC 4151



Hình 5.2

Loại IC này được sử dụng rất rộng rãi trong các mạch tiêu biểu và tần số ngõ ra đạt đến 10KHz.

Hoạt động của mạch và các tham số:

Nguồn dòng I_2 được mở trong thời gian t_1 . Dòng này sẽ nạp qua tụ C_0 . C_B tham gia vào mạch tích phân. Độ phi tuyến của quá trình chuyển đổi V sang F là 1%.

I_2 có giá trị danh định là $135 \mu\text{A}$.

R_s để điều chỉnh tầm hoạt động cực đại.

R_0 : nối tiếp với một điện trở nhằm điều chỉnh thời gian t_1 , R_0 phải nằm trong dãy điện trở sau đây: $(R_0 + R_0')$: $0,8\text{K}\Omega \div 680\text{K}\Omega$

$$C_0: 1000\text{pF} \div 1\mu\text{F}$$

$$t_1 = 1,1R_0C_0 \text{ (thời gian tồn tại xung Monostable)}$$

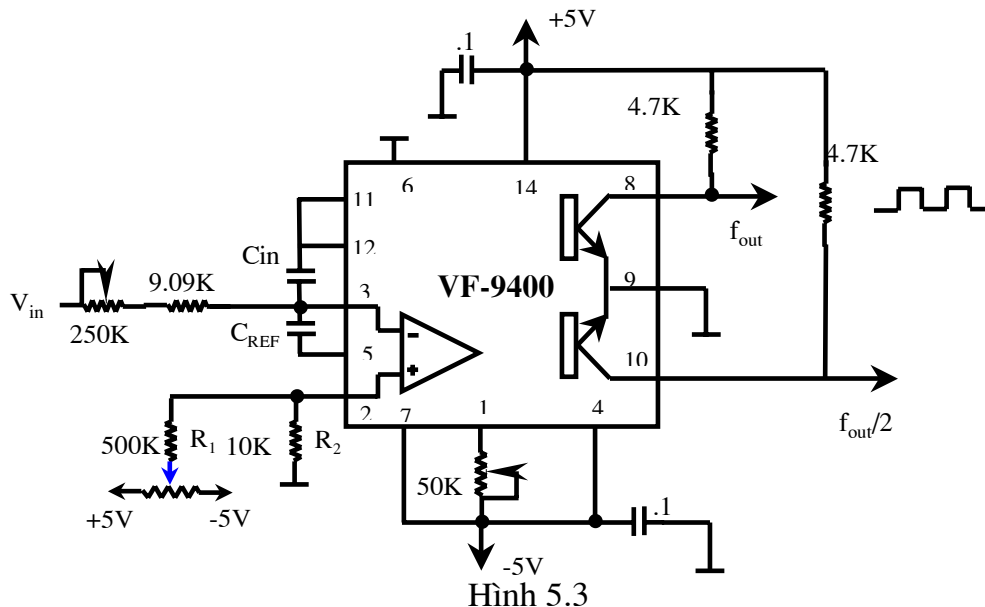
$$I_2 = 1,9/R_s, (R_s = R_4 + R_5) \quad V_{CC} = 8 \div 22\text{V}$$

$$P_{\text{tmax}} = 500 \text{ mW} \quad V_{\text{in}} = 0,2\text{V} \div +V_{CC}$$

$$f_{\text{out}} = \frac{V_{\text{in}}}{I_2 R_1 t_1}$$

Các điện trở phải dùng loại chính xác cao có sai số: $(0,5 \div 1)\%$. Các tụ được dùng là loại Mylar hay mica. Nguồn cung cấp phải lấy từ nguồn ổn áp chất lượng cao. IC này có ngõ ra cực thu hở. Muốn biên độ tín hiệu ra bằng bao nhiêu ta thiết kế chọn V_{logic} thích hợp bằng cách thay đổi R_L .

5.2.2 KHẢO SÁT IC VF-9400

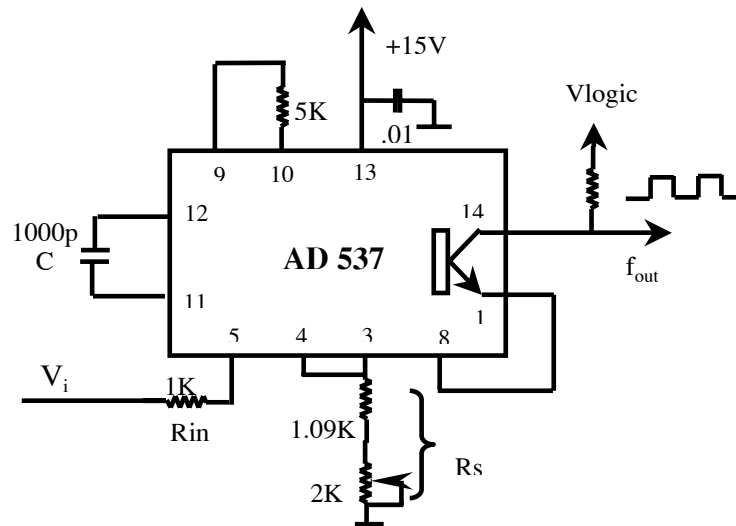


Hình 5.3

Đặc điểm:

- Hoạt động với nguồn cung cấp $\pm 5V$
- Ngõ vào là một OPAMP dùng kỹ thuật MOSFET hoạt động như một bộ tích phân.
- VF 9400 được thiết kế sao cho dòng điện vào I_{in} : $(0 \div 10)\mu A$
- Điện trở bên ngoài 250K, 9.09K ấn định tầm hoạt động với dòng điện vào định mức thích hợp với v_{in} nào đó. Ta có thể thực hiện các tầm điện áp khác nhau bằng cách chỉnh biến trở để mỗi tầm thay đổi một R_{in} .
- Tụ C_{REF} (Reference) ảnh hưởng trực tiếp đến đặc tính chuyển mạch do đó phải có độ ổn định cao, hệ số nhiệt độ thấp và độ hấp thụ môi trường thấp.
- Tụ C_{in} được chọn từ $(3 \div 10)C_{REF}$.
- Chân 7 nối trực tiếp đến nguồn $-5V$ để tạo nên điện áp chuẩn vì vậy điện áp cung cấp phải có độ chính xác và ổn định cao.
- Ngõ ra là dạng cực thu hở với BJT bên trong là loại NPN với hai ngõ ra là f_{out} và $f_{out}/2$.
- Điện áp cung cấp giữa chân 14 và 4 không được vượt quá 18V.

5.2.3 KHẢO SÁT IC AD537

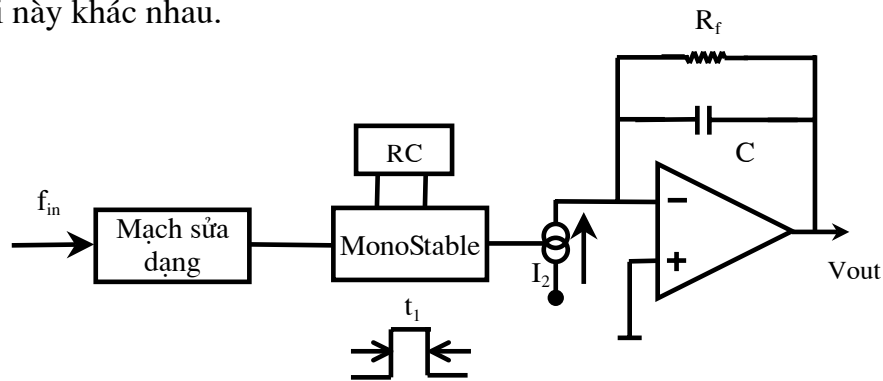


Hình 5.4

- IC chuyển đổi AD 537 là một dạng xuất hiện khá phổ biến trong điện tử công nghiệp, nó được thiết kế từ một mạch dao động đa hài ghép cực phát, được điều chỉnh bằng nguồn dòng.
- Thuận lợi của nó là f_{out} có dạng xung vuông rất lý tưởng độ phi tuyến là 0,05% trên toàn bộ tầm hoạt động.
- $f_{outmax} = 100\text{KHz}$.
- R_{in} và C quyết định tầm điện áp nhập cần chuyển đổi.
- AD 537 tiêu thụ dòng tối đa 200 mA.
- Hai chân 6, 7 (không dùng trong mạch) được sử dụng với mục đích đo nhiệt độ trong đó chân 7 phải được nối đến nguồn điện áp chuẩn 1V.
- Chân 6 là nguồn điện áp được lấy từ bộ cảm biến nhiệt độ. Lúc đó ngõ ra sẽ có điện áp tuyến tính theo nhiệt độ với chân 6 nhận điện áp có đặc tính $1\text{mV}/1^{\circ}\text{K}$
- 2K là biến trở loại POT-LIN.

5.3 BỘ CHUYỂN ĐỔI $F \rightarrow V$

1. Hầu hết các IC chuyển đổi $V \rightarrow F$ đều có tính thuận nghịch, tùy theo mỗi IC, dạng biến đổi này khác nhau.



Hình 5.5

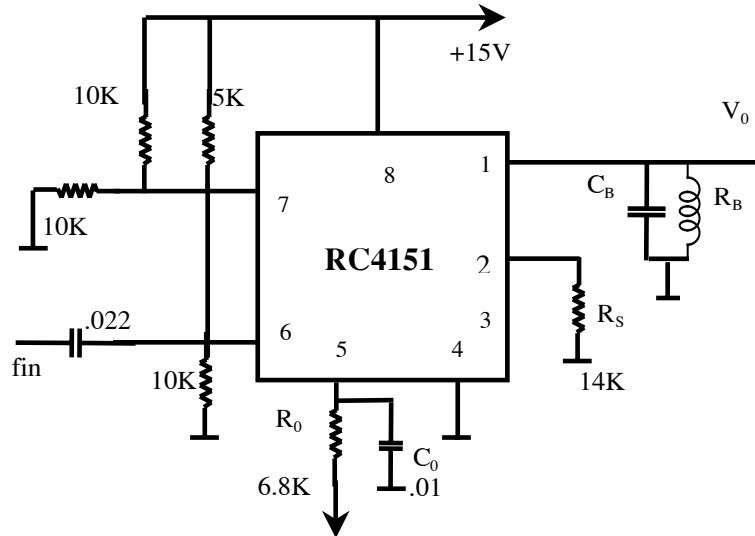
*Mạch sửa dạng: nhằm tạo ra dạng sóng thích hợp để điều khiển mạch đơn ổn. Điện áp đầu ra sẽ tỷ lệ với tần số đầu vào f_{in} , điện trở R_f nguồn dòng I_2 và thời gian t_1 .

*Mạch đơn ổn (Monostable): Nhằm tạo ra xung có độ rộng t_1 , trong thời gian này nguồn dòng I_2 mở.

$$v_{out} = f_{in} \cdot R_f \cdot I_2 \cdot t_1$$

5.4 MỘT SỐ VI MẠCH CHUYỂN ĐỔI F SANG V

5.4.1 Khảo sát IC chuyển đổi F → V RC4151



Hình 5.6

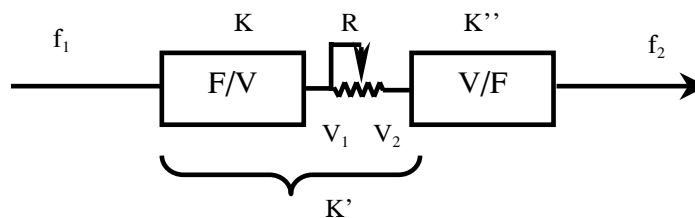
Mạch biến đổi F → V RC4151 có các đặc tính sau đây:

$$v_o = f_{in} \cdot R_B \cdot I_2 \cdot t_1$$

Trong đó: $I_2 = 1,9/R_S$, $I_2 \leq 140 \mu A$, $t_1 = 1,1R_0C_0$. Khi $f_{in} = 10 \text{ KHz} \rightarrow v_{out} = 10V$, độ phi tuyến 1% v_{out} tỷ lệ với f_{in} .

5.5 ỨNG DỤNG CÁC BỘ CHUYỂN ĐỔI TRONG TBTP

5.5.1 BỘ NHÂN VÀ CHIA TẦN SỐ

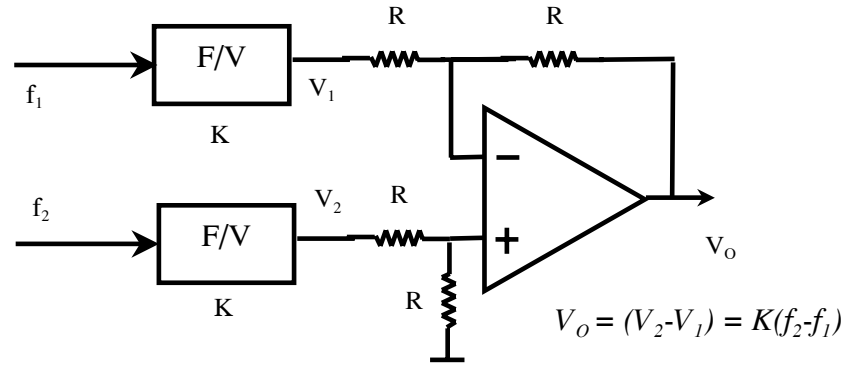


Hình 5.7

Tần số f_2 ở đầu ra ($f_2 = K_1 f_1$) và K_1 có thể ($K_1 > 1$ hay $K_1 < 1$) tùy thuộc vào biến trở R.

Một đặc điểm của mạch nhân và chia tần số này so với các nguyên tắc trước đây là K có thể là 1 số lẻ (thập phân) và tùy thuộc vào biến trở R.

5.5.2 BỘ TÁCH SÓNG PHA

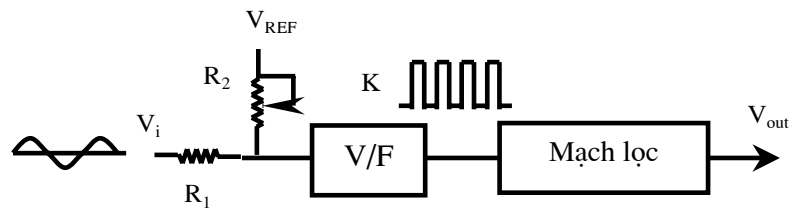


Hình 5.8

Điện áp ra của bộ tách sóng pha:

$$v_0 = (v_2 - v_1) = K(f_2 - f_1)$$

5.5.3 MẠCH ĐIỀU CHẾ FM



Trong đó

V_{REF} : nguồn điện áp chuẩn

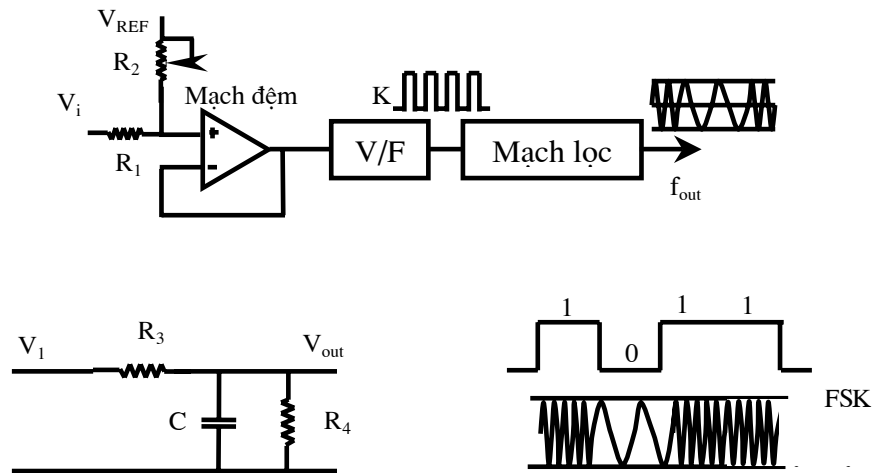
V_i : nguồn tín hiệu vào

R_2 : chỉnh tần số trung tâm

Dùng mạch đệm Opamp để loại bỏ dòng vào V/F, từ đó mới tính được f_{IF} và Δf .

$$f_{out} = \frac{KR_1}{R_1 + R_2} V_{REF} + \frac{KR_2}{R_1 + R_2} V_i = f_{IF} \pm \Delta f$$

5.5.4 ĐIỀU CHẾ FSK (FREQUENCY SHIFT KEY)



Điều chế FSK được sử dụng rộng rãi trong truyền thông tin số. Về cơ bản nó được mã hoá 2 trạng thái cơ bản 0-1. Các tần số f_1, f_2 này không cần có độ phân cách cao. Hình vẽ trên trình bày mạch điều chế FSK với ngõ vào có 2 trạng thái 0, 1, tương ứng ở đầu ra 2 tần số f_1, f_2 . Hai điện trở R_1 và R_2 dùng để ấn định f_1 và f_2 . Đầu ra của bộ chuyển đổi, tín hiệu được biến thành hình sine nhờ 1 bộ lọc, để có chất lượng cao thì có thể sử dụng bộ lọc dạng vi mạch. Từ đó tín hiệu được truyền trên dây điện thoại hoặc có thể lưu dữ trên băng cassette nhờ biến thành tín hiệu sine đó. Trong trường hợp này thì ta nên dùng bộ chuyển đổi có độ chính xác cao ví dụ VF 9400 hay AD 537.

$$V_i = 0 \Rightarrow f_{out} = \frac{KR_1}{R_1 + R_2} V_{REF} = f_1$$

$$V_i = 1 \Rightarrow f_{out} = \frac{KR_1}{R_1 + R_2} V_{REF} + \frac{KR_2}{R_1 + R_2} V_i = f_2$$

Suy ra $f_2 > f_1$

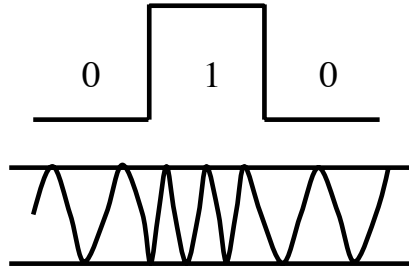
Chuỗi xung từ đầu ra của bộ V- F qua mạch lọc như hình vẽ với độ rộng xung thay đổi, suy ra V_{out} có dạng sine

Điều kiện thời hằng $\tau = RC \gg$.

. Nếu thay bộ lọc thông thấp ở trên bằng L, C thì dạng sine chuẩn hơn.

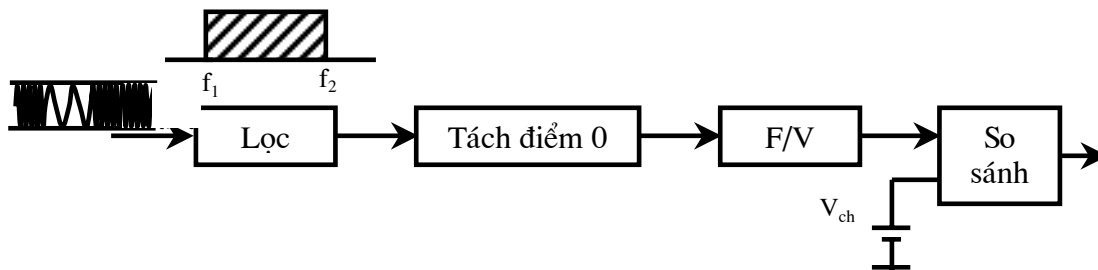
. Khi cho $V_i = 0 \Rightarrow V_0$ sẽ có tần số f_1

. Khi cho $V_i = 1 \Rightarrow V_o$ sẽ có tần số $f_2 > f_1$



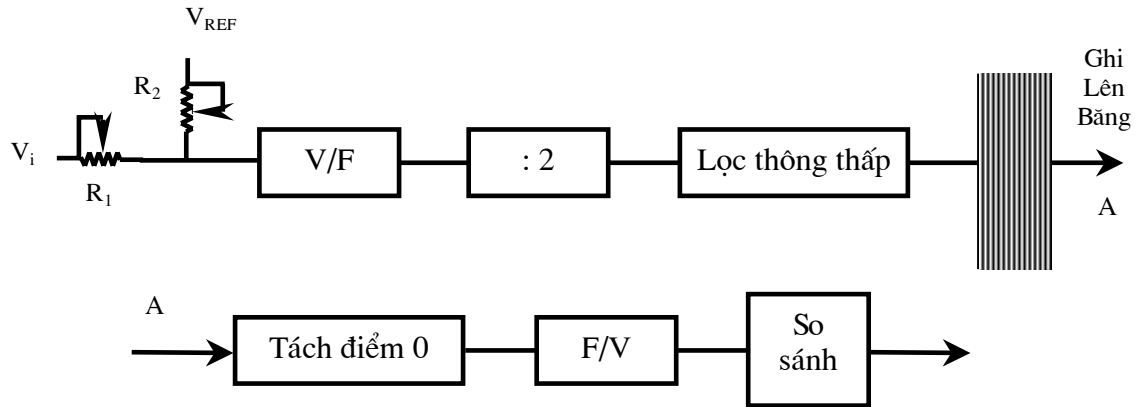
5.5.5 GIẢI ĐIỀU CHẾ FSK

Trước tiên để giảm nhiễu, đầu vào ta dùng bộ lọc dải thông từ f_1 đến f_2 . Bộ giải mã FSK nhận tín hiệu có 2 tần số f_1, f_2 , qua mạch tách điểm 0 để sửa dạng tín hiệu, sau đó đi qua mạch chuyển đổi F-V và nhờ bộ so sánh với mức điện áp chuẩn để tìm lại được tín hiệu có 2 mức 0-1.

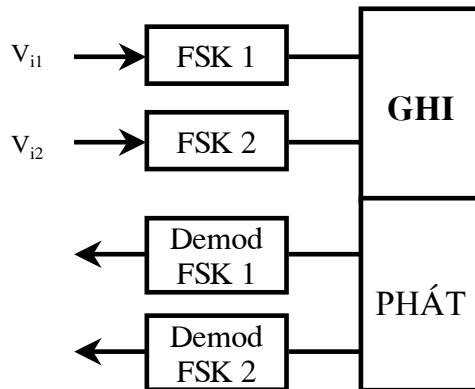


5.5.6 LƯU TRỮ DỮ KIẾN TRÊN BĂNG CASSETTE

Dữ kiện số có thể lưu trữ trên băng cassette bằng cách sử dụng các bộ biến đổi V-F. Ở các bộ điều chế: các ngõ vào từ 0 đến 5V. Dữ liệu này được đưa vào bộ V-F với tần số làm việc từ 5KHz đến 10KHz, qua bộ chia và bộ lọc thông thấp và ghi vào băng từ. Ở quá trình chuyển đổi ngược lại ta lấy được dữ liệu nguyên thủy, qua bộ giải mã và lấy lại tín hiệu. Trong trường hợp muốn lưu trữ dữ liệu số ta dùng các bộ biến đổi V-F như bộ điều chế FSK.



Trong trường hợp chúng ta ghi nhiều dữ liệu trên băng từ thì sẽ có nhiều bộ chuyển FSK tương ứng.



Trong trường hợp truyền dẫn tín hiệu trên nhiều kênh điện thoại, khi sử dụng các bộ chuyển đổi F-V và V-F cần phải sử dụng thêm các bộ lọc để loại bỏ các loại nhiễu trên đường dây và thông thường phương pháp này rất thích hợp cho dải tần số từ 300Hz đến 3kHz.

Phương pháp xử lý tín hiệu qua bộ điều chế và giải điều chế FSK cũng tương tự như lưu trữ trên băng cassette.